



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

Grado en Ingeniería Eléctrica

Emulador de PLC mediante LabVIEW

Autor:

Montalvillo Maurel, Mercedes

Tutor:

**González de la Fuente, José Manuel
Departamento de Tecnología Electrónica**

Valladolid, enero 2016.

*A mis padres, hermanos, novio y a mi abuela,
por ayudarme a recordar en los peores momentos
que puedo realizar todo lo que imagine.*

*A mis amigos porque
sin esos momentos de distracción y entretenimiento,
el viaje hubiera sido más duro de realizar.*

RESUMEN

En este TFG se emula el funcionamiento interno de un controlador lógico programable (PLC) mediante el software de programación LabVIEW; haciendo especial hincapié en el ciclo de operación y el lenguaje Ladder.

Como ejemplo de aplicación del PLC diseñado, se realiza la domotización de nivel medio de una vivienda unifamiliar. Las principales características del diseño son la sencillez, la facilidad de manejo por parte del usuario, la flexibilidad de cara a futuras modificaciones, su estructura modular y un coste asequible a la clase media. En dicha domotización, se incluyen los elementos de la vivienda más utilizados: iluminación, riego, calefacción, control de persianas y control del toldo.

Para finalizar, se ha realizado una Demo-eléctrica que nos permite simular los posibles escenarios que se pueden dar y comprobar el correcto funcionamiento del sistema a bajo coste.

PALABRAS CLAVE

PLC, LabVIEW, Domótica, Demo eléctrica, TAD.

ABSTRACT

This graduate Practice Led Dissertation is a widget which simulates inner working of a Programming Logic Controller (PLC) driven by LabView programming software; highlighting the operational cycle and the ladder computer language.

As a sample of application from the designing PLC, it is made a medium size home automation system in a single family home. As main features of the design are: simplicity, easy user handle, facilities toward possible future changes, its modular frame and affordable cost for middle social class. This home automation system includes the most used facilities in a house: lights, watering, blinds control and awning control.

Finally, it is made an electrical mockup which allows for simulating the possible stages what we have and checking out the correct working with low-cost.

KEYWORDS

PLC, LabVIEW, home automation, electrical mockup, DAQ.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	13
2. OBJETIVOS	15
3. PLC EN AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL	17
3.1. Introducción	18
3.2. Tipos de PLC	19
3.3. Bloques fundamentales de un sistema controlado por PLC	20
3.4. Estructura del PLC	21
3.5. Software y hardware del PLC	23
3.6. Ciclo de operación	24
3.7. Programación de PLC's	26
3.8. Comunicaciones industriales de PLC's	28
3.8.1. HMI "Human Machine Interface"	30
3.8.2. SCADA	30
3.8.3. Buses de campo	32
3.9. Instalación del PLC	37
3.9.1. Fase de pruebas y puesta en servicio	38
3.9.2. Inicio de la puesta en servicio	39
3.10. Condiciones ambientales y de servicio	39
3.11. Mantenimiento	40
3.11.1. General	40
3.11.2. Fortuito, averías	40
3.11.3. Preventivo o inspección periódica	40
3.11.4. Almacén stock de recambios	41
3.12. Protecciones y seguridad	41
3.12.1. Seguridad del personal	41
3.12.2. Aspectos importantes de protección	41
Bibliografía citada	43
4. PROGRAMACIÓN DEL PLC MEDIANTE DIAGRAMAS DE CONTACTOS: LADDER	45
4.1. Introducción	46
4.2. Asignación de líneas entrada/salida del PLC	48
4.3. Bloques del diagrama Ladder	49
4.3.1. Contactos	51
4.3.2. Bobinas	52
4.3.3. Bloques de función	53
4.3.4. Temporizadores	53
4.3.5. Contadores	57
4.3.6. Bloques de operación y comparación	58

4.3.7.	Palabras de 16 bits, para números enteros	59
4.3.8.	Palabras de 32 bits	59
4.3.9.	Bloque de comparación	59
4.3.10.	Bloque de operación	60
	Bibliografía citada	63
5.	SIMULACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE UN PLC MEDIANTE LABVIEW	65
5.1.	Introducción	66
5.2.	Elementos principales de LabVIEW y fundamentos de programación	67
5.2.1.	Panel frontal	67
5.2.2.	Diagrama de bloques	68
5.2.3.	Paletas	70
5.3.	Simulación de un PLC mediante LabVIEW	75
5.3.1.	Exploración de entradas	76
5.3.2.	Ejecución del programa de control	78
5.3.3.	Actuación de salida	79
5.4.	Diferencias entre un PLC real y la simulación en LabVIEW	80
	Bibliografía citada	82
6.	ELEMENTOS BÁSICOS PARA LA PROGRAMACIÓN DEL PLC	83
6.1.	Introducción	84
6.2.	Temporizadores	84
6.2.1.	Temporizador TON	84
6.2.2.	Temporizador TOFF	89
6.2.3.	Monoestable	93
6.2.4.	Temporizador TP con igual tiempo de encendido y apagado	99
6.2.5.	Temporizador TP con distinto tiempo de encendido y apagado	105
6.3.	Contador	113
6.4.	Set	121
6.5.	Reset	122
6.6.	Flanco ascendente	124
6.7.	Flanco descendente	126
	Bibliografía citada	128
7.	EJEMPLO: DOMOTIZACIÓN DE UNA VIVIENDA MEDIANTE EL PLC SIMULADO EN LABVIEW	129
7.1.	Introducción	130
7.2.	Planta y justificación de la vivienda a domotizar	130
7.3.	Características generales de la domotización	131

7.3.1.	Topología de red y lógica	132
7.3.2.	Tipo de arquitectura	132
7.3.3.	Medio de transmisión	133
7.3.4.	Componentes básicos	133
7.4.	Servicios a gestionar	134
7.4.1.	Control de iluminación	134
7.4.2.	Control de calefacción	135
7.4.3.	Control de persianas	136
7.4.4.	Control de toldos	137
7.4.5.	Control de riego	137
7.5.	Situación y características de los diferentes sensores	138
7.5.1.	Sensores de luz interior	138
7.5.2.	Sensores de luz exterior	139
7.5.3.	Sensores de temperatura	140
7.5.4.	Sensores de movimiento	140
7.5.5.	Sensor de viento	141
7.5.6.	Interruptores y potenciómetros	142
7.6.	Situación y características de los actuadores	143
7.6.1.	Electroválvula de riego	143
7.6.2.	Electroválvula de calefacción	144
7.6.3.	Motor para persianas	145
7.6.4.	Motor para el toldo	147
	Bibliografía citada	150
8.	PROGRAMACIÓN MEDIANTE LABVIEW DEL CONTROL DOMOTICO DE UNA VIVIENDA	151
8.1.	Control de la iluminación en función de la luz ambiental	152
8.2.	Control de la iluminación en función de la presencia	156
8.3.	Control de la iluminación en función de la presencia y la iluminación natural	159
8.4.	Control de temperatura	163
8.5.	Sistema de control global de la temperatura de la vivienda	166
8.6.	Control de persianas	171
8.7.	Control de toldo	174
8.8.	Control de riego	181
8.9.	Programación final del PLC	185
	Bibliografía citada	186
9.	DEMO ELÉCTRICA DE LA DOMOTIZACIÓN DE UNA VIVIENDA	187
9.1.	Justificación de la demo eléctrica	188
9.2.	Analogía entre la demo eléctrica y un sistema domótico controlado mediante un autómata lógico programable	188

9.3. PC	189
9.4. Programa	189
9.4.1. Lectura de entradas digitales	191
9.4.2. Lectura de entradas analógicas	193
9.4.3. Escritura de salidas digitales	194
9.4.4. Escritura de salidas analógicas	197
9.5. Tarjeta de adquisición de datos	199
9.6. Maqueta	203
9.7. Instalación eléctrica	207
9.8. Fuente de alimentación	209
9.9. Entradas digitales: Interruptores	212
9.10. Entradas analógicas: Potenciómetros	214
9.11. Salidas analógicas: Diodo Led y voltímetro	216
9.11.1. Diodo Led	216
9.11.2. Voltímetro	218
9.12. Salidas digitales: Diodos Led's	219
9.12.1. Salida digital con un diodo Led	220
9.12.2. Salida digital con cuatro diodos	221
Bibliografía citada	227
10. CONCLUSIONES	229
11. BIBLIOGRAFÍA	233
11.1. Bibliografía citada	234
11.2. Bibliografía consultada y no citada	236
12. ANEXO I: PLANOS	241
Plano N°1: Distribución vivienda: General	
Plano N°2: Distribución vivienda: Detallada	
Plano N°3: Sistema de calefacción	
Plano N°4: Sensores y actuadores	
Plano N°5: Demo eléctrico	
Plano N°6: Esquema Demo eléctrico: T.A.D. y F.A.	
Plano N°7: Esquema Demo eléctrico: Señales digitales	
Plano N°8: Esquema Demo eléctrico: Señales analógicas	
13. ANEXO II: HOJAS DE CARACTERÍSTICAS	243
13.1. Sensor de luz interior	245
13.2. Sensor de luz exterior	247
13.3. Sensor de temperatura	248

13.4. Sensor de movimiento	251
13.5. Sensor de viento	253
13.6. Electroválvula de riego	254
13.7. Electroválvula de calefacción	255
13.8. Motores para persianas y toldos	259
13.9. Tarjeta de adquisición de datos	265
13.10. Transistor MOSFET	272
13.11. Regulador de tensión	275
14. ANEXO III: PROGRAMAS PRINCIPALES	279
14.1. Programa principal completo	281
14.2. Programa principal de la maqueta	285

1. INTRODUCCIÓN

A finales de la década de 1960, la industria buscó una nueva tecnología que sustituyera los sistemas de control basados en circuitos eléctricos con relés. Debido a esta necesidad, la empresa estadounidense Bedford Associates (Bedford, MA) creó el que llamó Modular Digital Controller o MODICON, siendo el MODICON 084 el primer PLC comercial. [24]

Desde ese primer MODICON y junto a la aparición y desarrollo del microprocesador se ha ido mejorando esta tecnología hasta llegar al PLC que conocemos hoy en día.

Actualmente estos controladores son indispensables en la industria debido a su robustez, su gran número de entradas y salidas y su funcionamiento en tiempo real. Pero su característica principal, a la que se debe su masiva utilización, es la reprogramación, permitiendo el cambio de las secuencias automatizadas por otras con el mismo equipo, potenciando la mejora continua de la industria.

Los PLC's son utilizados para numerosas aplicaciones industriales, sirven tanto para procesos continuos como para los discretos. Con un gran éxito en cualquier sistema sin tener en cuenta la complejidad del mismo.

Con el auge de la domótica y el desarrollo sostenible, el PLC se ha hecho un hueco en muchos hogares que requieren de un control de las funciones principales de la vivienda: iluminación, temperatura, seguridad, etc.

Aunque, como se verá más adelante, existen varios sistemas de domotización basados en diferentes tecnologías, muchos fabricantes de PLC han sacado series o gamas dirigidos a esta aplicación.

Por todo ello, este TFG se ha realizado sobre PLC , desarrollando un ejemplo de aplicación cotidiano como la domótica de viviendas.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal es el ampliar los conocimientos adquiridos durante la carrera, especialmente sobre el PLC, domótica y electrónica elemental. Se abarcan principalmente los siguientes aspectos:

- Funcionamiento interno de los autómatas lógicos programables, atendiendo principalmente al ciclo de operación y a la programación en escalera o Ladder.
- Conocimiento de los diferentes sensores y actuadores que se emplean de manera más habitual, y en especial en el entorno de la domótica.
- Manejo del software de programación LabVIEW de National Instruments.
- Fundamentos de la domótica en viviendas.
- Familiarización con la busca de material eléctrico-electrónico, que cumpla las condiciones del diseño, mediante catálogos y hojas técnicas. Así como, la compra de material electrónico.
- Conocimientos electrónicos necesarios para el dimensionamiento de una demo eléctrica comunicada, con un PC, mediante una tarjeta de adquisición de datos.
- Desarrollo del diseño teórico en una maqueta física, realizada íntegramente a mano. Así como los posibles inconvenientes y dificultades que surgen a la hora de llevarlo a cabo.

En resumen, el fin último del TFG es el mismo que el del resto de la carrera. Aprender lo máximo hasta el último día de formación universitaria, para empezar la etapa laboral con la mejor base posible.

3. EL PLC EN LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

EL PLC EN LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

3.1. Introducción

Un PLC es un equipo electrónico basado en un microprocesador o microcontrolador, que tiene generalmente una configuración modular. Este dispositivo utiliza instrucciones almacenadas en una memoria programable para implementar la lógica, secuenciación, temporización, conteo y funciones aritméticas mediante módulos analógicos o digitales. Su diseño permite controlar en tiempo real y en ambiente industrial máquinas y procesos que presentan una evolución secuencial. También se denomina Autómata Programable y podemos ver uno en la figura 3.1 [1], [2].



Figura 3.1: PLC industrial MORICON TSX Premium

A medida de que ha ido aumentando el mercado de procesos industriales y control, los PLC's se han mostrado como la base sobre la cual se fundamentan estos sistemas, sustituyendo a la tradicional lógica cableada. Las principal ventaja de la lógica programada frente a la cableada es su robustez y capacidad de interconectividad con los procesos, potenciándolo para comunicación entre si y con sistemas de computación (CIM).

Presentan importantes ventajas innovadoras, tanto en la posibilidad de realizar tareas complejas, las cuales no permitían los sistemas anteriores; por ejemplo: el control integral de procesos y maquinaria en tiempo real; así como la capacidad de comunicación entre equipos, la supervisión y almacenamiento en base de datos.

Para la supervisión de los distintos estados del proceso y proporcionar nuevas órdenes o parámetros, las comunicaciones entre PLC's, PC's, pantallas HMI (Interface Hombre Maquina), bases de datos y telefonía móvil, se realizan mediante redes de datos y buses de campo [3].

Otras ventajas de los PLC's son:

- Programar un PLC es más fácil que cablear un panel de control de relés
- El PLC puede ser reprogramado
- Los PLC's ocupan menos espacio
- Mayor fiabilidad y mantenimiento más fácil
- PLC puede realizar una mayor variedad de funciones de control

Las áreas de aplicación del PLC van desde la domótica en automatización de viviendas, control de climatización y edificios inteligentes, hasta automatización de maquinaria, regulación y control de procesos, líneas de fabricación, robots, mando y vigilancia de redes de agua con estaciones de bombeo y distribución de gas, accionamiento de semáforos, producción de una planta petroquímica, etc.

3.2. Tipos de PLC

Existen distintos niveles de PLC con módulos específicos, para su adaptación a las diversas aplicaciones. En la figura 3.2 se representan los tipos de PLC a utilizar de acuerdo a la aplicación. [4]

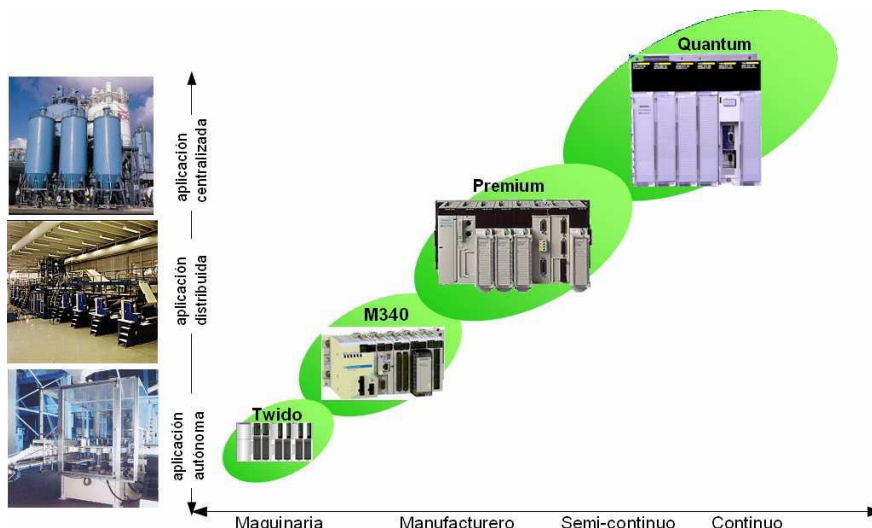


Figura 3.2: Tipos de PLC's en función de su aplicación

Es importante considerar, velocidad de proceso de la CPU, tipo de instrucciones a ejecutar, número de entradas-salidas, señales analógicas, comunicaciones y módulos específicos de aplicación.

3.3. Bloques fundamentales de un sistema controlado por PLC

En control de procesos o automatización de maquinaria, el PLC recibe de entrada las señales proporcionadas por los sensores (pulsadores, interruptores, detectores, sondas, etc). Las señales de control de salida se aplican a los actuadores (relés, contactores para motores, electroválvulas, lámparas, etc), para las acciones sobre la máquina o proceso [4].

En la imagen 3.3 se puede observar de manera esquematizada los elementos fundamentales que permiten el funcionamiento de un sistema controlado por un autómata lógico programable:

- Proceso que se requiere automatizar
- Sensores
- Actuadores
- PLC o autómata

Además, también se indican las relaciones entre los elementos citados.

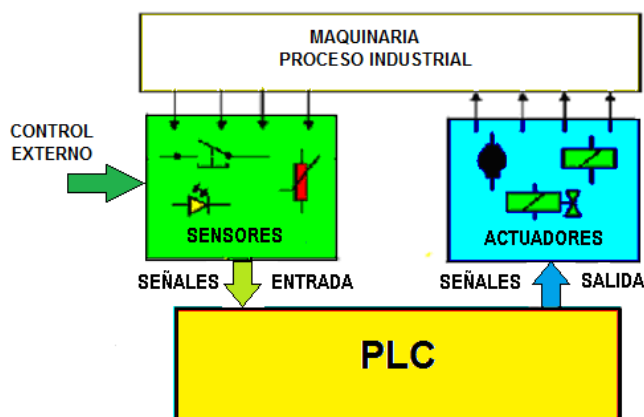


Figura 3.3: Esquema de los elementos fundamentales de un sistema controlado por un autómata.

3.4. Estructura del PLC

Consta de diversos módulos, organizados de acuerdo a las necesidades del sistema a controlar, son fundamentalmente:

- Unidad central de proceso (CPU) o unidad de control
- Memoria
- Interfaces de entrada y salida
- Fuente/s de alimentación

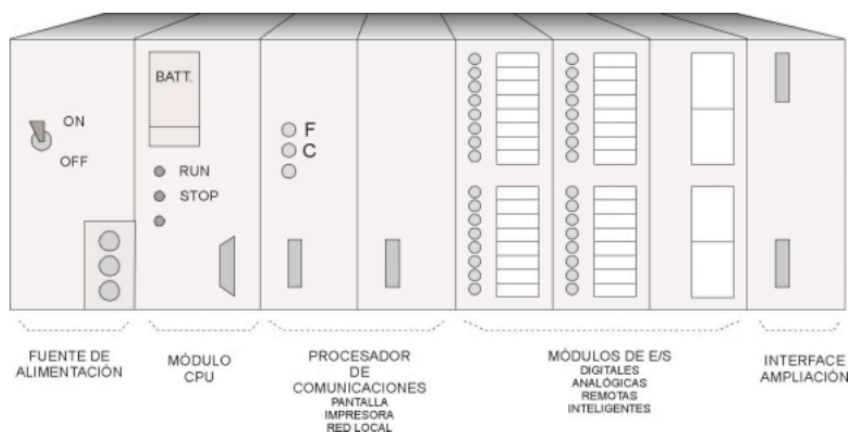


Figura 3.4: Representación de un PLC indicando sus principales módulos.

Unidad central de proceso (CPU) o unidad de control

Dispone de microprocesador con funciones del control sobre todo el sistema, con de memorias de programa y datos.

Sus funciones principales son consultar el estado de las entradas y recoger de la memoria la secuencia de instrucciones a ejecutar. Además la CPU, también elabora las señales de salida [1].

Memoria

Sirve para almacenar los datos necesarios:

- del proceso: entradas, salidas, variables internas. Constituyen la memoria interna.

Tipo RAM y se suele clasificar en:

Posiciones de 1 bit: imagen de e/s, relés internos, relés especiales/auxiliares

Posiciones de byte o palabra: temporizadores, contadores, registros de uso general.

- de control: programa, configuración. Constituyen la memoria de programa.

Suele ser externa y enchufable a la CPU (EPROM/EEPROM), aunque en la fase de prueba se suele usar RAM + batería. El SO suele ir en ROM.

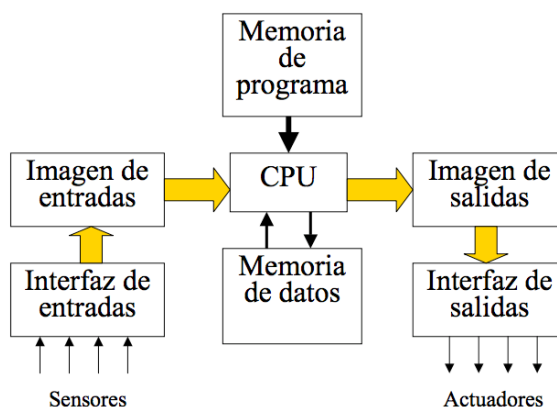


Figura 3.5: Esquema del acceso a la imagen de E/S.

Interfaces de E/S

Establecen la comunicación entre CPU y proceso:

- Filtran, adaptan y codifican las señales de entrada
- Decodifican y amplifican las señales de salida.

Las entradas más habituales son:

- CC a 24 O 48 VCC.
- AC a 110 o 220 VAC.
- Analógicas de 0-10 V o 4-20 mA.

Las salidas más típicas son:

- Por relé
- Estáticas por triac a 220 V (max.)
- Colector abierto a 24 o 48 VCC.
- Analógicas de 0-10 V o 4-20 mA

Fuente de alimentación

Realizan la transformación y la rectificación de la tensión alterna de entrada, para el suministro de las tensiones de Corriente Continua a los distintos módulos del PLC.

La conexión entre los distintos módulos se realiza mediante el BUS de Expansión.

Los PLC denominados del tipo de CPU compacta, pueden incluir en una misma unidad, fuente de alimentación, CPU y líneas de entradas, salidas y también permitir la ampliación y acoplamiento a otros módulos de expansión.

3.5. Software y Hardware del PLC.

El programa de aplicación se realiza en el PC, se realiza utilizando el correspondiente software del fabricante, y debe ser compatible con el firmware disponible en el PLC. En muchos casos el propio software también permite la ejecución del programa y realizar su simulación en el propio PC [4].

Terminado el programa se carga en el PLC, mediante comunicación serie, como pueden ser RS485, USB, Ethernet.

El PC también permite la supervisión de funcionamiento del programa en el PLC.

3.6. Ciclo de operación

El proceso se realiza de forma cíclica, y cada uno de los ciclos de ejecución del programa consta de las siguientes fases.

1. Exploración de entradas

Las entradas de señales externas al PLC se realiza mediante el registro interno denominado PAE(imagen del proceso de entrada). El procesador lee las entradas que se almacenan en la memoria para su proceso durante la fase de ejecución.

2. Ejecución del programa de control

Los valores de entrada almacenados en la memoria se utilizan en los cálculos de la lógica de control para determinar los valores de las salidas

El programa es ejecutado de acuerdo a las instrucciones, estados de las señales de entrada y de los datos de memoria procedentes del ciclo anterior. Las instrucciones de programa se guardan en posiciones de memoria, organizadas de forma secuencial.

La CPU consta de un Contador de Programa, el cual se encarga de seleccionar secuencialmente las instrucciones, y cargarla en el decodificador de instrucciones para su ejecución.

3. Actualización de salidas

Los valores de salida se actualizan de acuerdo con los valores calculados en el registro PAA (imagen de proceso de salidas) con sus correspondientes direcciones de salida, a continuación de se inicia un nuevo ciclo con la fase de entrada.

Cada ciclo de trabajo debe tener un tiempo de duración el menor posible, para permitir una rápida respuesta del sistema. Se puede considerar un tiempo de ciclo, del orden de milisegundos. Este tiempo de ciclo depende de la velocidad de proceso de la CPU y del número de

instrucciones de programa, se puede optimizar utilizando el menor número posible de instrucciones.

En aplicaciones complejas se utilizan CPU con mayor frecuencia de oscilador y velocidad del procesador, para disminuir el tiempo de ciclo [1].

Hay dos tipos de *tratamiento* de entrada y salida:

Entrada y salida directa. Se leen las entradas y se emiten las salidas, de una en una, a medida que se encuentran en el programa.

Entrada y salida en bloque. Se leen todas las entradas en una memoria imagen, a continuación se actualiza el estado y se escriben las salidas en otra memoria imagen, y por último se emiten todas las salidas.

Hay dos tipos de *sincronización*:

Encadenamiento directo: en cuanto termina un ciclo empieza el siguiente.

Encadenamiento síncrono: los ciclos empiezan a intervalos regulares marcados por una señal de reloj [1].

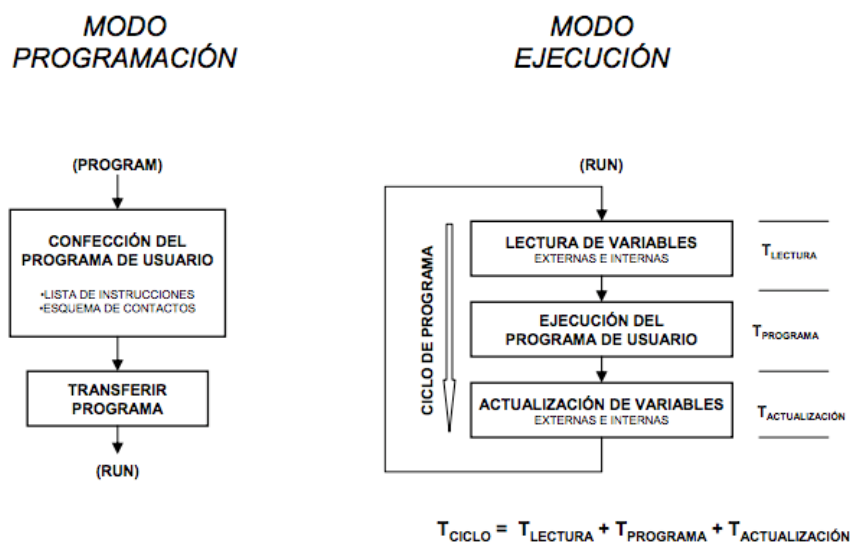


Figura 3.6: Ciclos de operación en los modos de programación y ejecución de un PLC.

3.7. Programación de PLC's

En la actualidad aún siguen persistiendo sistemas de control específicos del fabricante, con programación dependiente y conexión compleja entre distintos sistemas de control. Esto significa para el usuario costos elevados, escasa flexibilidad y falta de normalización en las soluciones al control industrial.

Se definen cuatro lenguajes de programación normalizados. Esto significa que su sintaxis y semántica ha sido definida, no permitiendo particularidades distintivas (dialectos). Una vez aprendidos se podrá usar una amplia variedad de sistemas basados en la norma IEC 1131-3; esta norma es el primer paso para la estandarización de los autómatas programables, sus periféricos y lenguajes de programación [4].

Los lenguajes consisten en dos de tipo literal y dos de tipo gráfico:

Literales o alfanuméricos:

- Lista de instrucciones (IL).
- Texto estructurado (ST).

Gráficos:

- Diagrama de contactos (LD).
- Diagrama de bloques funcionales (FBD).

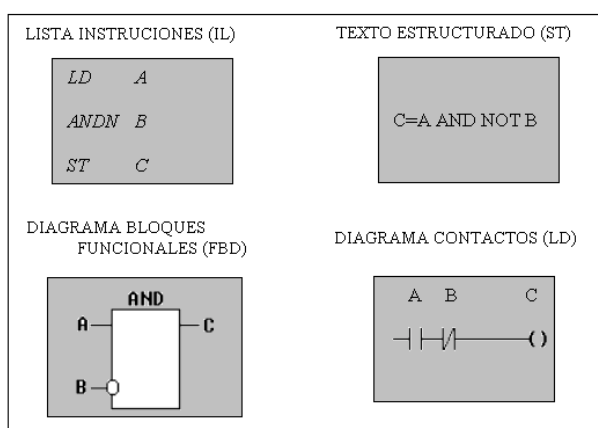


Figura 3.7: Ejemplos de los distintos tipos de lenguajes de programación de los PLC's.

En la figura 3.7, los cuatro programas describen la misma acción. La elección del lenguaje de programación depende de:

- los conocimientos del programador
- el problema a tratar
- el nivel de descripción del proceso
- la estructura del sistema de control
- la coordinación con otras personas o departamentos

Los cuatro lenguajes están interrelacionados y permiten su empleo para resolver conjuntamente un problema común según la experiencia del usuario.

El Diagrama de contactos (LD) tiene sus orígenes en los Estados Unidos. Está basado en la presentación gráfica de la lógica de relés.

Lista de Instrucciones (IL) es un lenguaje de bajo nivel basado en operaciones Booleanas y cuya apariencia es similar al código del lenguaje ensamblador; se podría afirmar también que este lenguaje no es más que la representación en forma de texto del lenguaje gráfico "Ladder". Es el más antiguo de los lenguajes de programación de PLC. Precursor del Ladder se usaba cuando los computadores aun no tenían capacidad gráfica [26].

El Diagramas de Bloques Funcionales (FBD) es muy común en aplicaciones que implican flujo de información o datos entre componentes de control. Las funciones y bloques funcionales aparecen como circuitos integrados y es ampliamente utilizado en Europa.

El lenguaje *Texto estructurado (ST)* es un lenguaje de alto nivel con orígenes en el Ada, Pascal y C; puede ser utilizado para codificar expresiones complejas e instrucciones anidadas; este lenguaje dispone de estructuras para bucles (REPEAT-UNTIL; WHILE-DO), ejecución condicional (IF-THEN-ELSE; CASE), funciones (SQRT, SIN, etc.).

3.8. Comunicaciones industriales de PLC's

La característica de estas redes de comunicación, es que están estructuradas para su adaptación a las necesidades específicas de intercambio de información, entre los distintos elementos. [4]

Los PLC's necesitan de comunicaciones tanto para recibir y enviar señales a sensores y actuadores como para las tareas de supervisión y control del mismo como parte de un sistema. Todas estas redes son una parte de las que compone un sistema de control distribuido, y son establecidas de acuerdo a las funciones propias a realizar en cada uno de los niveles de la Pirámide CIM "Computer Integrated Manufacturing".

El CIM define la integración modular de los diversos equipos, programas, bases de datos y sistemas de comunicación, para la automatización de procesos y gestión integral de la producción. [1]



Figura 3.8: Niveles de integración de la pirámide CIM

El conjunto se estructura de forma piramidal en distintos niveles, en los que están organizadas todas las funciones de la producción, desde niveles superiores para el estudio de mercado, planificación de producción, a los de base donde se encuentran los sistemas de fabricación. Podemos comprender mejor este concepto mediante la figura 3.8.

Los niveles que afectan al PLC son:

- Nivel de Campo 1 (Sensores y actuadores)

Los detectores proporcionan al sistema las señales de muestreo, y los actuadores reciben las órdenes de control. Se consideran también los manipuladores y el transporte automatizado. Las comunicaciones se realizan mediante los Buses de Campo.

- Nivel de Célula 2 (Control de fabricación)

Formado por las células de trabajo que pueden constar de PLC's, ordenadores industriales, máquinas de control numérico CNC y robots. Comunicaciones mediante Buses de campo y redes industriales para el enlace entre los diversos niveles.

- Nivel de Proceso 3 (Supervisión y Control de procesos)

Control y supervisión de los procesos de producción y/o fabricación. Consta de estaciones de trabajo mediante PC.

Velocidades y tiempos de comunicación

Para determinar el tipo de comunicación fundamentalmente se analizarán los parámetros de tiempo de respuesta y cantidad de datos de transmisión.

A nivel de factoría no se trabaja en tiempo real, se transfieren cantidades de elevada información del orden de MBytes como Ethernet.

La transmisión tarda determinados tiempos en función de las condiciones de trabajo de la red. La velocidad de transmisión de información es alta de acuerdo a la cantidad de datos enviados por segundo, pero el tiempo total es superior al que puede tardar la transferencia de un mensaje de pocos datos, incluso con menor velocidad de transmisión.

Sin embargo, las redes de proceso trabajan en Tiempo Real. Transmiten poca información con protocolos de comunicación que permiten tiempos críticos del orden de fracciones de ms.

A medida que ascendemos por la Pirámide CIM los paquetes de información son de mayor peso y se transmiten a menor velocidad alejándose del trabajo en Tiempo Real [4].

3.8.1. HMI “Human Machine Interface”

El Terminal de Operador dispone del software que permite la visualización de datos del PLC, y envío de parámetros de control. El HMI dispone de software, configuración y programa de acuerdo a la tarea a realizar (figura 3.9).



Figura 3.9: Comunicación de un PLC con un panel de control mediante HMI

La comunicación puede realizarse en modo:

DDE: Es un protocolo para el envío de mensajes e instrucciones, entre distintas aplicaciones que comparten memoria.

OPC: (OLE for Process Control) es un estándar de interfaz de comunicación utilizado en el control y supervisión de procesos industriales. Está basado en tecnologías COM (Component Object Model) y DCOM (Distributed COM) para el software de usuario. Es una interfaz abierta y estandarizada, que permite intercambio de información entre equipos automáticos de distintos fabricantes.

3.8.2. SCADA

Los sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) son aplicaciones de software, desarrolladas para en la adquisición de datos, con

finalidades de supervisión, control, y almacenamiento de información para su proceso posterior.

Proporcionan comunicación desde los ordenadores a los dispositivos de campo como PLC, sensores, actuadores, etc. Cada SCADA puede comunicar con diversos subsistemas la adquisición de los datos a través de PLC, el cual en tiempo real, recoge las señales y las envía a otros dispositivos mediante los protocolos de comunicación. Como podemos ver de una forma simple y esquematizada en la figura 3.10.

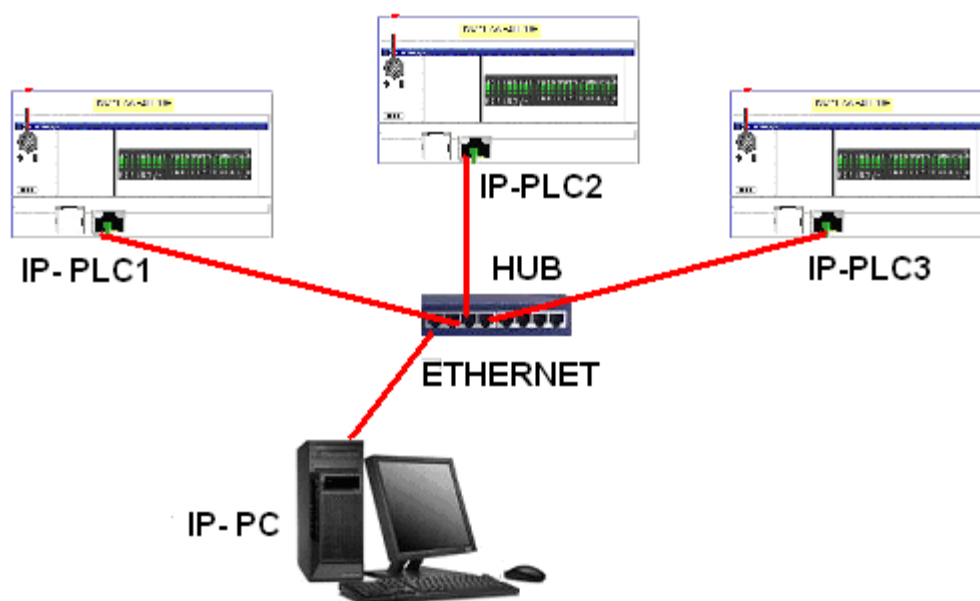


Figura 3.10: Comunicación entre PLC y PC-SCADA mediante línea Ethernet y concentrador HUB.

La comunicación entre PLC y PC_SCADA puede realizarse, mediante línea Ethernet y concentrador HUB. Cada uno de sus elementos dispone de su correspondiente dirección IP, como podemos observar en la figura 3.10.

El software de la interfaz gráfica en tiempo real, permite visualizar en la pantalla del ordenador a cada una de las estaciones remotas que conforman el sistema. Así como, conocer los estados del proceso o máquina, controlar situaciones de alarmas y enviar órdenes de control a los diversos componentes.

Principales funciones del SCADA

- I. Adquisición de datos, recoger la información para su proceso y almacenamiento.

- II. Control, permite actuar sobre el proceso mediante los actuadores y los propios reguladores del sistema.
- III. Supervisión, monitorizar y representar la evolución del proceso mediante estados, valores y esquemas gráficos. Permite fundamentalmente el tratamiento de la información sobre: Eventos, Tendencias, y Análisis de procesos. La monitorización del proceso se realiza mediante el interfaz gráfico, en donde están representados los datos y esquemas gráficos, los cuales pueden contener:
 - Valores de variables,
 - Símbolos de equipos, botones pulsadores para teclado, barras de herramientas, gráficas temporales, etc.
- IV. Trabajan en tiempo real y permiten la animación de valores y gráficas. El explorador gráfico permite monitorizar los valores de los diversos parámetros y estados del sistema, en diversas páginas y para cada uno de los equipos del sistema.

3.8.3. Buses de campo

Las redes con denominación genérica de *Buses de Campo*, trabajan en tiempo real. A nivel de proceso, cada transferencia maneja información de poco peso, que se puede realizar a menor velocidad, por lo que sus protocolos de comunicación le permiten trabajar en tiempos críticos del orden de fracciones de ms.

También presentan una mayor inmunidad a las perturbaciones eléctricas para trabajar en ambientes industriales, por ejemplo: los controles de posicionamiento en una máquina de CNC deben trabajar en tiempos críticos y poder de soportar perturbaciones electromagnéticas.

Tienen como característica principal la transmisión de información (datos) a nivel de campo, comunicando los diversos dispositivos como PLC's, transductores, sensores y actuadores. [4]

A continuación, se muestra un esquema (figura 3.11) en el que se puede apreciar la diferencia entre la conexión mediante cableado convencional y bus. La conexión mediante bus de campo (en este caso Bus ASI) es más simple que la tradicional, con lo que se ahorra en cableado.

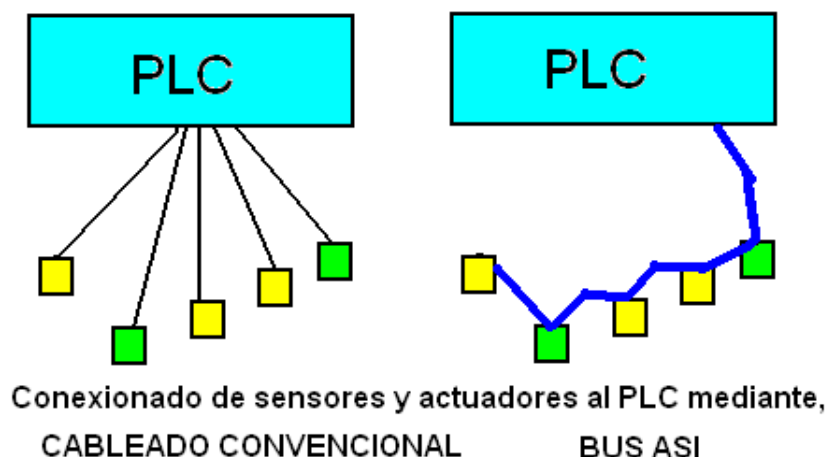


Figura 3.11: Comparación entre la conexión del PLC con los sensores y los actuadores mediante cableado convencional y BUS ASI.

La comunicación entre sus diversos dispositivos se realiza en tiempo real mediante mensajes cortos y de un mínimo tiempo de duración, el denominado *Tiempo Crítico*. Para ello, disponen de propios algoritmos y procedimientos de comunicación, que permiten la transferencia de mensajes de forma más rápida respecto a los otros tipos de redes.

Estos buses, normalmente son redes digitales, bidireccionales, multipunto, sobre el bus serie.

El conexionado físico puede realizarse mediante cable coaxial, fibra óptica, por trenzado de cables o radiofrecuencia. Este tipo de enlace reemplaza al convencional de punto a punto, simplificando todo su conexionado.

Se utilizan en la comunicación de elementos de máquina y proceso, como sensores y actuadores, con PLC y otros dispositivos HMI, Interfaz Hombre Máquina).

Principales características:

- Transmisión en tiempo crítico.
- Reducción de cableado.
- Transmisión de datos desde elementos distantes.
- Buses de alta inmunidad a perturbaciones eléctricas.

[3], [4]Tipos de Buses de campo estandarizados:

CAN SDS

Bus de campo basado en CAN. Se utiliza fundamentalmente en maquinaria e integradores de célula de proceso. Está soportado por la organización CiA (CAN In Automation), organización de fabricantes y usuarios de CAN.

CAN es un protocolo de comunicaciones basado en una arquitectura de bus para transferencia de mensajes en ambientes distribuidos. Tiene arquitectura multimaestro con características de respuesta en tiempo real, tolerancia a fallos en la recepción de mensajes y mal funcionamiento de los nodos.

De acuerdo con el modelo OSI, dispone de una arquitectura de dos capas (capa física y capa de enlace de datos). Puede tener diferentes tipos de capas de aplicación como: CiA CAN Application Layer, CAN Open, SDS (Smart DistributedSystem), Device Net y CAN Kingdom.

DEVICE NET

Bus basado en complejas capas de aplicaciones industriales sobre bus CAN. Su capa física y capa de enlace tienen especificaciones ISO 11898, y Bosh 2.0. DeviceNet. DeviceNet fue desarrollado por Allen-Bradley y actualmente es una especificación abierta soportada por la ODVA (Open DeviceNet Vendor Association), organización abierta para asociados.

LONWORKS

Esta basado en el protocolo Lon Talk y soportado por Neuron Chip. Dispone de estructura de productos y servicios dirigidos al mercado del control distribuido en domótica, edificios inteligentes, control industrial. La empresa Echelon comercializa este bus de campo.

BITBUS

Realizado por Intel, es un bus maestro-esclavo soportado sobre RS485 y normalizado en IEEE- 1118.

INTERBUS

Inicialmente, de la empresa Phoenix Contact Gmb H, actualmente tiene abierta su especificación. Normalizado bajo DIN 19258, norma europea EN 50 254.

WorldFIP

Normalizado por EN 50170, que también cubre Profibus. Sus capas física y de aplicación son análogas a las de Foundation Fieldbus H1 y Profibus PA. Utiliza un modelo con gestión de variables cíclicas, eventos y mensajes genéricos.

FOUNDATION FIELDBUS

Un bus orientado sobre todo a la interconexión de dispositivos en industrias de proceso continuo. Su desarrollo ha sido apoyado por importantes fabricantes de instrumentación normalizado como ISA SP50, IEC-ISO 61158.

ISA es la asociación internacional de fabricantes de dispositivos de instrumentación de procesos.

HART

Es un protocolo para bus de campo soportado por la HART Communication Foundation y la Fieldbus Foundation, de aplicación en la comunicación digital sobre las líneas analógicas convencionales de sistemas de instrumentación. Transmite una señal digital modulada analógico estándar 4-20 mA, sobre la frecuencia de modulación FSK 1200-2200 Hz.

La transmisión es de 1200 bps compatible con la señal analógica inicial, puede alcanzar distancias de 3 Km. Su funcionamiento es modo maestro-esclavo.

ASI

AS-I (Actuator Sensor Interface) bus de campo desarrollado por Siemens, se utiliza para la interconexión de actuadores y sensores binarios. Trabaja por el estándar IEC TG 17B.

PROFIBUS

Según norma Alemana DIN E 19245 y Europea EN 50170. Desarrollado por ABB, AEG, Siemens, Klöckner-Moeller, y controlado por la PNO (Profibus User Organisation) y la PTO (Profibus Trade Organisation).

Existen tres perfiles:

- Profibus DP (Decentralized Periphery). Orientado a sensores/actuadores enlazados a procesadores (PLCS) o terminales.
- Profibus PA (Process Automation). Para control de proceso y cumpliendo normas especiales de seguridad para la industria química (IEC 1 115 8-2, seguridad intrínseca).
- Profibus FMS (Fieldbus Message Specification). Para comunicación entre células de proceso o equipos de automatización. La evolución de Profibus hacia la utilización de protocolos TCP/IP para enlace al nivel de proceso hace que este perfil esté perdiendo importancia.

Utiliza diferentes capas físicas. La principal PROFIBUS DP, basada en EIA RS-485, Profibus PA según norma IEC 11158-2, norma de comunicación síncrona entre sensores de campo, que utiliza modulación sobre los cableados convencionales de instrumentación 4-20 mA.

A nivel de proceso se utiliza principalmente Ethernet, y también puentes de enlace mediante gateways.

En Profibus DP consta de: maestro clase 1, estaciones de monitorización y diagnóstico; maestro clase 2, elementos centralizadores de información como PLCs, PCs, etc; esclavo, sensores, actuadores. El transporte en Profibus-DP se realiza mediante tramas IEC 870-5-1.

Profibus DP utiliza las capas 1,2,7 de ISO, y utiliza el proceso de paso de testigo.

Profibus FMS permite la gestión distribuida de procesos al nivel de relación entre células y la ejecución remota de procesos. Los servicios disponibles están definidos en MMS (ISO 9506). Las plataformas hardware para soportar Profibus están basadas en procesadores de comunicaciones ASIC, como el LSPM2 de Siemens y de acuerdo a especificaciones PNO.

Las distancias potenciales de bus varían entre 100 m a 24 Km (con repetidores y fibra óptica), con velocidades de comunicación de 9600 bps a 12 Mbps. Los mensajes pueden alcanzar los 244 bytes de datos.

Profibus DP y Profibus PA son de utilización en plantas de proceso continuo y discontinuo, cumpliendo normas de seguridad intrínseca.

MODBUS

El medio físico de conexión puede ser un bus HalfDuplex (RS-485 o fibra óptica) o Full Duplex (RS-422, BC 0-20mA o fibra óptica). La comunicación es asíncrona, se pueden seleccionar velocidades de transmisión desde 75 hasta 19.200 baudios.

La distancia máxima entre estaciones puede llegar a 1200m sin repetidores (depende del medio físico).

3.9. Instalación del PLC.

Debe cumplir con las especificaciones del fabricante y condiciones específicas del Proyecto. Como norma general se pueden establecer las siguientes recomendaciones [4].

- Fijación del cableado, para evitar esfuerzos especialmente en punto de conexionado.
- Evitar choque o vibraciones
- Identificación mediante códigos, en componentes, cableado
- Disponer localizada toda la documentación técnica para la instalación, reparación y mantenimiento.
- No apoyar cargas sobre su estructura envolvente.
- Mantener ventilación en el cuadro de control y, en su caso forzada, con salida en la parte superior.
- El PLC debe estar alejado de los focos de calor, y no encima de transformadores o componentes con mayor disipación de calor.
- Respetar las distancias de seguridad eléctricas, de acuerdo a normativas como IEC, UNE.

3.9.1. Fase de pruebas y puesta en servicio.

Comprende las tareas previas de supervisión y pruebas de funcionamiento. Para la correcta puesta en servicio del sistema, considerar los siguientes procedimientos.

- I. Inicialmente con el sistema parado y sin tensión de alimentación, comprobar:
 - El correcto cableado de todos los componentes y sus códigos de identificación (componente, número y color de cable).
 - Tener especial consideración en las masas de puesta a tierra, y conexionado de cables apantallados.
 - Las tomas de suministro de tensiones de alimentación, deben estar exentas de posibles fallos y fluctuaciones.
 - La firme sujeción de los cables y conexión en bornes, expuestos a vibraciones.

- II. Aplicar tensión de alimentación, pero con el PLC permaneciendo en Stop.
 - Realizar las mediciones y comprobar tensiones alimentación, masas, en componentes y bornes de conexión.
 - Comprobar el correcto funcionamiento de los sensores de entrada y actuadores de salida. Líneas y redes en caso de disponer de comunicaciones.

- III. Con alimentación y PLC en RUN. Antes de la puesta en servicio, se debe realizar las pruebas para comprobar el correcto funcionamiento del sistema, en cuanto a seguridad y en la ejecución de las tareas previstas.

Tener especial consideración en los fallos que puede haber inicialmente en:

 - Software: organización del programa y errores de programación.
 - Hardware: conexionado, tensiones su valor y polaridad, y sobreintensidades básicamente en circuitos de potencia de salida.
 - Estados Aleatorios: condiciones externas y estados de programa no previstos, perturbaciones electromagnéticas.

- IV.** Pruebas. Sin tensiones en la salida sobre los actuadores:
- Realizar las pruebas del circuito marcha
 - paro, alarmas y paros de emergencia
 - Verificar el correcto funcionamiento en modo prueba de cada una de las partes del sistema, activando de modo manual sobre las entradas del PLC, y comprobar el correcto funcionamiento de los actuadores.
- V.** Pruebas. Con tensiones en la salida sobre los actuadores:
- Aplicando tensión en las salidas del circuito comprobar su activación de acuerdo a las condiciones del programa.
 - Cuando se cumplen de modo satisfactorio todas las comprobaciones en el sistema, realizar las pruebas finales de funcionamiento real.
 - Comprobado el correcto funcionamiento, seguridades y fiabilidad del sistema.

3.9.2. Inicio de la puesta en servicio.

- I. Realizar comprobaciones sobre fiabilidad y la correcta realización de las tareas previstas y adoptar precauciones especiales de seguridad, hasta haber completado un adecuado tiempo de funcionamiento.
- II. Aplicar las normas de mantenimiento y de mejora continua.

3.10. Condiciones ambientales y de servicio.

- Estar protegidos de la intemperie, como radiación solar, lluvia, humedad, etc.
- Mantenerse dentro de las condiciones climáticas especificadas, generalmente temperatura (máximas entre -10 y 55oC) , %HR (inferior al 85%9), y evitar la condensación por HR.
- Evitar básicamente ambientes corrosivos, húmedos, que puedan contener partículas en suspensión, y gases inflamables.

- Disponer de protecciones especificadas para el equipo frente a perturbaciones electromagnéticas EMC que puedan alterar su buen funcionamiento. Pueden llegar por propagación a través del cableado y líneas de alimentación, también por proximidad a circuitos eléctricos o magnéticos, y por la acción de relés, contactores, motores eléctricos, triacs, etc.

3.11. Mantenimiento

3.11.1. General

Especialmente en aquellas partes del sistema de control con PLC, en donde sean previsibles mayor posibilidad de avería [5].

3.11.2. Fortuito, averías

En caso de avería, para ello se debe determinar cuál es el estado de la avería y sus posibles causas. Se debe disponer de los correspondientes manuales técnicos y procedimiento de actuación para facilitar el diagnóstico y rapidez en la solución de averías. Debe quedar constancia escrita sobre circunstancias, causas de la avería y operaciones realizadas en su reparación.

3.11.3. Preventivo o inspección periódica

Este mantenimiento ha de tener una periodicidad de tiempo en función de la complejidad del sistema y probabilidades de averías. En función del comportamiento del sistema se establecerán correcciones y mejoras de mantenimiento.

Se debe disponer de una ficha en la que como mínimo deben figurar:

- Cada elemento que requiere revisión.
- Fechas de revisión.
- Averías que se han producido.
- Causas de la avería.
- Procedimientos de reparación realizados.
- Previsión de desgaste y fatiga de los componentes.

3.11.4. Almacén stock de recambios.

Mantener disponibles los componentes de repuesto, principalmente para aquellos que puedan presentar menor fiabilidad y dificultad de suministro.

3.12. Protecciones y seguridad

3.12.1. Seguridad del personal

En la programación del PLC además de las funciones propias para el proceso a desarrollar, se deben incorporar las que garanticen la seguridad y fiabilidad de funcionamiento, de primordial importancia todas las seguridades para la protección de personas, de acuerdo a las características de la aplicación, y respectivas Normas de Seguridad establecidas [5].

3.12.2. Aspectos importantes de protección

- Para fallo del sistema, el programa del PLC debe disponer de las correspondientes acciones encaminadas a la protección personal y a evitar daños materiales.
- En caso de peligro se debe disponer de fácil localización, acceso y rapidez a los elementos de control de paro manual.
- Disponer de detectores de seguridad, como prevención en operaciones que puedan ser peligrosas para la presencia de personal.
- De forma general deben establecerse niveles de seguridad en función del análisis de riesgos del sistema, básicamente de acuerdo a daños y probabilidades de avería.
- Conexión a la línea de alimentación, de modo y con protecciones de acuerdo a la reglamentación oficial.
- Señales de sensores de entrada al PLC, por seguridad trabajar con tensiones máximas de 24V, correcto apantallado y conexión de protección a masa.
- Alimentación con transformador de aislamiento y con núcleo conectado a masa.

-
- Las señales de paro, alarmas y emergencias actúan con circuito abierto, de modo que en caso de rotura en el cableado, también se realiza el paro o activa la alarma.
 - Además de paro operativo del proceso, disponer del de emergencia, y de seguridad.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- [1] Vv.aa., “PLC,s.” Universidad de Valladolid, Valladolid, 2013.
- [2] J. Balcells Sendra and J. L. Romeral, *Autómatas programables*, 1ª ED. Marcombo, S.A., 2000.
- [3] A. S. TANENBAUM, *Redes de computadora*, 4ª ED. Prentice Hall Mexico, 2003.
- [4] J. P. Carbonell, “El Autómata Programable PLC, en Aplicaciones Industriales.” COGITI, 2014.
- [5] N. Molinari, “Curso PLC,” *Edudavices*. [Online]. Disponible en: http://www.edudevices.com.ar/curso_PLC.htm. [Último acceso: 10-Dec-2015].
- [26] Vv.aa., “Lección 16.3.4 – Nemónicos o lista de Instrucciones (Instruction list – IL),” *Universidad Nacional Abierta y a Distancia*. [Online]. Disponible en: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/2150512/ContenidoLinea/leccin_1634__nemnicos_o_lista_de_instrucciones_instruction_list__il.html. [Último acceso: 15-Dec-2015].

4. PROGRAMACIÓN DEL PLC MEDIANTE DIAGRAMAS DE CONTACTOS: LADDER

PROGRAMACIÓN DEL PLC MEDIANTE DIAGRAMAS DE CONTACTOS: LADDER

4.1. Introducción

Este capítulo se centra en los fundamentos de la programación Ladder, extensamente utilizada en los PLC's. Las imágenes de Ladder han sido extraídas de archivos realizados con el software de programación de PLC's de Schneider Electric: Twido Suite V2.3.

Los diagramas Ladder o de contacto, son similares a los diagramas lógicos de relé que representan circuitos de control mediante relés. Las principales diferencias entre ambos son las funciones de la programación de Ladder que se detallan a continuación, que no aparecen en los diagramas de lógica de relé [4]:

- Todas las entradas están representadas por símbolos de contactos (||).
- Todas las salidas están representadas por símbolos de bobinas (()).
- Las operaciones numéricas están incluidas en el conjunto de instrucciones de Ladder gráficas.

La siguiente ilustración (figura 4.1) muestra un diagrama simplificado del cableado de un circuito de lógica de relé y el diagrama Ladder equivalente.

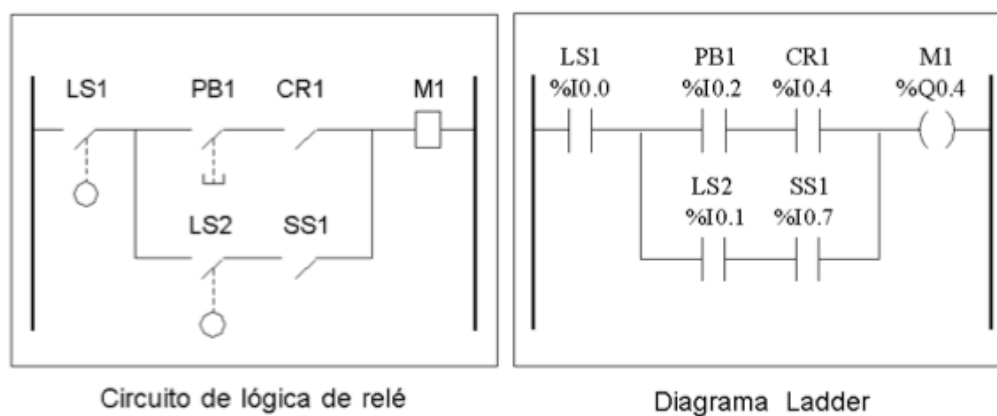


Figura 4.1: Relación entre un esquema eléctrico de lógica cableada y un diagrama Ladder.

Un programa en lenguaje de diagrama Ladder está formado por "escalones" que representan el conjunto de instrucciones gráficas y aparecen entre dos barras verticales. El controlador ejecuta los escalones de forma secuencial [5].

El conjunto de instrucciones gráficas representa las siguientes funciones:

- Entradas/salidas del controlador (botones de comando, sensores, relés, luces de pilotos, etc.).
- Funciones del controlador (temporizadores, contadores, etc.).
- Operaciones lógicas y matemáticas (adición, división, AND, XOR, etc.).
- Operadores de comparación y otras operaciones numéricas ($A < B$, $A = B$, desplazamiento, rotación, etc.)
- Variables internas del controlador (bits, palabras, etc.).

Estas instrucciones gráficas se organizan con conexiones horizontales y verticales que conducen a una o varias salidas o acciones. Los escalones no admiten más de un grupo de instrucciones vinculadas, como podemos ver en la figura 4.2.

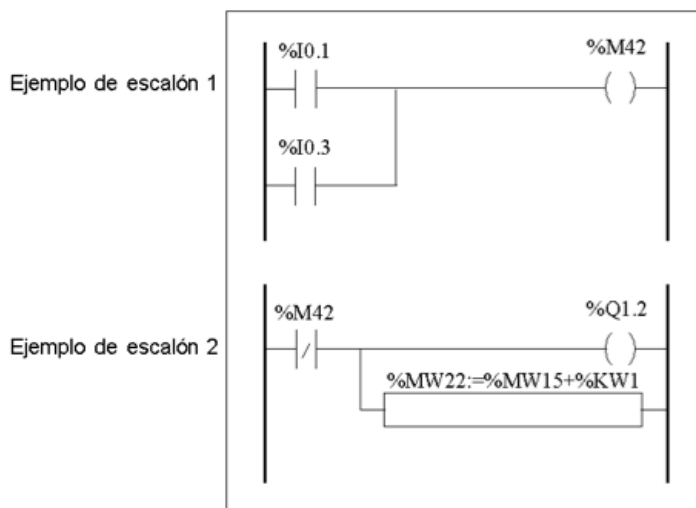


Figura 4.2: Ejemplos de diagramas Ladder o en escalera.

4.2. Asignación de líneas ENTRADA/SALIDA del PLC.

Lo primero que necesitamos conocer es cómo identifica el PLC las entradas y salidas, para luego utilizar esta nomenclatura a la hora de programar.

Cada una de las entradas o salidas dispone de una línea específica y tiene asignada su correspondiente identificación, de acuerdo al módulo y a la posición que ocupan en los bornes de conexión [5].

También disponen de terminales comunes organizados en grupos de determinado número de entradas o salidas. Generalmente son las líneas comunes de masa y alimentación, como se muestra en la figura 4.3. En ésta también se indica la nomenclatura de cada señal a la hora de programar mediante el lenguaje Ladder.

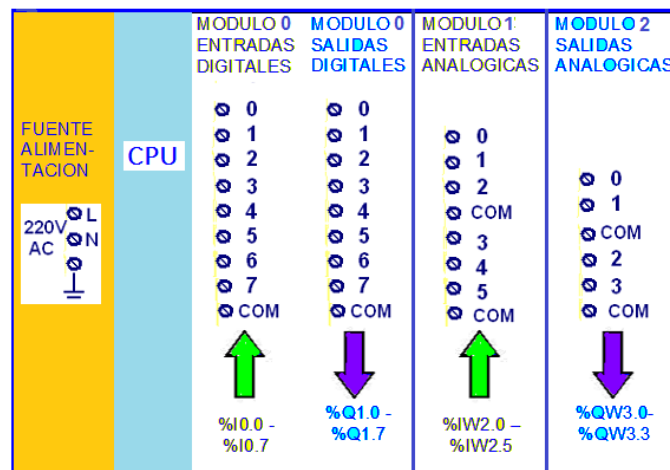


Figura 4.3: Distribución de los terminales de cada módulo en un PLC.

Distintos fabricantes realicen la asignación del siguiente modo (figura 4.3 y 4.4).

- Nº de modulo,
- Nº de entrada o salida
- Indicar si las I/O son Binarias o Analógicas.

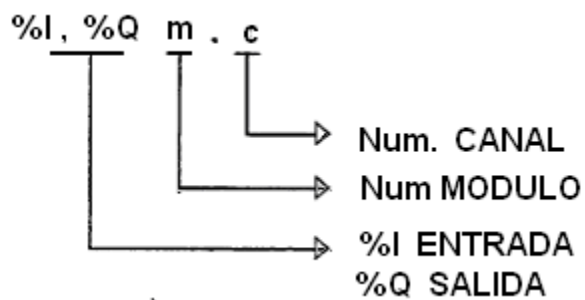


Figura 4.4: Método de nomenclatura de las señales de entrada y salida en la programación Ladder..

En el caso representado sobre Entradas/Salidas, la asignación sería [4]:

-Primero, distribución por módulos %I0.x %Q1.x %IW2.x y %QW3.x

-Segundo, asignación del número de entrada o salida a cada línea dentro del módulo. %I0.0a7, %Q1. 0a7, %IW2.0a5, y %QW3.0a3.

Cabe observar que la numeración utilizada empieza por el 0.

4.3. Bloques del diagrama Ladder

Los diagramas Ladder están compuestos por bloques que representan el flujo de programas y las funciones, por ejemplo:

- Contactos
- Bobinas
- Instrucciones de flujo de programas
- Bloques de función
- Bloques de comparación
- Bloques de operación

4.3.1. Contactos





Nombre	Elemento gráfico	Función
Contacto normalmente abierto		Establece contacto cuando el objeto de bit de control está en estado 1.
Contacto normalmente cerrado		Establece contacto cuando el objeto de bit de control está en estado 0.
Contacto para detectar un flanco ascendente		Flanco ascendente: detecta el cambio de 0 a 1 del objeto de bit de control.
Contacto para detectar un flanco descendente		Flanco descendente: detecta el cambio de 1 a 0 del objeto de bit de control.

Tabla 4.1: Tipos de contactos en diagramas Ladder.

Pulsador NA.

Al no estar pulsado L (no accionado), no conduce y el piloto de entrada al PLC está apagado L. Con un programa no invertido la salida está a nivel L, con programa invertido en cambio, la salida es H.

Cuando físicamente esta pulsado H (accionado), pasa a conducción y el piloto de entrada del PLC se enciende H. Con un programa no invertido la salida está a nivel H, y con programa invertido la salida es L [4], [5].

Pulsador NC.

Al no estar pulsado L (no accionado), sí que conduce y el piloto de entrada del PLC está encendido H. Con un programa no invertido la salida está a nivel H, y con programa invertido la salida es L.

Cuando físicamente esta pulsado H (accionado), no conducción y el piloto de entrada del PLC está apagado L. Con un programa no invertido la salida está a nivel L, con programa invertido la salida es H [4], [5].

Tabla representativa de circuitos NA y NC.


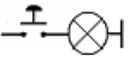

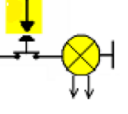
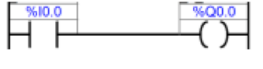
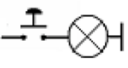

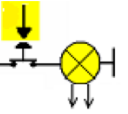




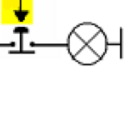

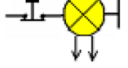

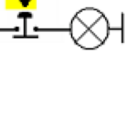
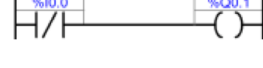
Pulsador entrada	Estado del pulsador	Piloto entrada	PLC señal entrada	Programa	PLC señal salida
Contacto NA 	No accionado L		L		L
	Accionado H		H		H
	No accionado L		L		H
	Accionado H		H		L
Contacto NC 	No accionado L		H		H
	Accionado H		L		L
	No accionado L		H		L
	Accionado H		L		H

Tabla 4.2: Distintos estados de contactos NA y NC.

Los sensores NC tienen aplicaciones fundamentales como en circuitos de paro, detectores de presencia y seguridades, de esta forma, una rotura en la continuidad del circuito, produce paro o señal de alarma.

Las señales de entrada que hemos llamado anteriormente como contactos NA y NC son detectadas por su nivel . Estas señales son procesadas en todos los ciclos del programa durante todo el tiempo en el que la señal permanece a un determinado estado de nivel.

Las señales de entrada de flancos, tanto las ascendentes como las descendentes, son detectadas por el PLC cuando hay un cambio de estado en la entrada, y son procesadas únicamente en el ciclo en el que la señal produce el cambio de nivel [4], [5].

En resumen, estas señales permiten conocer el momento de inicio o fin de una señal, independientemente del tiempo de duración de la misma.

4.3.2. Bobinas





Nombre	Elemento gráfico	Función
Bobina directa		El objeto de bit asociado toma el valor del resultado del área de comprobación.
Bobina inversa		El objeto de bit asociado toma el valor del resultado en negativo del área de comprobación.
Establecer bobina		El objeto de bit asociado se establece en 1 cuando el resultado del área de comprobación es 1.
Restablecer bobina		El objeto de bit asociado se establece en 0 cuando el resultado del área de comprobación es 1.

Tabla 4.3: Tipos de bobinas en la programación Ladder.

Las bobinas directas accionan la salida (nivel H) dependiendo del estado de las entradas y del estado lógico interno anterior, así mismo, la bobina inversa desactiva la salida (nivel L).

Mediante la señal de SET la salida pasa a nivel alto H, y la de RESET a nivel bajo L. Cuando no se aplican nuevas señales externas guarda en memoria el estado anterior [6]. Se puede ver a modo de ejemplo aclaratorio la figura 4.5

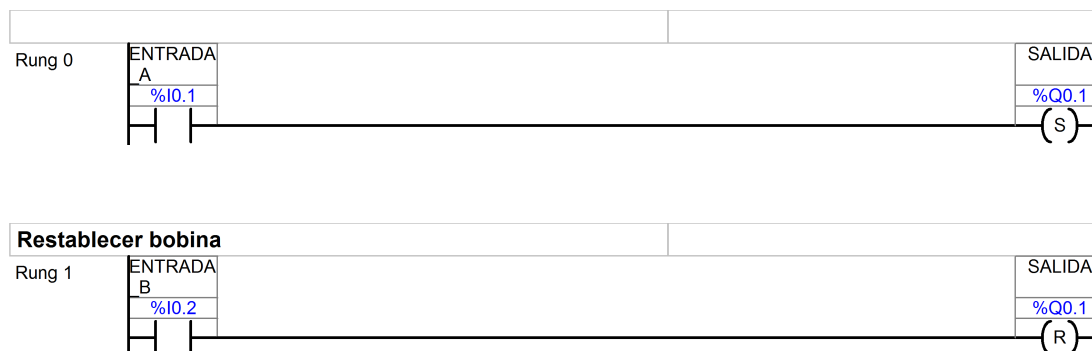


Figura 4.5: Diagrama Ladder en el que se activa (Rung 0) o se desactiva (Rung 1) una señal de salida digital cuando se activan las entradas digitales %I0.1 y %I0.4 respectivamente.

El SET se realiza aplicando nivel H en la entrada A y L en la B. Independientemente del estado anterior la salida pasa a nivel H. Al aplicar nivel L en ambas entradas, se mantiene el estado interno de memoria y la señal de salida permanece a nivel H.

Para el RESET se aplica nivel L en la entrada A y H en la B. También de forma independiente al estado anterior la salida pasa a nivel L. Al aplicar nuevamente nivel L en ambas entradas, se mantiene el estado interno de memoria y la señal de salida permanece a nivel L.

4.3.3. Bloques de función

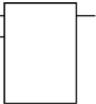
Nombre	Elemento gráfico	Función
Temporizadores, contadores, registros, etc.		Cada bloque de función utiliza entradas y salidas que permiten conexiones con otros elementos gráficos. Nota: Las salidas de los bloques de función no pueden conectarse entre sí (conexiones verticales).

Tabla 4.4: Tipos de bloques de función en diagramas Ladder.

4.3.3.1 Temporizadores

Básicamente se pueden considerar tres tipos de temporizadores.

- Retardo a la conexión: TON
- Retardo a la desconexión: TOF
- Generación de un Impulso de determinada duración: TP

- Temporizador TON. Retardo a la conexión.

Después de aplicar un una señal de determinado nivel a la entrada del PLC y, transcurrido el tiempo programado Ton, se activa la salida. La figura 4.6, corresponde a un TON activado en la entrada IN por un impulso de nivel H [4], [5].

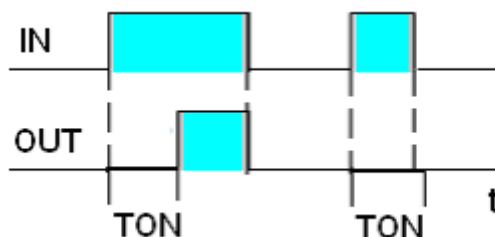


Figura 4.6: Gráfica de las señales de entrada y salida de un temporizador TON.

TON es el tiempo de espera que tarda en activarse la salida OUT y se define en su configuración. Cuando la entrada IN pasa a nivel bajo, se desactiva la salida OUT.

En el Ladder siguiente (figura 4.7) utilizamos un temporizador TON. La salida %Q0.3 no se activará hasta 4 seg después de activar el pulsador NA %I0.2 [6].

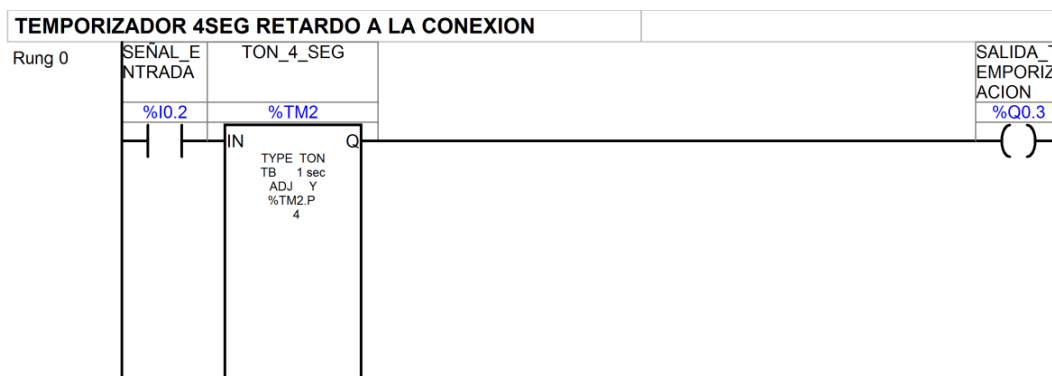


Figura 4.7: Ejemplo de un sistema temporizado con retardo a la conexión de la entrada digital %I0.2.

- %TMI: Número asignado al temporizador.
- TON: Temporizador retardo conexión.
- TB: Tiempo base.

- %T_{Mi}.P Valor de tiempo de preselección.
- IN: Entrada señal.
- Q: Salida temporizador,

- Temporizador TOF. Retardo a la desconexión.

Al aplicar la señal a la entrada IN, se activa la salida OUT, y permanece activada hasta transcurrido el tiempo de configuración TOF, después del cese de la señal de entrada; como se puede ver gráficamente en la figura 4.8.

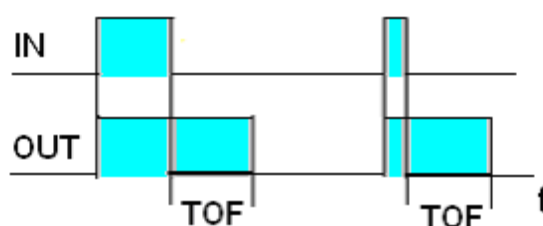


Figura 4.8: Gráfica de las señales de entrada y salida de un temporizador TOFF.

En la figura 4.9 vemos una temporización tipo TOF. La salida %Q0.1 se activa mediante los pulsadores NA %I0.5, %I0.6, %I0.7. Permanecerá activada %Q0,1 hasta 3 segundos, después del cese de la última pulsación de entrada.



Figura 4.9: Ejemplo de un sistema temporizado con retardo a la desconexión de una de las entradas digitales: %I0.5, %I0.6 o %I0.7.

- %T_{Mi}: Número asignado al temporizador.
- TYPE TOF: Tipo Retardo a la desconexión.
- TB: Tiempo base.
- %T_{Mi} . P: Tiempo preselección.
- IN: Entrada señal.
- Q: Salida temporizador

▪ Temporizador TP. Generador de impulso TP.

Al aplicar el impulso de señal de entrada IN se activa la salida OUT con la duración del tiempo programado, independientemente del estado de la señal de entrada; como se puede ver gráficamente en la figura 4.10.

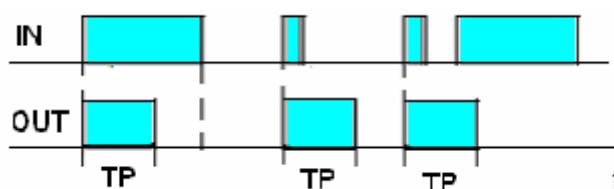


Figura 4.10: Gráfica de las señales de entrada y salida de un temporizador TP.

En el siguiente ejemplo (figura 4.11) se aplica un temporización tipo TP. Al activar el pulsador de entrada %I0.1, la salida %Q0.3, permanecerá activada durante 4500ms, a partir del momento de inicio de la pulsación de entrada y de modo independiente a la duración de la misma [4], [5].

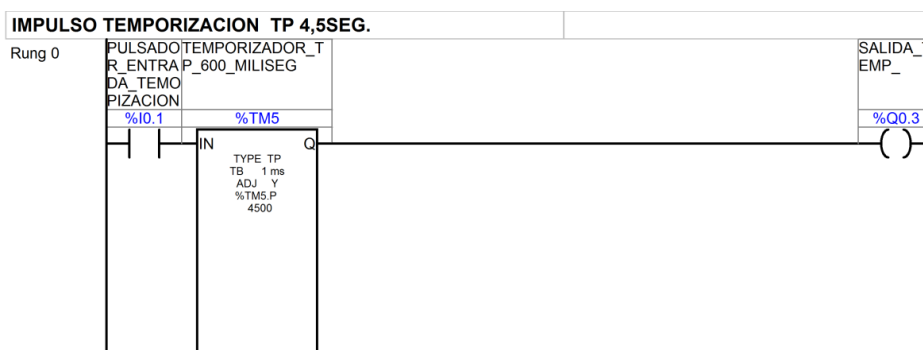


Figura 4.11: Ejemplo de un sistema temporizado por pulsos constantes de la entrada digital %I0.1.

- %T_{Mi} : Número asignado al temporizador. IN Entrada señal.
- TYPE TP: Tipo generador de impulso.
- TB: Tiempo base.
- %T_{Mi}. P: Tiempo preselección T_p.
- Q: Salida temporizador.

4.3.3.2 Contadores

A los contadores del programa se les designa por un número *i*, desde 0 hasta el máximo que permite el tipo de CPU. Cada uno de ellos consta de un registro CV_{*i*}, que actúa propiamente de contador y guarda el valor actual. Su rango de valores es desde 0 al máximo 9999.

También disponen del registro de Preselección CiP, configurable con un valor desde 0 a 9999, que permite realizar funciones de carga y comparación.

Se explica el funcionamiento del contador-descontador con el siguiente Ladder (figura 4,12). Cada impulso aplicado a la entrada CU incrementa el valor del contador %C2V, y aplicada a CD decrementa el valor contenido en %C2V, Esta variación es de en una sola unidad por impulso [4].

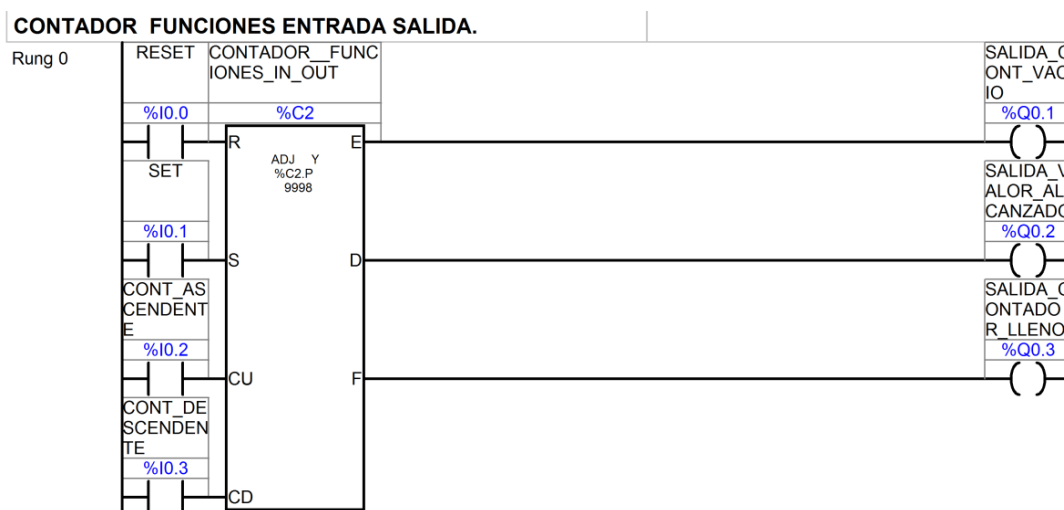


Figura 4.12: Ejemplo de un sistema que contiene un contador.

Función de las Entradas

- R: Reset puesta a cero de registro contador CVi.
- S: Set carga CVi con el valor guardado por configuración en el registro de preselección CiP.
- CU: Cada impulso incrementa el registro contador %CVi.
- CD: Cada impulso decrementa el registro contador %CVi.

Función de las Salidas

- E: Estado vacío, se pone a nivel H, cuando el registro de contador CVi está vacío, y su valor pasa de 0 a 9999.
- D: Pasa a nivel H cuando el valor CVi es igual al de preselección CiP.
- F: Estado de lleno, se pone a nivel H cuando CVi pasa de 9999 a 0.

4.3.4. Bloques de operación y comparación

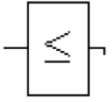

Nombre	Elemento gráfico	Función
Bloque de comparación		Compara dos operandos y la salida cambia a 1 cuando se comprueba el resultado.
Bloque de operación		Realiza operaciones aritméticas y lógicas.

Tabla 4.5: Tipos de bloques de operación en diagramas Ladder.

Estos bloques se utilizan para la programación con entradas analógicas y son llamados bloques numéricos. Permiten realizar procesos entre operadores, como asignación, comparación, operaciones aritméticas y funciones lógicas.

Los operadores pueden estar formados por Palabras Simples de 16 bits y Dobles de 32bits.

4.3.4.1 Palabras de 16 bits, para números enteros

Estas palabras de 16 bits se guarda en la memoria de datos y les corresponde un valor entero de entre -32.768 y 32.767. Se pueden clasificar en los siguientes tipos [4]:

- Internas de memoria: guardan los valores de datos de proceso del programa (en Twido Suite %MWi).
- Constante: contienen valores constantes y alfanuméricos, se escriben por configuración y no pueden ser modificados en la ejecución del programa (en Twido Suite %KW_i).
- De entrada y salidas: para aplicación en módulos de señales de Entrada y Salida analógica (en Twido Suite %IW_i y %QW_i).
- Del sistema: correspondientes a funciones propias que puede realizar la CPU (en Twido Suite %SW_i).
- De un temporizador: guarda el valor de tiempo de temporización del temporizador *i* (en Twido Suite %TM_i.P).
- De un contador: guarda el valor del contador *i* (en Twido Suite %Ci.V).

4.3.4.2 Palabras de 32 bits

Son palabras de 32 Bits, formadas por dos palabras simples, permiten cálculos con valores superiores a los números enteros y coma flotante. Pueden ser de los siguientes tipos.

- Internas de memoria doble palabra (en Twido Suite %MD_i)
- Constante doble palabra (en Twido Suite %KD_i)
- Internas de memoria coma flotante (en Twido Suite %MF_i)
- Constante coma flotante (en Twido Suite %KF_i)

4.3.4.3 Bloque de comparación

Establece condiciones de comparación entre dos operandos, y cuando se cumple la condición, entregan un nivel alto de salida. A continuación se citan las condiciones de operación posibles y se ilustra mediante el ejemplo de la figura 4.13.

Condiciones de operación:

- Op1<Op2: Operando 1 debe ser menor al operando 2.
- Op1>Op2: Operando 1 debe ser mayor al operando 2.
- Op1=Op2: Operando 1 debe ser igual al operando 2.
- Op1<=Op2: Operando 1 debe ser menor o igual al operando 2.
- Op1>=Op2: Operando 1 debe ser mayor o igual al operando 2.
- Op1<>Op2: Operando 1 debe ser distinto al operando 2.

Ejemplos [6]:

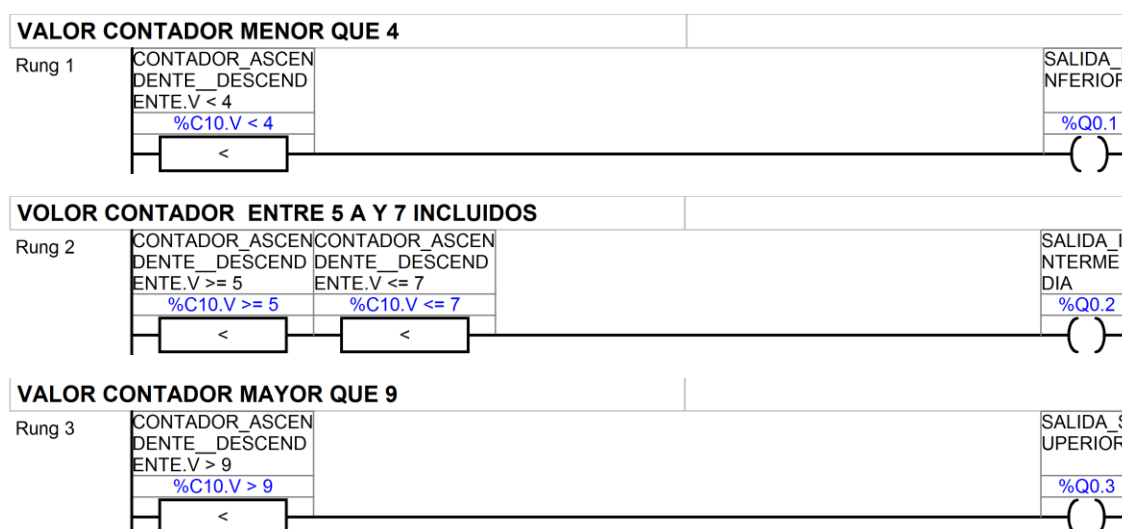


Figura 4.13: Ejemplo de sistemas que requieren de bloques de comparación.

4.3.4.3 Bloque de operación

Para poder realizar operaciones entre todas ellas, se precisa la conversión de las palabras simples a dobles, deben estar en el mismo tipo de dato. La conversión entre los diversos tipos de palabras utiliza instrucciones como las empleadas en los ejemplos que se encuentran en este apartado [4].

Los bloques de operación sirven para realizar operaciones aritméticas entre dos operandos, y también modificaciones sobre uno de ellos, y realizar la entrega del resultado de la operación (figura 4.14).

Ejemplos [6]:



Figura 4.14: Ejemplo de sistemas que requieren de bloques de operación (suma y resta).



Figura 4.15: Ejemplo de sistemas que requieren de bloques de operación (multiplicaciones y divisiones).

También permiten realizar operaciones lógicas entre dos correspondientes bits de dos operandos o sobre un mismo operando. Se realiza con las instrucciones AND, OR, XOR y NOT, como podemos ver en las figuras 4.16 y 4.17

Ejemplos [6]:

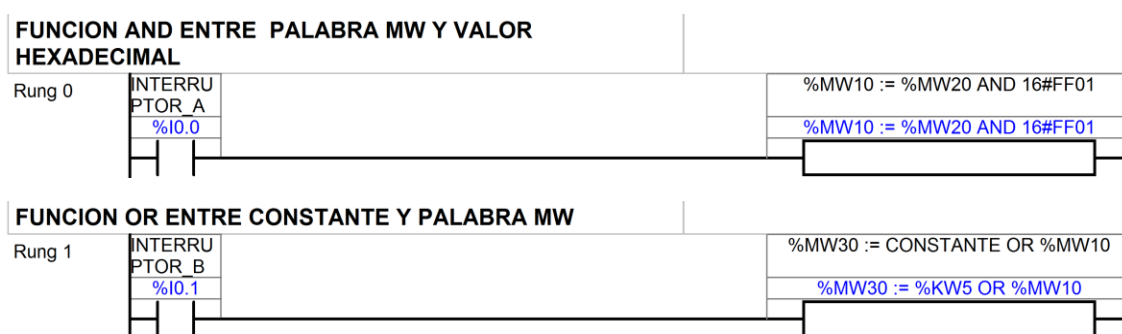


Figura 4.16: Ejemplos de aplicación de operaciones lógicas.

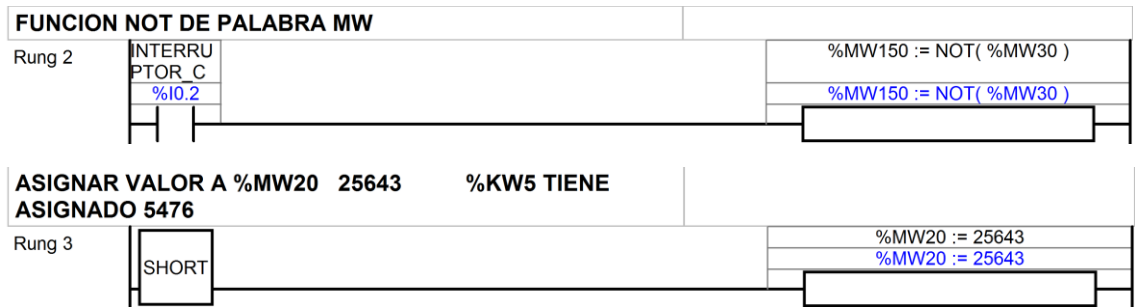


Figura 4.17: Ejemplo de aplicación de operaciones lógicas.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- [4] J. P. Carbonell, “El Autómata Programable PLC, en Aplicaciones Industriales.” COGITI, 2014.

- [5] N. Molinari, “Curso PLC,” *Edudevices*. [Online]. Disponible en: http://www.edudevices.com.ar/curso_PLC.htm. [Último acceso: 10-Dec-2015].

- [6] Scheider Electric, “TwidoSuite.” Scheider Electric, 2012.

5. Simulación del funcionamiento de un PLC mediante LabVIEW

SIMULACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE UN PLC MEDIANTE LABVIEW

5.1. Introducción

En este capítulo explicaremos como hemos simulado el funcionamiento de un controlador lógico programable (PLC) mediante el software:



Figura 5.1: Logotipo de LabVIEW 2014.

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) (figura 5.1) constituye un sistema de programación gráfica para aplicaciones que involucren adquisición, control, análisis y presentación de datos. Las ventajas más importantes que proporciona el empleo de LabVIEW son en las siguientes [7]:

- Se reduce el tiempo de desarrollo de las aplicaciones al menos de 4 a 10 veces, ya que es muy intuitivo y fácil de aprender.
- Dota de gran flexibilidad al sistema, permitiendo cambios y actualizaciones tanto del hardware como del software.
- Con un único sistema de desarrollo se integran las funciones de adquisición, análisis y presentación de datos.
- El sistema está dotado de un compilador gráfico para lograr la máxima velocidad de ejecución posible.

LabVIEW es un entorno de programación destinado al desarrollo de aplicaciones, similar a los sistemas de desarrollo comerciales que utilizan el lenguaje C o BASIC. Sin embargo, LabVIEW se diferencia de dichos programas en un importante aspecto: los citados lenguajes de programación se basan en líneas de texto para crear el código fuente del programa, mientras que LabVIEW emplea la programación gráfica o lenguaje G para crear programas basados en diagramas de bloques.

Para el empleo de LabVIEW no se requiere gran experiencia en programación, ya que se emplean iconos, términos e ideas familiares a científicos e ingenieros, y se apoya sobre símbolos gráficos en lugar de

lenguaje escrito para construir las aplicaciones. Por ello resulta mucho más intuitivo que el resto de lenguajes de programación convencionales.

LabVIEW posee extensas librerías de funciones tanto básicas de otros lenguajes de programación como propias. Especialmente se ha elegido este programa para el desarrollo de este TFG porque incluye librerías específicas para la adquisición de datos con las que poder desarrollar una maqueta.

5.2. Elementos principales de LabVIEW y fundamentos de programación

Los programas desarrollados mediante LabVIEW se denominan Instrumentos Virtuales (VIs), porque su apariencia y funcionamiento imitan los de un instrumento real. Sin embargo, son análogos a las funciones creadas con los lenguajes de programación convencionales. Los VIs tienen una parte interactiva con el usuario y otra parte de código fuente, además aceptan parámetros procedentes de otros VIs.

Todos los VIs tienen un panel frontal y un diagrama de bloques. Las paletas contienen las opciones que se emplean para crear y modificar los VIs. A continuación se explican los principales elementos de este lenguaje [8].

5.2.1. Panel frontal

Se trata de la interfaz gráfica del VI con el usuario. Esta interfaz recoge las entradas procedentes del usuario y representa las salidas proporcionadas por el programa. Un panel frontal está formado por una serie de botones, pulsadores, potenciómetros, gráficos, etc.

Cada uno de ellos puede estar definido como un control (a) o un indicador (b). Los primeros sirven para introducir parámetros al VI, mientras que los indicadores se emplean para mostrar los resultados producidos, ya sean datos adquiridos o resultados. Se puede ver un ejemplo del mismo en la figura 5.2.

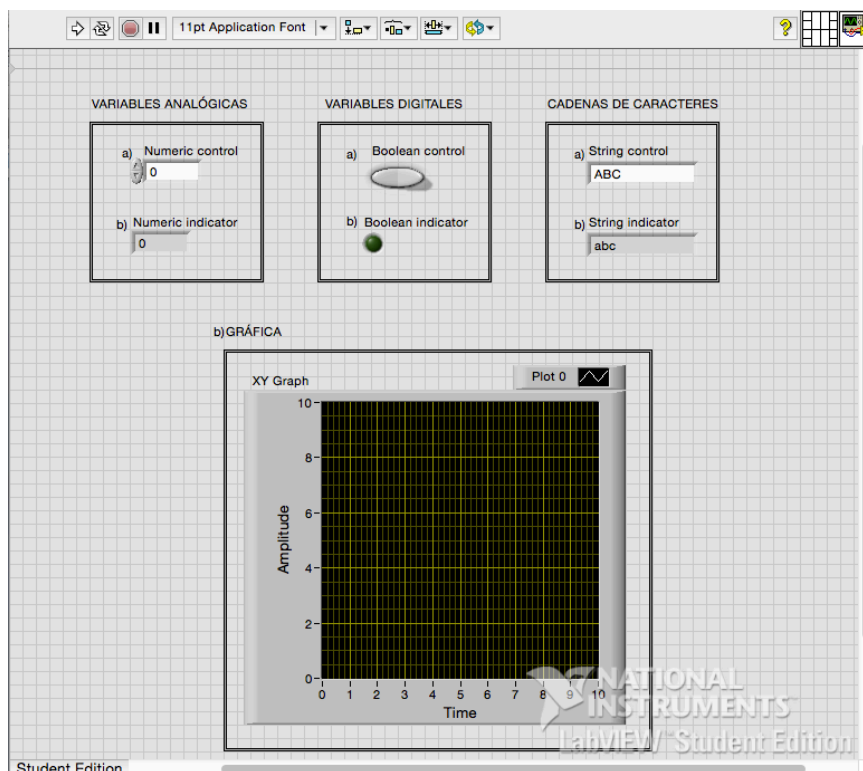


Figura 5.2: Panel frontal de una aplicación realizada con LabVIEW.

Tanto en el panel frontal como en el diagrama de bloques tenemos la barra con los iconos de simulación para correr el programa.

En esta ventana, también observamos en la esquina superior derecha el icono del VI y la estructura de los terminales que tendrá nuestro VI. Editando estos dos elementos podremos usar nuestro programa como subprograma para tener una aplicación más modular y simplificada [9].

5.2.2. Diagrama de bloques

El diagrama de bloques se contiene el código fuente del VI. En éste se realiza la implementación del programa del VI para controlar o realizar cualquier procesado de las entradas y salidas que se crearon en el panel frontal.

El diagrama de bloques incluye funciones y estructuras integradas en las librerías que incorpora LabVIEW. En el lenguaje G, las funciones y las estructuras son nodos elementales.

Los controles e indicadores que se colocaron previamente en el Panel Frontal, y se materializan en el diagrama de bloques mediante los

terminales. A continuación se presenta un ejemplo con el siguiente panel frontal (figura 5.3):

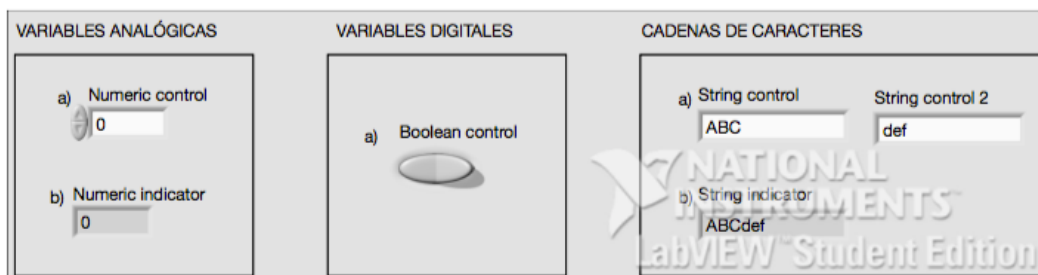


Figura 5.3: Controladores e indicadores de un panel frontal.

Como vemos en la figura 5.3 tenemos 4 controles y 2 indicadores que al introducirlos en nuestro panel frontal, los utilizamos en el diagrama de bloques para formar nuestro código [9].

El programa es simple, con un mero interés didáctico, en que vemos que si presionamos el interruptor *boolean control* a *numeric control* le sumamos uno, almacenando dicho valor en *numeric indicator*. En el caso contrario, no activamos el interruptor, se juntan dos cadenas de caracteres (*string indicator* y *string indicator 2*) para formar una tercera cadena llamada *string indicator*.

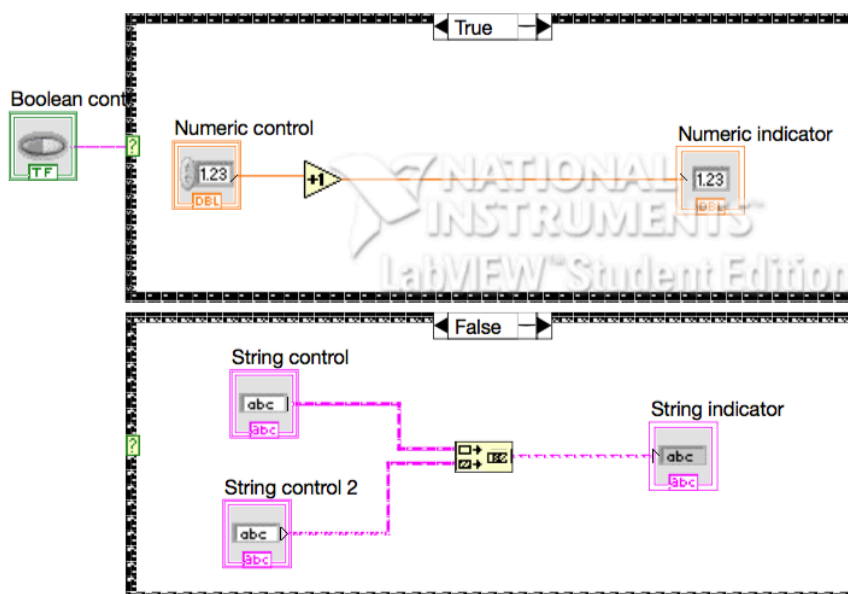


Figura 5.4: Diagrama de bloques de una aplicación de LabVIEW.

Como hemos visto en el ejemplo, el diagrama de bloques se construye conectando los distintos objetos entre sí. Los cables unen terminales de entrada y salida con los objetos correspondientes, y por ellos fluyen los datos.

Las estructuras, similares a las declaraciones causales y a los bucles en lenguajes convencionales, ejecutan el código que contienen de forma condicional o repetitiva. En nuestro ejemplo hemos utilizado un bucle case que actúa en función de si es verdadera o falsa la variable digital *boolean indicator* [10].

Los cables son las trayectorias que siguen los datos desde su origen hasta su destino, ya sea una función, una estructura, un terminal, etc. Como vemos en el diagrama de bloques, cada cable tiene un color o un estilo diferente, lo que diferencia unos tipos de datos de otros.

5.2.3. Paletas

Las paletas de LabVIEW proporcionan las herramientas que se requieren para crear y modificar tanto el panel frontal como el diagrama de bloques. Existen las siguientes paletas:

Paleta de herramientas (Tools palette)

Se emplea tanto en el panel frontal como en el diagrama de bloques. Contiene las herramientas necesarias para editar y depurar los objetos del panel frontal así como los del diagrama de bloques, como se ve en la figura 5.11 [9].

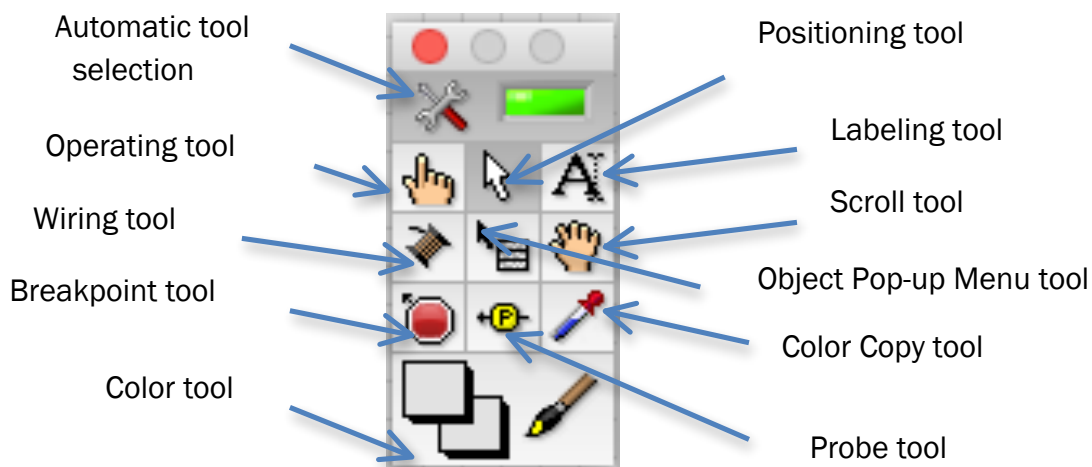


Figura 5.5: Paleta de herramientas (Tools palette).

Automatic tool selection: se seleccionan automáticamente las herramientas necesarias.

Operating tool: Cambia el valor de los controles.

Wiring tool: Une los objetos en el diagrama de bloques.

Break point tool: Fija puntos de interrupción de la ejecución del programa en VIs, funciones y estructuras.

Color tool: Establece el color de fondo y el de los objetos.

Positioning tool: Desplaza, cambia de tamaño y selecciona los objetos.

Labeling tool: Edita texto y crea etiquetas.

Scroll tool: Desplaza la pantalla sin necesidad de emplear las barras de desplazamiento.

Object Pop-up Menu tool: Abre el menú desplegable de un objeto.

Color Copy tool: Copia el color para después establecerlo mediante la siguiente herramienta.

Probe tool: Crea puntos de prueba en los cables, en los que se puede visualizar el valor del dato que fluya por dicho cable en cada instante.

Paleta de controles (*Controls palette*)

Se utiliza únicamente en el panel frontal. Contiene todos los controles e indicadores que se emplearán para crear la interfaz del VI con el usuario. En la figura 5.6 se muestra dicha paleta.

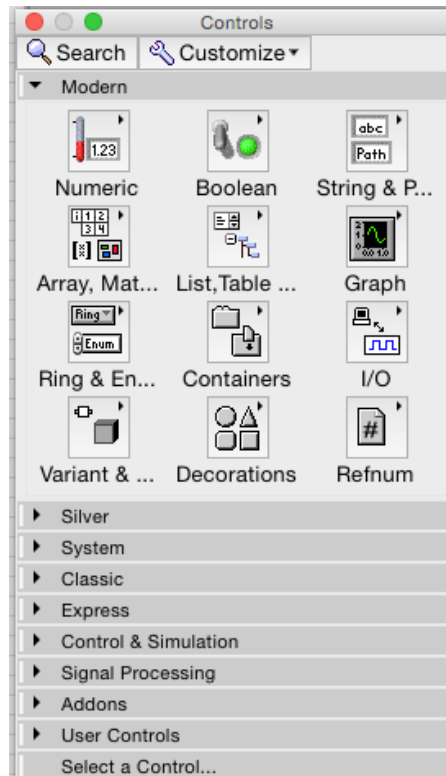


Figura 5.6: Paleta de controles
(Controls palette).

Numeric : Para la introducción y visualización de cantidades numéricas.

Boolean: Permite la entrada y visualización de valores booleanos.

String & Table : Son los encargados la entrada y visualización de texto.

List & Ring: Comprende las herramientas para visualizar y/o seleccionar una lista de opciones.

Array & Cluster: Herramientas que agrupan elementos.

Graph: Representación gráfica los datos.

Path & RefNum: Gestión de archivos.

Decorations: Introducir de decoraciones en el panel frontal. No visualizan datos.

User Control: Elección de un control creado por el propio usuario.

ActiveX: Transferencias de datos y programas de unas aplicaciones a otras.

Select a Control: Permite seleccionar cualquier control.

Al seleccionar objetos desde el menú *Controls* estos aparecen sobre el panel frontal, pueden colocarse donde convenga y, además tienen su propio menú desplegable que permite la configuración de algunos parámetros específicos de cada tipo de control [9].

Paleta de funciones (*Functions palette*)

Se emplea en el diseño del diagrama de bloques. La paleta de funciones contiene todos los objetos que se emplean en la implementación del programa del VI, ya sean funciones aritméticas, de entrada/salida de señales, entrada/salidas de datos a fichero, adquisición de señales, temporización de la ejecución del programa u otros. Tiene el aspecto que se muestra en la figura 5.7.

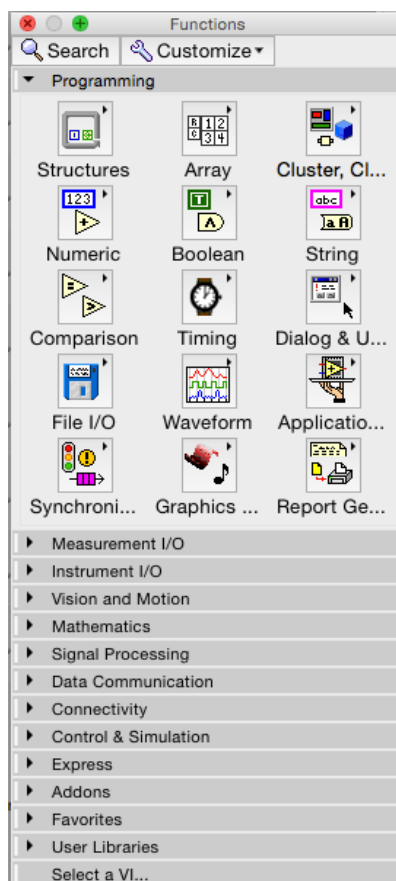


Figura 5.7: Paleta de funciones (*Functions palette*).

Para seleccionar una función o estructura concretas, se debe desplegar el menú *Functions* y elegir entre las opciones que aparecen. A continuación se enumeran todas ellas, junto con una pequeña definición [8].

Structures: Engloba las estructuras de control del programa, junto con las variables locales y globales.

Numeric: Incluye las funciones aritméticas y constantes numéricas.

Boolean: Muestra funciones y constantes lógicas.

String: Abarca funciones para manipular cadenas de caracteres, así como constantes de caracteres.

Array: Contiene funciones útiles para procesar datos en forma de vectores, así como constantes de vectores.

Cluster: Reúne funciones útiles para procesar datos procedentes de gráficas y destinados a ser representados en ellas, así como las correspondientes constantes.

Comparison: Concentra funciones que sirven para comparar números, valores booleanos o cadenas de caracteres.

Time & Dialog: Agrupa funciones para trabajar con cuadros de diálogo, introducir contadores y retardos, etc.

File I/O: Muestra funciones para operar con ficheros.

Communication: Engloba diversas funciones que sirven para comunicar varios ordenadores entre sí, o para permitir la comunicación entre distintos programas.

Instrument I/O: Muestra un submenú de VIs, que facilita la comunicación con instrumentos periféricos que siguen la norma ANSI/IEEE 488.2-1987, y el control del puerto serie.

Data Acquisition: Incluye a su vez un submenú donde puede elegirse entre distintas librerías referentes a la adquisición de datos.

Analysis: Contiene un submenú en el que se puede elegir entre una amplia gama de funciones matemáticas de análisis.

Tutorial: Abarca un menú de VIs que se utilizan en el manual LabVIEW Tutorial.

Advanced: Concentra diversos submenús que permiten el control de la ayuda, de los VIs, manipulación de datos, procesado de eventos, control de la memoria, empleo de programas ejecutables o incluidos en librerías DLL, etc.

Instrument drivers: En él se muestran los drivers disponibles de distintos instrumentos.

User Libraries: Muestra las librerías definidas por el usuario. En este caso, la librería mostrada contiene los drivers de la tarjeta de adquisición de datos de *Advantech*.

Application control: Reúne varias funciones que regulan el funcionamiento de la propia aplicación en ejecución.

Select a VI: Permite seleccionar cualquier VI para emplearlo como subVI.

5.3. Simulación de un PLC mediante LabVIEW

Utilizando el software explicado en el apartado 2 de este capítulo, se ha realizado una simulación del funcionamiento de un PLC.

En el panel frontal, que se muestra en la figura 5,8, tenemos la imagen de un PLC de la fabricante Siemens. Este autómatas es un VIPA 100V, un Micro PLC compacto. Provee una máxima expansión de 160 puntos entre las entradas y salidas propias del PLC y sus expansiones. Está especialmente indicado para pequeñas aplicaciones y de bajo costo. Sus características principales es que tiene memoria de trabajo integrada, sin necesidad de una tarjeta de memoria adicional y que contiene reloj de tiempo real.



Figura 5.8: Panel frontal del emulador de PLC.

Las entradas y salidas están representadas por cuatro *clusters* que agrupan las entradas analógicas, entradas digitales, salidas analógicas y salidas digitales. Cada *cluster* tiene 6 terminales. Estos elementos están dispuestos de manera vertical sobre las borneras de la imagen del PLC real.

Las salidas y entradas que hemos configurado en nuestro VI no se corresponden, ni en número ni en tipología, con las reales del autómatas. Se ha diseñado de esta manera para que sea más fácil de visualizar y más completo.

En la parte derecha de la imagen, tenemos otras dos agrupaciones de variables, estas son las salidas (tanto analógicas, como digitales) en el ciclo anterior al que se acontece. Son variables internas de la máquina, es por eso por lo que se encuentran representadas como entradas del exterior al programa. Aunque estos dos *clusters* representan el estado de las señales de estado de un ciclo K, actúan como entradas internas del ciclo K+1.

En el diagrama de bloques, donde tenemos representado el funcionamiento del autómatas, podemos ver como a todo el conjunto le rodea un estructura *while*. Este bucle hace que se repita una secuencia de acciones hasta que ordenamos que se detenga a través del botón de stop. Este botón es el que figura en la parte superior izquierda de la imagen de PLC de color rojo.

Continuando con el diagrama de bloques, vemos una estructura *sequence* dentro de la estructura *while*. Este tipo de estructura tiene varios subdiagramas superpuestos, de manera que solo podemos visualizar uno de ellos y por los que vamos avanzando y retrocediendo. En los laterales de cada hoja hay unas flechas denominadas *sequence* local, con las que transferimos datos de una hoja a otra.

Cada hoja de la estructura *sequence* es una fase del ciclo de operación del PLC que se detalla en el capítulo 2:

0. Exploración de entradas
1. Ejecución del programa de control
2. Actualización de salida

5.3.1. Exploración de entradas

En la primera hoja de la estructura *sequence* (figura 5.9) leemos las entradas que provienen del exterior del autómatas: sensores, interruptores, pulsadores..., además de los estados del sistema en el ciclo anterior. Como vemos en la figura de abajo, los datos se pasan a la siguiente fase mediante una secuencia local (la flecha dentro de un cuadrado).

El proceso de lectura de las señales que introducimos en el panel de control de nuestro programa, se asemeja al registro interno que utiliza el

PLC para leer y memorizar las señales de entrada. Como hemos dicho anteriormente, se denomina PAE (imagen de proceso de entrada).

El autómatas también puede trabajar con señales de entrada o salida internas, que aunque no hemos indicado en este ejemplo, se podrían introducir en un nuevo *cluster* de variables internas.

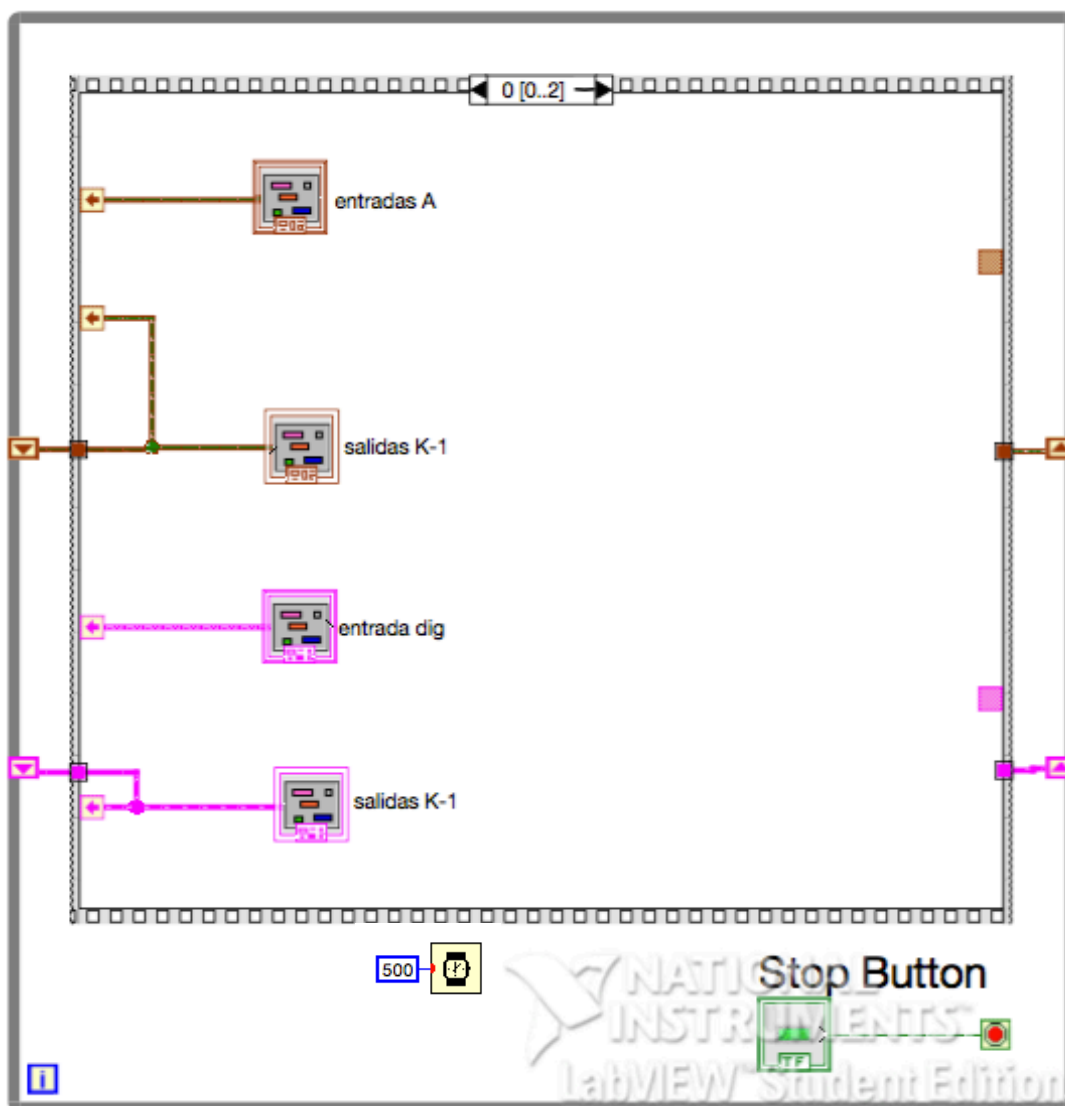


Figura 5.9: Secuencia 0 del ciclo de operación del PLC o fase de exploración de entradas.

5.3.2. Ejecución del programa de control

De cada secuencia local que hemos creado en la hoja anterior, tomamos las variables y estados para, que en la secuencia 1 (figura 5.10), se ejecute la programación deseada. En este caso tan sencillo, lo único que hacemos es sumar los estados de las entradas con los estados de las salidas del ciclo anterior, en las analógicas de forma aritmética y en las digitales a través de AND. De esta manera hemos obtenido las nuevas salidas que intervendrán en el siguiente ciclo.

Como vemos en la figura 5.9 de la hoja 0 hay un retardo para comenzar el próximo ciclo. Asimismo tenemos un tiempo fijo de ciclo, como un PLC real, cabe resaltar que los 500ms que hay de retraso es un tiempo de ciclo muy elevado para un autómata real, pero sin embargo nos permite visualizar con más detalle y mayor comodidad el transcurso del programa. Esta forma de encadenamiento de ciclo es de tipo síncrono.

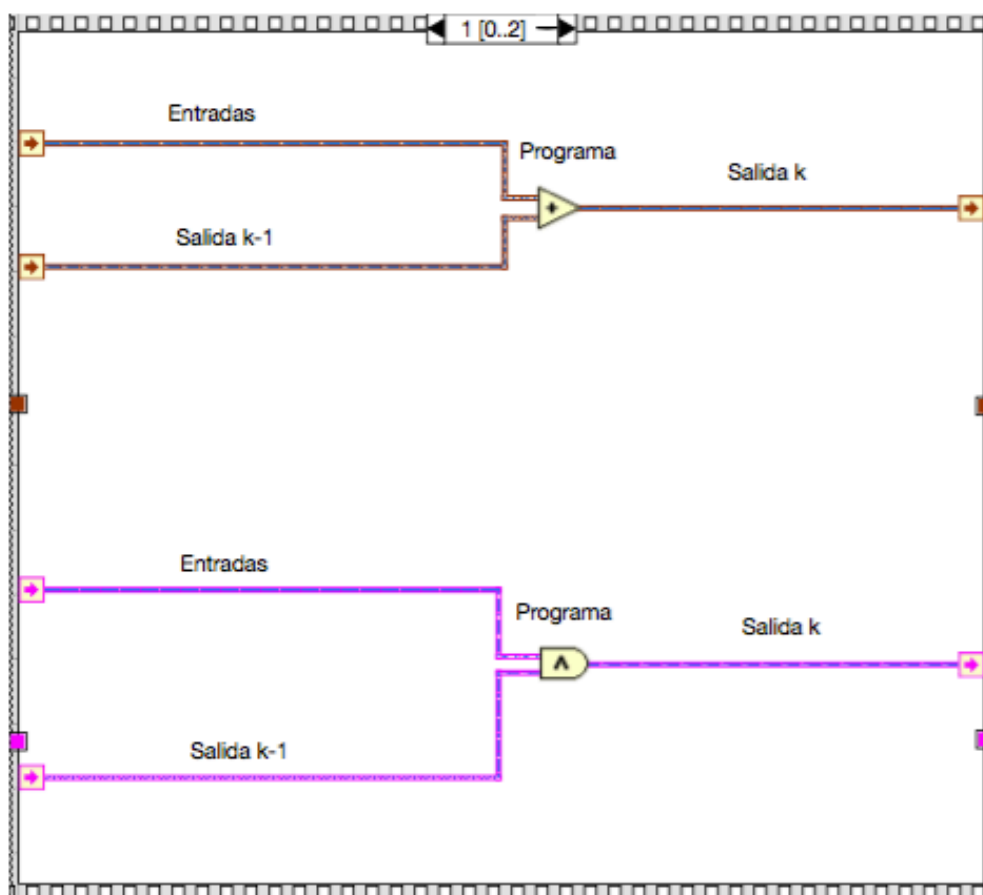


Figura 5.10: Secuencia 1 del ciclo de operación del PLC o fase de ejecución del programa.

5.3.3. Actuación de salida

Mediante otras secuencias locales, se transfieren los estados de las salidas calculados en la anterior fase, a la hoja 2 en la cual se actualizan las salidas y se graban, como se muestra en la figura 5.11.

Esta acción de actualizar los valores de las salidas de nuevo en los *clusters*, simula el registro PAA (imagen de proceso de salidas).

En el capítulo 2 indicábamos dos tipos de tratamiento de entradas y salidas: directa y en bloque. En la simulación se ha optado por un tratamiento en bloque, ya que introducimos todos los datos a la par en los *clusters*.

Una vez actualizadas las salidas, éstas se grabarán en los *clusters* de entrada que se encuentran en la hoja 1. Esto es realizado a través de la estructura *while*, que mediante un *shift register* transfiere los valores para el comienzo de un nuevo ciclo.

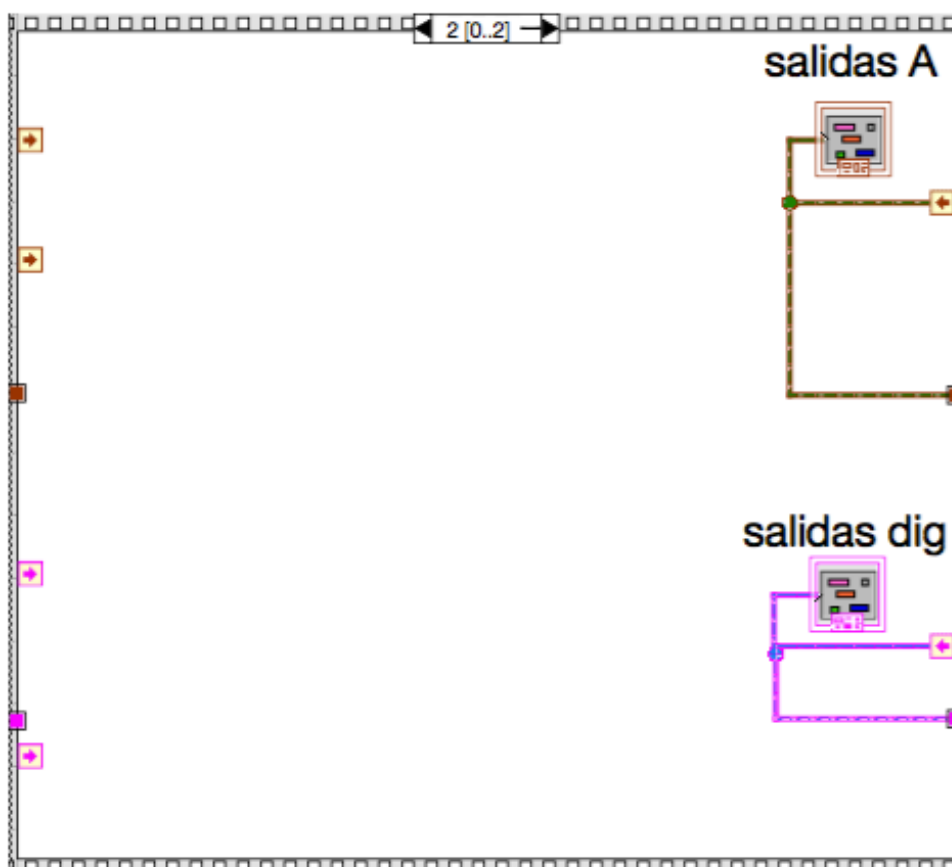


Figura 5.11: Secuencia 2 del ciclo de operación del PLC o fase de actuación de salidas.

5.4. Diferencias entre un PLC real y la simulación en LabVIEW.

Un PLC real tiene múltiples canales para medir señales y actuar sobre elementos de salida, de los que no disponemos en un PC convencional. Únicamente disponemos de una simulación meramente visual, a no ser que se conecte una tarjeta de adquisición de datos. En tal caso, la versatilidad y la cantidad de señales manipulables es mucho menor que la de un PLC.

Un PLC permite controlar y proteger un sistema industrial posibilitando la monitorización y el diagnóstico [5].

Los autómatas trabajan en tiempo real y de forma determinística, dando lugar a tiempos de ciclo constantes con plena garantía. En un PC con un sistema operativo no determinístico y que no logra trabajar en tiempo real, no tenemos la seguridad de que los ciclos de operación vayan a ser del tiempo estipulado. Éste es uno de las mayores diferencias que tenemos a la hora de simular el comportamiento mediante LabVIEW. Dado que un PLC realiza un número de acciones de manera simultánea y el PC no industrial lo realiza de manera secuencial.

Los PLC's cuentan con una herramienta denominada *perro guardián* o *watch dog*, que es la encargada de controlar el tiempo de cada ciclo. El perro guardián es un contador que se programa con el tiempo de ciclo deseado. Éste irá descontando tiempo hasta que finalice el ciclo o exceda el tiempo máximo programado. Si se diera el segundo caso, el ciclo de operación no se ha ejecutado al completo, informará de un error para que el programador lo trate como debiera.

Esta herramienta es de gran importancia, ya que, dado el modo de funcionamiento del PLC, se podrían perder cambios de estado de variables, como por ejemplo, un sensor. Esto implicaría que el PLC sin conocer el cambio de estado del sensor, actuará como si no hubiera ocurrido el cambio (porque la fase de lectura de entradas ya se habría ejecutado), produciendo un mal funcionamiento y descontrol del sistema [27].

Los PC's domésticos disponen de un gestor de tareas que otorga grados de prioridad a las tareas. Por ello, no se conoce el tiempo exacto que tardará en realizar un ciclo, solo el tiempo probable en el que lo realiza, es decir, no es un sistema determinístico.

Hay una gran diferencia entre la robustez física del PLC y del PC doméstico. El segundo es vulnerable tanto a las vibraciones como a la temperatura o la suciedad, por ello es inviable su utilización en ambientes industriales u hostiles. A diferencia del PC, el PLC da buenos resultados en estas situaciones [1].

En industrias a parte de los PLC's también se pueden encontrar PC's industriales que solventan los problemas de los PC's domésticos. Éstos funcionan con sistemas operativos de tiempo real y determinísticos además de ser robustos y aptos para el ambiente industrial.

Aunque los PLC's son los más extendidos debido a su bajo coste respecto a los PC's industriales, éstos últimos se utilizan para implementar sistemas de motorización complejos como el SCADA posibilitando el manejo de un mayor volumen de información.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- [1] Vv.aa., “PLC,s.” Universidad de Valladolid, Valladolid, 2013.
- [5] N. Molinari, “Curso PLC,” *Edudevices*. [Online]. Disponible en: http://www.edudevices.com.ar/curso_PLC.htm. [Último acceso: 10-Dec-2015].
- [7] NI, “National Instruments,” *NI*, 2015. [Online]. Disponible en: <http://spain.ni.com/>. [Último acceso: 01-Jan-2015].
- [8] G. A. Holguín Londoño, S. M. Pérez Londoño, and Á. Á. Orozco Gutiérrez, *Curso básico de LabVIEW 6i*. Universidad Tecnológica de Pereira, 2002.
- [9] M. San Martín Ojeda, *Curso básico de LabVIEW: National Instruments LabVIEW*. Universidad de Valladolid, 2002.
- [10] H. A. Roncancio and H. Cifuentes, “Tutorial de labview.” p. 12, 2001.
- [27] J. A. Sirgo Blanco, “Autómatas programables (Visión general),” *Universidad de Oviedo*, 2014. [Online]. Disponible en: http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/plc_resumen.pdf. [Último acceso: 17-Dec-2015].

6. Elementos básicos para la programación del PLC

ELEMENTOS BÁSICOS PARA LA PROGRAMACIÓN DEL PLC

6.1. Introducción

En este capítulo explicamos como se han programado una serie de subVI para la posterior programación de la función que ejecute el simulador del LabVIEW.

Los subprogramas creados están basados en los elementos principales de la programación ladder de PLC. Hay que aclarar, que estos elementos funcionan de la misma forma que los del lenguaje de escalera, aunque su entorno de programación es totalmente distinto y en nada se parece a este lenguaje en que nos hemos basado.

De esta manera hemos diseñado una serie de temporizadores; las funciones set y reset; además de los elementos encargados de la activación y desactivación por flanco ascendente y descendente.

6.2. Temporizadores

6.2.1. Temporizador TON

Nombre y conectores:

El subVI encargado de temporizar a la conexión es el llamado *temporizadorTON.vi*. Este subVI tiene cuatro entradas de datos y tres salidas, es decir, cuatro indicadores y tres controles. Los conectores están distribuidos de la manera que se describe en la figura 6.1:

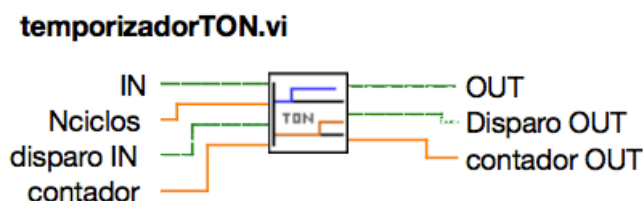


Figura 6.1: Icono y conectores de temporizadorTON.vi

- IN: señal que acciona de inicio de la temporización.
- Nciclos: es una variable numérica que indica el número de ciclos de operación que se quiere temporizar. Multiplicando por el tiempo de ciclo del PLC podemos temporizar una acción un tiempo concreto.
- OUT: señal que queremos temporizar.
- Disparo IN: estado de la variable disparo en el ciclo de operación anterior al que acontece. Es una variable booleana de un bit que indica si en $k-1$ el indicador IN era igual a 1.
- Disparo OUT: estado de la variable disparo en el ciclo de operación que acontece. Es una variable booleana de un bit.
- Contador: variable numérica que indica el número de ciclos de operación que se han temporizado antes de comenzar un nuevo ciclo.
- Contador OUT: variable numérica que indica el número de ciclos de operación que se han temporizado al finalizar un ciclo determinado.

Panel frontal:

Con estas entradas y salidas el panel frontal de *temporizadorTON.vi* queda de la siguiente manera, representado en la figura 6.2:

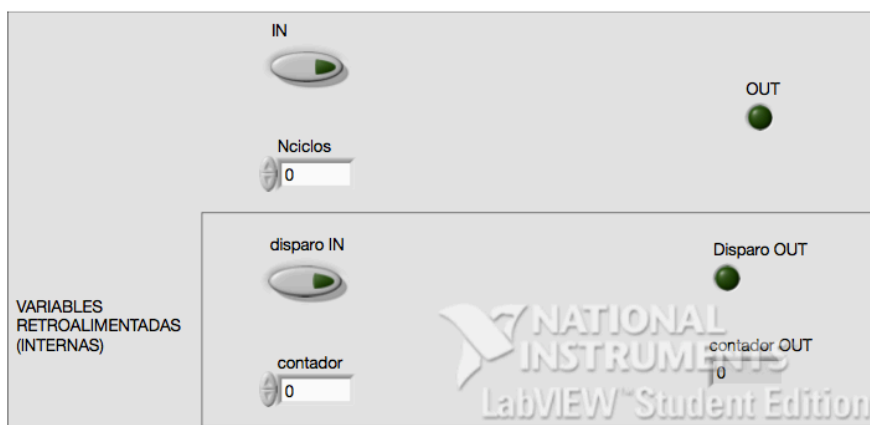


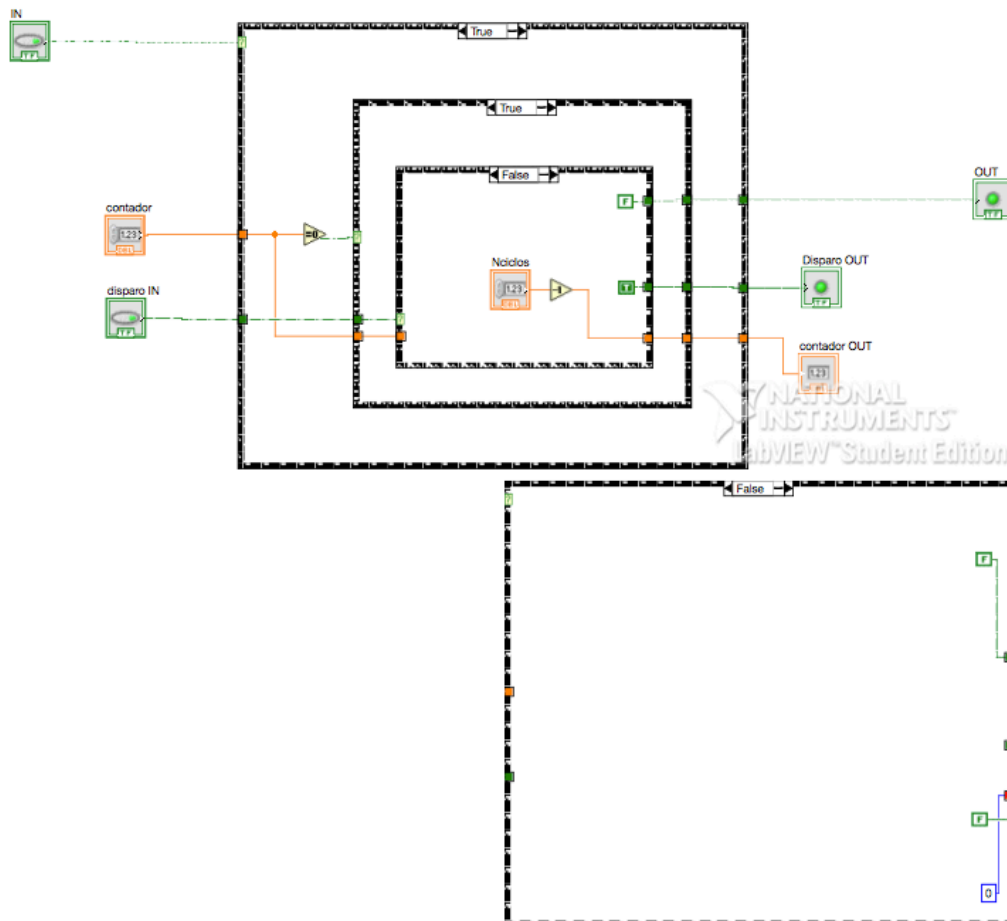
Figura 6.2: Panel frontal de *temporizadorTON.vi*

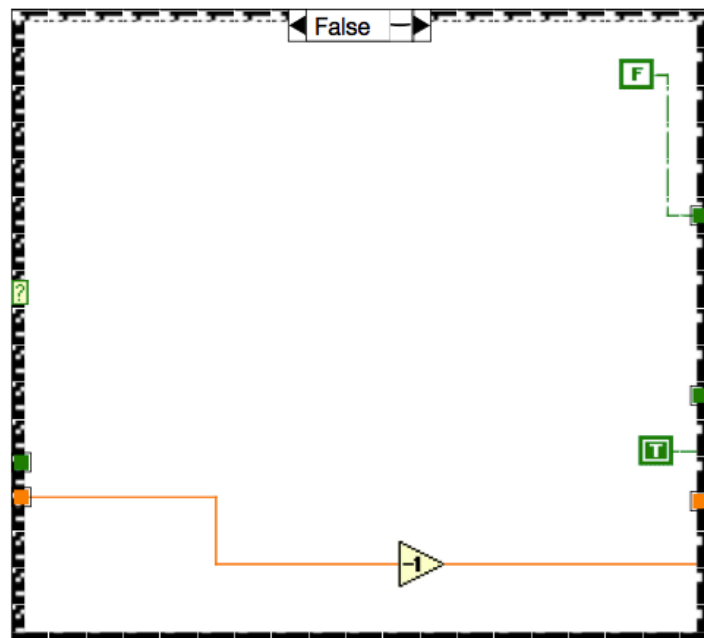
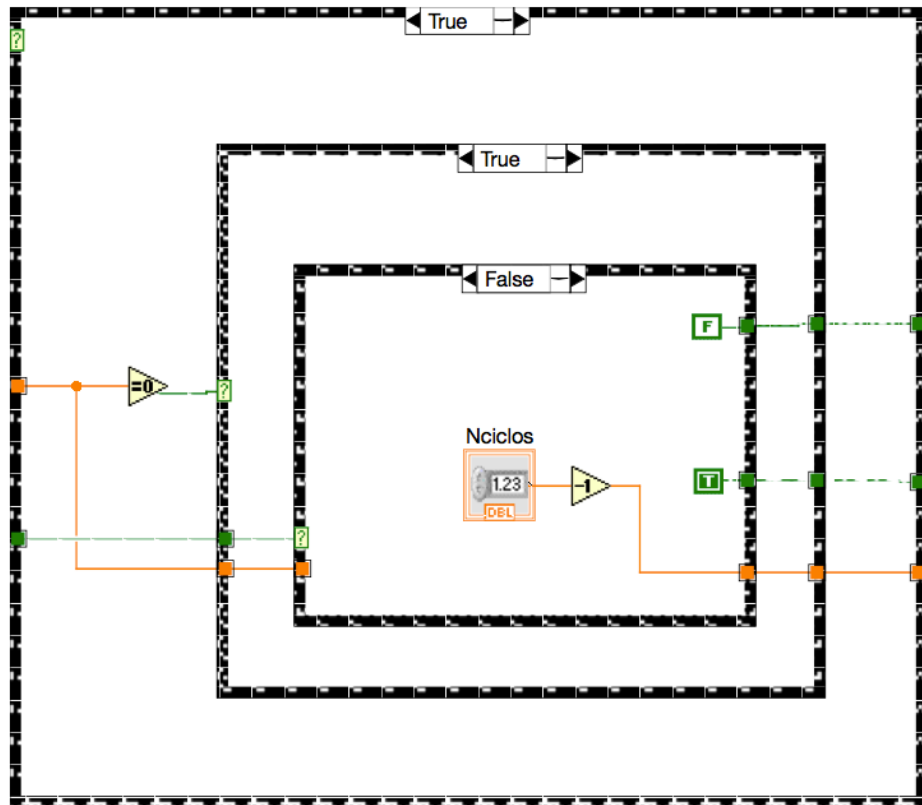
Como vemos indicado en el panel frontal (figura 6.2) anotado, los controladores e indicadores *disparo IN*, *disparo OUT*, *contador* y *contador OUT* se utilizan de manera interna y en las que el usuario no interviene

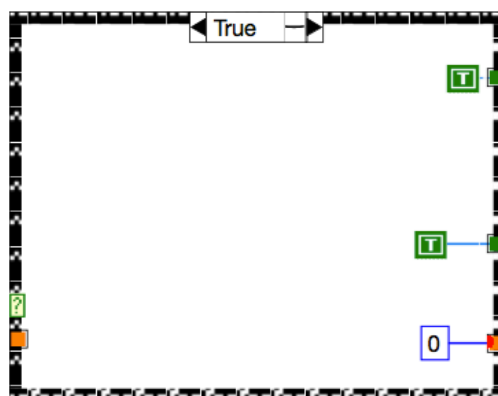
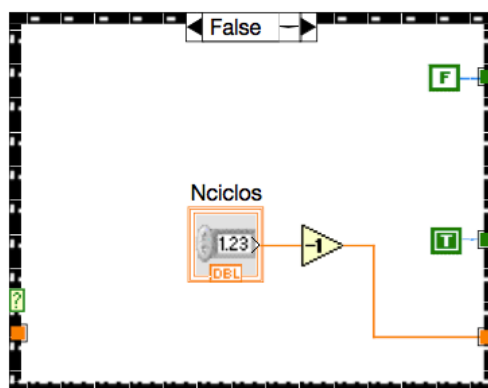
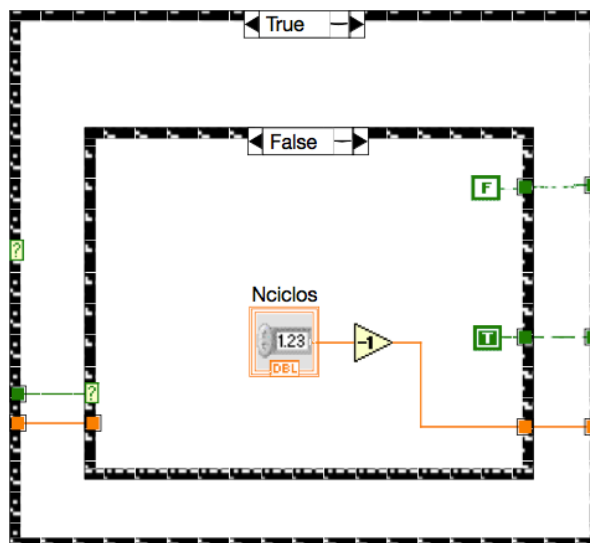
escribiendo ni recibiendo ningún valor. Son flags propios del temporizador.

Diagrama de bloques:

El diagrama de bloques que contiene el funcionamiento de esta aplicación es la siguiente [28].







Igual que el temporizador TON que se explicó en el capítulo 2, éste temporizará la acción de la señal salida N ciclos de operación (valor del indicador *Nciclos* que escribe el usuario) a partir de que el indicador *IN* es igual a 1. Se activará *OUT* siempre y cuando se hayan sucedido los N ciclos de operación indicados y el indicador *IN* permanezca activado

desde el primer ciclo de temporización hasta el último. Cuando *IN* pase a tener por valor un 0, la señal de salida se desactivará.

En la siguiente gráfica (figura 6.3) viene explicado gráficamente la manera de trabajar de dicha aplicación [4]:



Figura 6.3: Gráfica de las señales de entrada y salida de un temporizador TON.

6.2.2. Temporizador TOFF

Nombre y conectores:

El subVI encargado de temporizar a la desconexión es el llamado *temporizadorTOF.vi*. Este subVI tiene cuatro entradas de datos y tres salidas, es decir, cuatro indicadores y tres controles. Los conectores están distribuidos de la siguiente manera (figura 6.4):

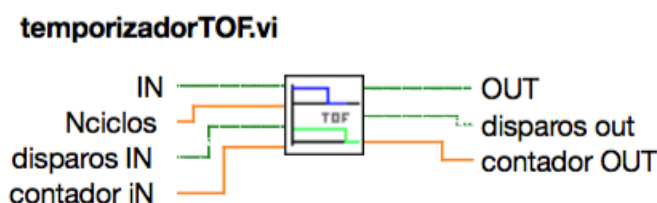


Figura 6.4: Icono y conectores de *temporizadorTOF.vi*

- IN: señal que acciona de inicio de la temporización.
- Nciclos: es una variable numérica que indica el número de ciclos de operación que se quiere temporizar. Multiplicando por el tiempo de ciclo del PLC podemos temporizar una acción un tiempo concreto.

- OUT: señal que queremos temporizar.
- Disparo IN: estado de la variable disparo en el ciclo de operación anterior al que acontece. Es una variable booleana de un bit que indica si en $k-1$ el indicador IN era igual a 1.
- Disparo OUT: estado de la variable disparo en el ciclo de operación que acontece. Es una variable booleana de un bit.
- Contador: variable numérica que indica el número de ciclos de operación que se han temporizado antes de comenzar un nuevo ciclo.
- Contador OUT: variable numérica que indica el número de ciclos de operación que se han temporizado al finalizar un ciclo determinado.

Panel frontal:

Con estas entradas y salidas el panel frontal de *temporizadorTOF.vi* queda de la siguiente manera (figura 6.5):

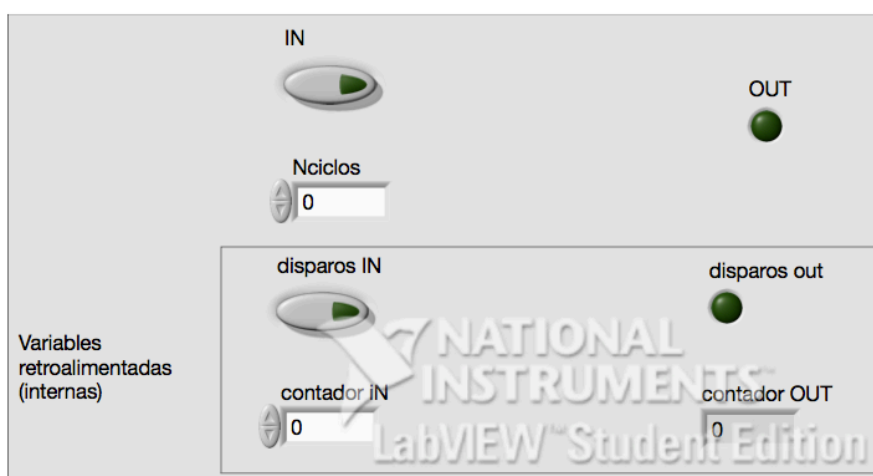
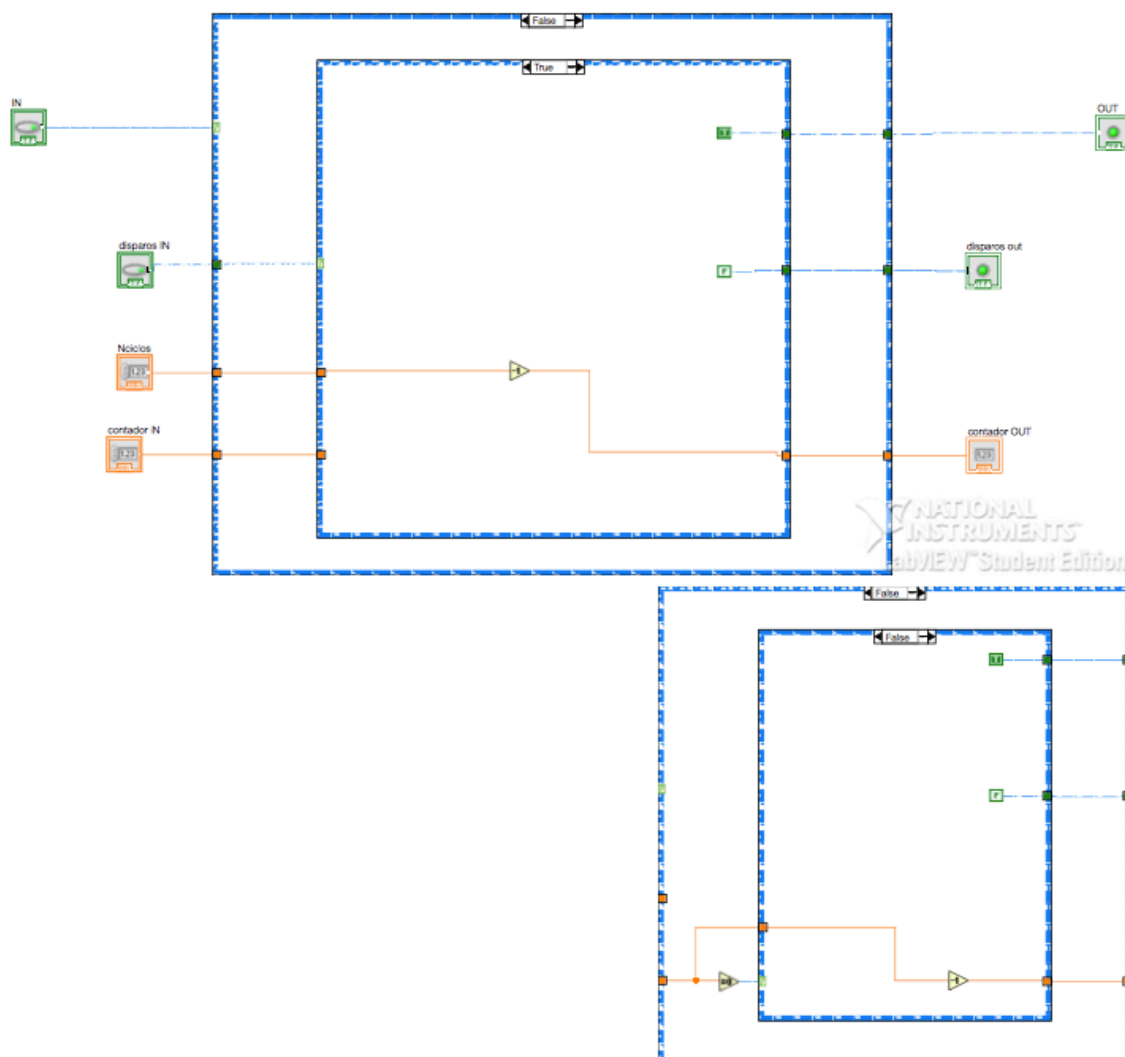


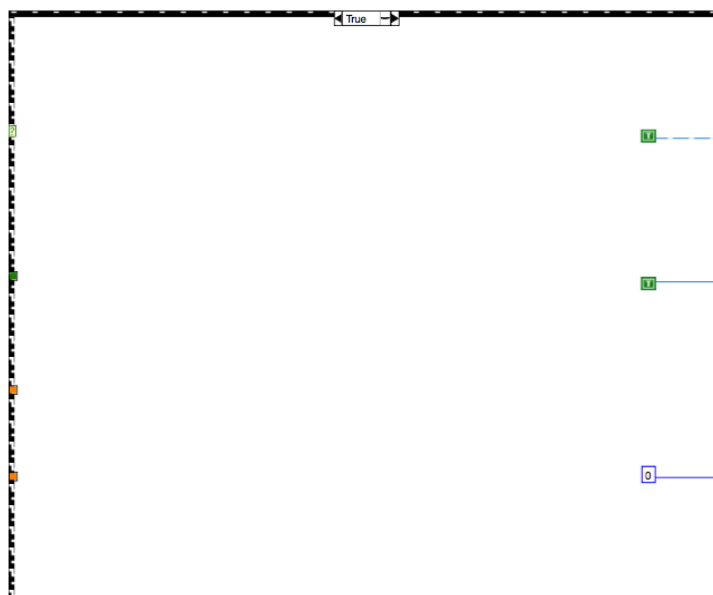
Figura 6.5: Panel frontal de temporizadorTOF.vi

Como vemos indicado en el panel frontal (figura 6.5) anotado, los controladores e indicadores *disparo IN*, *disparo OUT*, *contador IN* y *contador OUT* se utilizan de manera interna y en las que el usuario no interviene escribiendo ni recibiendo ningún valor. Son flags propios del temporizador.

Diagrama de bloques:

El diagrama de bloques que contiene el funcionamiento de esta aplicación es la siguiente:





Igual que el temporizador TOF que se explicó en el capítulo 2, éste temporizará la señal salida N ciclos de operación (valor del indicador *Nciclos* que escribe el usuario) a partir de que el indicador *IN* es igual a 0 y además disparo *IN* es igual a 1. Esto significa que ha estado activada la señal de orden de temporización en el ciclo anterior, por lo que la señal de salida debe permanecer activada N ciclos. Se activará *OUT* siempre y cuando se hayan sucedido los N ciclos de operación indicados y el indicador *IN* permanezca activado desde el primer ciclo de temporización hasta el último. Cuando *IN* pase a tener por valor un 0, la señal de salida se desactivará.

En la figura 6.6 viene explicado gráficamente la manera de trabajar de dicha aplicación [4]:

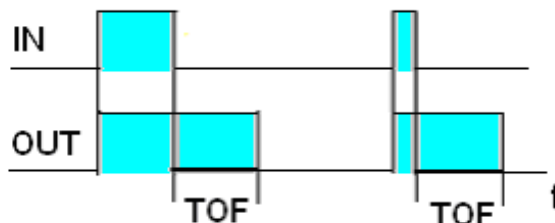


Figura 6.6: Gráfica de las señales de entrada y salida de un temporizador TON.

6.2.3. Monoestable

Nombre y conectores:

El subVI encargado de simular el funcionamiento de un monoestable es el llamado *monoestable.vi*. Este subVI tiene cuatro entradas de datos y tres salidas, es decir, cuatro indicadores y tres controles. Los conectores están distribuidos como se muestra en la figura 6.7:

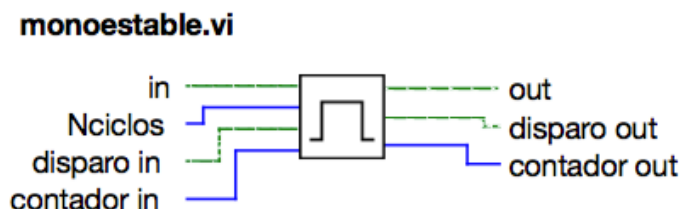


Figura 6.7: Icono y conectores de *monoestable.vi*

- in: señal que acciona de inicio de la temporización.
- Nciclos: es una variable numérica que indica el número de ciclos de operación que se quiere temporizar. Multiplicando por el tiempo de ciclo del PLC podemos temporizar una acción un tiempo concreto.
- out: señal que queremos temporizar.

- disparo in: estado de la variable disparo en el ciclo de operación anterior al que acontece. Es una variable booleana de un bit que indica si en k-1 el indicador in era igual a 1.
- disparo out: estado de la variable disparo en el ciclo de operación que acontece. Es una variable booleana de un bit.
- Contador in: variable numérica que indica el número de ciclos de operación que se han temporizado antes de comenzar un nuevo ciclo.
- Contador out: variable numérica que indica el número de ciclos de operación que se han temporizado al finalizar un ciclo determinado.

Panel frontal:

Con estas entradas y salidas el panel frontal de *monoestable.vi* queda de la siguiente manera (figura 6.8):

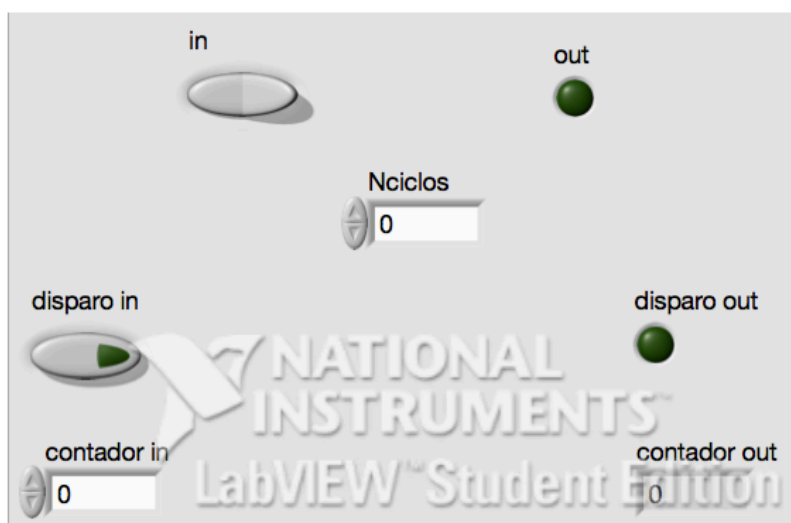
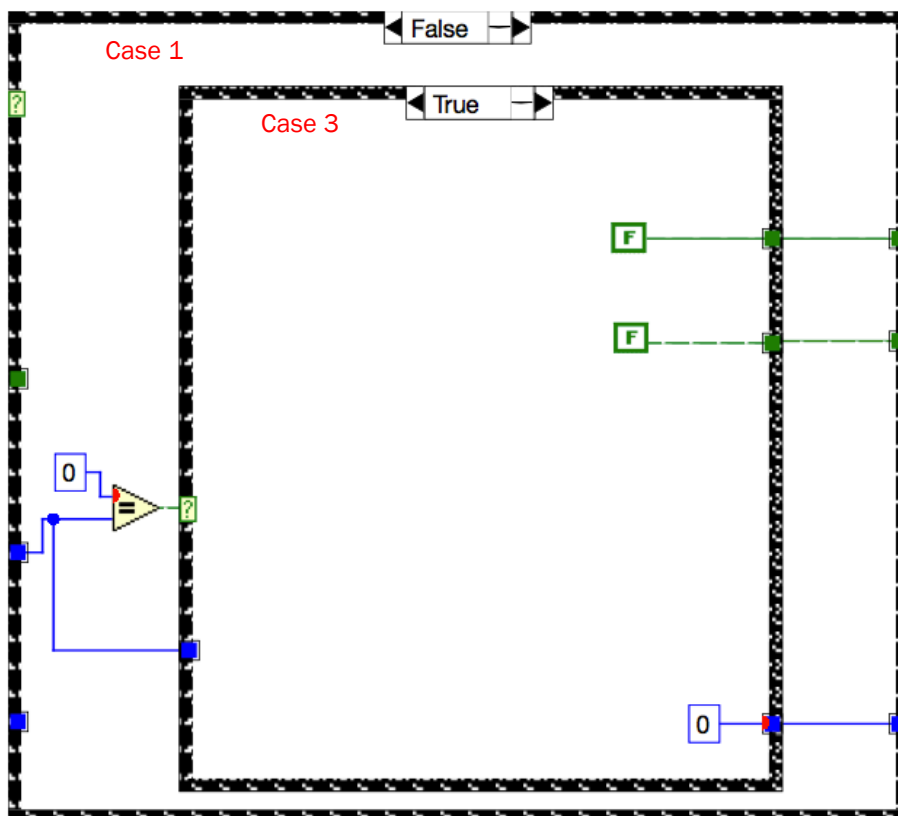
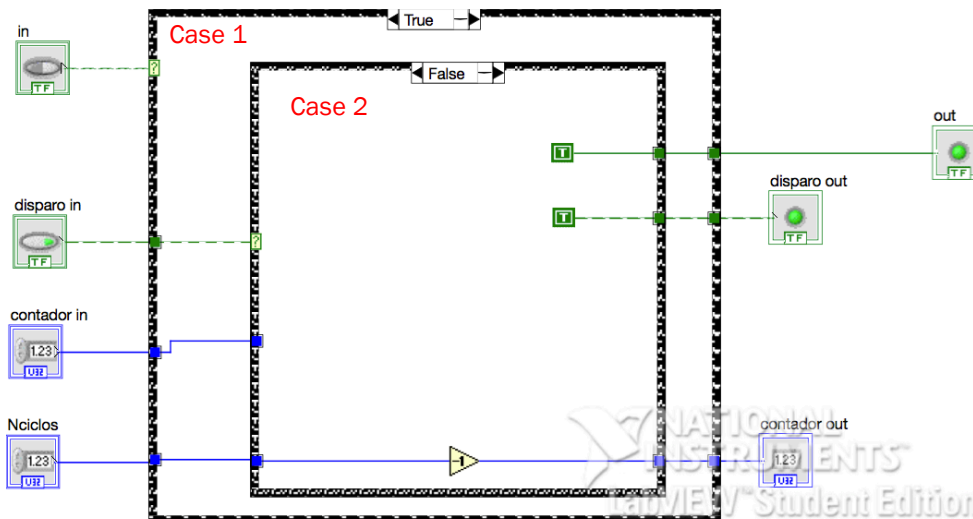


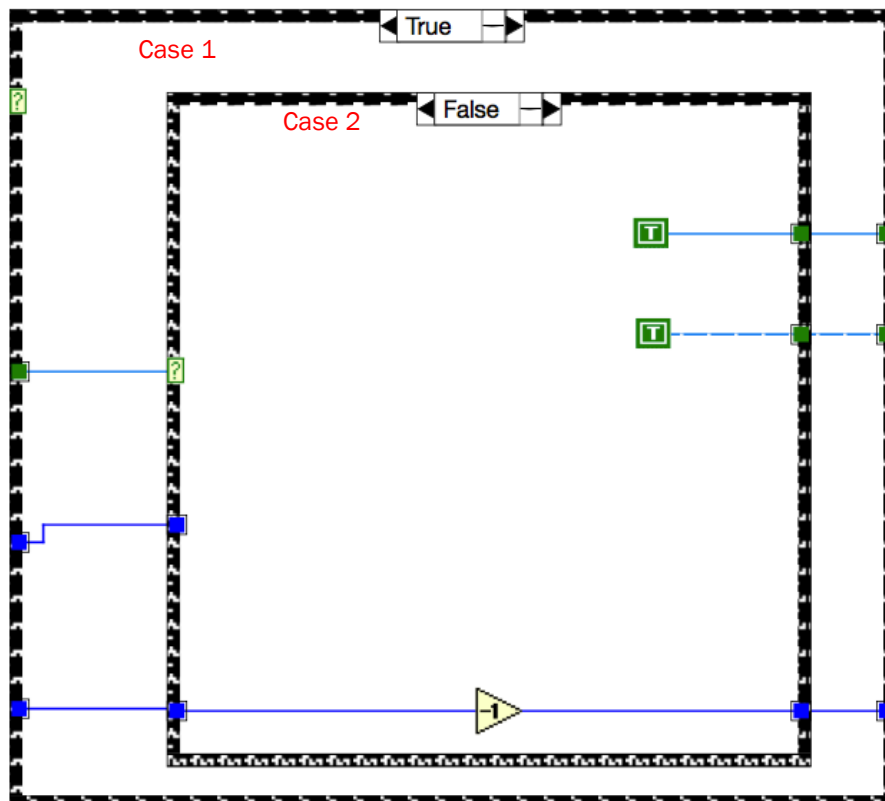
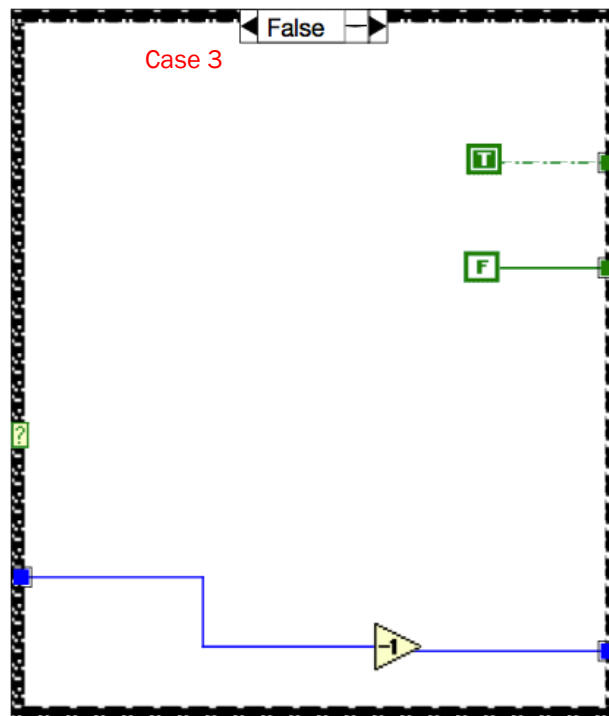
Figura 6.8: Panel frontal de *monoestable.vi*

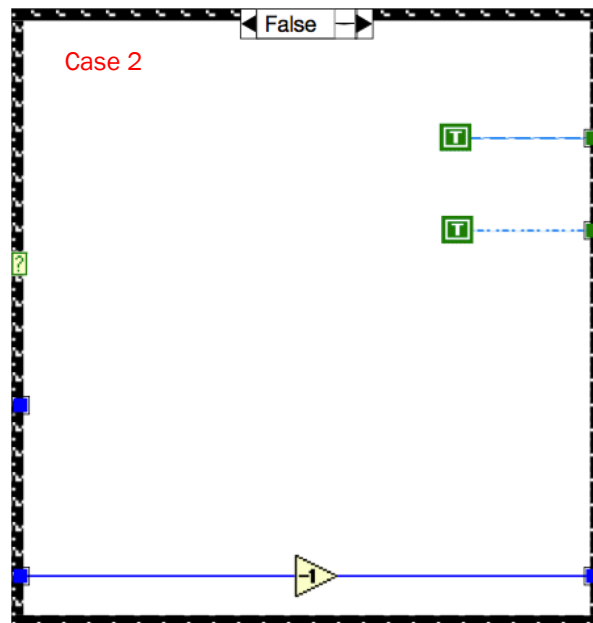
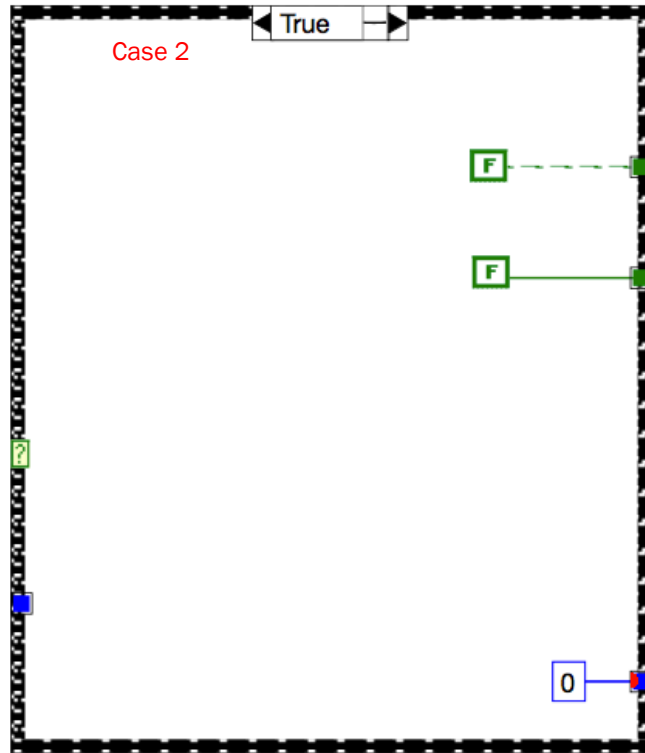
Como vemos en los paneles frontales de los temporizadores explicados anteriormente, los controladores e indicadores *disparo IN*, *disparo OUT*, *contador* y *contador OUT* se utilizan de manera interna y en las que el usuario no interviene escribiendo ni recibiendo ningún valor. Son flags propios del temporizador.

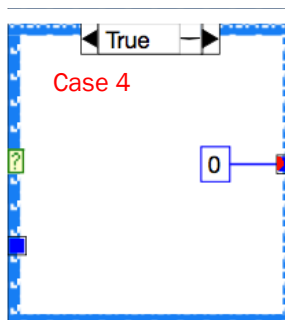
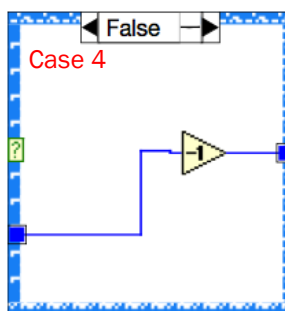
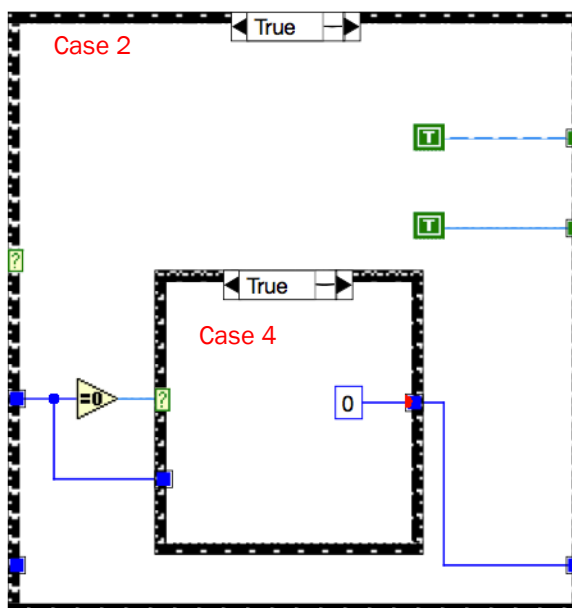
Diagrama de bloques:

El diagrama de bloques que contiene el funcionamiento de esta aplicación es la siguiente [28]:









Este temporizador funciona como un monoestable. De esta manera, una vez el indicador que produce el inicio del temporizador (“in”), el control *out* se activa durante un número de ciclos de operación que hemos determinado en el indicador *Nciclos*. El monoestable tiene la característica de que aunque “in” esté desactivado, la señal “out” permanecerá activa el número de *Nciclos* que indiquemos, independientemente del instante en el que se desactiva in. El monoestable trabaja bajo la condición de que *out* permanecerá estable

siempre que *in* esté activa. En resumen, el control estará activo al menos N ciclos de operación del PLC si *in* no sigue activo una vez transcurrido este periodo. De seguir activo dicho indicador tras N ciclos, se desactivará el control cuando *in* también se desactive.

6.2.4. Temporizador TP con igual tiempo de encendido y apagado.

Nombre y conectores:

El subVI encargado de temporizar en intervalos es el llamado *temporizadorTP.vi*. En este temporizador, los intervalos de activación tienen la misma duración que los de desactivación. En el siguiente apartado se explica el subVI que produce una temporización con distinto tiempo de activación y desactivación.

Este subVI tiene cuatro entradas de datos y tres salidas, es decir, cuatro indicadores y tres controles. Los conectores están distribuidos como se muestra en la figura 6.9:

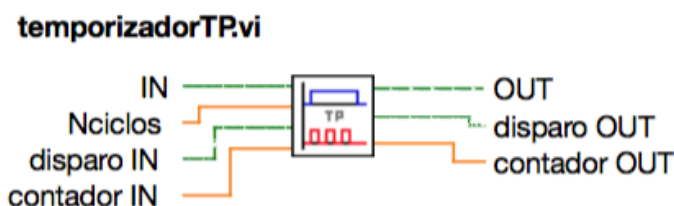


Figura 6.9: Icono y conectores de temporizadorTP.vi

- IN: señal que da la señal de inicio de la temporización.
- Nciclos: es una variable numérica que indica el número de ciclos de operación que se quiere temporizar. Multiplicando por el tiempo de ciclo del PLC podemos temporizar una acción un tiempo concreto.
- OUT: señal que queremos temporizar.
- disparo IN: estado de la variable disparo en el ciclo de operación anterior al que acontece. Es una variable booleana de un bit que indica si en k-1 el indicador in era igual a 1.
- disparo OUT: estado de la variable disparo en el ciclo de operación que acontece. Es una variable booleana de un bit.

- contador IN: variable numérica que indica el número de ciclos de operación que se han temporizado antes de comenzar un nuevo ciclo.
- contador OUT: variable numérica que indica el número de ciclos de operación que se han temporizado al finalizar un ciclo determinado.

Panel frontal:

Con estas entradas y salidas el panel frontal de *monoestable.vi* queda de la siguiente manera:

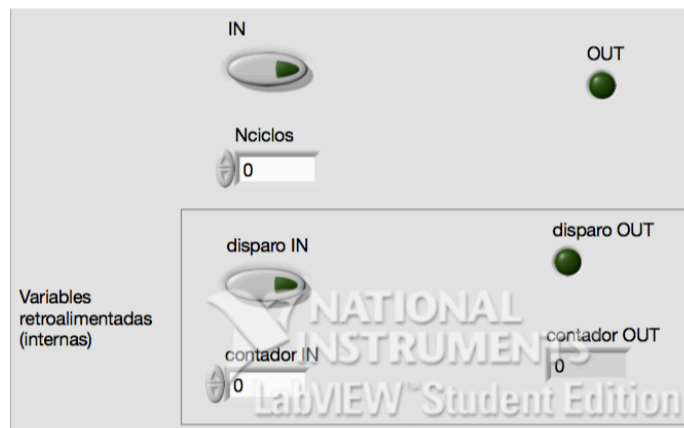
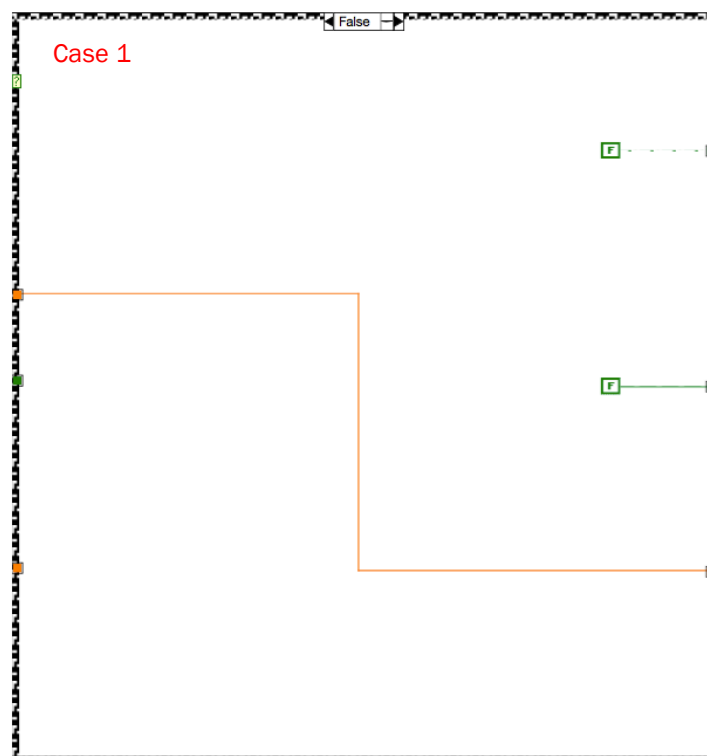
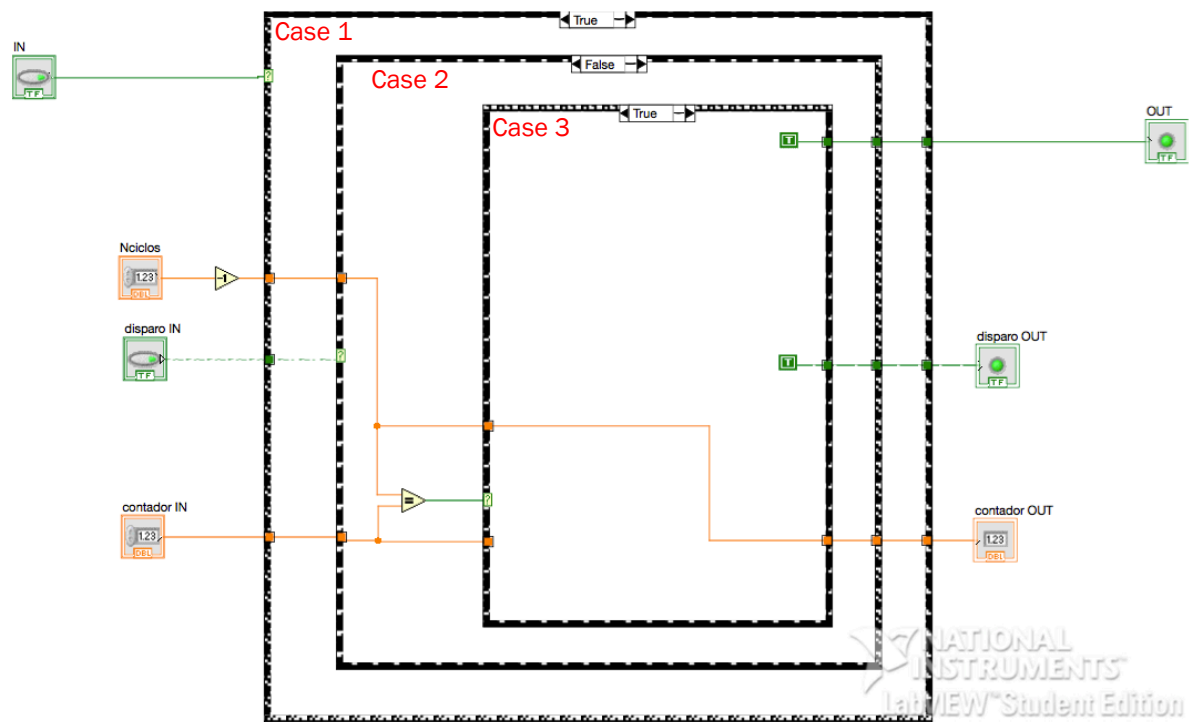


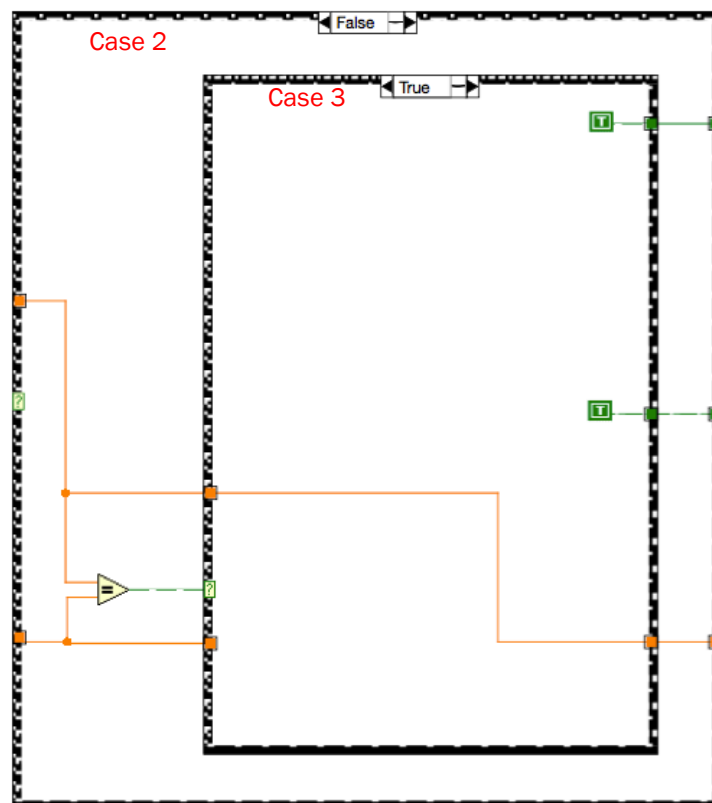
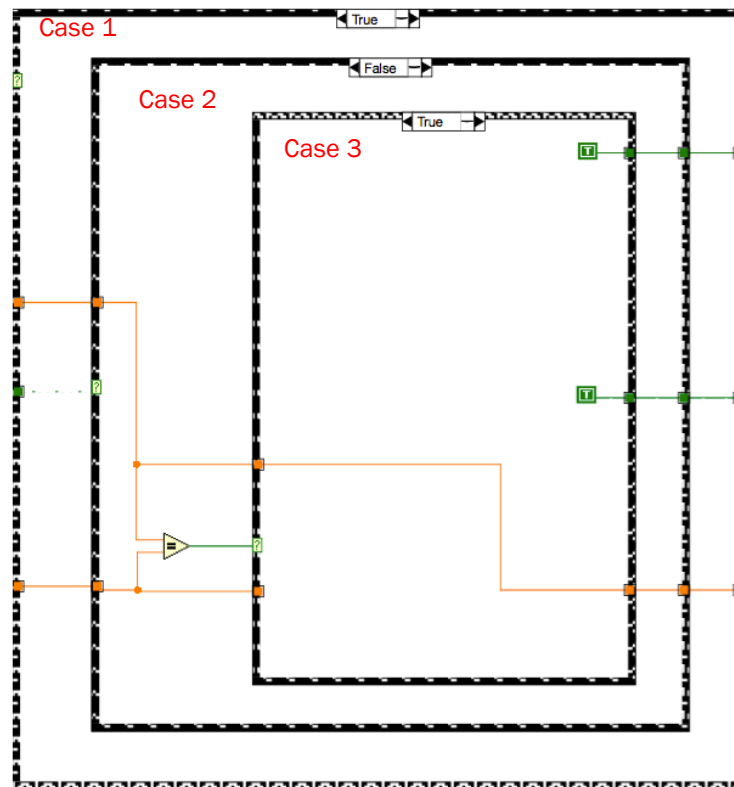
Figura 6.10: Panel frontal de temporizadorTP.vi

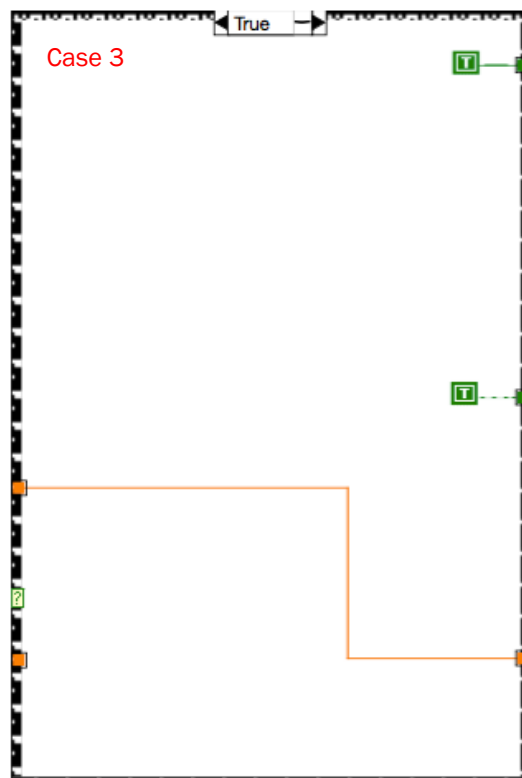
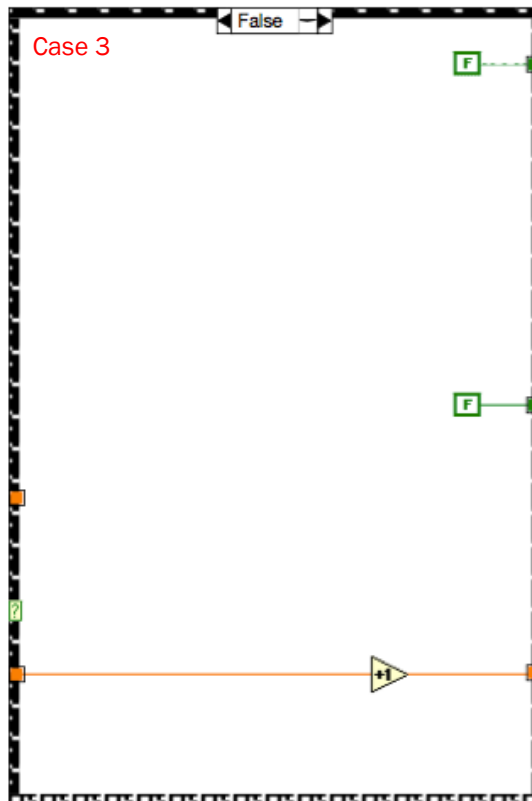
Como vemos indicado en el panel frontal (figura 6.10) anotado, los controladores e indicadores *disparo IN*, *disparo OUT*, *contador* y *contador OUT* se utilizan de manera interna y en las que el usuario no interviene escribiendo ni recibiendo ningún valor. Son flags propios del temporizador [9].

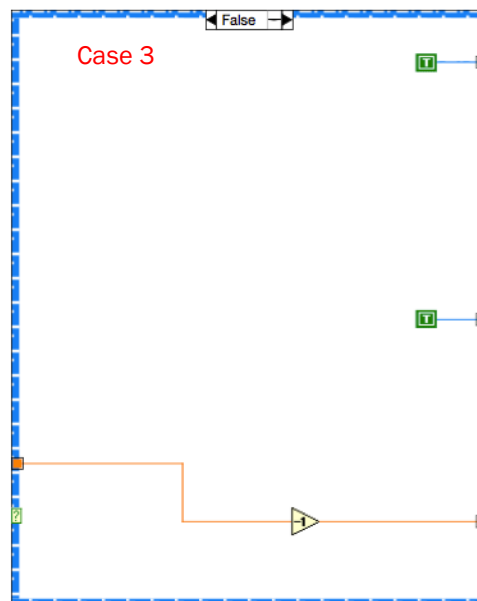
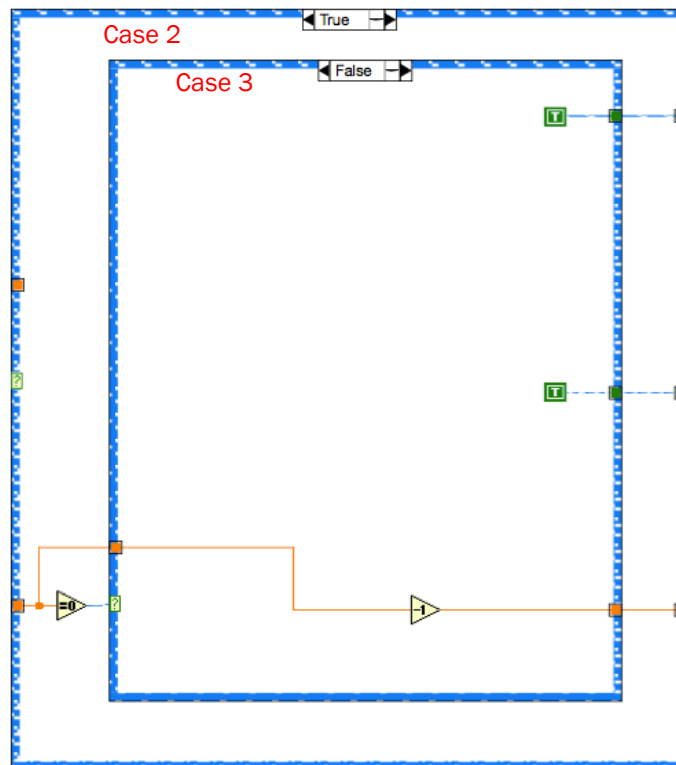
Diagrama de bloques:

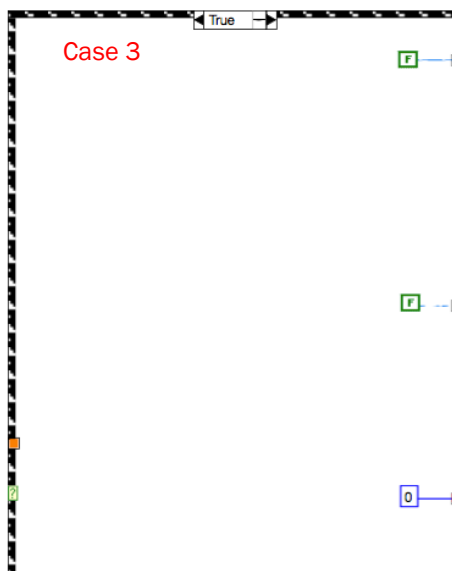
El diagrama de bloques que contiene el funcionamiento de esta aplicación es la siguiente [28]:











temporizadorTP.vi es un caso particular del temporizador explicado en el capítulo 2. Este temporizador activa el control *OUT* en intervalos de *Nciclos*, siempre y cuando el indicador *IN* sea igual a 1. Al activarse *IN*, *OUT* también se activará durante *Nciclos*. Una vez transcurridos, permanecerá el control a 0 durante otros *Nciclos* y así sucesivamente, hasta que *IN* se desactive. Al pasar *IN* de 1 a 0, inmediatamente y sin tener en cuenta del estado del control *OUT*, *OUT* pasará a valor 0 hasta que *IN* vuelva a activarse.

6.2.5. Temporizador TP con distinto tiempo de encendido y apagado.

Nombre y conectores:

Este temporizador que se explica a continuación es el genérico del indicado en el capítulo 2 como temporizador TP. Con este subVI llamado *temporizadorTPdistinto.vi* se definen tanto el periodo on como el off del control a temporizar.

Este subVI tiene cuatro entradas de datos y tres salidas, es decir, seis indicadores y cuatro controles. Los conectores están distribuidos como se muestra en la figura 6.11:

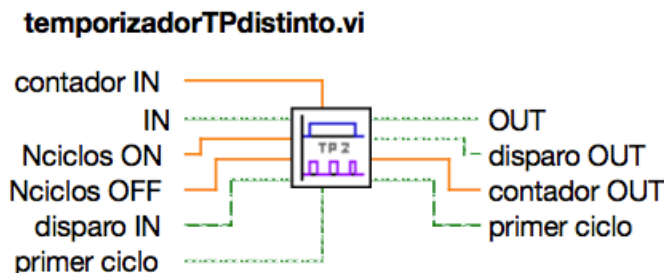


Figura 6.11: Icono y conectores de temporizadorTON.vi

- IN: señal que acciona de inicio de la temporización.
- Nciclos ON: es una variable numérica que indica el número de ciclos de operación que está activa el control OUT. Multiplicando por el tiempo de ciclo del PLC podemos temporizar una acción un tiempo concreto.
- Nciclos OFF: es una variable numérica que indica el número de ciclos de operación que está desactivada el control OUT. Multiplicando por el tiempo de ciclo del PLC podemos temporizar la desconexión de una acción un tiempo concreto.
- OUT: señal que queremos temporizar en intervalos.
- disparo IN: estado de la variable disparo en el ciclo de operación anterior al que acontece. Es una variable booleana de un bit que indica si en $k-1$ el control OUT in era igual a 1.
- disparo OUT: estado de la variable disparo en el ciclo de operación que acontece. Es una variable booleana de un bit.
- Contador IN: variable numérica que indica el número de ciclos de operación que se han temporizado antes de comenzar un nuevo ciclo.
- Contador OUT: variable numérica que indica el número de ciclos de operación que se han temporizado al finalizar un ciclo determinado.
- Primer ciclo (indicador): indica si el intervalo de temporización que comienza es el primero de la serie que se sucederán a través del ciclo de operación.
- Primer ciclo (control): indica si el intervalo de temporización que comienza es el primero de la serie que se sucederán.

Panel frontal:

Con estas entradas y salidas, el panel frontal de *monoestable.vi* queda de la siguiente manera (figura 6.12):

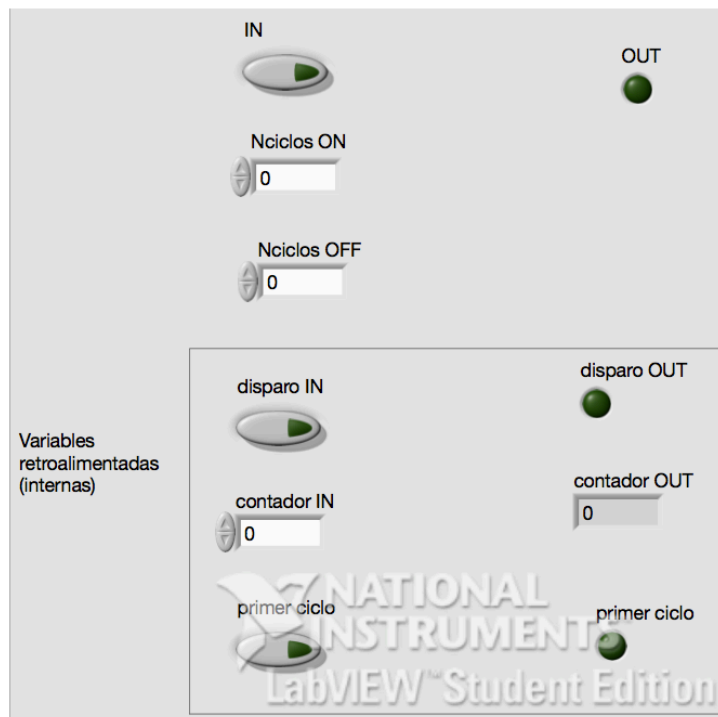
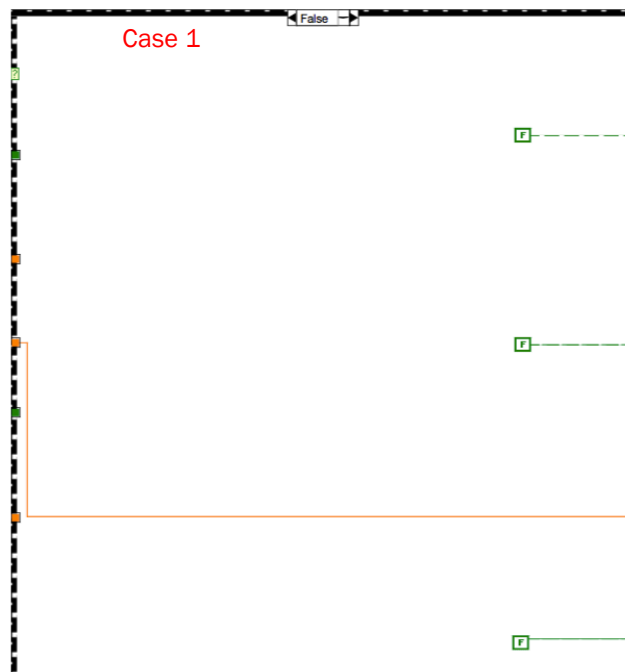
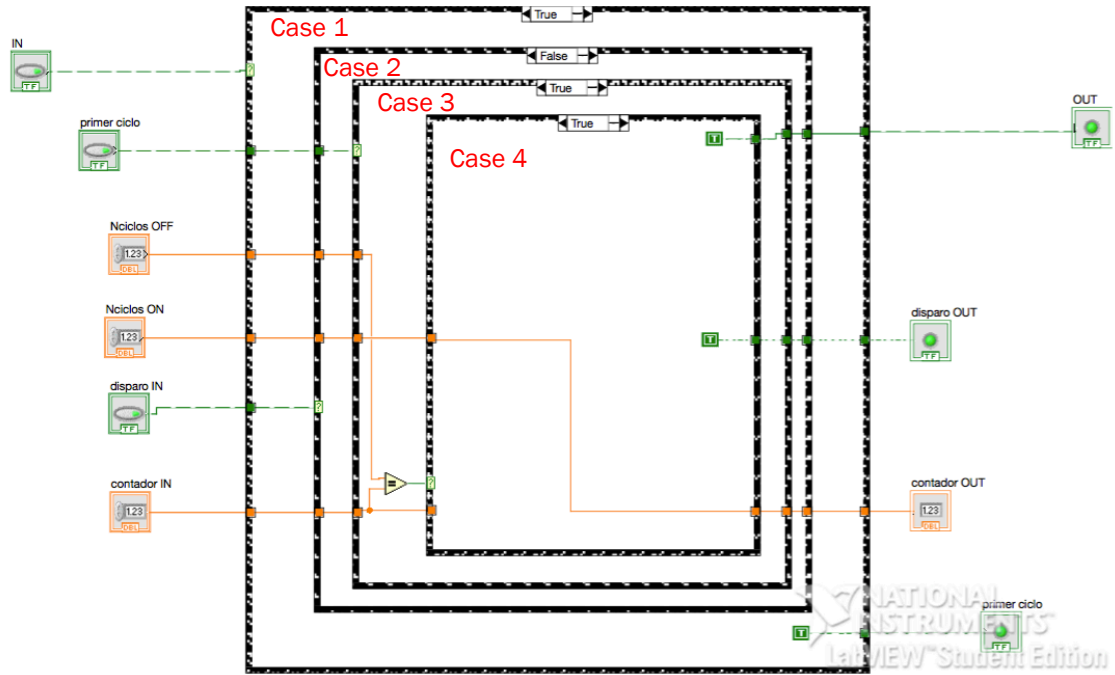


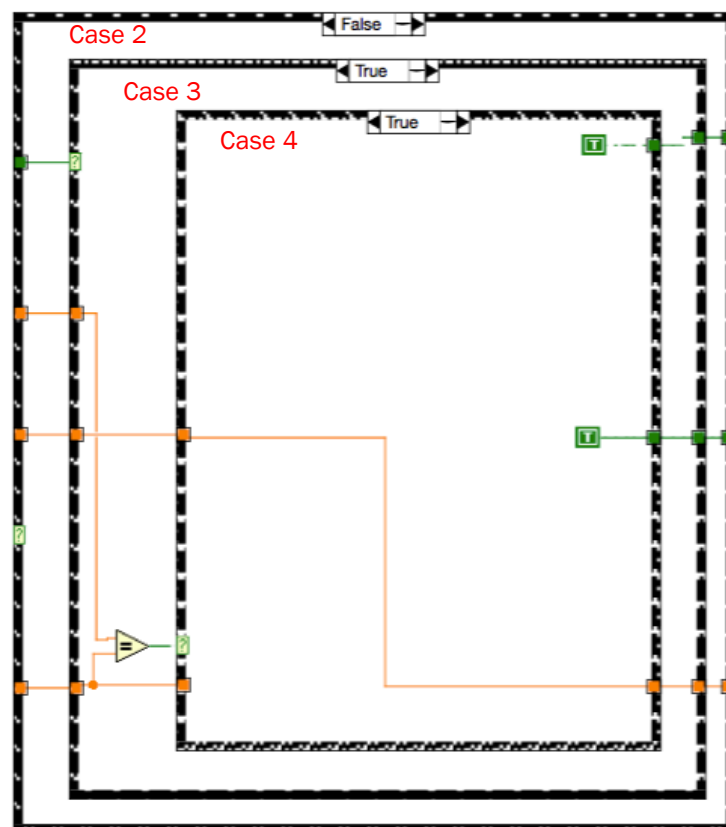
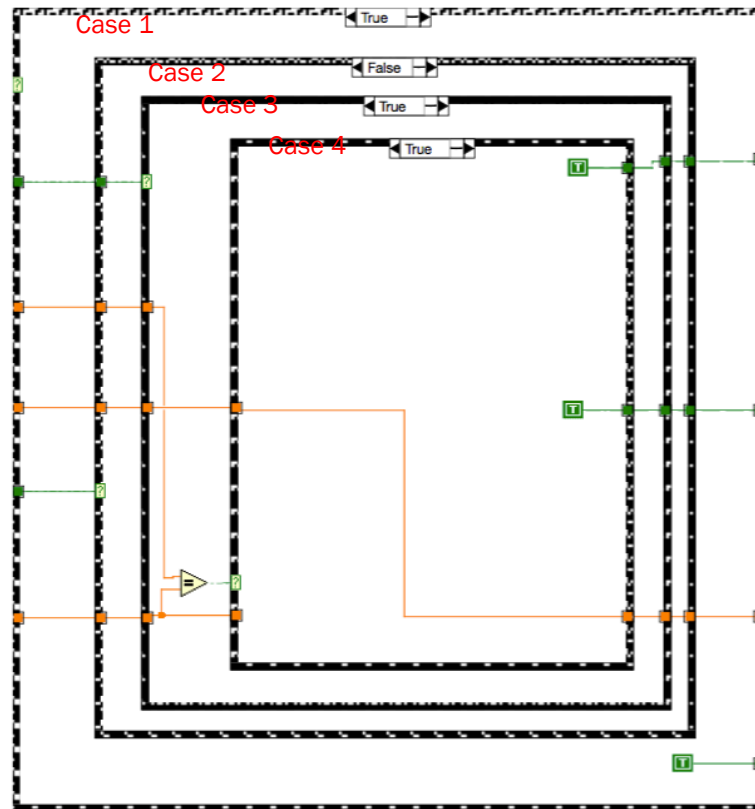
Figura 6.12: Icono y conectores de temporizadorTON.vi

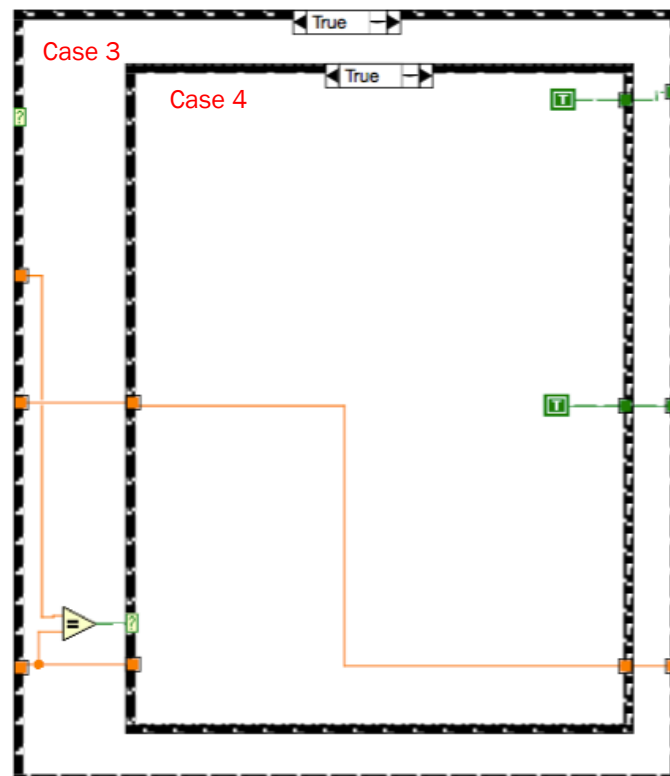
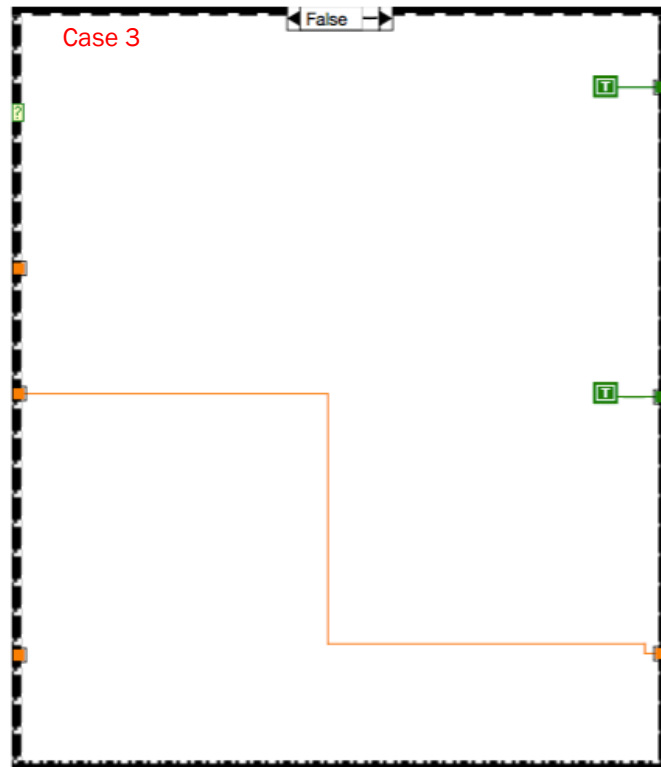
Como vemos indicado en el panel frontal anotado, los controladores e indicadores *disparo IN*, *disparo OUT*, *contador IN*, *primer ciclo* (indicador), *primer ciclo* (control) y *contador OUT* se utilizan de manera interna y en las que el usuario no interviene escribiendo ni recibiendo ningún valor. Son flags propios del temporizador.

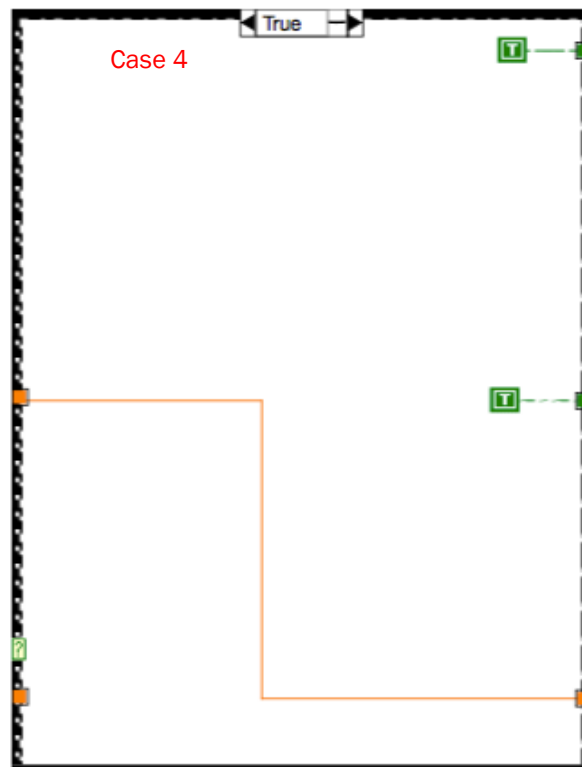
Diagrama de bloques:

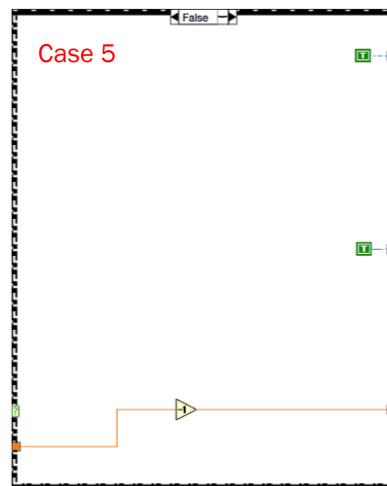
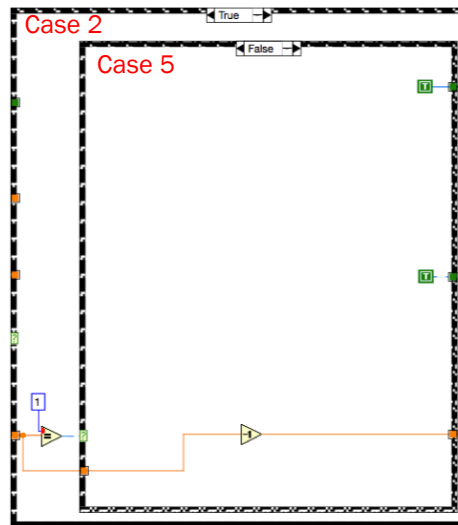
El diagrama de bloques que contiene el funcionamiento de esta aplicación es la siguiente:











temporizadorTPdistinto.vi tiene un funcionamiento genérico del temporizador TP explicado en el capítulo 2. Este temporizador activa el control OUT en intervalos de *Nciclos*, siempre y cuando el indicador *IN* sea igual a 1. Al activarse *IN*, *OUT* también se activará durante *Nciclos ON*. Una vez transcurridos, permanecerá el control a 0 durante otros *Nciclos OFF* y así sucesivamente, hasta que *IN* se desactive. Al pasar *IN* de 1 a 0, inmediatamente y sin tener en cuenta del estado del control *OUT*, *OUT* pasará a valor 0 hasta que *IN* vuelva a activarse.

6.3. Contador

Nombre y conectores:

El siguiente subVI que se ha programado es el que tiene el funcionamiento de un contador, que una vez que se hayan transcurrido los ciclos del PLC deseados, se activará un control determinado. Esta aplicación tiene el nombre de *contador.vi* y sus conectores están distribuidos como se muestra en la figura 6.13:

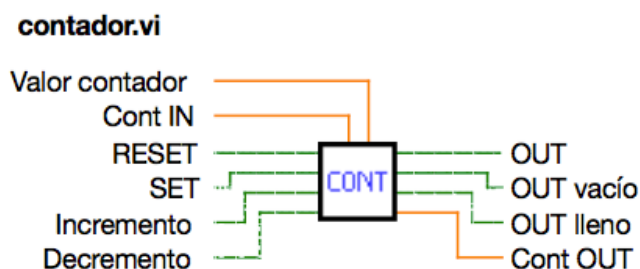


Figura 6.13: Icono y conectores de contador.vi

Valor contador: indicador numérico que introduce en la aplicación el número que debe contener el contador para que *OUT* pase a estar con valor 1.

- RESET: indicador booleano que al activarlo vacía el contador a valor 0.
- SET: indicador booleano que al activarlo carga el contador con el valor que se ha fijado en el indicador “valor contador”
- Incremento: aumenta en una unidad el valor del contador.

- Decremento: disminuye en una unidad el valor del contador.
- OUT: control que se activará cuando el contador haya llegado al valor deseado.
- OUT vacío: control que se activará cuando el contador esté vacío, es decir, tenga valor 0.
- OUT lleno: control que se activará cuando el contador haya llegado a su valor máximo (9999).
- Cont IN: flag para introducir en la aplicación el valor del contador en el ciclo de operación k-1.
- Cont OUT: flag para guardar el valor del contador en el ciclo de operación k, y después poder utilizar en el indicador *Cont IN* en el próximo ciclo de operación.

Panel frontal:

Con todos estos indicadores y controles, hemos configurado el panel frontal del subVI de la siguiente manera (figura 14):

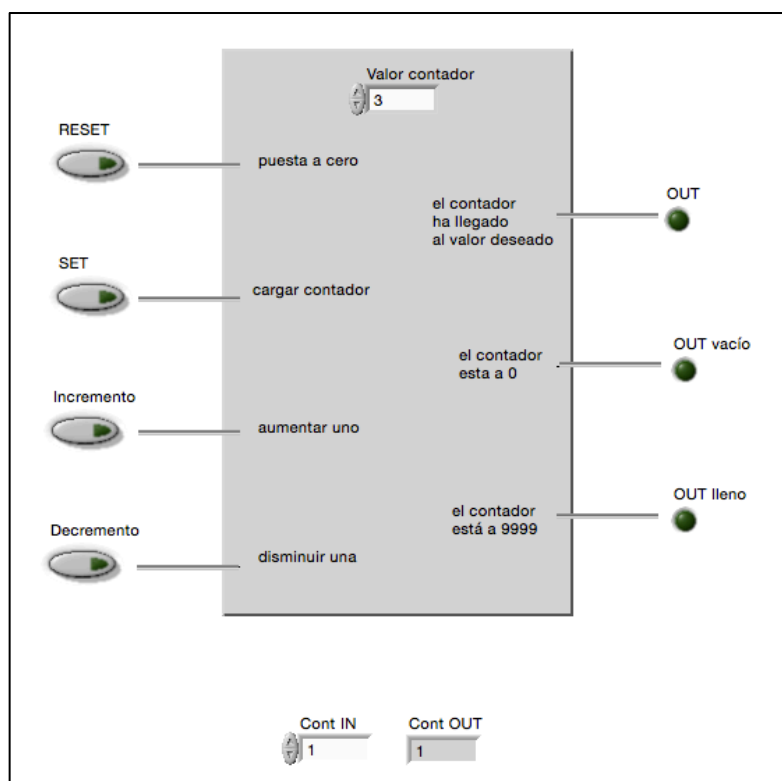
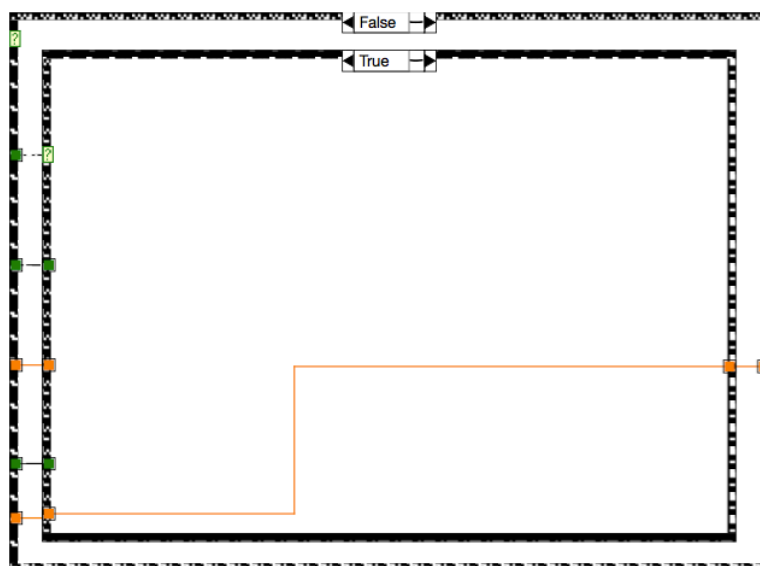
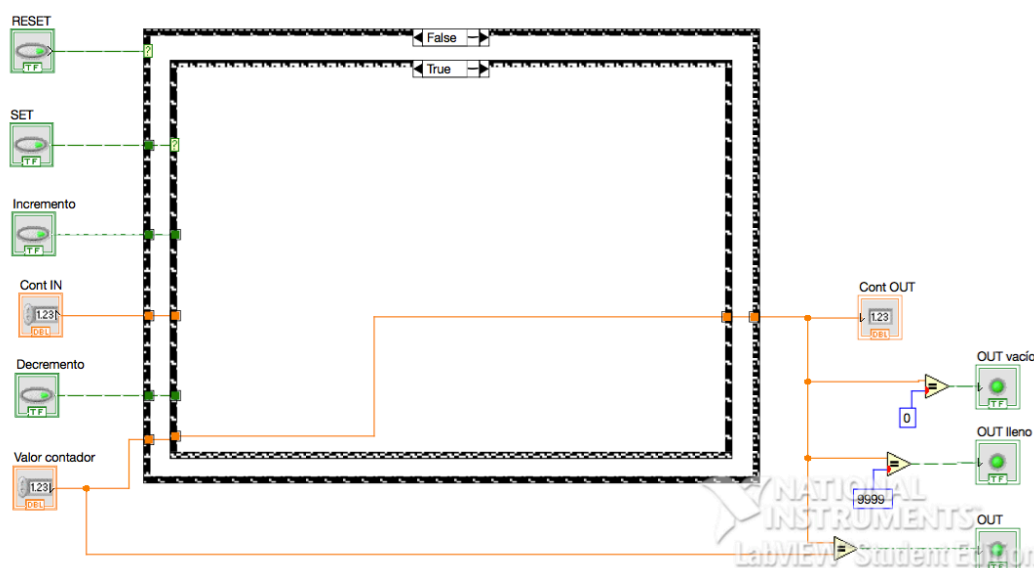


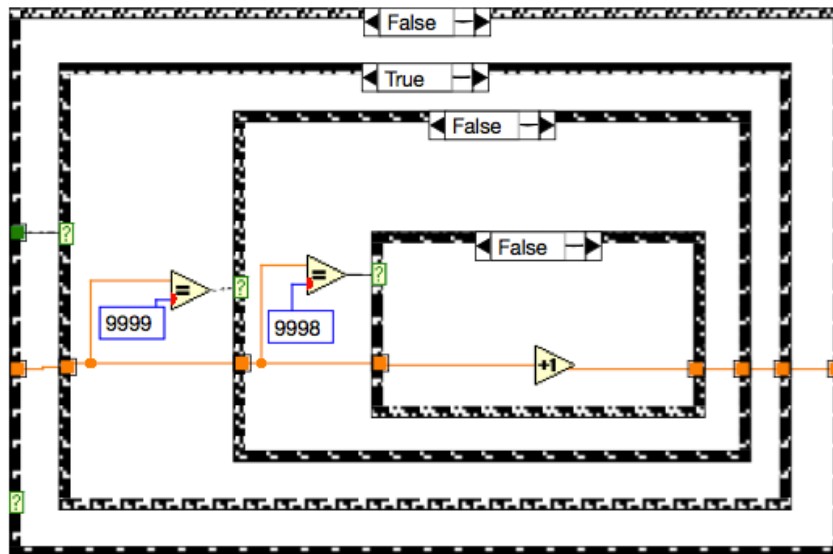
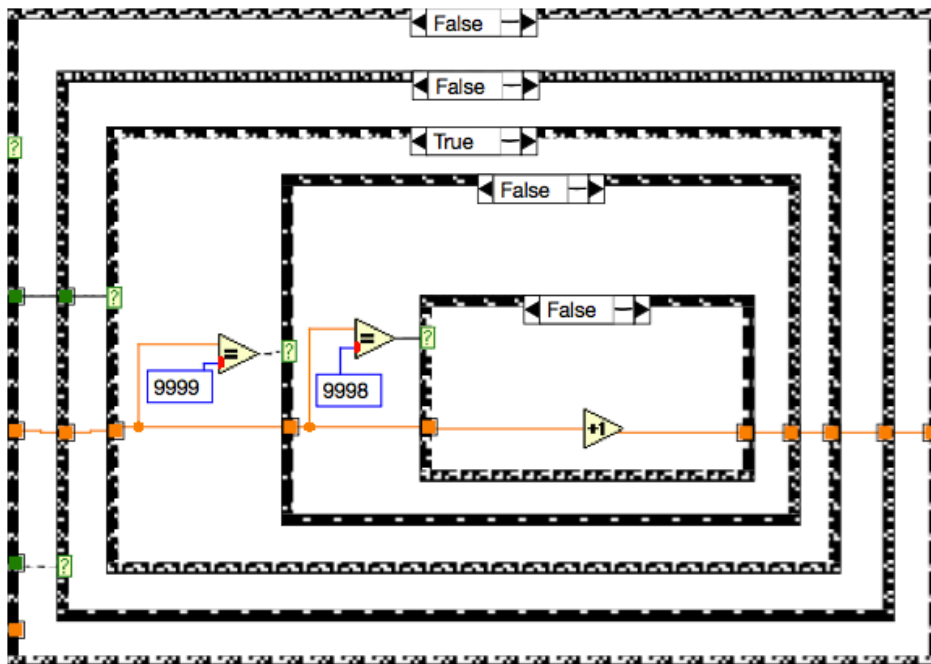
Figura 6.14: Panel frontal de contador.vi

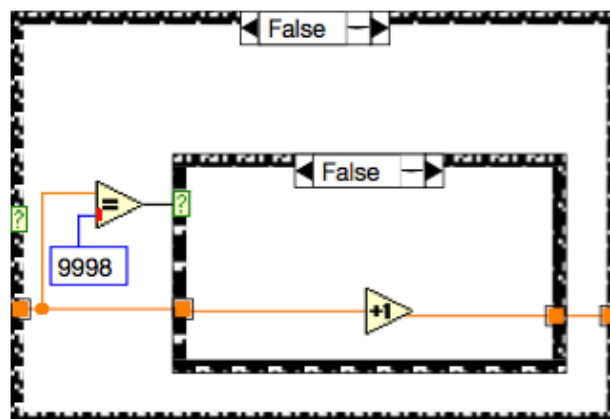
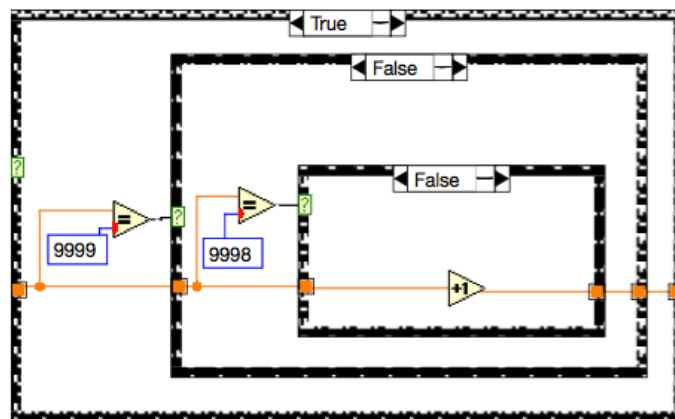
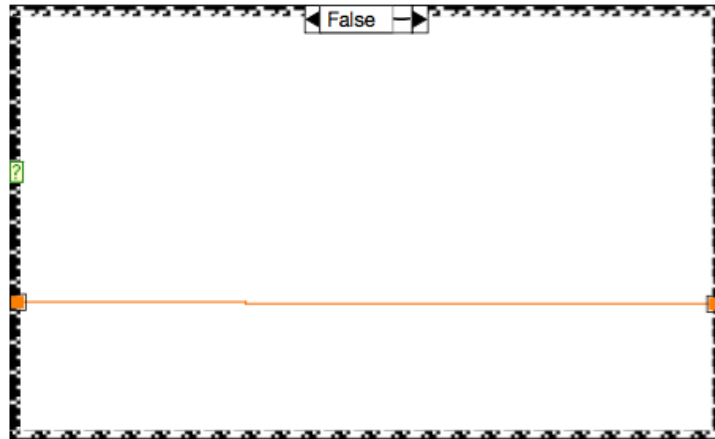
Igual que en los temporizadores, disponemos de una serie de controladores e indicadores que el usuario no controla, si no que son propios del subVI. Estos se usan para conocer el estado de determinados parámetros en el propio ciclo de operación y el ciclo K-1.

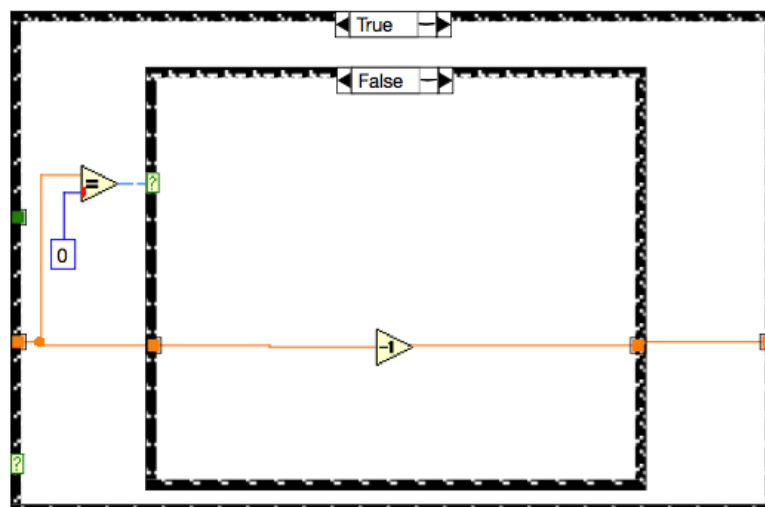
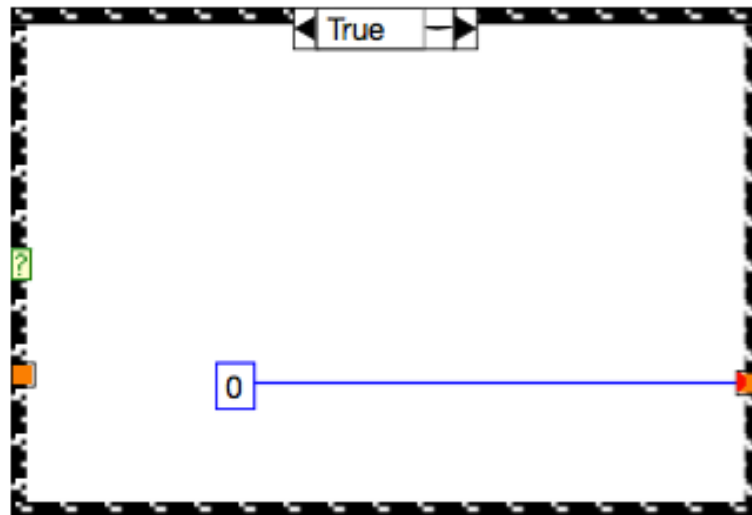
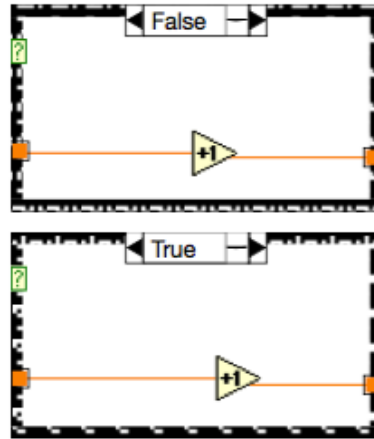
Diagrama de bloques:

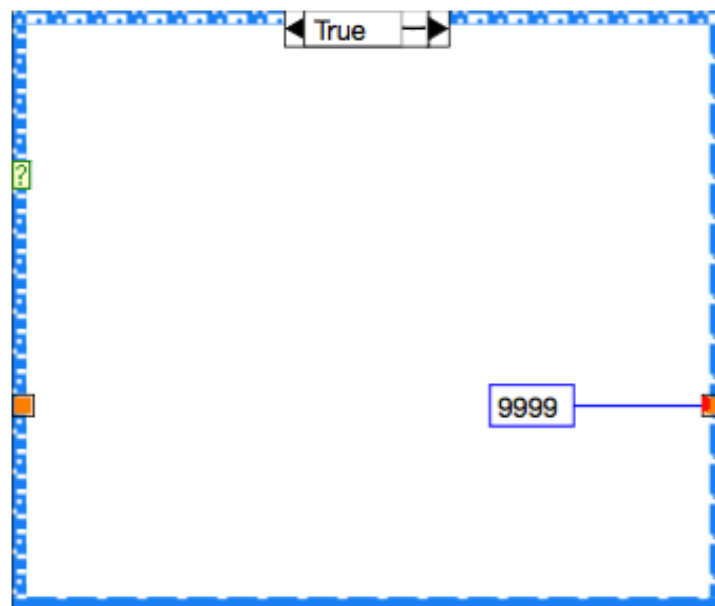
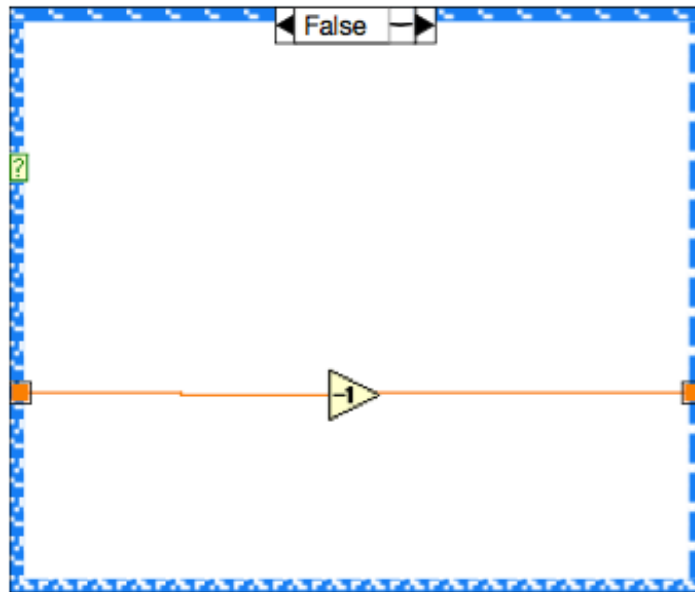
El diagrama de bloques que contiene el funcionamiento de esta aplicación es el siguiente [28]:

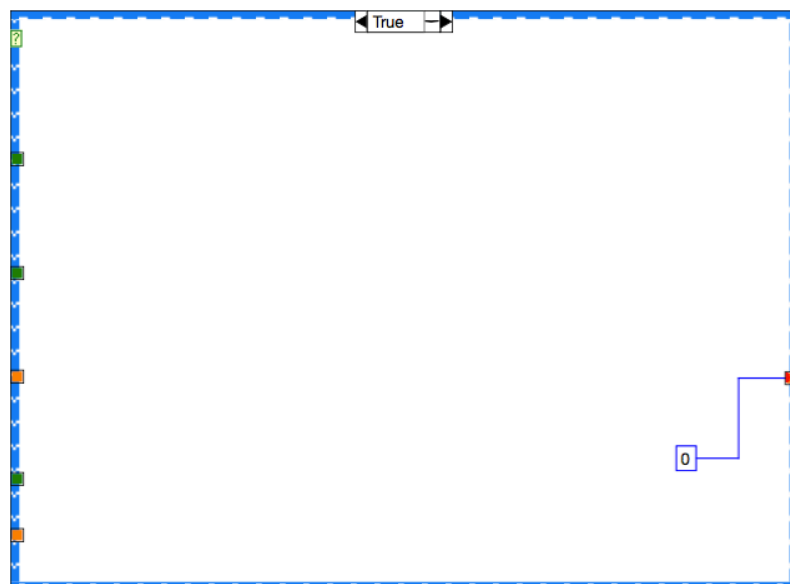
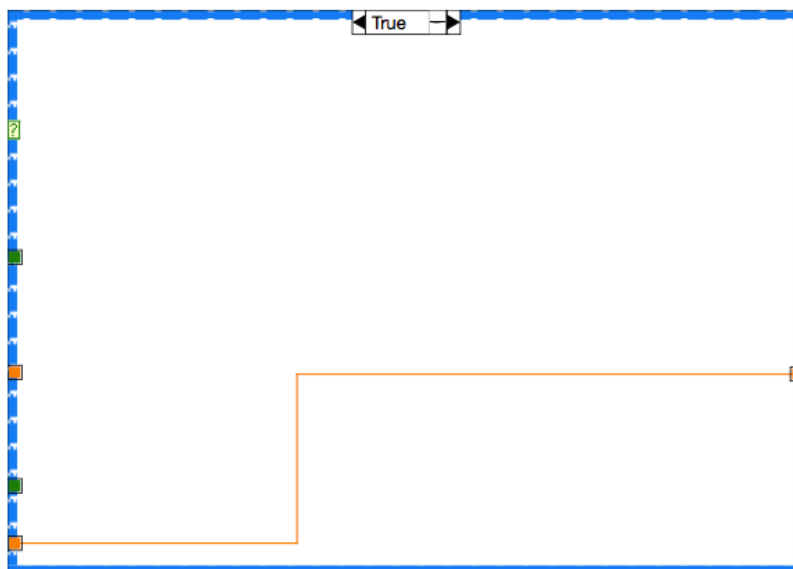












contador.vi tiene la función de activar la señal *OUT* cuando se haya llegado a el valor deseado por el usuario (indicador denominado “valor contador”) o programa que lo contenga.

El subVI tiene 2 indicadores que vamos a analizar uno por uno. Al ser activado el indicador *RESET* el valor del contador interno se reinicia con el valor 0. Siempre que el valor interno del contador sea 0 se activará el control *OUT vacío*. Es decir, siempre que se active *RESET* será activado *OUT vacío*. En cuanto al indicador *SET*, si se activa éste indicador el valor interno del contador pasará a tener el valor del fijado por el indicador *Valor contador* y, por lo tanto, al activarse *SET* también se pondrá a 1 el control *OUT*.

Los indicadores *Incremento* y *Decremento* suman y restan, respectivamente, uno al valor interno del contador. En función de los impulsos que reciban de estos dos indicadores el contador irá teniendo unos valores u otros.

Cuando el valor interno del contador alcance su valor máximo, 9999, se activará la salida *OUT lleno*. De la misma manera que si el contador llega a 0, ya sea por medio del indicador *RESET* o mediante *Incremento* y *Decremento*.

6.4. Set

Nombre y conectores:

El siguiente subVI que se ha programado con la función de activar y mantener activado un control con un solo impulso de un indicador. De esta manera, mantenemos activo un control de manera continua a partir de una señal de activación, que una vez desactivada, el control sigue a 1. Esta aplicación tiene el nombre de *SET.vi* y sus conectores están distribuidos como se muestra en la figura 6.15:

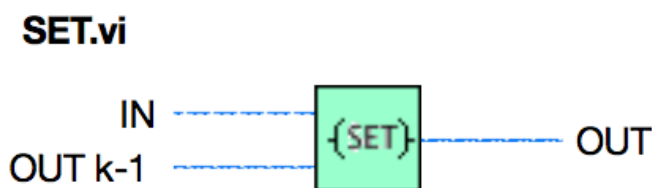


Figura 6.15: Icono y conectores de *SET.vi*

- IN: señal indicadora de que se active *OUT*.
- OUT k-1: señal indicadora del estado del control *OUT* en el ciclo anterior al que acontece.
- OUT: señal que se controla.

Panel frontal:

Así pues, en el panel frontal tenemos solamente 3 elementos colocados de la siguiente manera (figura 6.16):

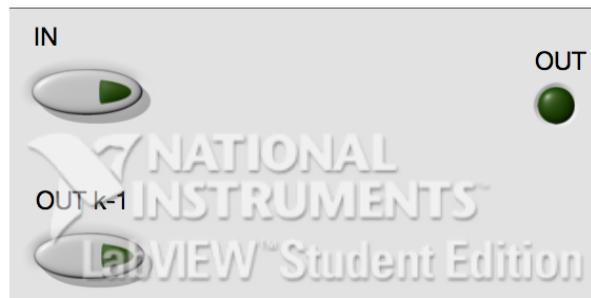
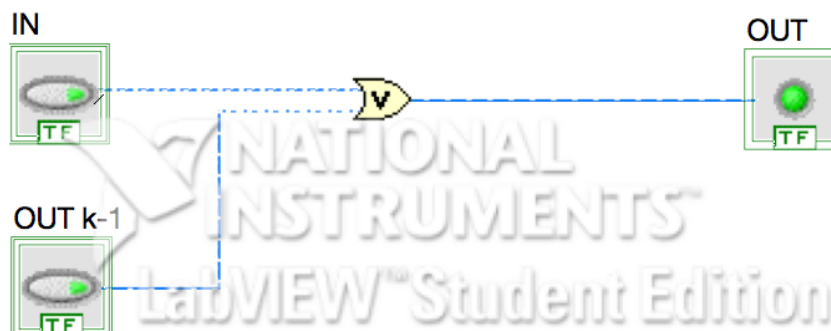


Figura 6.16: Panel frontal de SET.vi

El indicador *OUT k-1* es un indicador que se actualizará en cada ciclo de operación del PLC tomando el valor de *OUT* en el ciclo anterior. De esta manera, el usuario no manipula dicho indicador.

Diagrama de bloques:

El diagrama de bloques es muy sencillo, es una puerta OR que tiene por entrada los dos indicadores y por salida el control *OUT*.



6.5. Reset

Nombre y conectores:

La función reset que hemos visto en el capítulo 2 la desempeña el subVI *RESET.vi*. Tal y como actuaba reset en el lenguaje de programación de PLC de Shenider, esta aplicación, con un solo impulso desactiva una señal de salida que estaba activada. Los conectores de dicha aplicación están distribuidos como se muestra en la figura 6.17 [6]:

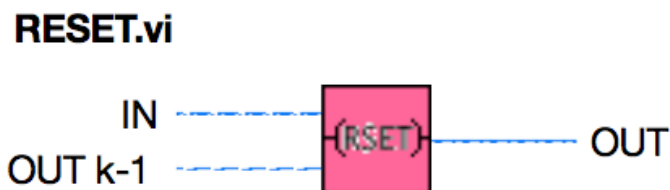


Figura 6.17: Icono y conectores de RESET.vi

- IN: señal indicadora de que se desactive *OUT*.
- *OUT k-1*: señal indicadora del estado del control *OUT* en el ciclo anterior al que acontece.
- *OUT*: señal que se controla.

Panel frontal:

Con lo que, en el panel frontal tenemos solamente 3 elementos colocados de la siguiente manera (figura 6.18):

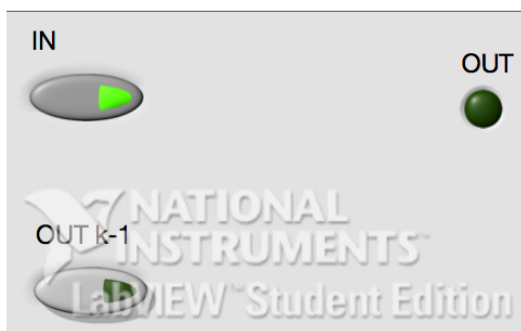
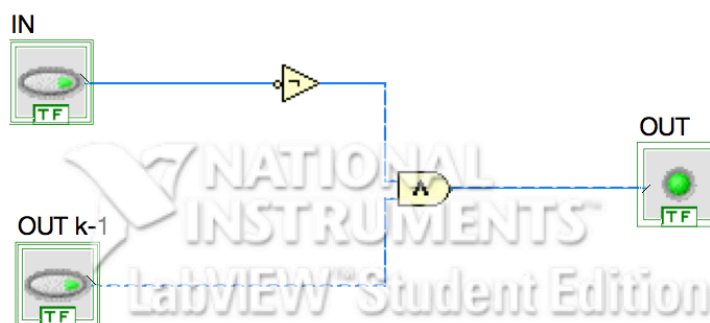


Figura 6.18: Panel frontal de RESET.vi

El indicador *OUT k-1* es un indicador que se actualizará en cada ciclo de operación del PLC tomando el valor de *OUT* en el ciclo anterior. De esta manera, el usuario no manipula dicho indicador.

Diagrama de bloques:

Al igual que en el diagrama de bloques del subVI *SET.vi*, éste, es muy sencillo. Solo es formado por dos puertas lógicas, una puerta AND que suma el indicador *IN* negado y el indicador *OUT k-1* para obtener la salida *OUT*.



6.6. Flanco ascendente

Nombre y conectores:

El subVi que se describe a continuación, tiene la función de accionar una salida en el ciclo de operación en el cual un indicador *IN* pasa de tener valor 0 a valor 1, es decir, cuando el indicador *IN* pasa a estar activado desde una posición de reposo. Esta aplicación se denomina *flanco_ascendente.vi*, con los conectores distribuidos como se muestra en la figura 6.19:

flanco ascendente.vi

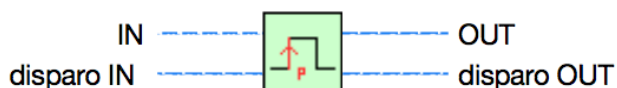


Figura 6.19: Icono y conectores de *flanco_ascendente.vi*

- IN: indicador booleano que produce la activación del control.
- OUT: señal que se requiere controlar.
- disparo IN: estado del indicador *IN* en el ciclo de operación $k-1$.
- disparo OUT: control que guarda el estado del indicador *IN* en el ciclo de operación que acontece.

Panel frontal:

Con estos indicadores y controles formamos el panel frontal con la siguiente distribución (figura 6.20):

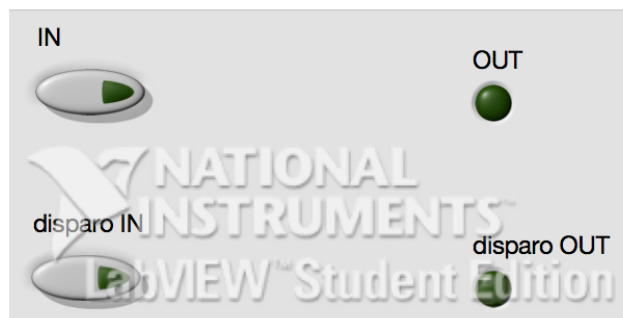
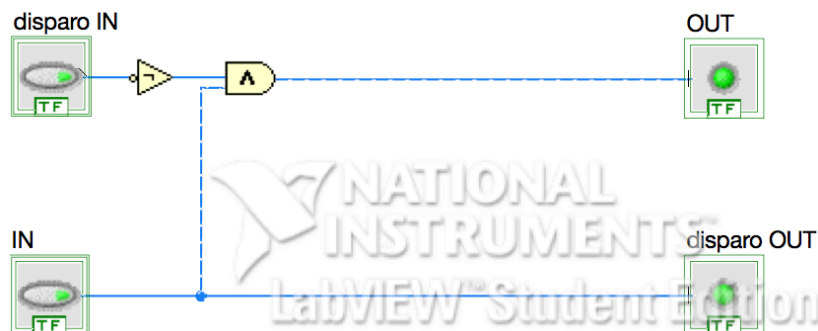


Figura 6.20: Panel frontal de *flanco_ascendente.vi*

Al igual que en los subVI descritos anteriormente, tenemos un control y un indicador que se utilizarán para el uso interno del PLC sin ser manipulados por el usuario. Son flags propios del subVI.

Diagrama de bloques:

El diagrama de bloques está formado por una puerta lógica tipo AND, que suma los indicadores *IN* y “disparo *IN*” negado para dar lugar al estado del control *OUT*. Conectamos *IN* al control *disparo OUT* para almacenar su valor y transferirlo al siguiente ciclo mediante el indicador *disparo IN*.



6.7. Flanco descendente

Nombre y conectores:

El subVI que se describe a continuación, tiene la función de accionar una salida en el ciclo de operación en el cual un indicador *IN* pasa de tener valor 1

a valor 0, es decir, cuando el indicador *IN* pasa a estar desactivado. Esta aplicación se denomina *flanco_ascendente.vi*, con los conectores distribuidos como se muestra en la figura 6.21:

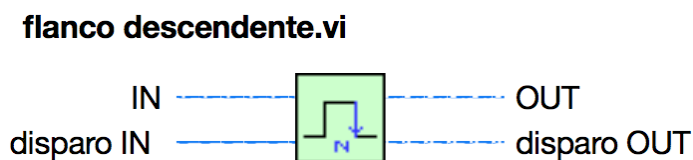


Figura 6.21: Icono y conectores de *flanco_descendente.vi*

- IN: indicador booleano que produce la activación del control.
- OUT: señal que se requiere controlar.
- disparo IN: estado del indicador IN en el ciclo de operación k-1.
- disparo OUT: control que guarda el estado del indicador *IN* en el ciclo de operación que acontece.

Panel frontal:

Con estos indicadores y controles formamos el panel frontal con la siguiente distribución (figura 6.22):

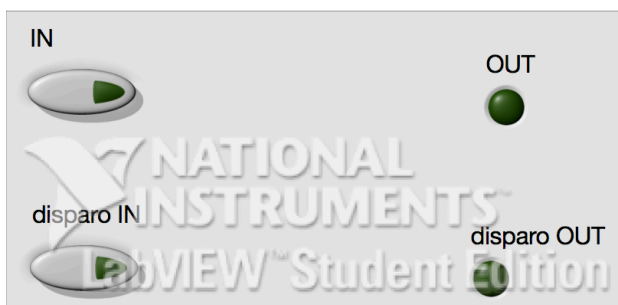
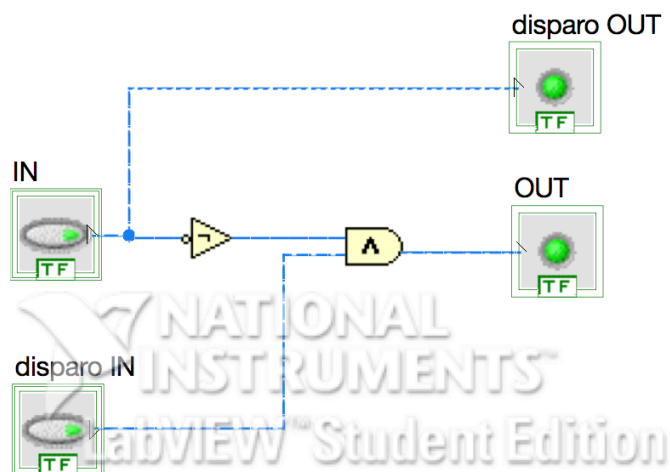


Figura 6.22: Panel frontal de *flanco_descendente.vi*

Al igual que en los subVI descritos anteriormente, tenemos un control y un indicador que se utilizarán para el uso interno del PLC, sin ser manipulados por el usuario. Son flags propios del subVI.

Diagrama de bloques:

El diagrama de bloques está formado, de manera análoga al anterior, por una puerta lógica tipo AND, que suma los indicadores *IN* negado y *disparo IN* para dar lugar al estado del control *OUT*. Conectamos *IN* al control *disparo OUT* para almacenar su valor y transferirlo al siguiente ciclo mediante el indicador *disparo IN*.



BIBLIOGRAFÍA CITADA

- [4] J. P. Carbonell, “El Autómata Programable PLC, en Aplicaciones Industriales.” COGITI, 2014.
- [6] Scheider Electric, “TwidoSuite.” Scheider Electric, 2012.
- [9] M. San Martín Ojeda, *Curso básico de LabVIEW: National Instruments LabVIEW*. Universidad de Valladolid, 2002.
- [28] NI, “LabVIEW.” 2014.

7. Ejemplo: Domotización de una vivienda mediante el PLC simulado en LabVIEW

EJEMPLO: DOMOTIZACIÓN DE UNA VIVIENDA MEDIANTE EL PLC SIMULADO EN LABVIEW.

7.1. Introducción

En los siguientes capítulos, se muestra un ejemplo de aplicación del PLC simulado en LabVIEW, incluyendo los subVI inspirados en el lenguaje ladder, creados para la ayuda de dicha programación. El ejemplo consistirá en domotizar los elementos más relevantes de una vivienda unifamiliar. Para finalizar el ejemplo, se realizará una maqueta a escala de la vivienda, que será controlada mediante una tarjeta de adquisición de datos conectada un ordenador.

De esta manera, en el capítulo 7 se explica los fundamentos ingenieriles que hemos utilizado para domotizar la vivienda. Qué elementos controlamos y su manera de actuar, además del beneficio que obtenemos con dicha domotización.

En el capítulo 8 se trata la programación utilizada en LabVIEW para llevar a cabo la domotización explicada en el capítulo anterior.

Para finalizar, en el capítulo 9 se explicará el montaje y programación de la maqueta.

7.2. Planta y justificación de la vivienda a domotizar.

La vivienda que se ha elegido para domotizar es una de tipo unifamiliar con una distribución creada de ex proceso para este ejemplo. La vivienda dispone de tres dormitorios, despacho, dos baños, comedor, salón, cocina, garaje y jardín. La superficie construida es de 160,78 m², conteniendo una superficie útil de 148m² . La superficie de la parcela en la que se aloja la vivienda es de 620 m²

Los planos a escala de la vivienda aparecen en el “Anexo I: Planos” de esta memoria :

- Plano 1: “Distribución vivienda: General”
- Plano 2: “Distribución vivienda: Detallada”

La principal razón para su elección ha sido su perfecta adaptación a todos los requisitos buscados para llevar a cabo el proceso de diseño e instalación de un sistema domótico.

Se ha optado por una vivienda unifamiliar para poder disponer de una superficie a mayores de la planta y, así, incorporar el riego automático de la parcela.

La situación de la vivienda tiene una orientación de Oeste a Este para así, de esta forma, aprovechar al máximo la luz solar de las zonas comunes más habitadas. El aprovechamiento es tanto en la iluminación, mediante la automatización de las persianas de la vivienda, como en el aprovechamiento del calor irradiado, ahorrando de ésta forma energía en iluminación y calefacción, y por lo tanto, reduciendo la factura energética del hogar.

La construcción se ubica en un supuesto pueblo de la provincia de Burgos, de esta manera, no es necesario aire acondicionado, así se facilita y simplifica la regulación de la temperatura.

Hay que tener una visión de la domótica como un medio de ahorro de energético, que produce un bien socioeconómico y medioambiental. Además hay que tener en cuenta las medidas pasivas de ahorro energético, como la orientación de la vivienda citada anteriormente y los materiales de construcción aislantes, que aunque no son parte de este proyecto, son una parte esencial en el concepto de domotización. Todo ello sin olvidarnos del uso racional de la energía por parte del propio usuario y de la que nada puede hacer la tecnología.

En el “Anexo II: Hojas de características” podemos consultar las fichas técnicas de los sensores, actuadores y demás elementos físicos que se necesitan para la domotización de la casa.

7.3. Características generales de la domotización

Las principales características que va tener el sistema de gestión de nuestra vivienda se pueden resumir en los siguientes puntos:

- **Simple** y fácil de utilizar: es como tiene que ser el sistema para que sea aceptado por los usuarios finales. La interfaz será sencilla e intuitiva; compuesta básicamente por pulsadores y potenciómetros.
- **Flexible**: debe tener prevista la posibilidad de adaptaciones futuras, de forma que ampliaciones y modificaciones se puedan realizar sin un costo elevado ni un gran esfuerzo.
- **Modular**: el sistema de control del edificio debe ser modular, para evitar fallos que puedan llegar a afectar a todo el edificio, y además debe permitir la fácil ampliación de nuevos servicios [11].

7.3.1. Topología de red y lógica

La topología de la red se define como la distribución física de los elementos de control respecto al medio de comunicación (cable).

En nuestro caso, será en estrella. Donde todos los elementos están unidos entre si a través del controlador principal. Sus ventajas son: facilidad para añadir nuevos elementos y un fallo de un elemento (no central) no afecta al resto. Sus inconvenientes son: un fallo en el controlador (nuestro PLC diseñado en capítulos anteriores), necesita una gran cantidad de cableado y se produce un cuello de botella en el elemento central [12],

En cuanto a la topología lógica, sigue la llamada “master-slave” (maestro-esclavo). En esta topología el PLC es el equipo maestro que se encarga de “interrogar” a los demás (eslavos) sobre su estado, siendo los esclavos los sensores y actuadores [11].

7.3.2. Tipo de arquitectura

La arquitectura especifica el modo en que los diferentes elementos de control se van a ubicar.

Sabiendo que la topología de la red es en estrella, deducimos que nuestro sistema tendrá una arquitectura centralizada. Ésta es aquella en la que los elementos a controlar y supervisar (sensores, luces, válvulas, etc) han de cablearse hasta el sistema de control (PLC). Todos los elementos sensores reúnen la información del sistema y se la envían al controlador para que tome las decisiones y se las comunique a los elementos actuadores.

En este sistema, la unidad de control está concentrada en un único dispositivo (PLC), en el que se ejecuta el programa diseñado para dicho control (el programa que se ha diseñado mediante LabVIEW se explica en el siguiente capítulo). Es una adaptación de un sistema industrial que tiene como inconveniente que un fallo en la unidad de control, inutiliza el sistema domótico entero.

La desventaja principal que tiene la topología en estrella, sistemas centralizados, estriba en la mayor cantidad de cableado. Entre sus ventajas se pueden señalar la simplificación de la electrónica, que permite independizar e identificar rápidamente las averías, el multiplicar la velocidad de transmisión de la información y sus posibilidades de expansión [13].

7.3.3. Medio de transmisión

El medio de transmisión es el medio físico que utilizan los diferentes elementos para intercambiar información unos con otros.

El medio de transmisión se ha elegido bajo el supuesto de que la vivienda unifamiliar es de nueva construcción y, por ello, se ha optado por soportes metálicos, y más concretamente, par metálico. Estos cables están formados por varios conductores de cobre que pueden dar soporte a datos, voz y alimentación.

De haberse supuesto una vivienda ya construida, se hubiera optado por utilizar líneas de distribución ya existentes en la vivienda para la transmisión de datos. No es el medio más adecuado, ya que tiene poca fiabilidad en la transmisión de datos y baja velocidad en la transmisión. Otra alternativa hubiera sido una conexión sin hilos mediante infrarrojos o radio frecuencia [11].

7.3.4. Componentes básicos

Los componentes que forman este sistema domótico serán:

- Unidad de control: El PLC diseñado anteriormente.
- Cableado: medio de transmisión de las salidas y entradas con la unidad de control
- Entradas digitales: permiten a la unidad central conectarse a algún sensor o dispositivo que emita una señal binaria, como se explico en el capítulo 1. Detectan dos posibles estados. De este tipo son los sensores de presencia o movimiento, interruptores, pulsadores, sensor de viento.
- Entradas analógicas: permiten conectar algún dispositivo o sensor que proporcione una señal analógica, es decir, que pueda variar de forma continua entre dos límites. De este tipo son las sondas de temperatura, sensores de luminosidad y potenciómetros.
- Salidas digitales: similares en características a las entradas digitales, pero se utilizan para activar algún actuador, que admita señales todo/nada. Se tendrá en cuenta la potencia máxima que es capaz de suministrar cada salida, siendo necesaria la utilización de relés en caso de que ésta se supere. De este tipo son las luminarias, las electroválvulas, además de motores de toldos y persianas.
- Salidas analógicas: de características similares a las entradas analógicas, pero se utilizan para accionar algún dispositivo que

requiera este tipo de entrada. De este tipo tenemos las luminarias con regulación de luminosidad.

7.4. Servicios a gestionar.

En una vivienda unifamiliar hay muchos servicios que gestionar, en este ejemplo de aplicación controlamos la energía y confort del usuario final. Con los elementos que automatizamos, lo que pretendemos es el ahorro energético, tanto a nivel eléctrico como a nivel térmico. Así como aumentar el nivel de confort en el hogar del usuario

De esta manera dejamos consideramos la seguridad y comunicaciones como un sistema en si mismo. Dado que esta parte del TFG tiene como finalidad. ilustrar con un ejemplo el funcionamiento de un autómata lógico programable en un aplicación práctica.

A continuación exponemos cómo hemos tratado las principales aplicaciones domóticas para el hogar descrito anteriormente:

7.4.1. Control de iluminación

La iluminación de la vivienda está domotizada en su totalidad, siendo cada estancia independiente del resto. Hay dos modos distintos en la vivienda, uno para las zonas en las que no se permanece largos periodos de tiempo y otro para las dependencias en las que la estancia es de un tiempo mayor.

El modo que se ejecuta en los dos baños, garaje, acceso de la casa y el pasillo está diseñado para que mediante un sensor de movimiento se detecte la presencia y se mantenga la iluminación encendida durante un corto periodo de tiempo. Esto tendrá un funcionamiento siempre con la posibilidad de encender y apagar las luces de manera tradicional y totalmente manual [11], [13].

Este modo necesita los siguientes elementos:

- sensor de movimiento,
- lámparas que se vayan a domotizar.

De esta manera, se mejora el confort no teniendo que encender y apagar la iluminación y, además, el ahorro energético, ya que se evitan los descuidos de dejar iluminación encendida innecesariamente

El otro modo se aplica al resto de estancias: dormitorios, salón, comedor, cocina y despacho. Se regula la intensidad lumínica de sala en

función de la iluminación ambiente, marcando una consigna de iluminación deseada en todo momento y, en función de ello, se ajusta la intensidad que recibe la luminaria. Esta configuración de la iluminación requiere de un interruptor que es el que selecciona el modo automático (hasta ahora explicado) o el manual o tradicional. No se han utilizado sensores de movimiento para evitar el encendido de las lámparas en momentos no deseados, como por ejemplo, cuando los usuarios están durmiendo y se muevan, o todo lo contrario, realizando una acción una acción estática que no detecte el sensor de movimiento y se apague las lámparas.

Los elementos que se necesitan para este modo son:

- el interruptor de selección de modo manual o domotizado,
- un potenciómetro para que el usuario marque la consigna deseada,
- un sensor de luz que facilite un rango de luminosidad,
- y la lámpara que se deba encender y apagar.

Gracias a esta regulación constante de la iluminación, se ahorra energía hasta un 50% dependiendo la época de año, se garantiza un trabajo óptimo con una iluminación constante y se proporciona un mayor confort en el uso diario [14].

7.4.2. Control de calefacción

Para regular la temperatura de la casa se han establecido dos zonas de control. La calefacción instalada será de gasoil, con dos circuitos que abrirán o cerrarán el paso del agua caliente mediante dos electroválvulas. Éstas son las que controlará el PLC [11].

Por un lado se regularán las zonas comunes (Despacho, salón, comedor, cocina y baño principal), estas estancias son utilizadas durante periodos continuos de tiempo mayores que los dormitorios, y por todos los miembros de la unidad familiar. Además, se utilizan mayormente de día, por esto, se regulan a parte con un potenciómetro situado en el salón.

Asimismo, los dormitorios y el aseo tendrán otro potenciómetro, que estará colocado en el pasillo. El sistema de control de la temperatura del hogar dispone de dos elementos independientes, que normalmente están asociados: una sonda y de un potenciómetro en vez del tradicional termostato. De esta forma, tenemos el potenciómetro situado en pasillo, una zona común de la vivienda y accesible para todos los miembros. La sonda se encuentra, sin embargo, en el dormitorio 1 o principal.

Además dispone de un modo antihielo, que mantiene la casa y el agua a 6 grados para evitar que se hielan las tuberías en periodos de ausencia invernal. Así se prolonga la vida útil de la fontanería.

Los sensores y actuadores que empleamos en la regulación de la temperatura son:

- Dos electroválvulas, una para cada circuito de calefacción,
- Dos termómetros que tomen la temperatura de la zona,
- Dos potenciómetros para establecer la temperatura de consigna que se desea tener en la correspondiente zona.

Con este sistema se gana en confort y con una buena utilización, se puede ahorrar en combustible.

7.4.3. Control de persianas

Las persianas estarán automatizadas por medio de un motor y dos pulsadores, con los que se pueda elevar y bajar las persianas de forma manual. A mayores serán controladas también por el PLC.

El sistema de control de las persianas, consiste en la programación horaria de la hora en la que se suben y bajan. Todas las persianas se subirán y bajarán bajo la misma consigna horaria.

Para ejecutar este modo de operación, las entradas y salidas que necesita el PLC serán:

- Interruptor que active y desactive la programación horaria de las persianas.
- Persianas automatizadas.

La hora de subida y bajada de las persianas se deberá introducir en el PLC, mediante un ordenador que contenga el software de programación del PLC. Desde este PC se modificará la hora de subida y bajada de las persianas de la vivienda.

De esta manera, se puede ahorrar en calefacción programando las persianas para que se abran cuando es de día y el sol caliente la casa, y se bajen cuando sea de noche, así, se enfriará menos la vivienda.

7.4.4. Control de toldos

Habrà un toldo que cubrirà las 2 ventanas del salón. Este toldo, al igual que las persianas, tendrá un modo manual con una botonera de dos pulsadores para bajarlo y subirlo. Si se desea que funcione a través del

PLC, éste se bajará cuando la iluminación exterior supere la consigna fijada por el usuario. Por el contrario, será subido cuando la señal que registre el sensor de luz sea menor que la consigna. También dispone de un sensor de viento, éste se encarga de que el toldo no esté desplegado cuando la velocidad del viento supere la admisible por el mismo [11], [15]-[17].

El funcionamiento de este toldo en el sistema domótico es muy sencillo, teniendo solamente dos posiciones: totalmente plegado o desplegado al 100%.

Para domotizar el toldo es necesario:

- Toldo automático
- Sensor de luz
- Sensor de viento
- Interruptor para activar el modo domótico del toldo.

Con la instalación del toldo controlado mediante el PLC, obtenemos mayor confort y la garantía de que en caso de viento elevado, el toldo estará plegado y no sufrirá desperfectos, aumentando la vida útil del mismo.

7.4.5. Control de riego

El riego tiene funcionamiento muy sencillo también. El usuario introducirá la hora en la que debe empezar el riego y el tiempo de duración.

La hora en que se comienza a regar, se introducirá en el PLC de la misma manera que hacíamos en las persianas. Mediante un PC y utilizando el software del autómatas se introduce la hora y duración del riego.

Para llevar a cabo este sistema necesitamos los siguientes sensores y actuadores:

- Electroválvula de paso de agua al riego.
- PC con software del PLC para introducir la hora y duración del riego.

El mayor beneficio que obtenemos del riego es el confort de no preocuparse de encenderlo y poder regar el jardín cuando no nos encontramos en casa.

7.5. Situación y características de los diferentes sensores.

En este apartado se indican como instalar los sensores en la vivienda física para su correcto funcionamiento. Además, mostraremos las características más importantes de los sensores que hemos elegido para llevar a cabo dicha domotización.

7.5.1. Sensores de luz interior



Figura 7.1: Sensor de luz para interiores:
CRESTRON GLS-SIM

El sensor crepuscular elegido (FIGURA 7.1) es fabricado por la marca CRESTRON, con modelo GLS-SIM y su hoja de características se encuentra en el Anexo II de esta memoria.

El GLS-LCL es un sensor de célula fotoeléctrica diseñado para aplicaciones de control en el equilibrio entre iluminación natural y artificial. Mediante el aprovechamiento de luz natural de las ventanas, la iluminación eléctrica puede ser atenuada, lo que reduce el consumo de energía mientras se mantiene un nivel constante de luz para un trabajo más eficiente y cómoda.

Permite su montaje tanto en pared como en techo, se colocará en el techo de las estancias para evitar la exposición directa de la luz solar al sensor. De esta manera, también evitamos fuentes de calor y corrientes de aire frío.

El campo de medición del sensor será un cono de visión de 60 grados, midiendo de 0 a 754lux. Será alimentado a 24Vcc y proporcionará una señal analógica de 0 a 10V de corriente continua, proporcional al nivel de la luz ambiental.

Este sensor funciona correctamente en el rango de temperaturas de 0°C a 55°C y dentro entre el 20% y el 90% de humedad relativa ambiental sin condensación.

7.5.2. Sensores de luz exterior



Figura 7.2: Sensor de luz para exteriores:
CRESTRON GLS-LEXT.

El sensor de luz que utilizamos en el exterior para controlar el funcionamiento del toldo, también es del fabricante CRESTRON, y le podemos ver en la imagen 7.2.

El GLS-LEXT es un fotosensor para su uso en espacios al aire libre. El sensor mide la luz del día y señala el sistema de control para encender las luces exteriores, cuando el nivel de luz cae por debajo de cierto umbral. A diferencia de un temporizador, un sensor puede dar cuenta de las tormentas durante el día y no necesita ser programado para el atardecer y el amanecer.

El GLS-LEXT monitoriza continuamente el nivel de luz ambiental total y puede ajustar la iluminación según sea necesario, para alcanzar el nivel de luz deseado. La sensibilidad del sensor es ajustable, para que una señal de 10 voltios coincida plena luz del día y una señal de 0 Voltios coincida con la oscuridad total. Un visor integrado ofrece lecturas más consistentes al bloquear la luz solar directa y también protege la lente de los elementos.

Se alimenta a 24 voltios de corriente continua para poder detectar de 0 a 8072 lux. Su mayor exactitud se produce a una temperatura de 21°C ($\pm 5\%$) y de -18°C, a 49°C se produce un error de $\pm 5\%$.

7.5.3. Sensores de temperatura



Figura 7.3: Sensor de temperatura del fabricante LOXONE.

Este sensor de temperatura de la figura 7.3, de 0-10 V es adecuado para su uso en interiores y diseñado para el montaje en la pared. El dispositivo utiliza un sensor PT100 y tiene un transductor de 0-10 V integrada, que le permite ser fácilmente conectado a cualquier dispositivo que pueda leer una señal de 0-10V.

Las temperaturas mínima y máxima que puede soportar respectivamente son -50°C y $+200^{\circ}\text{C}$. Tiene un rango de preselección de -30°C a $+70^{\circ}\text{C}$ con una precisión de $0,3^{\circ}\text{C}$. La alimentación es de gran versatilidad, ya que permite distintas tensiones y naturalezas de ondas 15-36V con corriente continua; 24V con corriente alterna.

7.5.4. Sensores de movimiento



Figura 7.4: Sensor de movimiento: PIR DS937.

El detector PIR DS937 (figura 7.4) de montaje en techo, proporciona cobertura panorámica (360° x 14 m [50 pies]). Su diseño de bajo perfil le otorga una apariencia de montaje empotrado incluso si se monta en superficie. Se puede acceder a las opciones de cableado y programación sin necesidad de retirarlo del techo. El patrón de cobertura de 14 m de diámetro lo convierte en una opción perfecta para montar en techo, con aplicaciones que requieren detección puntual o de 360° .

Especificaciones técnicas más importantes son:

- Zonas de detección: 50 zonas de detección en total.

- Velocidad: 0,2 m/s ~ 5,0 m/s
- Selección de recuento de impulsos: 1, 2, 3 o 4 impulsos

El sensor trabaja correctamente con una humedad relativa de entre el 0% y el 95% sin condensación. Su temperatura de funcionamiento es de -10°C a $+49^{\circ}\text{C}$.

La salida del sensor es un contacto en seco normalmente cerrado preparado para 30Vcc, 500mA y 10W como máximo.

7.5.5. Sensor de viento



Figura 7.5: Sensor medidor de velocidad de viento: Lufft 8368.250.

El sensor de viento, figura 7.5, elegido es de la marca Lufft, con referencia 8368.250. Tiene una delgada geometría externa orientada a optimizar la corriente procura seguras y precisas mediciones. Para una alta cargabilidad y un seguro empleo a largo plazo utilizamos una carcasa de aluminio anodizado.

Está diseñado para aplicaciones industriales, aerogeneradores, domótica, indicador de velocidad del viento para grúas en todas las zonas climáticas, medición del medio ambiente.

Tiene un rango de medida de 0,7 a 50m/s, con una resolución de 0,2m/s. La salida es de 0 a 10Vcc, siendo 0 cuando la velocidad es nula y entregando 10Vcc cuando la velocidad del viento es igual o mayor a 50m/s.

La carcasa es de aluminio anodizado, con un grado de protección IP53, esto quiere decir que protege contra la entrada de la cantidad de polvo que interfiere con el correcto funcionamiento del sensor. En cuanto al

agua no debe entrar nebulizada en un ángulo de hasta 60° a derecha e izquierda de la vertical a un promedio de 11 litros por minuto y a una presión de $80\text{-}100\text{ kN/m}^2$, durante un tiempo que no sea menor a 5 minutos. Las dimensiones de la estrella de cojinete son de $\varnothing 95\text{mm}/A 250\text{mm}$.

Utilizaremos este sensor para cerrar el toldo situado en la ventana del salón, cuando el aire sea superior al permitido por la estructura del mismo, por ello, se fijará en la fachada de la vivienda, a una altura de 2,5m en la lateral derecho del toldo.

7.5.6. Interruptores y potenciómetros

Se utilizarán interruptores y potenciómetros de baja tensión, que interrumpirán o variarán señales eléctrico de muy baja tensión; así como de muy baja intensidad.

Se optarán por modelos de uso y estética doméstica, diseñados para nuestro cometido.

7.6. Situación y características de los actuadores

7.6.1. Electroválvula de riego



Figura 7.6: Electroválvula para instalaciones de riego: RAIN BIRD 075-DV.

La electroválvula elegida (figura 7.6) para el circuito de riego es de la marca RAIN BIRD, del modelo 075-DV $\frac{3}{4}$ "H con solenoide de 24Vac.

Características:

- Configuración en línea.
- Doble filtración: al nivel de la membrana y del asiento del solenoide.
- Apertura manual sin fugas de agua por rotación de $\frac{1}{4}$ de giro del solenoide
- Tornillo de purgado.
- Tornillos en acero inoxidable.
- Ensamblaje del solenoide/núcleo en una sola pieza.
- Maneta ergonómica para la apertura y cierre manual.

Especificaciones:

- Caudal: desde 0,05 hasta 5m³/h.
- Presión de funcionamiento: desde 1 hasta 10,4 bares.
- Temperatura del agua: 43°C máximo.
- Solenoide de 24V-50Hz
- Corriente de arranque: 0,30A
- Corriente de régimen: 0,19 A

- Dimensiones:
 - o Altura: 11,4 cm
 - o Longitud: 11,1 cm
 - o Ancho: 8,4 cm

7.6.2. Electroválvula de calefacción



Figura 7.7: Electroválvula para circuitos de calefacción: Danfoss 087N6621.

Para los dos circuitos de calefacción (figura 7.7) utilizaremos una válvula distinta a la del sistema de riego, ya que el agua que deja pasar se encuentra a gran temperatura.

Las válvulas seleccionadas son del fabricante Danfoss, con referencia 087N6621. Dicha válvula es de cuerpo de paleta y dispone de 2 vías hembra de diámetro 15mm. Soportan un caudal de 3m³/h y una presión máxima de 10 bares, con una diferencia de presiones de 1 bar. La temperatura máxima a la que puede circular el agua de nuestra caldera por la válvula es de 95°C.

Los materiales utilizados en el cuerpo de la válvula son:

- Cuerpo y asiento: Bronce fundido o estampado en caliente
- Empaquetadura: Etileno-propileno THK
- Juntas: Elastómero, Fluorobon
- Paleta: Elastómero, Nitrilo

El actuador de la válvula se vende por separado y se ha escogido el que tiene por referencia 087N6581. Sus características técnicas son:

- Alimentación: 220/240 Vca a 50/60hz
- Máximo consumo: 6W
- Máxima temperatura ambiente: 45°C
- Tiempo de abertura: <35segundos
- Tiempo de cierre: <20segundos
- Carga de contacto: 3ª a 220/240Vca con una frecuencia de 50/60Hz

El grado de protección del actuador es IP40, por lo que podrán ingresar objetos sólidos con un tamaño inferior a 1mm, además podrá ingresar agua dentro del mismo en poco tiempo.

Las dimensiones de la válvula junto con el actuador son las mostradas en la imagen siguiente. Donde los parámetros tienen los siguientes valores en mm:

A= 90,6 mm
 B= 17,5 mm
 C= 103,0 mm
 D= 27,6 mm

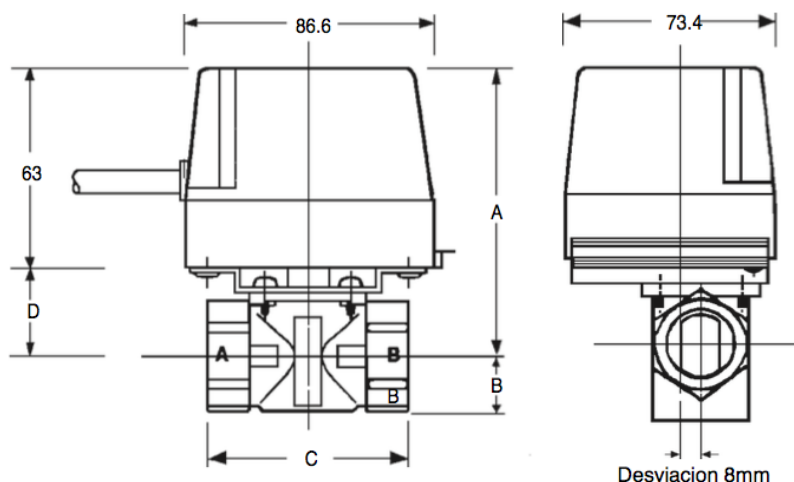


Figura 7.8: Dimensiones de la electroválvula Danfoss 087N6621.

7.6.3. Motor para las persianas

Para automatizar las persianas de la vivienda, vamos a utilizar motores de la marca NICE. Las ventanas tienen todas las mismas dimensiones y,

por lo tanto, las persianas también tienen las mismas dimensiones. Este tipo de persianas tienen 1,60 metros de ancho y 1,50 de largo (incluidos los 15cm de caja) estando fabricadas de PVC. Las láminas de dichas persianas, son de 8 mm de grosor y tienen una altura de 40mm. El rodillo sobre el que se montan es de 45mm de diámetro. Tomando como peso por unidad de superficie del PVC en 6kg/m² estimamos que, multiplicando el área por el peso por unidad de superficie, que cada persiana pesa 14,4 Kg aproximadamente.

Teniendo el peso de la persiana y el diámetro del rodillo, debemos estimar el par que tiene que desarrollar el motor para elevar y retener en el descenso la persiana. Mediante la siguiente tabla que nos proporciona el fabricante, podemos saber el par motor necesario para persianas que cumplan:

- La altura sea mayor de 1,5m y menor de 2,5m.
- Las láminas tengan un grosor menor de 9mm.
- Las láminas tengan una altura máxima de 40mm.

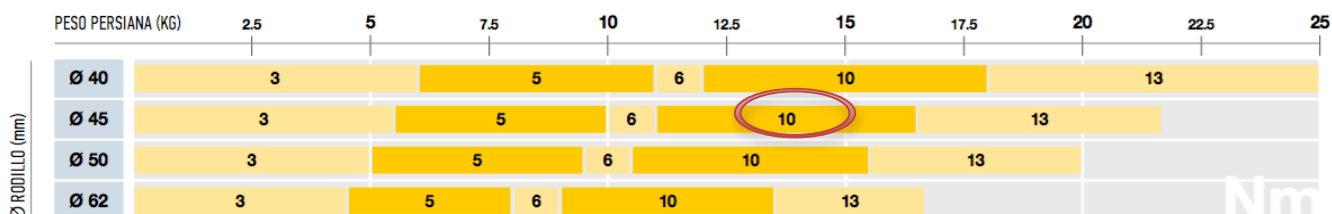


Figura 7.9: Tabla de dimensionamiento del diámetro del motor para persianas y toldos.

De esta manera, debemos seleccionar un motor con un par motor de 10Nm. Además, esta tabulación proporcionada por el fabricante, es para un motor con diámetro de 35mm, de esta manera, el motor seleccionado tiene la referencia: E S 1011. Se ha elegido este modelo sobre otros que también cumplían debido a que tiene menor consumo y menor precio en el mercado.

El motor tubular E S 1011 tiene un diseño sencillo y cómodo, con finales de carrera mecánicos que se regulan de manera intuitiva. Su instalación es fácil debido al soporte compacto y al sistema de fijación de la rueda de arrastre con enganche.

El motor tiene un par de 10Nm y una velocidad de giro de 11rpm, pudiendo desarrollar el movimiento con 18kg.

Características técnicas:

- Alimentación: 230Vca a 50Hz .
- Consumo: 0,54 A.
- Potencia: 120W.
- Índice de protección: IP44. Está protegido contra el ingreso de objetos sólidos mayores de 1mm y contra el ingreso de agua arrojada desde cualquier ángulo a un promedio de 10 litros por minuto y a una presión de 80-100 kN/m² durante un tiempo que no sea menor a 5 minutos.
- Medidas:

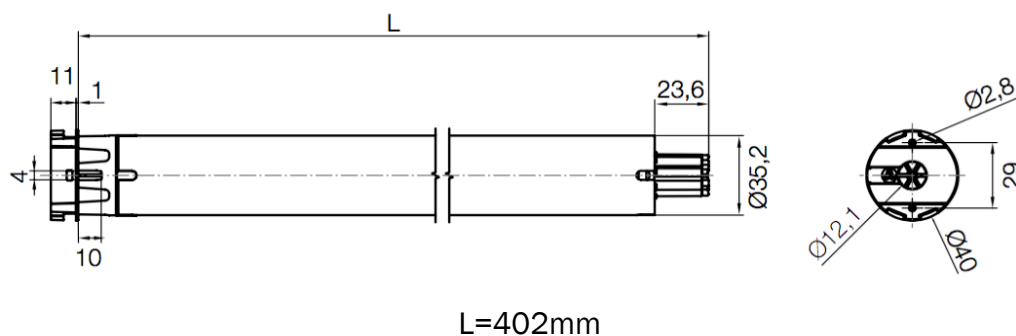


Figura 7.10: Dimensiones del motor para las persianas automatizadas.

7.6.4. Motor para el toldo

Se colocará un toldo en la fachada sur de la vivienda. El toldo colocado es de poliéster con densidad 280g/m², tiene 2,5m de salida y 3 m de ancho; éste se enrollará sobre un rodillo de 68mm. La estructura se fija a la pared, es de aluminio con dos brazos, uno de 47x28 mm y otro de 37x20mm.

Para elegir un motor, lo primero que tenemos que hacer es determinar el diámetro del motor tubular y par motor necesario, con la tabla de la imagen 7.11 y los datos del toldo explicados anteriormente.

Ø RODILLO ENVOLVENTE (mm)		SELECCIÓN DEL PAR MOTOR (Nm)																							
		50					63/70					78					85								
PARTE SOBRESALIENTE BRAZOS (m)		1,5	2	2,5	3	4	5	1,5	2	2,5	3	4	5	1,5	2	2,5	3	4	5	1,5	2	2,5	3	4	5
NÚMERO DE BRAZOS	2	15	30	30	30	30	50	15	30	30	30	40	50	15	30	30	40	50	65	40	50	55	65	75	100
	4	30	30	30	40	50	-	30	30	40	50	55	80	30	40	40	50	75	80	50	55	75	100	100	120
	6	30	30	40	50	-	-	30	40	50	55	65	100	40	50	50	65	100	120	50	75	100	120	-	-
	8	40	50	-	-	-	-	50	50	55	65	-	-	55	65	80	80	120	-	-	-	-	-	-	-

■ TAMAÑO M Ø 45 mm ■ TAMAÑO L Ø 58 mm

Figura 7.11: Tabla de dimensionamiento del diámetro y par de fuerza del motor para la automatización del toldo.

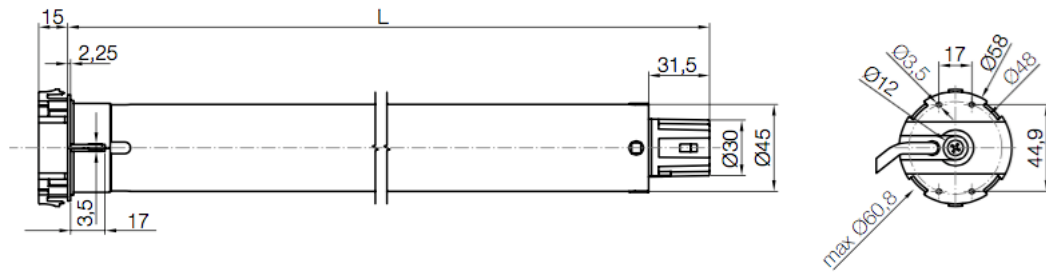
De esta manera, obtenemos que el diámetro del motor debe ser de 45mm y un par motor 30Nm.

Con estos datos, se ha seleccionado el motor con referencia E M 3017, tiene un par de 30Nm, una velocidad de giro de 17rpm y desarrolla el movimiento con 56kg de peso.

Otras características técnicas son:

- Alimentación: 230Vac a 50 Hz
- Consumo: 1,10 A
- Potencia: 250 W
- Potencia consumida en Stand-By: <0,5 W
- Número de revoluciones antes del stop: 27
- Tiempo de funcionamiento: 4 minutos
- Índice de protección: IP44. Está protegido contra el ingreso de objetos sólidos mayores de 1mm y contra el ingreso de agua arrojada desde cualquier ángulo a un promedio de 10 litros por minuto y a una presión de 80-100 kN/m² durante un tiempo que no sea menor a 5 minutos.

- Medidas:



L=486 mm

Figura 7.12: Dimensiones del motor del toldo automatizado.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- [11] C. Romero Morales, F. J. Vazquez Serrano, and C. De Castro Lozano, *Domótica e inmótica. Viviendas y edificios inteligentes*, 3ª ed. RA-MA Editorial, 2010.
- [12] J. M. Mestre, *Domótica para ingenieros*. Madrid: Paraninfo, 2015.
- [13] J. Rodríguez Fernández, *Instalaciones eléctricas y domóticas*. Paraninfo, 2014.
- [14] Vv.aa., “Domótica y hogares inteligentes,” *INOVE*. [Online]. Disponible en: <http://www.inovedomotica.com/documentos/Dossier INOVE - ahorro energetico.pdf>. [Último acceso: 10-Dec-2015].
- [15] Vv.aa., *Manual ilustrado para la instalación domótica : la tecnología entra en casa*. Madrid: Editorial Paraninfo, 2009.
- [16] J. Vara Montenegro and S. Paláez Silva, “Telecontrol de un sistema domótico – Resumen Ingeniería Técnica Industrial especializada en,” Universidad de Valladolid, 2012.
- [17] P. Serrano Yuste, “Instalación domótica para ahorrar agua y energía en las viviendas.” [Online]. Disponible en: <http://www.certificadosenergeticos.com/instalacion-domotica-ahorrar-agua-energia-viviendas>. [Último acceso: 10-Dec-2015].

8. Programación mediante LabVIEW del control domótico de una vivienda

PROGRAMACIÓN MEDIANTE LABVIEW DEL CONTROL DOMÓTICO DE UNA VIVIENDA

Como se indicó en el capítulo anterior, aquí se va a mostrar la programación realizada para controlar la domotización de una vivienda unifamiliar. A partir de los subprogramas VI mostrados en el capítulo 4, se han creado otros nuevos subprogramas para cada aplicación de control: riego, iluminación, temperatura ambiente... Todos estos subVI están integrados dentro del un VI principal que simula el funcionamiento de un PLC real, éste fue explicado en el capítulo 3.

En los apartados sucesivos, se mostrarán y explicarán uno a uno los subVI de control y por último, se comentará el programa completo.

Cada apartado consta de 3 partes, éstas muestran el nombre y conector del icono del subVI, su panel frontal y su diagrama de bloques correspondiente al programa que se describa.

8.1. Control de la iluminación en función de la luz ambiental

Con este programa se busca tener un nivel constante de iluminación siempre que se necesite de luz artificial. Este modo de iluminación se lleva a cabo en los tres dormitorios de la vivienda, en la cocina, salón y comedor.

Tras pulsar el interruptor ON/OFF, el programa activará el modo automático, la lámpara de la habitación se encenderá, si se requiere, con la intensidad necesaria para encontrar la luminosidad indicada por el usuario. Recordemos que éste modo de funcionamiento no tiene en cuenta la ocupación de la estancia [12].

Dicho modo de control, elige el valor deseado a través de un potenciómetro, que comunicará al PLC la consigna de iluminación que aplicar.

Nombre y conectores:



Figura 8.1: Icono y conectores de *control_luminosidad.vi*.

Nuestro subVI tiene cuatro conectores de entrada y uno de salida, como puede observarse en la figura 8.1. Los conectores de entrada son todos controles numéricos con representación DBL (double), excepto el conector ON/OFF que es lógico (solo tiene dos posibles valores 1 ó 0). A continuación se indica para que se utiliza cada control e indicador [28]:

- ON/OFF: es el encargado de comunicar al programa el estado del interruptor del selector de modo de la estancia. Si el usuario no activa el interruptor ON/OFF, tendrá valor 0. Si por el contrario, si es activado el interruptor, este control tendrá valor 1, y así, el programa llevará a cabo la regulación de iluminación.
- Consigna: este control es el que indica al programa el nivel de iluminación deseada por el usuario, A través de un potenciómetro con una relación lineal entre la luminosidad y la tensión que indica, el programa se ejecuta.
- Sensor lumínico: Es el valor actual de luminosidad que se encuentra en la estancia. Este valor lo capta un sensor crepuscular analógico que entrega una señal de tensión linealmente dependiente de la intensidad lumínica captada en la habitación.
- Lámpara K-1: Es una variable interna del programa que indica el estado de la lámpara en el ciclo anterior al que se acontece, en el ciclo k-1.

Panel frontal:



Figura 8.2: Panel frontal de *control_luminosidad.vi*.

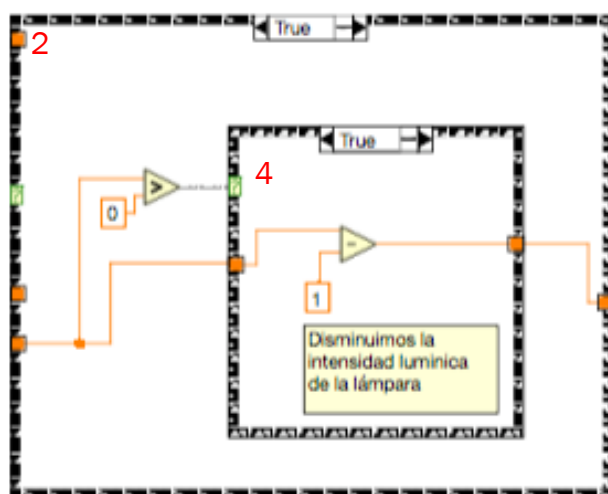
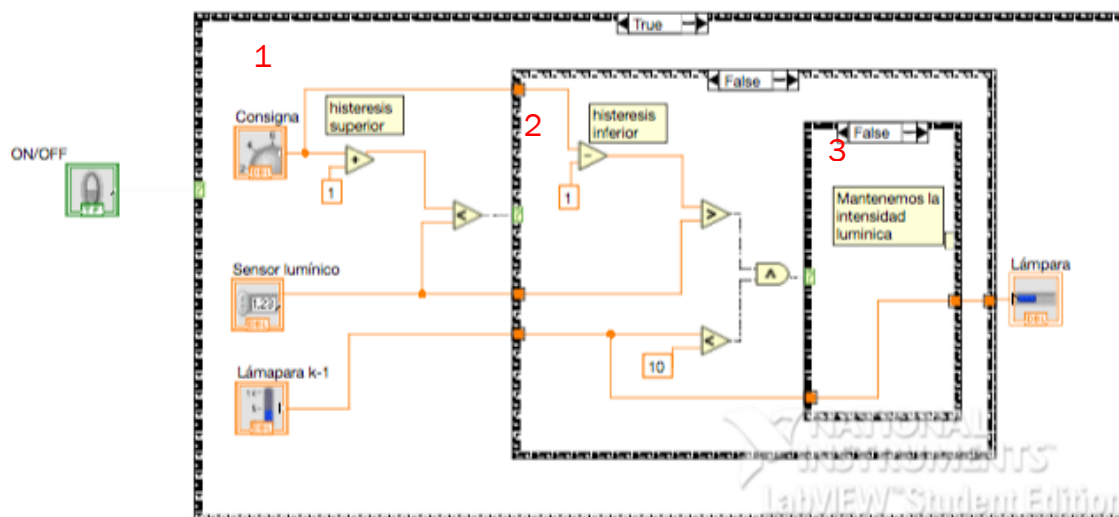
La figura 8.2 muestra la interface del programa. En el panel frontal tenemos como ejemplo un dormitorio, que bien podría ser el de la vivienda unifamiliar diseñada. Se puede ver el interruptor asociado al control *ON/OFF* a la derecha de la cama, con el que el usuario puede elegir si desea el control de intensidad lumínica o no. Encima del cabecero se encuentra el potenciómetro encargado de indicar al programa el grado de luminosidad que se desea. Al igual que el sensor de luminosidad descrito en el capítulo anterior, en el panel vemos el control asociado a dicho sensor en la parte superior de la pared [15].

En la lámpara de la imagen, se muestra el indicador numérico *Lámpara*, mediante una barra que irá rellenándose en función de la intensidad que deba recibir la lámpara para alcanzar el confort deseado. Éste es el indicador del programa asociado a la lámpara de la estancia.

Diagrama de bloques:

A continuación, se muestra la programación de la aplicación que estamos explicando. Los números rojos situados en la parte superior izquierda de cada bucle, relacionan las distintas partes de los mismos, es decir, la parte en la que es verdad una condición determinada, con la parte que muestra lo que se ejecuta en el caso de que sea falsa [28].

Como se aprecia en el bucle número 1, solo se ejecuta la acción de control si el valor del control booleano *ON/OFF* es igual a 1 (true). A partir de ahí, se comparan los valores de la iluminación deseada con la iluminación ambiente para ajustar el valor de la lámpara.





Este programa se podría haber realizado en función de un sensor de movimiento, simplemente habría que añadir un bucle dentro del bucle del interruptor *ON/OFF*. Éste estaría asociado al sensor de movimiento que tendríamos que instalar en la estancia. Se ha optado únicamente por el interruptor selector de modo, para evitar encender o apagar la iluminación de manera no deseada, debido a inactividad en la sala cuando el usuario desea iluminación o viceversa.

8.2. Control de la iluminación en función de la presencia

El subVI llamado *luces sen_mto.vi* también controla la iluminación de la vivienda. En este caso, está instalado en las zonas de la casa en las que los usuarios no pasan largos periodos de tiempo y, si los pasan, son con cierta actividad o movimiento. La iluminación del aseo, baño, pasillo, garaje y jardín están condicionada por la presencia de individuos, es decir, por un sensor de movimiento. Como en el baño y aseo no disponemos de ventanas, nunca tendremos luz natural. Por esto, el programa de estas estancias es distinto, más sencillo y no dispone de un sensor crepuscular. Dicho programa es el descrito a continuación, mostrando en el siguiente apartado el programa de control de la iluminación del pasillo, garaje y jardín [12].

Nombre y conectores:

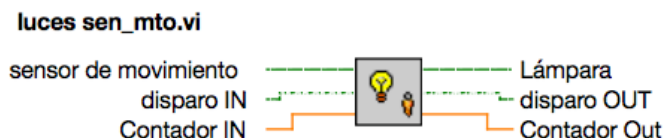


Figura 8.3: Icono y conectores de *luces_sen_mto.vi*.

- Sensor de movimiento: Este control es de tipo booleano (señal de un bit, con dos posibles estados). Es el controlador asociado al sensor de movimiento físico que se encontrará en la estancia conectado a una entrada digital del PLC.
- Disparo IN: Es un control que utiliza el programa internamente para obtener información del estado del programa en el ciclo anterior. Este control proviene del subVI *temporizadorTOF.vi* explicado en el capítulo 4.
- Contador IN: Es un control que utiliza el programa internamente para obtener información del estado del programa en el ciclo anterior. Este control proviene del subVI *temporizadorTOF.vi* explicado en el capítulo 4.
- Lámpara: indicador que controla el estado de la lámpara de la estancia con estados encendida (true) y apagada (false). De esta forma cuando “Lámpara” es true, la lámpara del baño o aseo estará encendida.
- Disparo OUT: Es un indicador que utiliza el programa internamente para guardar la información del estado del programa del ciclo y transmitirla al siguiente. Este control proviene del subVI *temporizadorTOF.vi* explicado en el capítulo 4.
- Contador OUT: Es un indicador que utiliza el programa internamente para guardar la información del estado del programa del ciclo y transmitirla al siguiente. Este control proviene del subVI *temporizadorTOF.vi* explicado en el capítulo 4.

Panel frontal [28]:

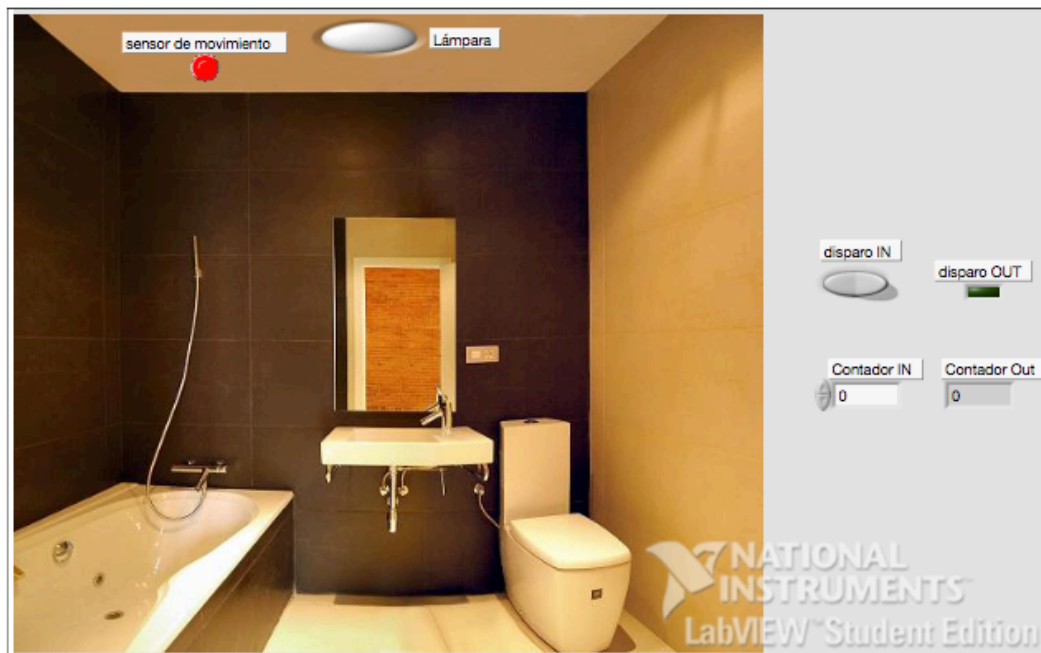


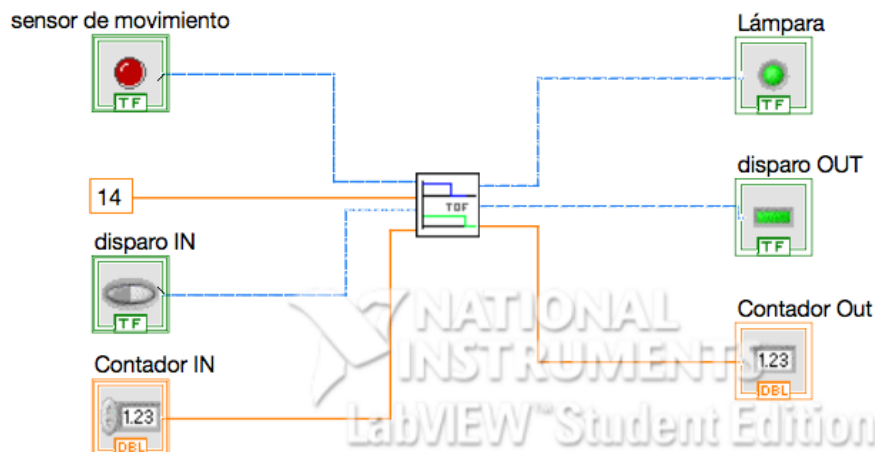
Figura 8.4: Panel frontal de *luces_sen_mto.vi*.

En el panel frontal de la imagen 8.4 se muestra como interface, un aseo cualquiera con los sensores y actuadores que controla el PLC marcados en el mismo. Situando el sensor de movimiento en el techo del aseo, ya que el sensor de presencia elegido y descrito en el capítulo anterior, debe colocarse en el mismo [15].

A la derecha de la imagen de la estancia, tenemos una serie de controles e indicadores que son internos al programa y que no tienen relación ni acción directa con ningún elemento físico de la domotización.

Diagrama de bloques:

En el diagrama de bloque podemos ver como la programación es muy sencilla. Cuando se detecta presencia, la iluminación a controlar se activa y cuando el detector de presencia deja de detectar la presencia, la iluminación se mantiene encendida un periodo de tiempo. Esto es programado simplemente con el subVi *temporizadorTOF.vi* (capítulo 4). Adelantándonos al funcionamiento del PLC, el tiempo de ciclo del mismo es de 500ms, por lo que la lámpara de la estancia permanecerá encendida una vez detectado la ausencia de presencia durante 14 ciclos, o lo que es lo mismo, 7 segundos.



8.3. Control de la iluminación en función de la presencia y la iluminación natural.

Con este subVI realizamos el control de la iluminación en función de la presencia en zonas en las que tenemos luz natural. El funcionamiento es el mismo que el sistema de control del apartado anterior, lo único que cambia es que en el caso de haber luz natural en la instancia no se activarán las lámparas, aunque se detecte la presencia de los usuarios.

A continuación, se verá como introduciendo el factor de la luz natural en el sistema la programación se complica.

Nombre y conectores:

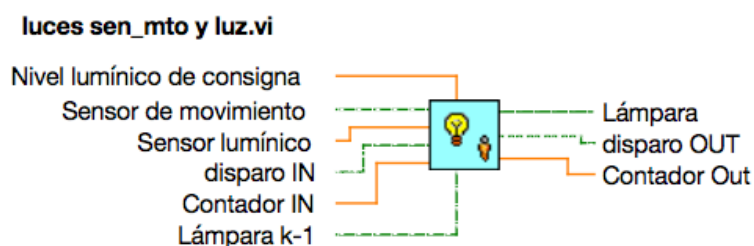


Figura 8.5: Icono y conectores de *luces_sen_mto_y_luz.vi*.

El subVi se denomina *luces sen_mto y luz.vi* y dispone de seis controladores y tres indicadores, como se muestra en la figura 8.5. De los cuales solamente tres de ellos van asociados a un sensor o actuador del PLC: *Sensor de movimiento*, *Sensor lumínico* y *Lámpara*.

- Nivel lumínico de consigna: Con este control indicamos el valor de luminosidad que consideramos umbral para encender y apagar las luces. Este umbral es una variable del programa, que no se podrá modificar mediante ningún elemento físico. Sólomente se podrá cambiar si se modificara el programa del PLC. El control es tipo DBL para poder una precisión centesimal del valor.
- Sensor de movimiento: éste control booleano es el que está asociado a sensor de presencia instalado en la estancia. Cuando tenga valor TRUE, significa que se ha detectado movimiento y lo contrario cuando su valor sea FALSE.
- Sensor lumínico: Es el control numérico de representación DBL que está asociado con la tensión que entrega el sensor de luminosidad conectado al PLC.
- Disparo IN: Es un control que utiliza el programa internamente para obtener información del estado del programa en el ciclo anterior. Este control proviene del subVI *temporizadorTOF.vi* explicado en el capítulo 4.
- Contador IN: Es un control que utiliza el programa internamente para obtener información del estado del programa en el ciclo anterior. Este control proviene del subVI *temporizadorTOF.vi* explicado en el capítulo 4.
- Lámpara K-1: Es un control booleano propio del programa, que nos indica el estado de la lámpara en el ciclo anterior al que se acontece.
- Lámpara: Es el indicador booleano asociado a la lámpara real a controlar.
- Disparo OUT: Es un indicador que utiliza el programa internamente para guardar la información del estado del programa del ciclo y transmitirla al siguiente ciclo. Este control proviene del subVI *temporizadorTOF.vi* explicado en el capítulo 4.
- Contador Out: Es un indicador que utiliza el programa internamente para guardar la información del estado del programa del ciclo y transmitirla al siguiente ciclo. Este control proviene del subVI *temporizadorTOF.vi* explicado en el capítulo 4.

Panel frontal:

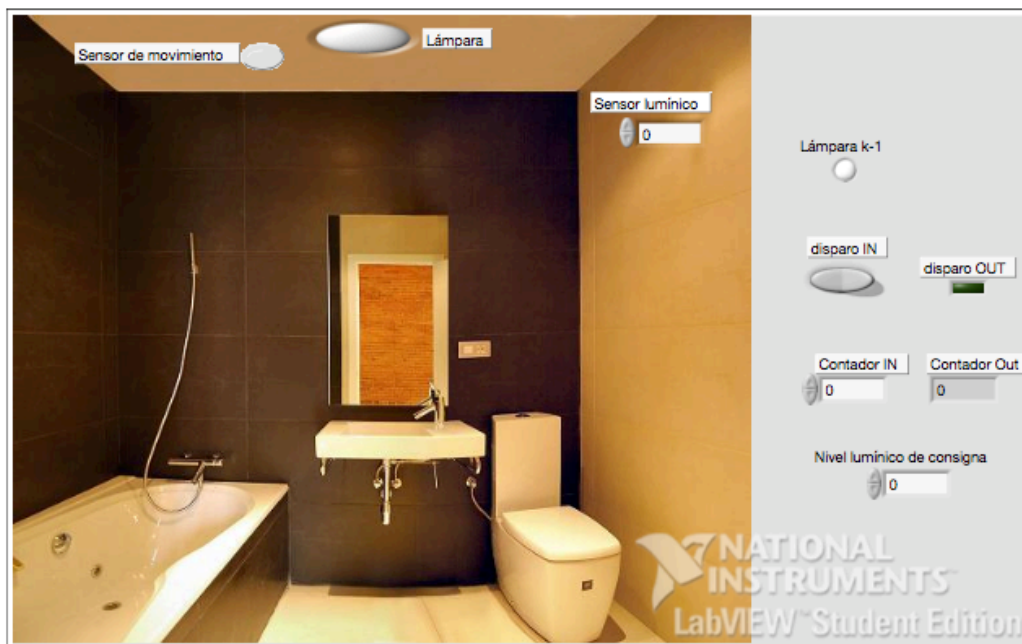


Figura 8.6: Panel frontal de *luces_sen_mto_y_luz.vi*.

Al igual que en el sistema de control de iluminación explicado en el apartado 2, el panel frontal, que se ve en la figura 8.6, dispone de una imagen de un aseo cualquiera donde aparecen los elementos físicos de la domotización. A la derecha se muestra el estado de los indicadores y controladores internos del programa, y sin relación directa con ningún elemento físico del sistema.

Tanto el sensor de movimiento, como el sensor lumínico se encuentran situados en el lugar aproximado donde se colocarían en la instancia real en función del dispositivo elegido [11].

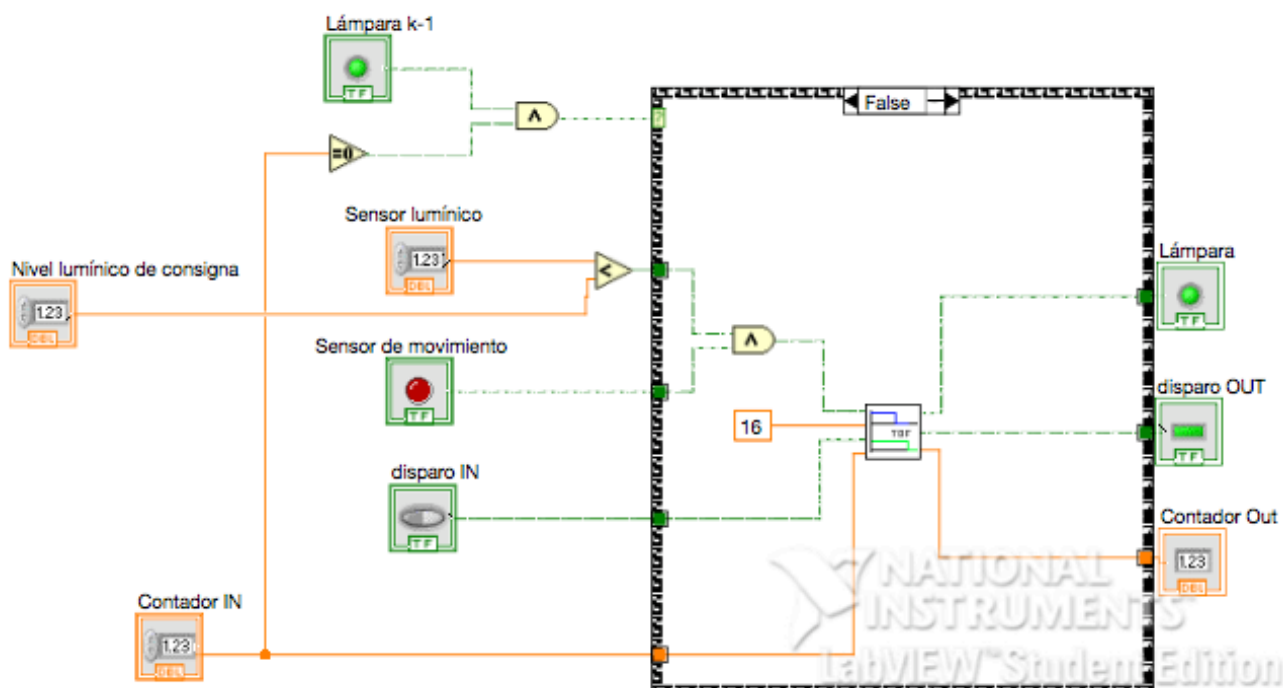
Diagrama de bloques:

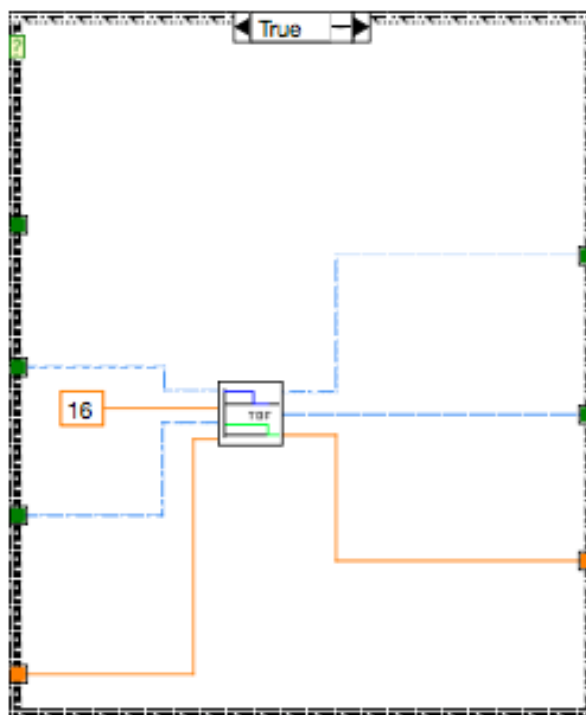
El funcionamiento que buscamos es el mismo que el del programa explicado en el apartado anterior, sólo que tenemos en cuenta si el sensor capta luz ambiental o no. Para ello, el programa debe discernir si la señal que indica que hay luz en la estancia, proporcionada por sensor, es debido a la luz natural o a la artificial porque ya se ha encendido la lámpara.

El bucle que se muestra en la imagen de la programación es el encargado de discernir lo anteriormente explicado. Cuando la lámpara ha estado activa

en el ciclo anterior, el ciclo sabe que la señal (de que esta la estancia iluminada) se debe a la lámpara y no a la luz natural.

Como el sensor seleccionado (capítulo 5) es analógico y nos entrega un valor entre 0 y 10v, convertimos, dentro del programa, esta señal a booleana mediante un comparador lógico. De esta forma será true o false la señal en función de si la iluminación es superior o inferior a la marcada en el umbral que hemos elegido.





8.4. Control de temperatura

Con el subprograma explicado a continuación, controlamos el momento en el que la caldera de la vivienda se activa. Es decir, cuándo debe ponerse en marcha la caldera mediante una electroválvula, ésta será el actuador de nuestro sistema.

El sub.VI *accionamiento_calefaccion.vi* controla la apertura y cierre de la electroválvula a partir de una temperatura deseada, de esta forma este subprograma sólo controla un modo de funcionamiento de una electroválvula. Por lo que el programa final que controla la temperatura de la casa con dos modos distintos, será otro que contiene este que se describe a continuación [11].

Nombre y conectores:



Figura 8.7: Icono y conectores de *accionamiento_calefaccion.vi*.

El subVI (figura 8.7) tiene tres controles y un indicador, de los cuales hay uno, Electroválvula K-1, que es una variable propia del programa sin estar asociada a ningún elemento físico. A continuación se describen las entradas y salidas del subVI:

- Termómetro: Este control numérico (DBL) es el indicado para almacenar el valor de la temperatura ambiental de la casa en una escala de 0 a 10 V, donde 0 representa una temperatura igual o menor de 5° y 10V, una temperatura de 35°. La temperatura y la tensión varían con una relación linealmente proporcional, estando este indicador asociado al valor de tensión proporcionado por el termómetro.
- Consigna: es un control numérico de precisión DBL encargado de almacenar el valor de temperatura deseado por el usuario. Éste está asociado al potenciómetro que manipulará el usuario para establecer su confort térmico.
- Electroválvula K-1: con este controlador booleano obtenemos el estado de la electroválvula en el ciclo anterior del PLC. Como se ha dicho antes, es una variable interna del programa.
- Electroválvula: es el indicador booleano asociado a la electroválvula física. Tendrá valor TRUE cuando la electroválvula esté abierta, dejando el paso de agua y FALSE cuando se encuentre cerrada. En el PLC real, la electroválvula sería accionada por un relé que bien, o está incluido en el propio autómatas, o estará instalado a una de las salidas digitales del mismo.

Panel frontal:

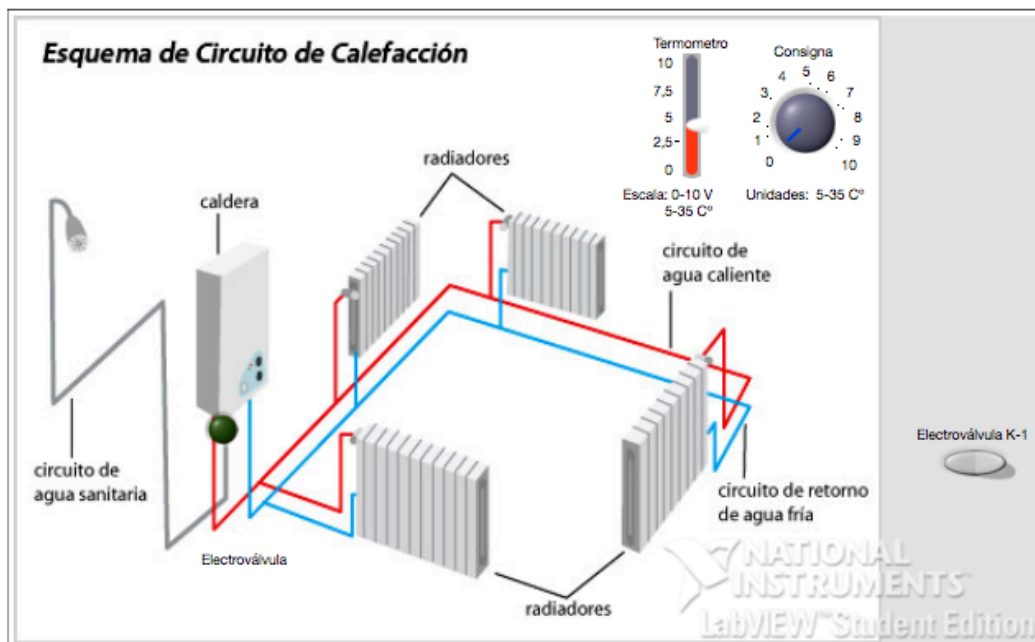
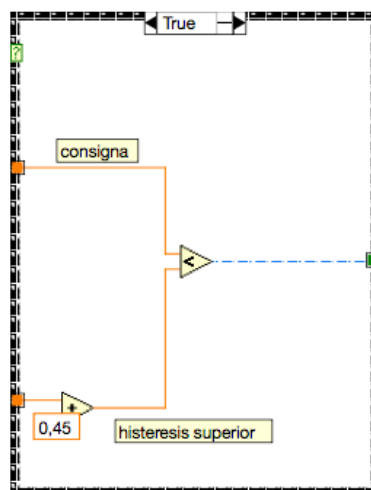
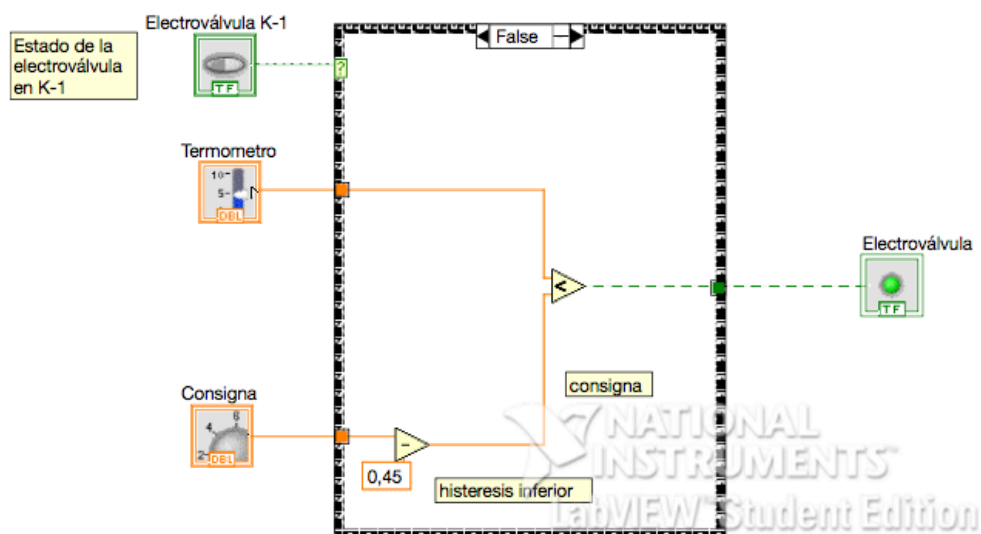


Figura 8.8: Panel frontal de *accionamiento_calefaccion.vi*.

En el panel frontal que se muestra en la imagen superior (figura 8.8), podemos observar un circuito de calefacción cualquiera, en el se ha señalado la electroválvula y mostrado el potenciómetro y el termómetro que nos permiten regular la actuación de la caldera, para obtener la temperatura ambiente de la vivienda que desee el usuario.

Diagrama de bloques:

Como se ve en la programación mostrada abajo, el programa entra en un bucle case dependiendo del estado de la electroválvula en el estado anterior. Esto es debido a que se le ha aplicado una histéresis al sensor de temperatura para evitar la conexión y desconexión de la caldera, cuando la temperatura ronda el valor marcado en la consigna. De esta manera, la caldera se activará cuando la temperatura sea menor que el valor de la histéresis inferior, hasta que la temperatura sea igual al valor de la histéresis superior. La caldera no volverá a activarse hasta que la temperatura baje hasta el valor inferior de la histéresis [28].



8.5. Sistema de control global de la temperatura de la vivienda

Con esta función denominada *calefacción.vi* se controla el funcionamiento de los circuitos de la casa. Esto se logra utilizando los subVI explicados en el punto 4 de éste capítulo. El PLC controla el momento en el que la electroválvula se acciona, dejando el paso de agua caliente por los circuitos de calefacción [11].

Como hemos explicado en el capítulo anterior, hay dos modos de operación y dos circuitos de calefacción.

Nombre y conectores:

calefaccion.vi

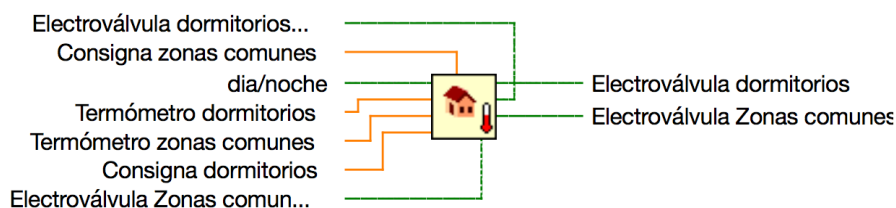


Figura 8.9: Icono y conectores de *calefacción.vi*.

Como vemos en el diagrama de conectores del subVI de la figura 8.9, tenemos gran cantidad de entradas, ya que tenemos cuatro controles de temperatura, uno por circuito y por modo. A continuación se explica la función de cada conector.

- Electroválvula dormitorios k-1: es el control que nos indica el estado de la electroválvula del circuito de los dormitorios en el ciclo anterior. Es de tipo booleano y hace la función de “flag”, siendo un conector interno del programa del PLC. Por lo que no está asociado a ninguna entrada ni salida del mismo.
- Consigna zonas comunes: es un control numérico de precisión DBL encargado de almacenar el valor de temperatura deseado por el usuario en la zona comunes de la vivienda. Éste está asociado al potenciómetro, situado en el salón, que manipulará el usuario para establecer su confort térmico.
- Dia/noche: Con este control de tipo booleano, se selecciona el modo de la caldera según decida el usuario. Está asociado a un interruptor situado en la cocina de la vivienda.
- Termómetro dormitorios: Este control numérico (DBL) tiene como misión almacenar el valor de la temperatura ambiental de los dormitorios en una escala de 0 a 10 V, dónde 0 representa una temperatura igual o menor de 5° y 10V una temperatura de 35°. La temperatura y la tensión varían con una relación linealmente proporcional, estando este indicador asociado al valor de tensión proporcionado por el termómetro.
- Termómetros zonas comunes: Este control numérico (DBL) se ocupa de almacenar el valor de la temperatura ambiental de las zonas comunes, en una escala de 0 a 10 V, dónde 0 representa una temperatura igual o menor de 5° y 10V una temperatura de 35°. La temperatura y la tensión varían con una relación linealmente proporcional, estando este

indicador asociado al valor de tensión proporcionado por el termómetro.

- Consigna dormitorios: es un control numérico de precisión DBL encargado de almacenar el valor de temperatura deseado por el usuario en los dormitorios de la vivienda. Éste está asociado al potenciómetro, situado a la altura central del pasillo, que manipulará el usuario para establecer su confort térmico.
- Electroválvula zonas comunes k-1: es el control que nos indica el estado de la electroválvula del circuito de las zonas comunes en el ciclo anterior. Es de tipo booleano y hace la función de “flag”, siendo un conector interno del programa del PLC, por lo que no está asociado a ninguna entrada ni salida del mismo.
- Electroválvula dormitorios: es el indicador booleano asociado a la electroválvula física del circuito de agua caliente de los dormitorios. Tendrá valor TRUE cuando la electroválvula esté abierta, dejando el paso de agua y FALSE cuando se encuentre cerrada. En el PLC real la electroválvula sería accionada por un relé que bien , o está incluido en el propio autómatas, o estará instalado a una de las salidas digitales del mismo.
- Electroválvula Zonas comunes: es el indicador booleano asociado a la electroválvula física del circuito de agua caliente de las zonas comunes. Tendrá valor TRUE cuando la electroválvula esté abierta, dejando el paso de agua y FALSE cuando se encuentre cerrada. En el PLC real la electroválvula sería accionada por un relé que bien , o está incluido en el propio autómatas, o estará instalado a una de las salidas digitales del mismo.

Panel frontal:

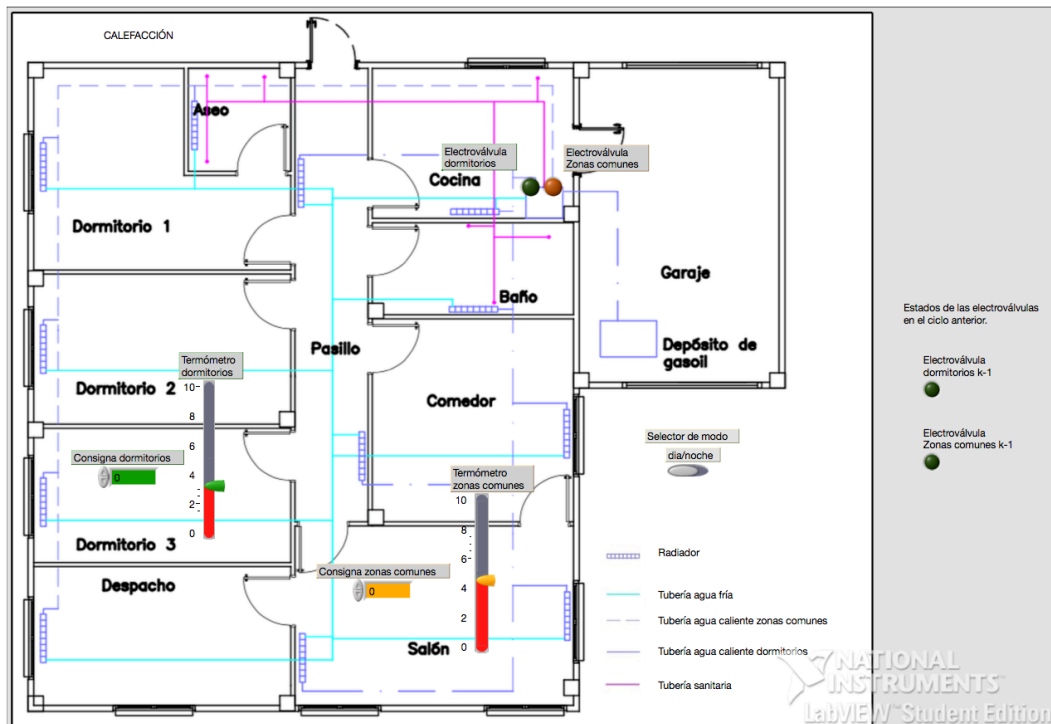


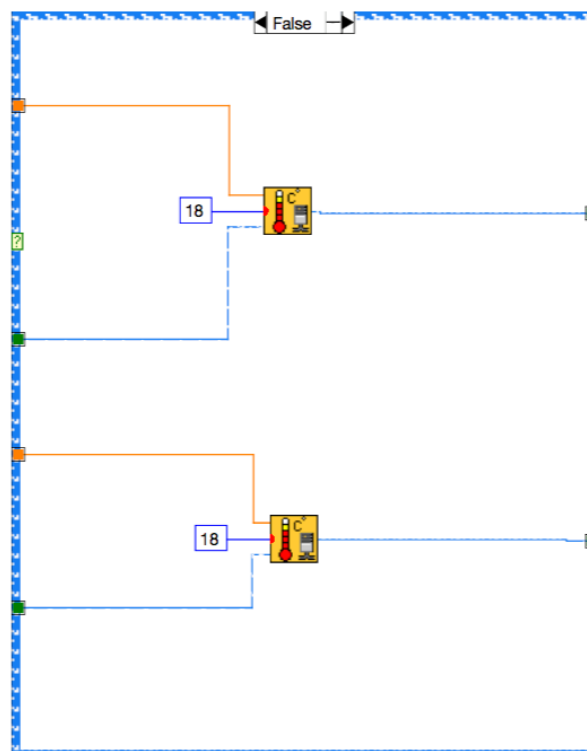
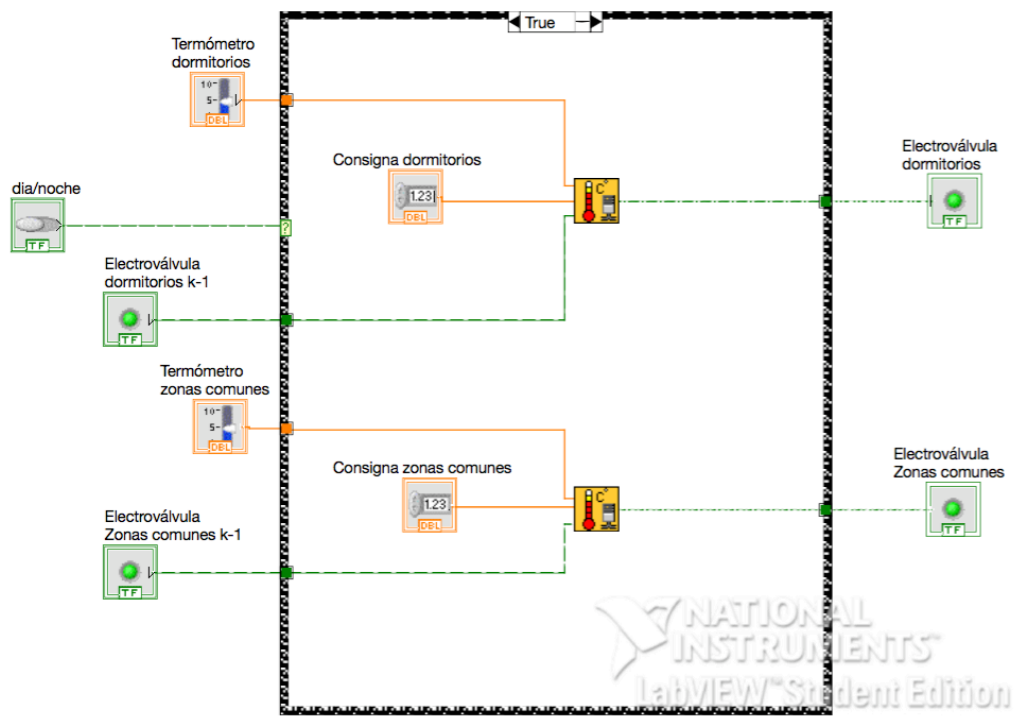
Figura 8.10: Panel frontal de *control_luminosidad.vi*.

El panel frontal (figura 8.10) diseñado para esta aplicación, muestra la el plano de los circuitos de calefacción de la planta de la vivienda. El circuito azul es el que contiene el agua que ya ha pasado por los radiadores. Las líneas moradas muestran el agua caliente que entra en los radiadores. Dentro de las líneas de color morado podemos distinguir dos tipos de trazado, el trazado con menor discontinuidad es el de los dormitorios, el trazado con mayor separación entre líneas es el del circuito de las zonas comunes. Para mayor detalle de dicho plano se puede consultar en el “Anexo I: Planos”, plano nº 3: “Sistema de calefacción”.

Sobre el plano anterior descrito se muestran las consignas, en formato numérico; los termómetros, en un formato de barra que alberga el rango de temperaturas admisible; las electroválvulas, con señalización lumínica booleana y el modo de la calefacción, como interruptor.

Los controladores que se muestran en a la derecha del plano son los utilizados de manera interna por el programa.

Diagrama de bloques:



8.6. Control de persianas

Como se explicó en el capítulo 5, las persianas tendrán un funcionamiento muy sencillo y básico. Se abrirán y cerrarán, todas las que tiene la vivienda, a la hora deseada por el usuario. Para ello, el programa enviará una señal a los motores de las persiana para que giren en el sentido adecuado durante el periodo de tiempo que se estima que tarda en subir o bajar la persiana de mayor tamaño. Aunque la señal de los motores que manda activar, esté activa cuando se ha finalizado el recorrido completo de la persiana, no importa. El PLC manda una señal de mando, de poca potencia, al sistema de persiana; si los finales de carrera correspondientes de la ventana detectan el final de recorrido, el motor parará aunque la señal del PLC indique lo contrario. La señal emitida por el PLC seguirá activa, pero debido a su pequeña potencia no supone ningún riesgo ni mal comportamiento [12].

Nombre y conectores:

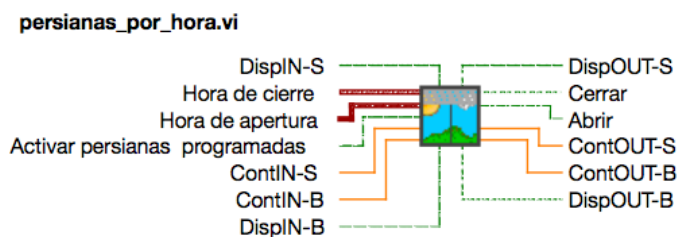


Figura 8.11: Icono y conectores de *persianas_por_hora.vi*.

Este subVI se conecta al programa principal a partir de siete controladores y seis indicadores, como se muestra en la figura 8.11. Tal cantidad de conectores se debe a que contiene dos subVI “temporizador_TOF”, uno para contabilizar el tiempo de subida de las persiana y otro, para contabilizar el tiempo de bajada. A continuación se enumeran y describen los conectores:

- Hora de cierre: Es la hora que la que deseamos que se bajen las persianas de la vivienda. Este valor se modifica mediante un ordenador conectado al controlador. Por defecto, la hora que se introduzca será a la que se bajen las persianas todos los días si el control “Activar persianas programadas” está activado.
- Hora de apertura: Es la hora que la que deseamos que se suban las persianas de la vivienda. Este valor se modifica mediante un ordenador conectado al controlador. Por defecto, la hora que se introduzca será a la que se suban las persianas todos los días si el control “Activar persianas programadas” está activado.

- Activar persianas programadas: es un control booleano que va a asociado a un interruptor con el que el usuario determina si quiere las persianas controladas por el PLC o de manera manual. Cuando este control tiene valor “TRUE”, se activa el programa de las persianas, mientras que cuando tiene el valor “FALSE” las persianas se manejaran de modo manual.
- Cerrar: es el indicador de que los motores de las persianas giran en el sentido de cierre.
- Abrir: es el indicador de que los motores de las persianas giran en el sentido de apertura.
- El resto de conectores son los utilizados por el temporizador para su funcionamiento. Los xxx-B son los asociados a la temporización de la bajada de las persianas, mientras que los xxx-S son las variables internas del subVI encargado de la temporización de la subida de las mismas.

Panel frontal:

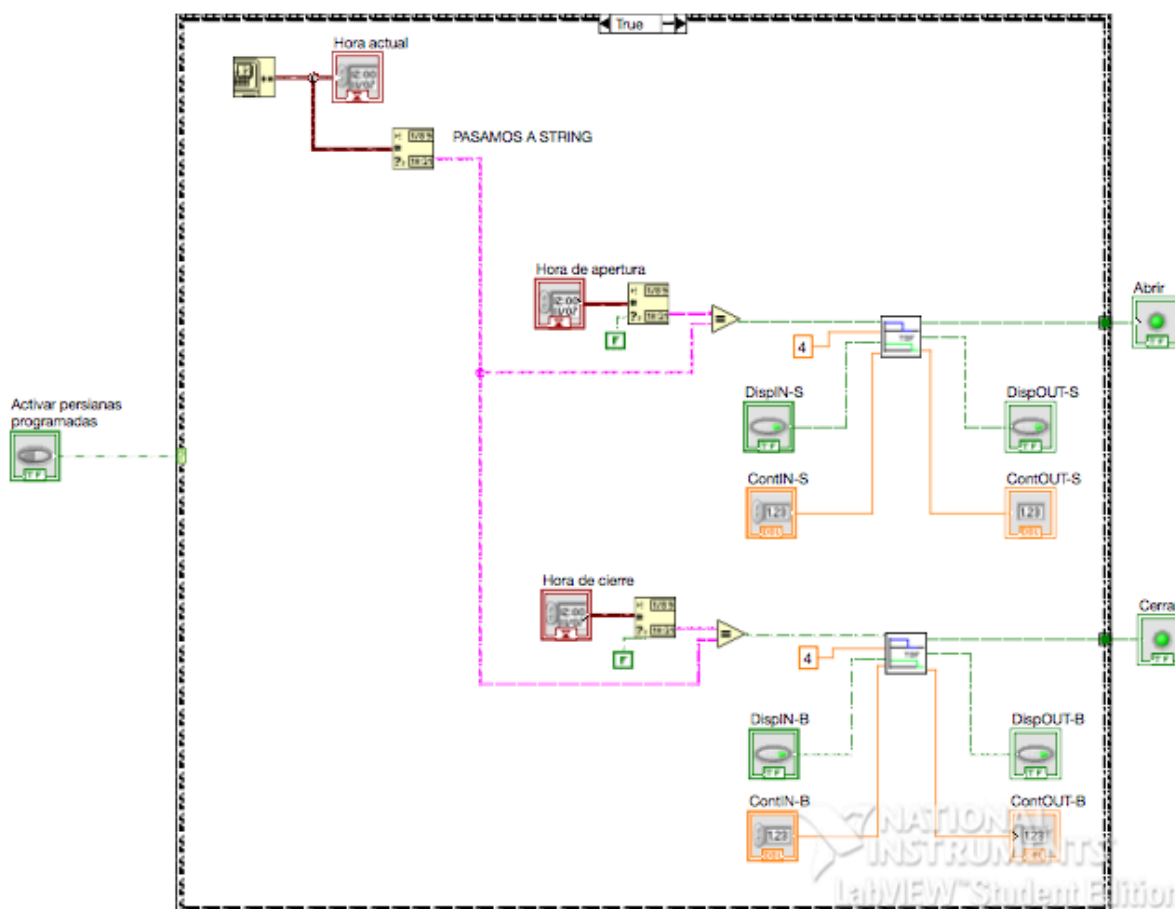


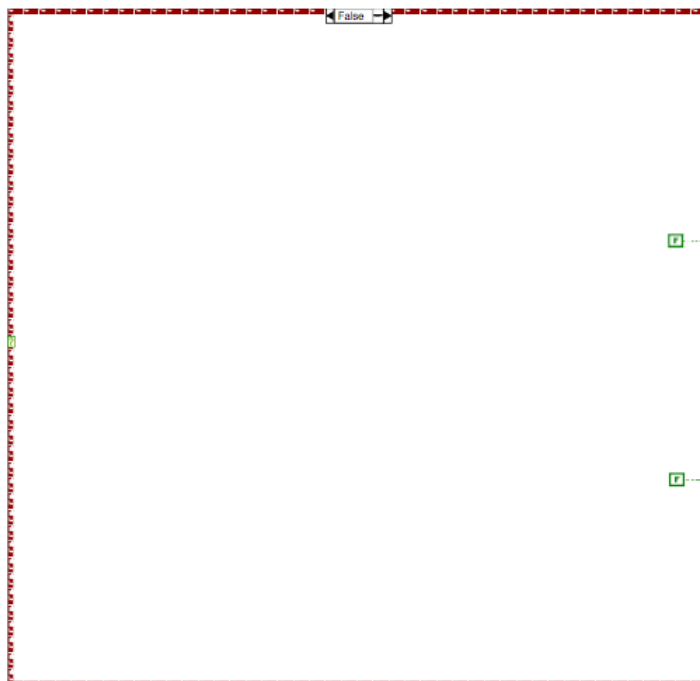
Figura 8.12: Panel frontal de calefacción.vi.

En el panel frontal vemos una persiana con los indicadores de apertura y cierre de las mismas. Además en la parte izquierda tenemos las horas programadas de funcionamiento de las persianas, la hora actual y el interruptor que activa y desactiva el programa.

En la parte inferior, se encuentran los controles e indicadores internos utilizan los subVi de los temporizadores.

Diagrama de bloques:





En el diagrama de bloques vemos como utilizamos las hora de ordenador para saber cuando quiere el usuario que suban y bajen las persianas. Tras obtener la hora del ordenador, la pasamos a String para poder compararla con la hora introducida por el usuario. Cuando la comparación tenga el valor true, actuará un temporizador a la desconexión que mantendrá la señal de salida correspondiente activa. Se mantendrá activa un tiempo algo superior al que tarda las persianas más grande en subir o bajar.

8.7. Control del toldo

El subVI que controla el toldo de la vivienda tiene el nombre de *Toldo.vi*. El toldo funciona dependiendo de la luz natural recibida y de la velocidad del viento. Siempre que no se exceda la velocidad del viento que puede soportar el toldo y la luz recibida sea mayor que la consigna, el toldo será desplegado. En cualquier otra situación meteorológica, el toldo se mantendrá plegado [12].

Nombre y conectores:

toldo.vi

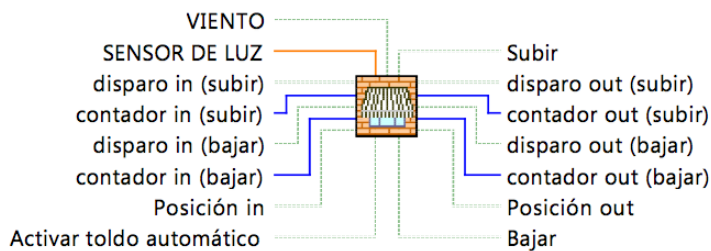


Figura 8.13: Icono y conectores de *toldo.vi*

En la figura 8.13 vemos el icono y los conectores del subVI *TOLDO.vi*. Tiene ocho controles y siete indicadores de los cuales, todos son booleanos menos “SENSOR DE LUZ” y los distintos contadores, que son de tipo numérico. A continuación se explican para que son cada conector:

- **SENSOR DE LUZ:** control numérico (DBL) asociado al sensor crepuscular exterior de la vivienda. Su rango de valores va de 0 a 10, al igual que el sensor entrega una señal de 0 a 10V. Con los valores de 0 a 10 almacenamos en ese control la intensidad lumínica ambiental que hay.
- **Activar toldo automático:** este control booleano va asociado a un interruptor situado en el garaje que conecta y desconecta el sistema de control del toldo. De esta forma, para que el toldo se pliegue o despliegue en función de la luz y el viento, este control tiene que tener valor “TRUE”.
- **VIENTO:** es el control booleano asociado al sensor de viento situado en la fachada de la vivienda. Cuando tenga el valor TRUE significa que la velocidad del viento es mayor de la velocidad a la que se ha regulado el sensor.
- **disparo in (subir):** control booleano que actúa como variable interna del programa. Ésta se emplea en el subVI *monoestable.vi*, programa encargado de mantener la señal de subida activa el número de ciclos indicados. Contiene información del ciclo de operación anterior al que acontece.
- **disparo in (bajar):** control booleano que actúa como variable interna del programa. Ésta se emplea en el subVI *monoestable.vi*, programa encargado de mantener la señal de bajada activa el número de ciclos indicados. Contiene información del ciclo de operación anterior al que acontece.

- contador in (subir): control numérico, con representación U32, que actúa como variable interna del programa. Ésta se emplea en el subVI *monoestable.vi*, programa encargado de mantener la señal de subida activa el número de ciclos indicados. Contiene información del ciclo de operación anterior al que acontece.
- contador in (bajar): control numérico, con representación U32, que actúa como variable interna del programa. Ésta se emplea en el subVI *monoestable.vi*, programa encargado de mantener la señal de bajada activa el número de ciclos indicados. Contiene información del ciclo de operación anterior al que acontece.
- Posición in: control booleano que actúa como variable interna del programa. Ésta se emplea para que el programa conozca la posición del toldo en el ciclo anterior del PLC. Si su valor es 1, implica que el toldo se encuentra abajo completamente. En caso contrario se encuentra arriba o desplazándose en cualquiera de ambos sentidos. Contiene información del ciclo de operación anterior al que acontece.
- Bajar: indicador booleano asociado a que el motor del toldo gire en el sentido en el que el toldo se baja o despliega. Cuando su valor es TRUE, el toldo se desplegará o bajará. Contiene información del ciclo de operación anterior al que acontece.
- Subir: indicador booleano asociado a que el motor del toldo gire en el sentido en el que éste se sube o se pliega. Cuando su valor es TRUE, el toldo se plegará o subirá.
- disparo out (subir): control booleano que actúa como variable interna del programa. Ésta se emplea en el subVI *monoestable.vi*, programa encargado de mantener la señal de subida activa el número de ciclos indicados. Contiene la información necesaria para la correcta ejecución el siguiente ciclo de operación.
- disparo out (bajar): control booleano que actúa como variable interna del programa. Ésta se emplea en el subVI *monoestable.vi*, programa encargado de mantener la señal de bajada activa el número de ciclos indicados. Contiene la información necesaria para la correcta ejecución el siguiente ciclo de operación.
- contador out (subir): control numérico, con representación U32, que actúa como variable interna del programa. Ésta se emplea en el subVI *monoestable.vi*, programa encargado de mantener la señal de subida activa el número de ciclos indicados. Contiene la información necesaria para la correcta ejecución el siguiente ciclo de operación.

- contador out (bajar): control numérico, con representación U32, que actúa como variable interna del programa. Ésta se emplea en el subVI *monoestable.vi*, programa encargado de mantener la señal de bajada activa el número de ciclos indicados. Contiene la información necesaria para la correcta ejecución el siguiente ciclo de operación.
- Posición out: control booleano que actúa como variable interna del programa. Ésta se emplea para que el programa actúe, en el ciclo siguiente, en función de la posición del toldo. Si su valor es 1, implica que el toldo se encuentra abajo completamente. En caso contrario se encuentra arriba o desplazándose en cualquiera de ambos sentidos.

Panel frontal:

En el panel frontal (figura 8.14) se muestra una fachada cualquiera con un toldo instalado. En la parte superior se instalan los sensores de luz y viento para que el toldo no interceda en la captación de los datos [15].



Figura 8.14: Panel frontal de *toldo.vi*.

Diagrama de bloques:

Cuando haya una gran intensidad lumínica y el viento no supere los valores nominales que soporta la estructura del toldo, el motor éste comenzará a girar en el sentido en el que se despliega el mismo. Se dará la señal de bajada del toldo durante un tiempo ligeramente superior al que se calcula que tarda el toldo en terminar la acción.

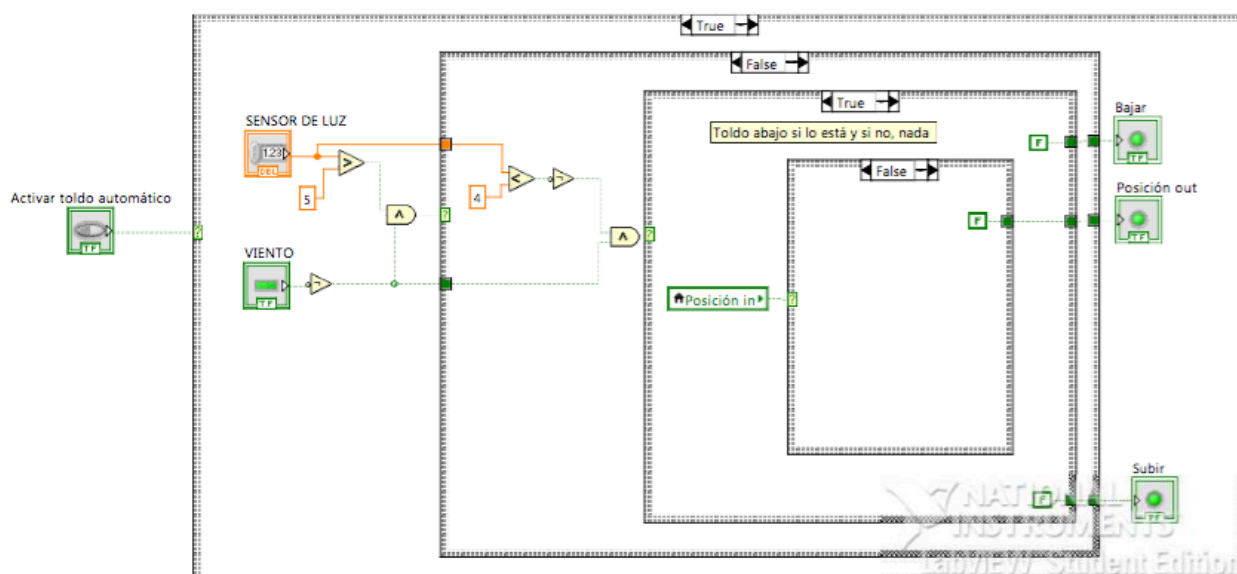
De la misma forma, el toldo se plegará cuando la intensidad lumínica sea insuficiente o cuando la velocidad del viento supere los valores máximos. Para que no se produzcan acciones indeseadas producidas por cambios momentáneos de cantidad lumínica, el programa introduce una histéresis al sensor lumínico. Así, tenemos un rango de valores en los cuales el toldo permanece inmóvil.

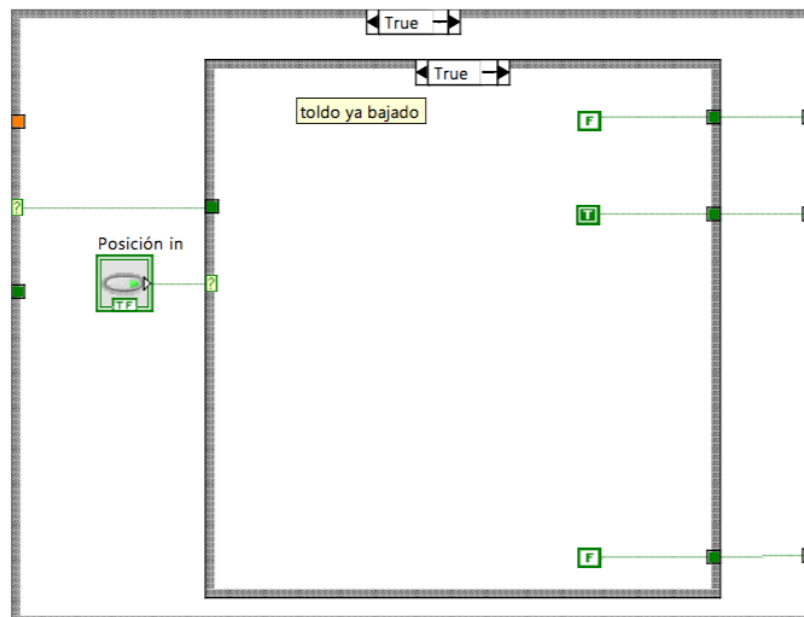
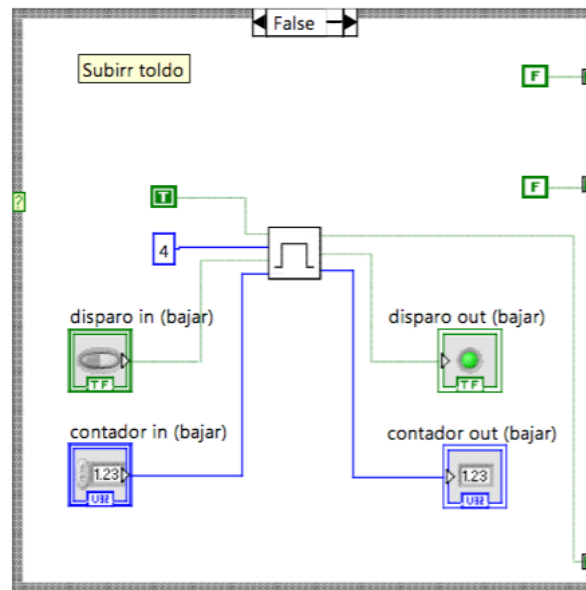
En cuanto al sensor de viento, éste ya dispone de histéresis, por lo que no requiere de su programación.

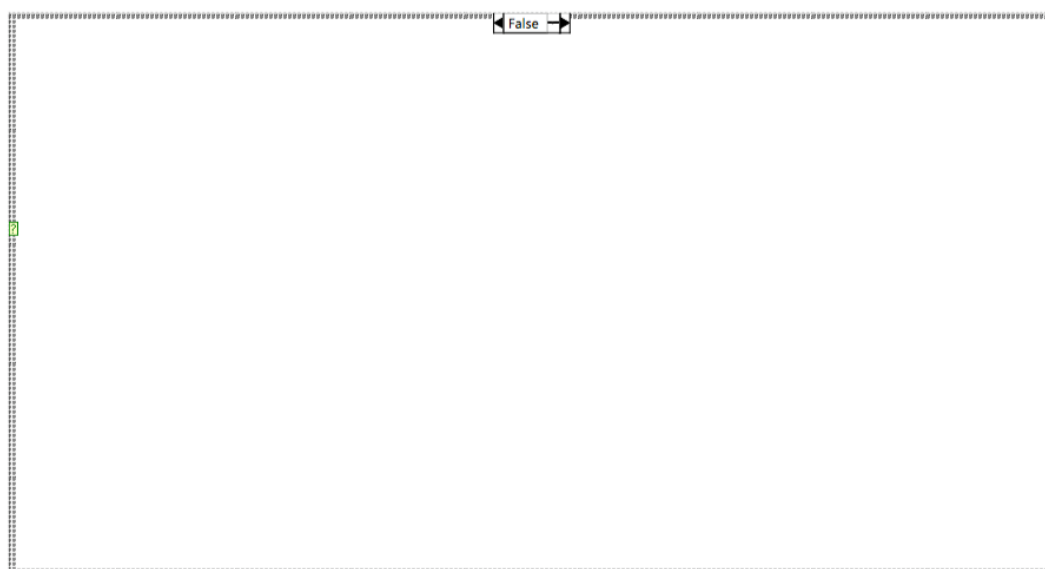
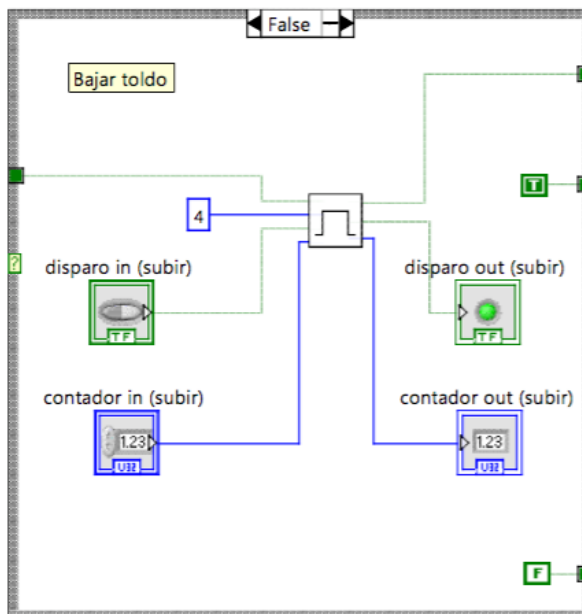
Si por alguna circunstancia el toldo estuviera subiendo o bajando, y se requiriera de realizar la acción contraria, el programa desconecta un sentido de giro para dar paso al contrario. Con dicha acción alargamos la vida útil del toldo.

El toldo sólo tendrá dicho comportamiento cuando el usuario active el interruptor que selecciona el modo automático del todo. En el momento que se active el modo automático, el toldo procederá a plegarse o desplegarse de manera total, sea cual sea la posición inicial del mismo. A la hora de desactivar dicho modo, el toldo permanecerá en la última posición en la que se colocara.

A continuación se muestra la programación del diagrama de bloques [28]:







8.8. Control de riego

El riego se controla a través del subVI tiene el nombre de *Riego.vi*. Su funcionamiento es el mismo que el de las persianas, el usuario introduce la hora de riego deseada, y el PLC mandaría una señal para activar la electroválvula encargada del riego. Además el usuario debe introducir también el tiempo que durará el riego.

Nombre y conectores:

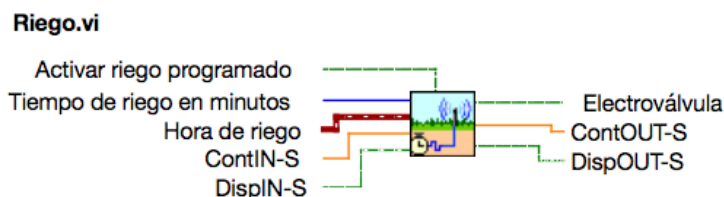


Figura 8.15: Icono y conectores de *Riego.vi*.

Como se ve en la imagen 8.15, tenemos siete conectores de los cuales, cinco son controles y tres indicadores. Al igual que en programas anteriores, aparecen conectores propios del programa, debidos al temporizador. Estos son: ContIN-S, DispIN-S, ContOUT-S y DispOUT-S. No se explicarán a continuación ya que se encuentran descritos en subVI anteriores.

- Activar riego programado: es un controlador booleano asociado a un interruptor colocado en la fachada de la vivienda. Una vez activado, el riego será controlado por el PLC, de lo contrario estará desactivado y funcionará de la manera tradicional.
- Tiempo en minutos: control numérico en el que el usuario introduce el tiempo (en minutos) que estará el riego activo. Este valor se introducirá en el PLC mediante un PC conectado al mismo.
- Hora de riego: control en que se guarda la hora de riego diaria deseada por el usuario. El “tiempo en minutos” se introducirá mediante un PC con el software de programación del PLC.
- Electroválvula: es el indicador booleano asociado a la electroválvula física. Tendrá valor TRUE cuando la electroválvula esté abierta, dejando el paso de agua y FALSE cuando se encuentre cerrada. En el PLC real, la electroválvula sería accionada por un relé que bien, o está incluido en el propio autómatas, o estará instalado a una de las salidas digitales del mismo.

Panel frontal:

En el panel frontal se muestra un sistema de riego convencional activado mediante una electroválvula. En la parte superior de este esquema, se encuentra el panel donde se introducen la hora y tiempo de riego. Además, se muestra la hora en cada momento y el interruptor para la activación del riego automatizado. Este interruptor también cumple la función de paro de emergencia cuando el riego está activado.

En la parte inferior del panel, de la figura 8.16, están colocados los controles e indicadores que necesita el temporizador para su funcionamiento.

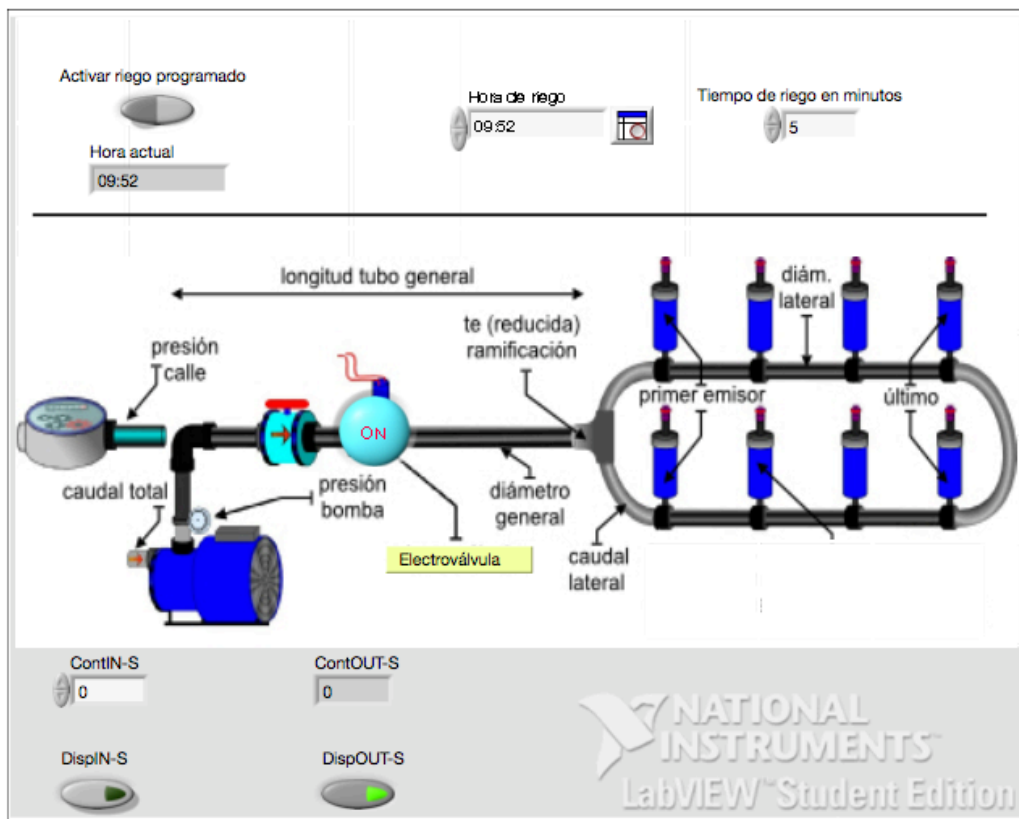
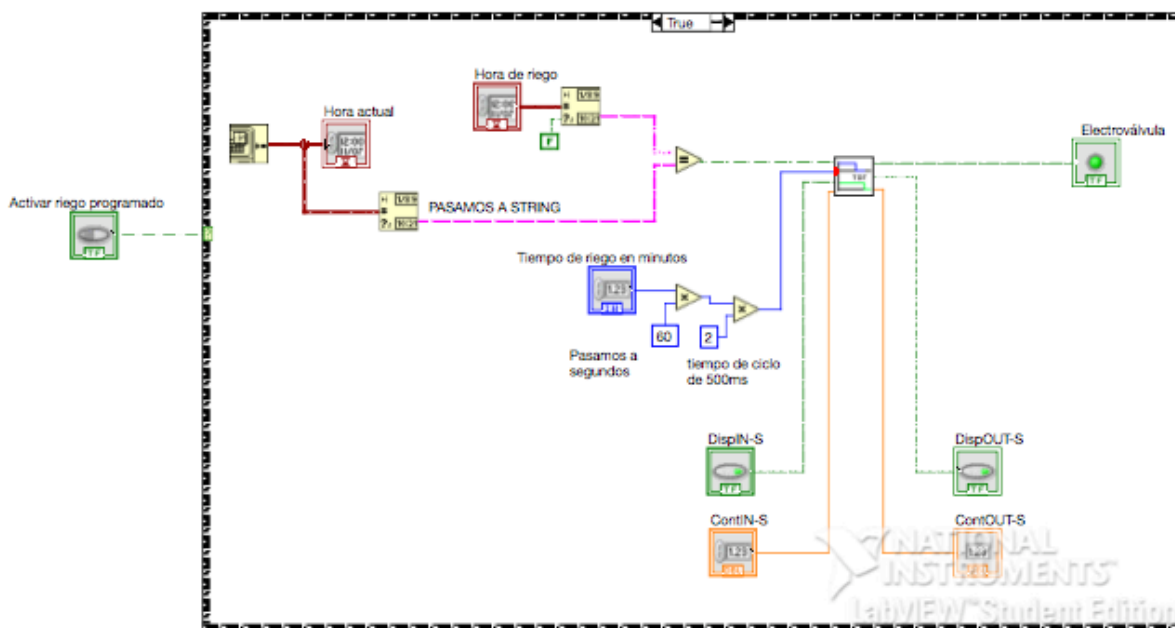
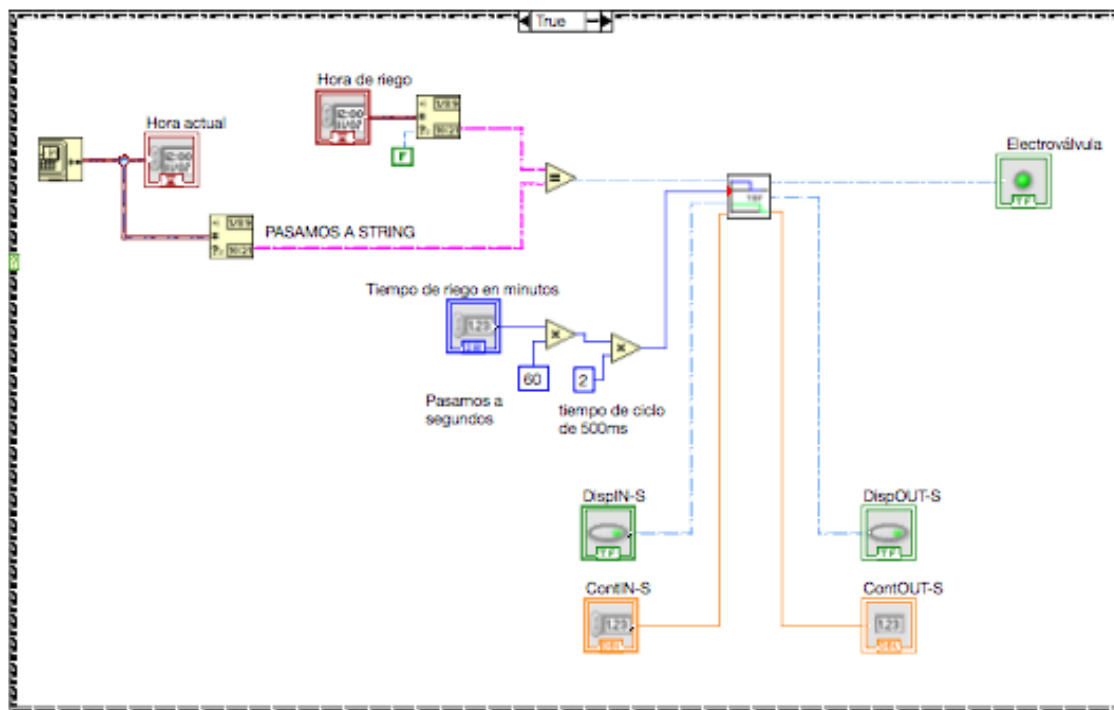


Figura 8.16: Panel frontal de Riego.vi.

Diagrama de bloques:





La programación es muy similar a la del control de las persianas. Transformamos la hora extraída del PC y la introducida por el usuario y las comparamos para se ejecute el temporizador. El interruptor “Activar riego

programado” ejerce tanto de selector de modo (manual o automatizado) como de parada de emergencia durante el riego.

8.9. Programación final del PLC.

El próximo programa es el principal, por lo que no se le ha diseñado un icono asociado a conectores.

Debido a su tamaño, se muestra en el “Anexo III: Programas principales” su panel de control y su diagrama de bloques en tamaño A-3.

El panel de control tiene un formato sobrio y simple, de esta forma se visualiza de una manera más clara el contenido. Se ha optado por esta opción por el alto contenido de entradas y salidas que contiene el programa.

En dicho panel se han distribuido las entradas y salidas en clusters dependiendo de su tipología: entradas analógicas, entradas digitales, salidas analógicas y salidas digitales. Más abajo se encuentran los controles necesarios para fijar las horas de manipulación de las persianas y del riego.

Los dos clusters situados en la parte inferior del panel, que contienen los indicadores y controles internos del propio PLC, no requieren de ningún tipo de manipulación por parte del usuario. Son variables internas (que hemos ido señalando en los capítulos anteriores) que toman valores en función del estado de las entradas o salidas del ciclo anterior.

En el diagrama de bloques se observan a primera vista, las tres fases del ciclo de operación del autómatas, así como su orden. Las funciones domotizadas en la vivienda se pueden observar de una manera muy gráfica en la fase de ejecución del programa, es decir, en la pestaña 1 de la función “case”. Cada función obtiene los valores de entrada de la pestaña 0 del “case” en la cuál, se leen todas las entradas simultáneamente. De la misma manera, la función indica los valores de las salidas mediante la pestaña 2.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- [11] C. Romero Morales, F. J. Vazquez Serrano, and C. De Castro Lozano, *Domótica e inmótica. Viviendas y edificios inteligentes*, 3ª ed. RA-MA Editorial, 2010.
- [12] J. M. Mestre, *Domótica para ingenieros*. Madrid: Paraninfo, 2015.
- [15] Vv.aa., *Manual ilustrado para la instalación domótica : la tecnología entra en casa*. Madrid: Editorial Paraninfo, 2009.
- [28] NI, "LabVIEW." 2014.

9. Demo eléctrica de la domótica de una vivienda

DEMO ELÉCTRICA DE LA DOMOTIZACIÓN DE UNA VIVIENDA

9.1. Justificación de la demo eléctrica.

Como el objetivo del proyecto es el controlar domóticamente una vivienda a través de un PLC, he desarrollado una aplicación física, una maqueta. Está controlada mediante LabVIEW, ejecutado desde un PC. Para comunicar la demo con el PC he utilizado una tarjeta de adquisición de datos (T.A.D.).

Dicha tarjeta de adquisición de datos proporcionará un interfaz física-lógica entre la maqueta y el computador desde el cual ejecutaremos el programa “National Instruments LabVIEW”. Con este software podremos observar y manipular las variables obtenidas por la tarjeta.

La maqueta además nos permitirá observar en tiempo real que efectivamente el sistema domótico funciona correctamente, a través de las diferentes aplicaciones desarrolladas y detalladas en los capítulos anteriores. Esto implicará que la programación, que funciona en un entorno físico a escala, se puede implementar en un sistema físico a escala real.

En los próximos apartados se detallarán los componentes de la demo, además de las funciones y papel que desempeña dentro del sistema respecto al resto de elementos.

9.2. Analogía entre el demo eléctrico y un sistema domótico controlado mediante un autómata lógico programado.

En un primer desglose, sin entrar en detalles, la demo eléctrica tiene tres componentes: el PC, la tarjeta de adquisición de datos y la maqueta. Cada uno de ellos desarrolla una función fundamental, concisa e imprescindible para que la demo cumpla con los objetivos.

La relación que hay entre la demo y un sistema domótico controlado mediante un autómata es la siguiente. El PC desarrolla las funciones que realiza el PLC o controlador del sistema, contiene la lógica programada que rige el comportamiento de la domótica. Además, ejecuta dicha programación de manera cíclica como se ha detallado en capítulos anteriores.

La T.A.D. tiene su análogo con los puertos de entradas y salidas, tanto digitales como analógicas, del PLC. Debido a la tarjeta somos capaces de comunicar la maqueta con el PC y viceversa.

Los sensores y actuadores del sistema son representados por los elementos instalados en la maqueta; y por los cuales, simulamos las situaciones y circunstancias que se pueden dar en el entorno de la domotización de una vivienda.

9.3. PC

El PC ejecutará una aplicación de LabVIEW basada en las explicadas anteriormente, pero adaptada a las necesidades y especificaciones de nuestra demo. Por ello, se ha mantenido la estructura del programa que representaba el funcionamiento del ciclo de trabajo de un PLC, esta programación es la detallada en el capítulo 5. Esto es invariable debido a que, como llevo explicando en toda la memoria, la computadora simula el funcionamiento y ciclo de operación del PLC.

9.4. Programa

La aplicación principal, ejecutará una aplicación de cada una de las desarrolladas en el capítulo 7. De esta forma, solo controlaremos la iluminación mediante el nivel lumínico en una estancia de la vivienda, en vez de controlar todas mencionadas anteriormente. Esta directriz se llevará a cabo con todas las aplicaciones.

Se ha tomado esta metodología debido a que la tarjeta de adquisición de datos, de la cual se detalla en el apartado 4 de este capítulo, tiene un número de entradas y salidas limitado. Necesitaríamos de más entradas y salidas de las que disponemos para realizar la demo eléctrica al completo.

A continuación se muestra el panel frontal de la aplicación que controlará la maqueta [28]:

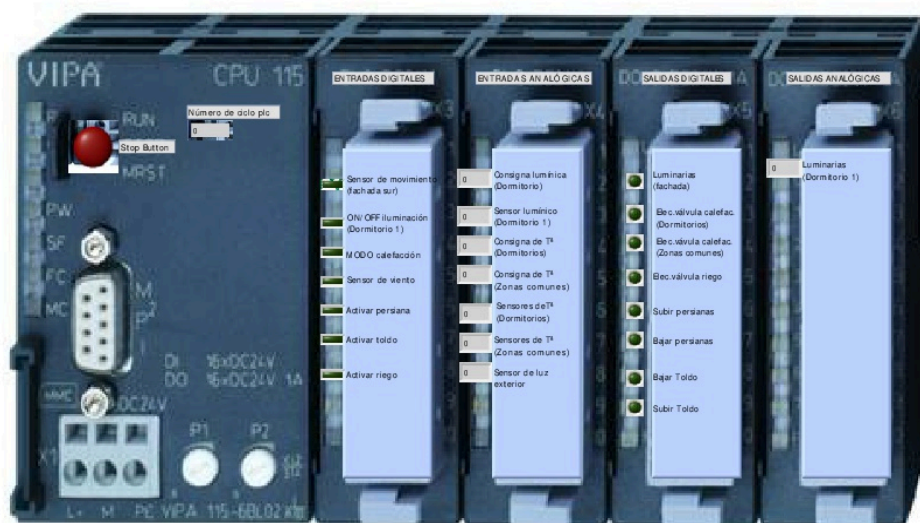


Figura 9.1: Panel frontal del programa que gestiona la domotización de la demo eléctrica.

En el panel frontal de la imagen 9.1 se ve un PLC, donde las salidas y entradas están situadas en los terminales de conexión del mismo.

El programa completo de la maqueta, panel frontal y diagrama de bloques, se recogen en "Anexo 3: Programas principales". Como se puede ver en dicho anexo, la aplicación cuenta con un subprograma de cada uno de los desarrollados en el capítulo 5. Así en la maqueta se puede comprobar el funcionamiento de los siguientes elementos de la domótica:

- Iluminación en función de la luminosidad ambiente
- Iluminación en función de la presencia de individuos
- Calefacción bizona
- Persianas
- Toldo
- Riego

Además, se pueden ver cuatro aplicaciones que aparecen en la programación de las cuales no se ha hablado antes. Estas son las encargadas de leer las señales de entrada y de escribir las señales de salida de la tarjeta.

Se han realizado para que la programación quede más limpia y con menos conexiones y elementos.

Hay una aplicación por cada tipo de señal: entrada analógica, salida analógica, entrada digital y salida digital. Procedemos a explicar brevemente cada aplicación.

Como se puede apreciar a continuación, los subVI contiene funciones no vistas hasta ahora. Éstas, son propias de la T.A.D. y creadas por el fabricante de la misma. Solamente se han utilizado tres con las siguientes funciones:

- Crear señal
- Leer señal
- Escribir señal

9.4.1. Lectura de entradas digitales

El subVI que utilizamos para obtener las entradas digitales es el denominado *E_Digital.vi*. Una vez ejecutado dicho subVI ya podremos utilizar los valores en el programa de domotización.

Nombre y conectores [28]:

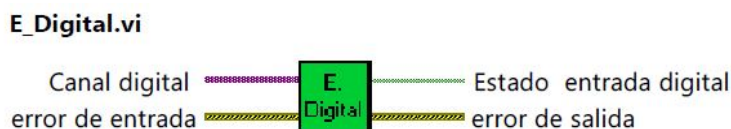


Figura 9.2: Icono y conectores de *E_Digital.vi*

En la figura 9.2 se pueden observar que el subVI *E_Digital.vi* tiene dos controles y dos indicadores. Cada conector tiene la siguiente función:

- Canal digital: este control nos permite seleccionar el canal o terminal del que queremos adquirir la señal digital.
- Error entrada: es la entrada de posibles errores de otras señales captadas por la SAD.
- Estado entrada digital: mediante este indicador se extrae el valor de la señal, de nivel alto o bajo. Se obtendrá la señal del canal seleccionado mediante el control *Canal analógico* adquirida por la tarjeta.

- Error salida: es la salida de posibles errores producidos en la señal gestionada en este subVI, o en otras señales conectadas anteriormente mediante el control *error entrada*.

Panel frontal:

El panel frontal es muy sencillo, simplemente aparecen los cuatro conectores del programa, como se puede observar en la figura 9.3:

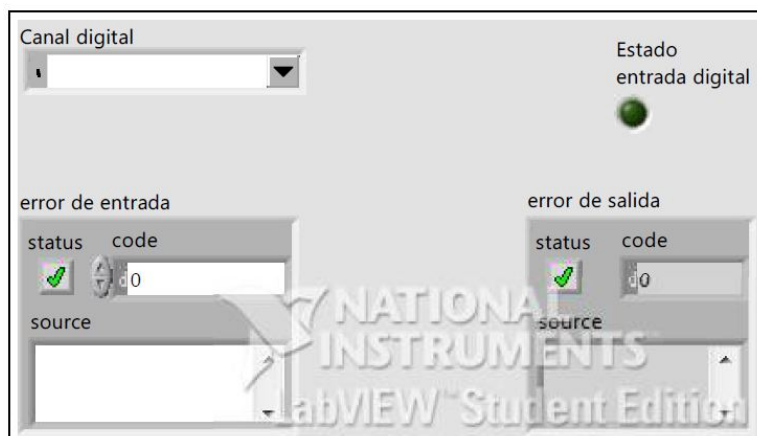
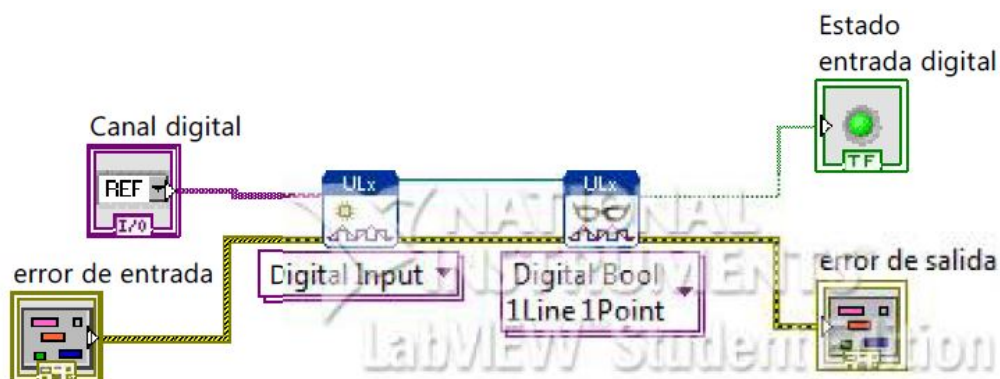


Figura 9.3: Panel frontal de *E_Digital.vi*

Diagrama de bloques:

El diagrama de bloques del subVI que estamos describiendo se muestra a continuación:



9.4.2. Lectura de entradas analógicas

El subVI que utilizamos para obtener las entradas analógicas es el denominado *E_Analogica.vi*. Una vez ejecutado dicho subVI ya podremos utilizar los valores en el programa de domotización.

Nombre y conectores:

E_Analogica.vi



Figura 9.4: icono y conectores de *E_Analogica.vi*.

En la figura 9.4 se pueden observar que el subVI tiene dos controles y dos indicadores. Cada conector tiene la siguiente función:

- Canal analógica: este control nos permite seleccionar el canal o terminal del que queremos adquirir la señal analógica.
- Error entrada: es la entrada de posibles errores de otras señales captadas por la SAD.
- Valor entrada: mediante este indicador se extrae el valor de la señal, seleccionada mediante el control *Canal analógica* adquirida por la tarjeta.
- Error salida: es la salida de posibles errores producidos en la señal gestionada en este subVI, o en otras señales conectadas anteriormente mediante el control *error entrada*.

Panel frontal:

El panel frontal es muy sencillo, simplemente aparecen los cuatro conectores del programa, como se puede observar en la figura 9.5:

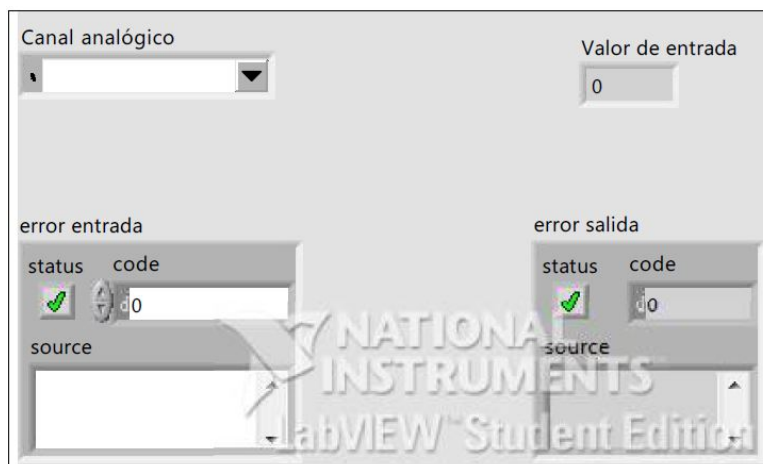
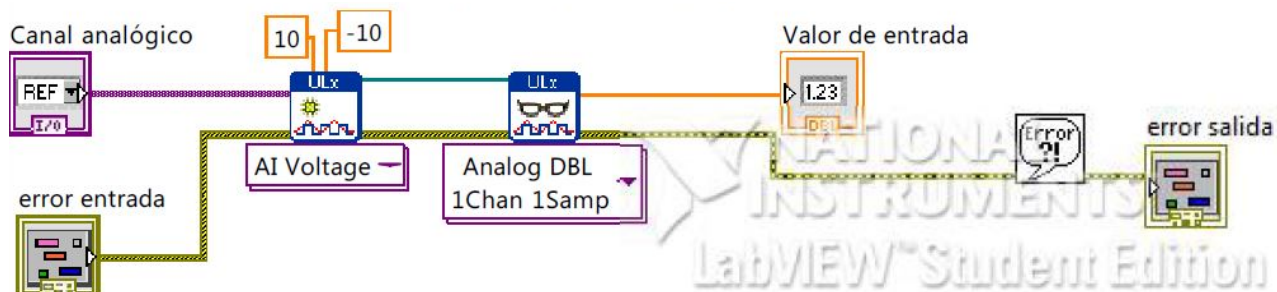


Figura 9.5: Panel frontal
E_Analogica.vi

Diagrama de bloques:

El diagrama de bloques del subVI que estamos describiendo se muestra a continuación:



9.4.3. Escritura de salidas digitales

El subVI que utilizamos para escribir las salidas digitales es el denominado *S_Digital.vi*. Una vez ejecutado dicho subVI ya podremos la tarjeta de adquisición de datos podrá proporcionar la tensión requerida.

Nombre y conectores:

S_Digital.vi

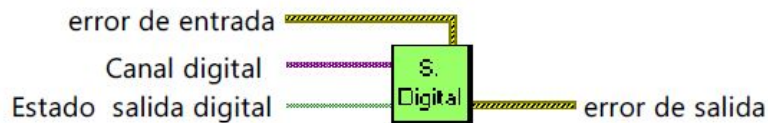


Figura 9.6: Panel frontal de
S_Digital.vi.

En la figura 9.6 se pueden observar que el subVI tiene tres controles y un indicador. Cada conector tiene la siguiente función:

- Canal digital: este control nos permite seleccionar el canal o terminal por el que queremos producir la señal analógica.
- Error entrada: es la entrada de posibles errores de otras señales captadas por la SAD.
- Estado salida señal: mediante este control se indica el valor de la señal que proporcionará la tarjeta, por el terminal seleccionado con *Canal digital*.
- Error salida: es la salida de posibles errores producidos en la señal gestionada en este subVI, o en otras señales conectadas anteriormente mediante el control *error entrada*.

Panel frontal:

El panel frontal es muy sencillo, simplemente aparecen los cuatro conectores del programa, como se puede observar en la figura 9.7:

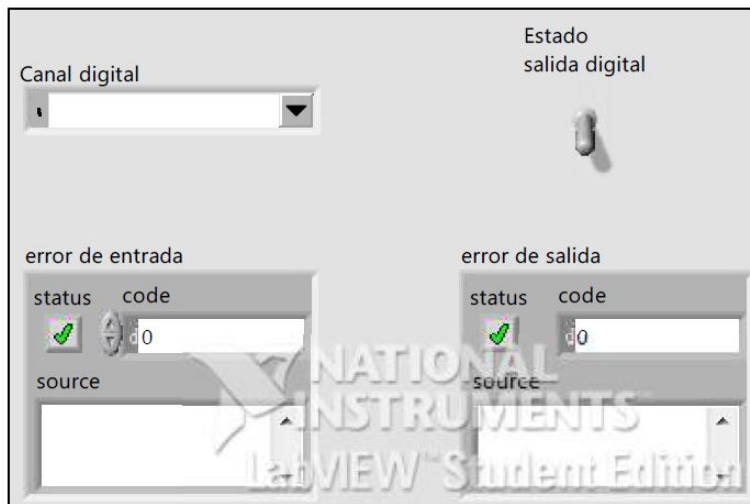
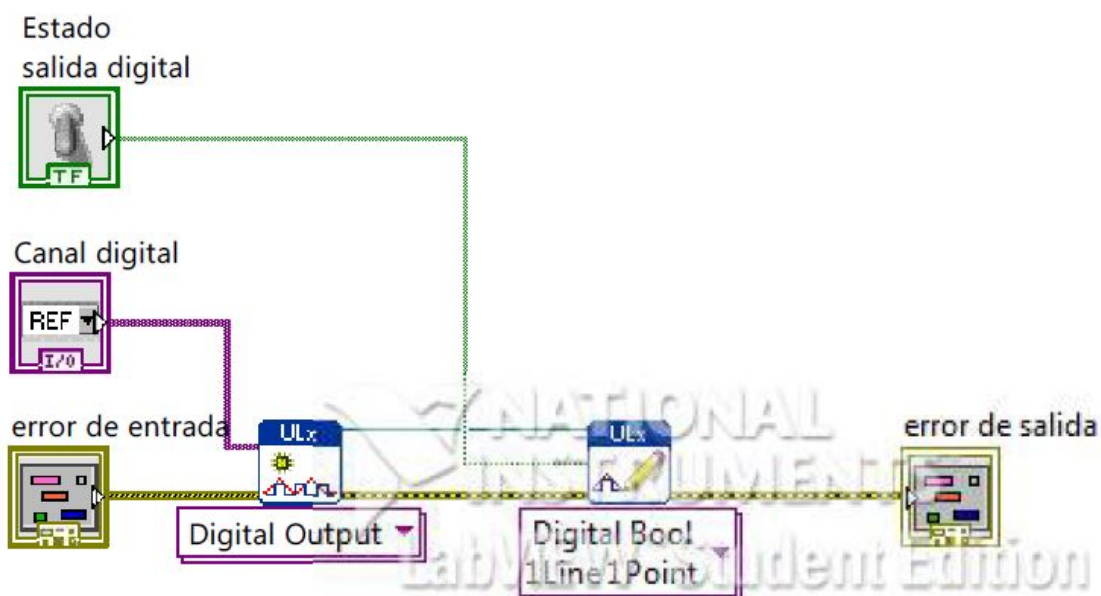


Figura 9.7: Panel frontal de S_Digital.vi.

Diagrama de bloques:

El diagrama de bloques del subVi que estamos describiendo se muestra a continuación:



9.4.4. Escritura de salidas analógicas

El subVI que utilizamos para escribir las salidas alógicas es el denominado *S_Analógica.vi*. Una vez ejecutado dicho subVI ya podremos la tarjeta de adquisición de datos podrá proporcionar la tensión requerida.

Nombre y conectores [28]:

S_Analogica.vi

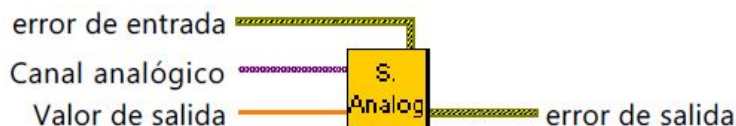


Figura 9.8: Icono y conectores de *S_Analógica.vi*.

En la figura 9.8 se pueden observar que el subVI tiene tres controles y un indicador. Cada conector tiene la siguiente función:

- Canal analógica: este control nos permite seleccionar el canal o terminal por el que queremos producir la señal digital.
- Error entrada: es la entrada de posibles errores de otras señales captadas por la SAD.
- Valor de salida: mediante este control se indica el valor de la señal que proporcionará la tarjeta, por el terminal seleccionado con *Canal analógico*.
- Error salida: es la salida de posibles errores producidos en la señal gestionada en este subVI, o en otras señales conectadas anteriormente mediante el control *error entrada*.

Panel frontal:

El panel frontal es muy sencillo, simplemente aparecen los cuatro conectores del programa, como se puede observar en la figura 9.9:

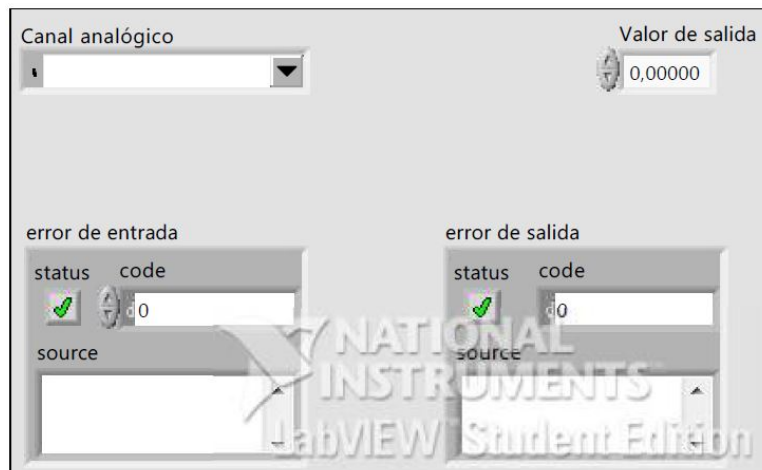


Figura 9.9: Panel frontal de S_Analógica.vi.

Diagrama de bloques:

El diagrama de bloques del subVi que estamos describiendo se muestra a continuación:

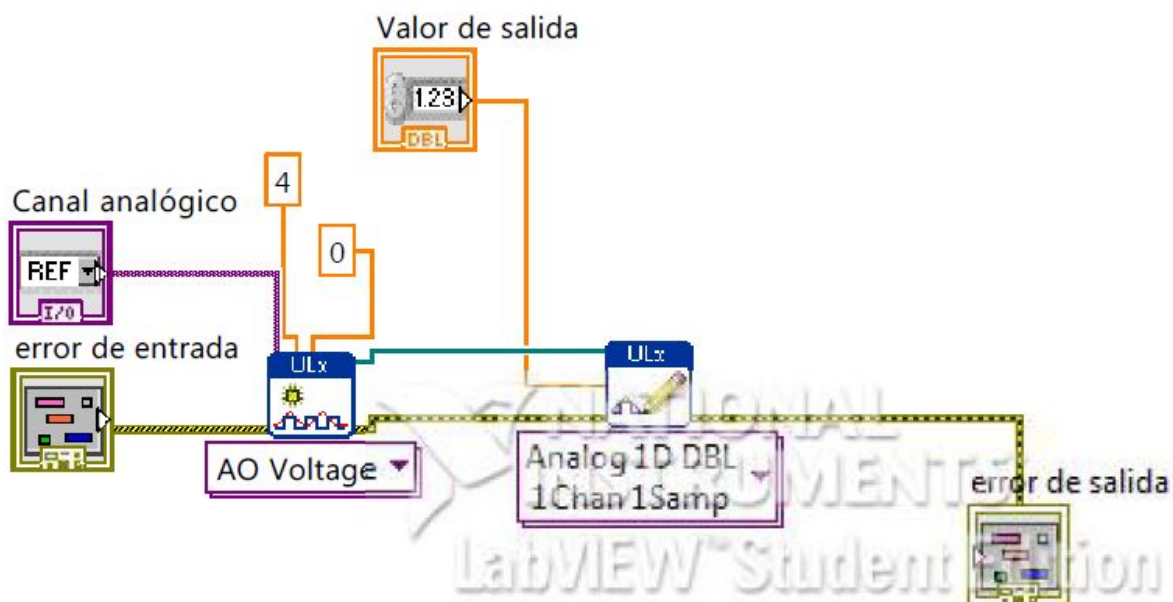


Figura 9.9: Panel frontal de S_Analógica.vi

9.5. Tarjeta de adquisición de datos

La tarjeta de adquisición de datos es la encargada de comunicar el PC, o controlador, con la maqueta. Con este elemento simulamos la conexión de los sensores y actuadores al PLC (la computadora en nuestro caso).

El modelo elegido para este cometido es el USB-1208FS desarrollado por Measurement Computing (la hoja de características se puede encontrar en el “Anexo II: Hojas de características”).

Se comunica mediante un cable USB que además de ser el soporte para las comunicaciones entre tarjeta- computador será el soporte de alimentación para la misma. Dicha tarjeta consta de un canal digital de ocho bits de entrada, un canal digital de ocho bits de salida (los canales han sido configurados mediante software a través de las librerías proporcionadas por la tarjeta en LabVIEW para conformar un canal de salida y otro de entrada digital), ocho canales analógicos de entrada configurable como independientes o diferenciales, dos canales analógicos de salida (generación del voltaje de salida por modulación de ancho de impulso PWM), un contador de flancos ascendentes de entrada, una salida de calibración de la tarjeta, además de un conjunto de tomas para alimentación de 5V a través de la misma tarjeta y puestas a tierra a común (GND) [18].

Las especificaciones más relevantes de forma sintetizadas son:

Entradas analógicas:

Número de E. analógicas: 8

Rango de tensiones: (-10v, +10) v

Salidas analógicas:

Número de S. Analógicas: 2

Rango de tensiones: (0, 4.096) v

Intensidad máxima que suministra: 15mA

Entradas digitales:

Número de E. digitales: máximo 16 siempre que la suma de entradas y salidas digitales no supere las 16.

Rango de tensiones del nivel alto: (2.0, 5.5) v

Rango de tensiones del nivel bajo: (0.5, 0.8)v

Salidas digitales:

Número de S. digitales: máximo 16 siempre que la suma de entradas y salidas digitales no supere las 16.

Tensión mínima del nivel alto: 3.8v

Tensión máxima del nivel bajo: 0.7v

Intensidad máxima que puede aportar: 2.5mA

La distribución de terminales con la configuración simple es la representada en la figura 9.10:

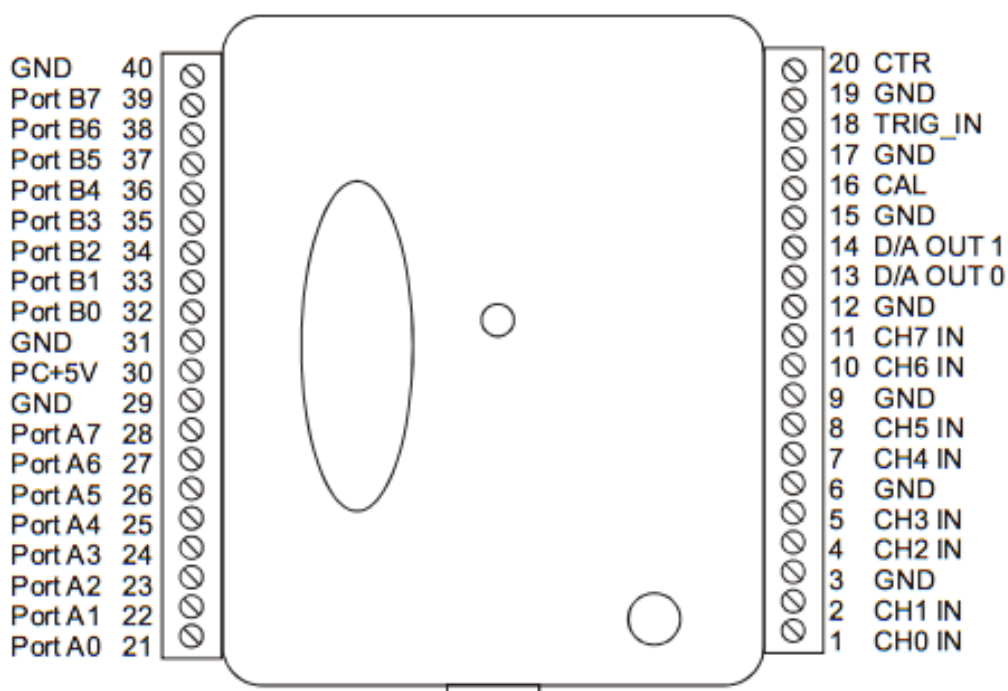


Figura 9.10: Relación de pines con configuración simple.

En la tabla 9.1, que se muestra a continuación, se relacionan cada entrada de la tarjeta con el elemento domótico y el elemento físico de la maqueta que se conecta. Además, se indica al número de clavija o Pin al que va conectado cada elemento y el tipo de entrada o salida [16].

Terminal (PIN)	Tipo	Elemento domótico	Elemento electrónico	Nombre
CH0-AI (PIN 1)	Entrada analógica	Sensor lumínico exterior	Potenciómetro	A
CH1-AI (PIN 2)	Entrada analógica	Consigna temperatura Zona 1(zona común)	Potenciómetro	D
CH2-AI (PIN 4)	Entrada analógica	Sensor lumínico dormitorio	Potenciómetro	C
CH3-AI (PIN 5)	Entrada analógica	Consigna luz dormitorio	Potenciómetro	B
CH4-AI (PIN 7)	Entrada analógica	Termómetro Zona 2(dormitorio)	Potenciómetro	E
CH5-AI (PIN 8)	Entrada analógica	Termómetro Zona 1 (zona común)	Potenciómetro	F
CH6-AI (PIN 10)	Entrada analógica	Consigna temperatura Zona 2 (dormitorio)	Potenciómetro	G
CH7-AI (PIN 11)	Entrada analógica	-	-	-
D/A OUT 0 (PIN 13)	Salida analógica	Lámpara dormitorio 1	Diodo LED amarillo	H
D/A OUT 1 (PIN 14)	Salida analógica	Lámpara dormitorio 1	Voltímetro digital	I
A0 (PIN 21)	Entrada digital	Sensor movimiento exterior fachada	Interruptor	W
A1 (PIN 22)	Entrada digital	Interruptor luz dormitorio	Interruptor	J
A2 (PIN 23)	Entrada digital	Modo calefacción	Interruptor	K

<u>Terminal (PIN)</u>	<u>Tipo</u>	<u>Elemento domótico</u>	<u>Elemento electrónico</u>	<u>Nombre</u>
A3 (PIN 24)	Entrada digital	ON/OFF riego	Interruptor	L
A4 (PIN 25)	Entrada digital	ON/OFF persianas	Interruptor	M
A5 (PIN 26)	Entrada digital	ON/OFF toldo	Interruptor	N
A6 (PIN 27)	Entada digital	Sensor viento	Interruptor	Ñ
A7 (PIN 28)	Salida digital	-	-	-
B0 (PIN 32)	Salida digital	Electroválvula calefacción Zona 2 (dormitorios)	Diodo LED verde	P
B1 (PIN 33)	Salida digital	Electroválvula calefacción Zona 1 (zonas comunes)	Diodo LED verde	Q
B2 (PIN 34)	Salida digital	Electroválvula de riego	Diodo LED verde	R
B3 (PIN 35)	Salida digital	Motor persianas (Abrir)	4 Diodos LED verdes	S
B4 (PIN 36)	Salida digital	Motor persianas (Cerrar)	4 Diodos LED rojos	T
B5 (PIN 37)	Salida digital	Motor toldo(bajar)	Diodo LED rojo	U
B6 (PIN 38)	Salida digital	Motor toldo (subir)	Diodo LED verde	V
B7 (PIN 39)	E/S digital	Lámparas fachada exterior	4 Diodos LED amarillos	O

Tabla 9.1: Relación de terminales y elementos electrónicos asociados.

A continuación se muestra una fotografía de la tarjeta de adquisición de datos que he empleado. Como se puede observar, tiene todos los elementos

conectados, y en cada cable tienen su etiqueta identificativa; de esta forma se facilita la conexión y desconexión de la misma sin confusiones.

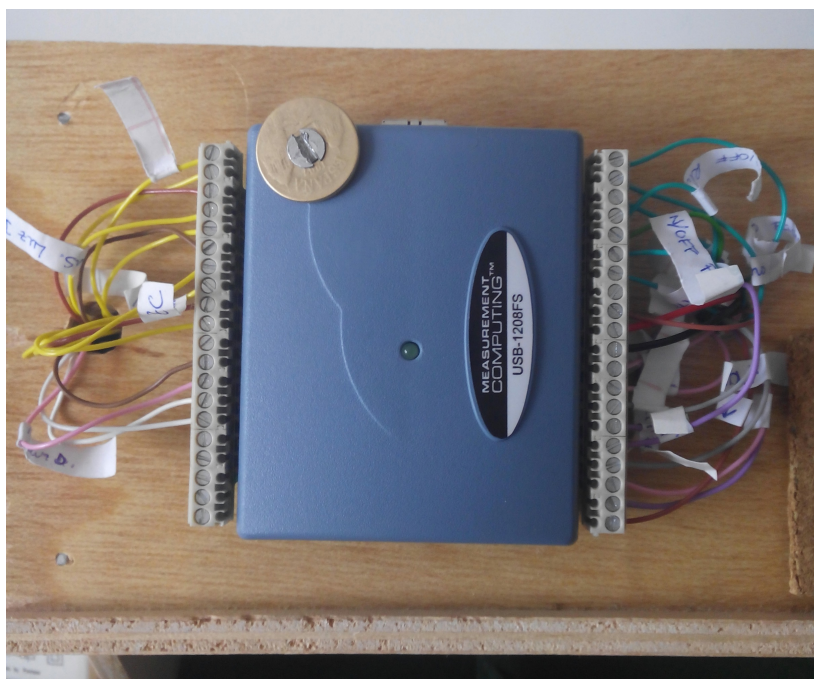


Figura 9.11: Tarjeta de adquisición de datos USB-1208-LS conectada.

Además, se puede ver como los cables son de distintos colores, para que se facilite el montaje y la corrección de errores.

9.6. Maqueta

La maqueta es una reproducción aproximada de la vivienda, descrita anteriormente, a escala 1:33. Se ha realizado con madera de ocume con un grosor de 6mm. Está fabricada completamente a mano, con retales de tableros y maderas reutilizadas.

Se ha intentado guardar las similitudes con la casa original sobre la cual desarrollamos el sistema domótico. En ella se puede observar de una forma clara y concisa cada uno de las estancias de las que consta la casa: dormitorios, salón, cocina, baño, etc.

Los planos donde se recogen todos los datos necesarios para realizar la maqueta y su instalación eléctrica se encuentran recogidos en el "Anexo I: Planos".

- Plano nº 5: "Demo eléctrica: Distribución"

- Plano nº 6: "Demo eléctrica: Tarjeta de adquisición de datos y fuente de alimentación"
- Plano nº7: "Demo eléctrica: Señales digitales"
- Plano nº7: "Demo eléctrica: Señales analógicas"

La maqueta consta de dos módulos; el primero (módulo 1) abarca toda la vivienda y la plataforma de cemento que la rodea, en ella se puede ver la distribución de vivienda así como, las ventanas y puertas de las mismas. Esta parte se encuentra ligeramente elevada, por unos tacos de madera, del otro módulo. Se ha elevado dado que ahí se encuentra la instalación eléctrica.

El segundo módulo (módulo 2) es un tablero de ocume de 10mm de grosor que simula parte del jardín. Contiene la fuente de alimentación y la tarjeta de adquisición de datos. Se encuentra unida al módulo superior mediante 4 tornillos atornillados a los tacos de madera. Su principal finalidad es la de proteger la instalación de posibles golpes, enganches o daños en general. Se ha optado por la unión mediante tornillería para poder acceder a la instalación sin problemas y cuantas veces sea necesario. Ver figura 9.12.



Figura 9.12: Módulos que componen la maqueta.

Se ha guardado el detalle de dotar a la maqueta con un cajetín recogiendo en ella los nombres de los constructores, la escuela, la fecha, etc, como se muestra en la figura 9.13:

Se observa que todos los elementos y compartimentos de la maqueta se encuentran identificados con su etiqueta.

Así pues, la maqueta, en su vista global, de nuevo, posee el aspecto que muestra la figura 9.15:



Figura 9.15: Visión general de la maqueta.

Tanto la tarjeta de adquisición de datos, como el voltímetro se encuentran sobre una plataforma de madera elevada e inclinada 40° respecto al plano de la mesa. Además de estos dos elementos, también se ha situado el interruptor de la alimentación de la maqueta. Este consta de un diodo Led verde que se ilumina al estar conectada la maqueta.

No olvidemos, que la maqueta es el soporte físico de una instalación de tipo eléctrico, a través de la cual generaremos y obtendremos tanto señales analógicas como digitales para así simular señales físicas reales sobre la tarjeta de adquisición de datos. En el siguiente apartado, se explica más detalladamente la instalación eléctrica por la que es posible la simulación de la domótica programada.

9.7. Instalación eléctrica

La instalación eléctrica, a través de la cual generamos y obtenemos las señales eléctricas que nos permiten simular la domótica de la vivienda; se encuentra cableada por debajo de la vivienda (módulo 1). El cableado se ha realizado utilizando distintos colores para facilitar el cableado y el reconocimiento de posibles errores.

Dicha instalación se compone de un circuito por cada señal, bien de entrada o de salida, que tiene. Cada tipo de señal es obtenida o generada por un elemento electrónico distinto y característico para la misma. A continuación relacionamos el tipo de señal con su elemento electrónico representativo:

- Entrada digital-Interruptor: las señales analógicas tanto de entrada como de salida tienen 2 únicos estados: activado o desactivado, 1 o 0. El interruptor nos permite introducir una señal del estado que deseemos. A continuación se muestra el interruptor utilizado en la demo (figura 9.16):

-



Figura 9.16: Ejemplar de un interruptor como los utilizados en el montaje.

- Entrada analógica-Potenciómetro: necesitamos generar una señal de magnitud variable, que logramos con una resistencia variable alimentada por una fuente de tensión constante; es decir, un potenciómetro. A continuación se muestra el potenciómetro utilizado en la demo (figura 9.17):

-



Figura 9.17: Ejemplar de un potenciómetro como los empleados en el montaje.

- Salida digital-Diodos Led's: Los diodos nos muestran el estado de la señal que nos proporciona la tarjeta, unas veces estarán alimentados por la propia tarjeta y otras por una fuente externa.

A la hora de ejecutar las salidas digitales, se produce un leve parpadeo. En el panel de control, cuando ponemos a “encendido” un indicador visual de la maqueta, éste, en vez de estar encendido o a 1 lógico con un brillo y nitidez constante, se pone a parpadear. Dicho parpadeo es debido al refresco de las entradas/salidas de la tarjeta. El refresco es propio de la tarjeta, no manipulable por software, y su periodo es inversamente proporcional al número de entradas/salidas que se refrescan en un ciclo de escaneo. Dicho de otro modo, cuanto menos salidas digitales, por ejemplo, tengamos encendidas; menor será el tiempo entre parpadeos y viceversa: a más salidas digitales encendidas; mayor es el tiempo entre parpadeos.

A continuación se muestran los diodos utilizados en la demo (figura 9.18):



Figura 9.18: Ejemplares de los diodos utilizados para representar mostrar el funcionamiento de las señales de salida..

- Salida analógica- Diodos Led's o Voltímetro: La manera de apreciar la señal de salida es mediante un Led's que aumentará su luminosidad a medida que aumenta la intensidad que pasa por él; o bien, mediante un voltímetro que nos muestre el valor de la magnitud exactamente. He utilizado ambos, ya que solamente con el diodo no se puede apreciar realmente el cambio de valor de la señal. A continuación se muestra el voltímetro utilizado en la demo:



Figura 9.19: Voltímetro instalado en la maqueta como señal de salida de carácter analógico.

Todas las señales de entrada, el voltímetro y las señales de salida digital que lo precisen son alimentadas exteriormente mediante una fuente de tensión, sin utilizar la función de la tarjeta de adquisición de datos que nos aporta 5v de tensión.

A continuación se explica más detenidamente cada circuito de la instalación.

9.8. Fuente de alimentación

Como fuente de alimentación se reutilizó una procedente de una depiladora eléctrica vieja e inservible. Con ella se alimentarán las señales que debemos generar e introducir en la tarjeta de adquisición de datos, así como los circuitos que salida que no se pueden alimentar simplemente con la potencia que nos genera la T.A.D.

En la fotografía de abajo (figura 9.20) se puede ver la fuente de alimentación empleada y sus especificaciones:



Figura 9.20: Fuente de alimentación empleada.

- Tensión de entrada: 230V
- Tipo de onda de entrada: Corriente alterna
- Potencia aparente máxima de entrada: 10VA
- Tensión de salida: 12V
- Tipo de onda de salida: corriente continua
- Intensidad máxima: 400mA
- Protección térmica hasta 130°
- Dispositivo de Clase II o aparato con doble aislamiento eléctrico es uno que ha sido diseñado de tal forma que no requiere una toma a tierra de seguridad eléctrica.
- Diseñado para usos de interior

Aunque las especificaciones nos indican que la tensión que suministra es una de tipo continua con un valor medio de 12V, la tensión que nos entrega es de 17,8V de valor medio. Esto es debido a que los 12V los entrega cuando también aporta una cierta potencia. Nuestros circuitos eléctricos consumen un total de 228,5mA, que en comparación de los 400mA para los que está dimensionada la fuente es un consumo muy escaso.

La fuente trabaja prácticamente en vacío y al no ser una fuente ideal, tiene una resistencia interna que dependiendo de la corriente que entregue disipará una tensión u otra y en este caso, la fuente nos aporta 17V para una intensidad de 228,5mA.

Otro contratiempo es el rizado de la onda que aporta. Este rizado no permitía generar una señal analógica limpia, y se producía una gran variación del valor que queríamos. Para solucionar este problema se instaló a la salida de la fuente un regulador de la tensión. De ésta forma, obtenemos ahora una señal de 15v constantes que nos permite generar la señal analógica limpia [19].

El regulador de tensión utilizado es el TS7815 (encapsulado TO-220) y con las siguientes especificaciones (para mayor información la hoja de características se encuentra en el “Anexo II: Hojas de especificaciones”):

- Dimensiones 10.5 x 4.83 x 9.02mm
- Corriente de Salida Máxima : 2.2A

- Corriente Quiescente: 4.3mA
- Número de Salidas 1
- Polaridad Positivo
- Precisión $\pm 4\%$
- Regulación de Carga 300 mV
- Regulación de Línea 300 mV
- Tensión de Caída Máxima - Corriente: 2 V - 1 A
- Tensión de Salida: 15 V
- Tensión Máxima de Entrada: 35 V
- Tipo de Encapsulado: TO-220
- Tipo de Montaje: Montaje en orificio pasante

Tal y como se detalla en la hoja de especificaciones está conectado con un condensador en la entrada del regulador, que se puede comprobar en el “Anexo I: Planos” en el plano número 6 denominado "Demo eléctrica: T.A.D. y F.A.". Se muestra a continuación (figura 9.21) el regulador ya instalado:



Figura 9.21: Regular de tensión ya conectado.

9.9. Entradas digitales: Interruptores

Los interruptores nos permiten abrir y cerrar el circuito, proporcionando una señal (activado) o dejando el terminal a tensión nula (desactivado). Estos elementos harán la función de los interruptores de encendido y apagado de las luces, sensores de movimiento, interruptores selectores de modo o de activación de sistemas de automatización.

Para dimensionar la instalación eléctrica de la demo eléctrica necesitamos contemplar las características de la tarjeta para no dañarla y que el funcionamiento sea correcto. A continuación se explica el proceso de selección de los componentes y su instalación para cubrir dichos requisitos.

En las entradas digitales no tenemos porqué preocuparnos por el gasto de corriente pues, cuando el canal digital se comporta como entrada, posee una resistencia casi infinita (alta impedancia) y, por tanto, consideramos el consumo de las entrada digitales como despreciable.

Como se nombró en el apartado que hablamos de la tarjeta de adquisición de datos, las señales de entrada digitales pueden tener como máximo una tensión de 5,5V. Como nuestra fuente de alimentación nos suministra 15 V debemos de disminuirla antes de conectar al T.A.D. Esto lo realizaremos mediante un pull-down, que en realidad es un divisor de tensión [20].

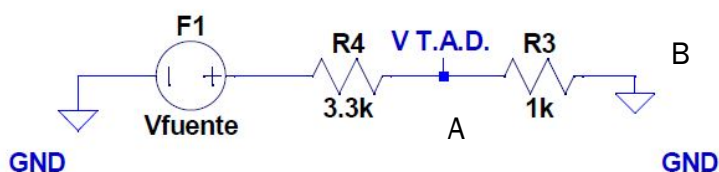


Figura 9.22: Ejemplo de partida para la aplicación de un pull-down.

En el punto denominado A es donde conectamos la tarjeta por lo tanto, la caída de tensión entre A y B debe ser como máximo la tensión máxima que soporta la T.A.D.; es decir, 5,5 V.

Conociendo la tensión que suministra la fuente (V_{fuente}) y la tensión máxima que admite la T.A.D. ($V_{T.A.D}$) determinamos que

relación debe haber entre las resistencias. Como se observa en el esquema, una de las resistencias tendrá un valor XR y la otra R .

Aplicando la ley de Ohm teniendo en cuenta las dos resistencias, y por lo tanto, la caída de tensión total tenemos la siguiente expresión:

$$I = \frac{V_{fuente}}{XR + R}$$

Si aplicamos de nuevo la ley de Ohm en la resistencia de valor R obtenemos que la intensidad es:

$$I = \frac{V_{T.A.D.}}{R}$$

Si igualamos las dos ecuaciones y despejamos X obtenemos:

$$X = \frac{V_{fuente}}{V_{T.A.D.}} - 1$$

Nuestro esquema incluyendo el interruptor quedaría como en la figura 9.23:

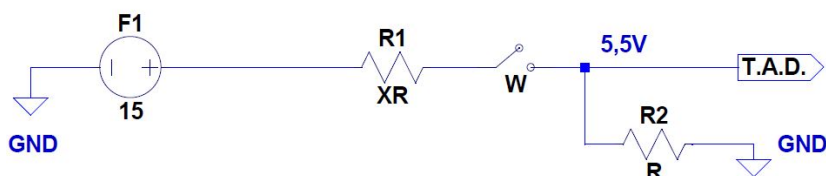


Figura 9.23: Esquema eléctrico que instalaremos, en las entradas digitales, sin valores determinados.

Si sustituimos los valores para el caso de mayor tensión admitida por la tarjeta y para el valor que mínimo que admite para que el valor sea considerado como ON:

$$X_{MIN} = \frac{15}{5,5} = 2,72$$

$$X_{MÁX} = \frac{15}{2} = 7,5$$

Por lo que X debe ser mayor de 2,72 para que no se sobrepase la tensión máxima y menor de 7,5 para que la tarjeta considere el valor de nivel alto.

Hemos tomado que $R=1K\ \Omega$ y $X = 3,3$ para que no apurar la tensión máxima admitida por la tarjeta por lo que el esquema eléctrico queda de la siguiente manera (figura 9.24):

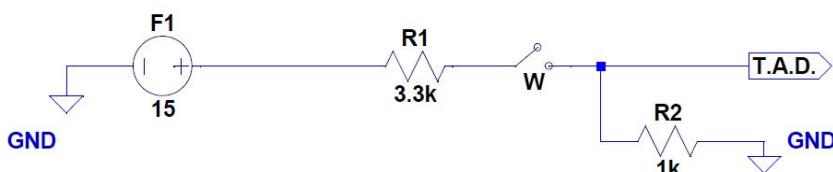


Figura 9.24: Esquema eléctrico de las entradas digitales con los valores finales.

De esta forma la intensidad consumida por cada entrada digital es:

$$I = \frac{V_{T.A.D.}}{R} = \frac{5'5}{1K} = 5,5mA$$

Como disponemos de siete entradas digitales en nuestro montaje la intensidad total absorbida por dichas entradas será:

$$I_{ED}^{Total} = 5,5mA * 7 = 38,5mA$$

9.10. Entradas analógicas: Potenciómetros

Los potenciómetros permiten generar una señal de tensión variable en función nuestros requisitos. Variando la resistencia del potenciómetro, variamos la tensión de la señal que generamos. De esta manera, dichos elementos nos servirán para simular sensores analógicos, como sensores crepusculares o de viento, termómetros, et

Los potenciómetros elegidos son de $R=1K\ \Omega$ como hemos explicados antes, son los encargados de proporcionar una señal de tensión variable. En este caso también necesitamos instalar un pull-down, ya que la tensión máxima que admite la tarjeta sin

dañarla para una señal de entrada analógica es de 10V (figura 9.25). La tarjeta es capaz de captar señales de -10 a 10v, aunque nosotros solo utilizaremos valores positivos.

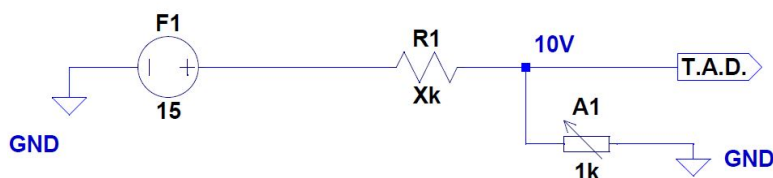


Figura 9.25: Esquema eléctrico que instalaremos, en las entradas analógicas, sin valores determinados.

Mediante el procedimiento explicado anteriormente y con la expresión final a la que llegamos, obtenemos que:

$$X = \frac{V_{fuente}}{V_{T.A.D.}} - 1$$

$$X_{MIN} = \frac{15}{10} = 1,5$$

$$X_{MÁX} = \frac{15}{0} = \infty$$

Teniendo en cuenta los valores que acabamos de calcular, hemos tomado $X = 1,5$ para poder tener un intervalo de señal máximo. Como el potenciómetro elegido tiene una resistencia máxima de $1K \Omega$, la resistencia del pull-down será $R = 1,5 K \Omega$, resultando el esquema de la siguiente forma (figura 9.26):

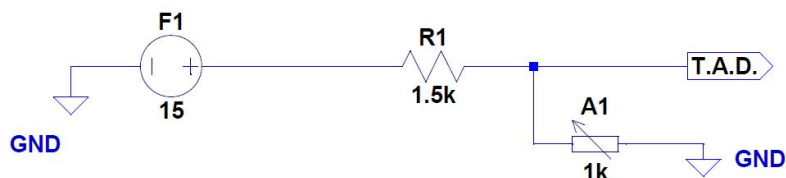


Figura 9.26: Esquema eléctrico de las entradas analógicas con los valores finales.

El consumo de los canales de entrada analógicos se considera despreciable por el aspecto comentado anteriormente (en el

apartado de las entradas digitales), en lo referente a lo de entradas con alta impedancia. Y con este dato, al igual que en el apartado anterior, calculamos la intensidad nominal consumida por cada entrada analógica:

$$I = \frac{V_{T.A.D.}}{R} = \frac{10}{1K} = 10mA$$

Los potenciómetros utilizados tienen una potencia máxima de 1/2W, por lo que la intensidad nominal a la que pueden trabajar es:

$$I_{pot(nom)}^2 = \frac{P_{nom}}{R_{nom}}$$

$$I_{pot(nom)} = \sqrt{\frac{P_{nom}}{R_{nom}}} = \sqrt{\frac{1/2}{1K}} = 22,3mA$$

Corriente máxima soportada por un potenciómetro deberá de ser mayor que la corriente que lo atraviesa en condiciones nominales en nuestro circuito. Como hemos comprobado esta condición se cumple:

$$I_{pot(nom)} = 22,3mA > I_{EA(nom)} = 10mA$$

Calculamos el valor de la intensidad nominal absorbida de las siete entradas analógicas en nuestro montaje:

$$I_{EA}^{Total} = 10mA * 7 = 70mA$$

9.11. Salidas analógicas: Diodo Led y voltímetro

9.11.1. Diodo Led

El diodo nos va a permitir ver la variación de la intensidad lumínica que habría en una lámpara domotizada para que se controlara una intensidad lumínica constante.

A la hora de utilizar el diodo Led como salida analógica lo más importante es limitar la intensidad consumida del mismo a la intensidad nominal que puede suministrar la

tarjeta. Si consultamos las especificaciones de la T.A.D, observamos que esta corriente nominal es de 15mA; y que la tensión nominal es de 4,096V [21].



Figura 9.27: Esquema eléctrico que instalaremos, en las salidas analógicas, sin valores determinados.

Si aplicamos la ley de Ohm a un diodo,

$$I_{abs} = \frac{V_{T.A.D.} - V_{diodo}}{R}$$

donde:

I_{abs} es la corriente absorbida por la resistencia limitadora y aportada por la T.A.D.

$V_{T.A.D.}$ es la tensión que suministra la tarjeta.

V_{diodo} es la caída de tensión que se produce en el diodo.

R es la resistencia limitadora de corriente.

Si despejamos R, tomamos como I_{abs} el valor nominal (15mA) y conocemos que la caída de tensión el diodo es de 3V; obtenemos la resistencia mínima que debemos instalar para no dañar la tarjeta:

$$R_{min} = \frac{4,096 - 3}{0,015} = 73\Omega$$

Para proteger aún más la tarjeta y forzarla a trabajar con sus valores nominales hemos decidido aumentar el valor de R, a pesar de sacrificar intensidad lumínica del Led; por todo ello la resistencia limitadora tendrá un valor $R=200\Omega$.



Figura 9.28: Esquema eléctrico de las salidas analógicas, mediante Led, con los valores finales.

9.11.2. Voltímetro

Tras observar que la señal analógica no se percibía correctamente con el diodo Led, se ha incorporado un voltímetro digital que indica el valor de la tensión de salida numéricamente.

Los motivos por los que se ha añadido dicho voltímetro es que el diodo no conduce hasta llegar a una tensión umbral determinada, y por lo tanto ese rango de tensiones no es percibido de manera visual. Además, las tensiones inminentemente superiores de la umbral, producen un brillo en el Led muy bajo e inapreciable a cierta distancia.

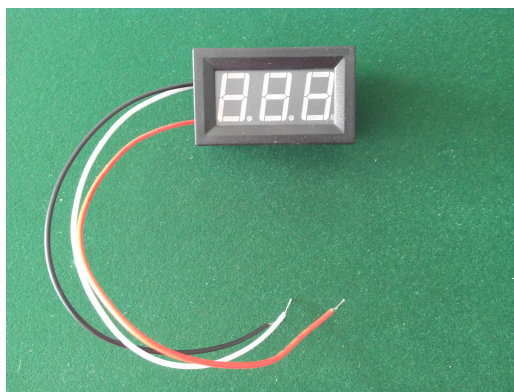


Figura 9.29: Voltímetro

El voltímetro instalado dispone de tres hilos: el positivo de la alimentación (color rojo), el neutro de la alimentación (color negro) y el que se conecta para medir la tensión correspondiente (color blanco). Para obtener una medida

fiable y correcta, la tensión que queremos medir debe estar conectada al neutro de la alimentación del voltímetro.

La alimentación debe ser en corriente continua y con una tensión de entre 5 y 30V, siendo su consumo de 0,01A. El consumo del voltímetro se conoce mediante método experimental.



Figura 9.30: Voltímetro instalado en la maqueta.

El rango de medición es de 0V a 10V, con una sensibilidad de 0.01.

El panel del voltímetro, una vez instalado y alimentado, representa la magnitud mediante una pantalla Led de iluminación verde.

9.12. Salidas digitales: Diodos Led's

Las salidas digitales las hemos conectado a diodos Led's. La misión de éstos, será la dar a conocer señales digitales de salida de la tarjeta tales como encendido de electroválvulas de calefacción, apertura de persianas, etc. Tendrán dos estados lógicos: encendido o 1 y apagado o 0.

Se han realizado dos montajes distintos de las salidas digitales; unas con un único Led y otras con cuatro Led que se encenderán

de manera simultánea. A continuación se explican ambos circuitos por separado.

9.12.1. Salida digital con un diodo Led

Estos diodos Led representaran electroválvulas y sentidos de giro de elementos que actúan de manera independiente.

Los diodos se alimentan directamente de la tarjeta de adquisición de datos; para limitar la corriente se ha colocado una resistencia anterior al diodo. La corriente absorbida debe ser menor de 2,5mA, ya que ésta es la intensidad nominal que suministra la T.A.D.

Los diodos utilizados son de diferentes colores pero todos presentan una caída de tensión igual a 3V.

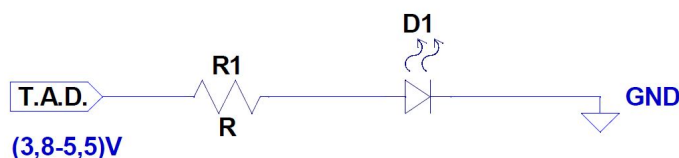


Figura 9.31: Esquema eléctrico que instalaremos, en las salidas digitales, sin valores determinados.

La tarjeta cuando proporciona una señal de alto nivel da una tensión mínima de 3,8V y una máxima de 5,5V. Con estos datos calculamos la resistencia mínima limitadora de corriente que necesitamos:

$$I_{abs} = \frac{V_{T.A.D.} - V_{diodo}}{R}$$

$$R_{min} = \frac{5,5 - 3}{0,0025} = 1,4K\Omega$$

Hemos utilizado la mayor tensión posible para estudiar el peor de los casos. Se le ha otorgado un ligero margen de seguridad utilizando resistencias con valor $R=1,5K\Omega$.



Figura 9.32: Esquema eléctrico de las salidas digitales con los valores finales.

9.12.2. Salida digital con cuatro diodos Led

Este montaje lo hemos incluido para representar la actuación de sistemas que contienen varios elementos iguales funcionando bajo una misma lógica, como por ejemplo: las persianas y lámparas exteriores.

Al querer encender cuatro diodos simultáneamente desde una misma señal, debemos repartir los 2,5mA entre los 4 diodos. Lo que implica que por cada diodo pasen 0,625mA, una intensidad ridícula y no iban a producir brillo.

Para solventar este problema, se alimentarán los diodos mediante la fuente de alimentación utilizada para generar las señales de entradas. A través de un transistor MOSFET de tipo n se conectarán y desconectarán los diodos [22]. Se puede ver el montaje de forma teórica en la figura 9.33.

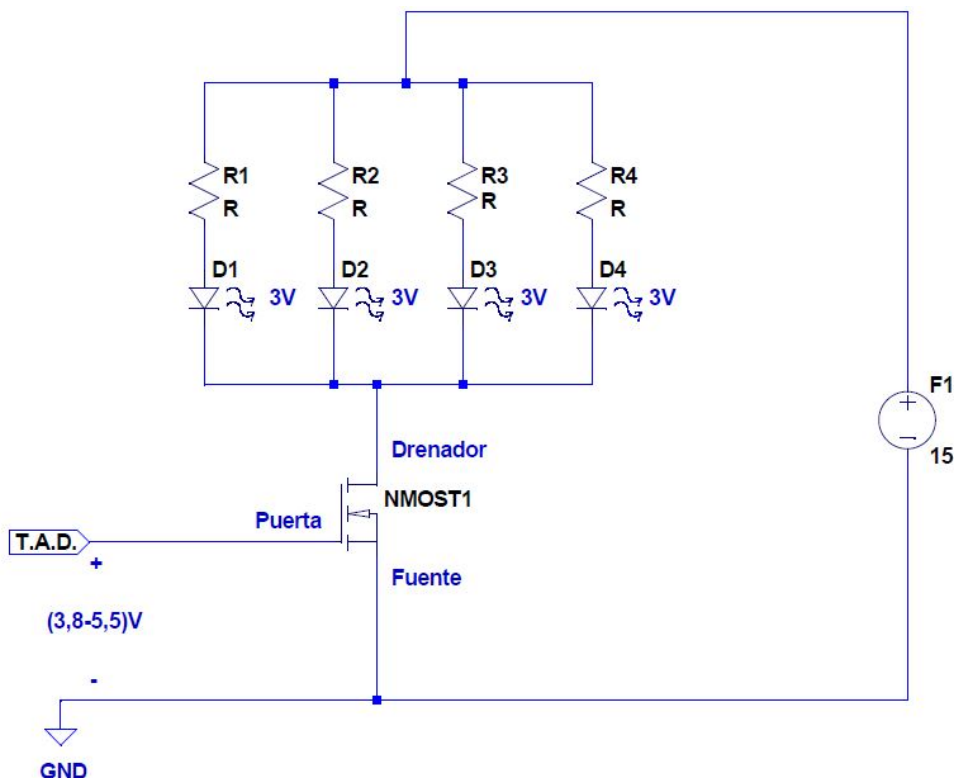


Figura 9.33: Esquema eléctrico que instalaremos, en las salidas digitales, sin valores determinados.

El primer paso es calcular las resistencias limitadoras de corriente. En este caso, fijaremos la intensidad que queremos que absorban los diodos nosotros; será de 10mA por cada diodo, ésta es una intensidad que nos permite que los diodos luzcan notablemente.

Los diodos se conectarán en paralelo y todos con su correspondiente resistencia limitadora. Lo realizo así, en vez de conectando una única resistencia para todos los diodos, para asegurarme de que todos los diodos absorben la misma corriente; y por lo tanto lucen con igual intensidad.

Calculamos las resistencias limitadoras, conociendo que la fuente de alimentación tiene una tensión de 15V y que la tensión en cada rama es la misma:

$$I_{abs} = \frac{V_{fuente} - V_{diodo}}{R}$$

$$R = \frac{15 - 3}{0,01} = 1,2K\Omega$$

Cada resistencia tendrá un valor de $R=1,2K\Omega$ y la intensidad total consumida por los diodos es de 40mA.

Ahora, elegiremos un transistor MOSFET que nos cubra las siguientes necesidades:

- El MOSFET debe ser de tipo n, para tomar la referencia común en el polo negativo.
- La tensión nominal del drenador debe ser mayor de :
- $V_D > 15 - 1,2 * 0,01 - 3 = 10,79V$
- La tensión nominal drenador -fuente debe ser mayor de 10,79V.
- La intensidad nominal del drenador debe ser mayor de 40mA.
- La tensión umbral máxima debe ser menor de 3.8V, ya que ese, es el valor mínimo de tensión que aporta la T.A.D. en la posición de alto nivel.
- La tensión umbral mínima debe ser mayor de 0.8V, ya que ese, es el valor máximo de tensión que aporta la T.A.D. en la posición de bajo nivel.
- La tensión nominal de la puente debe superar los 5,5V; tensión máxima que aporta la T.A.D. en la posición de nivel alto.
- La tensión nominal de la puente-fuente debe superar los 5,5V.
- Debe ser de montaje superficial.

Con todos estos requisitos se ha instalado el transistor MOSFET de referencia BS170 (la hoja técnica se encuentra en el “Anexo II: Hojas de especificaciones”).

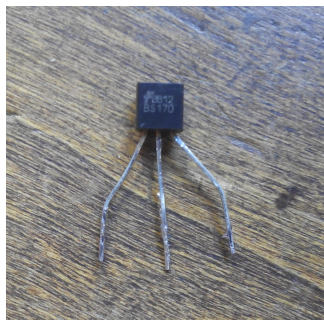


Figura 9.34: Transistor MOSFET BS170

Se requiere introducir una resistencia entre la puerta y la fuente, para eliminar el ruido cuando la puerta está en vacío (figura 9.35). La resistencia es de alto valor; $R=68K\Omega$ [23].

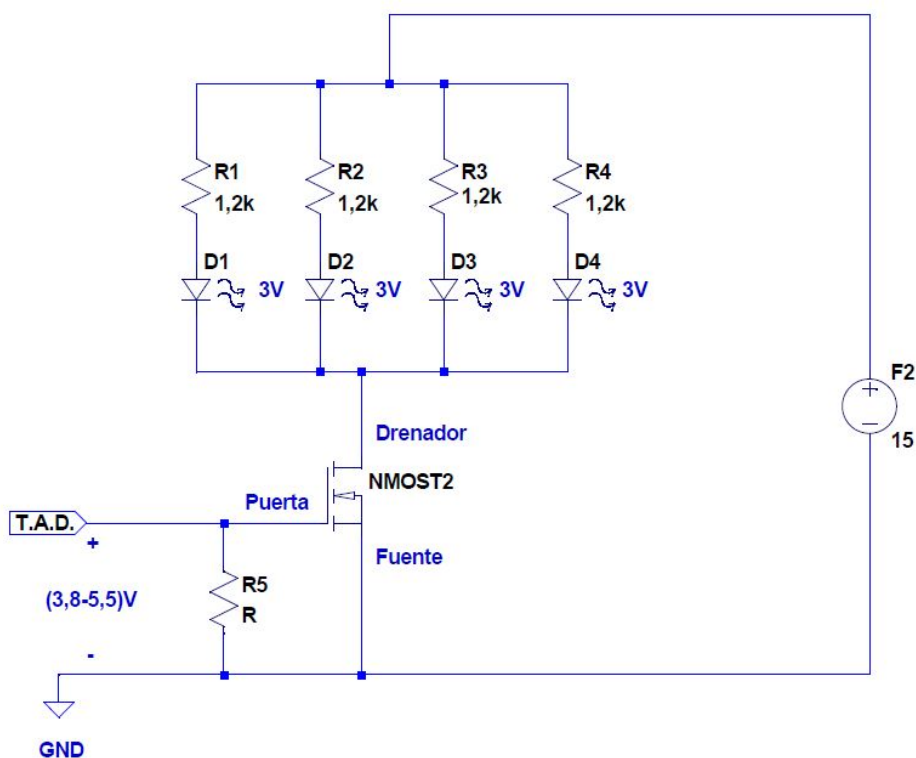


Figura 9.35: Esquema eléctrico que instalaremos, en las entradas digitales, para resolver el problema del ruido.

Comprobamos que con dicha resistencia, realmente, no se excede la corriente nominal de la salida digital a la que lo conectamos:

$$I = \frac{5,5}{68K} = 0,080mA < 2.5mA = I_{ED.(nom)}$$

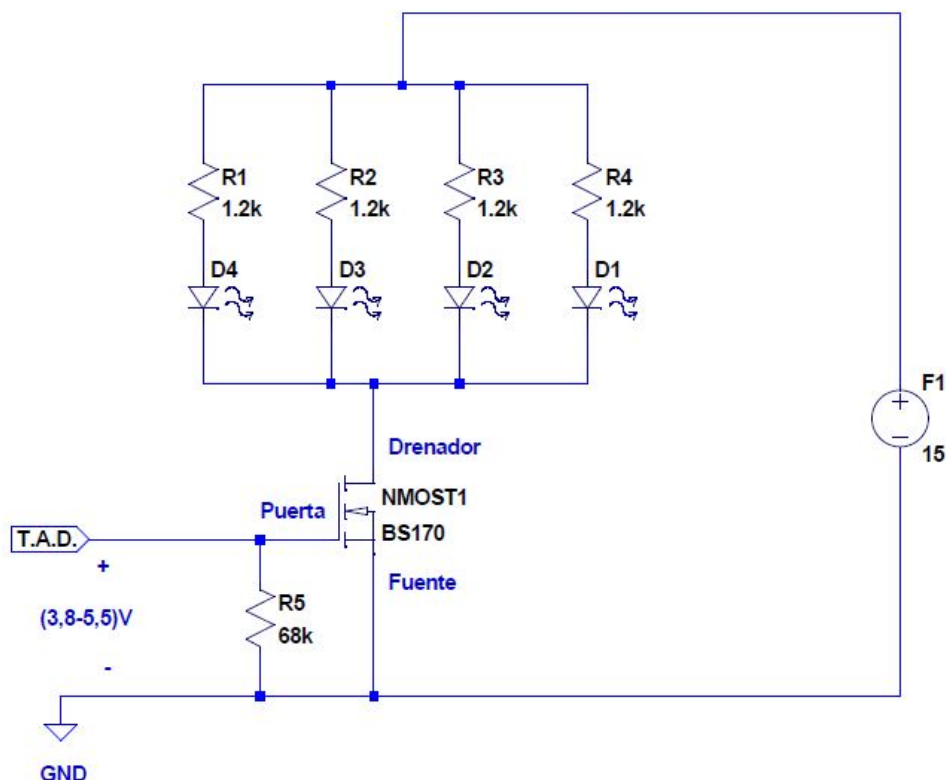


Figura 9.36: Esquema eléctrico de las salidas digitales, con consumo mayor del que puede entregar la T.A.D., con los valores finales.

Calculamos el valor de la intensidad nominal absorbida por las tres salidas digitales en nuestro montaje:

$$I_{EA}^{Total} = 40mA * 3 = 120mA$$

Como indicamos en el apartado 6.1 de este capítulo, nuestra maqueta consume 228,5mA. Se han recogidos todos los consumos en la tabla 9.2:

	Intensidad absorbida por señal (mA)	Nº de señales	Total (mA)
Entradas digitales	5,5	7	38.5
Entradas analógicas	10	7	70
Salidas digitales	40	3	120
		Total	228,5 mA

Tabla 9.2: Intensidades consumida.

Tras el montaje de todos los circuitos, explicados en los apartados anteriores, la parte de abajo del módulo 1 se muestra en la figura 9.37.

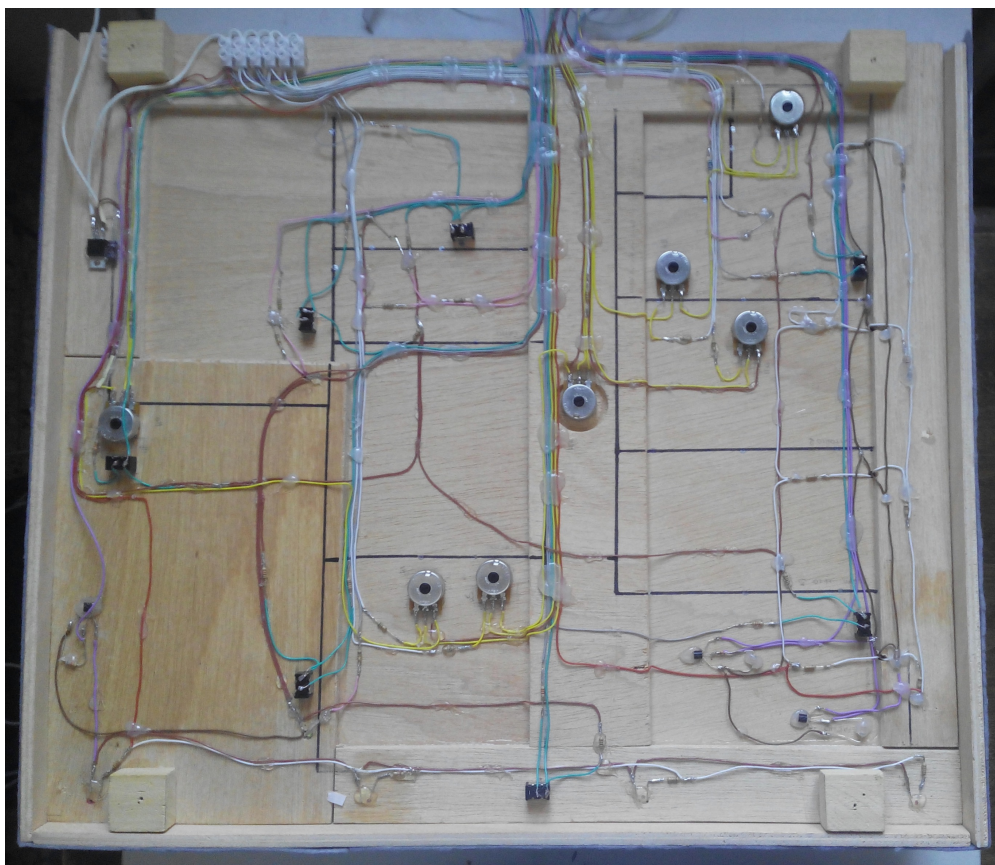


Figura 9.37: Montaje eléctrico de la maqueta.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- [16] J. Vara Montenegro and S. Paláez Silva, “Telecontrol de un sistema domótico – Resumen Ingeniería Técnica Industrial especializada en,” Universidad de Valladolid, 2012.
- [18] Vv.aa, “Adquisición de Datos (DAQ) Soluciones | Informática Medición,” 2015. [Online]. Disponible en: <http://www.mccdaq.com/>. [Último acceso: 09-Dec-2015].
- [19] J. L. Molina Marticorena, “Reguladores Integrados de Tensión,” *Profesor Molina*. [Online]. Disponible en: http://www.profesormolina.com.ar/electronica/componentes/fuente_reg/reg_int.htm. [Último acceso: 09-Dec-2015].
- [20] F. J. Ramirez, “Resistencia Pull Up y Pull Down - TuElectronica.es,” *Tuelectronica.es*, 2012. [Online]. Disponible en: <http://www.tuelectronica.es/tutoriales/electronica/resistencia-pull-up-y-pull-down.html>. [Último acceso: 01-Jan-2015].
- [21] F. J. Ramirez, “Cómo conectar un diodo LED,” *Tuelectronica.es*, 2011. [Online]. Disponible en: <http://www.tuelectronica.es/tutoriales/electronica/como-conectar-un-diodo-led.html>. [Último acceso: 01-Jan-2015].
- [22] V. García, “El Transistor MOSFET | Electrónica práctica,” *Eléctronica práctica aplicada*, 2012. [Online]. Disponible en: <http://www.diarioelectronicohoy.com/blog/el-transistor-mosfet>. [Último acceso: 09-Dec-2015].
- [23] Vv.aa., “Como conectar un mosfet de potencia a un microcontrolador | Inventable.” [Online]. Disponible en: <http://www.inventable.eu/como-conectar-un-mosfet-a-un-microcontrolador/>. [Último acceso: 10-Dec-2015].
- [28] NI, “LabVIEW.” 2014.

10. Conclusiones

CONCLUSIONES

Tras la realización de este trabajo fin de grado se ha cumplido el objetivo principal propuesto al inicio del mismo, aumentado los conocimientos de electrónica, domótica y PLC's.

El PLC, aunque no me era un elemento desconocido, si que me resultaba en gran medida nuevo, tanto sus componentes físicos como el proceso de programación. Se ha conseguido que pase a ser un elemento familiar en mis herramientas de trabajo.

Se ha aprendido y comprendido las tres fases del ciclo de operación de un autómatas lógico programable (exploración de las entradas, ejecución del programa de control y actuación de las salidas). Así como el papel que representa esta tecnología en el sector industrial (imprescindible para la implementación CIM). El PLC constituye la base de la pirámide CIM de cualquier industria, debido a su versatilidad, robustez y capacidad de intercomunicación, por lo que conlleva un valor añadido al conocimiento del mismo.

A nivel técnico, se ha profundizado en la domótica de viviendas, conociendo las distintas tecnologías para llevarlo a cabo, desde el punto de vista de los sensores y actuadores, hasta el de la estructura global del sistema. Una de las tecnologías que se usa en este sector es el PLC, en el que se ha profundizado. Por este motivo, se ha realizado un ejemplo de funcionamiento de un PLC en este campo, que ha ayudado a cumplir los objetivos tanto de aprender LabVIEW, como de diseñar y llevar a cabo un montaje físico mediante una tarjeta de adquisición de datos.

En cuanto al conocimiento de software de PLC's, se ha profundizado en los diagramas Ladder. Aprendiendo desde las funciones más elementales, como contactos normalmente abiertos o normalmente cerrados y bobinas, hasta las funciones más complejas, como la utilización de distintos tipos de datos con operadores y comparadores. Estos conocimientos capacitan la desenvolvura en la programación de PLC's, abarcando gran cantidad de aspectos.

También he aprendido a programar en LabVIEW con bastante soltura, ya que este TFG conlleva un gran número de horas de programación, utilizando bucles, lógica booleana, datos numéricos, funciones propias de la tarjeta de adquisición de datos, etc. Gracias a este programa he tocado puntos básicos de la programación aplicada a la electrónica y, a la vez vitales para el desarrollo y puesta en marcha del TFG.

Relativo a la maqueta, la parte más visible y, que muestra de forma evidente que lo desarrollado de forma teórica funciona, se han logrado unas bases sólidas de la electrónica elemental que me posibilitan la utilización de diodos, transistores MOSFET, potenciómetros, interruptores, reguladores de tensión y montajes como el *pull-down* o el *pull-up* en un futuro. Además de la electrónica, la demo eléctrica, me ha permitido conocer las tarjetas de adquisición de datos. Éstas últimas eran plenamente desconocidas para mí, sin embargo, tras realizar este TFG, he conseguido trabajar con ellas con soltura, tanto en la práctica como sobre el papel, desenvolviéndome con sus hojas técnicas.

Debido a todo lo anterior, se ha logrado cumplir los objetivos básicos del TFG. Sin embargo, aunque no fuera un objetivo inicial, el aprendizaje también se ha dado a título personal. Se ha aumentado la experiencia autodidacta y la soltura en la compra de material electrónico. Además, ha tenido gran valor el conocer la problemática que conlleva pasar de lo teórico a lo práctico: contratiempos, diferencias entre lo teórico y lo físico, etc. Así como conocer la satisfacción personal que produce el ver que, en lo que has trabajado tantas horas y tantos quebraderos de cabeza te ha causado, funciona correctamente y de manera palpable.

11. Bibliografía

BIBLIOGRAFÍA

11.1. Bibliografía citada:

- [1] Vv.aa., “PLC,s.” Universidad de Valladolid, Valladolid, 2013.
- [2] J. Balcells Sendra and J. L. Romeral, *Autómatas programables*, 1ª ED. Marcombo, S.A., 2000.
- [3] A. S. TANENBAUM, *Redes de computadora*, 4ª ED. Prentice Hall Mexico, 2003.
- [4] J. P. Carbonell, “El Autómata Programable PLC, en Aplicaciones Industriales.” COGITI, 2014.
- [5] N. Molinari, “Curso PLC,” *EduDavices*. [Online]. Disponible en: http://www.edudevices.com.ar/curso_PLC.htm. [Último acceso: 10-Dec-2015].
- [6] Scheider Electric, “TwidoSuite.” Scheider Electric, 2012.
- [7] NI, “National Instruments,” *NI*, 2015. [Online]. Disponible en: <http://spain.ni.com/>. [Último acceso: 01-Jan-2015].
- [8] G. A. Holguín Londoño, S. M. Pérez Londoño, and Á. Á. Orozco Gutiérrez, *Curso básico de LabVIEW 6i*. Universidad Tecnológica de Pereira, 2002.
- [9] M. San Martín Ojeda, *Curso básico de LabVIEW: National Instruments LabVIEW*. Universidad de Valladolid, 2002.
- [10] H. A. Roncancio and H. Cifuentes, “Tutorial de labview.” p. 12, 2001.
- [11] C. Romero Morales, F. J. Vazquez Serrano, and C. De Castro Lozano, *Domótica e inmótica. Viviendas y edificios inteligentes*, 3ª ed. RA-MA Editorial, 2010.
- [12] J. M. Mestre, *Domótica para ingenieros*. Madrid: Paraninfo, 2015.

- [13] J. Rodríguez Fernández, *Instalaciones eléctricas y domóticas*. Paraninfo, 2014.
- [14] Vv.aa., “Domótica y hogares inteligentes,” *INOVE*. [Online]. Disponible en: <http://www.inovedomotica.com/documentos/Dossier INOVE - ahorro energetico.pdf>. [Último acceso: 10-Dec-2015].
- [15] Vv.aa., *Manual ilustrado para la instalación domótica : la tecnología entra en casa*. Madrid: Editorial Paraninfo, 2009.
- [16] J. Vara Montenegro and S. Paláez Silva, “Telecontrol de un sistema domótico – Resumen Ingeniería Técnica Industrial especializada en,” Universidad de Valladolid, 2012.
- [17] P. Serrano Yuste, “Instalación domótica para ahorrar agua y energía en las viviendas.” [Online]. Disponible en: <http://www.certificadosenergeticos.com/instalacion-domotica-ahorrar-agua-energia-viviendas>. [Último acceso: 10-Dec-2015].
- [18] Vv.aa, “Adquisición de Datos (DAQ) Soluciones | Informática Medición,” 2015. [Online]. Disponible en: <http://www.mccdaq.com/>. [Último acceso: 09-Dec-2015].
- [19] J. L. Molina Marticorena, “Reguladores Integrados de Tensión,” *Profesor Molina*. [Online]. Disponible en: http://www.profesormolina.com.ar/electronica/componentes/fuente_reg/reg_int.htm. [Último acceso: 09-Dec-2015].
- [20] F. J. Ramirez, “Resistencia Pull Up y Pull Down - TuElectronica.es,” *Tuelectronica.es*, 2012. [Online]. Disponible en: <http://www.tuelectronica.es/tutoriales/electronica/resistencia-pull-up-y-pull-down.html>. [Último acceso: 01-Jan-2015].
- [21] F. J. Ramirez, “Cómo conectar un diodo LED,” *Tuelectronica.es*, 2011. [Online]. Disponible en: <http://www.tuelectronica.es/tutoriales/electronica/como-conectar-un-diodo-led.html>. [Último acceso: 01-Jan-2015].
- [22] V. García, “El Transistor MOSFET | Electrónica práctica,” *Eléctronica práctica aplicada*, 2012. [Online]. Disponible en: <http://www.diarioelectronicohoy.com/blog/el-transistor-mosfet>. [Último acceso: 09-Dec-2015].

- [23] Vv.aa., “Como conectar un mosfet de potencia a un microcontrolador | Inventable.” [Online]. Disponible en: <http://www.inventable.eu/como-conectar-un-mosfet-a-un-microcontrolador/>. [Último acceso: 10-Dec-2015].
- [24] Vv.aa., “Historia del PLC (Controlador lógico programable),” *Electrónica Unicrom*. [Online]. Disponible en: http://www.unicrom.com/art_historia_PLC.asp. [Último acceso: 10-Dec-2015].
- [25] IDAE, “Estudios, informes y estadísticas - IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía,” 27-Dec-2007. [Online]. Disponible en: <http://www.idae.es/index.php/idpag.802/relcategoria.1368/relmenu.363/mod.pags/mem.detalle>. [Último acceso: 10-Dec-2015].
- [26] Vv.aa., “Lección 16.3.4 – Nemónicos o lista de Instrucciones (Instruction list – IL),” *Universidad Nacional Abierta y a Distancia*. [Online]. Disponible en: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/2150512/ContenidoLinea/leccin_1634__nemnicos_o_lista_de_instrucciones_instruction_list__il.html. [Último acceso: 15-Dec-2015].
- [27] J. A. Sirgo Blanco, “Autómatas programables (Visión general),” *Universidad de Oviedo*, 2014. [Online]. Disponible en: http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/plc_resumen.pdf. [Último acceso: 17-Dec-2015].
- [28] NI, “LabVIEW.” 2014.

11.2. Bibliografía consultada y no citada

- [1] A. R. Álvarez, “Autómatas programables.” Universidad de Oviedo, 2003.
- [2] Ascensión Zafra Cabeza, “Tutorial de labview.” Universidad de Sevilla, p. 20.
- [3] M. Cabañas Castell, “Proyecto de electrificación y domotización de una vivienda unifamiliar,” Universitat Politècnica de Catalunya, 2010.

- [4] CEDOM, “Cómo ahorrar energía instalando domótica en su vivienda. Gane en confort y seguridad.” AENOR, p. 28, 2008.
- [5] Effiautomation, “10 SOLUCIONES DE CONTROL INTELIGENTE POR ZONAS DE CALEFACCIÓN,” *Effiautomation*, 2015. [Online]. Disponible en: <http://effiautomation.com/2015/02/11/10-soluciones-de-control-inteligente-por-zonas-de-calefaccion/>. [Último acceso: 01-Jan-2015].
- [6] J. Feijó Muñoz, *Instalación eléctrica y electrónica integral en edificios inteligentes: una nueva tecnología para viviendas*. Valladolid: Universidad de Valladolid, 1991.
- [7] M. Fernandez Gómez, “Instalación eléctrica y domótica para una vivienda unifamiliar,” Universidad de la Rioja, 2012.
- [8] D. Fernández, “Guía de instalación de perisanas motorizadas con control Z-Wave,” 2014.
- [9] Fmgomezcampos, *¿Cómo funciona un transistor? - El MOSFET (Versión en castellano)*. 2011.
- [10] A. Horacio Munguía, “Reguladores de tensión,” *Universidad de Sonora*. [Online]. Disponible en: http://paginas.fisica.uson.mx/horacio.munguia/aula_virtual/Cursos/Instrumentacion II/Documentos/Regulacion voltaje.pdf. [Último acceso: 09-Dec-2015].
- [11] V. Hugo Kurtz, “Como conectar un LED (Practicas con LED),” *Monografias.com*. [Online]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos91/como-conectar-led-practicas-led/como-conectar-led-practicas-led.shtml>. [Último acceso: 09-Dec-2015].
- [12] J. M. Huidobro Moya and R. J. Millán Tejedor, *Domótica: edificios inteligentes*. COPYRIGHT, CREACIONES, 2004.
- [13] IDAE, “Estudios, informes y estadísticas - IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía,” 27-Dec-2007. [Online]. Disponible en: <http://www.idae.es/index.php/idpag.802/relcategoria.1368/relmenu.363/mod.pags/mem.detalle>. [Último acceso: 10-Dec-2015].

- [14] C. Iman, “Programación PLC Watchdog Timer,” 2010. [Online]. Disponible en: <http://program-plc.blogspot.com.es/2010/04/programming-plc-watchdog-timer.html>. [Último acceso: 17-Dec-2015].
- [15] N. Instruments, “LabVIEW.” .
- [16] S. Junestrand, X. Passaret, and D. Vázquez, *Domótica y hogar digital*. Thomson Paraninfo, 2004.
- [17] Á. León Ruiz, P. Martínez Jiménez, and M. Varo Martínez, “Transistores Web.” [Online]. Disponible en: http://rabfis15.uco.es/transistoresweb/Tutorial_General/MOSFET.html . [Último acceso: 09-Dec-2015].
- [18] Maji., “Sensores: tipos y funcionalidades,” *Demo Prac*, 2015. [Online]. Disponible en: <http://www.domoprac.com/hardware-y-productos-domoticos/sensores-tipos-y-funcionalidades.html>. [Último acceso: 01-Jan-2015].
- [19] E. Mandado Pérez, J. Marcos Acevedo, and S. Pérez López, *Autómatas programables : Entornos y aplicaciones*. Madrid: Thomson, 2008.
- [20] Á. Á. Orozco Gutiérrez, C. Guarnizo Lemus, and M. Holguín Londoño, *Automatismos industriales*. Universidad Tecnológica de Pereira, 2008.
- [21] F. J. Ramirez, “Regulador de tensión a 5V,” *Tuelectronica.es*, 2008. [Online]. Disponible en: <http://www.tuelectronica.es/tutoriales/electronica/regulador-de-tension-a-5v.html>. [Último acceso: 01-Jan-2015].
- [22] C. Romero Morales, F. J. Vazquez Serrano, and C. De Castro Lozano, *Domótica e inmótica. Viviendas y edificios inteligentes*, 3ª ed. RA-MA Editorial, 2010.
- [23] Vv.aa, “SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN PARA SOLAR SCREEN, PERSIANAS, CORTINAS Y PERSIANAS,” *NICE SCREEN*, 2014. [Online]. Disponible en: http://www.niceforyou.com/_download/product_information/awnings_blinds_rolling_shutters/era_screen_catalogue/Nice_EraScreen_cat_ES.pdf. [Último acceso: 01-Jan-2015].

- [24] Vv.aa., “MTD35S/MTD45S.” Motor Persiana.
- [25] Vv.aa., “Estandarización en la programación de control industrial,” *PLCopen*, vol. 3, p. 4, 2015.
- [26] Vv.aa., “RS Components | Componentes Electrónicos y Eléctricos,” 2015. [Online]. Disponible en: <http://es.rs-online.com/web/>. [Último acceso: 09-Dec-2015].
- [27] Vv.aa., “LEDFACIL.” [Online]. Disponible en: <http://www.ledfacil.com.ar/Serie.html>. [Último acceso: 09-Dec-2015].
- [28] Vv.aa., “Transistor MOSFET,” *Electrónica Unicrom*. [Online]. Disponible en: http://www.unicrom.com/Tut_transistores_MOSFET.asp. [Último acceso: 09-Dec-2015].
- [29] Vv.aa., “Ahorrar automatizando la calefacción,” *Tecnifica*, 2014. [Online]. Disponible en: <http://www.tecnifica.es/es/blog/ahorrar-automatizando-calefaccion>. [Último acceso: 01-Jan-2015].
- [30] Vv.aa., “Sensores y actuadores.” Universidad de Valladolid, Valladolid, 2013.
- [31] Vv.aa., “Catálogo general ABB i-bus® KNX Soluciones de automatización y Eficiencia energética para edificios.” ABB, p. 80, 2015.
- [32] Vv.aa., “Circuitos lógicos.” UANCV, Juliaca, Perú, pp. 1–29.
- [33] Vv.aa., “Introducción a LabVIEW,” no. September. NI, p. 93, 2003.
- [34] Vv.aa., “Autómatas programables (PLC): Origen e historia,” *Electrónica Unicrom*. [Online]. Disponible en: http://www.unicrom.com/Art_OrigenHistoriaAutomatas.asp. [Último acceso: 10-Dec-2015].
- [35] Vv.aa., “Vídeos/manuales explicativos sobre motores para persianas y toldos.” [Online]. Disponible en: <http://www.motorespersianas.com/manuales.php>. [Último acceso: 01-

Jan-2015].

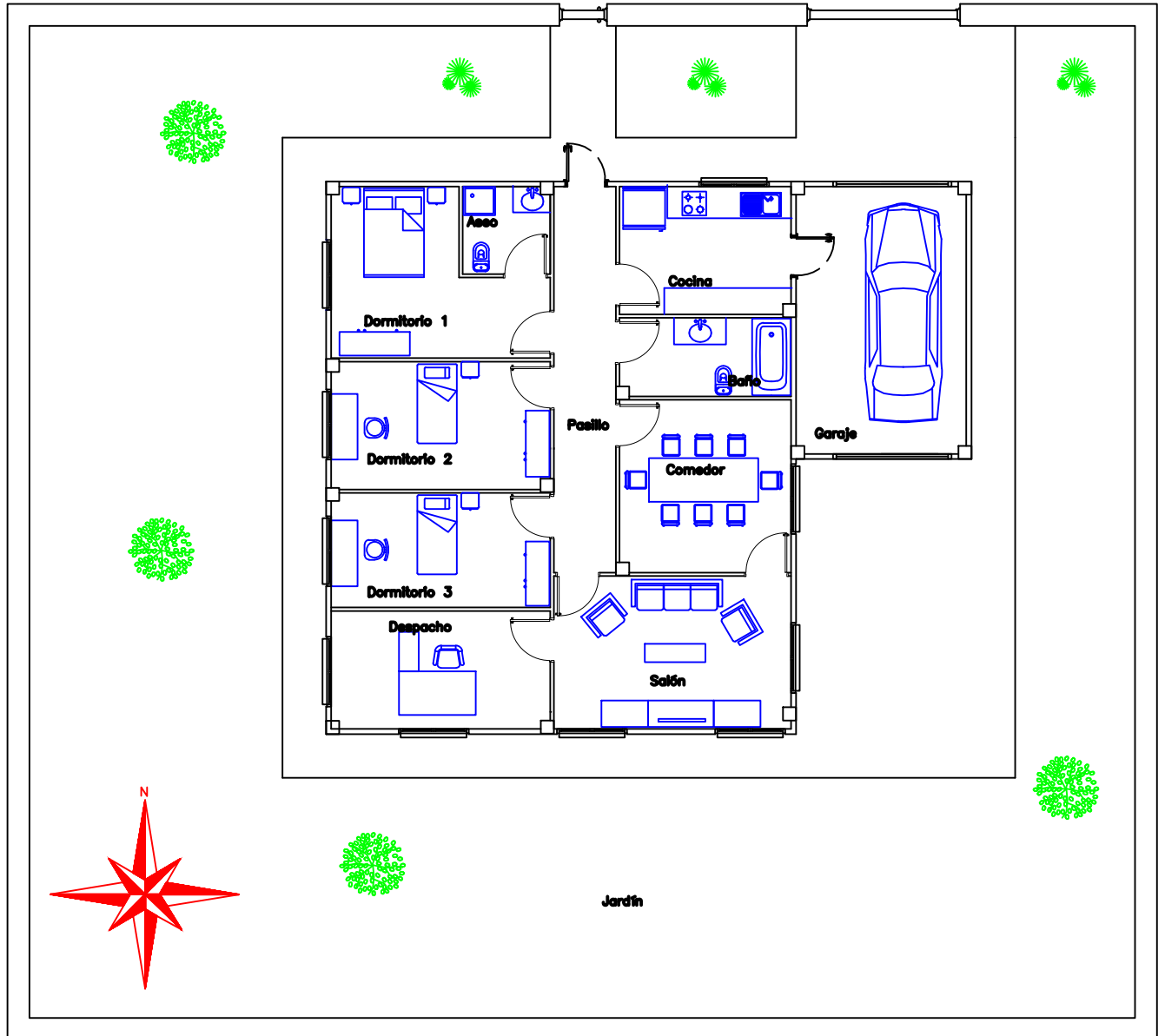
- [36] Vv.aa., “Consumos del Sector Residencial en España. Resumen de Información Básica,” *IDAE eurostat Gobierno de España. Ministerio de Industria, Energía y Turismo.*, 2013. [Online]. Disponible en: http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Documentacion_Basica_Residencial_Unido_c93da537.pdf. [Último acceso: 10-Dec-2015].
- [37] Vv.aa., “Descubre como alcanzar mayores cotas de ahorro energético con Econavi,” *Panasonic*. [Online]. Disponible en: http://www.aircon.panasonic.eu/ES_es/happening/562/. [Último acceso: 01-Jan-2015].
- [38] Vv.aa., “INOVE: hogares inteligentes,” *INOVE*. [Online]. Disponible en: http://www.inovedomotica.com/documentos/Dossier_INOVE_hogares_inteligentes.pdf. [Último acceso: 10-Dec-2015].
- [39] Vv.aa., “Como conectar un mosfet de potencia a un microcontrolador | Inventable.” [Online]. Disponible en: <http://www.inventable.eu/como-conectar-un-mosfet-a-un-microcontrolador/>. [Último acceso: 10-Dec-2015].

12. Anexo I: Planos

PLANOS

Índice

1. Distribución vivienda: General
2. Distribución vivienda: Detallada
3. Sistema de calefacción
4. Sensores y actuadores
5. Demo eléctrico
6. Esquema Demo eléctrico: T.A.D y F.A.
7. Esquema Demo eléctrico: Señales digitales
8. Esquema Demo eléctrico: Señales analógicas




UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

TÍTULO PROYECTO: Emulador de PLC mediante LabVIEW

PLANO: **Distribución de la vivienda** **General**

ASIGNATURA: Trabajo Fin de Grado

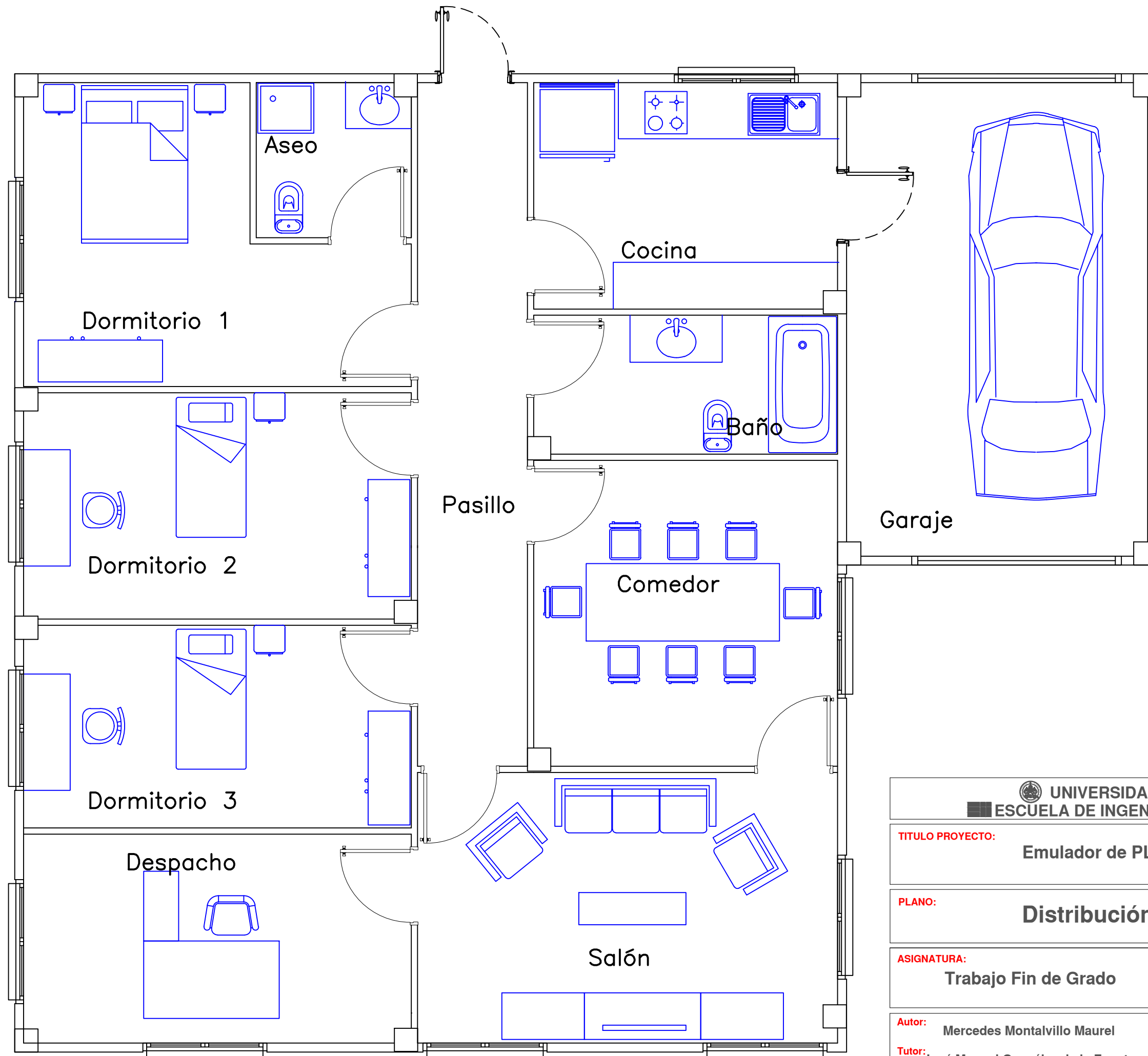
FECHA: 1 - 2016

Nº PLANO: 1

Autor: Mercedes Montalvillo Maurel
Tutor: José Manuel González de la Fuente

ESCALA: 1:150

FIRMA: AUTOR



TITULO PROYECTO: Emulador de PLC mediante LabVIEW

PLANO: Distribución de la vivienda Detallada

ASIGNATURA: Trabajo Fin de Grado

FECHA: 1 - 2016

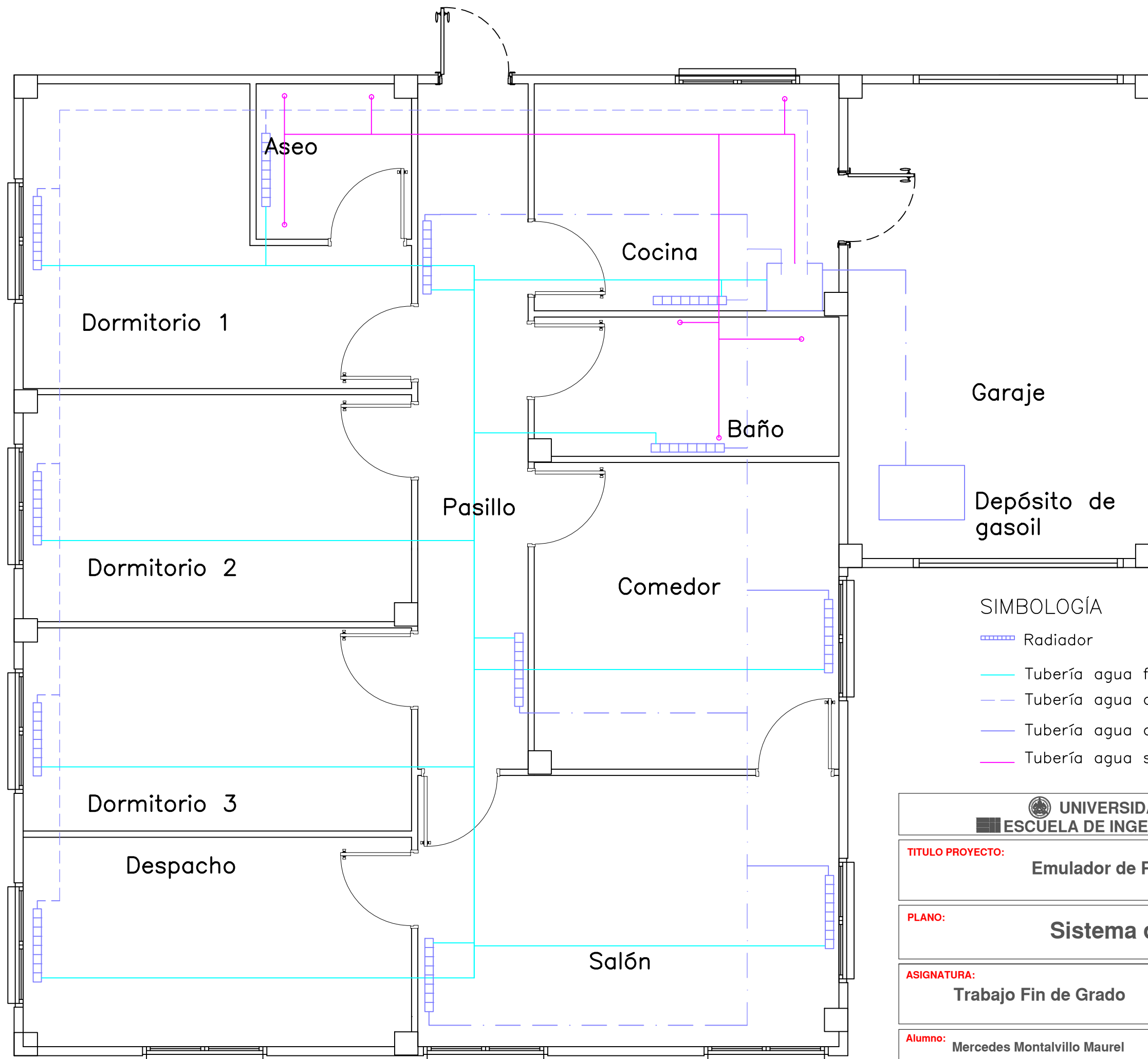
Nº PLANO: 2

Autor: Mercedes Montalvillo Maurel






ESCALA: 1:50

FIRMA:
AUTOR:

Tutor: José Manuel González de la Fuente



SIMBOLOGÍA

-  Radiador
-  Tubería agua fría
-  Tubería agua caliente Zona 1
-  Tubería agua caliente Zona 2
-  Tubería agua sanitaria

 **UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

TÍTULO PROYECTO: Emulador de PLC mediante LabVIEW

PLANO: Sistema de calefacción

ASIGNATURA: Trabajo Fin de Grado

FECHA: 1 - 2016

Nº PLANO: 3

Alumno: Mercedes Montalvillo Maurel

ESCALA: 1:50

FIRMA:
AUTOR:

Tutor: José Manuel González de la Fuente



SIMBOLOGÍA

PLC

Sensores

- sensor de temperatura
- sensor crepuscular interior
- sensor crepuscular exterior
- sensor viento
- sensor de presencia
- Interruptor
- potenciómetro iluminación
- potenciómetro calefacción.

Actuadores

- Electroválvula riego
- Electroválvula calefacción
- Motor persiana
- Motor toldo
- Lámpara

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
 ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

TÍTULO PROYECTO: Emulador de PLC mediante LabVIEW

PLANO: Sensores y actuadores

ASIGNATURA: Trabajo Fin de Grado

FECHA: I - 2016

N° PLANO: 4

Autor: Mercedes Montalvillo Maurel

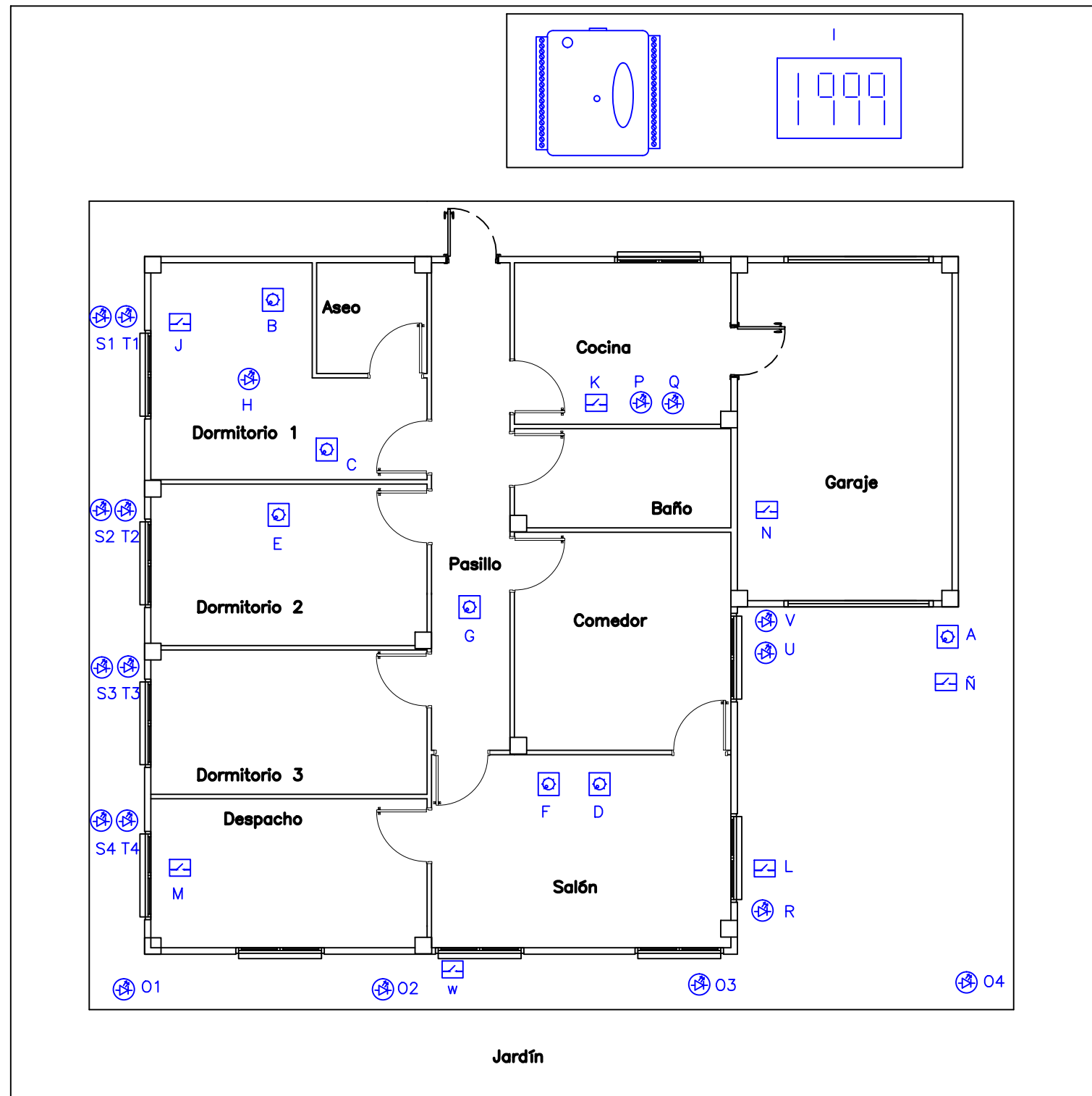
ESCALA: 1:80

FIRMA:
AUTOR:




Tutor: José Manuel González de la Fuente

Grado en Ingeniería Eléctrica

Fdo: Mercedes Montalvillo Maurel



Leyenda

-  Interruptor
-  Potenci6metro
-  Diodo LED

Nomenclatura

- A Sensor lum6nico exterior
- B Consigna luz dormitorio
- C Sensor lum6nico dormitorio
- D Consigna temperatura Zona 1(zona com6n)
- E Term6metro Zona 2(dormitorio)
- F Term6metro Zona 1 (zona com6n)
- G Consigna temperatura Zona 2 (dormitorio)
- H L6mpara dormitorio 1
- I L6mpara dormitorio 1
- J Interruptor luz dormitorio
- K Modo calefacci6n
- L ON/OFF riego
- M ON/OFF persianas
- N ON/OFF toldo
- 6 Sensor viento
- O L6mparas fachada exterior
- P Electrovlvula calefacci6n Zona 2 (dormitorios)
- Q Electrovlvula calefacci6n Zona 1 (zonas comunes)
- R Electrovlvula de riego
- S Motor persianas (cerrar)
- T Motor persianas (abrir)
- U Motor toldo(bajar)
- V Motor toldo (subir)
- W Sensor movimiento exterior fachada

 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

TITULO PROYECTO: Emulador de PLC mediante LabVIEW

PLANO: Distribuci6n Demo el6ctrica

ASIGNATURA: Trabajo Fin de Grado

FECHA: 1 - 2016

N° PLANO: 5

Autor: Mercedes Montalvillo Maurel

ESCALA: 1:3

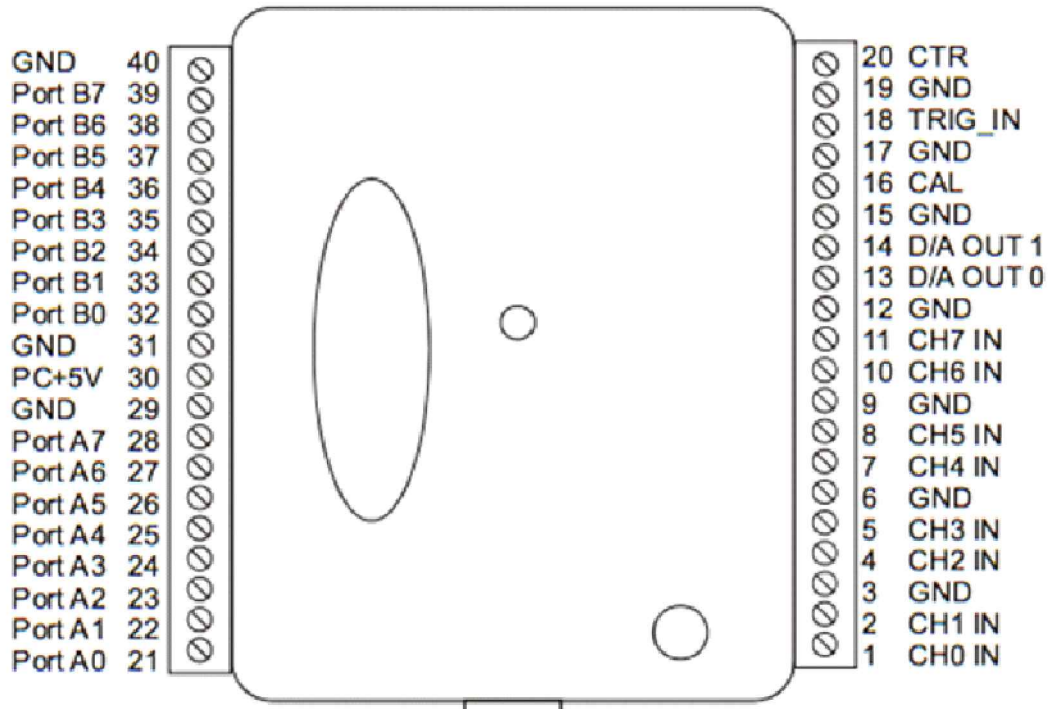
FIRMA:
AUTOR:

Tutor: Jos6 Manuel Gonz6lez de la Fuente

Grado en Ingenieria El6ctrica

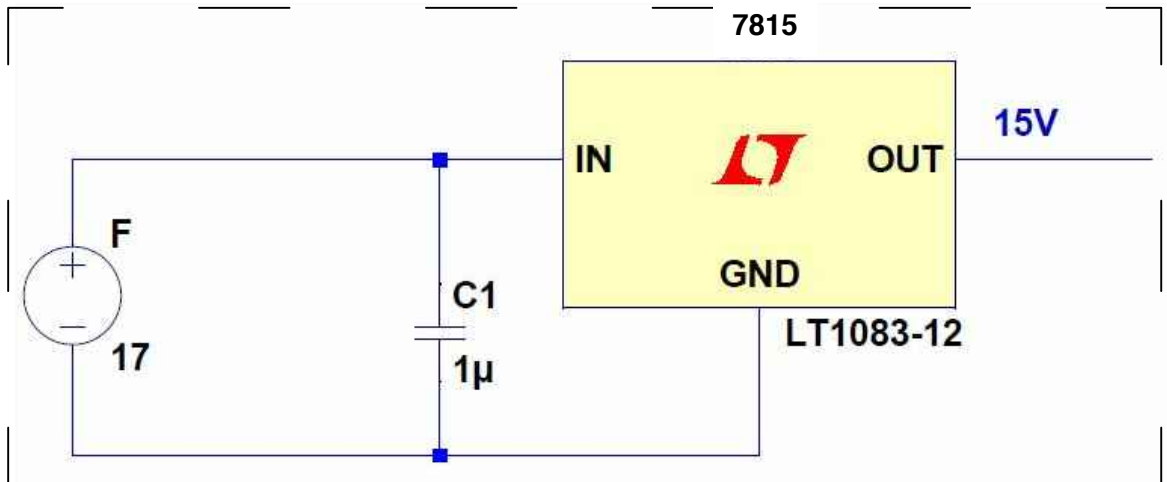
Fdo: Mercedes Montalvillo Maurel

Nomenclatura terminales T.A.D.



Fuente con regulador de tensión

F.A.



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

TITULO PROYECTO:
Simulación de un PLC mediante LabVIEW

PLANO: Esquema Demo eléctrico T.A.D y F.A.

ASIGNATURA:
Trabajo Fin de Grado

FECHA:
1 - 2016

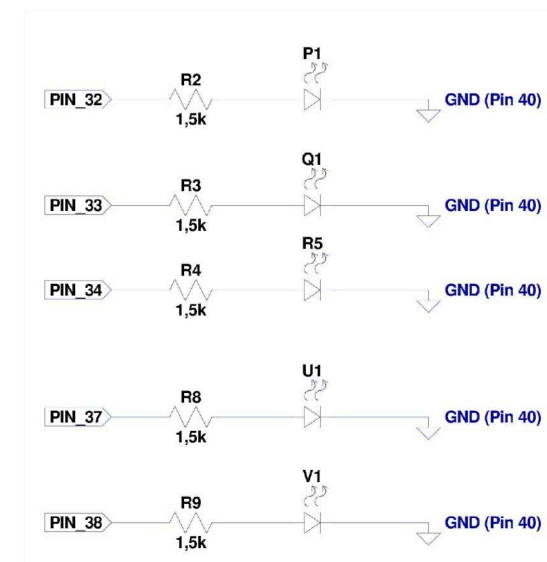
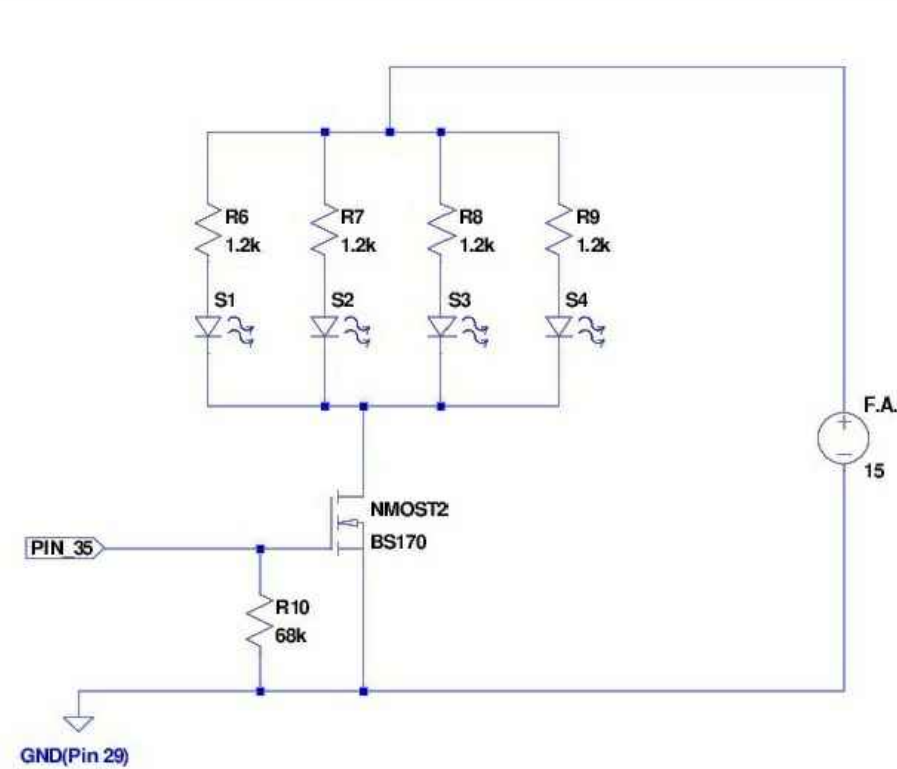
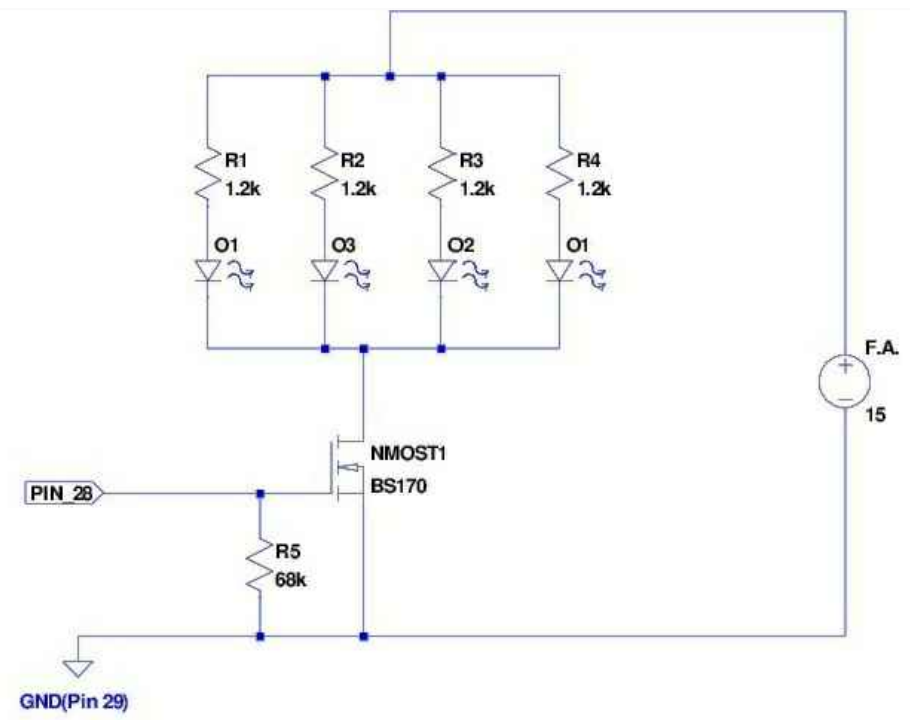
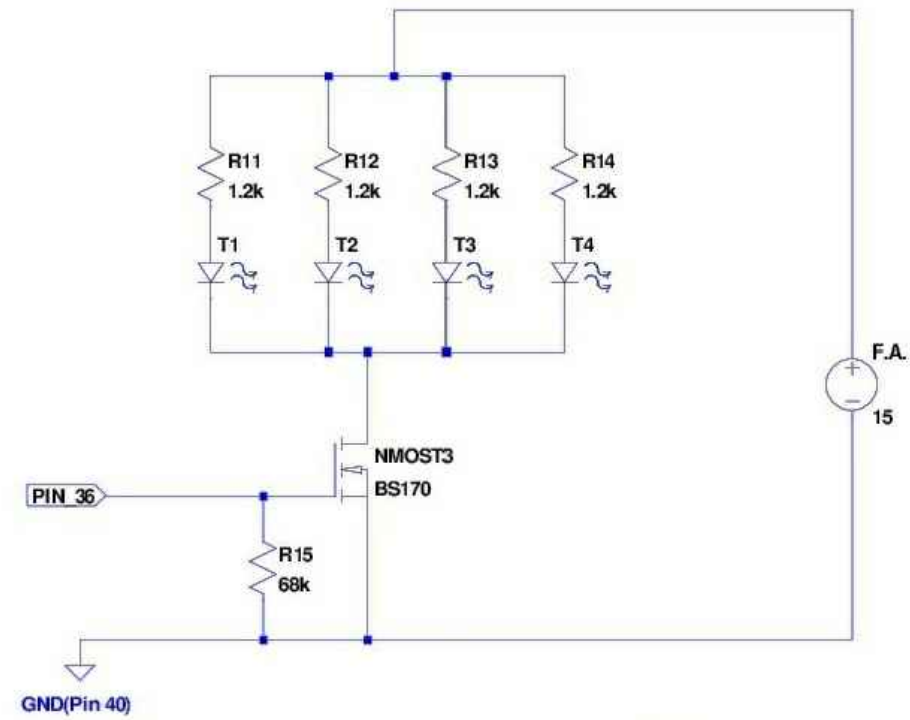
N° PLANO:
6

Autor: Mercedes Montalvillo Maurel
Tutor: José Manuel González de la Fuente

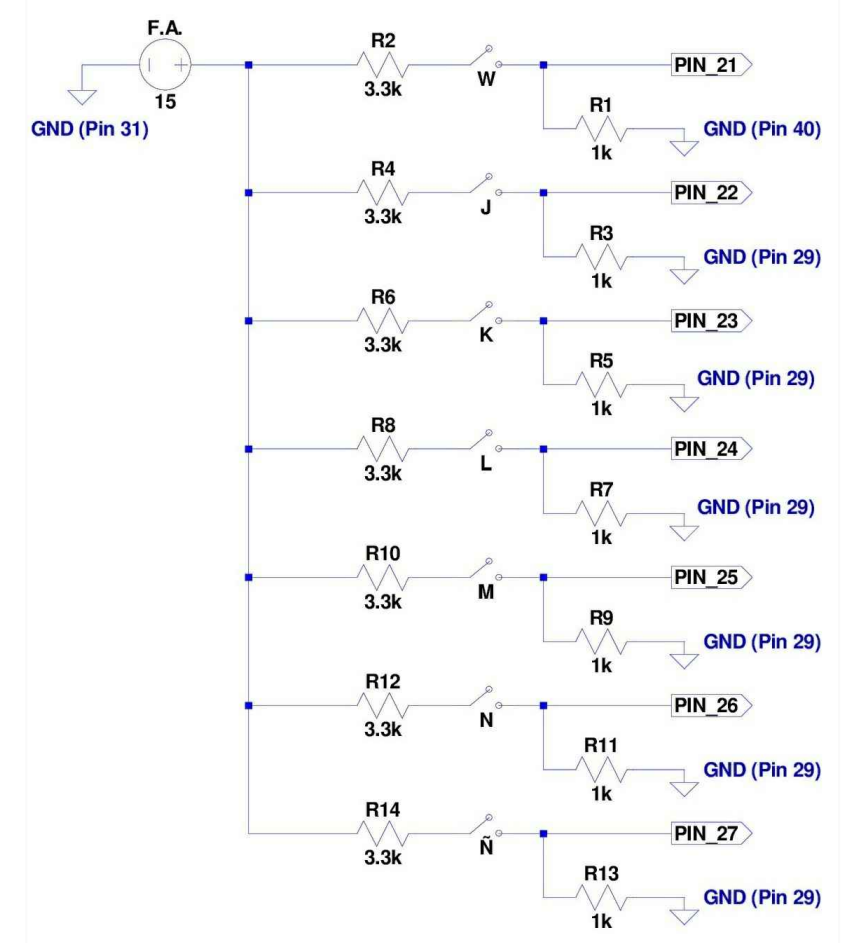
ESCALA:
-

FIRMA:
AUTOR:

Salidas digitales



Entradas digitales



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

TITULO PROYECTO:
Simulación de un PLC mediante LabVIEW

PLANO:
Esquema Demo eléctrico Señales digitales

ASIGNATURA:
Trabajo Fin de Grado

FECHA:
I-2016

N° PLANO:
7

Autor:
Mercedes Montalvillo Maurel

ESCALA:
-

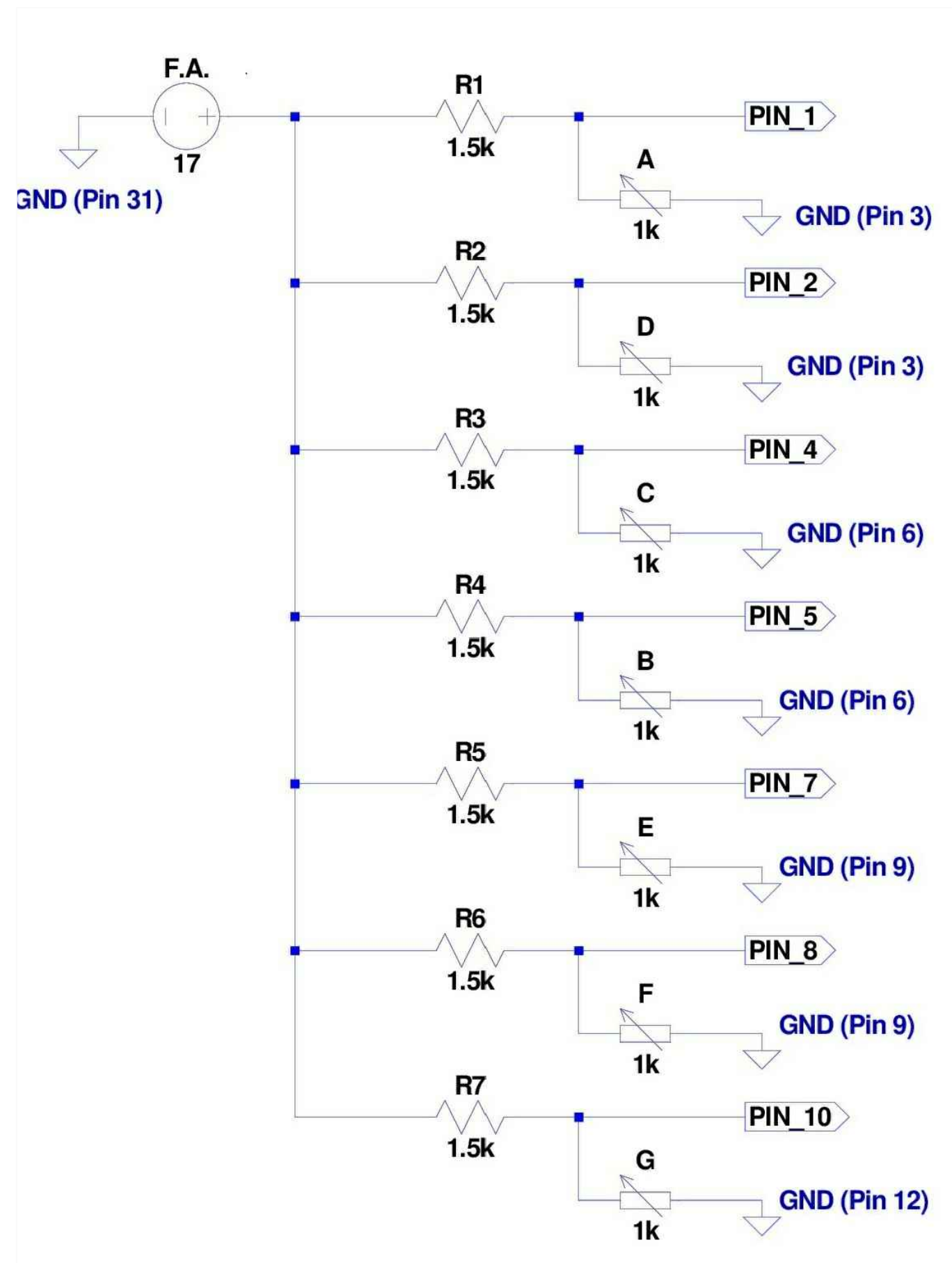
FIRMA:
AUTOR:

Tutor:
José Manuel González de la Fuente

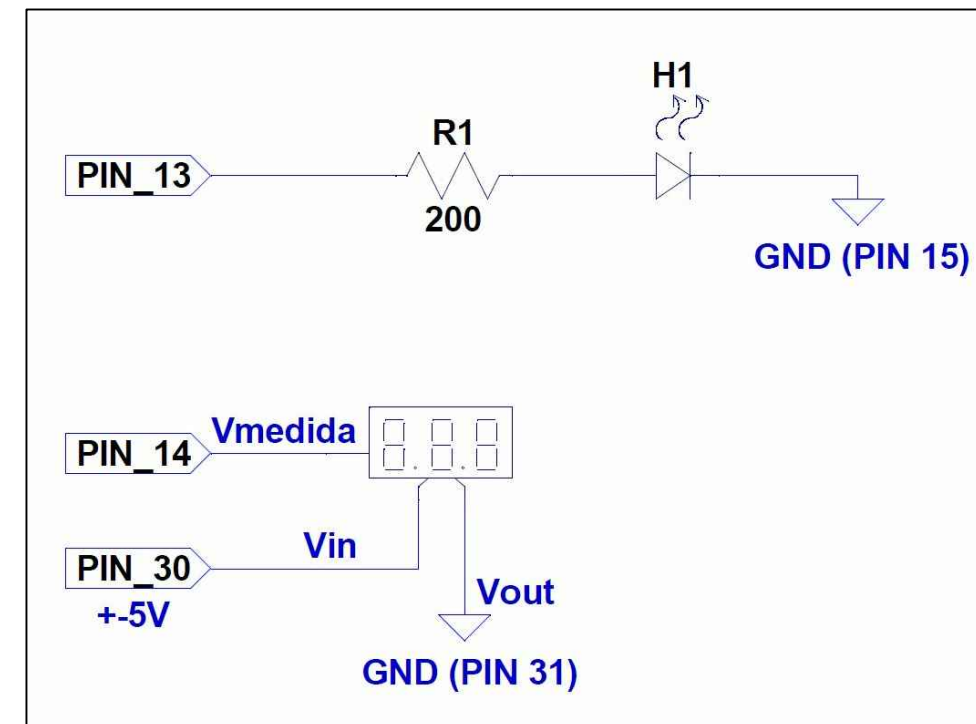
Grado en Ingeniería Eléctrica

Fdo: Mercedes Montalvillo Maurel

Entradas analógicas



Salidas analógicas



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

TÍTULO PROYECTO:
Simulación de un PLC mediante LabVIEW

PLANO:
Esquema Demo eléctrico Señales analógicas

ASIGNATURA:
Trabajo Fin de Grado

FECHA:
I - 2016

Nº PLANO:
8

Autor:
Mercedes Montalvillo Maurel

ESCALA:
-

FIRMA:
AUTOR

Tutor:
José Manuel González de la Fuente

Grado en Ingeniería Eléctrica

Fdo: Mercedes Montalvillo Maurel

13. Anexo II: Hojas de características

HOJAS DE CARACTERÍSTICAS

Índice

- 13.1. Sensor de luz interior
- 13.2. Sensor de luz exterior
- 13.3. Sensor de temperatura
- 13.4. Sensor de movimiento
- 13.5. Sensor de viento
- 13.6. Electroválvula de riego
- 13.7. Electroválvula de calefacción
- 13.8. Motores para persianas y toldos
- 13.9. Tarjeta de adquisición de datos
- 13.10. Transistor MOSFET
- 13.11. Regulador de tensión

ANEXO II: HOJAS DE CARACTERÍSTICAS

13.1. Sensor de luz interior:

GLS-LCL

Crestron Green Light® Photosensor, Closed-Loop

- > Ceiling-mount photosensor
- > Measures the ambient light level from all light sources
- > Versatile flush or surface mounting
- > 60 degree cone of coverage
- > 0 to 10 Volts DC analog control output
- > Control system interface via Cresnet®^[1] or analog input

The GLS-LCL is a photosensor that measures ambient light in order to achieve the optimal balance of natural and artificial lighting in an indoor space in daylight harvesting applications. By harnessing natural daylight from windows and skylights, electrical lighting can be dimmed, reducing energy usage while maintaining a consistent light level for a more efficient and comfortable work or living space.

Intended for use with closed-loop type daylight harvesting systems, the GLS-LCL continually monitors the total ambient light level from all available light sources, which, along with precise control of room lighting and window shades, enables the control system to maintain a consistent level of light throughout the day. The best place to install the GLS-LCL in a typical office or similar space is on the ceiling directly above the primary work area. The sensor measures all light within a 60° cone, which consists predominately of reflected light, acquiring the most natural approximation of perceived changes in ambient light levels.

The GLS-LCL includes hardware to facilitate flush or surface mounting to a drywall or drop-tile surface. Its simple 3-wire interface allows for direct connection to a Crestron® control system via a single Versiport I/O or analog input port, with 24 Volts of power taken from the Cresnet® control bus.^[1]

Using the optional GLS-SIM Sensor Integration Module, the GLS-LCL becomes a full-featured Cresnet device, streamlining the total lighting system. Cresnet provides a simpler solution for configuring and wiring sensors as part of any complete Crestron system. The Cresnet bus is the communications backbone for many Crestron keypads, lighting controllers, shade motors, sensors, and other devices. Cresnet is a simple, yet flexible 4-wire network that provides bidirectional communication and 24VDC power for Cresnet devices.

SPECIFICATIONS

Sensing

Field of View: 60 degree cone
Light Sensitivity: 0 to 70 foot-candles



Connections

Power: (1) Red flying lead; +24 Volt DC power input
Common: (1) Black flying lead; Power and control signal common
Sensor: (1) Orange flying lead; Light level control signal output; Provides 0-10 Volts DC analog control signal proportionate to the ambient light level; Connects to a GLS-SIM Integration Module or to a Versiport I/O or Analog Input control port on any Crestron control system

Power Requirements

Current Consumption: 42 mA at 24 Volts DC
Cresnet Power Usage: 1 Watt^[2]

Environmental

Temperature: 32° to 131° F (0° to 55° C)
Humidity: 20% to 90% RH (non-condensing)

Housing

Construction: High-impact injection-molded plastic, white
Mounting: Surface or flush ceiling mount directly to drywall or drop-tile

Dimensions

Height: 0.99 in (25 mm)
Diameter: 2.52 in (64 mm)

Standards & Certifications

UL Listed, CSA Certified, California Title 24 Code Compliant

MODELS & ACCESSORIES

Available Models

GLS-LCL: Crestron Green Light® Photosensor, Closed-Loop

GLS-LCL Crestron Green Light® Photosensor, Closed-Loop

Available Accessories

GLS-SIM: Crestron Green Light® Sensor Integration Module

Notes:

1. Cresnet communications requires GLS-SIM Sensor Integration Module (sold separately).
2. Power may be taken from Cresnet bus regardless of interface method.

This product may be purchased from an authorized Crestron dealer. To find a dealer, please contact the Crestron sales representative for your area. A list of sales representatives is available online at www.crestron.com/salesreps or by calling 800-237-2041.

The specific patents that cover Crestron products are listed online at: patents.crestron.com.

Some Crestron products contain open source software. For specific information, visit www.crestron.com/opensource.

Crestron, the Crestron logo, Cresnet, and Crestron Green Light are either trademarks or registered trademarks of Crestron Electronics, Inc. in the United States and/or other countries. Other trademarks, registered trademarks, and trade names may be used in this document to refer to either the entities claiming the marks and names or their products. Crestron disclaims any proprietary interest in the marks and names of others. Crestron is not responsible for errors in typography or photography. Specifications are subject to change without notice.
©2015 Crestron Electronics, Inc.

13.2. Sensor de luz exterior

GLS-LEXT

Crestron Green Light® Photosensor, Outdoor

- > Wall-mount photosensor
- > Measures the outdoor light levels
- > Weatherproof with visor for protecting the lens
- > 0 to 10 Volts DC analog control output
- > Control system interface via Cresnet® [1] or analog input
- > CEC Title 24 2013 Compliant

The GLS-LEXT is a photosensor for use in outdoor spaces such as in parking lots, playgrounds, and storage areas. The sensor measures daylight and signals the control system to turn on the exterior lights when the light level falls below a certain threshold. Unlike with a timer, a sensor can account for daytime storms and doesn't need to be programmed for sunset and sunrise.

The GLS-LEXT continually monitors the total ambient light level and can adjust the lighting as necessary to reach the desired light level. The sensor's sensitivity is adjustable so that a 10 Volt signal matches full daylight and a 0 Volt signal matches total darkness. A built-in visor provides more consistent readings by blocking direct sunlight and also protects the lens from the elements.

The GLS-LEXT has a simple three-wire interface that allows for direct connection to a Crestron® control system via a single Versiport I/O or analog input port. The sensor can use 24 Volts of power straight from the Cresnet® control bus.[1]

Using the optional **GLS-SIM** Sensor Integration Module, the GLS-LEXT becomes a full-featured Cresnet device, streamlining the total lighting system. Cresnet provides a simple solution for configuring and wiring sensors as part of any complete Crestron system. The Cresnet bus is the communications backbone for many Crestron keypads, lighting controllers, shade motors, sensors, and other devices. Cresnet is a simple, yet flexible 4-wire network that provides bidirectional communication and 24VDC power for Cresnet devices.

SPECIFICATIONS

Sensing

Light Sensitivity: 5 to 750 foot-candles
Accuracy: ±1% at 70° F (21° C), ±5% at 0° to 120° F (-18° to 49° C)

Connections

Power: +24 Volts DC input, 18 AWG conductor
Common: DC common, 18 AWG conductor
Sensor: 0-10 Volts DC output, 18 AWG conductor

Power Requirements

Current Consumption: 4 mA at 24 Volts DC
Cresnet® Power Usage: <1 Watt^[2]



Housing

Construction: Plastic, white
Mounting: Surface mount

Standards & Certifications

CEC Title 24 2013 Compliant

MODELS & ACCESSORIES

Available Models

GLS-LEXT: Crestron Green Light® Photosensor, Outdoor

Available Accessories

GLS-SIM: Crestron Green Light® Sensor Integration Module

Notes:

1. Cresnet communications requires GLS-SIM Sensor Integration Module (sold separately).
2. Power may be taken from Cresnet bus regardless of interface method.

This product may be purchased from an authorized Crestron dealer. To find a dealer, please contact the Crestron sales representative for your area. A list of sales representatives is available online at www.crestron.com/salesreps or by calling 800-237-2041.

The specific patents that cover Crestron products are listed online at: patents.crestron.com.

Certain Crestron products contain open source software. For specific information, visit www.crestron.com/opensource.

Crestron, the Crestron logo, Cresnet, and Crestron Green Light are either trademarks or registered trademarks of Crestron Electronics, Inc. in the United States and/or other countries. Other trademarks, registered trademarks, and trade names may be used in this document to refer to either the entities claiming the marks and names or their products. Crestron disclaims any proprietary interest in the marks and names of others. Crestron is not responsible for errors in typography or photography. Specifications are subject to change without notice.
 ©2015 Crestron Electronics, Inc.

13.3. Sensor de temperatura

www.loxone.com



Indoor Temperature Sensor (0-10V)

Part No.: 200006

FEATURES

- Compatible 0 - 10 V signal
- 3 point calibrated and linearised
- High long-term stability
- Integrated temperature voltage converter

DIMENSIONS



OPERATION

With its in-built surge protection, this temperature sensor is ideally suited to be used in a wide range of applications in our automation system. In addition to that this sensor will deliver very accurate readings for precise control. The temperature is measured with a precise and long-term stable platinum thermistor that conforms to relevant industry standards. The non-linear reading of this platinum sensor is linearised using a second order polynomial according to DIN47115 guidelines. Following this signal processing the reading is represented as a 0-10V signal which conforms to common industry standards.

POWER SUPPLY

The sensor requires a 24V DC power supply, which can be supplied directly from one of our controllers or using an alternate power supply.

SPECIFICATIONS

Temperature	
Measurement Range	-30 to +70°C (preset)
Sensor Element	Platinum resistor (PT 100)
Accuracy	+/- 0.2 °K + max. 3% of FV
Output scaling	-50 to +50°C FS
General	
CE	89/336/EEC
EMC Emissions	EN 61000-6-3:2001
Sensor Dimensions	See dimensional drawing
Enclosure Electronics	Plastic
Connection	Screw terminals 1.5mm ²
Operating Voltage	15-36 VDC / 24 VAC
Surge Protection	Varistor

Please Note: Specifications may change at any time

www.loxone.com



CALIBRATION AND ADJUSTMENT

All units are calibrated using a ladder arrangements of precision resistors according to national standards of PTB.

Due to the high-quality platinum sensor elements, the sensors are long term stable and maintenance free. Recalibration is therefore generally not required.

CONNECTION

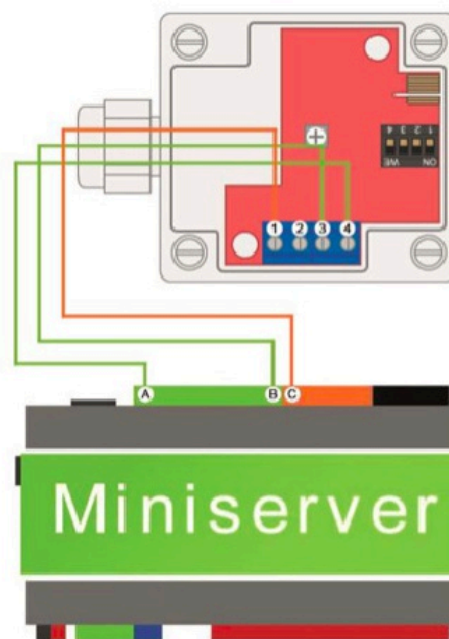
The preferred cable for connecting this sensor is a STP (Shielded Twisted Pair) cable, though UTP (Unshielded Twisted Pair) can be used. The use of a STP cable is especially important in environments with high EMI. The shielding must be grounded to be effective.

WARRANTY

We provide a 24 month manufacturer's warranty on our sensors.

Mechanical damage to the sensor and any modifications of the electronics result in the loss of warranty. Calibration services are excluded from the warranty.

CONNECTION DIAGRAM



	Function	Description
1	0-10V	Temperature signal
2	Screen	Cable shielding
3	GND 0V	Reference potential
4	15-36VDC	Operating voltage
A	+24V	24V power supply
B	GND	Ground
C	AI	Analog input 0-10V

Measurement Range: Adjustable by Dip Switch

	Range	1	2	3	4
1	-50° to + 50°	OFF	OFF	OFF	OFF
2	-50° to +150°	ON	OFF	OFF	OFF
3	-30° to +70°	OFF	ON	OFF	OFF
4	-20° to +50°	ON	ON	OFF	OFF
5	-20° to +80°	OFF	OFF	ON	OFF
6	-20° to +120°	ON	OFF	ON	OFF
7	0° to +50°	OFF	ON	ON	OFF
8	0° to +70°	ON	ON	ON	OFF
9	0° to +70°	OFF	OFF	OFF	ON
10	0° to +100	ON	OFF	OFF	ON
11	0° to +150°	OFF	ON	OFF	ON
12	0° to +200°	ON	ON	OFF	ON

13.4. Sensor de movimiento.

Sistemas de alarma de intrusión | Detector panorámico DS937

Detector panorámico DS937

www.boschsecurity.es



BOSCH

Innovación para tu vida



- ▶ Diseño discreto
- ▶ Cobertura de 360° hasta 14 m (50 pies)
- ▶ Instalación sencilla
- ▶ Control de primera alarma y de memoria de la alarma
- ▶ Tensión de funcionamiento CA o CC

El detector PIR DS937 de montaje en techo proporciona cobertura panorámica (360° x 14 m [50 pies]). Su diseño de bajo perfil le otorga una apariencia de montaje empotrado incluso si se monta en superficie. Se puede acceder a las opciones de cableado y programación sin necesidad de retirarlo del techo. El patrón de cobertura de 14 m (50 pies) de diámetro lo convierte en una opción perfecta para montar en techo con aplicaciones que requieren detección puntual o de 360°.

Funciones básicas

Indicador de alarma

El indicador LED rojo (apagado/encendido seleccionable) se enciende en el momento de la detección durante $2 \pm 0,5$ seg.

Memoria de alarma

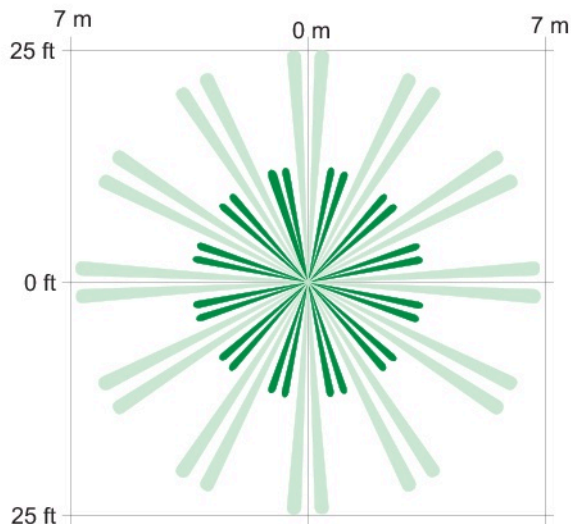
La entrada de memoria permite que el LED se encienda si el detector activa la alarma durante el periodo de alarma. La señal de primera alarma indica cuál es el primer detector que emite una alarma si hay varias unidades en el mismo lazo.

Certificados y homologaciones

Región	Certificación
Europa	CE EN 50081-1: 1992 (EN 55022: 1998, Class B), EN 50130-4: 1995 +A1: 1998, IEC 61000-4-2: 1995, IEC 61000-4-3: 1995, IEC 61000-4-4: 1995, IEC 61000-4-5: 1995, ENV 50141: 1993
EE.UU.	UL ANSR: Intrusion Detection Units (UL639)

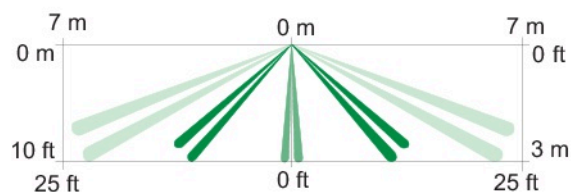
2 | Detector panorámico DS937

Planificación



Vista superior

La cobertura estándar varía en función de la altura de montaje. Diámetro de 360° x 14 m (50 pies) cuando se monta a una altura de 3,7 m (12 pies).



Vista lateral

La cobertura estándar varía en función de la altura de montaje. Diámetro de 360° x 14 m (50 pies) cuando se monta a una altura de 3,7 m (12 pies).

Especificaciones técnicas

Detección

Zonas:	50 zonas de detección en total
Velocidad:	0,2 m/s ~ 5,0 m/s (0,5 pies/s ~ 15 pies/s)
Selección de recuento de impulsos:	1, 2, 3 o 4 impulsos

Diseño de la caja de protección

Dimensiones:	12,7 cm x 3,8 cm (5 pulg. x 1,5 pulg.)
Peso:	176 g (6,2 oz)

Consideraciones medioambientales

Humedad	Del 0 al 95% de humedad sin condensación
Temperatura de funcionamiento :	De -10 °C a +49 °C (de +14 °F a +120 °F) Para aplicaciones del listado UL, de 0 °C a +49 °C (de +32 °F a +120 °F)

Montaje

Rango de altura: De 2,4 m a 3,7 m (de 8 pies a 12 pies) recomendado

Salidas

Relé: Contacto en seco (NC) preparado para 30 VCC, 500 mA y 10 W como máximo

Interruptor antisabotaje: NC integral con la cubierta activada

Requisitos de alimentación

Consumo de corriente: 17 mA máximo a 12 VCC

Tensión: De 9 VCC a 30 VCC, 7,5 VCA a 24 VCA

Período de calentamiento: 35 ±3 segundos

Información sobre pedidos

Detector panorámico DS937

Proporciona un diseño de bajo perfil y una cobertura panorámica de 360° x 14 m (50 pies).

Número de pedido **DS937**

13.5. Sensor de viento

Wind Sensor INDUSTRY



The optimal heating of the sensor head and minimum power demand of the system are made possible by thermal decoupling of the housing shaft.

- precision, tradition and future reliability
- large operative measuring and temperature range
- simplest mast mounting
- very good starting values through magnetic, contactless measuring principle
- optimal heating concept

Further information about our products can be found on our website www.lufft.de

Wind Sensor INDUSTRY		Order No.
The wind sensors impress with high accuracy, simplest mounting methods and ultimately robust, seawater-proof materials.		
Technical Data		
Wind direction		
Dimensions	Blade wind vane, L 232 mm, H 307 mm dimensionally stable, plastic	
Weight	Approx. 0.35 kg	
Measuring range	0...360°	
Resolution	2°	
Accuracy	± 2°	
Starting value	< 0.7 m/s	
Outputs	0(4)...20 mA / max. load 600 Ohm	
Wind speed		
Dimensions	3-armed cup-Ø 95 mm / H 230 mm	
Weight	Approx. 0.25 kg	
Measuring range	0.7...50 m/s	
Resolution	< 0.02 m/s	
Accuracy	± 2 % FS	
Starting value	< 0.7 m/s	
Outputs	0(4)...20 mA = 0...50 m/s, max. load 600 Ohm	
General Information		
Measuring principle	Hall Sensor Array	
Range of application	temperatures -30...+70°C heated, wind speed 0...60 m/s	
Supply voltage	24 (20...28) VDC, max. 800 mA electr. controlled heating, 18 W	
Housing	Aluminium, anodized, IP53, Ø 32 mm	
Bore	Ø 30 mm for mounting at traverse	
Included in delivery		
Cable with plug 12m, ready-made		
Varieties		
(Sensors with fixed cable or without heating on request)		
Wind direction	0...20 mA – output	8368.200
Wind speed	0...20 mA – output	8368.210
Wind direction	4...20 mA – output	8368.220
Wind speed	4...20 mA – output	8368.230
Wind direction	0...10 VDC output = 0...360 °C	8368.240
Wind speed	0...10 VDC output = 0...50 m/s	8368.250

Wind Sensors INDUSTRY are recommended for use in:

- Wind power plants
- Building services
- Wind warning devices on cranes
- Industrial applications
- In all climatic zones
- Environmental measurements

13.6. Electroválvula para riego



SERIE DV

Electroválvulas – La elección acertada en válvulas

- Diseño con doble filtración para máxima fiabilidad
- Membrana de presión compensada para larga duración
- Solenoide encapsulado con consumo eficiente, de baja potencia, émbolo cautivo y filtro del asiento de 200 micrones

CARACTERÍSTICAS

• Facilidad de Mantenimiento

- Control de caudal en modelos 100-DVF
- Apertura manual girando ¼ de vuelta el solenoide
- Purgado interno que permite aperturas manuales sin mojarse
- Tornillo de purgado externo que permite eliminar la suciedad del sistema durante la instalación y puesta en marcha del sistema

• Versatilidad

- Configuración en línea (modelos DV, DVF y DV-MM)
- Disponible con rosca macho: 1" BSP 100-DV-MM, 1" BSP 100-DV-MM-9V
- También disponible con solenoides de 9V: 3/4" 075-DV-9V, 1" BSP 100-DV-9V, 1" BSP 100-DV-MM-9V
- Funciona en aplicaciones de bajo caudal y riego localizado cuando se instala un filtro RBY aguas arriba

• Fiabilidad

- Construcción resistente en PVC
- Tornillos cruciformes de acero inoxidable

ESPECIFICACIONES

Caudal: 075-DV: desde 0,24 hasta 4,5 m³/h

Nota: Para caudales inferiores a 0,75 m³/h o cualquier aplicación de riego localizado, utilizar los filtros PRF-075-RBY.

100-DV, 100-DVF y 100-DV-MM: desde 0,24 hasta 9,00 m³/h

Presión de funcionamiento: desde 1 hasta 10,4 bares (23°C)

Temperatura del agua: 43° C máximo

Nota: Laválvula DV macho x macho se recomienda con caudales superiores a 6,8 m³/h

ESPECIFICACIONES ELECTRICAS

Solenoides 24 V - 50 Hz

Corriente de arranque: 0,30 A (7,2 VA)

Corriente de régimen: 0,19 A (4,6 VA)

No utilizar con sistemas de decodificadores

DIMENSIONES

075-DV y 100-DV: Altura: 11,4 cm
 Longitud: 11,1 cm
 Ancho: 8,4 cm

100-DVF: Altura: 14,2 cm
 Longitud: 11,1 cm
 Ancho: 8,4 cm

100-DV-MM: Altura: 11,4 cm
 Longitud: 13,6 cm
 Ancho: 8,4 cm

MODELOS

- 075-DV: 3/4" (20/27) rosca hembra
- 075-DV-9V: 3/4" (20/27) rosca hembra, con solenoide de impulsos
- 100-DV: 1" (26/34) BSP rosca hembra
- 100-DV-9V: 1" (26/34) rosca hembra, con solenoide de impulsos
- 100-DVF: 1" (26/34) BSP rosca hembra con regulador de caudal
- 100-DV-MM: 1" (26/34) BSP rosca macho
- 100-DV-MM-9V: 1" (26/34) rosca macho, con solenoide de impulsos

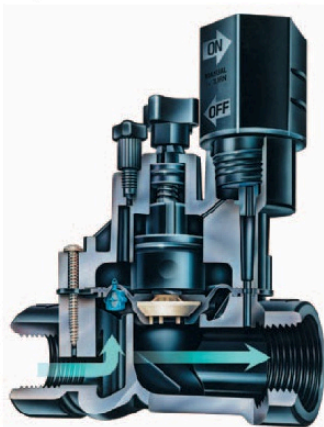
ACCESORIOS

- MTT-100: Te de derivación para válvulas de 1" (26/34)
- DB, DBR/Y-6, DBM, KING: Conexiones estancas
- PRF-075-RBY: Filtro con regulador de presión

RENDIMIENTOS : Pérdidas de carga

m ³ /h	075-DV	100-DV 100-DVF	100-DV-MM
0,24	0,22	0,23	0,22
0,60	0,26	0,24	0,24
1,20	0,29	0,26	0,26
3,60	0,45	0,32	0,37
4,50	0,53	0,35	0,42
6,00	-	0,41	0,53
9,00	-	0,59	0,87

* Los valores de pérdidas de carga están tomados con el regulador de caudal totalmente abierto



100-DV



100-DV-MM-9V

Cómo especificar

100- DVF- MM

Modelo
 DV: rosca hembra
 DVF: válvula con regulador de caudal
Modelo
 rosca macho

Tamaño
 075: 3/4" (20/27)
 100: 1" (26/34)

13.7. Electroválvula para calefacción

Especificación Técnica

Válvulas motorizadas serie H Tipos paleta y zapata rotativa



Aplicaciones



Estas válvulas basadas en diseños tradicionales pero mejoradas por el departamento de desarrollo, garantizan una excelente robustez y eficiencia de operación. El obturador recubierto de policarbonato, paleta o zapata, asegura una excelente estanqueidad en controles de calidad a altas presiones, lo que representa una característica extra en este tipo de válvulas.

Todas las válvulas serie H pueden suministrarse con el cuerpo y actuador por separados o como válvula completa.

Los actuadores pueden montarse al cuerpo de válvula en la instalación, en función de las condiciones de la misma.

Las válvulas motorizadas serie H de Danfoss, actuadas mediante termostatos, cronotermostatos, etc, se utilizan para control de caudal en sistemas de calefacción y refrigeración en aplicaciones domésticas y comerciales.

Han sido diseñadas y construidas para un elevado número de operaciones en condiciones extremas de alta temperatura y rápidas fluctuaciones de presión.

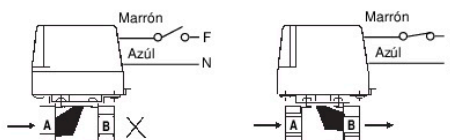
Disponibles en tipos paleta o zapata rotativa, las válvulas serie H ofrecen al instalador la posibilidad de elegir la más apropiada para la instalación. La gama de modelos cubre virtualmente todas las necesidades, por ejemplo, 2 ó 3 vías, divisoras o posición intermedia, tamaños con medidas 15, 22 y 28 mm, y racor de compresión para tubo de cobre y tamaños 1/2", 1/3" y 1", rosca BSP.

Características

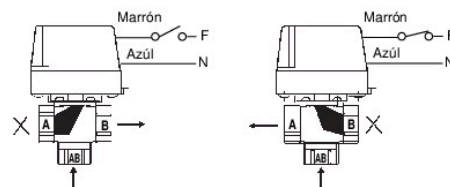
- Elección del modelo en función de cada instalación.
- Fiabilidad comprobada.
- Funcionamiento sin averías durante un elevado número de operaciones.
- Actuadores y cuerpos suministrados por separado, opcional.
- Instalación y cableado sencillo.
- Racores de conexión y colores de cables standard para su fácil instalación.
- Construcción robusta.
- Coste bajo.

Configuración Válvula/Actuador

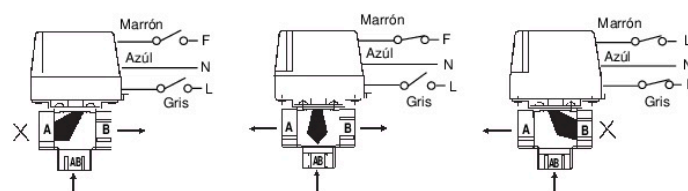
VÁLVULAS DE 2 VÍAS



VÁLVULA DIVISORA DE 3 VÍAS



VÁLVULA DE POSICIÓN INTERMEDIA DE 3 VÍAS





Especificación Técnica Válvulas motorizadas serie H

Códigos de cuerpos de válvula

Código	Tamaño	Conexión	Kv (m ³ /hr)	Máx. Presión Dif. (bar)	Máx. Presión (bar)	Máx. Temp (°C)
Cuerpo de paleta - 2 vías						
087N6621	15mm	Compresión externa	3.0	1.0	10.0	95
087N6622	22mm	Compresión externa	5.8	1.0		
087N6624	28mm	Compresión externa	7.9	0.7		
087N6617	1/2"	Rosca hembra BSP	3.0	1.0		
087N6618	3/4"	Rosca hembra BSP	5.8	1.0		
087N6620	1"	Rosca hembra BSP	7.9	0.7		
Cuerpo de paleta - 3 vías						
087N6629	15mm	Compresión externa	3.0	1.0	10.0	95
087N6625	22mm	Compresión externa	6.1	1.0		
087N6630	28mm	Compresión externa	7.9	0.7		
087N6627	1/2"	Rosca hembra BSP	3.0	1.0		
087N6626	3/4"	Rosca hembra BSP	6.1	1.0		
087N6628	1"	Rosca hembra BSP	7.9	0.7		
Cuerpo de zapata - 2 vías						
087N6596	15mm	Compresión externa	3.3	1.0	10.0	95
087N6597	22mm	Compresión externa	8.2	1.0		
087N6598	28mm	Compresión externa	15.0	0.7		
087N6593	1/2"	Rosca hembra BSP	3.3	1.0		
087N6594	3/4"	Rosca hembra BSP	8.2	1.0		
087N6595	1"	Rosca hembra BSP	15.0	0.7		
Cuerpo de zapata - 3 vías						
087N6599	22mm	Compresión externa	6.8	1.0	10.0	95

Nota: Todas las válvula pueden utilizarse en mezcla agua/glicol 60/40%

Códigos de Actuadores

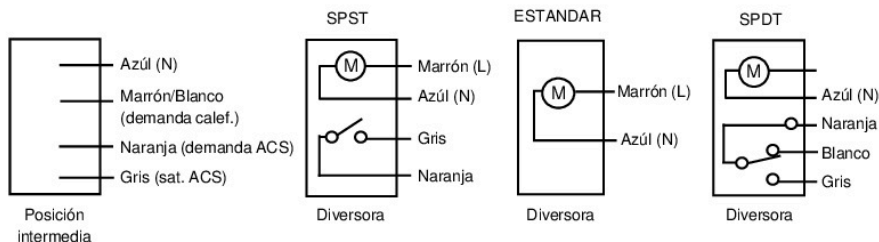
Código	Descripción	Detalles de Contactos aux.	Compatibilidad de cuerpo de válvula		
			HPV... 2 vías	HSV... diversora de 3 vías	HSV... pos. intern. de 3 vías
087N6581	Actuador 2 vías	Ninguno	●		
087N6579	Actuador 2 vías SPST	SPST	●		
087N6580	Actuador 2 vías SPDT	SPDT	●		
087N6590	Actuador 3 vías	Ninguno		●	
087N6589	Actuador 3 vías SPST	SPST		●	
087N6588	Actuador 3 vías SPDT	SPDT		●	
087N6587	Actuador pos. intermedia	SPST (con. intern.)			●

Características técnicas

Cuerpo	
Cuerpo y asiento	Bronce fundido o estampado en caliente
Empaquetadura	Etileno-propileno THK
Juntas	Elastomero, Fluorobon
Paleta	Elastomero, Nitrilo
Zapata	Grafito recubierto de teflón
Actuador	
Alimentación *	220/240 V.c.a., 50/60Hz
Máx. Consumo	6 W
Máx. Temp. ambiente	45°C
Tiempo de apertura	< 35 seg.
Tiempo de cierre	< 20 seg.
Carga del contacto	3 (1) A, 220/240Vac, 50/60Hz
Protección	IP40

* Disponible también en versiones 24V y 110V.

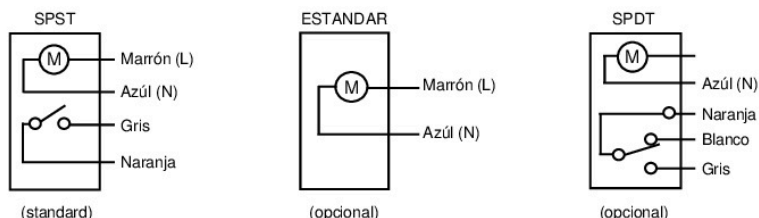
Conexiones eléctricas, Actuador de 3 vías



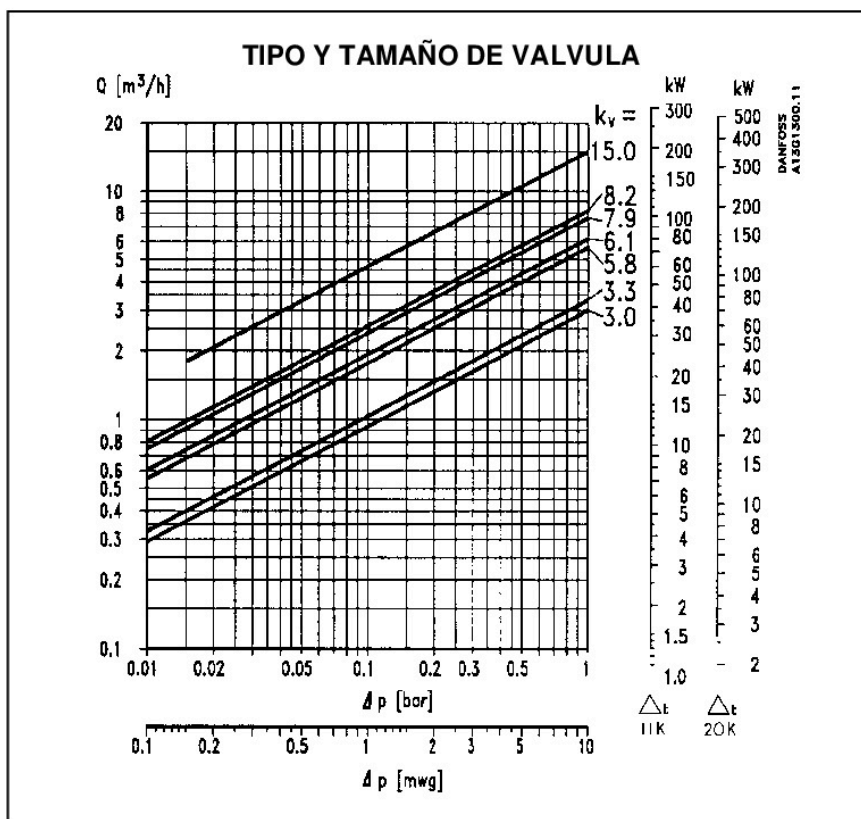


Especificación Técnica Válvulas motorizadas serie H

Conexiones eléctricas, Actuador de 2 vías



Selección



La pérdida de carga de una válvula serie H puede calcularse con el gráfico superior en función del Kv de la válvula.

El gráfico, que muestra los valores del Kv de todas las válvulas serie H en las líneas diagonales, puede utilizarse para el cálculo de la pérdida de carga, conociendo el valor del caudal de l/s. También puede utilizarse cuando el valor de la carga de calor se expresa en Kw.

Para este cálculo se incluyen en el gráfico 2 ejes verticales escalados en Kw para diferencias de temperatura de 11°C y 20°C.

Además, el valor de la pérdida de carga puede calcularse mediante la ecuación:-

$$\Delta P = \left(\frac{Q}{K_v} \right)^2$$

Donde:-
Q = Caudal en (m³/h) (l/s x 3,6)
Kv = Coeficiente de caudal (m³/h)
ΔP = Pérdida de carga de la válvula (bar)

El valor del Kv de cada tipo y tamaño de válvula figura en la tabla de especificaciones de la pag. 2.

Ejemplo de cálculo:

1) Cálculo de la pérdida de carga en una válvula de paleta de 3 vías y tamaño 22mm, (Kv = 6,1), para un caudal de 2.0 m³/h.

Encontrar el punto de intersección entre la línea horizontal correspondiente a Q=2.0 m³/h, y la diagonal de Kv=6,1. Trazar una vertical desde ese punto hasta la intersección con la escala horizontal de P y obtendremos un valor de P=0,11 bar.

2) Cálculo de la pérdida de carga en una válvula de paleta de 2 vías y tamaño 22mm, (Kv = 5,8), para una carga de calor de 20 Kw, en un sistema que trabaja a una diferencia de temperatura de 11°C.

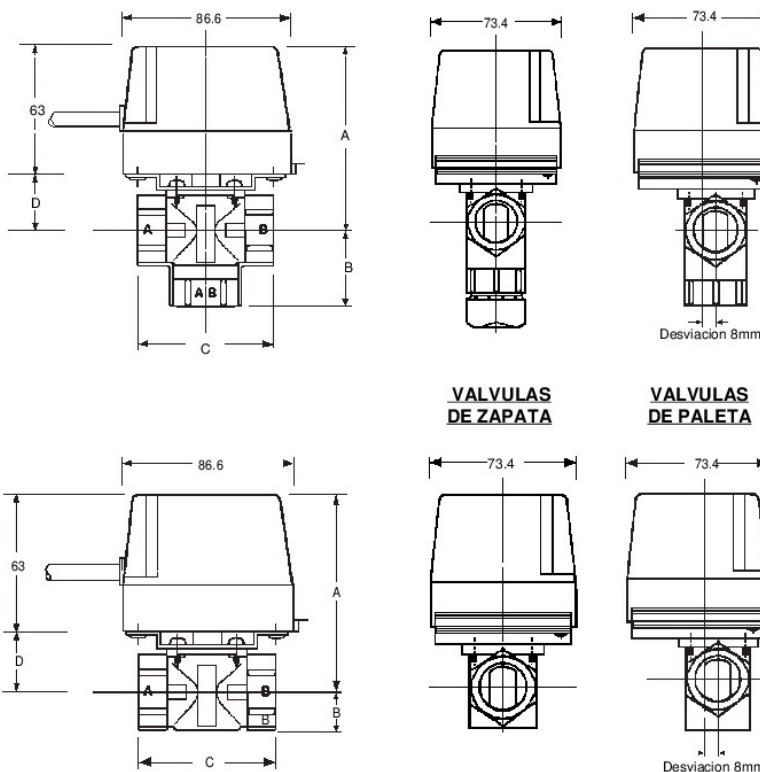
Encontrar el punto de intersección entre la horizontal correspondiente a 20Kw, y la diagonal de Kv=5,8. Trazar una vertical desde ese punto hasta la intersección con la escala horizontal de P y obtendremos un valor de P= 0,072 bar.



Especificación Técnica Válvulas motorizadas serie H

Dimensiones

3 VIAS



Cuerpo Válvula	Conexiones	A	B	C	D	Cuerpo Válvula	Conexiones	A	B	C	D
VÁLVULA DE PALETA						VÁLVULA DE ZAPATA					
2 Vías						2 Vías					
087N6621	15mm Comp. int.	90.6	17.5	103.0	27.6	087N6596	15mm Comp. int.	87.1	13.8	83.5	24.1
087N6622	22mm Comp. ext.	90.6	17.5	112.5	27.6	087N6597	22mm Comp. ext.	90.4	17.5	110.0	27.4
087N6624	28mm Comp. ext.	90.6	22.4	128.0	27.6	087N6598	28mm Comp. int.	93.6	24.3	108.0	30.6
087N6617	1/2" BSP	90.6	17.5	86.0	27.6	087N6593	1/2" BSP	87.1	14.0	65.9	24.1
087N6618	3/4" BSP	90.6	19.0	94.0	27.6	087N6594	3/4" BSP	90.5	17.0	77.5	27.5
087N6620	1" BSP	90.6	19.0	97.0	27.6	087N6595	1" BSP	93.6	20.6	87.3	30.6
3 Vías						3 Vías					
087N6629	15mm Comp. int.	90.6	54.0	107.5	27.6	087N6599	22mm Comp. ext.	90.7	56.0	110.0	27.7
087N6625	22mm Comp. ext.	90.6	57.0	112.5	27.6	Todas las dimensiones en mm. Los cuerpos de válvula y los actuadores pueden suministrarse por separado o montados de fábrica para facilitar la labor del instalador.					
087N6630	28mm Comp. ext.	90.6	71.5	128.0	27.6						
087N6627	1/2" BSP	90.6	45.5	91.0	27.6						
087N6626	3/4" BSP	90.6	50.0	100.0	27.6						
087N6628	1" BSP	90.6	52.0	104.0	27.6						



Danfoss declina cualquier responsabilidad por posibles errores en catálogos, folletos y demás material impreso, y se reserva el derecho a modificar sus productos sin previo aviso, aunque estos productos correspondan a un pedido pendiente de servir, siempre que tales modificaciones puedan realizarse sin necesidad de introducir cambios ulteriores en las especificaciones ya convenidas.

Danfoss S.A.
 Av. Tenerife, 22 - P. I. Norte
 28700 S.S. de los Reyes
 (Madrid)

Madrid
 Tel.: 91.658.69.26
 Fax: 91.663.78.46

Tel. 916.586.688
 Fax: 916.636.294

<http://www.danfoss.es>

Delegaciones:

Bilbao
 Avda. Zumacalárregui, 30
 Tel.: 902.246.104
 Fax: 944.127.563

Barcelona
 Calle Numancia, 205
 Tel.: 902.246.104
 Fax: 932.800.770

Lisboa
 Avda. do Forte, 8 - 1º P
 Camaxide
 Tel.: 21 424 89 31
 Fax: 21 417 24 66

13.8. Motores para persianas y toldos

CÓMO ELEGIR EL MOTOR IDEAL PARA TU TOLDO

Nice pone a tu disposición esta guía sencilla para determinar

Los datos requeridos antes de proceder son

- el **par ideal** en Nm para automatizar el toldo;
- **las características específicas** de los motores tubulares (diámetro, tipo de regulación de los fines de carrera, presencia de centralita, receptor radio, encoder, maniobra de emergencia).

1. ¿Qué par? Localiza la zona de la tabla correspondiente al diámetro del rodillo.

Al cruzar los valores de la parte sobresaliente con el número de brazos se obtiene el valor del par necesario y, por consiguiente, de la serie Nice más idónea.

MOTORES TUBULARES Ø 45 mm y Ø 58 mm

Ø RODILLO ENVOLVENTE (mm)	SELECCIÓN DEL PAR MOTOR (Nm)																															
	50						63/70						78						85													
	1,5	2	2,5	3	4	5	1,5	2	2,5	3	4	5	1,5	2	2,5	3	4	5	1,5	2	2,5	3	4	5								
PARTE SOBRESALIENTE BRAZOS (m)	2	15	30	30	30	50	15	30	30	30	40	50	15	30	30	40	50	65	15	30	30	40	50	65	15	30	30	40	50	65	75	100
NÚMERO DE BRAZOS	4	30	30	40	50	-	30	30	40	50	55	80	30	40	50	55	80	100	30	40	50	55	80	100	30	40	50	55	80	100	100	120
	6	30	30	40	50	-	30	40	50	55	65	100	30	40	50	55	65	100	30	40	50	55	65	100	30	40	50	55	65	100	100	120
8	40	50	-	-	-	-	50	50	55	65	-	-	55	65	80	80	120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla de selección indicativa.
Los brazos considerados son del tipo estándar.
Consulta la oficina técnica comercial para aplicaciones especiales.

TAMAÑO M Ø 45 mm

TAMAÑO L Ø 58 mm

CÓMO ELEGIR EL MOTOR IDEAL PARA TU PERSIANA

Guía para determinar:

- el peso ideal en Nm para accionar en completa seguridad cada automatización específica.
- el peso de la persiana.

Para calcular el peso de la persiana, multiplica el valor en m² de la superficie (base x alto) por el peso por m² del material empleado.

$$\text{SUPERFICIE (BASE x ALTO) x}$$

$$\text{PESO POR m}^2 =$$

$$\text{PESO DE LA PERSIANA}$$

PESOS INDICATIVOS POR m² DE PERSIANA

MATERIAL	kg/m ²
ALUMINIO DE ALTA DENSIDAD CON POLIURETANO EXPANDIDO	3-6
ALUMINIO EXTRUIDIDO	8-10*
ALUMINIO PARA CIERRES ENROLLABLES	5-8
ALUMINIO EXTRUIDIDO CON POLIURETANO	7-9
PVC	5-8*
ALUMINIO DE ALTA DENSIDAD CON POLIURETANO EXPANDIDO	3-6
ALUMINIO EXTRUIDIDO	8-10*
ALUMINIO PARA CIERRES ENROLLABLES	5-8
ALUMINIO EXTRUIDIDO CON POLIURETANO	7-9

*Los valores indicados pueden también duplicarse con refuerzos o un grosor elevado del material empleado.

Tabla de ejemplo

ANCHO PERSIANA (cm)

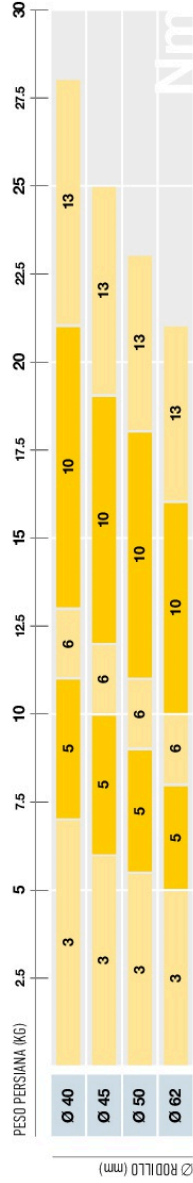
ALtura PERSIANA (cm)	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320
100	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0
120	6,0	7,5	9,0	10,5	12,0	13,5	15,0	16,5	18,0	19,5	21,0	22,5	24,0
140	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0	22,0	24,0	26,0	28,0	30,0	32,0
160	12,0	15,0	18,0	21,0	24,0	27,0	30,0	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0
180	4,8	6,0	7,2	8,4	9,6	10,8	12,0	13,2	14,4	15,6	16,8	18,0	19,2
200	7,2	9,0	10,8	12,6	14,4	16,2	18,0	19,8	21,6	23,4	25,2	27,0	28,8
220	9,6	12,0	14,4	16,8	19,2	21,6	24,0	26,4	28,8	31,2	33,6	36,0	38,4
240	12,8	16,0	19,2	22,4	25,6	28,8	32,0	35,2	38,4	41,6	44,8	48,0	51,2
260	19,2	24,0	28,8	33,6	38,4	43,2	48,0	52,8	57,6	62,4	67,2	72,0	76,8
280	7,2	9,0	10,8	12,6	14,4	16,2	18,0	19,8	21,6	23,4	25,2	27,0	28,8
300	10,8	13,5	16,2	18,9	21,6	24,3	27,0	29,7	32,4	35,1	37,8	40,5	43,2
320	14,4	18,0	21,6	25,2	28,8	32,4	36,0	39,6	43,2	46,8	50,4	54,0	57,6
340	21,6	27,0	32,4	37,8	43,2	48,6	54,0	59,4	64,8	70,2	75,6	81,0	86,4
360	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0	22,0	24,0	26,0	28,0	30,0	32,0
380	12,0	15,0	18,0	21,0	24,0	27,0	30,0	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0
400	16,0	20,0	24,0	28,0	32,0	36,0	40,0	44,0	48,0	52,0	56,0	60,0	64,0
420	24,0	30,0	36,0	42,0	48,0	54,0	60,0	66,0	72,0	78,0	84,0	90,0	96,0
440	8,8	11,0	13,2	15,4	17,6	19,8	22,0	24,2	26,4	28,6	30,8	33,0	35,2
460	13,2	16,5	19,8	23,1	26,4	29,7	33,0	36,3	39,6	42,9	46,2	49,5	52,8
480	17,6	22,0	26,4	30,8	35,2	39,6	44,0	48,4	52,8	57,2	61,6	66,0	70,4
500	26,4	33,0	39,6	46,2	52,8	59,4	66,0	72,6	79,2	85,8	92,4	99,0	105,6
520	9,6	12,0	14,4	16,8	19,2	21,6	24,0	26,4	28,8	31,2	33,6	36,0	38,4
540	14,4	18,0	21,6	25,2	28,8	32,4	36,0	39,6	43,2	46,8	50,4	54,0	57,6
560	19,2	24,0	28,8	33,6	38,4	43,2	48,0	52,8	57,6	62,4	67,2	72,0	76,8
580	10,4	13,0	15,6	18,2	20,8	23,4	26,0	28,6	31,2	33,8	36,4	39,0	41,6
600	15,6	19,5	23,4	27,3	31,2	35,1	39,0	42,9	46,8	50,7	54,6	58,5	62,4
620	20,8	26,0	31,2	36,4	41,6	46,8	52,0	57,2	62,4	67,6	72,8	78,0	83,2
640	31,2	39,0	46,8	54,6	62,4	70,2	78,0	85,8	93,6	101,4	109,2	117,0	124,8
660	11,2	14,0	16,8	19,6	22,4	25,2	28,0	30,8	33,6	36,4	39,2	42,0	44,8
680	16,8	21,0	25,2	29,4	33,6	37,8	42,0	46,2	50,4	54,6	58,8	63,0	67,2
700	22,4	28,0	33,6	39,2	44,8	50,4	56,0	61,6	67,2	72,8	78,4	84,0	89,6
720	33,6	42,0	50,4	58,8	67,2	75,6	84,0	92,4	100,8	109,2	117,6	126,0	134,4

5 kg/m² 7,5 kg/m² 10 kg/m² 15 kg/m²

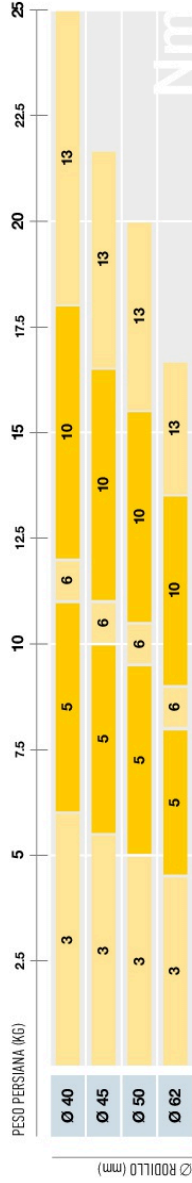
PERSIANA CON LAMAS CON UN GROSOR MÁX. DE 9 mm Y UN ALTO MÁX. DE 40 mm

MOTORES TUBULARES Ø 35 mm

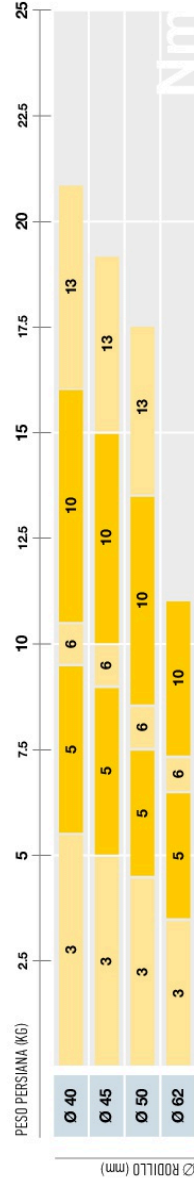
Alto persiana hasta 1,5 m



Alto persiana máximo de 1,5 m a 2,5 m



Alto persiana de 2,5 m a 3,5 m



ÍNDICE DE LOS MOTORES TUBULARES

		3Nm				5Nm				6Nm				10Nm				13Nm			
ERA S \varnothing 35 mm	fin de carrera mecánico	ERA S	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	pág. 42	
	fin de carrera electrónico	sin receptor radio integrado	ERA STAR ST	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	pág. 48	
		con receptor radio integrado	sin tecnología Nice TTBUS	ERA STAR SA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	pág. 44	
			con tecnología Nice TTBUS	ERA STAR SP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	pág. 46	
		ERA FIT SP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	pág. 50	
ERA MAT SA	con receptor radio integrado	ERA MAT SA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	pág. 52		
	con tecnología Nice TTBUS	ERA MAT ST	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	pág. 54		
ERA M \varnothing 45 mm	fin de carrera mecánico	ERA M	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	pág. 60	
		ERA MH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	pág. 88	
		ERA ZERO M	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	pág. 62	
		ERA PLUS MH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	pág. 90	
	fin de carrera con pulsadores	ERA QUICK M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	pág. 64	
		ERA PLUS M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	pág. 66	
		ERA STAR MT	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	pág. 72	
		ERA STAR MA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	pág. 68	
	fin de carrera electrónico	ERA STAR MP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	pág. 70	
		ERA FIT M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	pág. 74	
		ERA FIT MP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	pág. 76	
		ERA FIT MHT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	pág. 92	
con receptor radio integrado	ERA MAT MT	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	pág. 80		
	ERA MAT MA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	pág. 78		
	ERA MAT MO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	pág. 82		
	ERA MAT MVS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	pág. 84		
ERA ZERO MVS	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	pág. 86		

Instalación fácil

con el nuevo soporte compacto y el sistema de fijación innovador de la rueda de arrastre con enganche.

Conexión a los sensores climáticos: alámbrica y/o radio, con centralitas externas.

Ahorro de tiempo y conexiones eléctricas facilitadas con el aislamiento doble, no necesita el cable de "puesta a tierra".

Motor tubular con fin de carrera mecánico.
Ideal para toldos y persianas.

Tamaño S Ø 35 mm.

Idóneo para todas las exigencias, disponible en las versiones de 3 Nm y 5 Nm a 24 rpm; 6 Nm; 10 Nm y 13 Nm a 11 rpm.

Especialmente indicado para aplicaciones compactas: largo útil 402 mm, para motores con un par de hasta 10 Nm. Ideal para entornos que demandan un nivel de ruido mínimo.

Sencillo y cómodo.

Regulación intuitiva de las posiciones de tope de subida y bajada mediante el fin de carrera mecánico.



CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UN./PAQ.	CERTIFICACIONES
ES 324	3 Nm, 24 rpm, 0,5 kg*	1	CE
ES 524	5 Nm, 24 rpm, 11 kg*	1	CE
ES 611	6 Nm, 11 rpm, 12 kg*	1	CE
ES 1011	10 Nm, 11 rpm, 18 kg*	1	CE
ES 1311	13 Nm, 11 rpm, 25 kg*	1	CE

*Peso levantiado, valor calculado con perfil octagonal con un diámetro de 40 mm.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

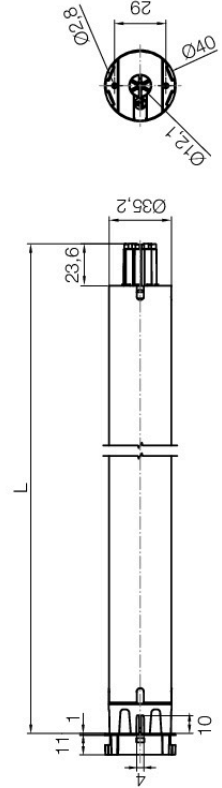
CÓDIGO	ES 324	ES 524	ES 611	ES 1011	ES 1311
DATOS ELÉCTRICOS					
ALIMENTACIÓN (Vca/Hz)	230/50	230/50	230/50	230/50	230/50
CONSUMO (A)	0,38	0,54	0,40	0,54	0,55
POTENCIA (W)	85	120	90	120	140
POTENCIA CONSUMIDA STAND-BY (W)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
PRESTACIONES					
PAR (Nm)	3	5	6	10	13
VELOCIDAD (rpm)	24	24	11	11	11
PESO LEVANTADO* (kg)	6,5	11	12	18	25
NÚMERO DE REVOLUCIONES ANTES DEL STOP	35	35	35	35	35
TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO (min)	4	4	4	4	4
MEDIDAS					
LARGO (L) (mm)	402	402	402	402	422
PESO DEL MOTOR (kg)	1	1	1	1	1,2
MEDIDAS DEL EMBALAJE (mm)	90x90x440	90x90x440	90x90x440	90x90x440	90x90x445

*Valor calculado con perfil octagonal con un diámetro de 40 mm. Índice de protección IP44.

Largo cable 2,5 m, 2 hilos en el cable



MEDIDAS



Sencillo y cómodo.

Regulación intuitiva de las posiciones de tope de subida y bajada mediante el fin de carrera mecánico.

Instalación fácil

con el nuevo soporte compacto y el sistema de fijación innovador de la rueda de arrastre con enganche.

Conexión a los sensores climáticos,

con hilo y radio, mediante centralitas externas.

Motor tubular con fin de carrera mecánico.

Ideal para toldos y persianas.

Tamaño M Ø 45 mm.

Idóneo para todas las exigencias, uso en aplicaciones de grandes dimensiones con la versión de 50 Nm a 12 rpm y en estructuras pequeñas con la versión de alta velocidad de 26 rpm a 4 Nm.

Especialmente indicado para aplicaciones compactas: largo útil de 426 mm.



Cortinas enrollables



Toldos



Persianas

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UN./PAQ.	CERTIFICACIONES
EM 426	4 Nm, 26 rpm, 8 kg*	1	CE
EM 1026	10 Nm, 26 rpm, 19 kg*	1	CE
EM 517	5 Nm, 17 rpm, 9 kg*	1	CE
EM 817	8 Nm, 17 rpm, 15 kg*	1	CE
EM 1517	15 Nm, 17 rpm, 28 kg*	1	CE
EM 3017	30 Nm, 17 rpm, 56 kg*	1	CE
EM 4012	40 Nm, 12 rpm, 75 kg*	1	CE
EM 5012	50 Nm, 12 rpm, 95 kg*	1	CE

*Peso levantado, valor calculado con rodillo con un diámetro de 60 mm.

Productos disponibles también en paquetes múltiples. Póntelo en contacto con tu distribuidor de referencia para solicitar información adicional.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

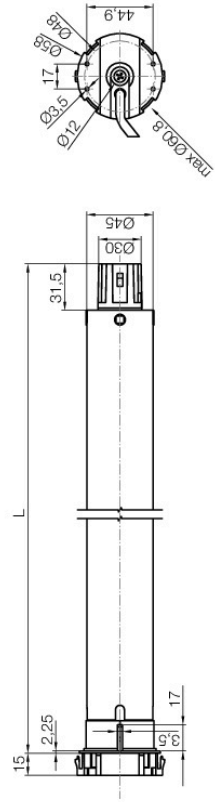
CÓDIGO	EM 426	EM 1026	EM 517	EM 817	EM 1517	EM 3017	EM 4012	EM 5012
DATOS ELÉCTRICOS								
ALIMENTACIÓN (Vca/Hz)	230/50	230/50	230/50	230/50	230/50	230/50	230/50	230/50
CONSUMIO (A)	0,50	0,78	0,33	0,55	0,75	1,10	1,10	1,10
POTENCIA (W)	108	150	75	120	170	250	245	250
POTENCIA CONSUMIDA STAND-BY (W)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
PRESTACIONES								
PAR (Nm)	4	10	5	8	15	30	40	50
VELOCIDAD (rpm)	26	26	17	17	17	17	12	12
PESO LEVANTADO* (kg)	8	19	9	15	28	56	75	95
NÚMERO DE REVOLUCIONES ANTES DEL STOP	27	27	27	27	27	27	27	27
TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO (min)	4	4	4	4	4	4	4	4
MEDIDAS								
LARGO (L) (mm)	426	451	426	426	451	486	486	486
PESO DEL MOTOR (kg)	1,85	1,95	1,85	1,85	2,15	2,45	2,45	2,45
MEDIDAS DEL EMBALAJE (mm)	90x90x440	90x90x465	90x90x440	90x90x440	90x90x440	90x90x500	90x90x500	90x90x500

*Valor calculado con rodillo con un diámetro de 60 mm. Índice de protección IP44.

Largo cable 2,5 m, 4 hilos en el cable

- FASE ARRIBA/ABAJUO
- NEUTRO
- FASE ABAJO/ARRIBA
- PIESTA A TIERRA

MEDIDAS



13.9. Tarjeta de adquisición de datos

Chapter 4

Specifications

Typical for 25°C unless otherwise specified.

Specifications in *italic text* are guaranteed by design.

Analog input

Table 1. Analog input specifications

Parameter	Conditions	Specification
A/D converter type		Successive approximation type
Input voltage range for linear operation, single-ended mode	CHx to GND	±10 volts (V) max
Input common-mode voltage range for linear operation, differential mode	CHx to GND	-10 V min, +20 V max
<i>Absolute maximum input voltage</i>	<i>CHx to GND</i>	<i>±28 V max</i>
<i>Input impedance</i>		<i>122KOhm</i>
Input current (Note 1)	V _{in} = +10 V	70 microamperes (µA) typ
	V _{in} = 0 V	-12 µA typ
	V _{in} = -10 V	-94 µA typ
Number of channels		8 single-ended / 4 differential, software selectable
Input ranges, single-ended mode		±10 V, G=2
Input ranges, differential mode		±20 V, G=1 ±10 V, G=2 ±5 V, G=4 ±4 V, G=5 ±2.5 V, G=8 ±2.0 V, G=10 ±1.25 V, G=16 ±1.0 V, G=20 Software selectable
Throughput (Note 2)	Software paced	250 samples per second (S/s) typ, PC-dependent
	Continuous scan	50 kilosamples per second (kS/s)
Channel gain queue	Up to 16 elements	Software configurable channel, range, and gain.
Resolution (Note 3)	Differential	12 bits, no missing codes
	Single-ended	11 bits
CAL accuracy	CAL = 2.5 V	±36.25 mV max
Integral linearity error		±1 least significant bit (LSB) typ
Differential linearity error		±0.5 LSB typ
Repeatability		±1 LSB typ
CAL current	Source	5 milliamperes (mA) max
	Sink	20 µA min, 100 µA typ
Trigger source	Software selectable	External digital: TRIG_IN
Pacer source	Software selectable	Internal External (SYNC), rising edge triggered Programmed IO

Note 1: Input current is a function of applied voltage on the analog input channels. For a given input voltage, V_{in}, the input leakage is approximately equal to (8.181 * V_{in} - 12) µA.

Note 2: Maximum throughput scanning to PC memory is machine dependent. The rates specified are for Windows XP only. Maximum rates on operating systems that predate XP may be less and must be determined through testing on your machine

Note 3: The AD7870 converter only returns 11-bits (0-2047 codes) in single-ended mode.

Table 2. Accuracy, differential mode

Range	Accuracy (LSB)
±20 V	5.1
±10 V	6.1
±5 V	8.1
±4 V	9.1
±2.5 V	12.1
±2 V	14.1
±1.25 V	20.1
±1 V	24.1

Table 3. Accuracy, single-ended mode

Range	Accuracy (LSB)
±10 V	4.0

Table 4. Accuracy components, differential mode - All values are (±)

Range	% of Reading	Gain Error at full scale (FS) (millivolts (mV))	Offset (mV)	Accuracy at FS (mV)
±20 V	0.2	40	9.766	49.766
±10 V	0.2	20	9.766	29.766
±5 V	0.2	10	9.766	19.766
±4 V	0.2	8	9.766	17.766
±2.5 V	0.2	5	9.766	14.766
±2 V	0.2	4	9.766	13.766
±1.25 V	0.2	2.5	9.766	12.266
±1 V	0.2	2	9.766	11.766

Table 5. Accuracy components, single-ended mode - All values are (±)

Range	% of Reading	Gain Error at FS (mV)	Offset (mV)	Accuracy at FS (mV)
±10 V	0.2	20	19.531	39.531

Table 6. Noise performance, differential mode

Range	Typical counts	Least significant bit _{root mean square} (LSB _{rms})
±20 V	2	0.30
±10 V	2	0.30
±5 V	3	0.45
±4 V	3	0.45
±2.5 V	4	0.61
±2 V	5	0.76
±1.25 V	7	1.06
±1 V	8	1.21

Table 7. Noise performance, single-ended mode

Range	Typical Counts	LSB _{rms}
±10 V	2	0.30

Analog output

Table 8. Analog output specifications

Parameter	Conditions	Specification
Resolution		12-bits, 1 in 4096
Output range		0 – 4.096 V, 1 mV per LSB.
Number of channels		2
Throughput (Note 4)	Software paced	250 S/s single channel typical, PC dependent
	Single channel, continuous scan	10 kS/s
	Dual channel, continuous scan, simultaneous update	5 kS/s
Power on and reset voltage		Initializes to 000h code
Output drive	Each D/A OUT	15 mA
Slew rate		0.8V/microsecond (μs) typ

Note 4: Maximum throughput scanning to PC memory is machine dependent. The rates specified are for Windows XP only. Maximum rates on operating systems that predate XP may be less and must be determined through testing on your machine.

Table 9. Analog output accuracy, all values are (±)

Range	Accuracy (LSB)
0-4.096 V	4.0 typ, 45.0 max

Table 10. Analog output accuracy components, all values are (±)

Range	% of FSR	Gain Error at FS (mV)	Offset (mV) (Note 5)	Accuracy at FS (mV)
0-4.096 V	0.1 typ, 0.9 max	4.0 typ, 36.0 max	1.0 typ, 9.0 max	4.0 typ, 45.0 max

Note 5: Negative offsets will result in a fixed zero-scale error or “dead band.” At the maximum offset of -9 mV, any input code of less than 0x009 will not produce a response in the output.

Digital input/output

Table 11. Digital I/O specifications

Digital type	CMOS
Number of I/O	16 (Port A0 through A7, Port B0 through B7)
Configuration	2 banks of 8
Pull up/pull-down configuration	All pins pulled up to V _s via 47K resistors (default). Positions available for pull down to ground. Hardware selectable via zero ohm (Ω) resistors as a factory option.
Input high voltage	2.0 V min, 5.5 V absolute max
Input low voltage	0.8 V max, -0.5 V absolute min
Output high voltage (IOH = -2.5 mA)	3.8 V min
Output low voltage (IOL = 2.5 mA)	0.7 V max
Power on and reset state	Input

External trigger

Table 12. Digital trigger specifications

Parameter	Conditions	Specification
Trigger source (Note 6)	External Digital	TRIG_IN
Trigger mode	Software selectable	Edge sensitive: user configurable for CMOS compatible rising or falling edge.
Trigger latency		10 μ s max
Trigger pulse width		1 μ s min
Input high voltage		4.0 V min, 5.5 V absolute max
Input low voltage		1.0 V max, -0.5 V absolute min
Input leakage current		$\pm 1.0 \mu$ A

Note 6: TRIG_IN is a Schmitt trigger input protected with a 1.5 kilohm ($k\Omega$) series resistor.

External clock input/output

Table 13. External clock I/O specifications

Parameter	Conditions	Specification
Pin name		SYNC
Pin type		Bidirectional
Software selectable direction	Output (default)	Outputs internal A/D pacer clock.
	Input	Receives A/D pacer clock from external source.
Input clock rate		50 KHz, maximum
Clock pulse width	Input mode	1 μ s min
	Output mode	5 μ s min
Input leakage current	Input mode	$\pm 1.0 \mu$ A
Input high voltage		4.0 V min, 5.5 V absolute max
Input low voltage		1.0 V max, -0.5 V absolute min
Output high voltage (Note 7)	IOH = -2.5 mA	3.3 V min
	No load	3.8 V min
Output low voltage (Note 7)	IOL = 2.5 mA	1.1 V max
	No load	0.6 V max

Note 7: SYNC is a Schmitt trigger input and is over-current protected with a 200 Ω series resistor.

Counter

Table 14. Counter specifications

Pin name (Note 8)	CTR
Counter type	Event counter
Number of channels	1
Input type	TTL, rising edge triggered
Input source	CTR screw terminal
Resolution	32 bits
Schmitt trigger hysteresis	20 mV to 100 mV
Input leakage current	$\pm 1 \mu\text{A}$
Maximum input frequency	1 MHz
High pulse width	500 ns min
Low pulse width	500 ns min
Input high voltage	4.0 V min, 5.5 V absolute max
Input low voltage	1.0 V max, -0.5 V absolute min

Note 8: CTR is a Schmitt trigger input protected with a 1.5K Ω series resistor.

Non-volatile memory

Table 15. Non-volatile memory specifications

EEPROM	1,024 bytes		
EEPROM Configuration	Address Range	Access	Description
	0x000-0x07F	Reserved	128 bytes system data
	0x080-0x1FF	Read/write	384 bytes cal data
	0x200-0x3FF	Read/write	512 bytes user area

Microcontroller

Table 16. Microcontroller specifications

Type	High performance 8-bit RISC microcontroller
Program Memory	16,384 words
Data Memory	2,048 bytes

Power

Table 17. Power specifications

Parameter	Conditions	Specification
Supply current (Note 9)		80 mA
+5V USB power available (Note 10)	Connected to self-powered hub	4.5 V min, 5.25 V max
	Connected to externally-powered root port hub	
	Connected to bus-powered hub	4.1 V min, 5.25 V max
Output current (Note 11)	Connected to self-powered hub	420 mA max
	Connected to externally-powered root port hub	20 mA max
	Connected to bus-powered hub	

Note 9: This is the total current requirement for the USB-1208FS which includes up to 10 mA for the status LED.

Note 10: *Self-powered hub* refers to a USB hub with an external power supply. Self-powered hubs allow a connected USB device to draw up to 500 mA.

Root port hubs reside in the PC's USB host controller. The USB port(s) on your PC are root port hubs. All externally powered root port hubs (desktop PCs) provide up to 500 mA of current for a USB device. Battery-powered root port hubs provide 100 mA or 500 mA, depending upon the manufacturer. A laptop PC that is not connected to an external power adapter is an example of a battery-powered root port hub.

Bus powered hubs receive power from a self-powered or root port hub. In this case the maximum current available from the USB +5 V is 100 mA. The minimum USB +5 V voltage level can be as low as 4.1 V.

Note 11: This refers to the total amount of current that can be sourced from the USB +5 V, analog outputs and digital outputs.

General

Table 18. General specifications

Parameter	Conditions	Specification
Device type		USB 2.0 full speed
Device compatibility		USB 1.1, USB 2.0

Environmental

Table 19. Environmental specifications

Operating temperature range	0 to 70 °C
Storage temperature range	-40 to 70 °C
Humidity	0 to 90% non-condensing

Mechanical

Table 20. Mechanical specifications

Dimensions	79 millimeters (mm) long x 82 mm wide x 25 mm high
USB cable length	3 meters max
User connection length	3 meters max

Main connector and pin out

Table 21. Main connector specifications

Connector type	Screw terminal
Wire gauge range	16 AWG to 30 AWG

4-channel differential mode

Pin	Signal Name	Pin	Signal Name
1	CH0 IN HI	21	Port A0
2	CH0 IN LO	22	Port A1
3	AGND	23	Port A2
4	CH1 IN HI	24	Port A3
5	CH1 IN LO	25	Port A4
6	AGND	26	Port A5
7	CH2 IN HI	27	Port A6
8	CH2 IN LO	28	Port A7
9	AGND	29	GND
10	CH3 IN HI	30	PC+5V
11	CH3 IN LO	31	GND
12	AGND	32	Port B0
13	D/A OUT 0	33	Port B1
14	D/A OUT 1	34	Port B2
15	AGND	35	Port B3
16	CAL	36	Port B4
17	GND	37	Port B5
18	TRIG IN	38	Port B6
19	SYNC	39	Port B7
20	CTR	40	GND

8-channel single-ended mode

Pin	Signal Name	Pin	Signal Name
1	CH0 IN	21	Port A0
2	CH1 IN	22	Port A1
3	AGND	23	Port A2
4	CH2 IN	24	Port A3
5	CH3 IN	25	Port A4
6	AGND	26	Port A5
7	CH4 IN	27	Port A6
8	CH5 IN	28	Port A7
9	AGND	29	GND
10	CH6 IN	30	PC+5V
11	CH7 IN	31	GND
12	AGND	32	Port B0
13	D/A OUT 0	33	Port B1
14	D/A OUT 1	34	Port B2
15	AGND	35	Port B3
16	CAL	36	Port B4
17	GND	37	Port B5
18	TRIG IN	38	Port B6
19	SYNC	39	Port B7
20	CTR	40	GND

13.10. Transistor MOSFET



March 2010

BS170 / MMBF170 N-Channel Enhancement Mode Field Effect Transistor

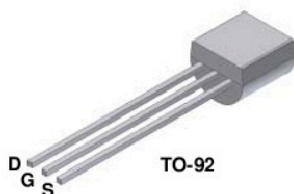
General Description

These N-Channel enhancement mode field effect transistors are produced using Fairchild's proprietary, high cell density, DMOS technology. These products have been designed to minimize on-state resistance while provide rugged, reliable, and fast switching performance. They can be used in most applications requiring up to 500mA DC. These products are particularly suited for low voltage, low current applications such as small servo motor control, power MOSFET gate drivers, and other switching applications.

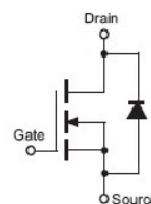
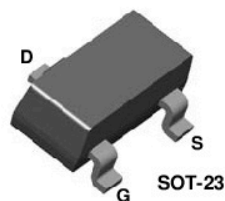
Features

- High density cell design for low $R_{DS(ON)}$.
- Voltage controlled small signal switch.
- Rugged and reliable.
- High saturation current capability.

BS170



MMBF170



Absolute Maximum Ratings $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	BS170	MMBF170	Units
V_{DSS}	Drain-Source Voltage	60		V
V_{DGR}	Drain-Gate Voltage ($R_{GS} \leq 1\text{M}\Omega$)	60		V
V_{GSS}	Gate-Source Voltage	± 20		V
I_D	Drain Current - Continuous	500	500	mA
	- Pulsed	1200	800	
T_J, T_{STG}	Operating and Storage Temperature Range	- 55 to 150		$^\circ\text{C}$
T_L	Maximum Lead Temperature for Soldering Purposes, 1/16" from Case for 10 Seconds	300		$^\circ\text{C}$

Thermal Characteristics $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	BS170	MMBF170	Units
P_D	Maximum Power Dissipation	830	300	mW
	Derate above 25°C	6.6	2.4	mW/ $^\circ\text{C}$
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance, Junction to Ambient	150	417	$^\circ\text{C}/\text{W}$

Electrical Characteristics $T_A=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Conditions	Type	Min.	Typ.	Max.	Units
OFF CHARACTERISTICS							
BV_{DSS}	Drain-Source Breakdown Voltage	$V_{GS} = 0V, I_D = 100\mu A$	All	60			V
I_{DSS}	Zero Gate Voltage Drain Current	$V_{DS} = 25V, V_{GS} = 0V$	All			0.5	μA
I_{GSSF}	Gate - Body Leakage, Forward	$V_{GS} = 15V, V_{DS} = 0V$	All			10	nA
ON CHARACTERISTICS (Notes 1)							
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	$V_{DS} = V_{GS}, I_D = 1mA$	All	0.8	2.1	3	V
$R_{DS(on)}$	Static Drain-Source On-Resistance	$V_{GS} = 10V, I_D = 200mA$	All		1.2	5	Ω
g_{FS}	Forward Transconductance	$V_{DS} = 10V, I_D = 200mA$	BS170		320		mS
		$V_{DS} \geq 2 V_{DS(on)}, I_D = 200mA$	MMBF170		320		
Dynamic Characteristics							
C_{iss}	Input Capacitance	$V_{DS} = 10V, V_{GS} = 0V, f = 1.0MHz$	All		24	40	pF
C_{oss}	Output Capacitance		All		17	30	pF
C_{rss}	Reverse Transfer Capacitance		All		7	10	pF
Switching Characteristics (Notes 1)							
t_{on}	Turn-On Time	$V_{DD} = 25V, I_D = 200mA, V_{GS} = 10V, R_{GEN} = 25\Omega$	BS170			10	ns
		$V_{DD} = 25V, I_D = 500mA, V_{GS} = 10V, R_{GEN} = 50\Omega$	MMBF170			10	
t_{off}	Turn-Off Time	$V_{DD} = 25V, I_D = 200mA, V_{GS} = 10V, R_{GEN} = 25\Omega$	BS170			10	ns
		$V_{DD} = 25V, I_D = 500mA, V_{GS} = 10V, R_{GEN} = 50\Omega$	MMBF170			10	

Note:

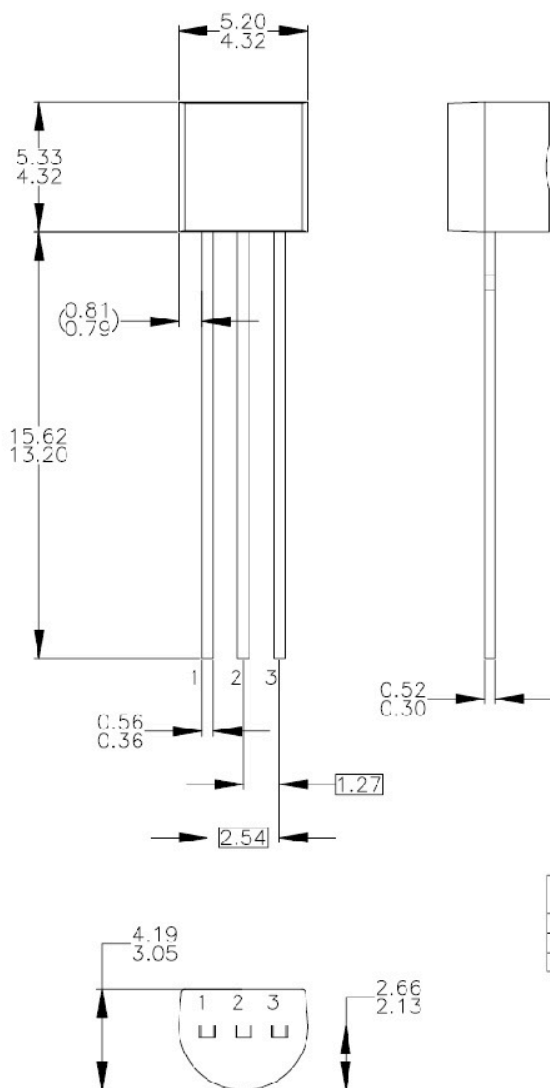
1. Pulse Test: Pulse Width $\leq 300\mu s$, Duty Cycle $\leq 2.0\%$.

Ordering Information

Part Number	Package	Package Type	Lead Frame	Pin array
BS170	TO-92	BULK	STRAIGHT	D G S
BS170_D26Z	TO-92	Tape and Reel	FORMING	D G S
BS170_D27Z	TO-92	Tape and Reel	FORMING	D G S
BS170_D74Z	TO-92	AMMO	FORMING	D G S
BS170_D75Z	TO-92	AMMO	FORMING	D G S
MMBF170	SOT-23	Tape and Reel		

Mechanical Dimensions (TO-92)

TO-92



NOTES: UNLESS OTHERWISE SPECIFIED

- A) DRAWING WITH REFERENCE TO JEDEC TO-92 RECOMMENDATIONS.
- B) ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
- C) DRAWING CONFORMS TO ASME Y14.5M-1994.
- D) TO-92 (92,94,96,97,98) PIN CONFIGURATION:

PIN	92			94			96			97			98		
	P	F	M	P	F	M	P	F	M	P	F	M	P	F	M
1	E	S	S	E	S	S	B	D	G	C	G	D	C	G	D
2	B	D	G	C	G	D	E	S	S	B	D	G	E	S	S
3	C	G	D	B	D	G	C	G	D	E	S	S	B	D	G

LEGEND:

- P - BIPOLAR
- F - JFET
- M - DMOS
- E - EMITTER
- B - BASE
- C - COLLECTOR
- D - DRAIN
- S - SOURCE
- G - GATE

- E) FOR PACKAGE 92, 94, 96, 97 AND 98: PIN CONFIGURATION DRAIN "D" AND SOURCE "S" ARE INTERCHANGEABLE AT JFET "F" OPTION.
- F) DRAWING FILENAME: MKT-ZA03DREV3.

Dimensions in Millimeters

13.11. Regulador de tensión



TS7800 Series

3-Terminal Fixed Positive Voltage Regulator

TO-220



ITO-220



TO-263 (D²PAK)



Pin Definition:

1. Input
2. Ground (tab)
3. Output

General Description

These voltage regulators are monolithic integrated circuits designed as fixed-voltage regulators for a wide variety of applications including local, on-card regulation. These regulators employ internal current limiting, thermal shutdown, and safe-area compensation. With adequate heatsink they can deliver output currents up to 1 ampere.

Although designed primarily as a fixed voltage regulator, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

This series is offered in 3-pin TO-220, ITO-220 & TO-263 package.

Features

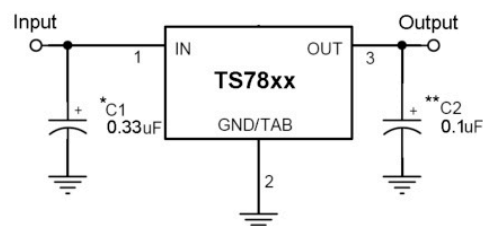
- Output Voltage Range 5 to 24V
- Output current up to 1A
- No external components required
- Internal thermal overload protection
- Internal short-circuit current limiting
- Output transistor safe-area compensation
- Output voltage offered in 4% tolerance

Ordering Information

Part No.	Package	Packing
TS78xxCZ C0	TO-220	50pcs / Tube
TS78xxCI C0	ITO-220	50pcs / Tube
TS78xxCM RN	TO-263	800pcs / 13" Reel

Note: Where **xx** denote voltage option

Standard Application Circuit



A common ground is required between the input and the output voltages. The input voltage must remain typically 2.0V above the output voltage even during the low point on the input ripple voltage.

XX = these two digits of the type number indicate voltage.

* = C_{in} is required if regulator is located an appreciable distance from power supply filter.

** = C_o is not needed for stability; however, it does improve transient response.

Absolute Maximum Rating (T_a = 25°C unless otherwise noted)

Parameter	Symbol	Limit	Unit
Input Voltage	V _{IN} *	35	V
Input Voltage	V _{IN} **	40	V
Power Dissipation	P _D	Internal Limited	W
Operating Junction Temperature	T _J	0~+125	°C
Storage Temperature Range	T _{STG}	-65~+150	°C

Note: * TS7805 to TS7818

** TS7824

*** Follow the derating curve



TS7800 Series

3-Terminal Fixed Positive Voltage Regulator

TS7815 Electrical Characteristics

$V_{in}=23V$, $I_{out}=500mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$, $C_{in}=0.33\mu F$, $C_{out}=0.1\mu F$; unless otherwise specified.)

Parameter	Symbol	Test Condition	Min	Typ	Max	Unit	
Output voltage	Vout	$T_j=25^{\circ}C$	14.42	15	15.60	V	
		$17.5V \leq V_{in} \leq 30V$, $10mA \leq I_{out} \leq 1A$, $P_D \leq 15W$	14.28	15	15.75		
Line Regulation	REGline	$T_j=25^{\circ}C$	$17.5V \leq V_{in} \leq 30V$	--	12	300	mV
			$18V \leq V_{in} \leq 22V$	--	3	150	
Load Regulation	REGload	$T_j=25^{\circ}C$	$10mA \leq I_{out} \leq 1A$	--	12	300	mV
			$250mA \leq I_{out} \leq 750mA$	--	4	150	
Quiescent Current	Iq	$T_j=25^{\circ}C$, $I_{out}=0$	--	4.3	8	mA	
Quiescent Current Change	ΔIq	$17.5V \leq V_{in} \leq 30V$ $10mA \leq I_{out} \leq 1A$	--	--	1		
			--	--	0.5		
Output Noise Voltage	Vn	$10Hz \leq f \leq 100KHz$, $T_j=25^{\circ}C$	--	90	--	μV	
Ripple Rejection Ratio	RR	$f=120Hz$, $18V \leq V_{in} \leq 28V$	54	70	--	dB	
Voltage Drop	Vdrop	$I_{out}=1.0A$, $T_j=25^{\circ}C$	--	2	--	V	
Output Resistance	Rout	$f=1KHz$	--	19	--	$m\Omega$	
Output Short Circuit Current	Ios	$T_j=25^{\circ}C$	--	230	--	mA	
Peak Output Current	I _{o peak}	$T_j=25^{\circ}C$	--	2.2	--	A	
Temperature Coefficient of Output Voltage	$\Delta V_{out} / \Delta T_j$	$I_{out}=10mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$	--	-1	--	$mV / ^{\circ}C$	

TS7818 Electrical Characteristics

$V_{in}=24V$, $I_{out}=500mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$, $C_{in}=0.33\mu F$, $C_{out}=0.1\mu F$; unless otherwise specified.)

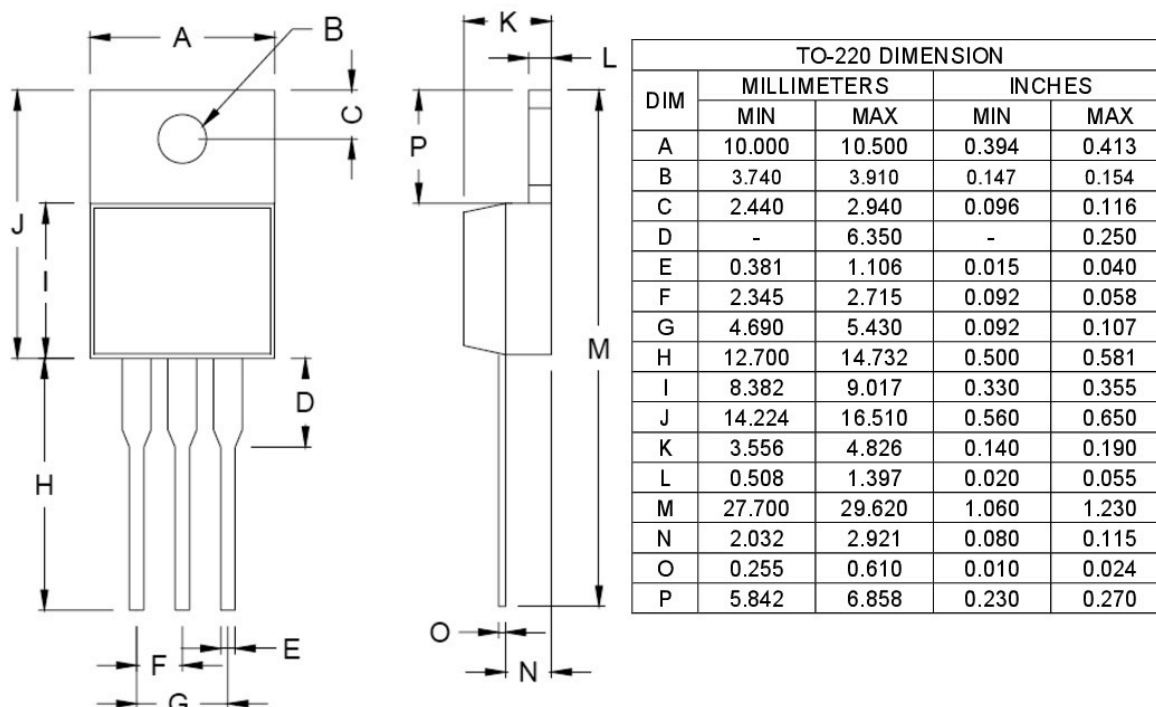
Parameter	Symbol	Test Condition	Min	Typ	Max	Unit	
Output Voltage	Vout	$T_j=25^{\circ}C$	17.30	18	18.72	V	
		$21V \leq V_{in} \leq 33V$, $10mA \leq I_{out} \leq 1A$, $P_D \leq 15W$	17.14	18	18.90		
Line Regulation	REGline	$T_j=25^{\circ}C$	$21V \leq V_{in} \leq 33V$	--	15	360	mV
			$22V \leq V_{in} \leq 26V$	--	5	180	
Load Regulation	REGload	$T_j=25^{\circ}C$	$10mA \leq I_{out} \leq 1A$	--	12	360	mV
			$250mA \leq I_{out} \leq 750mA$	--	4	180	
Quiescent Current	Iq	$T_j=25^{\circ}C$, $I_{out}=0$	--	4.5	8	mA	
Quiescent Current Change	ΔIq	$21V \leq V_{in} \leq 33V$ $10mA \leq I_{out} \leq 1A$	--	--	1		
			--	--	0.5		
Output Noise Voltage	Vn	$10Hz \leq f \leq 100KHz$, $T_j=25^{\circ}C$	--	110	--	μV	
Ripple Rejection Ratio	RR	$f=120Hz$, $21V \leq V_{in} \leq 31V$	54	70	--	dB	
Voltage Drop	Vdrop	$I_{out}=1.0A$, $T_j=25^{\circ}C$	--	2	--	V	
Output Resistance	Rout	$f=1KHz$	--	22	--	$m\Omega$	
Output Short Circuit Current	Ios	$T_j=25^{\circ}C$	--	200	--	mA	
Peak Output Current	I _{o peak}	$T_j=25^{\circ}C$	--	2.2	--	A	
Temperature Coefficient of Output Voltage	$\Delta V_{out} / \Delta T_j$	$I_{out}=10mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$	--	-1	--	$mV / ^{\circ}C$	

- Pulse testing techniques are used to maintain the junction temperature as close to the ambient temperature as possible, and thermal effects must be taken into account separately.
- This specification applies only for DC power dissipation permitted by absolute maximum ratings.

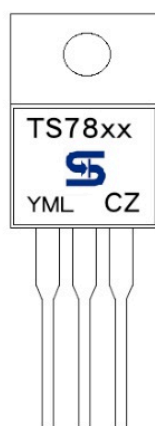


TS7800 Series 3-Terminal Fixed Positive Voltage Regulator

TO-220 Mechanical Drawing



Marking Diagram



- XX** = Output Voltage
(05=5V, 06=6V, 08=8V, 09=9V, 10=10V, 12=12V, 15=15V, 18=18V, 24=24V)
- Y** = Year Code
- M** = Month Code
(A=Jan, B=Feb, C=Mar, D=Apl, E=May, F=Jun, G=Jul, H=Aug, I=Sep, J=Oct, K=Nov, L=Dec)
- L** = Lot Code
- CZ** = Package Code for TO-220

14. Anexo III: Programas principales.

PROGRAMAS PRINCIPALES

Índice

14.1. Programa principal completo

14.2. Programa principal de la maqueta

14.1. Programa principal completo

Panel frontal:



Stop Button Número de ciclo plc: 0

Entradas Digitales

- Sensor de movimiento (Baño)
- Sensor de movimiento (Pasillo)
- Sensor de movimiento (Garaje)
- ON/OFF iluminación (Dormitorio 1)
- ON/OFF iluminación (Dormitorio 2)
- ON/OFF iluminación (Dormitorio 3)
- ON/OFF iluminación (Despacho)
- ON/OFF iluminación (Salón)
- ON/OFF iluminación (Comedor)
- ON/OFF iluminación (Cocina)
- MODO 1 O 2 calefacción
- Sensor de viento
- ON/OFF iluminación (Cocina 2)
- Activar persiana programada
- Activar toldo programado
- Activar riego programado

Entradas Analógicas

- 0 Consigna lumínica (Dormitorio)
- 0 Consigna lumínica (Dormitorio 2)
- 0 Consigna lumínica (Dormitorio 3)
- 0 Consigna lumínica (Despacho)
- 0 Consigna lumínica (Salón)
- 0 Consigna lumínica (Comedor)
- 0 Consigna lumínica (Cocina)
- 0 Sensor lumínico (Dormitorio 1)
- 0 Sensor lumínico (Dormitorio 2)
- 0 Sensor lumínico (Dormitorio 3)
- 0 Sensor lumínico (Despacho)
- 0 Sensor lumínico (Salón)
- 0 Sensor lumínico (Comedor)
- 0 Sensor lumínico (Cocina)
- 0 Consigna de Temperatura (Dormitorios)
- 0 Consigna de Temperatura (Zonas comunes)
- 10-8-6-4-2-0 Sensores de temperatura (Dormitorios)
- 10-8-6-4-2-0 Sensores de temperatura (Zonas comunes)
- 0 Sensor de luz toldo

Salidas Analógicas

- 0 Luminarias (Dormitorio 1)
- 0 Luminarias (Dormitorio 2)
- 0 Luminarias (Dormitorio 3)
- 0 Luminarias (Despacho)
- 0 Luminarias (Salón)
- 0 Luminarias (Comedor)
- 0 Luminarias (Cocina)

Salidas Digitales

- Luminarias (Baño)
- Luminarias (Pasillo)
- Luminarias (Garaje)
- Electroválvula para la calefacción (Dormitorios)
- Electroválvula para la calefacción (Zonas comunes)
- Electroválvula riego
- Subir persianas
- Bajar persianas
- Bajar Toldo
- Subir Toldo

minutos riego: 0

Encendido del riego: 00:00

Bajar persianas: 00:00

Subir persianas: 00:00

Entradas internas

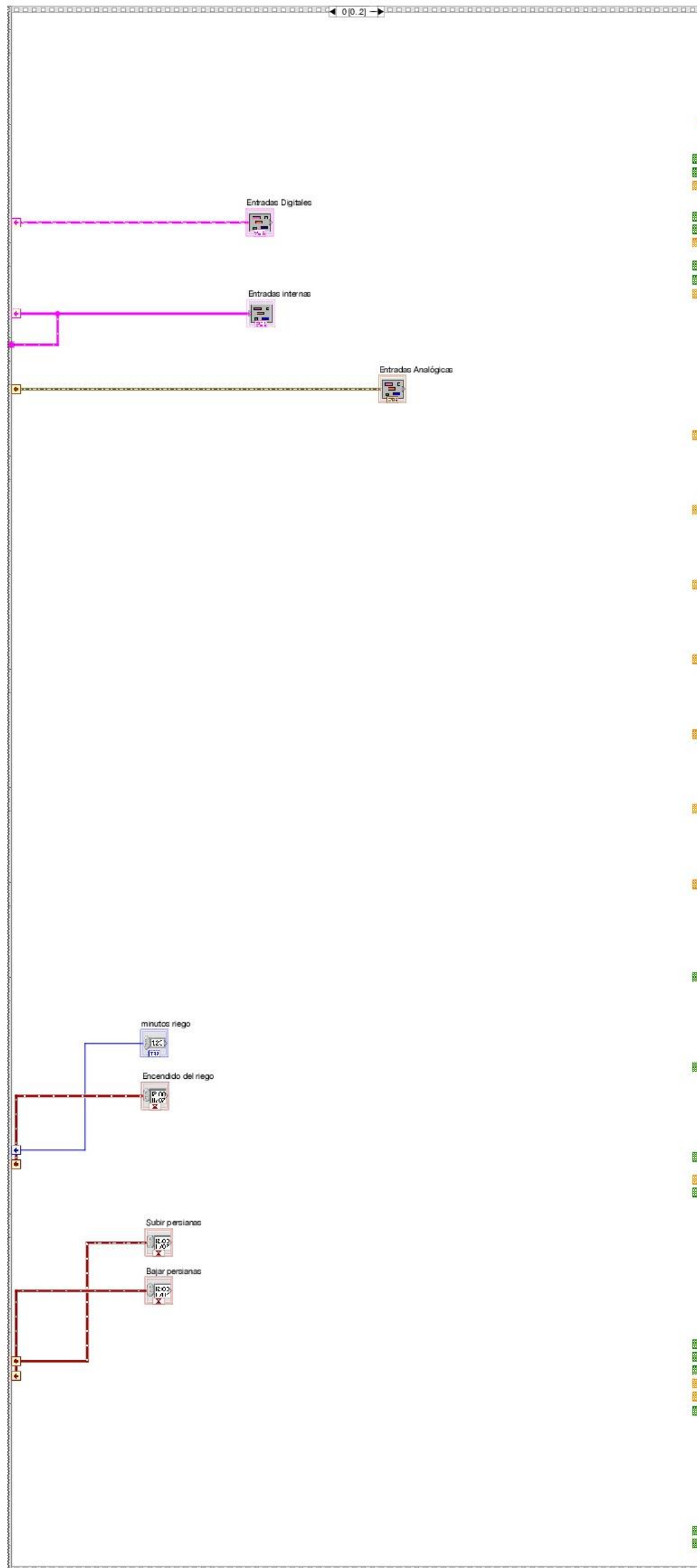
- Disparo IN (Luz baño)
- Contador IN (luz baño)
- Disparo IN (Luz pasillo)
- Contador IN (luz pasillo)
- Disparo IN (luz garaje)
- Contador IN (luz garaje)
- Lámpara k-1 (dormitorio 1)
- Lámpara k-1 (dormitorio 2)
- Lámpara k-1 (dormitorio 3)
- Lámpara k-1 (salón)
- Lámpara k-1 (despacho)
- Lámpara k-1 (comedor)
- Lámpara k-1 (cocina)
- Disparo IN-S (Riego)
- Contador IN (Riego)
- Disparo IN-S (persianas)
- Contador IN-S (Persianas)
- Disparo IN-B (Persianas)
- Contador IN-B (Persianas)
- Electroválvula dormitorios k-1
- Elec.válvula calefac. zonas comunes k-1

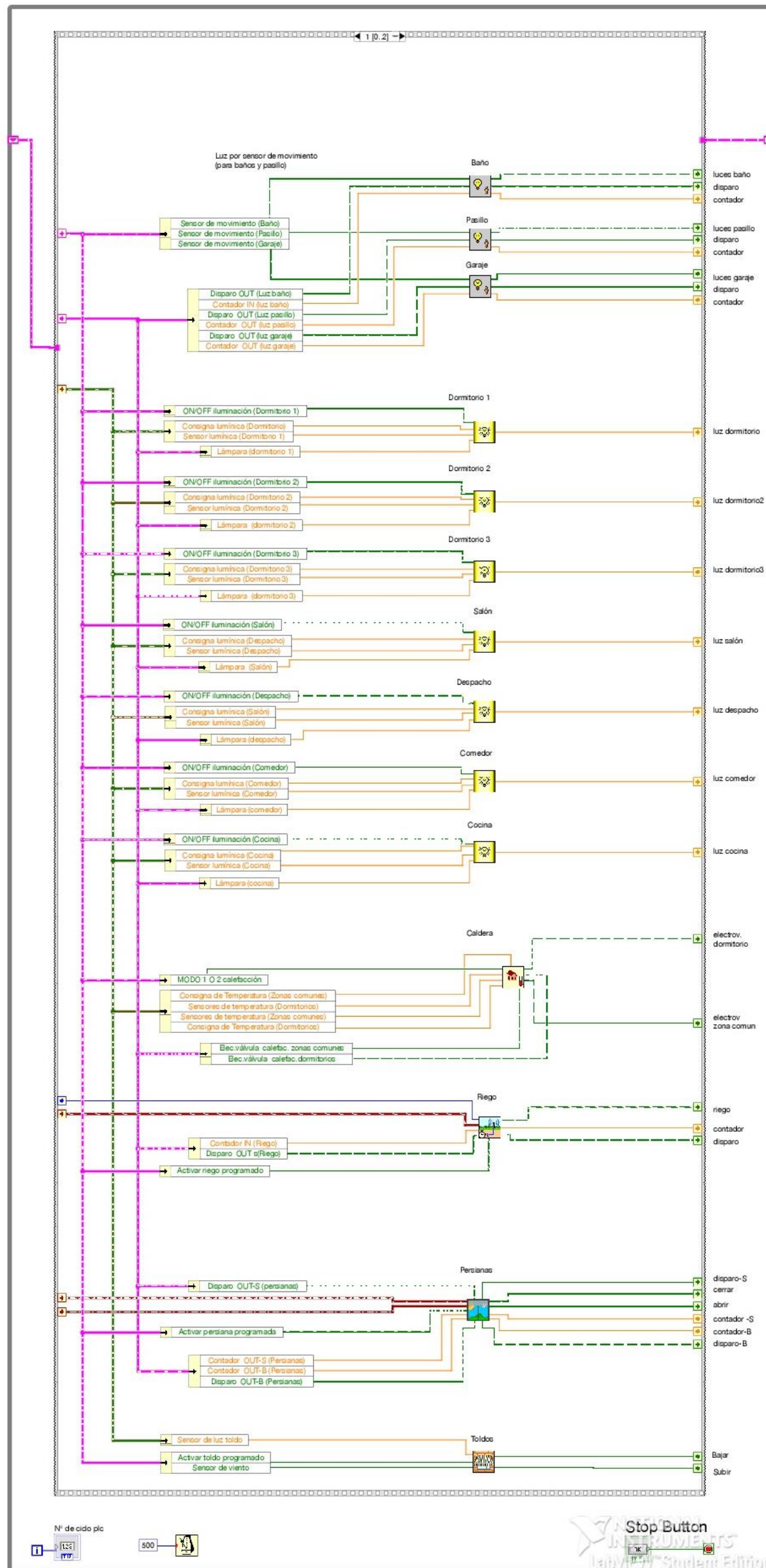
Salidas internas

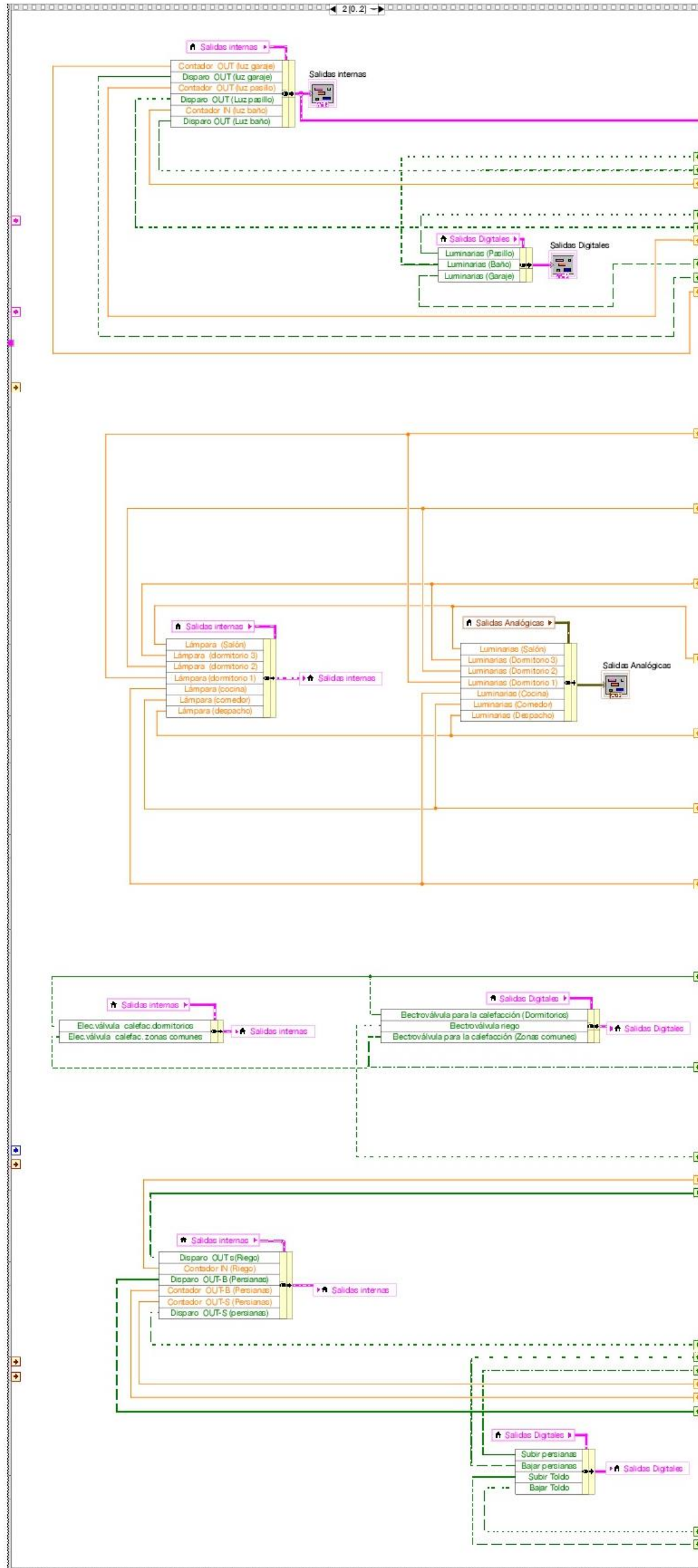
- Disparo OUT (Luz baño)
- Contador IN (luz baño)
- Disparo OUT (Luz pasillo)
- Contador OUT (luz pasillo)
- Disparo OUT (luz garaje)
- Contador OUT (luz garaje)
- Lámpara (dormitorio 1)
- Lámpara (dormitorio 2)
- Lámpara (dormitorio 3)
- Lámpara (salón)
- Lámpara (despacho)
- Lámpara (comedor)
- Lámpara (cocina)
- Disparo OUT-S (Riego)
- Contador IN (Riego)
- Disparo OUT-S (persianas)
- Contador OUT-S (Persianas)
- Disparo OUT-B (Persianas)
- Contador OUT-B (Persianas)
- Elec.válvula calefac.dormitorios
- Elec.válvula calefac. zonas comunes

NATIONAL INSTRUMENTS
LabVIEW Student Edition

Diagrama de bloques:







14.2. Programa principal de la maqueta.

Panel frontal:

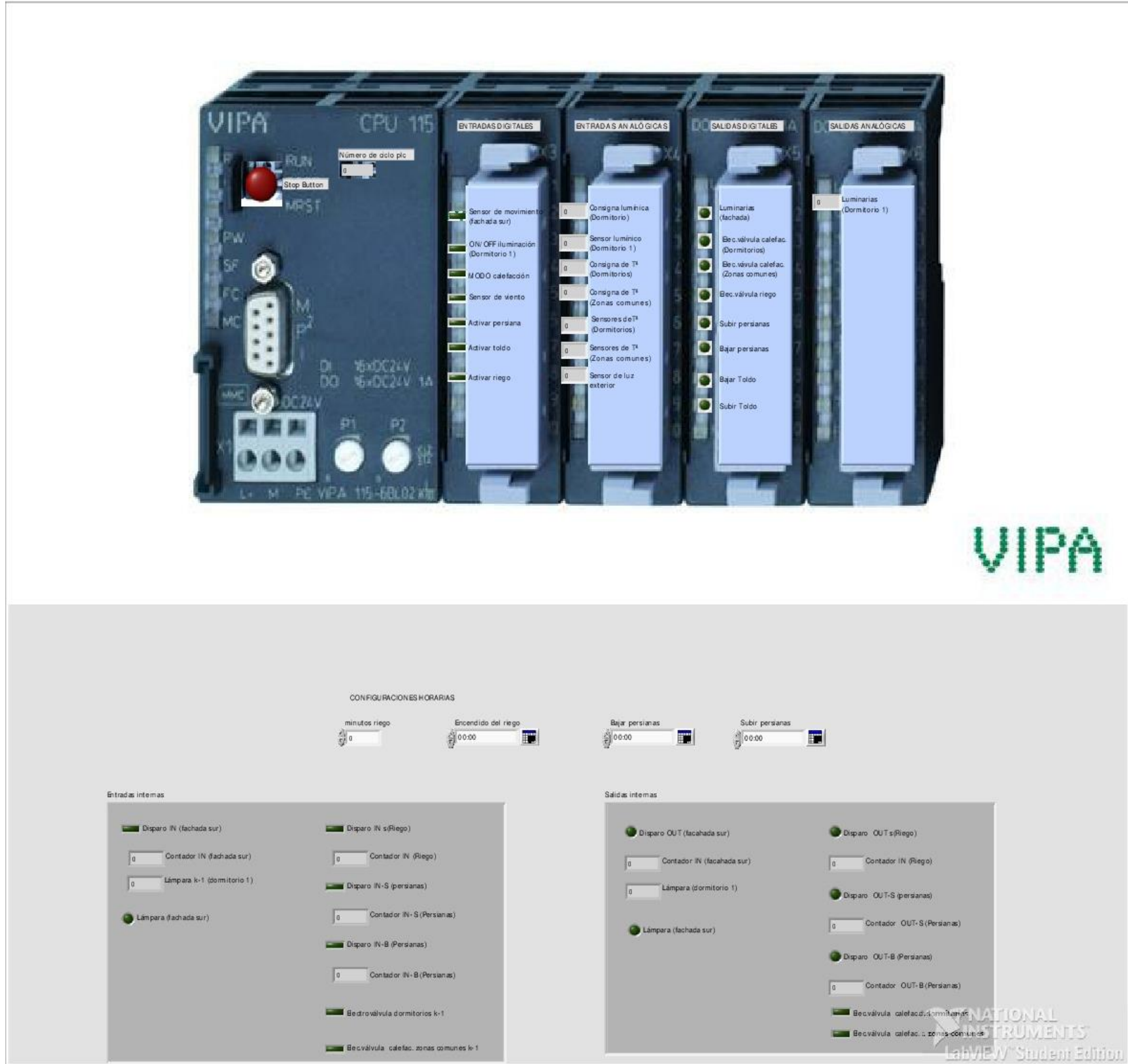


Diagrama de bloques:

