Página Web para el Aprendizaje de los Termopares y las Termorresistencias

Brais A. Agrelo, Camilo Quintáns, Jorge M. Acevedo y Miguel A. Domínguez

Departamento de Tecnología Electrónica

Universidad de Vigo

Vigo, España
quintans@uvigo.es

Resumen—En este trabajo se presenta una herramienta software con formato de página Web para el aprendizaje interactivo de los sensores de temperatura de tipo termopar y termorresistivo. El objetivo es ayudar a los estudiantes de los distintos niveles de las enseñanzas técnicas en su trabajo autónomo. Esta herramienta se ha programado con el software Flash de Adobe, ya que permite introducir simulaciones gráficas y animaciones que interactúen con el usuario. En la estructura de la página Web se incluye, además de las simulaciones, algunas de ellas interactivas, una introducción a los conceptos teóricos de los sensores de temperatura, ejemplos animados de aplicaciones reales que facilitan la comprensión de los conceptos teóricos, un test de autoevaluación y enlace a páginas web de fabricantes de estos tipos de sensores.

Palabras clave—Autoaprendizaje, E-Learning, sensor de temperatura, termopar, termorresistencia.

I. INTRODUCCIÓN

Los primeros artefactos capaces de medir la temperatura se crearon en Europa en el siglo XVI. En los últimos dos siglos se ha avanzado enormemente en la fabricación de estos dispositivos, hasta llegar a alcanzar un grado de calidad muy alto. Los sensores de temperatura son y siempre serán imprescindibles en muchos ámbitos cruciales para la sociedad, como el industrial o el sanitario. Por ello, se ha realizado una aplicación educativa que expone de forma amigable el principio de funcionamiento de dichos sensores [1] [2].

Se ha elegido incluir los termopares [4]-[9] y las termorresistencias porque son los tipos de sensores de temperatura más utilizados en la industria [10]-[12]. Los principales destinatarios de la herramienta desarrollada son los estudiantes de enseñanzas tecnológicas, aunque puede ser de utilidad a cualquiera interesado en el tema.

A lo largo de los últimos años, en el Departamento de Tecnología Electrónica, se han desarrollado un buen número de aplicaciones para la enseñanza de diversos temas relacionados con la formación en sensores, así como, con la electrónica en general y sus aplicaciones. Estas aplicaciones han sido tanto de tipo hardware [13] [14], como software [15] [16].

La utilización de todas estas aplicaciones a lo largo de los últimos años ha motivado continuar con esta línea, lo que ha dado lugar a más aplicaciones, básicamente relacionadas con la formación en sensores y en electrónica de potencia. En este documento se presenta una aplicación específica para la formación en los dos tipos de sensores de temperaturas más utilizados

Para que la aplicación desarrollada sea más amena que una simple consulta bibliográfica, ésta incluye elementos gráficos que pueden ser animados o interactivos y diversas simulaciones de aplicaciones reales. Además, incluye enlaces a páginas web de fabricantes, en las que se pueden ver los distintos modelos que comercializan, así como sus características técnicas. Finalmente, el usuario tiene la opción de realizar un test de autoevaluación. La Fig. 1 muestra la estructura general de la aplicación desarrollada y la Fig. 2 el menú principal.

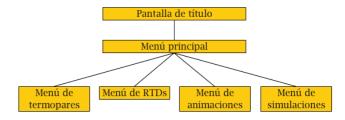


Fig. 1. Esquema general de la aplicación.



Fig. 2. Menú principal de la página Web.

En la parte izquierda de la pantalla se presenta un menú a través del que se puede navegar por todo el contenido de la aplicación (Fig. 3). Además de contenidos teóricos estáticos (Fig. 4), se incluyen animaciones interactivas que permiten al usuario modificar alguno de sus parámetros y, así, observar el efecto producido. Las animaciones disponibles son para los efectos Joule, Thomson, Peltier y Seebeck.

En cuanto a las animaciones no interactivas, éstas son demostrativas del funcionamiento de una termopila y de una célula Peltier. En las simulaciones, el usuario puede hacerse una idea más precisa del funcionamiento de los dispositivos estudiados. Se incluyen, entre otras, las siguientes: horno de alta temperatura, refrigerador criogénico, generador eléctrico, etc.

El último apartado consiste en un cuestionario de autoevaluación con un total de 18 preguntas, que tienen una única respuesta correcta de entre cuatro opciones, y cuya puntuación final se pondera sobre 10. Cada una de las respuestas tiene tres posibilidades: muy seguro (acertarla suman tres puntos y fallarla resta dos), poco seguro (suma dos puntos y resta uno), nada seguro (suma un punto y no resta).



Fig. 3. Pantalla principal de los termopares.



Fig. 4. Pantalla principal de las termorresistencias.

II. ANIMACIONES

Para facilitar el aprendizaje de los conceptos teóricos, se incluyen diversas animaciones accesibles desde un menú (Fig. 5). Su objetivo es que el usuario pueda ver gráficamente lo descrito en varios apartados e interactuar en la mayoría de los casos, lo que ayuda a la comprensión. A continuación se

describen las animaciones incluidas agrupadas según el grado de interactividad que poseen con el usuario.

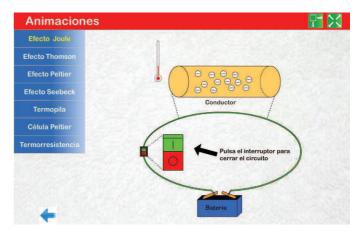


Fig. 5. Menú de animaciones.

A. Animaciones Interactivas

En estas animaciones el usuario puede modificar algunos parámetros y observar el efecto que ese cambio produce.

En la primera animación se muestra el efecto Joule cuando se hace circular una corriente eléctrica a través de un conductor, que se calienta por encima de la temperatura ambiente y, por tanto, genera un flujo de calor hacia el exterior (Fig. 6). Los elementos que posee esta simulación son: una batería, un cable conductor, un interruptor y un termómetro. El usuario puede abrir y cerrar el interruptor y observar que se disipa calor cuando circula la corriente.

En la siguiente animación se observa el efecto Thomson (Fig. 7 y Fig. 8) [16]. Se dispone de un elemento de metal homogéneo y bajo uno de sus extremos el usuario coloca una vela que puede acercar y alejar para calentarlo en mayor o menor medida y, así, observar cómo afecta el calor a la distribución de cargas a lo largo del elemento metálico.

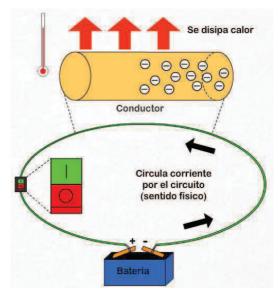


Fig. 6. Animación para el estudio del efecto Joule.

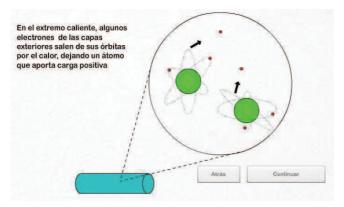


Fig. 7. Animación para el efecto Thomson (1).

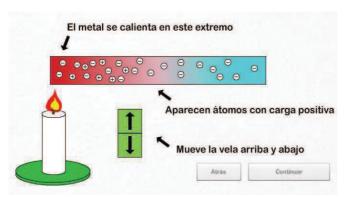


Fig. 8. Animación para el efecto Thomson (2).

La tercera animación, que muestra el efecto Seebeck, consiste en dos cables de dos metales diferentes unidos en uno de sus extremos y en tres voltímetros dispuestos como muestra la Fig. 9. Al calentar la unión, acercando la vela, el usuario observa cómo aparece una diferencia de tensión en los extremos de los conductores.

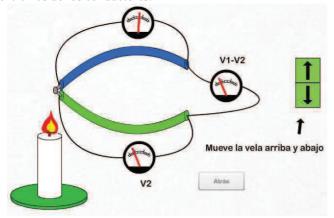


Fig. 9. Animación interactiva del efecto Seebeck.

La última animación interactiva del apartado de termopares sirve para evaluar el efecto Peltier (Fig. 10). Consiste en dos uniones de metales tipos A y B, una batería que proporciona una corriente eléctrica, los cables conductores, un interruptor y un amperímetro. Al activar el interruptor se hace circular una corriente por los metales que provoca un cambio en la temperatura de las uniones.

En cuanto a las termorresistencias, se incluye una animación que demuestra cómo al aumentar la temperatura de un metal aumenta su resistencia al paso de los portadores de carga (Fig. 11). En concreto se observa el aumento en la vibración de los átomos con la temperatura. Al hacer pasar una corriente, si aumentamos la temperatura, aumenta esta vibración y los electrones tienen más dificultad para atravesar el metal, lo cual significa que ha aumentado su resistencia.

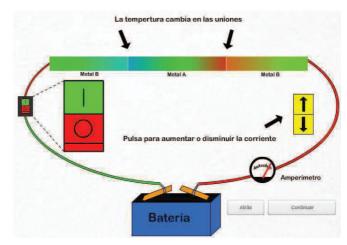


Fig. 10. Animación demostrativa del efecto Peltier.

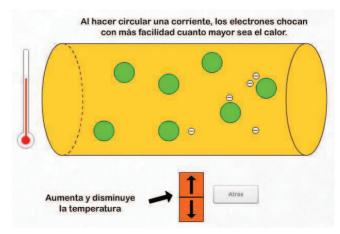


Fig. 11. Animación del comportamiento de un RTD.

B. Animaciones no Interactivas

Además de las animaciones interactivas anteriores, se incluyen otras dos demostrativas del funcionamiento de una termopila y de una célula Peltier.

En la termopila se disponen varios termopares en serie y se proporciona calor por un extremo y por el otro se absorbe, de forma que se genera electricidad (Fig. 12) ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.

En la célula Peltier se muestra cómo se absorbe y emite calor (focos frío y caliente) al hacer pasar una corriente eléctrica por los materiales tipo N y P (Fig. 13) ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. También se muestra el

movimiento de los portadores de carga mayoritarios en cada tipo de semiconductor.

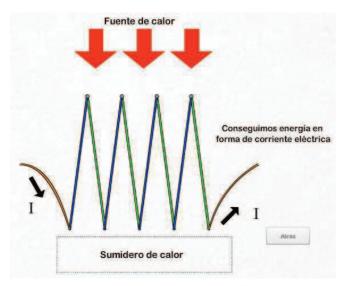


Fig. 12. Animación del comportamiento de una termopila.

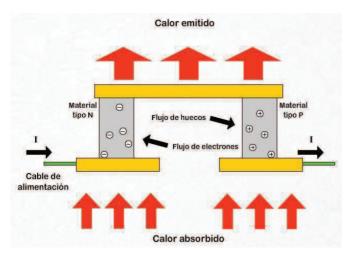


Fig. 13. Animación del comportamiento de una célula Peltier.

III. SIMULACIONES

Para que el usuario pueda hacerse una idea más precisa del funcionamiento de los dispositivos estudiados, se incluyen una serie de simulaciones (Fig. 14 y Fig. 15). Se trata de montajes sencillos en los cuales se pueden modificar los parámetros y observar su efecto.

A. Simulación de Aplicaciones con Termopares

La primera simulación con termopares es un horno de alta temperatura (Fig. 16). Se trata de medir el potencial eléctrico generado en un termopar cuando se modifica la temperatura en el interior de un horno. El usuario fija la consigna de temperatura y observa en el voltímetro la tensión en bornes del termopar.

La temperatura del horno se puede modificar con los botones de subir y bajar, en este caso los incrementos son de 10 °C, o también introduciendo directamente el valor en el campo

numérico de la consigna. Se puede optar por cuatro tipos de termopares: K, J, E y N. Si se intenta sobrepasar la temperatura máxima del termopar seleccionado, la aplicación impide hacerlo y alerta al usuario mostrando un mensaje.

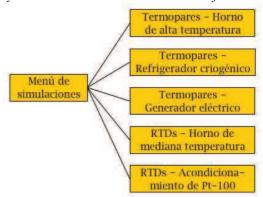


Fig. 14. Simulaciones disponibles en la aplicación.



Fig. 15. Pantalla de la aplicación correspondiente al menú de simulaciones.

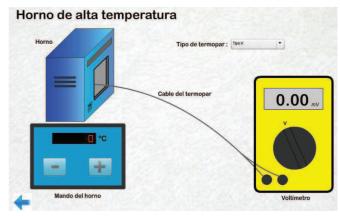


Fig. 16. Simulación de un horno de alta temperatura.

La segunda simulación con termopares es un refrigerador criogénico (Fig. 17). Su funcionamiento es análogo al del horno pero ahora la temperatura es, lógicamente, mucho más baja. De hecho, solo permite establecer temperaturas bajo cero. En este caso se utiliza un termopar de tipo T.

La tercera simulación es un generador eléctrico basado en una célula Peltier, que suministra energía a partir de una diferencia de temperatura (Fig. 18). Las dos partes de la célula Peltier están inmersas en sendos vasos; uno con agua que se puede calentar, y otro con agua y hielo, de forma que se mantiene a 0 °C.

La célula se conecta a una resistencia sobre la que se mide la caída de tensión, que variará al acercar o alejar el soplete al vaso con agua caliente. A mayor temperatura, mayor tensión y, por tanto, mayor potencial generado.



Fig. 17. Simulación de un refrigerador criogénico.

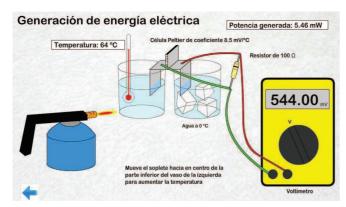


Fig. 18. Simulación de un generador eléctrico.

B. Simulación de Aplicaciones con Termorresistencias

En este apartado hay disponibles dos simulaciones relativas al uso de termoresistencias.

La primera se trata de un horno de mediana temperatura, que consiste en medir la resistencia en una RTD de platino cuando se varía la temperatura del horno. Los elementos que posee son: el horno, un mando en el que se fija la consigna de temperatura, un RTD y un multímetro (Fig. 19). El RTD se puede elegir entre tres tipos distintos: Pt-100, Pt-500 y Pt-1000.

La segunda simulación relativa a las termorresistencias se centra en los distintos tipos de conexionado de una Pt-100, que se alimenta con una fuente de corriente constante y se mide el valor de la caída de tensión con dos, tres o cuatro hilos. Se trata de conocer el error relativo y absoluto cometido para cada una de las alternativas, cuando se modifica la resistencia de los conductores y su longitud. En la parte inferior se visualiza la influencia de los parámetros sobre el error cometido.

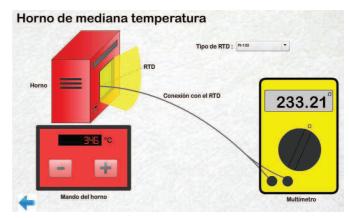


Fig. 19. Simulación de un horno de mediana temperatura.

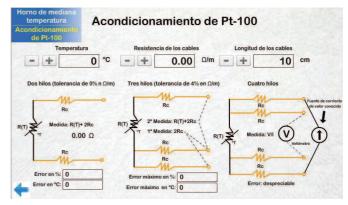


Fig. 20. Simulación del acondicionamiento de una Pt-100.

IV. AUTOEVALUACIÓN

La autoevaluación consiste en dos cuestionarios. Uno con 12 preguntas sobre termopares, y otro con 6 preguntas sobre termorresistencias. Ambos tienen el mismo formato, con una única respuesta correcta de entre cuatro posibles.

Cada respuesta tiene tres grados de seguridad (Fig. 21):

- Contestar con mucha seguridad. En caso de acierto, se suman tres puntos. En caso de fallo, se restan dos puntos.
- Contestar con poca seguridad. En caso de acierto, se suman dos puntos. En caso de fallo, se resta un punto.
- Contestar con ninguna seguridad. En caso de acierto, se suma un punto y, en caso de fallo, no se restan puntos.

En caso de concluir la evaluación con una puntuación positiva, se pondera la nota sobre 10 puntos. Y si la puntuación es negativa se pondera sobre -10 puntos.

Al terminar de responder se tiene la opción de ver las soluciones a las preguntas falladas (Fig. 22).

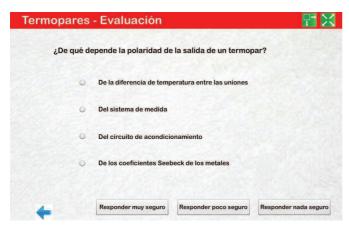


Fig. 21. Ejemplo de pregunta de tipo test.

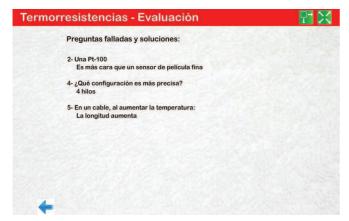


Fig. 22. Soluciones del test.

V. CONCLUSIONES

En este documento se ha mostrado un aplicación que se ha desarrollada para mejorar la enseñanza de los sensores de temperatura y, en particular, los termopares y las termorresistencias.

El objetivo principal es optimizar el aprendizaje del alumno, sobre todo de los conceptos más complicados. Para ello se hace uso de animaciones, lo que facilita el aprendizaje y reduce el tiempo de dedicación necesario, en comparación con la documentación estática.

Aunque la herramienta incluye un mínimo de teoría, no pretende sustituir los libros tradicionales, sino complementarlos.

Además incluye información adicional sobre sensores comerciales y sus características. Finalmente el sistema de autoevaluación le permite al usuario conocer el nivel de formación adquirido.

Aplicaciones previas sobre otros campos de la electrónica han demostrado la utilidad de las mismas y la buena acogida por parte del alumnado. Por otra parte, estas aplicaciones resultan especialmente útiles en las nuevas titulaciones, en las que hay menos horas de docencia y más trabajo autónomo del alumno, que debe ser una parte importante en su proceso de aprendizaje.

REFERENCIAS

- [1] Jacob Fraden, Handbook of modern sensors: Physics, designs, and applications, 3^a edición, Springer, 2004.
- [2] Ian L. Sinclair, Sensors and transducers, Newnes, 2001.
- [3] The International Temperature Scale of 1990 (ITS-90), [En línea]. Disponible:
 - $\frac{http://www.omega.com/temperature/Z/pdf/z186-193.pdf.}{Consultado el 07/03/2014.}$
- [4] Thermocouples. [En línea]. Disponible: http://www.electronicsteacher.com/direct-current/electrical-instrumentation-signals/thermocouples.php
- [5] Capgo Pty Ltd. Thermocouples, [En línea]. Disponible: http://www.capgo.com/Resources/Temperature/Thermocouple/Thermocouple.html
- [6] Jim Williams, Application note AN28: Thermocouple Measurement. Linear Technology Corporation.
- [7] Procedimiento TH-003 para la calibración por comparación de termopares. Centro Español de Metrología. [En línea]. Disponible: http://www.cem.es/sites/default/files/th-003e.pdf
- [8] Thermocouple. Application note. [En línea]. Disponible: http://www.picotech.com/applications/thermocouple.html
- [9] Miguel Ángel Pérez García et al, Instrumentación Electrónica, Thomson-Paraninfo, 2011.
- [10] John G. Webster, Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook. CRC Press, 1999.
- [11] Matthew Duff, Joseph Towey, Two Ways to Measure Temperature Using Thermocouples Feature Simplicity, Accuracy, and Flexibility. Analog Dialogue, pp. 44-10, October 2010
- [12] Criteria for temperature sensor selection of T/C and RTD sensor types. Acromag, Inc. [En línea]. Disponible: http://www.acromag.com/sites/default/files/RTD_Temperature_Measurement_917A.pdf. Consultado el 07/03/2014.
- [13] J.M. Acevedo and C. Quintáns, "Combinación de la simulación y los sensores didácticos para la formación en instrumentación," Seminario Anual de Automática, Electrónica e Instrumentación (SAAEI 2008). Cartagena, España, sep. 2008.
- [14] Jorge M. Acevedo, S. Pérez y C. Quintáns, "Developping of Low Cost Capacitive Sensors for Laboratory Classes," *Annual Global Engineering Education Conference* (EDUCON 2010), pp. 445-450. Madrid, abril, 2010.
- [15] Diego Alonso, Jorge Marcos Acevedo, Camilo Quintáns y Miguel A. Domínguez, "Curso Multimedia interactivo sobre electromagnetismo," X Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica. Vigo, junio, 2012.
- [16] A. Pintos, Jorge M. Acevedo, C. Quintáns, A. Lago, s. Pérez y R. iglesias, "Herramienta educativa para la formación en baterías de Litio-Ión," X Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica. Vigo, junio, 2012.
- [17] Thomson Effect, [En línea]. Disponible: http://www.transtutors.com/physics-homework-help/currentelectricity/thomson-effect.aspx