



UNIVERSIDAD de VALLADOLID



ESCUELA de INGENIERÍAS INDUSTRIALES

**«INGENIERÍA TÉCNICA DE TELECOMUNICACIONES, ESPECIALIDAD EN
SISTEMAS ELECTRÓNICOS»**

PROYECTO FIN DE CARRERA

**«CALIBRADOR DE CRONÓMETROS DIGITALES
POR MEDIO DE INDUCCIÓN»**

Autores:

«Alonso Rodríguez, Rubén»

«Velázquez Díaz, Óliver»

Tutor:

«Díez Muñoz, Pedro Luis»

«Tecnología Electrónica»

«JUNIO» – «2013»

Agradecimientos

Antes de comenzar la memoria del proyecto, quisiéramos agradecer a todas las personas que, de una u otra manera, han estado a nuestro lado y nos han ayudado en las distintas etapas de este camino que vamos a concluir.

En este final es inevitable pensar en todos los compañeros que hemos tenido a lo largo de estos años y, sobre todo, en los buenos momentos que hemos pasado tanto en la universidad como fuera de ella. Grandísimos recuerdos que no podrán borrarse, junto con los lazos de amistad que hemos forjado. Sois parte importante de este periodo.

Agradecer también a nuestro tutor de proyecto, Pedro L. Díez por el esfuerzo realizado y por sus consejos, que han logrado que lo que en septiembre nos propusimos, con trabajo se haya hecho realidad. Al laboratorio LACECAL por permitirnos usar su material para realizar las pruebas finales del calibrador.

Sin olvidar tampoco al resto de profesores que nos han enseñado y orientado lo mejor posible para afrontar con garantías el futuro que se nos plantea tanto como ingenieros como personas.

Y en especial, agradecer a nuestras familias, que son las que se han sacrificado para darnos esta gran oportunidad y los que han sufrido día a día para que pudiéramos llegar a este importante día. Sin vosotros no hubiera sido posible.

Muchas gracias a todos, de corazón.

Un abrazo.



I. INDICE GENERAL

- I. INDICE GENERAL..... 1**
- MÓDULO 0: INTRODUCCIÓN 4**
- 0.1. INTRODUCCIÓN A LA CALIBRACIÓN 5**
- 0.2. TIPOS DE CRONÓMETROS 6**
- 0.3. ¿QUÉ ES LA CALIBRACION? 7**
- 0.4. TIPOS DE CALIBRACIÓN DE CRONÓMETROS 8**
 - 0.4.1. CALIBRACIÓN DIRECTA8**
 - 0.4.2. MÉTODO TOTALIZADOR.....9**
 - 0.4.3. CALIBRACIÓN POR BASE DE TIEMPO ó POR INDUCCIÓN10**
- MÓDULO I: MEMORIA DESCRIPTIVA 11**
- 1.1. OBJETIVO DEL PROYECTO 12**
- 1.2. FUNCIONAMIENTO DE LA CALIBRACIÓN POR INDUCCIÓN 13**
- 1.3. FUENTE DE ALIMENTACIÓN 15**
 - 1.3.1. DISEÑO DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN.....15**
 - 1.3.2. CIRCUITOS INTEGRADOS UTILIZADOS16**
 - 1.3.3. SIMULACIÓN17**
 - 1.3.4. LISTA DE COMPONENTES21**
 - 1.3.5. DISEÑO DEL PCB22**
- 1.4. CALIBRADOR DE CRONÓMETROS POR MEDIO DE INDUCCIÓN 24**
 - 1.4.1. DISEÑO DEL PROTOTIPO24**
 - 1.4.2. CIRCUITOS INTEGRADOS UTILIZADOS27**
 - 1.4.3. SIMULACIÓN30**
 - 1.4.4. LISTA DE COMPONENTES37**
 - 1.4.5. DISEÑO DEL PCB39**
 - 1.4.6. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO42**
- 1.5. DISEÑOS PREVIOS AL DISEÑO FINAL 52**



1.6. MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN DE PLACAS DE CIRCUITO IMPRESO.....	56
1.6.1. MÉTODO DE INSOLACIÓN	56
1.6.2. MÉTODO DE TALADRADO Y FRESADO	56
<u>MÓDULO II: PLANOS.....</u>	63
I. ÍNDICE DE PLANOS	64
<u>MÓDULO III: PRESUPUESTO</u>	76
3.1. INTRODUCCIÓN	77
3.2. COSTES MATERIALES.....	78
3.2.1. COSTE MATERIAL DEL CALIBRADOR	78
3.2.2. COSTE MATERIAL DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN	80
3.3. COSTE DEL DISEÑO Y MONTAJE DEL PROTOTIPO.....	81
3.4. PRECIO DE EJECUCIÓN POR MATERIAL	82
3.5. PRECIO DE EJECUCIÓN POR CONTRATO	83
3.6. PRECIO POR LICITACIÓN	84
<u>MÓDULO IV: PLIEGO DE CONDICIONES</u>	85
4.1. DISPOSICIONES Y ABARQUE DEL PLIEGO DE CONDICIONES.....	86
4.1.1. OBJETIVO DEL PLIEGO	86
4.1.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MONTAJE.....	86
4.2. NORMATIVA DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO	87
4.3. CONDICIONES GENERALES DE LOS MATERIALES	89
4.3.1. ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS	89
4.3.2. ESPECIFICACIONES MECÁNICAS	90
4.3.3. COMPONENTES ELECTRÓNICOS	91
4.4. CONDICIONES DEL PROCESO DE FABICACIÓN.....	91
4.4.1. PREPARACIÓN DE LOS COMPONENTES	91
4.4.2. MATERIAL DEL CIRCUITO IMPRESO	92
4.4.3. SOLDADURA Y MONTAJE DE LOS COMPONENTES.....	92
4.4.4. CONDICIONES DEL PROCESO DE PRUEBA	92



4.5. CONDICIONES FACULTATIVAS..... 93

4.6. SOLICITUD DE HOMOLAGACIÓN DE TIPO CE..... 94

 4.6.1. EXPEDIENTE TÉCNICO DE CONSTRUCCIÓN95

 4.6.2. DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD DEL PRODUCTO95

 4.6.3. MARCADO CE SOBRE EL PRODUCTO96

4.7. MARCA DE RECICLADO DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS..... 97

 4.7.1. MARCA DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS97

4.8. CLAÚSULAS DE ÍNDOLE LEGAL 98

4.9. CONCLUSIONES..... 99

MÓDULO V: CONCLUSIONES Y MEJORAS FUTURAS 100

5.1. CONCLUSIONES..... 101

5.2. MEJORAS DEL PROTOTIPO..... 102

BIBLIOGRAFÍA..... 104

ANEXOS 106

II. ÍNDICE DE FIGURAS 107

III. ÍNDICE DE TABLAS..... 110



BLOQUE 0

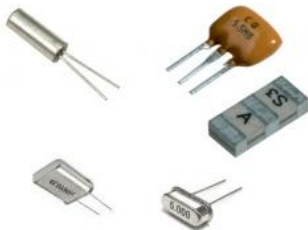
INTRODUCCIÓN

0.1. INTRODUCCIÓN A LA CALIBRACIÓN

El segundo es definido como la duración de 9192631770 periodos de la radiación correspondiente a la transición entre dos niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo de Cesio 133.

De todas las variables metrológicas que existen, el tiempo es una de las que puede ser reproducida con la mayor exactitud posible, por lo que instrumentos para la medición y/o generación de intervalos de tiempo proporcionan niveles de exactitud muy por encima de los instrumentos que se utilizan para la medición y/o generación de las demás variables metrológicas.

Desde sus orígenes, el ser humano ha tenido la necesidad de medir el tiempo, porque en el tiempo transcurre su vida, sus acontecimientos. Desde la antigüedad ya se tenía la necesidad de conocer el tiempo para pronosticar cuándo se hacía de día ó de noche ó cuando era el mejor momento del día para ir a cazar, por poner un par de ejemplos.



Osciladores de cuarzo

En la actualidad, esa necesidad sigue presente, incluso es más importante. Todas nuestras actividades funcionan sobre la base de una exacta programación del tiempo: relojes para saber la hora en todo momento, cronómetros para controlar tiempos...

La base de tiempos es la que produce la señal de frecuencia usada para los cronómetros o temporizadores para medir el intervalo de tiempo. Hoy en día estos dispositivos por lo general utilizan osciladores de cristal de cuarzo, cuya frecuencia más común utilizada es de 32768 Hz.

Muchos de los aparatos electrónicos que usamos en nuestra vida diaria se rigen por los latidos de un oscilador de alta fidelidad y exactitud. Por ejemplo, los ordenadores contienen un reloj interno que regula su funcionamiento. La integración en nuestra vida cotidiana de estas técnicas de cronometría ha llegado a ser tan fuerte que sólo cuando dichos cronómetros fallan, caemos en la cuenta de nuestro grado de dependencia.

El paso del tiempo o las condiciones atmosféricas a las que esté expuesto nuestro aparato, pueden provocar que ese cronómetro interno pierda facultades respecto a su programación inicial. En el caso de cronómetros, diríamos que su medición se ha devaluado con respecto al patrón con el que se le compara.

Por lo que es aquí donde comenzamos a darnos cuenta de la importancia que tiene el que estos cronómetros internos funcionen correctamente y con precisión.

0.2. TIPOS DE CRONÓMETROS

La palabra cronómetro proviene de la mitología griega, el nombre se le dio por el Dios griego Cronos que era el Dios del tiempo.

Es un reloj o una función de reloj que sirve para medir fracciones de tiempo, normalmente cortos y con exactitud.

El cronómetro es la herramienta más importante en el estudio de tiempos. Un reloj de pulsos ordinarios puede ser el adecuado para los tiempos totales y/o ciclos largos pero el cronómetro es el más adecuado para la mayoría de los estudios de tiempos.

Los cronómetros en general pueden ser clasificados en dos categorías:

- **Digitales.** Emplean oscilador de cuarzo y un circuito electrónico para medir el intervalo de tiempo. La fuente de alimentación suele ser una batería alcalina que alimenta el oscilador y la circuitería del contador y la pantalla. Normalmente la base de tiempo es un oscilador de cristal de cuarzo, con una frecuencia nominal de 32768 Hz.

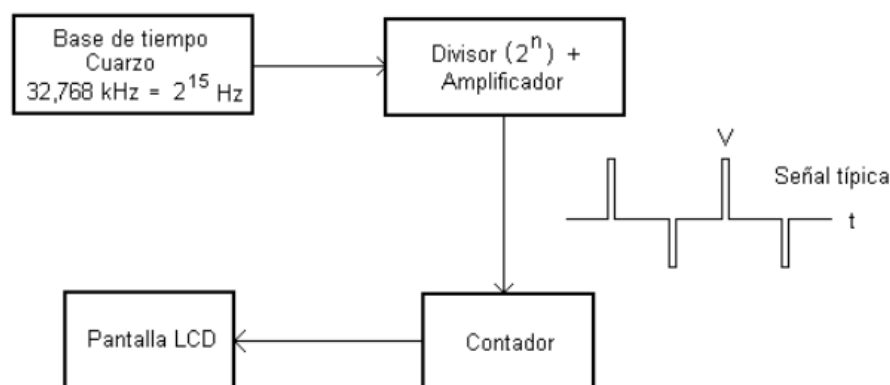


Figura 1 - Esquema simplificado de un cronómetro digital con LCD.

- **Analógicos.** Usan elementos mecánicos para medir los intervalos de tiempo. Su alimentación es un resorte helicoidal que almacena la energía obtenida por cuerda. La base de tiempo es usualmente una rueda balanceada que funciona como un péndulo de torsión. El alcance en el cual el resorte funciona es gobernado por una rueda balanceada la cual está diseñada para proveer un periodo consistente de oscilación, relativamente independiente de factores tales como la fricción, temperatura y orientación.





0.3. ¿QUÉ ES LA CALIBRACION?

El calibrado consiste en la comparación entre lo que nos indica un instrumento y lo que debiera indicar con respecto a un patrón de referencia cuyo valor conocemos.

De esta definición se deduce que para calibrar un instrumento o patrón es necesario disponer de uno de mayor precisión que proporcione el valor convencionalmente verdadero que es el que se empleará para compararlo con la indicación del instrumento sometido a calibrado.

Esto se realiza mediante una cadena ininterrumpida y documentada de comparaciones hasta llegar al patrón primario, y que constituye lo que llamamos trazabilidad.

El objetivo del calibrado es mantener y verificar el buen funcionamiento de los equipos, responder a los requisitos establecidos en las normas de calidad y garantizar la fiabilidad y trazabilidad de las medidas.

Durante el calibrado, se contrasta el valor de salida del instrumento a calibrar frente a un patrón en diferentes puntos de calibración.

Si el error de calibración —error puesto de manifiesto durante la calibración— es inferior al límite de rechazo, la calibración será aceptada.

En caso contrario se requerirá ajuste del instrumento y una contrastación posterior, tantas veces como sea necesario hasta que se obtenga un error inferior al límite establecido.

0.4. TIPOS DE CALIBRACIÓN DE CRONÓMETROS

Existen diversos tipos de calibración de cronómetros, cada uno con un nivel de dificultad y con un diferente rango de exactitud. Aquí enumeramos algunas de las técnicas que se utilizan:

0.4.1. CALIBRACIÓN DIRECTA



El método de calibración por comparación directa es el más usado para calibrar cronómetros y temporizadores. Compara la lectura del cronómetro bajo ensayo contra un patrón.

Para llevar a cabo este método, hace falta que una persona indique cuando arranca y para el cronómetro mediante la pulsación de sus respectivos botones.

Existen diferentes tipos de calibración directa según con qué se compare la indicación del cronómetro del intervalo de tiempo:

- Comparación directa contra cronómetro

El objeto a calibrar se compara con un cronómetro calibrado a una resolución mayor.

- Comparación directa contra referencia (opción display)

Requiere una referencia de intervalo de tiempo, que suele ser una señal de tiempo de audio. Las señales de tiempo de audio son usualmente obtenidas con un radio de onda corta o un teléfono.

- Comparación directa contra referencia (opción cámara digital)

Igual que el anterior método pero una cámara digital graba el proceso para un mejor análisis.

Las tres fuentes más importantes de incertidumbre a considerar son la incertidumbre de la referencia, el tiempo de respuesta del factor humano y la resolución del equipo.

Ventajas

Este método es relativamente fácil de desarrollar. No requiere de un equipo especial o patrón.

Desventajas

La respuesta del operador al dar el arranque y paro del equipo es una parte significativa del total de incertidumbre, especialmente en intervalos cortos de tiempo.

En el caso de la opción de cámara digital, la necesidad de sacar varias fotos para capturar el dígito menos significativo es otro inconveniente.

0.4.2. MÉTODO TOTALIZADOR



Este método elimina parcialmente la incertidumbre por la reacción de tiempo del factor humano, pero requiere un generador de señal calibrado, un contador universal y el uso de un patrón de frecuencia primario como base de tiempo externa para el sintetizador.

Una vez que el contador está parado, compara las dos lecturas.

Este método de calibración necesita el uso de un generador de señal calibrado para enviar una señal al contador universal el cual opera en el modo de totalizador. El contador cuenta las oscilaciones de frecuencia de entrada durante un periodo de tiempo que es iniciado y parado por el operador.

Los factores a la incertidumbre de medición son la frecuencia de entrada, el tiempo de la reacción humana, el contador y la resolución del instrumento a calibrar.

Ventajas

Elimina parcialmente la incertidumbre por la reacción de tiempo del factor humano. El operador inicia y para simultáneamente la unidad bajo prueba y el contador universal.

Desventajas

Requiere mayor equipamiento que el método de comparación directa.

En estos dos métodos anteriores, donde la incertidumbre por la reacción del factor humano es importante, tenemos más inconvenientes comunes. Al utilizar cronómetros, nos influyen detalles como la rapidez del cambio del dígito menos significativo. Teniendo en cuenta que el desvío del oscilador puede ser del orden de 1ppm son necesarias varias horas de operación para que el desvío acumulativo pueda ser observado por el display. Además, es necesario repetir el proceso varias veces para poder obtener tanto el valor del desvío como su desviación estándar.



CALIBRADOR DE CRONÓMETROS DIGITALES POR MEDIO DE INDUCCIÓN



Al tener, entre otras, todas estas desventajas, se pasó a investigar la posibilidad de medir directamente la frecuencia del oscilador interno del cronómetro o la frecuencia de refresco del LCD y así evitar muchas de las desventajas mencionadas.

Y ésta idea desembocó en el siguiente método a explicar y el escogido para este proyecto como es el método de calibración por base de tiempo ó por inducción.

0.4.3. CALIBRACIÓN POR BASE DE TIEMPO Ó POR INDUCCIÓN

Este es el método en el que se va a basar nuestro proyecto y el que vamos a utilizar desde aquí hasta el final del mismo, por tanto, explicaremos este método más adelante.



BLOQUE I

MEMORIA DESCRIPTIVA



1.1. OBJETIVO DEL PROYECTO

Nuestra principal idea era realizar un proyecto en el que poder aplicar los conocimientos que hemos adquirido durante estos años de carrera universitaria y, a su vez, tener la oportunidad de realizar desde cero el diseño de algún aparato y comprobar que todo lo que hemos estudiado teóricamente se corresponde con la realidad. No queríamos hacer algo puramente teórico.

En este proyecto, vamos a trabajar en la fabricación de un sistema que nos permita calibrar un cronómetro digital por el método de inducción.

Para ello debemos conocer previamente como funciona un cronómetro y cuál es el significado de calibrar un aparato. De ahí que hayamos hecho una introducción previa.

El prototipo realizado irá introducido en una caja metálica junto con el cronómetro digital a calibrar. Los integrados del calibrador serán alimentados por una fuente de alimentación simétrica de 12 voltios que también construiremos.

Una placa conductora colocada sobre el cronómetro recogerá los pulsos del oscilador interno del cronómetro y lo enviará a la entrada de nuestro sistema. Estos pulsos inducidos los amplificaremos y los filtraremos para obtener una señal con una amplitud adecuada y limpia. Por último, acondicionaremos la señal para obtener a la salida los pulsos al periodo que trabaje el cronómetro y con un tiempo en estado activo adecuado.

Dicho sistema tendrá un cable de conexión en la salida del calibrador para conectar un frecuencímetro que nos permita conocer con exactitud la frecuencia interna del cronómetro a examen. Una vez sabida la frecuencia, lo compararemos con un patrón de referencia (con valor conocido) y de esta manera podremos conocer si el cronómetro está mal calibrado y el valor de la anomalía en su calibrado.

La finalidad última de este proyecto es la fabricación y comercialización del diseño para la utilización en laboratorios de calibración, además de, por supuesto, poner broche y final a este periodo universitario.

1.2. FUNCIONAMIENTO DE LA CALIBRACIÓN POR INDUCCIÓN

Para poder explicar este método, antes hay que entender cómo funciona internamente un cronómetro digital.

Los cronómetros digitales poseen en su interior un oscilador que suele ser de cuarzo, y tiene un valor de frecuencia de 32768 Hz (2^{15}). Esta frecuencia es la base de tiempo del instrumento, la cual es dividida digitalmente, amplificada para que un sistema contador realice la función de cronómetro y, finalmente, muestre dicha información por medio de una pantalla o display LCD.

La señal que le llega al contador es la que el sistema de detección que realizaremos debe capturar para poder medir su frecuencia y realizar la calibración del instrumento. Dicha señal puede tener diferentes valores de frecuencia dependiendo de la marca y el modelo de los fabricantes. Algunos valores frecuentes los podemos ver en la Tabla 1:

Frecuencia base (Hz)	Divisor		Frecuencia a capturar (Hz)
32768	1152	$2^{10} + 2^7$	28.444
	1024	2^{10}	32
	768	$2^9 + 2^8$	42.666

Tabla 1 - Valores típicos de frecuencia en cronómetros.

Una vez conocido esto, pasamos a explicar el método de calibración por base de tiempo o por inducción.

Este método es el preferido para la calibración de cronómetros y temporizadores porque introduce la menor cantidad de incertidumbre en la medición al medirse en forma directa la frecuencia del oscilador de la unidad a calibrar.

La referencia para la calibración de la base de tiempo es el oscilador de la base del instrumento medidor, que debe estar calibrado.

El método exacto de medición de la base de tiempo de los cronómetros o temporizadores depende del tipo de cronómetro o temporizador a ser calibrado. Si por ejemplo, el equipo tiene como base de tiempo un cristal de cuarzo, se podría usar como referencia un sonido acústico de 32768 Hz como la frecuencia de base de tiempo y comparar lo que obtenemos con la señal exacta.

Este sistema utiliza cualquier sistema de medición de base de tiempo o contador de frecuencia con un lector para medir la frecuencia interna de oscilación de la base de

tiempo del instrumento bajo calibración. Si su base de tiempo es una referencia externa proveniente del patrón de frecuencia, su contribución a la incertidumbre es despreciable. La incertidumbre por resolución del instrumento bajo prueba no necesita ser considerada.

Ventajas

El factor de tiempo de reacción del operador humano no afecta. La calibración es muy rápida.

Desventajas

Requiere más equipo que los métodos de calibración vistos anteriormente. No trabaja fácilmente con algunos equipos eléctricos, mecánicos o electromecánicos.

Un esquema simple inicial de lo que queremos conseguir se muestra en la siguiente figura:

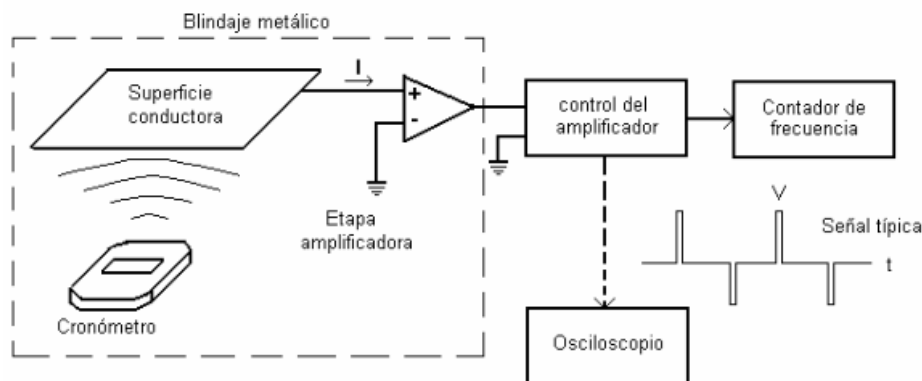


Figura 2- Esquema simple calibración por inducción.

La parte electrónica que debemos diseñar debe ir dentro de una caja metálica que nos permita filtrar frecuencias fuera del rango con el que queremos trabajar, aislando nuestro circuito.

Una placa conductora será la encargada de inducir los pulsos internos del cronómetro y transferirlo a la entrada de nuestro circuito.

Tras una serie de filtros y amplificadores que nos acondicionen la señal, obtendremos los pulsos del cronómetro, con el periodo deseado. Estos pulsos que obtenemos a la salida los comparamos con un patrón exacto conocido y así detectaremos su desviación con respecto a dicho patrón.

1.3. FUENTE DE ALIMENTACIÓN

1.3.1. DISEÑO DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN

Para alimentar el prototipo del calibrador por medio de inducción, diseñaremos una fuente de alimentación que nos proporcione 12 voltios en un extremo, -12 voltios en el otro y 0 voltios en la rama intermedia, lo que se conoce como fuente simétrica.

Una fuente simétrica es aquella que suministra una tensión de +X voltios y otra de -X voltios respecto a masa. Para ello hay que usar un transformador con doble secundario conocido como “transformador de toma media” o “transformador con doble devanado”

Para este diseño utilizamos un transformador de 5 voltio-amperios de potencia. Dicho transformador deberá tener dos entradas, que conectaremos a la alimentación general de 220 voltios y, como hemos dicho, 3 salidas. El transformador elegido nos dará a la salida 9v+9v (9 voltios entre la toma intermedia y cada uno de los extremos), lo que supondrá tener un voltaje total de $(9\sqrt{2})$ voltios. Por tanto, en la salida, obtendremos unos 15 voltios en cada extremo, siendo la salida intermedia la que usaremos como referencia a tierra.

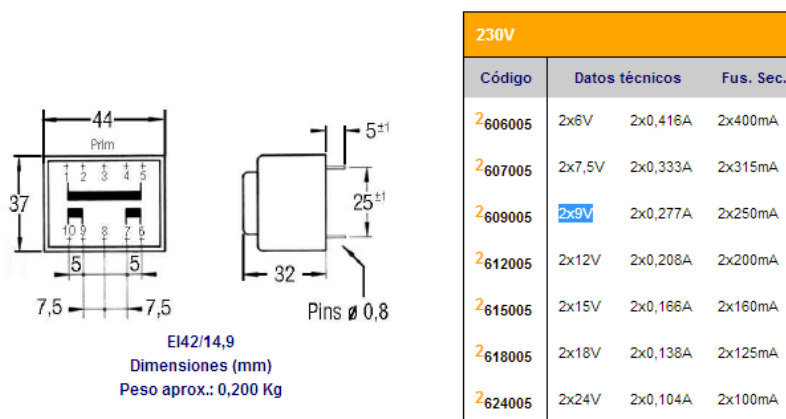


Figura 3 – Características transformador elegido.

Tras el transformador, rectificamos la señal a través de 4 diodos conectados “en puente”. La entrada a este puente de diodos es una señal senoidal, que es la que obtenemos tras el transformador.

En el primer semiciclo, dos de los 4 diodos son los que están activos y por tanto nos rectifican ese medio ciclo. En el semiciclo negativo, el otro par de diodos son los que

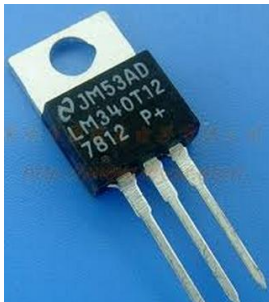
están polarizados en directa y, por tanto, los que nos rectifican este otro semiciclo. El resultado es que este puente de diodos nos sirve para rectificar la onda completa.

A la salida de este puente de diodos colocamos unos condensadores que nos servirán para estabilizar la señal rectificada y filtrarla para obtener las señales lo más continuas posibles.

Por último, nos ayudamos de dos reguladores de tensión: el LM7812 para los 12 voltios positivos y el LM7912 para los 12 voltios negativos. Estos integrados que nos permiten tener la señal mucho más continua, son ayudados por dos condensadores que nos estabilizan definitivamente la señal a la tensión que hemos seleccionado.

1.3.2. CIRCUITOS INTEGRADOS UTILIZADOS

CIRCUITO INTEGRADO LM7812



Regulador de tensión positivo de tres terminales. Un regulador de voltaje impide que la tensión se exceda de la salida nominal superior del regulador. El LM7812 es un regulador de voltaje positivo de 12 voltios, lo que significa que la salida se mantiene en un máximo de 12 voltios.

El LM7812 puede manejar hasta 1 amperio de corriente sin un disipador de calor, o hasta 1,5 amperios con un disipador de calor. Si se produce un sobrecalentamiento debido al exceso de corriente, se apagará.

CIRCUITO INTEGRADO LM7912



Regulador de tensión negativo de tres terminales. Un regulador de voltaje impide que la tensión se exceda de la salida nominal superior del regulador. El LM7912 es un regulador de voltaje negativo de 12 voltios, lo que significa que la salida se mantiene en un mínimo de 12 voltios.

El LM7912 puede manejar hasta 1 amperio de corriente sin un disipador de calor, o hasta 1,5 amperios con un disipador de calor. Si se produce un sobrecalentamiento debido al exceso de corriente, se apagará.

1.3.3. SIMULACIÓN

El circuito de la fuente de tensión simétrica de 12 voltios que hemos diseñado mediante el software “MicroSIM” es el siguiente:

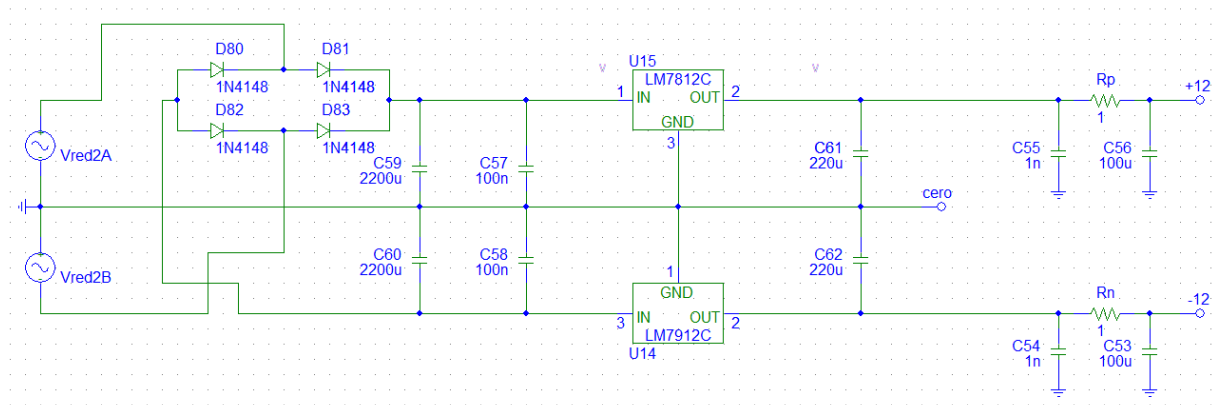


Figura 4– Esquema fuente de alimentación.

Para la simulación, el transformador lo hemos sustituido por la entrada teórica que obtendremos en el devanado derecho del transformador: una señal senoidal de unos 15 voltios de amplitud y 50Hz de frecuencia:

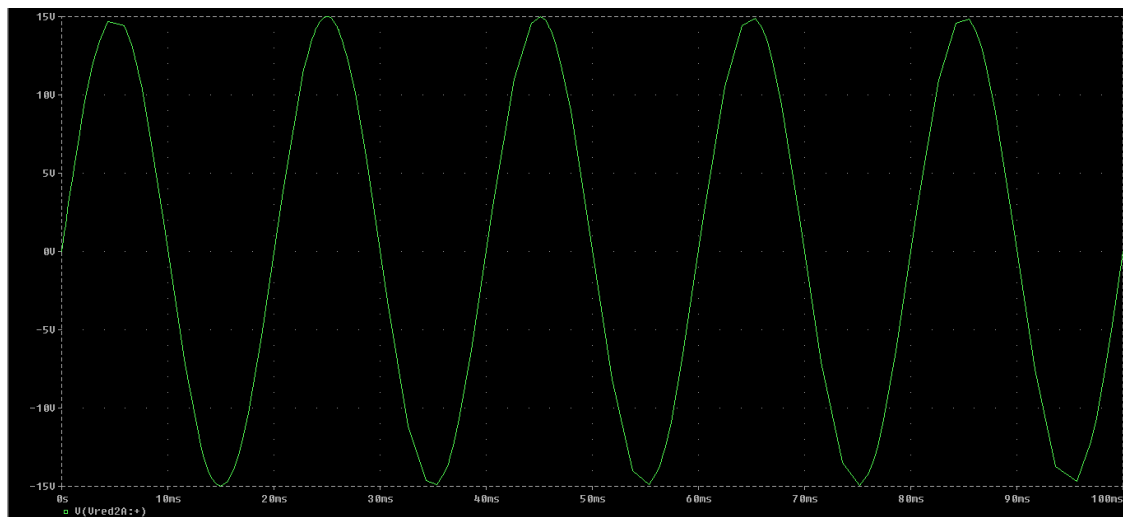


Figura 5– Simulación de la salida del transformador.

Esta señal senoidal le llega al puente de diodos, que actúan como rectificadores de onda completa. Y tras este puente, unos condensadores nos filtrarán y acondicionarán las señales para que lleguen lo más puras posibles a los reguladores de tensión:

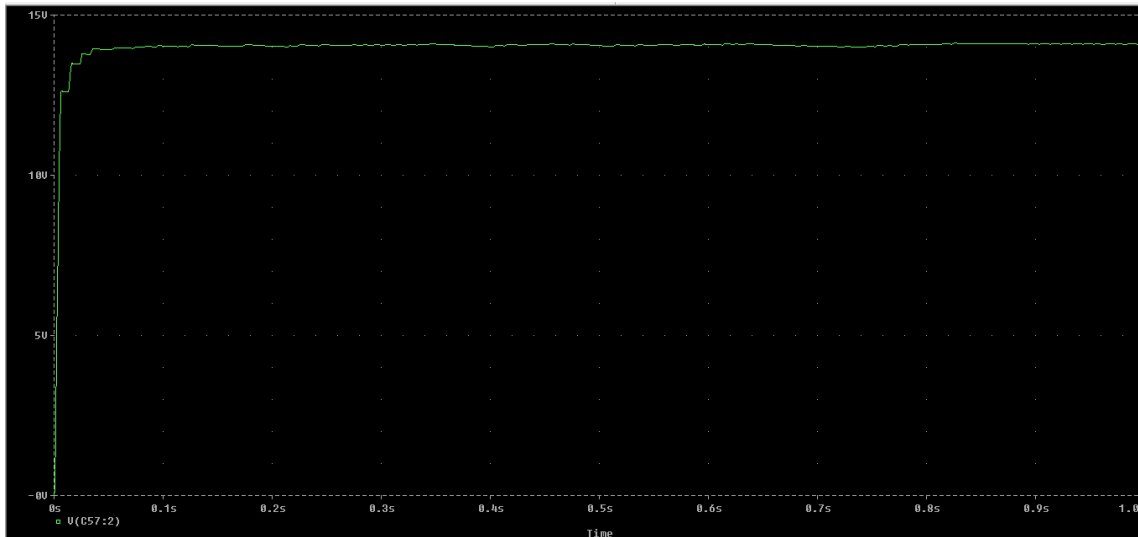


Figura 6– Simulación de la entrada al regulador positivo.

Esta captura pertenece a la tensión positiva. Si comprobamos la señal que obtenemos en la parte negativa del circuito obtenemos, como es de prever, una señal igual pero que tiende a 12 voltios negativos:

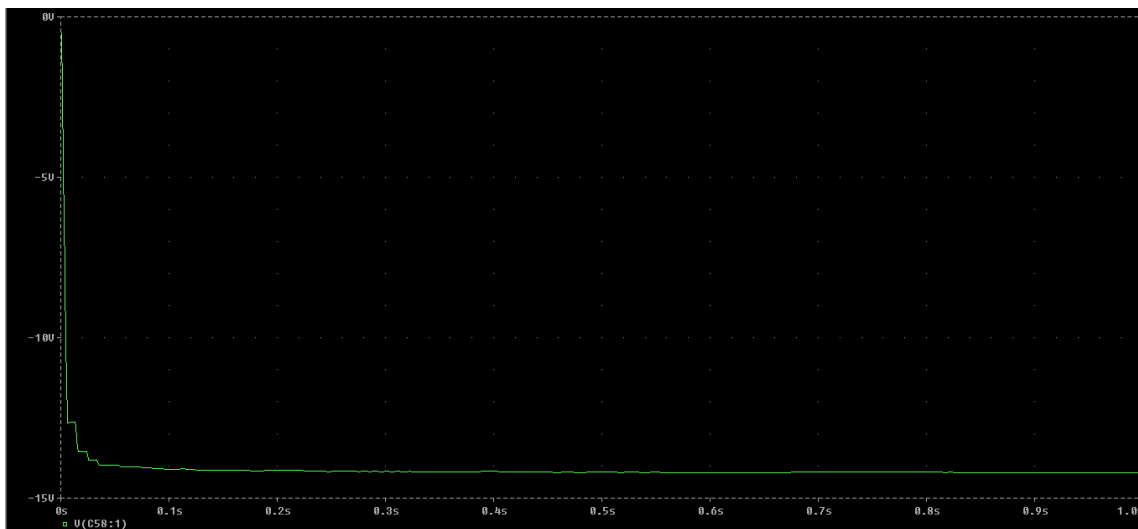


Figura 7– Simulación de la entrada al regulador negativo.

Ambas señales nos dan más voltios que los +12 ó -12 que, respectivamente, queremos obtener. Es por ello que colocamos el regulador de voltaje positivo de 12 voltios LM7812 en la rama positiva y el regulador de voltaje negativo de 12 voltios LM7912. Con ellos, obtenemos las señales de +12 voltios y -12 voltios que deseábamos:

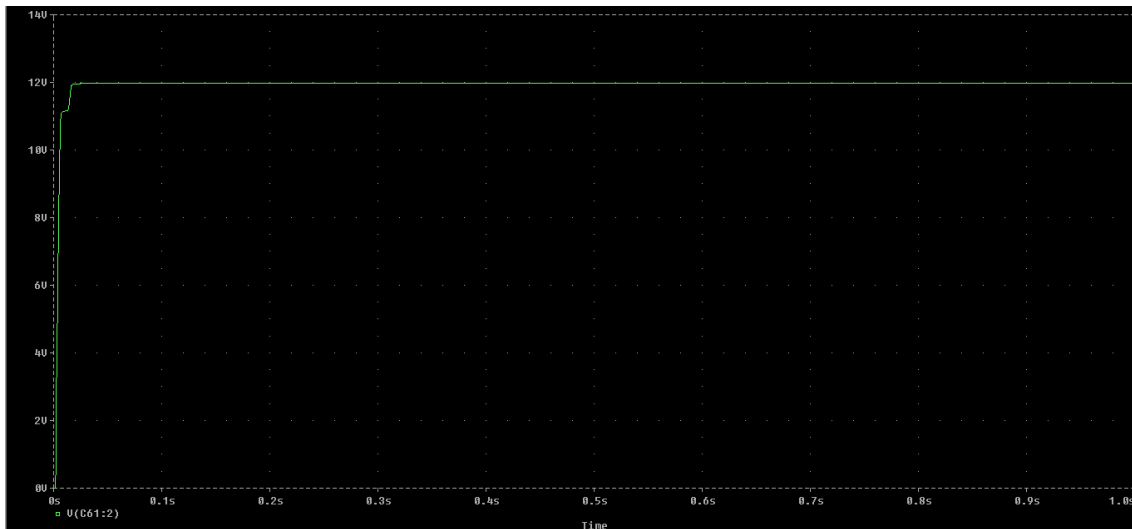


Figura 8– Salida del regulador de voltaje positivo.

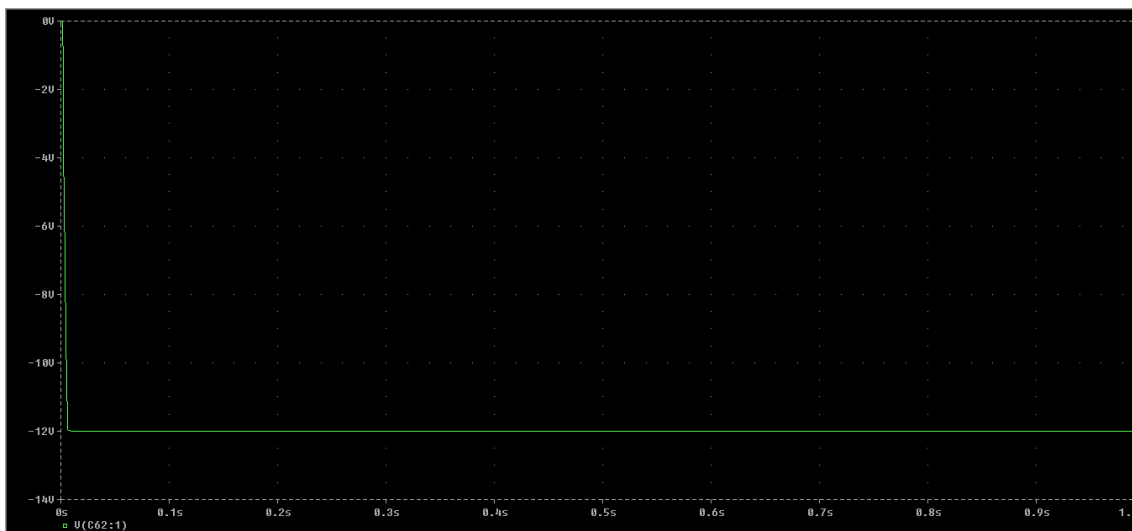


Figura 9– Salida del regulador de voltaje negativo.

Gracias a la simulación, comprobamos que obtenemos las salidas que queríamos a través de este diseño. 12 voltios positivos por un lado y 12 voltios negativos por el otro,



CALIBRADOR DE CRONÓMETROS DIGITALES POR MEDIO DE INDUCCIÓN



muy estables, además de la salida de tierra. Además, el tiempo que tarda el sistema en alcanzar la señal deseada no es elevado, por lo que el diseño funciona correctamente.

Una vez que la simulación da buenos resultados, pasamos a la fabricación de la placa y pruebas de funcionamiento.

1.3.4. LISTA DE COMPONENTES

En la siguiente lista se indican todos los componentes necesarios para la realización física del diseño de la fuente de alimentación simétrica con el que hemos realizado las simulaciones anteriores:

- Circuitos integrados

Cantidad	Ud.	Referencia en circuito	Valor
1	Ud.	U2	LM7812
1	Ud.	U1	LM7912

- Transformadores

Cantidad	Ud.	Referencia en circuito	Valor
1	Ud.	T1	9v+9v, 5VA

- Condensadores electrolíticos

Cantidad	Ud.	Referencia en circuito	Valor
2	Ud.	C4, C5	220 μ F
2	Ud.	C3, C6	2.2mF

- Condensadores cerámicos

Cantidad	Ud.	Referencia en circuito	Valor
2	Ud.	C1, C2	100nF

- Diodos

Cantidad	Ud.	Referencia en circuito	Valor
4	Ud.	D1, D2, D3, D4	1N4148

- Otros

Cantidad	Ud.	Referencia en circuito	Valor
3	Ud.	POS, CERO, NEG	Terminal
1	Ud.	ALIM	Conector
4	Ud.	---	Elevador

Tabla 2 – Lista de componentes de la fuente de alimentación.

1.3.5. DISEÑO DEL PCB

Realizamos el diseño del PCB también con el software “MicroSIM”, a través del circuito de simulación que creamos anteriormente.

Colocamos los componentes de la forma más óptima que podamos y realizamos el rutado de las pistas de forma manual. Para este rutado usamos pistas de 30 mil (milésimas de pulgada) de grosor y un clearance de 32 mil, perfecto para el uso de la fresa de 0.8mm que utilizaremos para realizar las pistas.

Los pines de los componentes los modificamos para que tengan un valor de 080-030 (el primer valor indica el diámetro del círculo del pin y el segundo, el diámetro del taladro).

La placa será de una sola cara.

El diseño PCB realizado se puede observar en la Figura 10:

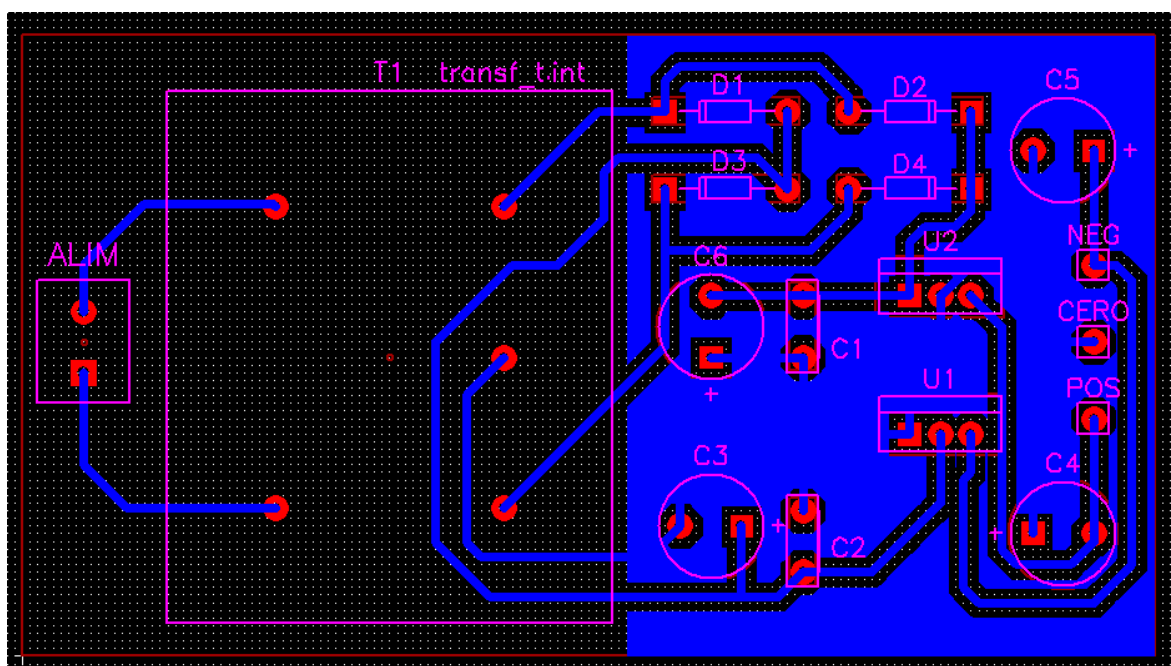


Figura 10– Diseño PCB de la fuente de alimentación.

La placa tiene unas dimensiones de 9,4 x 5,15 centímetros.

Todas las pistas están realizadas por la cara “Solder”.

La mitad de la izquierda está completamente ocupada por el transformador, que es el elemento más grande del circuito, además del conector con la red principal de 220



CALIBRADOR DE CRONÓMETROS DIGITALES POR MEDIO DE INDUCCIÓN



voltios. La otra mitad, la de la derecha, estará ocupada por el resto de componentes para acabar con las 3 salidas: la de 12 voltios positivos, 12 voltios negativos y la toma de tierra.

Dicha placa la vamos a realizar por el método de taladrado y fresado con la máquina “Bungard CCD”, método que se explica en el apartado 1.6.2.

Construimos la placa de circuito impreso pero finalmente no llevamos a cabo la ejecución de esta fuente de alimentación y su integración dentro del prototipo por falta de tiempo. El transformador tardaba bastante tiempo en llegarnos y no pudimos esperar si queríamos finalizar el proyecto en esta convocatoria.

Por tanto, realizamos el diseño y las simulaciones, pero no llevamos a cabo su construcción

1.4. CALIBRADOR DE CRONÓMETROS POR MEDIO DE INDUCCIÓN

1.4.1. DISEÑO DEL PROTOTIPO

Lo primero que debíamos conocer era cómo iban a ser los pulsos que nuestra placa conductora iba a recibir del cronómetro. Por tanto, colocamos dicha placa sobre el cronómetro, ambos dentro de una caja metálica y lo conectamos a un osciloscopio. Obtuvimos unos pulsos de aproximadamente 5mV y 10 μ s de duración en estado activo, con un periodo de 30ms, lo que equivale a una frecuencia de unos 30Hz. Cada periodo se compone de un pulso positivo y otro negativo.

En esta simulación indicamos como son aproximadamente los pulsos que recogerá la placa conductora:

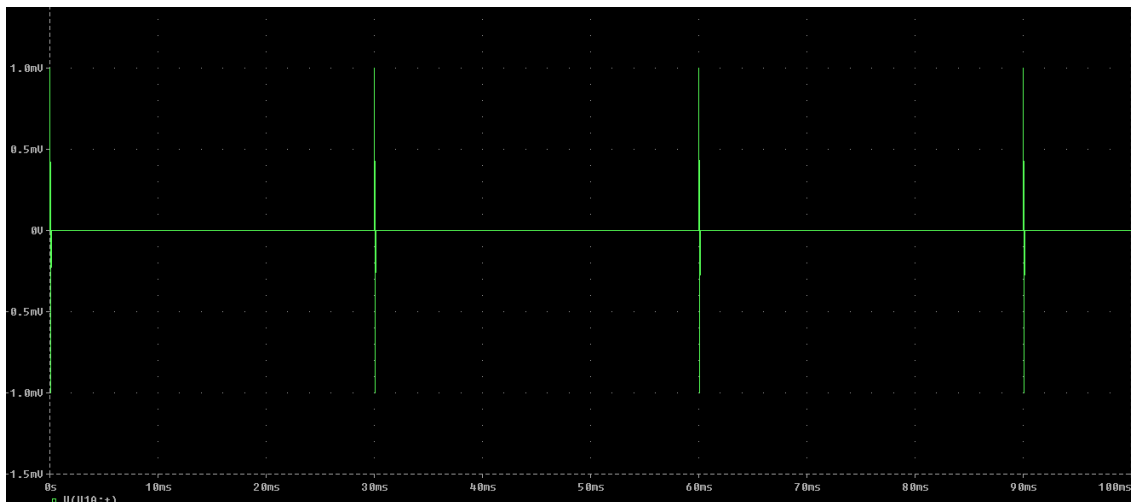


Figura 11– Pulsos teóricos que recibirá la placa conductor del cronómetro.

El programa que utilizamos tanto para hacer las simulaciones como para los diseños de las placas de circuito impreso es el “MicroSim”.

Debemos tener en cuenta todas las pautas mencionadas anteriormente. Obtendremos en la placa conductora unos pulsos de pequeña amplitud y período inducidos del cronómetro. Esta señal la debemos primeramente amplificar y posteriormente, eliminar de ella toda frecuencia que no pertenezca a la señal que nos interesa, como puede ser la de 50Hz a la que funcionan la mayoría de los aparatos electrónicos, mediante un filtro.

Una vez que tengamos nuestra señal limpia, la hacemos pasar por un transistor que dispare cada vez que le llegue uno de los pulsos y, para acabar, ampliar el tiempo en



CALIBRADOR DE CRONÓMETROS DIGITALES POR MEDIO DE INDUCCIÓN



estado activo de los pulsos para que un frecuencímetro o contador de frecuencia los reconozca, halle la frecuencia del cronómetro a examen y la pueda comparar con un patrón de referencia. Así sabremos si el dispositivo está calibrado o no.

Tras la placa conductora ó antena que nos induce los pulsos del cronómetro, colocamos un integrado INA2126 que nos proporciona un amplificador de instrumentación. Utilizar este tipo de amplificador es lo más recomendable para una señal tan pequeña como la que obtendremos del cronómetro ya que los amplificadores de instrumentación poseen una elevada impedancia de entrada, alto rechazo al modo común (CMRR) y nos permite dar una elevada ganancia.

Este integrado necesita que le lleguen 2 entradas, de las cuales hace la diferencia entre ambas y amplifica dicho valor resultante según el valor que le pongamos a su resistencia externa. Como nosotros solo tenemos una entrada, la otra la referenciamos a tierra, por lo que nos quedará únicamente la señal inducida del cronómetro. Aunque en el interior del INA2126 hay dos amplificadores de instrumentación, nosotros solo utilizaremos uno, el correspondiente a las patillas desde la 1 hasta la 7, siendo los pines 8 y 9 los de alimentación del integrado.

Este INA2126 necesita un regulador de offset para que su funcionamiento sea el correcto. Este circuito auxiliar está formado por un potenciómetro y dos resistencias. Cada uno de los extremos de dicho potenciómetro va unido a una de las tensiones de alimentación por medio de una resistencia. La patilla intermedia del potenciómetro irá conectada a la patilla 5 del INA2126 creando una “tierra virtual”, permitiendo corregir el offset del dispositivo mediante el potenciómetro.

Las entradas no las conectamos directamente al integrado INA2126. Previamente colocamos unos seguidores simétricos con un integrado TL082 en ambas ramas, con filtros RC para acondicionar la señal y aportarle alta impedancia de entrada. Los valores usados en los filtros son: condensadores de 100nF y resistencias de 680kΩ.

Conectamos la patilla 2 (Vin+) a la rama cuya entrada está conectada a tierra, y la patilla 1 (Vin-) a la rama a cuya entrada está conectada la placa conductora que nos induce los pulsos del cronómetro.

Completamos la configuración del INA2126 conectando las patillas 6 y 7 unidas que se corresponden con la salida del integrado y las patillas 8 y 9 con las alimentaciones negativa y positiva, respectivamente. Para acabar, entre las patillas 3 y 4 colocaremos una resistencia variable para poder cambiar la ganancia cuando lo deseemos. La ecuación de la ganancia que el integrado INA2126 proporcionará a la señal de entrada nos da el fabricante:

$$G = 5 + \frac{80 \text{ k}\Omega}{R_o}$$



CALIBRADOR DE CRONÓMETROS DIGITALES POR MEDIO DE INDUCCIÓN



Por lo que, por ejemplo, si colocamos una resistencia de $1.8\text{ k}\Omega$, obtendríamos una ganancia de aproximadamente 50. Y si tenemos en cuenta que a la entrada teóricamente obtendremos pulsos de 5mV , a la salida del INA2126 tendremos la misma señal pero con un valor aproximado de 250mV . Un valor ya aceptable

A la salida del INA2126, añadimos un filtro paso-bajo de una etapa, con una frecuencia de corte de 40Hz , ganancia 1 y estructura Chebyshev. Este filtro nos permitirá eliminar todas las frecuencias superiores a algo más de 30Hz , que son las que queremos eliminar para que nuestra señal este lo menos afectada posible por perturbaciones. Colocaremos tras éste un amplificador simple formado por una resistencia fija y una variable para poder variar la ganancia que dicho amplificador aplique a la señal. Para el filtro y el amplificador simple utilizaremos un integrado TL082, en cuyo interior hay dos operacionales.

Tras este amplificador simple, un transistor NPN en configuración de emisor común disparará siempre que le hagamos llegar pulsos cuyo voltaje supere los 0.7 voltios necesarios para su funcionamiento. Esto lo conseguiremos dándole adecuada ganancia a la señal a través del amplificador simple.

En la base de este transistor colocaremos una resistencia que evite el paso de una elevada corriente en esta zona del dispositivo y provoque su destrucción. Entre la base y el emisor irá situado un condensador que elimine los pulsos posteriores que no pertenezcan a la señal recibida del cronómetro. En el colector, conectaremos una resistencia entre esta parte y la tensión de alimentación de 12 voltios.

El valor del colector será la salida del transistor y dicha salida supondrá la entrada al temporizador 555 que, mediante su correcta configuración, nos dará a la salida unos pulsos de valor la tensión de alimentación, con la particularidad de que modificando los valores de sus resistencias y condensadores asociados, podremos aumentar su tiempo en estado activo.

Esto es necesario porque los pulsos emitidos por el cronómetro (que calculamos que serían de $10\mu\text{s}$ de duración) son demasiado “cortos” para que un captador de frecuencia o frecuencímetro pueda detectarlos.

Esta salida la hacemos pasar por un divisor de tensión para rebajar el voltaje a unos 4 o 5v , y no a los 12 que obtenemos a la salida del integrado 555.

Además, implementamos las conexiones de alimentación del circuito, que alimentarán los diferentes circuitos integrados.

1.4.2. CIRCUITOS INTEGRADOS UTILIZADOS

CIRCUITO INTEGRADO 555



El Circuito Monoestable 555 funciona como un disparador. Es un circuito integrado de 8 pines, de bajo costo y altas prestaciones.

Es muy estable y su función primordial es la de producir pulsos de temporización con una gran precisión. Además, puede funcionar como oscilador.

Este integrado puede funcionar de dos maneras: como multivibrador monoestable y como multivibrador a estable. Nosotros haremos trabajar el 555 como multivibrador monoestable.

La configuración del 555 para que funcione como multivibrador monoestable se puede ver en la siguiente imagen:

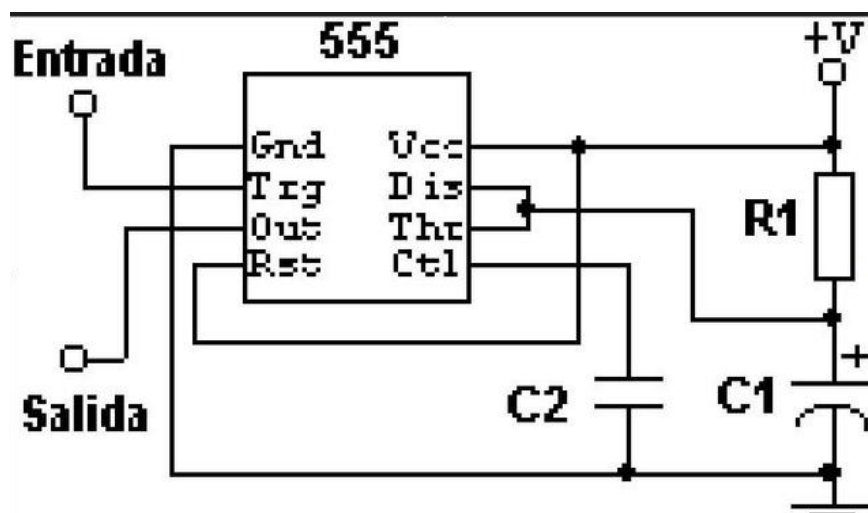


Figura 12 – Configuración del integrado 555 como multivibrador monoestable.

Cuando la señal que entra por la patilla 2 (trigger) es un flanco descendente y pasa por el valor de disparo (menor a 1/3 del valor de la tensión de alimentación +V), la salida se pone en estado alto. El voltaje a través del condensador crece exponencialmente y hace que la salida se mantenga en estado alto el tiempo que nosotros le imponemos a través de la siguiente fórmula:

$$t = 1,1 \cdot R_1 \cdot C_1 \text{ (seg)}$$

Al final de ese tiempo el voltaje es igual a $2/3 V_{cc}$. Entonces el comparador resetea el flip-flop el cual lleva la salida a estado bajo y descarga el condensador.

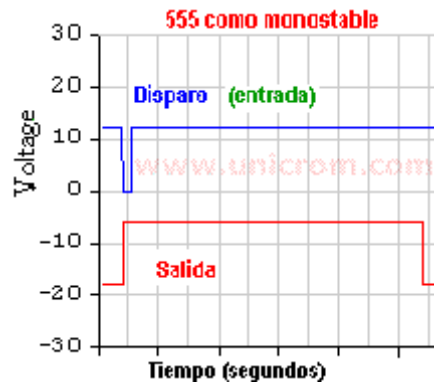
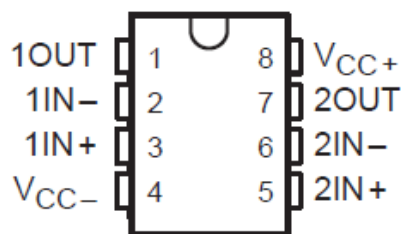


Figura 13– Ejemplo de funcionamiento del 555.

Es recomendable, para no tener problemas de sincronización que el flanco de bajada de la señal de disparo sea de una pendiente elevada, pasando lo más rápidamente posible a un nivel bajo (idealmente 0 voltios)

Y con esto conseguimos que cada pulso que obtenemos del cronómetro, una vez amplificados, estén en estado alto el tiempo que nosotros le indiquemos a través de la relación R_1 y C_1 .

CIRCUITO INTEGRADO TL082



Es un doble amplificador operacional JFET que ofrece una alta impedancia de entrada.

Lo de doble amplificador viene a decir que en cuyo interior hay 2 amplificadores operacionales.

Es un integrado de 8 patillas. Tiene múltiples configuraciones pero la que nosotros vamos a utilizar responde a la que podemos ver en la imagen adjunta, indicando la función de cada patilla.

CIRCUITO INTEGRADO INA2126

El INA2126 contiene en su interior dos amplificadores de instrumentación para una adquisición con precisión exacta.

Sus dos operacionales de diseño proporcionan un rendimiento excelente con muy baja corriente de reposo. Este operacional esta realizado mediante láser, por lo que sus resistencias internas son exactas. Esto, combinado con una amplia gama de tensión de funcionamiento de $\pm 1.35V$ a $\pm 18 V$, los hace ideales para la instrumentación portátil y sistemas de adquisición de datos, además de ofrecer un excelente rechazo en modo común (CMRR).

La ganancia de los amplificadores de instrumentación internos varía desde $5V / V$ hasta $10000V / V$ con una resistencia externa única. La fórmula de la ganancia que el integrado nos proporciona a la señal de entrada nos la indica el fabricante a través de la fórmula:

$$G = 5 + \frac{80 \text{ k}\Omega}{R_o}$$

En la figura 20 se muestra como es la configuración interna del INA2126, circuito integrado con un encapsulado DIP-16, de 16 patillas.

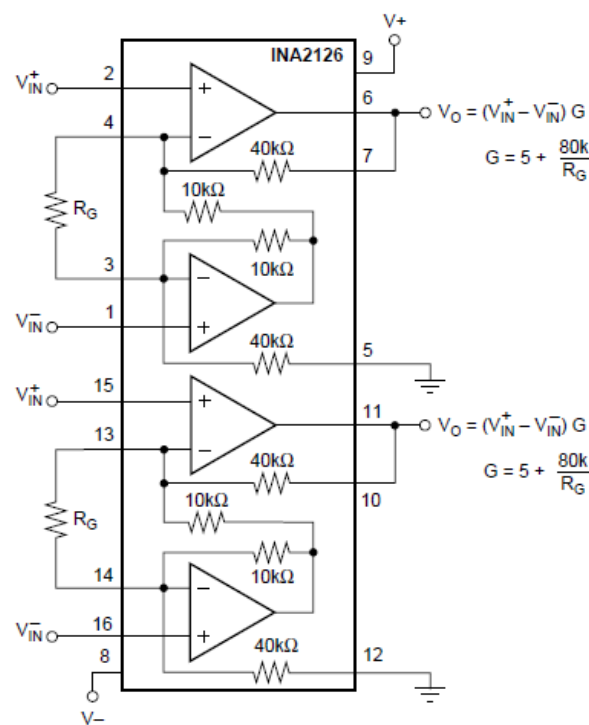


Figura 14– Configuración interna del circuito integrado INA2126

1.4.3. SIMULACIÓN

Como en el MicroSIM (software que utilizaremos para las simulaciones) no tenemos creado el componente correspondiente al INA2126, lo sustituimos por un amplificador de instrumentación, que no alterará el resultado de las simulaciones.

También colocamos resistencias fijas en el lugar de los potenciómetros, ya que en las simulaciones sería como colocar la resistencia variable en un determinado valor.

Por tanto, el circuito que utilizaremos para la simulación de las diferentes partes del circuito será el siguiente:

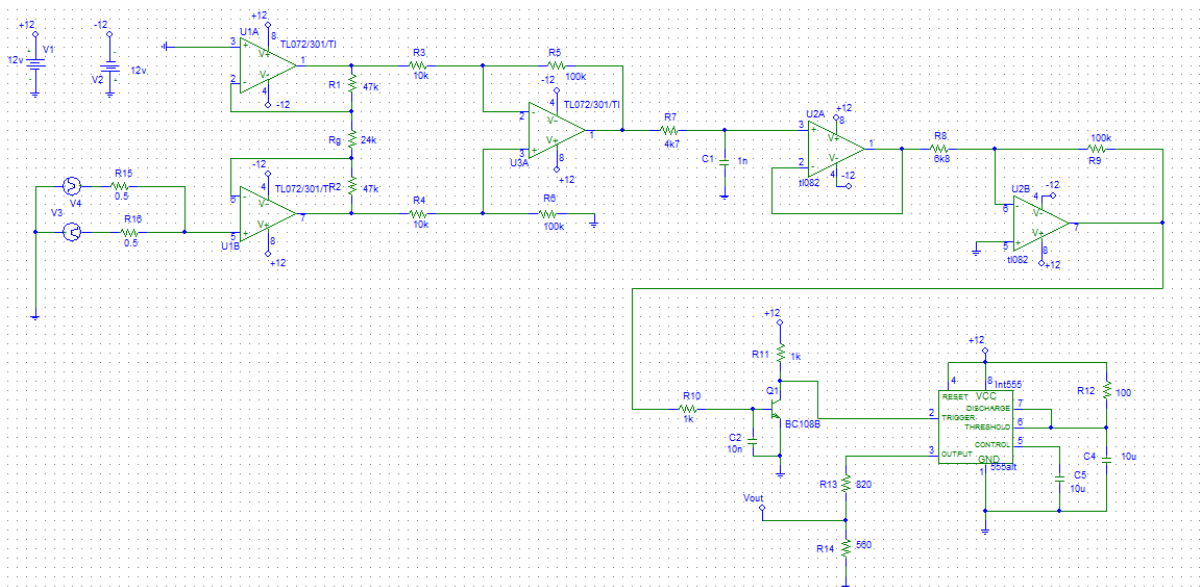


Figura 15– Esquema de simulación del calibrador de cronómetros digitales por inducción.

Una vez construido el circuito en MicroSIM, pasamos a realizar las simulaciones de las diferentes partes del diseño.

Introducimos al circuito de simulación una entrada teórica similar a la que obtendremos por inducción del cronómetro: dos pulsos: uno positivo y uno negativo en un periodo de 30 ms.

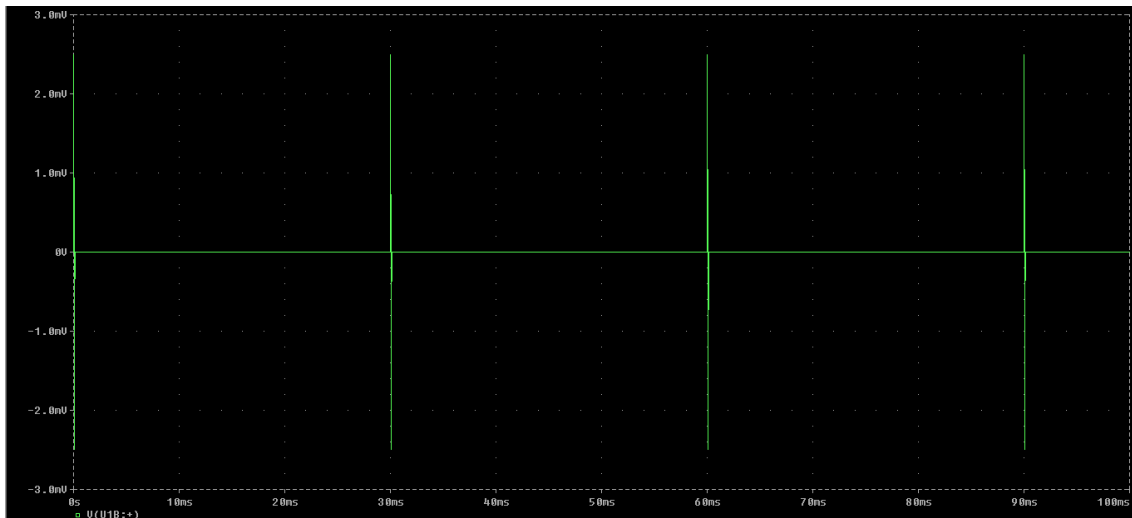


Figura 16 – Simulación de la señal de entrada al calibrador

Los pulsos que hemos introducido en esta simulación tienen un valor de algo más de 2 mV. Tras esta entrada, el amplificador de instrumentación hará que obtengamos a su salida la misma señal pero a un valor más elevado, que es lo que pretendemos. El amplificador lo hemos diseñado para que nos dé una ganancia de 50, por lo que obtendremos a la salida de éste una señal de algo más de 100 mV:

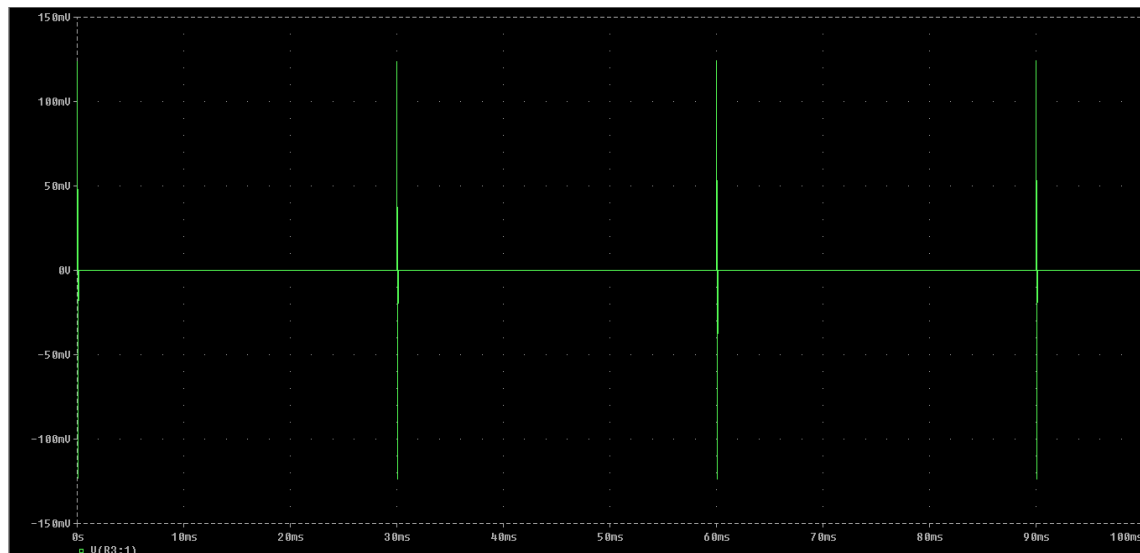


Figura 17 – Simulación de la salida del INA2126.

Ahora que ya tenemos una señal bien reconocible, con un voltaje aceptable, la hacemos pasar por un filtro paso-bajo con una frecuencia cercana a 40Hz para eliminar las perturbaciones y quedarnos solo con la señal que inducimos del cronómetro.

Diseñamos el filtro paso-bajo a través del programa “FilterPRO”, de Texas Instrument. Una vez realizado, construimos su circuito en el software “MicroSIM” para ver su diagrama de Bode de ganancia a través de la simulación en frecuencia.

Con este diagrama comprobamos que este filtro sí que satisface nuestra necesidad de atenuar todas aquellas señales superiores a 40Hz ya que su caída de 3dB corresponde con la frecuencia de 40Hz.



Figura 18 – Respuesta en frecuencia del filtro diseñado.

La salida que obtenemos a la salida de este filtro es la siguiente:

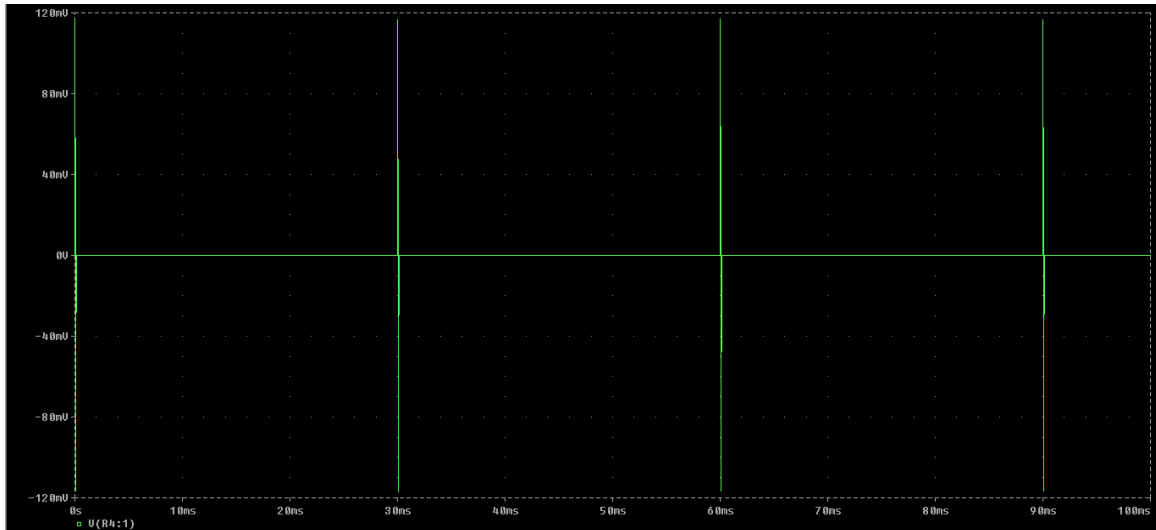


Figura 19 – Simulación de la señal que se obtiene a la salida del filtro.

Una vez que ya solo tenemos la señal que nos interesa, la hacemos pasar por un amplificador, esta vez ya uno normal porque la entrada ya es bien reconocible. El objetivo es obtener una señal que sobrepase los 0.7 voltios ya que es la entrada mínima que necesita el transistor que irá a continuación para que dispare.

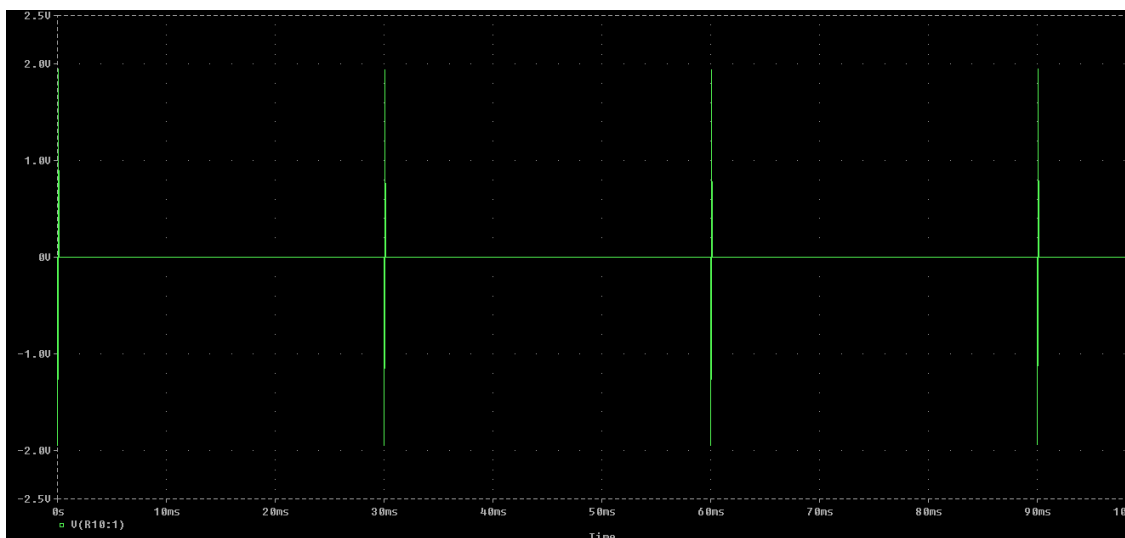


Figura 20 – Simulación de la señal de salida del amplificador.

Esta señal es la que llega a la resistencia de la base del transistor. Si le damos una ganancia aceptable a través del amplificador, conseguiremos que la señal sature a negativo pero con un valor positivo superior a los 0.7 voltios necesarios para que el transistor dispare. Este valor positivo que obtenemos es la tensión entre la base y el emisor del transistor y si la señal que nos ha llegado a la base es superior a los 0.7 voltios, el transistor “corta” la señal para dejarnos en esos 0.7 voltios, suficientes para que el transistor funcione. En la siguiente imagen lo comprobamos:

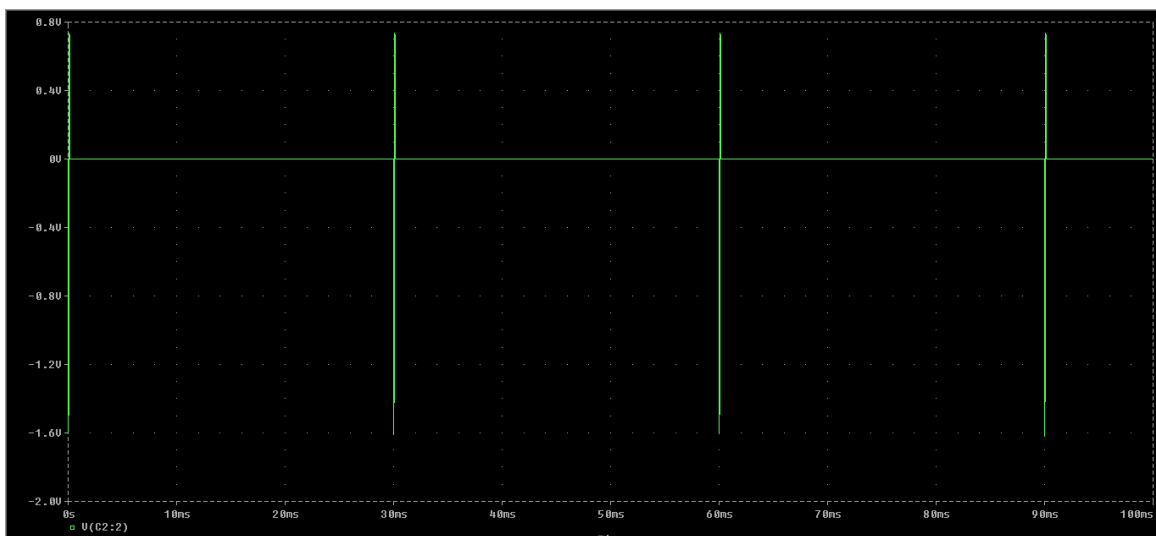


Figura 21 - Simulación de la señal de entrada a la base del transistor.

Una vez conseguido el objetivo, la señal pasa por el transistor en emisor común y obtenemos a su salida una señal a la tensión de alimentación que dispara hasta 0 voltios cuando le llegue uno de los pulsos inducidos.

La salida, por tanto, obedece a lo que buscamos: disparos del transistor manteniendo el periodo de los pulsos de entrada: 30 milisegundos.

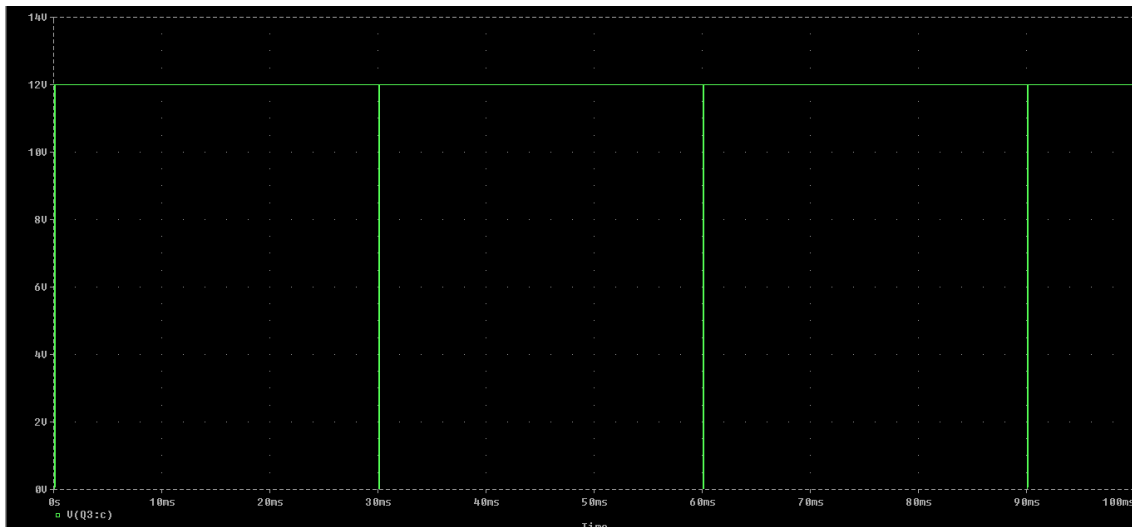


Figura 22 – Simulación de la señal de salida del transistor.

Y esto que hemos conseguido, es la entrada perfecta para que el integrado 555, funcionando como un temporizador, nos permita tener como señal de salida total del circuito los pulsos que obtuvimos a la entrada a una amplitud de 12 voltios y con la apertura que nosotros elijamos mediante el cambio de los valores de la resistencia y condensador asociadas al integrado 555.

En este caso, elegimos una R de 100Ω y un condensador de $10\mu\text{F}$, por lo que el periodo de apertura de los pulsos, según la fórmula del 555 vista anteriormente, será de aproximadamente 1.1ms:

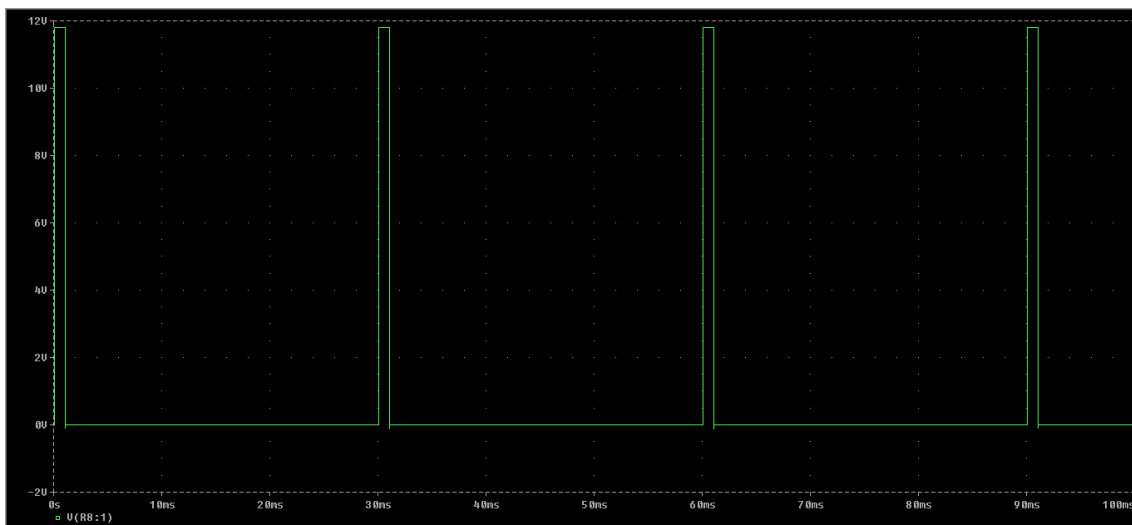


Figura 23 – Simulación de la señal de salida del integrado 555.

Para acabar, colocamos un divisor de tensión para rebajar la amplitud de los pulsos y así no tener el valor de la tensión de alimentación:

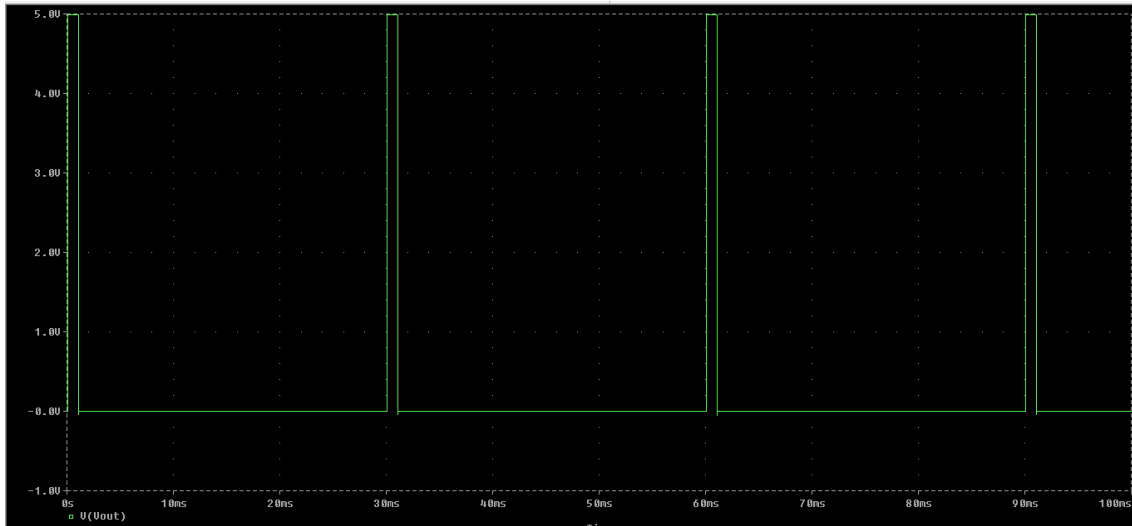


Figura 24 – Simulación de la señal después del divisor de tensión. Señal final del circuito.

Con esta salida final comprobamos que la simulación se ajusta a lo que nosotros necesitamos para la realización del calibrador de cronómetros pedido, por lo que pasamos a su construcción física y a comprobar su verdadero funcionamiento.

1.4.4. LISTA DE COMPONENTES

En la siguiente lista se indican todos los componentes necesarios para la realización física del diseño de calibrador de cronómetros por medio de inducción con el que hemos realizado las simulaciones anteriores:

- Circuitos integrados

Cantidad	Ud.	Referencia en circuito	Valor
2	Ud.	U1, U2	TL082
1	Ud.	DIP16	INA2126
1	Ud.	Int555	NE555

- Resistencias

Cantidad	Ud.	Referencia en circuito	Valor
2	Ud.	R1, R2	680k Ω
2	Ud.	Rn, Rp	10 Ω
2	Ud.	R6, RB	1k
2	Ud.	Ro1, Ro2	100 Ω
1	Ud.	R3	3k3 Ω
1	Ud.	R9	560 Ω
1	Ud.	R8	820
1	Ud.	R4	6k8 Ω

- Resistencias variables

Cantidad	Ud.	Referencia en circuito	Valor
2	Ud.	POT1, POT3	2k2 Ω
1	Ud.	POT2	500k Ω
1	Ud.	POT4	100k Ω

- Condensadores electrolíticos

Cantidad	Ud.	Referencia en circuito	Valor
2	Ud.	C4, C5	10 μ F
2	Ud.	C7, C9	100 μ F



CALIBRADOR DE CRONÓMETROS DIGITALES POR MEDIO DE INDUCCIÓN



- Condensadores cerámicos

Cantidad	Ud.	Referencia en circuito	Valor
2	Ud.	C2, C3	100nF
3	Ud.	C1, C6, C8	1nF
1	Ud.	CB	10nF

- Transistores

Cantidad	Ud.	Referencia en circuito	Valor
1	Ud.	Q2	BC108

- Otros

Cantidad	Ud.	Referencia en circuito	Valor
5	Ud.	ENT, SAL, POS, CERO, NEG	Terminal
4	Ud.	---	Elevador

Tabla 3 – Lista de componentes del calibrador de cronómetros.

1.4.5. DISEÑO DEL PCB

Realizamos el diseño del PCB también con el software “MicroSIM”, a través del circuito de simulación que creamos anteriormente.

Colocamos los componentes de la forma más óptima que podamos y realizamos el rutado de las pistas de forma manual. Para este rutado usamos pistas de 30 mil (milésimas de pulgada) de grosor y un clearance de 32 mil, perfecto para el uso de la fresa de 0.8mm que utilizaremos para realizar las pistas.

Los pines de los componentes los modificamos para que tengan un valor de 080-030 (el primer valor indica el diámetro del círculo del pin y el segundo, el diámetro del taladro).

La placa será de una sola cara.

Intentamos colocar los integrados TL082 y el INA2126 y todos los componentes que se conectan a ellos lo más cerca posibles, ya que como la señal que vamos a tener a la entrada va a ser muy pequeña, intentar que las pistas sean lo más cortas posibles y así evitar perturbaciones por ruido en la medida de lo posible.

El diseño PCB realizado con MicroSIM fue el siguiente:

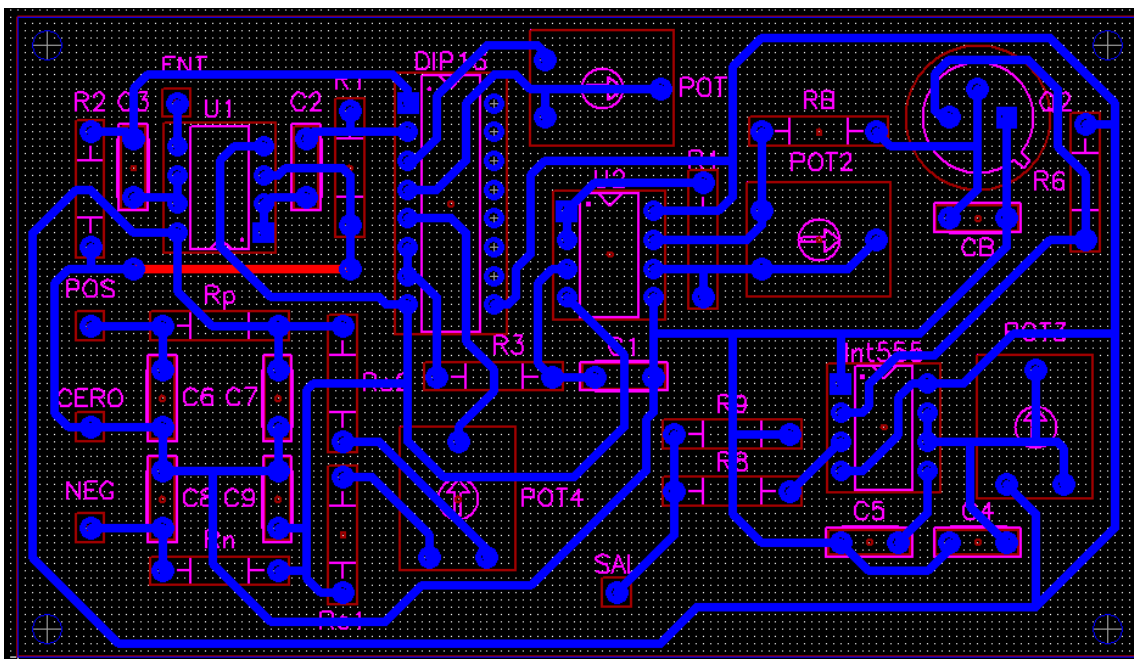


Figura 25 – Diseño PCB del calibrador de cronómetros por medio de inducción.

Y en esta otra imagen, vemos el diseño con el areafil conectado a tierra:

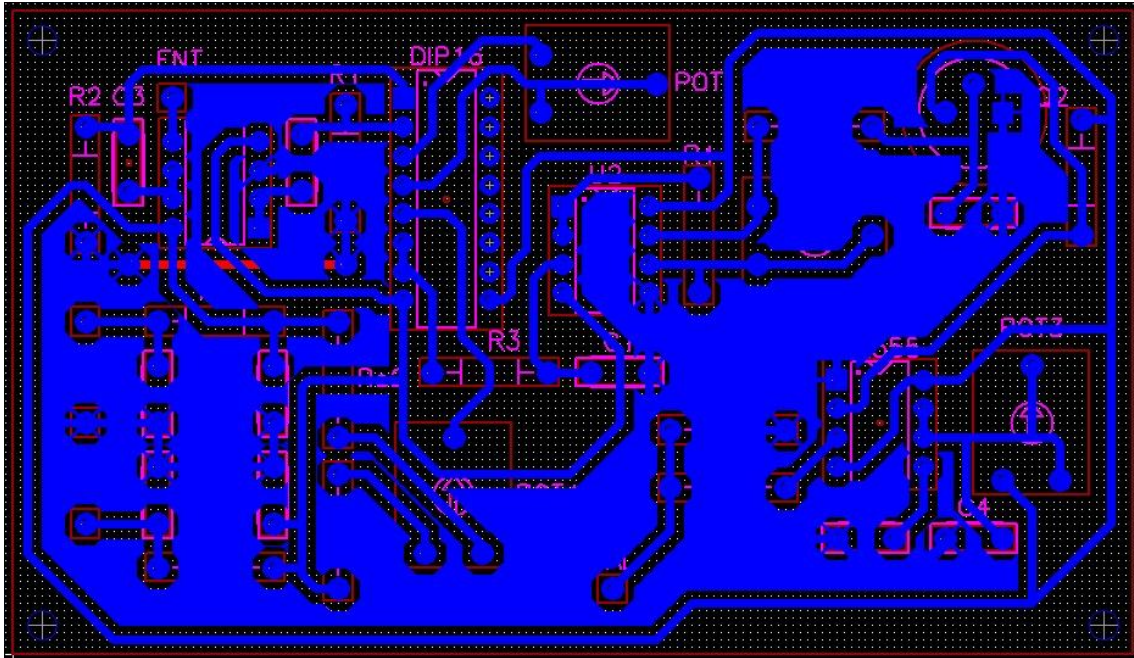


Figura 26 – Diseño PCB del calibrador de cronómetros por medio de inducción con areafil.

La placa tiene unas dimensiones de 5.96 cm de alto por 9.85 cm de ancho. .

Todas las pistas están realizadas por la cara “Solder”, a excepción de una que no pudimos realizar por esa cara, la cual conectaremos a través de un puente.

Los primeros componentes están colocados muy juntos para que las pistas sean lo más cortas posibles y así evitar interferencias en la señal tan pequeña que obtenemos por inducción del cronómetro. Una vez que ya hemos amplificado esa señal tan pequeña, ya podemos dejar un poco más de margen ya que en ese instante ya tendríamos una señal de valor aceptable difícil de perder.

Dicha placa la vamos a realizar por el método de taladrado y fresado con la máquina “Bungard CCD”, método que está indicado punto 1.6.2.

Con la placa de circuito impreso construida, compramos todos los materiales necesarios y utilizamos una estación de soldadura y otra de desoldadura por si conectamos algo de manera errónea. Colocamos la placa en un soporte para tener más comodidad y procedemos a soldar los componentes para poder iniciar las pruebas del prototipo.



Figura 27– Material de trabajo usado en la construcción de la placa del calibrador.

1.4.6. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Insertamos el circuito en una caja metálica que nos ayude a eliminar toda perturbación externa a la señal emitida por el oscilador del cronómetro. La caja que nosotros utilizamos, tiene unas dimensiones de 40x25x15cm. El interior lo forramos con de papel de aluminio simulando una “jaula de Faraday”, que evitará la entrada de todo tipo de señales que provengan del exterior ó vibraciones. Dicha caja tiene un agujero por donde pasamos los cables de alimentación y la sonda del osciloscopio.

Y para que el circuito no tocara con el aluminio de las paredes de la caja, colocamos la electrónica sobre una caja de madera de dos compartimentos: uno para la placa del calibrador y el otro para la colocación del cronómetro.

Una vez preparada la caja, conectamos la alimentación de la placa del calibrador a una fuente de alimentación. Esta fuente de alimentación la colocamos en modo “Serial” para poder obtener +12v en un extremo y -12v en el otro, teniendo como referencia la tierra que conectaremos también a nuestro circuito.

Por tanto, conectamos las alimentaciones del calibrador a la fuente de alimentación

El cable utilizado para la alimentación es un cable apantallado. Esta pantalla la uniremos a la tierra común de los circuitos.

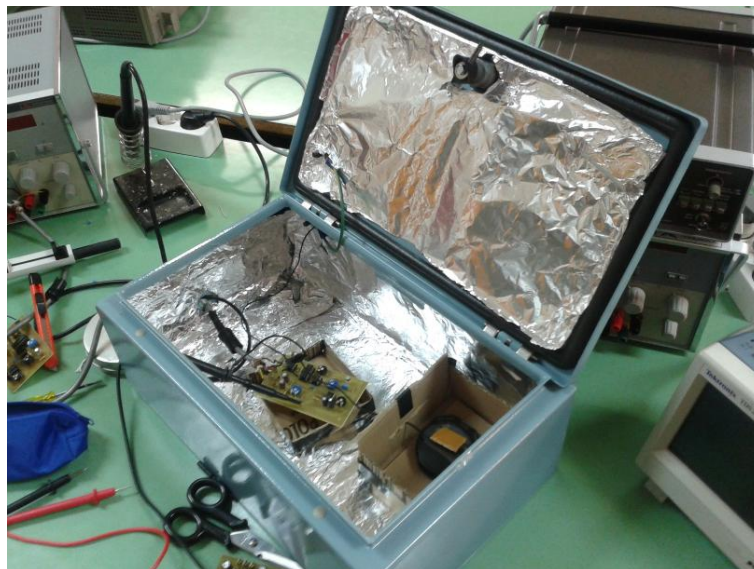


Figura 28 – Caja forrada de papel de aluminio donde va metido el calibrador.

La colocación dentro de la caja metálica de la placa del calibrador y del cronómetro que vamos a analizar se puede observar en la siguiente imagen:



Figura 29 – Colocación de las distintas partes dentro de la caja

Primeramente hay que ajustar el offset del integrado INA2126. Para ello, conectamos las dos entradas del INA2126 a tierra y conectamos la salida del INA2126 al osciloscopio. Veremos una señal continua en la pantalla y, si el offset estuviera perfectamente calibrado, dicha señal estaría sobre los 0 voltios o alrededores. Si la señal no se encuentra en esa posición, cambiaremos el valor del potenciómetro del offset hasta que la señal quede en la línea de 0 voltios y, por tanto, el offset este ajustado.



Figura 30– Conexión de la fuente de alimentación, calibrador y osciloscopio.

Una vez realizado este paso previo, desconectamos la entrada a tierra y conectamos la placa conductora que introducirá en el circuito los pulsos del cronómetro. Colocamos la tierra de la sonda del osciloscopio a la tierra del circuito y el otro extremo de la sonda lo conectamos a la salida del integrado INA2126 y lo que obtenemos es lo siguiente:

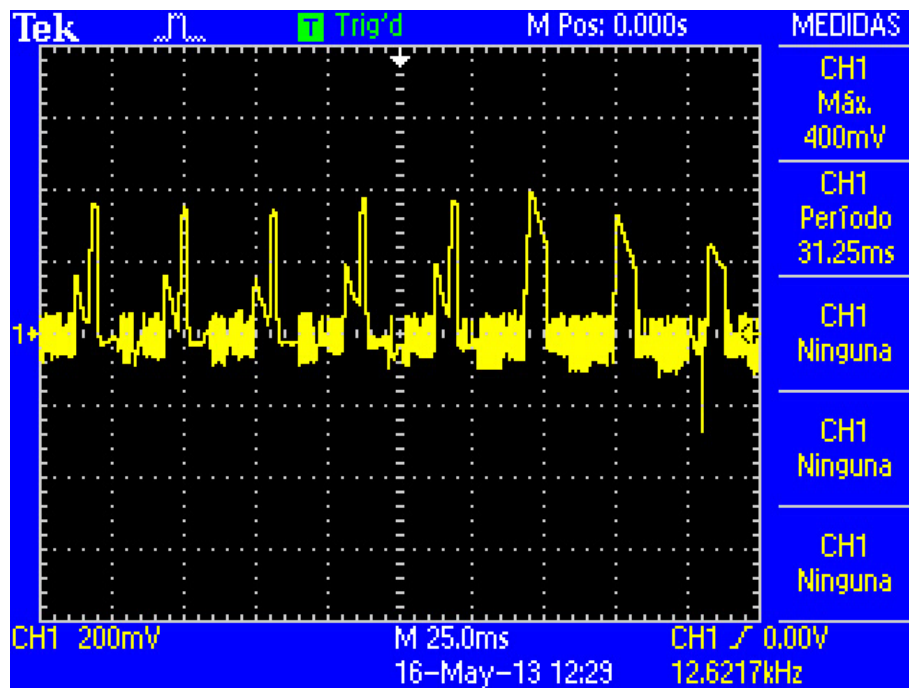


Figura 31 – Salida del INA2126

Unos pulsos positivos, de una aceptable amplitud debido a la ganancia del INA2126 y a un periodo de aproximadamente 30 milisegundos. Si variamos el valor del potenciómetro POT1, que se encarga de la ganancia del integrado INA2126, vemos que el valor de la señal varía. Todo concuerda con lo que habíamos hallado teóricamente.

Esta señal la obtenemos con la caja metálica cerrada. Si la abrimos, podemos observar la importancia que tiene, ya que con la caja abierta, la señal se pierde totalmente y el periodo ya no es el que nosotros deseamos.

Lo podemos comprobar en la siguiente imagen. Colocando la sonda en el mismo punto que la anterior figura pero esta vez con la caja abierta:

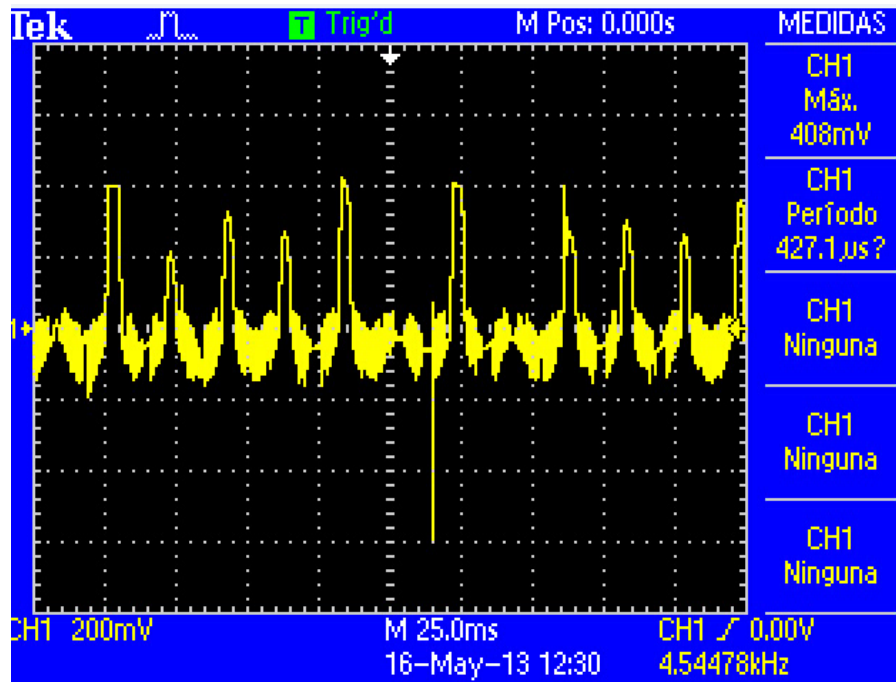


Figura 32– Salida del INA2126 con la caja abierta

Una vez que esta primera parte del diseño funciona, pasamos a realizar el resto del circuito.

Lo siguiente es el filtro que nos elimine las señales mayores de unos 40Hz y un amplificador, ahora ya un amplificador normal, sin necesidad de alta impedancia de entrada, que nos permita conseguir una señal de varios voltios.

Colocamos el extremo de tierra de la sonda del osciloscopio a la tierra común de nuestro circuito y el otro extremo a la salida del filtro y observamos lo que tenemos:

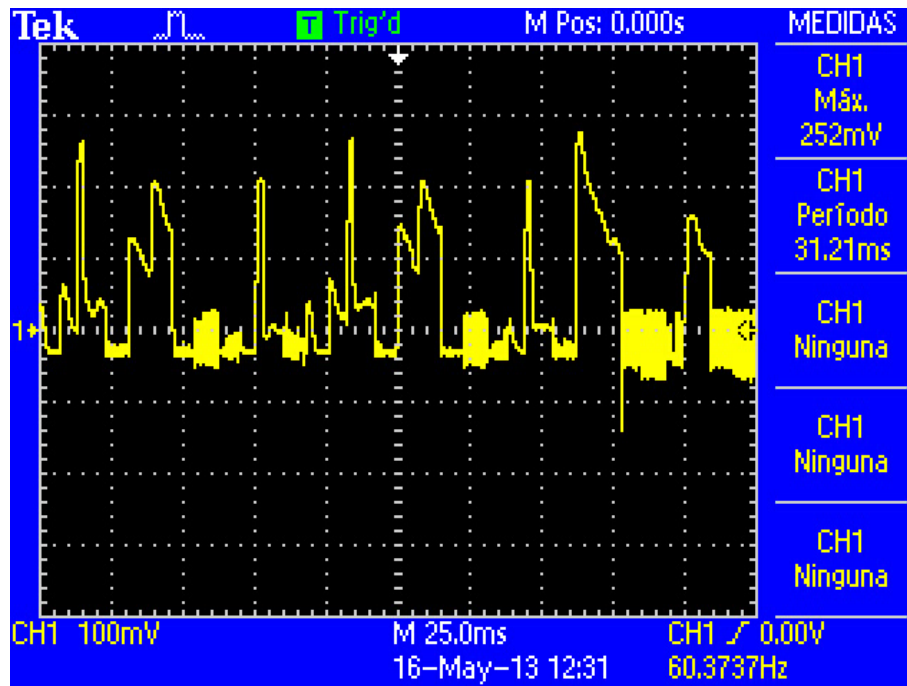


Figura 33 – Salida del filtro.

Resultado correcto porque obtenemos los mismos pulsos y sin atenuarnos la señal. Golpeamos en la mesa o en la caja y la señal no se pierde, lo cual significa que nuestro filtro y el forrado de aluminio de las paredes de la caja funciona ya que evita que estas señales interfieran en nuestra la señal.

Pasamos al siguiente paso y colocamos la sonda a la salida del amplificador. La señal obtenida es la siguiente:

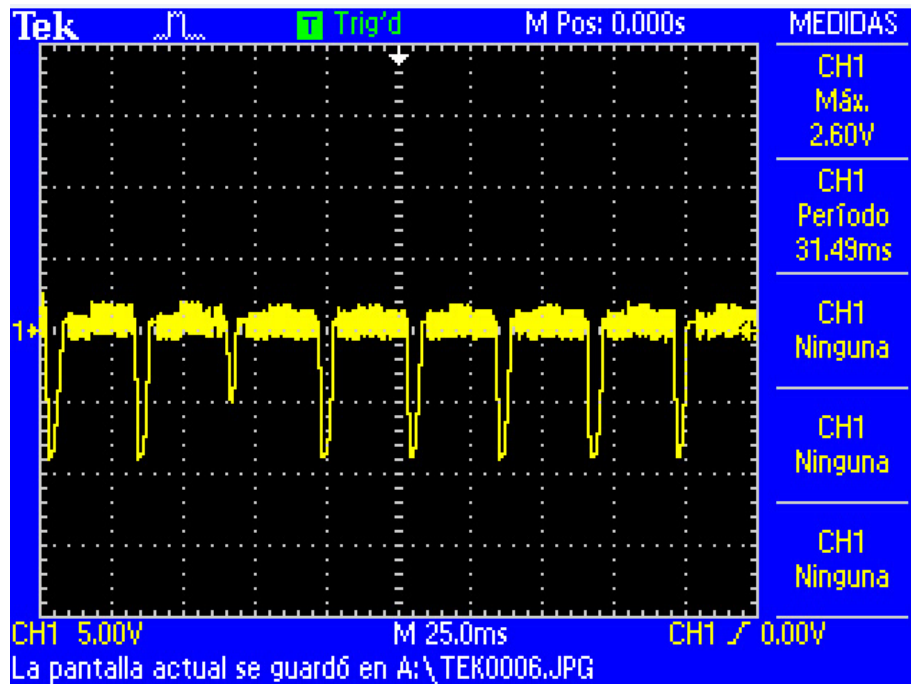


Figura 34 – Salida del amplificador.

La señal que vemos la obtenemos cuando le damos una ganancia adecuada a la señal a través del potenciómetro que forma parte del amplificador.

Si le damos poca ganancia, la señal no alcanzaba nuestro propósito, que no es otro que obtener pulsos de amplitud mayor que 0.7 voltios para que el transistor que viene después pueda disparar y que el periodo se nos mantenga alrededor de los 30ms.

Debemos conseguir una señal superior a 0.7 voltios. Para ello le daremos ganancia hasta conseguir esta meta.

Cuando tenemos la señal buscada, podemos comprobar el valor a la salida de la resistencia de base o, lo que es lo mismo, la base del transistor. La captura de este punto del circuito es la siguiente:

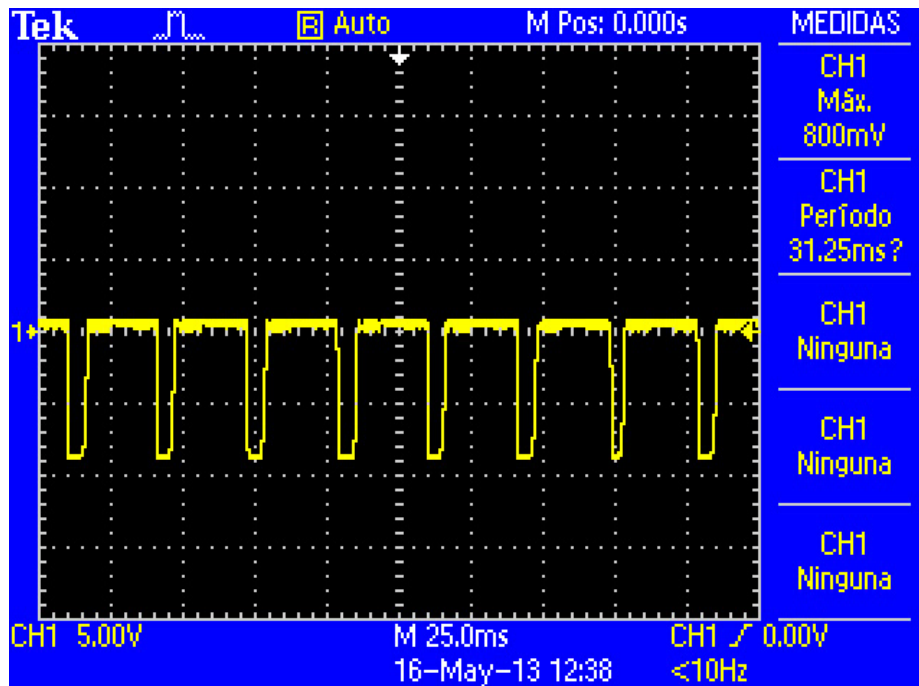


Figura 35 – Señal recibida en la base del transistor.

Vemos que como a la salida del amplificador conseguimos una señal de pulsos superiores a 0.7 voltios, el transistor en saturación corta los pulsos a una amplitud de 0.7 o 0.8 voltios, que es la tensión base-emisor del mismo. Una amplitud suficiente para que dispare correctamente. Y, como se puede observar, el periodo de los pulsos se sigue manteniendo.

A la salida del transistor obtenemos una señal continua de amplitud la tensión de alimentación y cuando le llega a la entrada un pulso de valor superior a 0.7 voltios, el transistor dispara un pulso que llega hasta 0 voltios. Si todos los pulsos a la entrada del transistor son superiores a 0.7 voltios, obtendremos que todos los picos hasta 0 voltios se producen a un periodo de unos 30 ms.

Ahora esta señal debe provocar que el circuito integrado 555, que está configurado como un disparador, nos dé a su salida los pulsos en un periodo de aproximadamente 30ms y que estén en estado activo el valor que nosotros queramos a través de los valores que le otorguemos a sus resistencias y condensadores. Para hacerlo más cómodo, colocamos un condensador de valor fijo y una resistencia variable con la que llevar a cabo esta función de variar el tiempo de estado activo del pulso.

Damos un valor adecuado a este potenciómetro para que los pulsos tengan una apertura correcta (unos 15-20 ms es más que suficiente) para que el frecuencímetro que conectaremos más adelante capte los pulsos sin problemas.

Tras colocar la sonda en la patilla 3 del 555 (salida), lo que vemos en la pantalla del osciloscopio es:

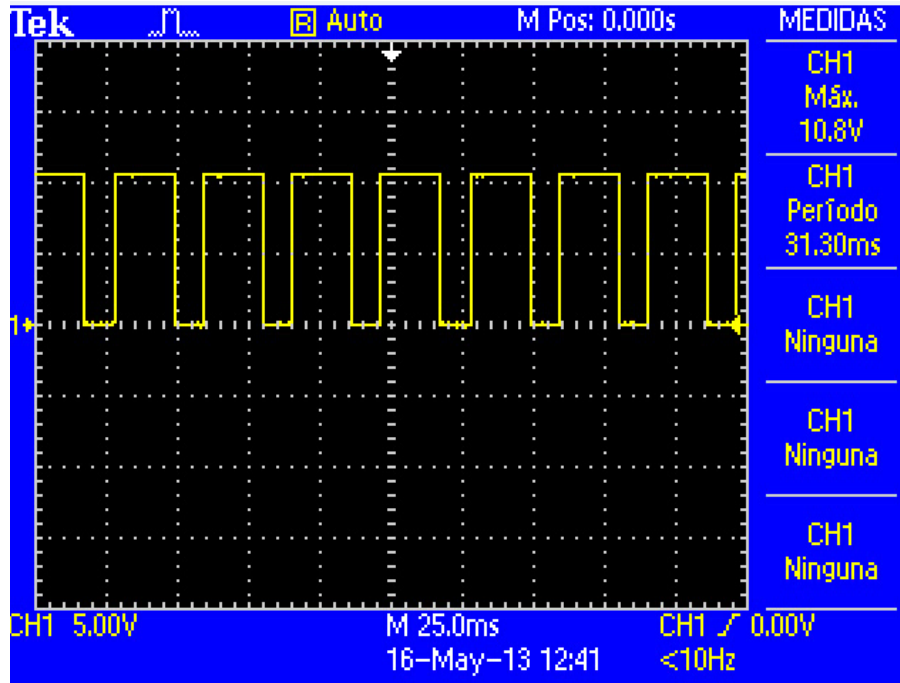


Figura 36 – Seȥal de salida del 555.

Pero para no obtener una seȥal tan alta a la salida, la hacemos pasar por un divisor de tensiɃn, lo cual nos reduce la salida a unos valores de entre 4 y 5 voltios:

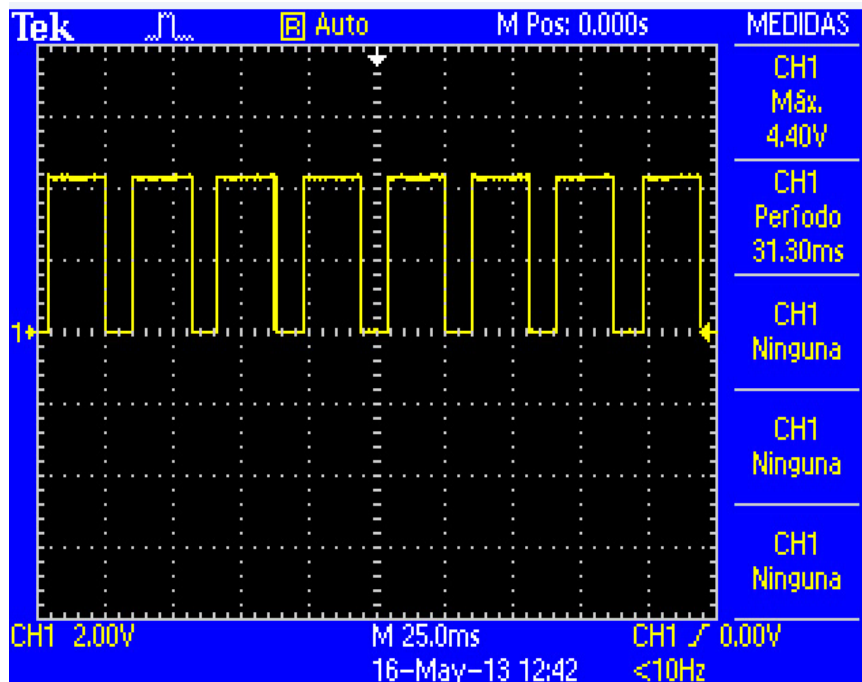


Figura 37 – Señal de salida final del circuito, después del divisor de tensión.

Cuando hemos comprobado a través del osciloscopio que el circuito realiza cada una de las funciones que nosotros calculamos en cada uno de sus puntos, procedemos a conectar la salida del prototipo a un frecuencímetro PHILIPS PM6677.

Este aparato tiene varios modos de funcionamiento: es capaz de contar los pulsos que le llegan en el tiempo que nosotros le indiquemos, mostrar en su pantalla la frecuencia a la que se emiten los pulsos o mostrar por la misma el periodo de la señal que le llega. Además de tener un mando para variar la sensibilidad de la medición y otro para variar el tiempo de muestreo.

Nosotros utilizaremos este frecuencímetro para conocer la frecuencia del cronómetro digital que queremos calibrar y así, poder compararla con un patrón exacto y conocer si esta descalibrado y, de ser así, cuál es su desviación.

Y aunque el valor de la frecuencia varía, si se hace una media de todos los valores obtenidos podremos conseguir un valor aceptable de la frecuencia interna del cronómetro digital.

Una vez conocido este valor, la calibración del cronómetro sería posible en un laboratorio de metrología o calibración.

En la siguiente imagen, comprobamos la frecuencia del cronómetro con el que hemos realizado las pruebas a través del osciloscopio:



Figura 38 – Captura del frecuencímetro en funcionamiento.

Este valor se corresponde con la frecuencia que captó el aparato en el momento de hacer la captura. Como hemos dicho, los números varían dependiendo del tiempo de muestreo que elijamos en el frecuencímetro. Pero las cifras 31.2Hz se mantienen constantes la mayoría del tiempo, por lo que la frecuencia definitiva será la media de los valores que nos muestre por pantalla.

Todas las fotos de esta simulación se corresponden con un mismo cronómetro. Una vez comprobado su correcto funcionamiento y hallada su frecuencia interna, procedimos a calcular la frecuencia de otro cronómetro. Tras seguir todos los pasos y ajustar correctamente los potenciómetros, también se consiguió conocer su frecuencia interna, por lo que comprobamos que el sistema no solo se ajusta al cronómetro usado durante todas las pruebas, sino que vale para cualquier cronómetro que trabaje alrededor de las frecuencias calculadas para la realización de este proyecto.

Para finalizar las pruebas de funcionamiento de este calibrador de cronómetros, acudimos una mañana al laboratorio de calibración LACECAL, donde pudimos trabajar con herramientas y máquinas con mayor resolución y exactitud.



Figura 39- Imagen de las pruebas del calibrador en laboratorio de calibración

1.5. DISEÑOS PREVIOS AL DISEÑO FINAL

A lo largo de la ejecución de este calibrador de cronómetros por el método de inducción, realizamos varios diseños y placas de circuito impreso hasta llegar a la definitiva.

Comenzamos con un diseño sencillo, que dio lugar a la realización de una placa de circuito impreso de grandes dimensiones comparada con la final: 152x96 mm.

Construimos dicha placa por el método de la insoladora y los ácidos (explicado en el ANEXO I) pero el resultado no fue el idóneo ya que tuvimos menos tiempo del necesario la placa expuesta a la radiación con el fotolito, lo que provocó que tuviéramos que tener la placa introducida en el revelador y los ácidos más tiempo de lo establecido.

Debido a este error, procedimos a realizar otra placa. Esta vez cambiaríamos el método y la fabricamos por fresado y rutado a través de la máquina de control numérico “Bungard CCD”, al igual que el prototipo final. Ya que nos dispusimos a hacer una nueva placa de circuito impreso, intentamos mejorar su diseño PCB. Y conseguimos reducir el tamaño de la placa a unas dimensiones de 143x61mm.

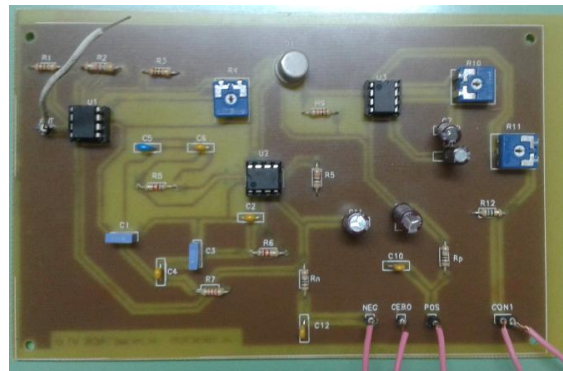


Figura 40- Placa de circuito impreso del primer diseño realizado

Para este primer diseño colocamos un amplificador simple tras la placa conductora que nos induce los pulsos del oscilador interno del cronómetro. Tras éste, un filtro paso-alto de dos etapas nos filtrara las señales perturbadoras y, por último, el transistor y el integrado 555 acondicionarían la señal para obtener los pulsos con una tensión adecuada y el tiempo que la señal estuviera en estado activo que nosotros le indicásemos.

La construcción de la placa fue óptima por lo que ya pasamos a la fase de pruebas. Los resultados no fueron buenos. No obteníamos ningún rastro de los pulsos a la salida final del circuito. Tras analizar cada punto, llegamos a la conclusión de que una señal tan

pequeña como la que obtenemos a la entrada (alrededor de 5mV) necesita de un amplificador con una elevada impedancia de entrada y un elevado CMRR, y el amplificador normal y corriente que construimos no nos lo aportaba. Al no tener alta impedancia de entrada, la señal recibida del cronómetro se atenuaba.

Otro error fue la construcción de un filtro paso-alto cuando deberíamos haber construido un filtro paso-bajo ya que nuestro objetivo es que en dicha fase el circuito eliminara las frecuencias superiores a 30Hz, que es la frecuencia que nos interesa

Tras estas dos placas fallidas, procedimos a realizar el diseño en una placa agujereada con pistas horizontales. Diseñamos un amplificador de instrumentación, como el de la figura:

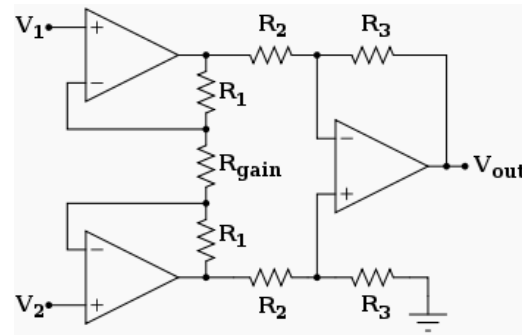


Figura 41 – Esquema típico de un amplificador de instrumentación.

, siendo la entrada V2 la señal que obtenemos de la placa conductora y conectando la señal V1 a tierra.

Usamos valores de resistencias que nos ofrecieran una ganancia cercana a 50.

Y de acuerdo con la fórmula de su ganancia:

$$G = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \left(1 + \frac{2R_1}{R_g}\right) \frac{R_3}{R_2}$$

, los valores usados para las resistencias fueron:

$$R_1 = 47\text{k}\Omega$$

$$R_2 = 4\text{k}7\Omega$$

$$R_3 = 47\text{k}\Omega$$

$$R_g = 24\text{k}\Omega$$

Usamos como circuito integrado un TL082, que en su interior contiene dos amplificadores operacionales de alta impedancia de entrada.

Con respecto al filtro paso-bajo, lo diseñamos a través del software “FilterPRO” de Texas Instruments, y conseguimos el filtro que ya utilizamos para el prototipo final.

Con los fallos anteriores solucionados, montamos el circuito en la placa agujereada. Y los resultados vuelven a ser negativos. El amplificador de instrumentación diseñado sigue sin funcionar y no entendemos el por qué. Es por lo que nos decidimos a buscar un circuito integrado que satisfaga esta necesidad. Y el integrado elegido fue el INA2126, que alberga en su interior dos amplificadores de instrumentación.

Montamos el circuito con las pertinentes correcciones y pasamos a las pruebas. Tras realizar el ajuste correcto de los potenciómetros, conseguimos la señal deseada al final del circuito y por lo tanto, procedimos a crear la placa de circuito impreso que supondría el prototipo final del calibrador de cronómetros.

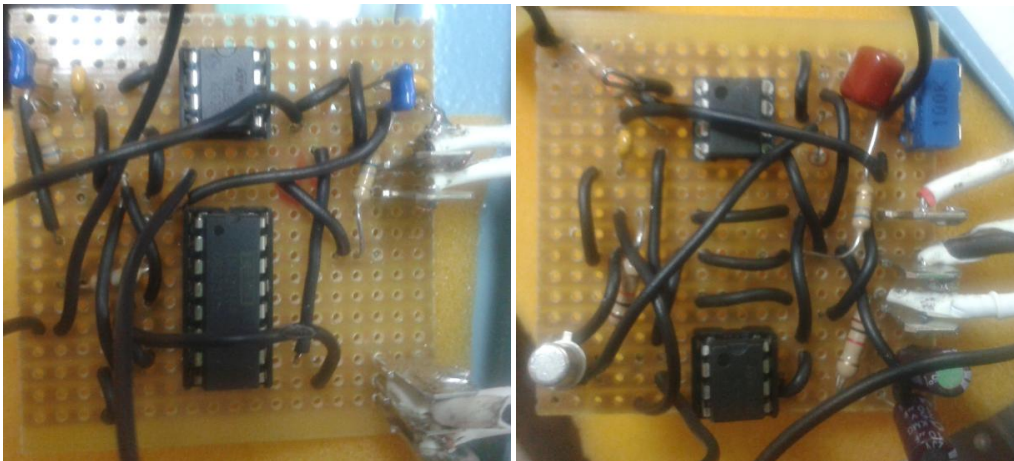


Figura 42 – Imagen del diseño de pruebas realizado en placas agujereadas.

Como el circuito montado en las placas agujereadas funcionaba, realizamos el mismo circuito en una placa de circuito impreso. Montamos los componentes y, al realizar las pruebas, el circuito no funcionaba como nosotros esperábamos.

Tras darle muchas vueltas, detectamos que el INA2126 se venía abajo cuando el potenciómetro del amplificador posterior aumentaba su valor. Tras leer el datasheet del INA2126, procedimos a realizarle un circuito sencillo de offset. La razón es porque al conectar las dos entradas del INA2126 a tierra, obteníamos a la salida una señal que no era nula, lo cual era incoherente. Una vez montado un circuito de offset a través de dos resistencias y un potenciómetro, conseguimos regular el offset y el circuito, ahora sí, funcionó correctamente. Otra de las modificaciones fue añadir la resistencia de base



CALIBRADOR DE CRONÓMETROS DIGITALES POR MEDIO DE INDUCCIÓN



para evitar la alta intensidad que le llegaba al transistor, que le hacía trabajar al máximo de su rendimiento, pudiendo estropearse con el paso del tiempo de uso. A mayores, añadimos un condensador entre la base y el emisor para que los pulsos posteriores a la señal que queremos recibir se atenuaran y no provocaran un disparo erróneo del transistor.



1.6. MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN DE PLACAS DE CIRCUITO IMPRESO

En la fabricación de nuestros prototipos, tanto los finales como los que sirvieron de pruebas para llegar a los diseños finales, utilizamos dos sistemas de fabricación de placas de circuito impreso: por medio de una insoladora y ácidos y por medio de fresado y taladrado con una máquina de control numérico Bungard CCD.

1.6.1. MÉTODO DE INSOLACIÓN

Para construir un circuito en una placa de circuito impreso mediante este método necesitamos una placa positiva fotosensible y el fotolito del diseño PCB. Tras colocar dicho fotolito perfectamente alineado en la placa fotosensible (por el lado del cobre), se introduce en la insoladora durante unos 4 o 5 minutos.

La insoladora provoca que los espacios en blanco del fotolito hayan sido expuestos a la luz ultravioleta y, por tanto, el cobre de la placa que estaba debajo se elimine, dejando únicamente las zonas en negro, que se corresponden con las pistas que nosotros hemos diseñado. Zonas en las que la luz ultravioleta no ha causado efecto y, por tanto, permanecen intactas.

Tras la insolación, la placa se introduce en una cubeta con revelador positivo para conseguir el revelado de la placa. Tras unos minutos, se retira la placa del revelador y se lava bien con agua, retirando la resina.

Luego se ataca la placa con ácido. Dicho atacador estará formado por 25ml de agua, 25ml de ácido clorhídrico al 35% y 25ml de agua oxigenada (hidrógeno peróxido de 110vol.).

Cuando el cobre que eliminamos mediante el insolado se retire de la placa, sacamos la placa de la mezcla atacante para lavarla con agua y posteriormente con alcohol. Y ya tendríamos listo nuestra placa de circuito impreso.

1.6.2. MÉTODO DE TALADRADO Y FRESADO

Para este método, utilizamos los programas ISOCAM 2.0 y RoutePRO, además de la máquina de control numérico “Bungard CCD”.



Figura 43 – La máquina Bungard CCD en pleno proceso de funcionamiento.

Las recomendaciones previas del diseño PCB son:

- 1- Pistas de tamaño mínimo 14 milímetros de pulgada (mil)
- 2- Clearance mínimo de 13mil.

Para comenzar la construcción, debemos obtener dos archivos de nuestro diseño PCB: el archivo de taladrado y el fotoploter.

➤ ARCHIVO DE TALADRADO NCDRILL

Se obtiene desde MicroSim bajo la dirección File/NC Drill/Format.

Este archivo nos permite elegir el tamaño de las brocas que la máquina va a utilizar para realizar los correspondientes taladros o para crear las pistas de nuestro circuito en la placa de circuito impreso.

Tras completar este archivo, se nos generan los siguientes documentos en lenguaje ASCII con las siguientes extensiones:

- .dlg: contiene información general del taladrado.
- .d01: contiene las herramientas que debe utilizar cada momento y las coordenadas donde irá cada taladro.



➤ ARCHIVO FOTOPLOTER

Se obtiene desde MicroSim bajo la dirección File/Photoplot/Format.

Tras una ventana inicial donde no hay que cambiar nada, debemos acceder a la dirección File/Photoplot/Apertures y configurar el juego de las aperturas de la óptica (la opción Auto nos sirve).

Tras esto, creamos los archivos de fotoploter. Nos aparece una ventana donde elegir las capas que queremos que formen parte de nuestro fotoploter para que, más adelante, la máquina nos lo reproduzca en nuestra placa. Las escogidas por nosotros son las capas Solder (pistas), Board Outline (borde de la placa) y Silk Top (Serigrafía de los componentes).

Podemos crear más de una página de fotoploter con diferentes capas, llamadas Gerber, de las cuales cada una se guardará con una extensión .gxx, siendo xx el número de página de fotoplot. Se crean estos documentos y, a mayores, otro con una extensión .glg que contiene información general.

➤ ADAPTAR LOS ARCHIVOS A LA MÁQUINA DE TALADRADO/FRESADO

Para esta parte necesitamos un software al que, introduciéndole los archivos que hemos generado, la máquina nos elimine de la placa el cobre que no queremos y, de esta manera, nos quede solo las pistas que hemos diseñado.

El programa que nosotros utilizamos es “ISOCAM”

Primeramente nos centramos en el fresado de las pistas. Introducimos los archivos .d01 y los archivos Gerber que hemos creado (.g01, .g02 y .g03, que corresponden a las capas Solder, Silk Top y Board Outline).

Para agarrar nuestra placa a la máquina, le diseñamos unos agujeros de fijación, de ahí que tuviéramos una placa mayor tamaño de la que habíamos diseñado. Con ellos evitamos que el movimiento de la fresa a través de nuestra placa la mueva y se destrozara el diseño preestablecido. Guardamos el archivo de los agujeros de fijación con una extensión .ncd

Importante invertir las capas mediante la opción “Mirror X” ya que si no, las pistas quedarían al revés que los taladros porque las pistas van en la cara inferior y los agujeros en la superior.

Una vez que hemos invertido la placa pasamos a realizar el aislado de las pistas. Esto se realiza a través de la opción “Create milling data”. Seleccionamos el gerber de la capa

“Solder” y elegimos el aislado mediante una herramienta de 0.1mm y otra de 0.8mm. Una vez seleccionado y visto que no tenemos ningún error, guardamos el archivo de milling data con una extensión .plt.

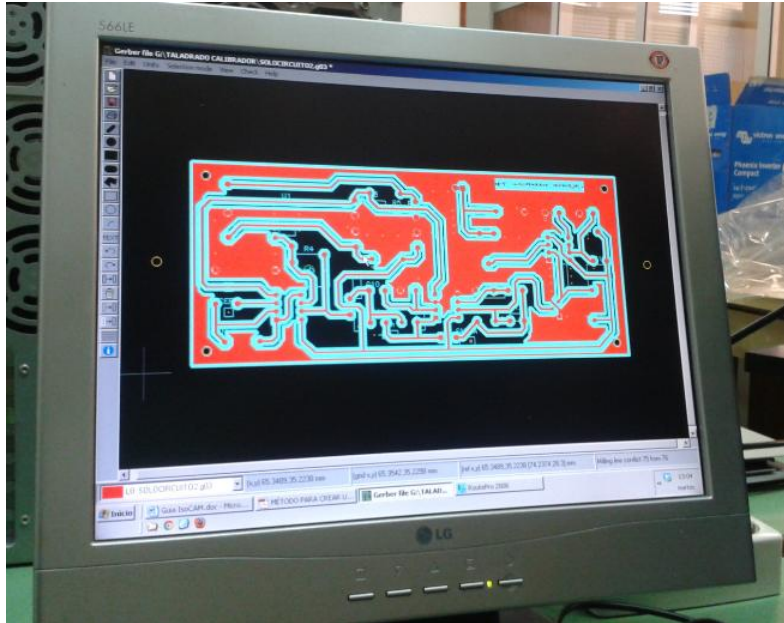


Figura 44 – Captura del programa “ISOCAM” creando un archivo de “milling data”

Tras esto, procedemos al cortado de la placa. Elegimos el Gerber de la cara “Board Outline” y seleccionamos la opción “cute board”. Una vez realizado, guardamos el archivo con una extensión .ncd

Por último, creamos el archivo de serigrafía. Seleccionamos el Gerber de la cara “Silk Top” y realizamos el milling data de esta cara igual que lo hicimos anteriormente. Seleccionamos para el milling data de la serigrafía una herramienta de 0.1mm. Guardamos el archivo con una extensión .plt.

Ahora pasamos al procesado de los taladros.

Una vez cargados e interpretados los archivos, se visualiza en la pantalla la placa de circuito impreso que nosotros hemos diseñado en PCBoards de MicroSim.

Guardamos el archivo de taladrado, que se guarda bajo la extensión .ncd.



➤ **CONSTRUIR LA PLACA MEDIANTE LA MÁQUINA DE TALADRADO/FRESADO**

Para esta última fase utilizamos el programa RoutePRO 2008. Previo a arrancar el programa, la máquina debe estar conectada al ordenador. Si no está conectada, se puede entrar en un modo de simulación.

Una vez arrancado, el programa nos pide una serie de archivos. Donde pone “Drill file” debemos introducir el archivo de taladrado (.ncd) que obtuvimos mediante el programa ISOCAM, y donde nos pone “Route file” seleccionamos alguno de los archivos de fresado (.plt) que también obtuvimos anteriormente con el mismo programa.

➤ **DIBUJO DE LOS COMPONENTES**

Primeramente procedimos a realizar las marcas donde los componentes irán situados una vez acabado todo el proceso de fabricación de la placa. Para ello introducimos el archivo con la extensión .plt de serigrafía que obtuvimos mediante ISOCAM y colocamos nuestra placa en la zona de trabajo de la máquina taladradora, con la parte en la que no está el cobre hacia arriba.

Colocamos en la punta una fresa cónica de 60° y de 2.5 pulgadas de profundidad y le damos a Start para que inicie el trabajo y “dibuje” los componentes en su colocación exacta en la parte que no tiene cobre de nuestra placa.

En la siguiente foto se puede ver a la máquina en pleno proceso:

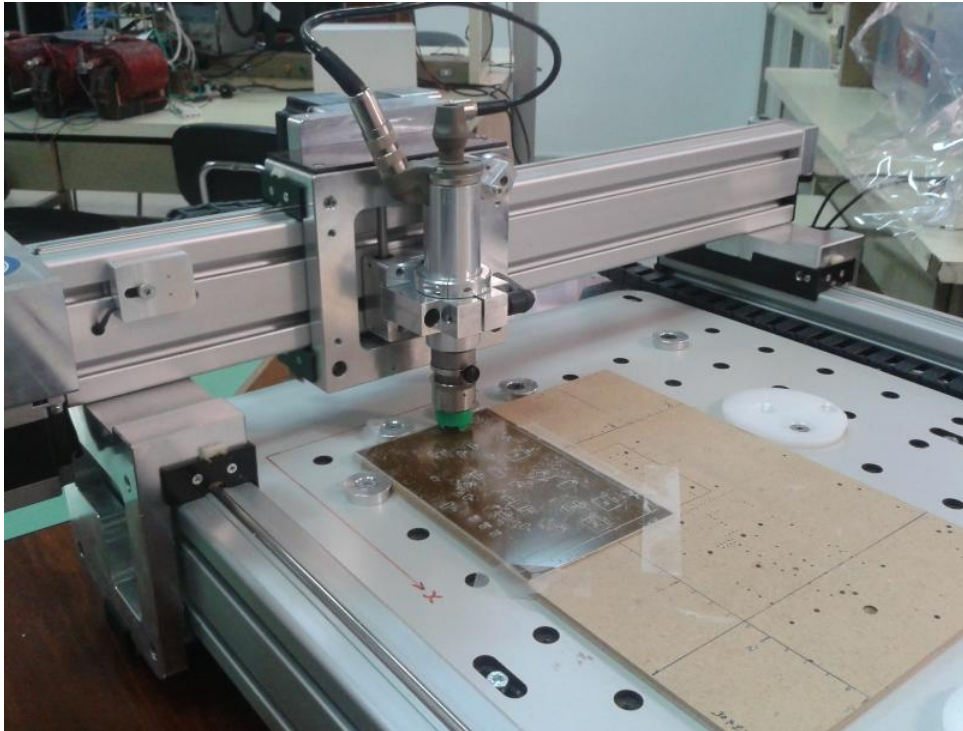


Figura 45 – La máquina de control Bungard CCD realizando la serigrafía.

➤ TALADRADO DE LA PLACA

Introducimos el archivo .ncd en el apartado “Drill file” y nos aparece una pantalla donde podemos ver las diferentes herramientas de la máquina, cuantos agujeros hará cada herramienta, diámetro de la broca, la profundidad y velocidad de giro a la que queremos que trabaje las brocas, etc.

Colocamos un pisador en la punta del taladro para que amortigüe el efecto de la broca en el caso de que nuestra placa este algo torcida.

Una vez todo en orden, procedemos con la fabricación de la placa.

Colocamos la placa en la zona de trabajo de la máquina y la sujetamos con cinta adhesiva para evitar que el movimiento de la broca nos mueva la placa y estropee el trabajo.

La máquina funciona por partes, es decir, cada broca utilizada será una parte. Si por ejemplo, si para los agujeros de fijación utilizamos una broca de 4mm, realizará este trabajo y cuando acabe, parará esperando el cambio de broca y la orden de seguir para realizar otra parte del circuito. Y así hasta realizar todo el circuito, mientras podemos ir viendo el recorrido de la broca en el monitor del ordenador.



Los diámetros de las brocas utilizadas en el taladrado fueron los siguientes:

- 0.7mm - Resistencias, condensadores, transistores y circuitos integrados.
- 1.2mm – Potenciómetros y conectores
- 3mm – Agujeros de sujeción de las esquinas

Si en algún momento se detecta algún error, sucede algo o se necesita cambiar el diámetro de la broca, el camino de la broca puede pararse pulsando el botón de “Stop”, pausando así su trabajo.

➤ FRESADO DE LAS PISTAS DE LA PLACA

Una vez taladrada la placa, procedemos a realizar el fresado. Para ello, introducimos el archivo (.plt) correspondiente a la capa “Solder” en la línea donde nos pone “Route file”. Ahora ya tenemos las pistas y los taladros en nuestra placa. Una vez introducido, nos aparece una ventana en la que podemos ver las herramientas a utilizar, la distancia que recorrerá cada broca o el número de pasadas, entre otras opciones, que pueden ser modificadas.

Colocamos un limitador de profundidad con el mismo objetivo que en el taladrado: que si la placa esta algo torcida, no varíe la profundidad de la fresa.

Una vez que le indiquemos que comience, en la pantalla del ordenador podemos ir viendo el recorrido de la fresa, cambiando a color verde las zonas ya realizadas. Igual que antes, podemos parar el proceso pulsando el botón “Stop”.

Y con esto, ya obtenemos nuestra placa de circuito impreso, con unas pistas perfectas y sin errores.



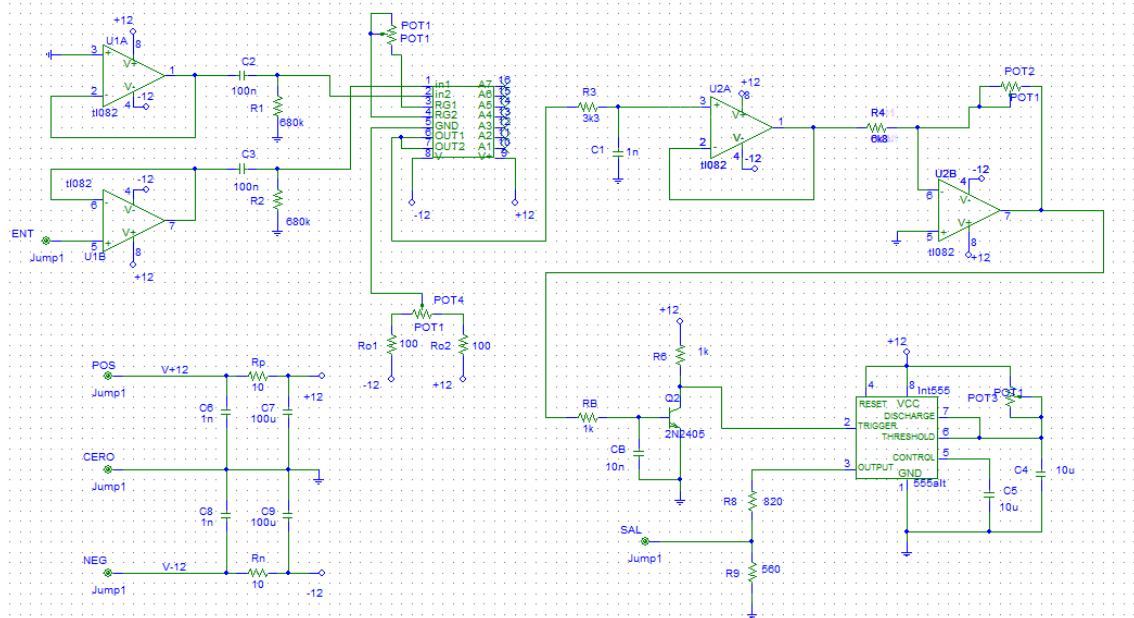
BLOQUE II

PLANOS



I. ÍNDICE DE PLANOS

2.1. ESQUEMA CIRCUITO CALIBRADOR.....	65
2.2. DISEÑO PCB CALIBRADOR.....	66
2.3. DISEÑO PCB CALIBRADOR, CAPA SOLDADURA “SOLDER”	67
2.4. DISEÑO PCB CALIBRADOR, CAPA SERIGRAFÍA “SILK-TOP”	68
2.5. DISEÑO PCB CALIBRADOR, CAPA COMPONENTES “COMPONENT”	69
2.6. IMAGEN CALIBRADOR	70
2.7. ESQUEMA FUENTE ALIMENTACIÓN	71
2.8. DISEÑO PCB FUENTE ALIMENTACIÓN	72
2.9. ESQUEMA FUENTE ALIMENTACIÓN, CAPA SOLDADURA “SOLDER”	73
2.10. ESQUEMA FUENTE ALIMENTACIÓN, CAPA SERIGRAFÍA “SILK-TOP”	74
2.11. ESQUEMA FUENTE ALIMENTACIÓN, CAPA COMPONENTES “COMPONENT”	75



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

E.I.I., Sede Fco. Mendizábal

**DEPARTAMENTO DE TEC.
ELECTRÓNICA**

DENOM. PLANO

Esquema circuito calibrador

TÍTULO:

Calibrador de cronómetros digitales por medio de inducción

PLANO N°

1

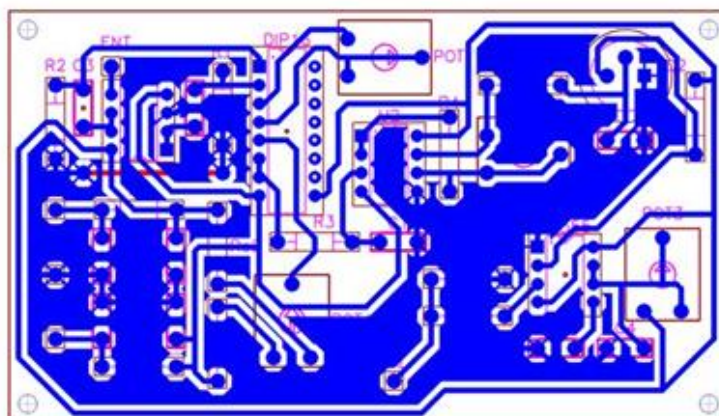
AUTORES:

- Alonso Rodríguez, Rubén
- Velázquez Díaz, Óliver

ESCALA:

FECHA:

Mayo 2013



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
E.I.I., Sede Fco. Mendizábal

DEPARTAMENTO DE TEC.
ELECTRÓNICA

DENOM. PLANO

Diseño PCB calibrador

TÍTULO:

Calibrador de cronómetros digitales por medio de inducción

PLANO N°

2

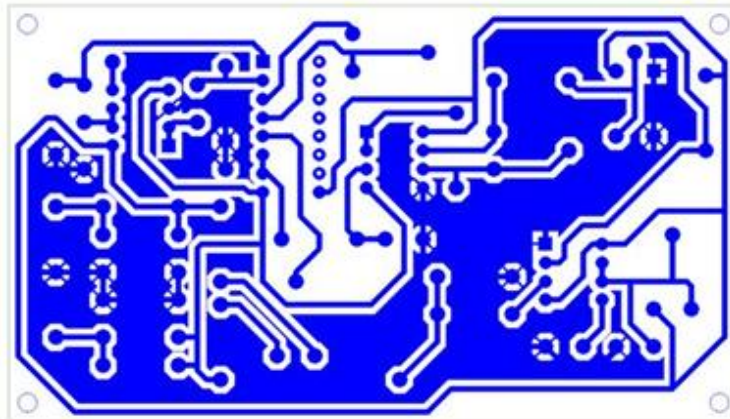
AUTORES:

- Alonso Rodríguez, Rubén
- Velázquez Díaz, Óliver

ESCALA: 1:1

FECHA

Mayo 2013



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
E.I.I., Sede Fco. Mendizábal

DEPARTAMENTO DE TEC.
ELECTRÓNICA

DENOM. PLANO

PCB calibrador Capa Soldadura
"Solder"

TÍTULO:

Calibrador de cronómetros digitales por medio de inducción

PLANO N°

3

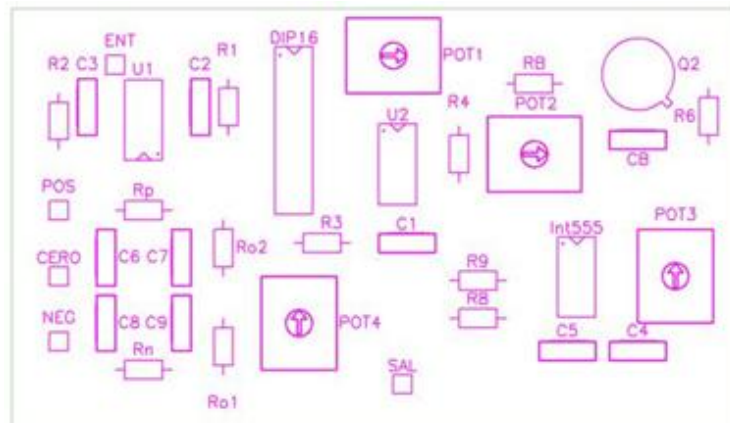
AUTORES:

- Alonso Rodríguez, Rubén
- Velázquez Díaz, Óliver

ESCALA: 1:1

FECHA:

Mayo 2013



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
E.I.I., Sede Fco. Mendizábal

**DEPARTAMENTO DE TEC.
 ELECTRÓNICA**

DENOM. PLANO

PCB calibrador Capa Serigrafía
 "Silk Top"

TÍTULO:

Calibrador de cronómetros digitales por medio de inducción

PLANO N°

4

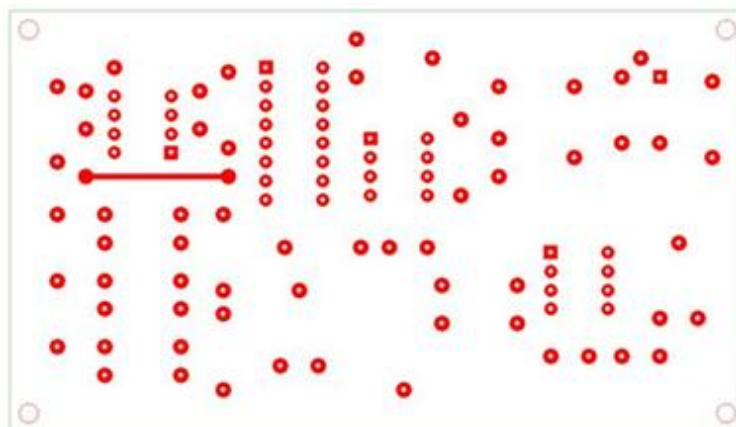
AUTORES:

- Alonso Rodríguez, Rubén
- Velázquez Díaz, Óliver

ESCALA:

FECHA:

Mayo 2013



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
E.I.I., Sede Fco. Mendizábal

**DEPARTAMENTO DE TEC.
 ELECTRÓNICA**

DENOM. PLANO

PCB calibrador Capa
 "Component"

TÍTULO:

Calibrador de cronómetros digitales por medio de inducción

PLANO N°

5

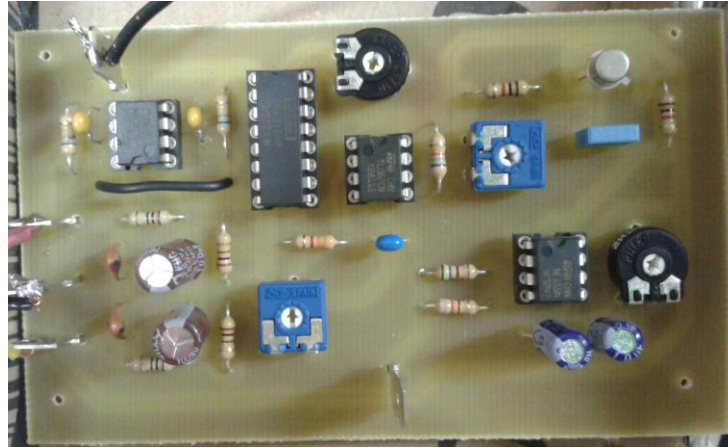
AUTORES:

- Alonso Rodríguez, Rubén
- Velázquez Díaz, Óliver

ESCALA:

FECHA:

Mayo 2013



**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
E.I.I., Sede Fco. Mendizábal**

**DEPARTAMENTO DE TEC.
ELECTRÓNICA**

DENOM. PLANO

Imagen calibrador

TÍTULO:

Calibrador de cronómetros digitales por medio de inducción

PLANO N°

6

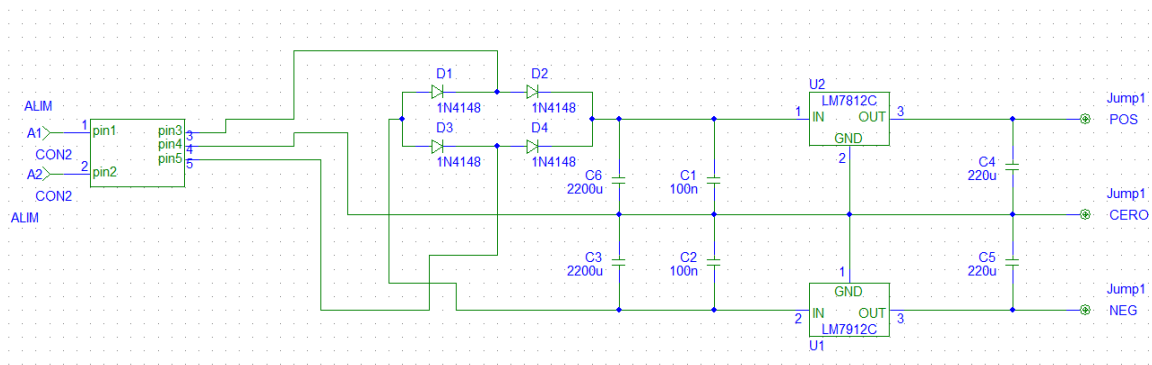
AUTORES:

- Alonso Rodríguez, Rubén
- Velázquez Díaz, Óliver

ESCALA:

FECHA:

Mayo 2013



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

E.I.I., Sede Fco. Mendizábal

**DEPARTAMENTO DE TEC.
ELECTRÓNICA**

DENOM. PLANO

Esquema circuito fuente

TÍTULO:

Calibrador de cronómetros digitales por medio de inducción

PLANO N°

7

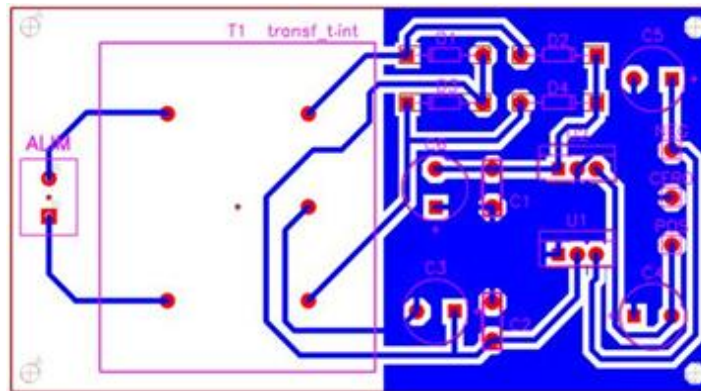
AUTORES:

- Alonso Rodríguez, Rubén
- Velázquez Díaz, Óliver

ESCALA:

FECHA:

Mayo 2013



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
E.I.I., Sede Fco. Mendizábal

DEPARTAMENTO DE TEC.
ELECTRÓNICA

DENOM. PLANO

PCB fuente

TÍTULO:

Calibrador de cronómetros digitales por medio de inducción

PLANO N°

8

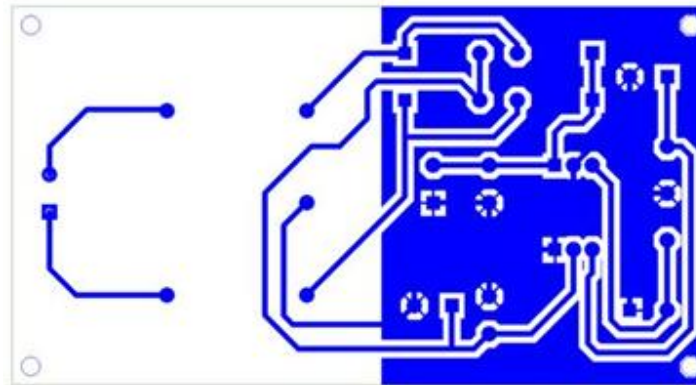
AUTORES:

- Alonso Rodríguez, Rubén
- Velázquez Díaz, Óliver

ESCALA:

FECHA:

Mayo 2013



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
E.I.I., Sede Fco. Mendizábal

DEPARTAMENTO DE TEC.
ELECTRÓNICA

DENOM. PLANO

PCB fuente Capa "Solder"

TÍTULO:

Calibrador de cronómetros digitales por medio de inducción

PLANO N°

9

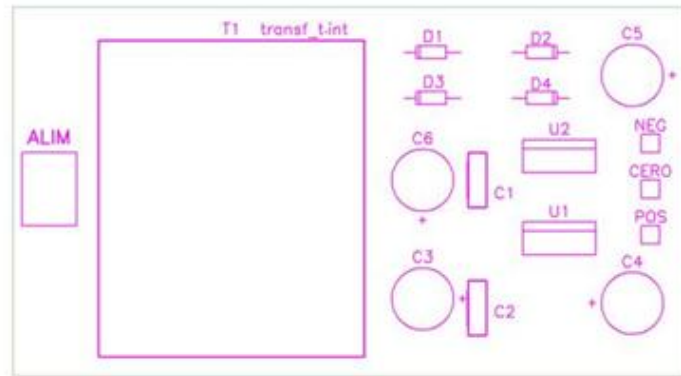
AUTORES:

- Alonso Rodríguez, Rubén
- Velázquez Díaz, Óliver

ESCALA:

FECHA:

Mayo 2013



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID E.I.I., Sede Fco. Mendizábal

**DEPARTAMENTO DE TEC.
ELECTRÓNICA**

DENOM. PLANO

PCB fuente Capa "Silk-Top"

TÍTULO:

Calibrador de cronómetros digitales por medio de inducción

PLANO N°

10

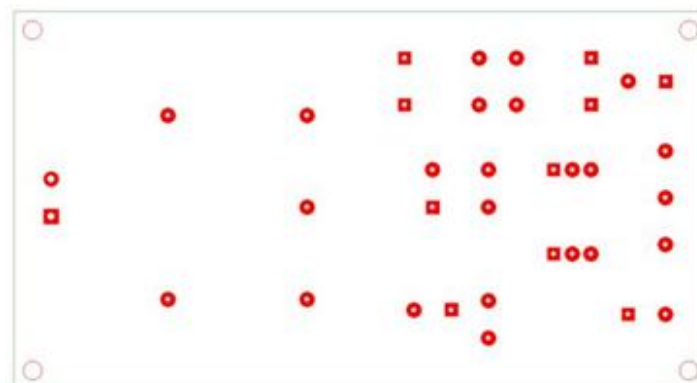
AUTORES:

- Alonso Rodríguez, Rubén
- Velázquez Díaz, Óliver

ESCALA:

FECHA:

Mayo 2013



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
E.I.I., Sede Fco. Mendizábal

DEPARTAMENTO DE TEC.
ELECTRÓNICA

DENOM. PLANO

PCB fuente Capa "Component"

TÍTULO:

Calibrador de cronómetros digitales por medio de inducción

PLANO N° :

11

AUTORES:

- Alonso Rodríguez, Rubén
- Velázquez Díaz, Óliver

ESCALA:

FECHA:

Mayo 2013



BLOQUE III

PRESUPUESTO



3.1. INTRODUCCIÓN

El presupuesto es el último de los documentos básicos que componen el proyecto siendo este la valoración económica de la instalación u obra. Su finalidad es dar a conocer la cuantía económica que habrá que desembolsar para la realización de dicho proyecto.

El proyecto realizado supone el diseño de un instrumento electrónico capaz de indicar si un reloj ó cronómetro digital esta en óptimas condiciones para hacer mediciones correctas o, por el contrario, necesita de un ajuste antes de su uso y, en este caso, conocer cuál es su desviación.

Tener el sistema de cronómetro calibrado es algo muy importante para todo tipo de máquinas ya que una gran mayoría de ellas se basan en “tiempos”.

Máquinas como ordenadores, hornos, cronómetros, etc. necesitan que sus relojes internos funcionen correctamente para realizar su trabajo de forma óptima.

En este apartado del estudio del proyecto se resumen los costes de su elaboración. Estos costes los dividiremos en costes del proyecto y del diseño del prototipo y en costes de los diferentes materiales necesarios para su fabricación.

3.2. COSTES MATERIALES

A continuación se detallará el coste de cada placa del proyecto teniendo en cuenta los componentes que cada una de ellas incluye, los cuales irán convenientemente desglosados indicando tanto su identificación general como una descripción particular para cada uno de ellos, así como el número de unidades y su precio unitario.

Dividimos el apartado en materiales del calibrador de cronómetros digitales por inducción y materiales de la fuente de alimentación.

3.2.1. COSTE MATERIAL DEL CALIBRADOR

En la tabla número 4 se detalla el precio de los componentes utilizados en la implementación del prototipo del calibrador, obtenidos a partir de varios distribuidores:

Cód.	Cant.	Ud.	Descripción	Precio	Subtotal
1.01	2	Ud.	TL082 Integrado con 2 Ampl. Operacionales. 8 pines. DIP8. $\pm 18v$	0.38€	0.76€
1.02	1	Ud.	INA2126 Integrado con 2 Ampl. de Instrumentación. 16 pines. DIP16. $\pm 18v$	5.18€	5.18€
1.03	1	Ud.	NE 555 Integrado. Temporizador. 8 pines. DIP8. $\pm 18v$	0.23€	0.23€
1.04	1	Ud.	BC108b Transistor NPN	0.60€	0.60€
1.05	2	Ud.	Resistencia Carbón. 1/8w. RC05. Valor $680k\Omega \pm 5\%$	0.04€	0.08€
1.06	2	Ud.	Resistencia Carbón. 1/8w. RC05. Valor $10\Omega \pm 5\%$	0.04€	0.08€
1.07	2	Ud.	Resistencia Carbón. 1/8w. RC05. Valor $1k\Omega \pm 5\%$	0.04€	0.08€
1.08	2	Ud.	Resistencia Carbón. 1/8w. RC05. Valor $100 \pm 5\%$	0.04€	0.08€
1.09	1	Ud.	Resistencia Carbón. 1/8w. RC05. Valor $3k3\Omega \pm 5\%$	0.04€	0.04€
1.10	1	Ud.	Resistencia Carbón. 1/8w. RC05. Valor $560\Omega \pm 5\%$	0.04€	0.04€
1.11	1	Ud.	Resistencia Carbón. 1/8w. RC05. Valor $820k\Omega \pm 5\%$	0.04€	0.04€
1.12	1	Ud.	Resistencia Carbón. 1/8w. RC05. Valor $6k8\Omega \pm 5\%$	0.04€	0.04€
1.13	1	Ud.	Resistencia variable Potenciómetro cuadrado. R3216. Ajuste horizontal. 1/8w. Valor: $500k\Omega \pm 10\%$	0.30€	0.30€

CALIBRADOR DE CRONÓMETROS DIGITALES POR MEDIO DE INDUCCIÓN

Cód.	Cant.	Ud.	Descripción	Precio	Subtotal
1.14	1	Ud.	Resistencia variable Potenciómetro cuadrado. R3216. Ajuste horizontal. 1/8w. Valor: 100k Ω \pm 10%	0.30€	0.30€
1.15	2	Ud.	Resistencia variable Potenciómetro cuadrado. R3216. Ajuste horizontal. 1/8w. Valor: 2k2 Ω \pm 10%	0.30€	0.60€
1.16	2	Ud.	Condensador electrolítico Óxido de Tántalo. Tensión nominal: 35v. 125°C 120Hz. Radial. Valor: 100 μ F \pm 10%	0.15€	0.30€
1.17	2	Ud.	Condensador electrolítico Óxido de Tántalo. Tensión nominal: 35v. 125°C 120Hz. Radial. Valor: 10 μ F \pm 10%	0.15€	0.30€
1.18	3	Ud.	Condensador cerámico Cerámico multicapa. CK05. 50v. Valor: 1nF \pm 10%	0.13€	0.39€
1.19	2	Ud.	Condensador cerámico Cerámico multicapa. CK05. 50v. Valor: 100nF \pm 10%	0.11€	0.22€
1.20	1	Ud.	Condensador cerámico Cerámico multicapa. CK05. 50v. Valor: 10nF \pm 10%	0.11€	0.11€
1.21	5	Ud.	Terminal Espadín metálico. 2 patillas. Agujereado	0.09€	0.45€
1.22	4	Ud.	Elevador Elevador de plástico para introducir por agujero circular. Base de pegamento.	0.28€	1.12€
1.23	1	Ud.	Placa PCB Placa de simple cara	4.20€	4.20€
1.24	1	Ud.	Caja metálica	10.0€	10.00€
A.	COSTE MATERIAL CALIBRADOR			25.51€	

Tabla 4 - Coste del material del calibrador.

3.2.2. COSTE MATERIAL DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN

En la tabla número 5 se detalla el precio de los componentes utilizados en la implementación del prototipo de la fuente de alimentación, obtenidos a partir de varios distribuidores:

Cód.	Cant.	Ud.	Descripción	Precio	Subtotal
2.01	4	Ud.	1N4148 Diodo rectificador de pequeña señal. Agujero pasante. DO-35	0.05€	0.20€
2.02	2	Ud.	Condensador electrolítico Radial. Óxido de Tántalo. Tensión nominal: 16v. 125°C 120Hz. Valor: 2200µF±10%	0.39€	0.78€
2.03	2	Ud.	Condensador electrolítico Radial. Óxido de Tántalo. Tensión nominal: 35v. 125°C 120Hz. Valor: 220µF±10%	0.17€	0.34€
2.04	2	Ud.	Condensador cerámico Cerámico multicapa. CK05. 50v. Valor: 100nF±10%	0.09€	0.18€
2.05	1	Ud.	LM7812C Regulador de voltaje positivo. TO-220. Tensión de salida: +12v. Potencia de salida: 1A.	0.30€	0.30€
2.06	1	Ud.	LM7912C Regulador de voltaje negativo. TO-220. Tensión de salida: -12v. Potencia de salida: 1A.	0.30€	0.30€
2.07	1	Ud.	Transformador Transformador encapsulado. 5VA, 15v+15v	8.47€	8.47€
2.08	1	Ud.	Conector Conector de dos entradas con tornillos de ajuste	0.09€	0.09€
2.09	5	Ud.	Terminal Espadín metálico. 2 patillas. Agujereado	0.09€	0.45€
2.10	4	Ud.	Elevador Elevador de plástico para introducir por agujero circular. Base de pegamento,	0.28€	1.12€
2.11	1	Ud.	Placa PCB Placa positiva. Simple cara	4.20€	4.20€
A.	COSTE MATERIAL FUENTE			16.42€	

Tabla 5 - Coste del material de la fuente.

3.3. COSTE DEL DISEÑO Y MONTAJE DEL PROTOTIPO

En la tabla 6 se detalla el coste humano de llevar a cabo el proyecto, teniendo en cuenta las distintas partes que lo componen. Los precios se calculan a partir del convenio colectivo para la industria siderometalúrgica de Valladolid publicado en el BOP Valladolid 076 – 31/03/2012, “Acuerdo alcanzado sobre clasificación profesional a tenor de lo previsto en la disposición adicional segunda del Convenio colectivo para la industria Siderometalúrgica de Valladolid y provincia, 2012.”

Código	Cantidad	Ud.	Descripción	Precio	Subtotal
3.01	32	h.	ESTUDIO TEÓRICO Según convenio colectivo para la industria Siderometalúrgica de Valladolid, estimando 231 jornadas laborales de 8h al año	14.30 €	457.60€
3.02	60	h.	DISEÑO DEL HARDWARE Según convenio colectivo para la industria Siderometalúrgica de Valladolid, estimando 231 jornadas laborales de 8h al año	14.30€	858€
3.03	2	Día	MONTAJE Un solo prototipo fuera de cualquier proceso de fabricación, según el convenio colectivo para Industria Siderometalúrgica de Valladolid y por un Oficial de 1ª.	41.35€	82.70€
C.	COSTE DISEÑO Y MONTAJE			1398.30€	

Tabla 6 - Coste de diseño y montaje.



3.4. PRECIO DE EJECUCIÓN POR MATERIAL

En la tabla 7 se resumen los costes de ejecución por material, a partir de las tablas 4, 5 y 6.

Código	Descripción	Subtotal
A.	COSTE MATERIAL DEL CALIBRADOR	25.51€
B.	COSTE MATERIAL DE LA FUENTE	16.42€
C.	COSTE DISEÑO Y MONTAJE	1398.30€
D.	PRECIO TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR MATERIAL	1440.23€

Tabla 7- Precio de ejecución por material.



3.5. PRECIO DE EJECUCIÓN POR CONTRATO

En la tabla 8 se aplican los gastos por contrato sobre la tabla 7.

Código	Descripción	Subtotal
A.	PRECIO EJECUCIÓN POR MATERIAL	1440.23€
B.	GASTOS GENERALES 13%	187.23€
C.	BENEFICIO INDUSTRIAL 6%	86.41€
D.	PRECIO TOTAL	1713.87€

Tabla 8 - Precio de ejecución por contrato.



3.6. PRECIO POR LICITACIÓN

Aplicando el I.V.A., se obtiene el precio total de la elaboración del proyecto, como se resume en la tabla 9.

Código	Descripción	Subtotal
B.	PRECIO TOTAL	1713.87€
	I. V. A. 21%	359.91€
E.	PRECIO TOTAL POR LICITACIÓN	2073.78€

Tabla 9 - Precio por licitación



BLOQUE IV:

PLIEGO DE CONDICIONES



4.1. DISPOSICIONES Y ABARQUE DEL PLIEGO DE CONDICIONES

4.1.1. OBJETIVO DEL PLIEGO

El objetivo de este proyecto es el diseño de un calibrador de cronómetros digitales por el método de inducción. Este proyecto está orientado a la posible industrialización del prototipo fabricado. Esto implica que el diseño haya tenido en cuenta la accesibilidad y la fiabilidad sin omitir su desarrollo industrial. En caso de una futura aplicación industrial se debería tener presente el pliego de condiciones, que tiene como principal función regular las condiciones entre las partes contratantes considerando los aspectos técnicos, facultativos, económicos y legales.

El pliego de condiciones define, entre otros, los siguientes aspectos:

- Obras que componen el proyecto.
- Características exigibles a los materiales y componentes.
- Detalles de la ejecución.
- Programa de obras.

Dado el gran número de detalles tratados si se presentan dudas a la hora de iniciar el proyecto lo más recomendable es ponerse en contacto con el proyectista.

4.1.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MONTAJE

Las diferentes partes que componen la obra a realizar por parte del instalador, poniendo especial énfasis en el orden establecido, no efectuando una actividad concreta sin haber realizado previamente la anterior:

- Encargo y compra de los componentes necesarios.
- Fabricación de las placas de circuito impreso.
- Montaje de los componentes en cada placa.
- Ensayo y comprobación del correcto funcionamiento de la fuente de alimentación.
- Ensayo y comprobación del correcto funcionamiento del calibrador de cronómetros digitales por medio de inducción.
- Conexión de las dos placas.
- Introducción de las dos placas en la caja metálica.
- Ajuste y comprobación de los potenciómetros.



- Puesta en marcha del equipo.
- Controles de emisión electromagnética.
- Controles de calidad y fiabilidad.
- Mantenimiento para el correcto funcionamiento del sistema.

Todas las partes que en conjunto forman la obra de este proyecto, tendrán que ser ejecutadas por montadores cualificados, sometiéndose a las normas de la Comunidad Europea, países o incluso comunidades internacionales que se tengan previstas para este tipo de montajes no haciéndose responsable el proyectista de los desperfectos ocasionados por su incumplimiento.

4.2. NORMATIVA DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO

En la lista que veremos a continuación se enumeran las normativas más relevantes que regulan el diseño, montaje y fabricación del calibrador de cronómetros. No son las únicas y, en todo caso, siempre se seguirán las instrucciones expuestas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión de 2002:

- Directiva 1999/5/CE: Equipos radioeléctricos y equipos terminales de telecomunicación.
- Directiva 2001/95/CE: Seguridad General de Productos.
- Directiva 2002/95/CE: Restricción de sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos.
- Directiva 2002/96/CE: Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.
- Directiva 2003/108/CE: Modifica la Directiva 2002/96/CE sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.
- Directiva 2004/108CE: Legislación común en los estados miembros sobre la compatibilidad electromagnética.
- Directiva 2006/95/CE: Material de Baja Tensión.
- R. D. 1580/2006, por el que se regula la compatibilidad electromagnética en aparatos eléctricos y electrónicos.



Respecto al desarrollo de productos electrónicos, se pueden encontrar en AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación) las siguientes normativas:

- EN 61010.1:2001: Requisitos de seguridad de equipos eléctricos de medida, control y uso en laboratorio. Parte 1: Requisitos generales.
- EN 61326-2-5:2013: Equipos eléctricos para medida, control y uso en laboratorio. Requisitos de compatibilidad electromagnética (CEM).
- UNE 20-050-74 (I). Código para las marcas de resistencias y condensadores. Valores y tolerancias.
- UNE 20-524-75 (I). Técnica circuitos impresos. Parámetros fundamentales. Sistemas de cuadrícula.
- UNE 20-524. Equipos electrónicos y sus componentes. Soldabilidad de circuitos impresos.
- UNE 20-524-77 (II). Técnica de circuitos impresos. Terminología
- UNE 20-531-73. Series de valores nominales para resistencias y condensadores.
- UNE 20-543-85 (I). Condensadores fijos en equipos electrónicos.
- UNE 20-545-89. Resistencias fijas para equipos electrónicos.
- UNE 20916: 1995: Estructuras mecánicas para equipos electrónicos. Terminología.
- UNE 21352: 1976: explicación de las cualidades y funcionamiento de equipos de media electrónicos.
- UNE-EN61000-4-3-1998: Compatibilidad electromagnética.
- EN61021-1: 1997: Núcleos de chapas laminadas para transformadores e inductancias destinadas a ser utilizadas en equipos electrónicos y de telecomunicaciones.
- EN123500: 1992: Especificación intermedia: placas de circuitos impresos flexibles con taladros para la inserción de componentes.

Normas DIN:

- DIN 40801. Parte 1. Circuitos impresos, fundamentos, retículos.
- DIN 40801. Parte 2. Circuitos impresos, fundamentos, orificios y espesores nominales.
- DIN 40803. Parte 1. Circuitos impresos, placas de circuito impreso, requisitos generales y comprobaciones, tablas de tolerancias.
- DIN 40803. Parte 2. Circuitos impresos, placas de circuito impreso, documentación.
- DIN 40804. Circuitos impresos, conceptos.
- DIN 41494. Formas de construcción para dispositivos electrónicos, placas de circuito impreso, medidas.



4.3. CONDICIONES GENERALES DE LOS MATERIALES

Todos los componentes utilizados en el proyecto cumplen las especificaciones técnicas que aparecen descritas tanto en la memoria, como en los planos, estando presente en estos últimos las particularidades técnicas referentes a valores, referencias y demás especificaciones relevantes utilizadas en resistencias, circuitos integrados, transformador, etc.

4.3.1. ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS

REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO DE BAJA TENSIÓN

Todos los aspectos técnicos de la instalación que, directa o indirectamente, estén incluidos en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, tendrán que cumplir lo que se disponga en las respectivas normas.

Las instrucciones más importantes relacionadas con la realización del proyecto son las siguientes:

- I.T.C.B.T.002: Normas de referencia en el RBT.
- I.T.C.B.T.019 a la B.T.024: Instalaciones interiores o receptoras.
- I.T.C.B.T.036: Instalaciones a muy baja tensiones.
- I.T.C.B.T.037: Instalaciones a tensiones especiales.
- I.T.C.B.T.043: Instalaciones de receptores. Prescripciones generales.
- I.T.C.B.T.048: Instalaciones de Receptores. Transformadores y autotransformadores. Reactancias y rectificadores. Condensadores.

PLACAS DE CIRCUITO IMPRESO

Los dos circuitos diseñados se realizarán sobre placas de fibra de vidrio, en diferentes medidas, utilizándose de simple cara según el diseño, con un espesor mínimo de 1,7mm.

CONDUCTORES ELÉCTRICOS

Los conductores utilizados serán internos a excepción de la alimentación y de la placa conductora que nos induzca los pulsos del cronómetro digital, que reunirán condiciones especiales requeridas para los conductores expuestos al exterior.



COMPONENTES PASIVOS

Los componentes pasivos utilizados en el proyecto son los disponibles tecnológicamente en el momento de la realización del proyecto.

COMPONENTES ACTIVOS

Los componentes activos utilizados en el proyecto son los disponibles tecnológicamente en el momento de la realización del proyecto.

RESISTENCIAS

Existen resistencias con una gran precisión en el valor, lo que implica fijar tolerancias muy bajas, pero se tendrá en cuenta que su precio aumenta considerablemente y serán necesarias en aplicaciones muy específicas como en nuestro caso. Estando normalmente destinadas a usos generales las tolerancias estandarizadas de 5%, 10% y 20%.

CIRCUITOS INTEGRADOS Y SEMICONDUCTORES

Para el calibrador de cronómetros digitales por medio de inducción utilizamos como circuitos integrados el amplificador de instrumentación INA2126, el amplificador operacional TL082 y el temporizador de gran precisión NE555. En el caso de la fuente de alimentación, utilizamos los integrados LM7812 y LM7912, reguladores de tensión positiva y negativa respectivamente.

Todos ellos se tendrán que alimentar a una tensión adecuada, las características de tensión y corriente de entrada-salida, tiempos de retardo, etc., se encuentran en las hojas del fabricante del Anexo.

4.3.2. ESPECIFICACIONES MECÁNICAS

Todos los materiales escogidos son de una calidad que se adapta al objetivo del proyecto, no obstante si no se pudiera encontrar en el mercado algún producto por estar agotado, el instalador encargado del montaje tendrá que estar capacitado para su sustitución por otro similar o equivalente.



La placa de circuito impreso se realizará en fibra de vidrio. Se recomienda el uso de zócalos torneados, para la inserción de componentes de agujero pasante. De esta forma se reduce el tiempo de reparación y además se disminuye el calentamiento de los pines de los componentes electrónicos en el proceso de soldadura que podría producir su deterioro.

4.3.3. COMPONENTES ELECTRÓNICOS

Todos los componentes electrónicos empleados en la elaboración del calibrador y de la fuente de alimentación deben atender a los requerimientos de potencia, tensión y corriente demandados por el sistema. Todos los elementos deben cumplir al menos con las especificaciones del sistema, incluso podrán mejorar si eso no afecta al aumento del coste final del proyecto.

Vendrá convenientemente especificado en la Lista de Materiales el valor de los componentes, así como su tipo de encapsulado utilizado para la placa de circuito impreso.

4.4. CONDICIONES DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

4.4.1. PREPARACIÓN DE LOS COMPONENTES

La adquisición de los componentes para la fabricación de este prototipo debe realizarse teniendo en cuenta sus especificaciones técnicas, además de cumplir con las pautas exigidas que hemos visto anteriormente.

Todos los materiales y elementos necesarios para la fabricación del prototipo deben estar comprados antes de iniciar el proceso de fabricación. Se debe tener todo preparado para poder comenzar sin problemas ni retrasos.



4.4.2. MATERIAL DEL CIRCUITO IMPRESO

La placa elegida para la realización tanto del calibrador de cronómetros como de la fuente de alimentación es una placa de fibra de vidrio de simple cara, de un espesor mínimo de 1.7mm, siendo así más resistente a los cambios climáticos y mecánicos.

Los materiales y aparatos que se necesitan para la realización de la placa de circuito impreso son: máquina de control numérico “Bungard CCD” si se quiere hacer la placa a través del método de fresado y taladrado. También se puede hacer a través del método de insolación, para lo cual se necesitaría una insoladora (ó lámpara de luz actínica), revelador y un atacador rápido. Para este último proceso necesitaremos que nuestra placa de circuito impreso sea de material fotosensible positivo de una cara y fibra de vidrio.

Si la placa la hacemos a través del método de fresado y taladrado, nuestra placa deberá ser de fibra de vidrio de una sola cara.

4.4.3. SOLDADURA Y MONTAJE DE LOS COMPONENTES

El montaje de todos los componentes eléctricos seguirán las pautas marcadas en el diseño de ambos circuitos: calibrador y fuente de alimentación.

Los circuitos integrados de nuestro proyecto deben ser instalados en zócalos, para su instalación, también debemos prever el lugar y la indumentaria del personal de montaje, ya que estos pueden acumular cargas electrostáticas.

Se debe tener muy en cuenta la manipulación de los componentes, ya que este material es susceptible a la hora de su transporte e instalación en circuito impreso.

4.4.4. CONDICIONES DEL PROCESO DE PRUEBA

Una vez terminada la fase de montaje del dispositivo se pasará a realizar al 100% de los dispositivos un test del correcto funcionamiento del equipo según las especificaciones.

Se someterá al equipo a ensayos de compatibilidad electromagnética tanto radiados como inducidos para comprobar que el dispositivo es inmune a las radiaciones procedentes de elementos ajenos, comprobando que no se produce variación alguna con respecto a su modo de funcionamiento normal.



En todo caso se seguirá la normativa vigente sobre compatibilidad electromagnética (Directiva 2004/108/CE y su transposición R.D.1580/2006 por el que se regula la compatibilidad electromagnética en aparatos eléctricos y electrónicos).

Antes de la comercialización del producto, y por tanto del certificado CE, se deberá realizar un proceso de evaluación de conformidad con las distintas normativas que son de aplicación al regulador.

4.5. CONDICIONES FACULTATIVAS

Los permisos de carácter obligatorio necesarios para realizar el proyecto o la utilización de la misma tendrán que obtenerse por parte de la empresa contratante, quedando la empresa contratista al margen de todas las consecuencias derivadas de la misma.

Cualquier retardo producido en el proceso de fabricación por causas debidamente justificadas, siendo estas ajenas a la empresa contratista, será aceptada por el contratante, no teniendo este último derecho a reclamación por daños o perjuicios.

Cualquier demora no justificada supondrá el pago de una multa por valor del 6% del importe total de fabricación, para cada fracción del retardo temporal (acordado en el contrato).

La empresa contratista se compromete a proporcionar las mayores facilidades al contratista para que la obra se realice de una forma rápida y adecuada.

El aparato cumplirá los requisitos mínimos respecto al proyecto encargado, cualquier variación o mejora sustancial en el contenido del mismo tendrá que ser consultada con el técnico diseñador (proyectista).

Durante el tiempo que se haya estimado la instalación, el técnico proyectistas podrá anunciar la suspensión momentánea si así lo estimase oportuno.

Las características de los elementos y componentes serán los especificados en la memoria y el pliego de condiciones, teniendo en cuenta su perfecta colocación y posterior uso.

La contratación de este proyecto se considerará válida una vez que las dos partes implicadas, propiedad y contratista, se comprometan a concluir las cláusulas del contrato, por el cual tendrán que ser firmados los documentos adecuados en una reunión conjunta en haber llegado a un acuerdo.



Los servicios de la empresa contratista se consideran finalizados desde el mismo momento en que el aparato se ponga en funcionamiento, después de la previa comprobación de su correcto funcionamiento.

El presupuesto no incluye los gastos de tipo energético ocasionados por el proceso de instalación, ni las obras que fuesen necesarias, que irán a cargo de la empresa contratante.

El cumplimiento de las elementales comprobaciones por parte de la empresa instaladora, no será competencia del proyectista, el cual queda fuera de toda responsabilidad derivada del incorrecto funcionamiento del equipo como consecuencia de esta omisión.

4.6. SOLICITUD DE HOMOLOGACIÓN DE TIPO CE

El marcado CE indica que un producto es presuntamente conforme con todas las disposiciones de las directivas que son de aplicación al equipo en cuestión. Igualmente, garantiza que el fabricante ha tomado todas las medidas oportunas para garantizar el cumplimiento de las mismas en cada uno de los productos comercializados. Por lo tanto, tanto el fabricante como el producto cumplen con los requisitos esenciales de las directivas de aplicación.

Es totalmente indispensable que todo producto comercializado o puesto en servicio posea el correspondiente marcado CE. Esto no implica que todo producto deba llevar el marcado CE, ya que sólo es obligatorio que lo posean únicamente aquellos productos que estén regulados por directivas comunitarias de marcado CE.

El caso que nos ocupa se rige principalmente por la Directiva 2006/95/CE sobre material de baja tensión, la Directiva 2004/108/CE sobre la compatibilidad electromagnética y la Directiva 2002/96/CE sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, pero siempre en línea con todas las normativas que le son de aplicación. No es aceptable la conformidad parcial, es decir, la conformidad con sólo algunas de las directivas aplicables. Cumpliendo los requisitos esenciales de estas normativas.

El fabricante es el responsable de los procedimientos de certificación y, en su caso, certificación de la conformidad de un producto. Básicamente tiene que:

- Garantizar el cumplimiento del producto con los requisitos esenciales de las Directivas de aplicación.
- Firmar la Declaración “CE” de conformidad.
- Elaborar la documentación o expediente técnico.
- Fijar el marcado “CE”.

4.6.1. EXPEDIENTE TÉCNICO DE CONSTRUCCIÓN

El mercado CE lo debe poner siempre el fabricante o su representante legal autorizado, ya que éste es principal responsable de la comercialización o puesta en servicio del producto y de la garantía de su seguridad. Para ello debe realizar un ETC (Expediente Técnico de Construcción) que contará con la siguiente relación:

- Descripción general del producto.
- Análisis de los requisitos esenciales de la/s directivas aplicables.
- Análisis de riesgos. Descripción de las soluciones adoptadas para prevenir los riesgos presentados por el producto.
- Lista de las normas aplicadas total o parcialmente, y la descripción de las soluciones adoptadas para cumplir los aspectos de seguridad de la Directiva en cuestión, en los casos en que no hayan sido aplicadas las normas.
- Informes técnicos con los resultados de los ensayos efectuados o certificados obtenidos de un organismo o laboratorio competente. Tales informes de ensayo serán necesarios si el fabricante declara conformidad con una norma armonizada y podrán ser efectuados por él mismo o bien por un organismo o laboratorio competente. Resultados de los cálculos efectuados en el diseño, de los controles realizados, etc.
- Planos de diseño y de fabricación, y esquemas de los componentes, subconjuntos, circuitos, etc. Explicaciones y descripciones necesarias para la comprensión de los mencionados planos y esquemas, y del funcionamiento del producto.
- Homogeneidad de la producción. Todas las medidas necesarias adoptadas por el fabricante para que el proceso de fabricación garantice la conformidad de los productos manufacturados.

4.6.2. DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD DEL PRODUCTO

Para certificar la conformidad del producto, el fabricante o su representante establecido en la Comunidad, deberá elaborar una Declaración de Conformidad.

- Nombre y dirección del fabricante o de su representante establecido en la Comunidad. En caso de productos fabricados fuera de la Comunidad, se deberá indicar tanto el nombre del fabricante como el nombre del representante legal. Se debe hacer constar la dirección completa de la sede o de una de las fábricas o la de uno de los establecimientos del país destino.
- Descripción del producto.
- Todas las disposiciones pertinentes a las que se ajuste el producto.

- Referencia a las Directivas de aplicación. Aunque no es obligatorio, también se puede incluir las referencias a las transposiciones nacionales, es decir, referencia a los Reales Decretos que transponen las Directivas de aplicación.
- Referencia a las normas armonizadas. Aunque las normas armonizadas no son de obligatorio cumplimiento, al fabricante le interesa que se indiquen dichas normas, ya que dichas normas proporcionan al producto una presunción de conformidad con los requisitos esenciales de la Directiva. Se podrá hacer referencia a la norma europea o directamente a la norma nacional. Debido a que el estado normativo avanza continuamente, se debería indicar la edición y fecha de publicación de la norma en cuestión. Por otro lado, en caso de no utilizar dichas normas armonizadas, se deberá especificar el procedimiento alternativo empleado para satisfacer los requisitos esenciales.
- Identificación del signatario apoderado para vincular al fabricante o a su representante. Es necesario mencionar el nombre del signatario, ya que es una señal de autenticidad. Aunque no es obligatorio, también se suele incluir el lugar y fecha de la firma.
- Nombre y dirección del organismo notificado y número de certificación CE de tipo, si procede. Necesario para aquellas máquinas que hayan obtenido un examen CE de tipo de un organismo notificado.
- Nombre y dirección del organismo notificado al que se haya comunicado o que haya efectuado la comprobación del ETC, si procede.

4.6.3. MARCADO CE SOBRE EL PRODUCTO

Una vez finalizado el proceso completo, el fabricante o representante legal puede proceder a poner el marcado CE sobre el producto. El marcado CE debe colocarse de modo visible, legible e indeleble sobre el equipo o su placa de características. En determinados casos, es aceptable que el marcado CE se ponga sobre el embalaje del producto.

Los diferentes elementos del marcado CE deberán tener una dimensión vertical apreciablemente igual, que no será inferior a 5mm. En caso de reducirse o aumentarse el tamaño del marcado CE, siempre deberán conservarse las proporciones del logotipo de la figura 46.

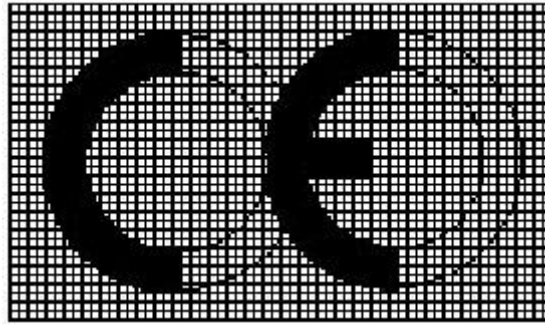


Figura 46 - Logotipo de marcado CE

4.7. MARCA DE RECICLADO DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS

A partir de la Directiva 75/442 se regula a nivel europeo la recogida de residuos. Por lo que se refiere al proyecto que nos atañe, la regulación la marca la Directiva 2002/96 sobre reciclado de aparatos eléctricos y electrónicos.

Este proyecto cumple la Directiva presente en lo que se refiere al diseño como se explica en el artículo 4 de la misma y se ha tenido en cuenta en la realización del diseño.

Por lo que se refiere al proceso de producción, se exige que los aparatos eléctricos y electrónicos se marquen con el símbolo específico.

También se estipula que sean los productores o distribuidores los encargados de la recuperación de estos aparatos para valorarlos. Este punto puede ser de interés a la hora de reducir gastos, ya que la obligatoriedad existe y se debería estudiar un posible beneficio.

A partir de este proyecto será el fabricante el encargado de seguir debidamente el cumplimiento de la normativa.

4.7.1. MARCA DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS

El símbolo indica la recogida selectiva de aparatos eléctricos y electrónicos es el contenedor de basura tachado, tal como aparece representado a continuación este símbolo se estampará de manera visible, legible e indeleble.

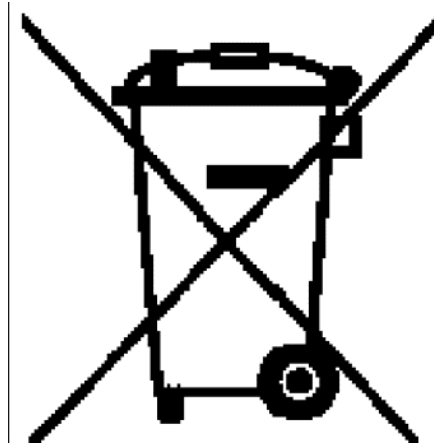


Figura 47- Logotipo de marcado de aparatos eléctricos y electrónicos.

4.8. CLÁUSULAS DE ÍNDOLE LEGAL

En estas cláusulas se delimitan las condiciones en las que ambas partes podrán rescindir el contrato de construcción del equipo electrónico objeto del proyecto.

Modificaciones de obra. El diseño del equipo electrónico podrá ser cambiado total o parcialmente por la empresa contratista, no obstante si la empresa proyectista se considera perjudicada en sus intereses, solicitará la indemnización a que se considere acreedora, y cuya estimación someterán las partes a la decisión de la comisión arbitral. En los casos de suspensión no correrá el plazo.

Derecho de rescisión. La empresa proyectista podrá rescindir el contrato en los siguientes casos:

- 1- Cuando las variaciones introducidas en el equipo electrónico aumenten o disminuyan el importe total de ésta de un 20%.
- 2- Cuando por razones ajenas a la empresa proyectista pase más de un año sin poder trabajar en el equipo electrónico.
- 3- Cuando se retrase más de seis meses el pago de alguno de los pagos valorados estipulados.

Rescisión por incumplimiento del contrato. En el caso de retraso injustificado sobre los plazos fijados se impondrá a la empresa proyectista una multa de 1,5% del presupuesto asignado como pago valorado.



Liquidación en caso de rescisión. Se hará una liquidación única que será la definitiva con arreglo a lo estipulado en este pliego.

Cuestiones no previstas o reclamaciones. Todas las cuestiones que pudieran surgir sobre interpretación, perfeccionamiento y cumplimiento de las condiciones del contrato entre ambas partes serán resueltas por la comisión arbitral.

La comisión arbitral deberá dictar resolución después de oídas las partes dentro de los quince días siguientes al planteamiento del asunto ante la misma. Durante este plazo, la empresa proyectista deberá acatar las órdenes de trabajo indicadas por la empresa contratista sin perjuicio de proclamar las indemnizaciones correspondientes si la resolución le fuese favorable. Entre las resoluciones dictadas por la comisión arbitral figurará en todo caso la proposición en que cada una de las partes deberá participar en el abono de los horarios de las personas que forman la comisión y de los peritos cuyo informe haya sido solicitado por ella.

4.9. CONCLUSIONES

Las partes interesadas manifiestan que conociendo los términos de este Pliego de Condiciones y del proyecto adjunto, y están de acuerdo con lo que en él se manifiesta.



BLOQUE V

CONCLUSIONES Y

MEJORAS FUTURAS



5.1. CONCLUSIONES

Una vez terminado el proyecto, se puede decir que se han cumplido las expectativas iniciales y las surgidas durante su elaboración, desarrollando así un sistema que nos indique la frecuencia de funcionamiento de un cronómetro digital y, con ella, saber si dicho cronómetro está calibrado y, de no ser así, conocer la desviación con respecto a un patrón exacto.

Este calibrador no sólo es apto para un único cronómetro digital, sino para todos aquellos que trabajen a una frecuencia cercana a los 30Hz. Variando el valor de sus potenciómetros internos hasta su valor adecuado, podremos calcular la frecuencia de funcionamiento de cualquier cronómetro digital con estas características.

Mediante un frecuencímetro con conexión USB a un ordenador, podremos realizar una gráfica con los valores de la frecuencia del cronómetro obtenidos a través del calibrador y, durante varios minutos u horas conectado, podríamos calcular la frecuencia a la que trabaja el cronómetro con bastante precisión, que sería la media de todas las obtenidas.



5.2. MEJORAS DEL PROTOTIPO

La mejora más importante sería la adaptación de un potenciómetro en el filtro del calibrador para poder variar el valor de la frecuencia de corte, y así conseguiríamos que el calibrador funcionara para todo tipo de cronómetros, no sólo los que trabajan a frecuencias cercanas a 30Hz.

Ahora, indicamos una serie de mejoras más sencillas. La primera de ellas sería la utilización de un circuito integrado INA126 en lugar del INA2126 utilizado. El INA126 es un integrado de 8 patillas que posee en su interior un amplificador de instrumentación y, dado que en nuestro diseño sólo usamos uno de los dos que contiene en el interior el INA2126, lo más adecuado sería utilizar el INA126. El tamaño de la placa de circuito impreso se reduciría bastante y no tendríamos patillas sin usar.

Otra mejora sería la de utilizar una caja metálica más pequeña, del tamaño justo para que entre el calibrador y el cronómetro a calibrar, y adaptarla para mejorar el uso del calibrador. Una de estas adaptaciones sería soldar directamente el punto de salida a un conector BNC y así poder conectar la salida del calibrador con el osciloscopio o el frecuencímetro con un cable BNC – BNC, sin tener que hacer agujeros en la caja para hacer pasar los cables y evitar perturbaciones.

También podríamos colocar en la parte superior de la caja unas ruletas conectadas con los distintos potenciómetros que forman parte de la placa del calibrador y así crear una especie de cuadro de mandos. Podríamos modificar el valor de los potenciómetros sin necesidad de abrir la caja, mejorando mucho la manejabilidad del calibrador.

Por último, la construcción de la fuente de alimentación diseñada para poder incluirla en el prototipo dentro de la caja y solo tener por fuera de ella el cable que conectar a la tensión de red y el cable BNC de salida del calibrador para conectar con el osciloscopio o el frecuencímetro. Al no tener agujeros por los que pasar cables ni necesidad de abrir la caja, evitaríamos en gran medida la entrada de perturbaciones.



UNIVERSIDAD de VALLADOLID

CALIBRADOR DE CRONÓMETROS DIGITALES POR MEDIO DE INDUCCIÓN



ESCUELA de INGENIERIAS INDUSTRIALES



BIBLIOGRAFÍA

- **“CALIBRACIÓN DE CRONÓMETROS DIGITALES POR MÉTODO DE INDUCCIÓN”** (Leonardo Trigo, Daniel Slomovitz).
- **“STOPWATCH AND TIMER CALIBRATIONS” (2009 edition). Practice Guide NIST** (Jeff C. Gust, Robert M. Graham, Michael A. Lombardi).
- **“MECANIZADO DE PLACAS DE CIRCUITO IMPRESO CON LA MÁQUINA DE CONTROL NUMÉRICO BUNGARD CCD”** (Pedro L. Díez)
- **“LA GUÍA METAS – JULIO 2007”** (METAS y metrólogos asociados).
- **“REGULADOR PARA UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN POR SUELO RADIANTE”** (Fausto J. De Lucas)
- **“ELECTRÓNICA BÁSICA”** (José J. Buey).
- **“TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA”** (J. Manuel Mena).
- **“INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA BÁSICA”** (R. Pallas).
- **“SENSORES Y ACONDICIONADORES DE SEÑAL”** (R. Pallas).
- **BOP VALLADOLID 51-03/03/11 Revisión Salarial para el año 2011 que afecta al Convenio Colectivo para el sector de la Siderometalurgia de Valladolid.**
- **ELECTRÓNICA FÁCIL:** <http://www.electronicafacil.net/>
- **BUNGARD BEL:** <http://www.bungard.de/>
- **LEGISLACIÓN SOBRE SEGURIDAD INDUSTRIAL:** <http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/LegislacionComunitaria.aspx>
- **NORMAS AENOR:** <http://www.aenor.es>
- **PROVEEDOR RS:** <http://es.rs-online.com/web/>



CALIBRADOR DE CRONÓMETROS DIGITALES POR MEDIO DE INDUCCIÓN



- **CROVISA:** <http://www.crovisa.com/>

- **TEXAS INSTRUMENTS:** <http://www.ti.com/>

- **MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO:**
<http://www.minetur.gob.es>

- **MARCADO CE:** <http://www.marcado-ce.com/>



ANEXOS

EN EL DISCO QUE SE ENCUENTRA EN LA CONTRAPORTADA, SE INCLUYEN LAS SIGUIENTES CARPETAS CON LOS SIGUIENTES ARCHIVOS:

- CARPETA CON ARCHIVOS DE MICROSIM TANTO DEL PROTOTIPO FINAL DEL CALIBRADOR COMO DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN:
 - ESQUEMAS ELÉCTRICOS (SCHEMATIC) REALIZADOS PARA LAS SIMULACIONES.
 - ESQUEMAS ELÉCTRICOS (SCHEMATIC) Y SUS CORRESPONDIENTES DISEÑOS PCB (PCBOARD) CON LOS QUE REALIZAMOS LAS PLACAS.
 - ARCHIVOS NECESARIOS PARA EL TALADRADO Y FRESADO DE LA PLACA.
 - ARCHIVOS CORRESPONDIENTES A NUESTRA BIBLIOTECA UTILIZADA PARA EL CORRECTO Y REAL FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO

- CARPETA CON ARCHIVOS PDF CON LOS DATASHEET DE TODOS LOS COMPONENTES EMPLEADOS TANTO EN LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN COMO EN EL CALIBRADOR.

- CARPETA CON MANUALES DE AYUDA DE LOS PROGRAMAS USADOS EN EL PROYECTO: MICROSIM, FILTER PRO, ISOCAM, ROUTE PRO MÁQUINA DE CONTROL NUMÉRICO “BUNGARD CCD”.

- FOTOS Y VIDEOS DEL PROTOTIPO REALIZADO.



II. ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 - Esquema simplificado de un cronómetro digital con LCD.</i>	6
<i>Figura 2- Esquema simple calibración por inducción.</i>	14
<i>Figura 3 – Características transformador elegido.</i>	15
<i>Figura 4– Esquema fuente de alimentación.</i>	17
<i>Figura 5– Simulación de la salida del transformador.</i>	17
<i>Figura 6– Simulación de la entrada al regulador positivo.</i>	18
<i>Figura 7– Simulación de la entrada al regulador negativo.</i>	18
<i>Figura 8– Salida del regulador de voltaje positivo.</i>	19
<i>Figura 9– Salida del regulador de voltaje negativo.</i>	19
<i>Figura 10– Diseño PCB de la fuente de alimentación.</i>	22
<i>Figura 11– Pulsos teóricos que recibirá la placa conductor del cronómetro.</i>	24
<i>Figura 12 – Configuración del integrado 555 como multivibrador monoestable.</i>	27
<i>Figura 13– Ejemplo de funcionamiento del 555.</i>	28
<i>Figura 14– Configuración interna del circuito integrado INA2126</i>	29
<i>Figura 15– Esquema de simulación del calibrador de cronómetros digitales por inducción.</i>	30
<i>Figura 16 – Simulación de la señal de entrada al calibrador</i>	31
<i>Figura 17 – Simulación de la salida del INA2126.</i>	31
<i>Figura 18 – Respuesta en frecuencia del filtro diseñado.</i>	32
<i>Figura 19 – Simulación de la señal que se obtiene a la salida del filtro.</i>	33
<i>Figura 20 – Simulación de la señal de salida del amplificador.</i>	33
<i>Figura 21 - Simulación de la señal de entrada a la base del transistor.</i>	34
<i>Figura 22 – Simulación de la señal de salida del transistor.</i>	35



CALIBRADOR DE CRONÓMETROS DIGITALES POR MEDIO DE INDUCCIÓN



Figura 23 – Simulación de la señal de salida del integrado 555..... 35

Figura 24 – Simulación de la señal después del divisor de tensión. Señal final del circuito. 36

Figura 25 – Diseño PCB del calibrador de cronómetros por medio de inducción. 39

Figura 26 – Diseño PCB del calibrador de cronómetros por medio de inducción con areafil. 40

Figura 27– Material de trabajo usado en la construcción de la placa del calibrador. . 41

Figura 28 – Caja forrada de papel aluminio donde va metido el calibrador..... 42

Figura 29 – Colocación de las distintas partes dentro de la caja..... 43

Figura 30– Conexión de la fuente de alimentación, calibrador y osciloscopio. 43

Figura 31 – Salida del INA2126..... 44

Figura 32– Salida del INA2126 con la caja abierta 45

Figura 33 – Salida del filtro..... 46

Figura 34 – Salida del amplificador..... 47

Figura 35 – Señal recibida en la base del transistor..... 48

Figura 36 – Señal de salida del 555. 49

Figura 37 – Señal de salida final del circuito, después del divisor de tensión. 50

Figura 38 – Captura del frecuencímetro en funcionamiento. 51

Figura 39- Imagen de las pruebas del calibrador en laboratorio de calibración..... 51

Figura 40- Placa de circuito impreso del primer diseño realizado 52

Figura 41 – Esquema típico de un amplificador de instrumentación. 53

Figura 42 – Imagen del diseño de pruebas realizado en places agujereadas. 54

Figura 43 – La máquina Bungard CCD en pleno proceso de funcionamiento..... 57



CALIBRADOR DE CRONÓMETROS DIGITALES POR MEDIO DE INDUCCIÓN



Figura 44 – Captura del programa “ISOCAM” creando un archivo de “milling data”
 59

Figura 45 – La máquina de control Bungard CCD realizando la serigrafía. 61

Figura 46 - Logotipo de marcado CE..... 97

Figura 47- Logotipo de marcado de aparatos eléctricos y electrónicos. 98



III. ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 - Valores típicos de frecuencia en cronómetros.</i>	<i>13</i>
<i>Tabla 2 – Lista de componentes de la fuente de alimentación.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 3 – Lista de componentes del calibrador de cronómetros.</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 4 - Coste del material del calibrador.....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 5 - Coste del material de la fuente.</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 6 - Coste de diseño y montaje.....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 7- Precio de ejecución por material.</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 8 - Precio de ejecución por contrato.</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 9 - Precio por licitación</i>	<i>84</i>



UNIVERSIDAD de VALLADOLID

CALIBRADOR DE CRONÓMETROS DIGITALES POR MEDIO DE INDUCCIÓN



ESCUELA de INGENIERIAS INDUSTRIALES