

Anexo IV

Grado en Ingeniería Biomédica

Diseño, implementación y puesta en práctica de diferentes actividades mediante el uso de una THI

INTRODUCCIÓN

Los miembros del GIDPUVa han desarrollado un dispositivo THI (Tarjeta de Hardware Individualizada) para afrontar la realización de prácticas hardware de tecnología electrónica en un contexto de formación on-line (el desarrollo de la THI BIOMED V2 fue objeto de un proyecto de innovación docente previo desarrollado por este grupo). Se aborda en este caso el desarrollo concreto de posibles prácticas a realizar de acuerdo con las premisas planteadas en el caso de dispositivos THI:

- Los estudiantes utilizarán de forma exclusiva todo el material necesario para el desarrollo de la práctica.
- El coste de los recursos para el desarrollo de las prácticas, tanto el que debe adquirir el estudiante como el suministrado por el departamento, ser lo más bajo posible.
- Deberá ser posible la realización íntegra de la práctica en el domicilio del estudiante, en previsión de una situación de confinamiento general o particular o bien, pensando en futuros planteamientos de formación a distancia.

A modo de ejemplo, se presentan dos escenarios de formación diferentes que utilizan estas herramientas: el caso de una asignatura de formación básica en tecnología electrónica (Tecnología Electrónica para Biomedicina en el segundo curso de Ingeniería Biomédica) y una asignatura de último curso en un grado específico de tecnología electrónica como es el de Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática (Instrumentación Electrónica. Los objetivos formativos en ambos casos son muy diferentes, pero en ambos se alcanzan utilizando la misma herramienta THI (la tarjeta BIOMED V2).

CASO 1: TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA PARA BIOMEDICINA

Se trata de una asignatura de fundamentos de la tecnología electrónica en un grado no específico de la electrónica sino bastante multidisciplinar como es la Ingeniería Biomédica.

Los objetivos de aprendizaje previstos para la parte práctica de esta asignatura son:

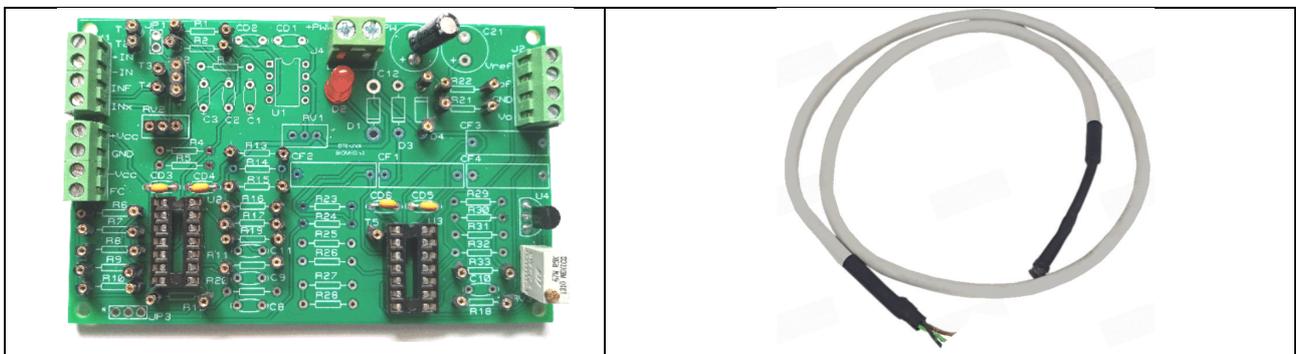
- Introducción a los métodos y procedimientos de trabajo utilizados en el campo de la tecnología electrónica.
- Aprendizaje del manejo básico de los instrumentos comunes en tecnología electrónica.
- Conocimiento y utilización básica de los componentes electrónicos.
- Comprobación práctica de los procedimientos teóricos de análisis eléctrico y electrónico presentados en la asignatura.

❖ PRÁCTICAS PROGRAMADAS¹:

- Sesión 2: Componentes e instrumentación electrónica.
- Sesión 3: Amplificación de señales
- Sesión 4: Termómetro clínico.

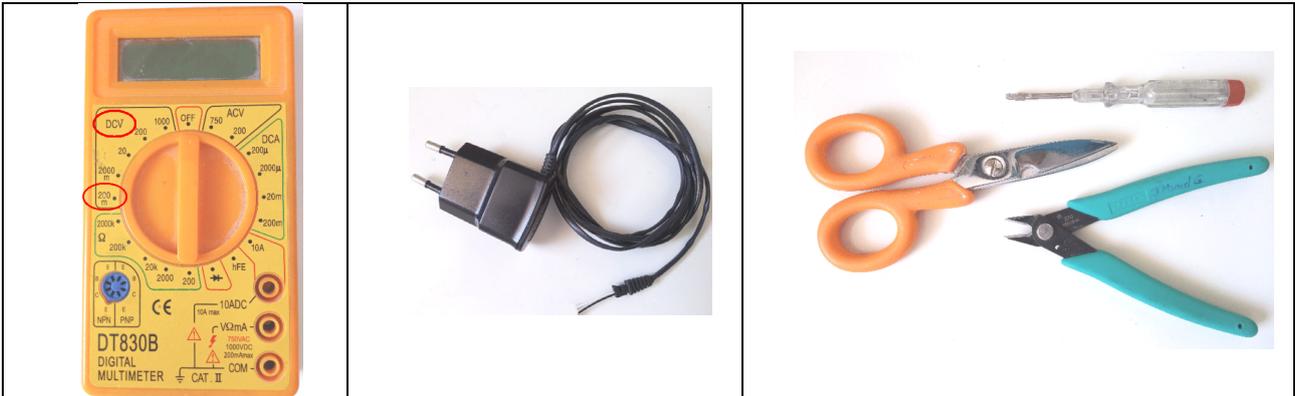
❖ RECURSOS NECESARIOS:

- RECURSOS DEL DEPARTAMENTO:
 - Tarjeta para prácticas BIOMED V2 (con conectores y zócalos soldados).
 - Componentes (amplificador operacional, resistores, cables).
 - Sonda de temperatura NTC



¹ Únicamente se incluyen las prácticas que utilizan la tarjeta BIOMED V2.

- RECURSOS PROPIOS DEL ESTUDIANTE:
 - Instrumentación básica: polímetro básico, alimentador USB).
 - Herramientas básicas (destornillador, tijeras, cortacables).



El coste total de los recursos movilizados por el departamento es bastante bajo y, por tanto asumible para grupos grandes (se puede estimar en unos 30 o 40€ por unidad). Además, tanto la tarjeta BIOMED como la sonda de temperatura son reutilizables para cursos posteriores, por lo que el coste de los consumibles en cada curso sería de solo 1 o 2€ por estudiante. Por otro lado, el coste de los recursos necesarios para el estudiante no supera los 15€ y son reutilizados en otras asignaturas del departamento.

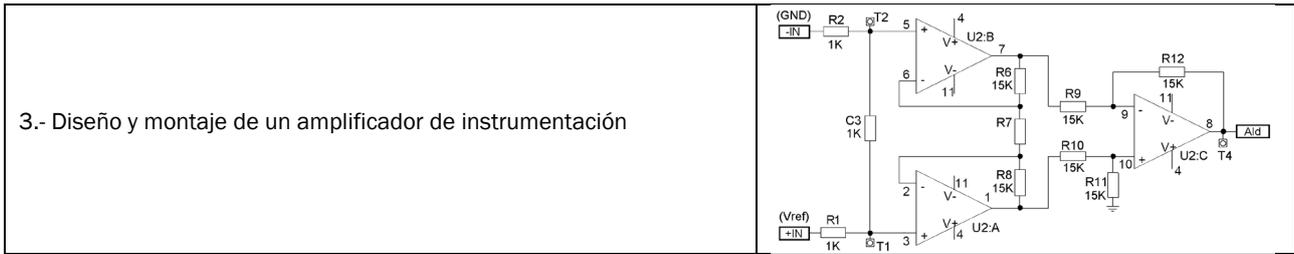
❖ **CONTENIDO DE LAS PRÁCTICAS:**

▪ **SESIÓN 2: Componentes e instrumentación electrónica:**

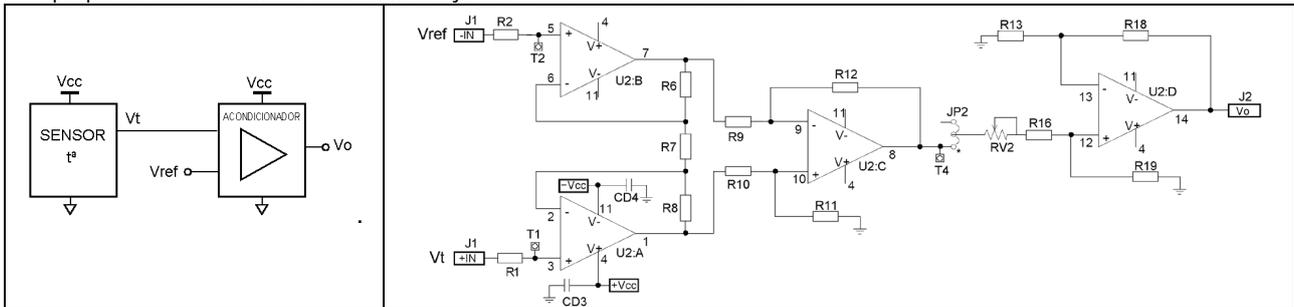
1.- Diseño y montaje del circuito de señalización de tensión de la tarjeta (LED).	
2.- Diseño y montaje del circuito de alimentación de la tarjeta.	
3.- Diseño y montaje del circuito referencia de tensión	

▪ **SESIÓN 3: Amplificación de señales:**

1.- Diseño y montaje de un amplificador no inversor con ganancia mayor que 1.	
2.- Diseño y montaje de un amplificador no inversor con ganancia menor que 1.	



- **SESIÓN 4: Termómetro clínico.** Diseño de un circuito acondicionador para la sonda de temperatura que trabaje en el rango propio de un termómetro clínico. Montaje del termómetro diseñado.



CASO 2: INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA

Se trata de una asignatura clásica de la tecnología electrónica destinada al diseño de instrumentos electrónicos de medida. Se ubica en el último curso del grado de ingeniería en electrónica industrial y automática.

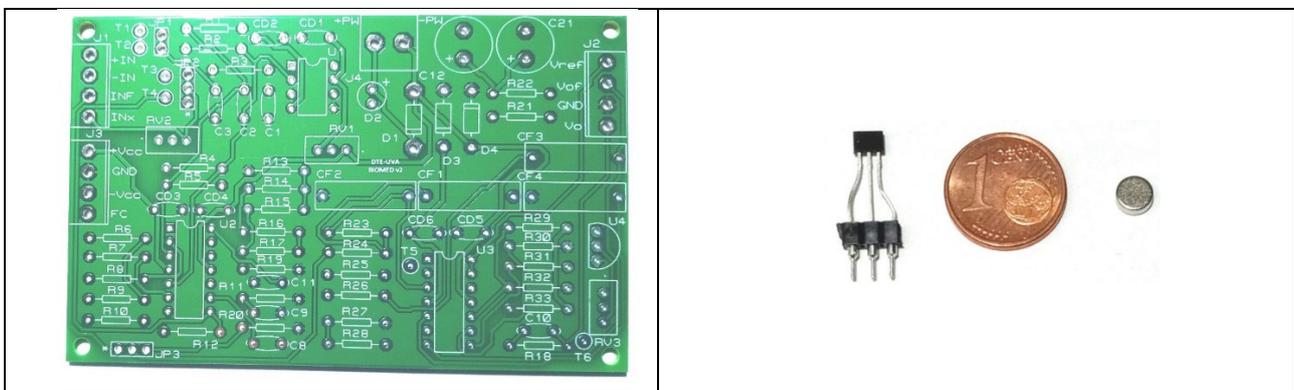
La metodología utilizada en las prácticas es el aprendizaje basado en proyectos (PBL): se les propone a los estudiantes un proyecto inicial (desarrollo de un determinado instrumento electrónico conforme a unas especificaciones de funcionamiento establecidas) que ellos van realizando mediante la superación secuencialmente de las distintas etapas del proyecto.

Cada curso la naturaleza del proyecto puede ser diferente, pero en todos los casos se utiliza el mismo dispositivo TH1 (BIOMED V2), que es suficientemente genérico como para adaptarse a múltiples diseños.

En el caso particular del ejemplo descrito, el objetivo de la práctica es: construir un medidor de espesor, basado en un sensor de efecto Hall, que proporcione una tensión de salida proporcional al espesor de la pieza a medir en el rango 0 a 3mm. El instrumento se alimentará con 5 voltios de continua y su tensión de salida seguirá la expresión $e_{medido}(mm) = V_o$, donde V_o (en voltios) es la tensión de salida del medidor.

❖ **RECURSOS NECESARIOS:**

- RECURSOS DEL DEPARTAMENTO:
 - Tarjeta para prácticas BIOMED V2.
 - Componentes (amplificadores operacionales, resistores, condensadores, conectores, cables, etc).
 - Sensor Hall e imán de neodimio



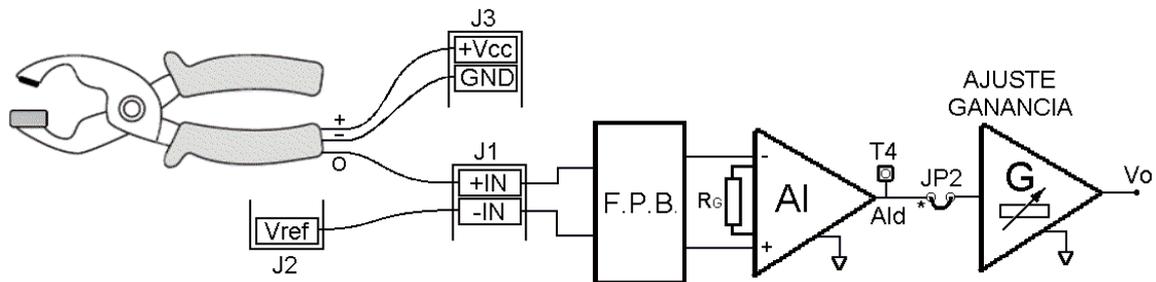
- RECURSOS PROPIOS DEL ESTUDIANTE:
 - Instrumentación básica: polímetro básico, alimentador USB).

- Herramientas básicas (soldador, destornillador, tijeras, cortacables).
- Pinza “de medida” (pinza, sargento, etc donde acoplar el sensor)



❖ **CONTENIDO DE LAS PRÁCTICAS:**

El diagrama de bloques del instrumento completo se muestra en la siguiente figura:



Para el desarrollo del proyecto se han establecido las siguientes etapas:

<p>ETAPA 1.- Preparación de la placa: montaje de los componentes auxiliares (conectores, zócalos, puntos de prueba, etc).</p>	
<p>ETAPA 2.- Desarrollo del sistema de alimentación y del circuito referencia de tensión.</p>	
<p>ETAPA 3.- Caracterización del transductor.</p>	<p style="text-align: right;">103MG5 Rare Earth/Head-on mode Test Sensor: X98834-SS</p>

<p>ETAPA 4.- Filtrado y amplificación.</p>																					
<p>ETAPA 5.- Ajuste de ganancia y offset.</p>																					
<p>ETAPA 6.- Calibración.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>$e_{\text{calibrado}}$ (mm)</th> <th>V_0 (V)</th> <th>e_{Medido} (mm)</th> <th>E_{abs} (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1,93 (Moneda: 10 cent)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2,14 (Moneda: 20 cent)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2,38 (Moneda: 50 cent)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	$e_{\text{calibrado}}$ (mm)	V_0 (V)	e_{Medido} (mm)	E_{abs} (mm)	0				1,93 (Moneda: 10 cent)				2,14 (Moneda: 20 cent)				2,38 (Moneda: 50 cent)			
$e_{\text{calibrado}}$ (mm)	V_0 (V)	e_{Medido} (mm)	E_{abs} (mm)																		
0																					
1,93 (Moneda: 10 cent)																					
2,14 (Moneda: 20 cent)																					
2,38 (Moneda: 50 cent)																					

CASO 2: INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA PARA BIOMEDICINA

La formación en Tecnología Electrónica en el grado en Ingeniería Biomédica se sustenta en dos asignaturas obligatorias de 6 ECTS cada una:

- **Tecnología Electrónica para Biomedicina.** Se dedica a iniciar a los estudiantes en el campo de la tecnología electrónica. Establece las bases de esta tecnología: análisis de circuitos, dispositivos y componentes electrónicos, circuitos analógicos básicos, introducción a la electrónica digital, etc.
- **Instrumentación Electrónica para Biomedicina.** Se ocupa del diseño, la construcción y la aplicación de los sistemas de medida basados en dispositivos electrónicos, desde el punto de vista de su empleo en aplicaciones biomédicas.

El objetivo de esta segunda asignatura es analizar y diseñar instrumentos electrónicos para aplicaciones de biomedicina. En las prácticas de esta asignatura, de acuerdo con el objetivo anterior, se deberían trabajar con este tipo de instrumentos electrónicos (analizar, diseñar y, eventualmente, construir prototipos de instrumentos electrónicos biomédicos). El principal inconveniente de este planteamiento es el elevado precio que alcanzan estos equipos para proveer múltiples puestos de trabajo en un laboratorio.

El reto, pues, es conseguir una forma económica de diseñar y fabricar prototipos de instrumentos electrónicos de aplicación biomédica con la que implementar las prácticas de la asignatura. La solución adoptada ha sido la de diseñar (o reutilizar de otras asignaturas) herramientas THI que permitan desarrollar estos equipos a bajo coste.

Para desarrollar un equipo biomédico se necesita, básicamente, los siguientes elementos:

- Transductores o sensores adecuados a la señal biomédica que se quiere medir.
- Circuitería electrónica capaz de procesar la salida de los transductores de forma adecuada para conseguir extraer la información de la señal detectada.
- Algún sistema de presentación de los resultados de la medida al usuario del instrumento.
- Un dispositivo comercial que mida la misma señal biomédica y que sirva de “calibrador” para el instrumento desarrollado.

Se presenta a continuación un ejemplo de prácticas desarrollado para la asignatura Instrumentación Electrónica para Biomedicina conforme a las premisas establecidas anteriormente.

EJEMPLO: DESARROLLO DE UN DINAMÓMETRO DE MANO

El objetivo de la práctica es construir un dinamómetro electrónico destinado a la medida de la fuerza de puño de las personas. La fuerza de puño es un indicador muy útil para determinar la situación general de salud de un individuo, dado que cifras bajas se han asociado a distintos trastornos como la malnutrición, la osteoporosis o la insuficiencia renal.

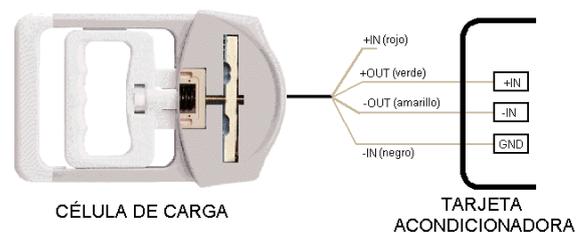
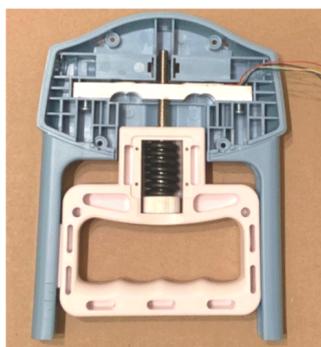


❖ **RECURSOS NECESARIOS:**

- TRANSDUCTOR: Célula de carga incluida en el calibrador comercial.
- CIRCUITERÍA ELECTRÓNICA: Tarjeta THI del departamento (BIOMED v2) y tarjeta de desarrollo económica tipo Arduino.
- SISTEMA DE PRESENTACIÓN DE LA MEDIDA: Monitor del ordenador del puesto de trabajo del laboratorio.
- CALIBRADOR: Dinamómetro de mano comercial de bajo coste.

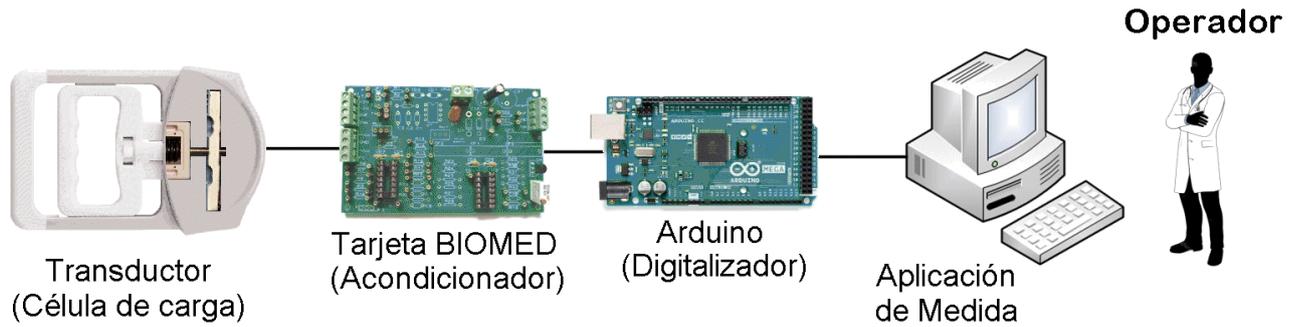
La idea principal de las prácticas ha sido partir de un dinamómetro comercial de bajo coste (no homologado para aplicaciones biomédicas, pero suficientemente exacto para los requerimientos de las prácticas). El instrumento a desarrollar debería tener un funcionamiento similar, y se verificará su funcionamiento comparando las medidas que ofrecen el equipo desarrollado y el dinamómetro comercial.

El elemento más sensible y costoso como es la célula de carga (transductor) se utiliza simultáneamente para el dinamómetro comercial como calibrador y para el instrumento desarrollado en las prácticas. Para ello se ha accedido al interior del dinamómetro y se han sacado las conexiones de la célula de carga para llevar su salida al instrumento a fabricar, mientras seguía siendo utilizada por el dinamómetro comercial.



De esta forma, al aplicar un esfuerzo a medir al dinamómetro, este ofrecía una medida al tiempo que la señal generada por su transductor era procesada por el instrumento desarrollado en las prácticas que ofrecía la suya. La calidad del desarrollo se derivaba de la comparación de ambas indicaciones de medida.

El esquema general del instrumento desarrollado en las prácticas se recoge en la siguiente figura:



La señal de la célula de carga es adecuadamente acondicionada por un circuito electrónico implementado en la tarjeta BIOMED, digitalizada en una tarjeta Arduino y conducida a un computador en el que se ejecuta una aplicación que la procesa digitalmente y muestra por pantalla los resultados.

La siguiente imagen muestra una fotografía del proceso de prueba final de uno de los grupos de prácticas, comparando los resultados de medida proporcionados por el dinamómetro comercial y por su equipo.



El coste total de cada equipo descrito no ha alcanzado los 80€, excluyendo el computador y su software, por lo que ha sido fácil disponer 10 puestos de trabajo simultáneos en cada grupo de prácticas. Todos los dispositivos empleados, salvo la tarjeta BIOMED, son reutilizables para otras prácticas o para otros cursos (de la tarjeta BIOMED se pueden recuperar los circuitos integrados y el coste residual es de apenas 6€ por unidad).