

TEXTILES ELECTRÓNICOS DE BAJO COSTO BASADOS EN ARDUINO PARA INTRODUCIR CIRCUITOS ELÉCTRICOS Y PROGRAMACIÓN

ARDUINO-BASED LOW-COST ELECTRONIC TEXTILES TO INTRODUCE ELECTRIC CIRCUITS AND PROGRAMMING

E. SERRANO-PÉREZ[†]

UNITEC MÉXICO - Campus Atizapán, Universidad Tecnológica de México, Boulevard Calacoaya 7, Capistrano, Cd. Adolfo López Mateos, Estado de México, México, 52970; edgar.serrano@my.unitec.edu.mx[†]

[†] autor para la correspondencia

Recibido 9/5/2019; Aceptado 29/8/2019

Se presenta una propuesta de proyecto de bajo costo para que alumnos de temprana edad se motiven por el estudio de la física en el área de la electricidad, los circuitos eléctricos y la programación de microcontroladores a través de la integración de elementos de bajo costo para animar visualmente prendas textiles y artículos de uso cotidiano. Durante el desarrollo del proyecto se parte desde el uso de los conceptos de la ley de Ohm y el estrecho vínculo que existe entre la representación de un número binario en el lenguaje Arduino hasta salida de voltaje del microcontrolador para encender o apagar cada uno de los ledes que se programan de manera secuencial.

A project for early age students is proposed in order to motivate the study of physics, mainly for the electricity area, electrical circuits and microcontroller programming through the integration of low-cost elements to animate visually textiles and common daily items. It includes the use of the concepts related to the Ohm law and the link that exists between the representation of a binary number in the Arduino language with the physical voltage output of the microcontroller to turn on or off each one of the led as result of a programming sequence.

PACS: Laboratory computer use (uso de computadoras de laboratorio), 01.50.Lc; Demonstration experiments and apparatus (experimentos demostrativos y aparatos), 01.50.My; Laboratory experiments and apparatus (experimentos de laboratorio y aparatos), 01.50.Pa

I. INTRODUCCIÓN

Durante el estudio de las ciencias y en particular de la física, los alumnos de secundaria afrontan dificultades para interpretar las leyes que rigen los fenómenos que se presentan en su entorno. Con frecuencia los alumnos se afrontan a la solución de problemas y casos de estudio basados en ecuaciones que tratan de describir de manera ideal un fenómeno físico. En particular, el estudio la Ley de Ohm permite a los estudiantes comprender la relación que existe entre voltaje, resistencia e intensidad de corriente en un circuito eléctrico, sin embargo se trata de conceptos abstractos y frecuentemente los estudiantes tienen poca experiencia previa al tratar el tema [1], para tratar de mejorar el proceso de aprendizaje en la introducción de la electricidad y los circuitos se propuso desarrollar una actividad que le permita a los estudiantes aprender y aplicar los conceptos de la física en un proyecto que englobe el uso de dispositivos electrónicos programables de bajo costo para decorar y animar visualmente prendas de vestir.

El auge de las tarjetas de desarrollo basadas en microcontroladores permite adaptar una gran cantidad de dispositivos electrónicos para ser utilizados como herramientas educativas en temas fundamentales como la electricidad y el magnetismo, además de incentivar la introducción hacia la programación de dispositivos

electrónicos en edades tempranas durante el estudio de las ciencias, se ha observado el potencial de los textiles electrónicos para fomentar la exploración de circuitos eléctricos [2] y como un medio para atraer al género femenino al estudio de la física y las áreas de la ingeniería [3, 4]. Sin embargo, en los países en vías de desarrollo, la alta demanda de estudiantes frecuentemente no puede ser cubierta a través de la adquisición de kits prefabricados, por lo que la actividad descrita implica la adquisición de materiales accesibles y de bajo costo para promover el interés y el desarrollo de habilidades tecnológicas entre los estudiantes, como lo son ledes de distintos colores, resistencias de 330 Ω , una tarjeta Arduino Uno, cables de conexión y una tablilla de prototipos.

II. DESARROLLO

El primer módulo se llevó a cabo durante los meses de octubre y noviembre de 2018 y se desarrolló con 5 equipos de 3 personas. La actividad promovió que los alumnos pudieran ser capaces de verificar el diseño de un sistema a través de un experimento físico y con esto dar validez a los resultados obtenidos [5].

En un inicio, la gran mayoría de los estudiantes no tenía nociones para el cableado de circuitos eléctricos y la programación de microcontroladores, por lo que se buscó inicialmente que el código de programación fuera lo

más sencillo e intuitivo de entender para homogenizar el conocimiento del grupo. El programa utilizado como base para programar una simple secuencia de 5 luces led se muestra en la figura 1.

```
void setup() {
  pinMode(0, OUTPUT);
  pinMode(1, OUTPUT);
  pinMode(2, OUTPUT);
  pinMode(3, OUTPUT);
  pinMode(4, OUTPUT);
}

void loop() {
  digitalWrite(0, HIGH);
  digitalWrite(1, LOW);
  digitalWrite(2, LOW);
  digitalWrite(3, LOW);
  digitalWrite(4, LOW);
  delay(300);

  digitalWrite(0, LOW);
  digitalWrite(1, HIGH);
  digitalWrite(2, LOW);
  digitalWrite(3, LOW);
  digitalWrite(4, LOW);
  delay(300);

  digitalWrite(0, LOW);
  digitalWrite(1, LOW);
  digitalWrite(2, LOW);
  digitalWrite(3, LOW);
  digitalWrite(4, HIGH);
  delay(300);
}
```

Figura 1. Código fuente en lenguaje Arduino.

El reducido conjunto de instrucciones le permitió a los estudiantes conocer los conceptos de entradas y salidas digitales de un microcontrolador, además de los conceptos fundamentales de niveles lógicos para encender/apagar cada uno de los ledes a través de la corriente eléctrica que fluye desde cada uno de los pines del microcontrolador y que fluye a través de conductores de cobre.



Figura 2. Diseños textiles utilizando ledes, resistencias y una tarjeta Arduino.

Al analizar el programa, los estudiantes comenzaron a interpretar la estrecha relación que existe entre la sección de programación (software) con la parte física de los dispositivos (hardware). Cuando los estudiantes lograron

programar la tarjeta Arduino y realizar sus circuitos eléctricos sugirieron incrementar el número de ledes conectados a la tarjeta para hacer una secuencia de luces más grande, por lo cual fue necesario que cada equipo modificara al programa base para controlar más ledes en diferentes secuencias de encendido de acuerdo a las necesidades de su diseño en particular. Cada equipo hizo su propio diseño con la única premisa de utilizar una secuencia de ledes adaptada a las necesidades de su diseño y colocarla como una parte interactiva del textil tal y como se muestra en la figura 2.

Es de resaltar el lado artístico de las estudiantes al realizar sus trabajos y diseños sobre textiles, por una parte las estudiantes combinaron diferentes elementos decorativos para realizar su textil electrónico, entre ellos se resalta el uso de pintura inflable, lentejuela, diamantina y elementos plásticos tridimensionales como hojas de plástico para decoración, además de realizar costura utilizando hilo tradicional mostrando agrado e interés por el diseño de sus propias creaciones, en general las estudiantes diseñaron elementos relacionados con los aspectos de la naturaleza como las flores y las mariposas.

Algunos de los estudiantes dedicaron más tiempo al detalle de sus diseños y algunos otros mostraron un mayor interés por el cableado de los ledes y sus circuitos utilizando la tarjeta Arduino sin poner mayor dedicación hacia su diseño textil. Por su parte, los estudiantes en general eligieron utilizar colores más oscuros en su textil electrónico. La temática de los alumnos en sus diseños fue relacionada con máquinas y automóviles, además de diversos dibujos animados, en contraste con los elementos de la naturaleza generalmente reflejados en las estudiantes. Los colores elegidos fueron desde tonalidades de grises hasta elementos rojos y azul oscuro. Algunos estudiantes comenzaron a proponer la integración de más dispositivos como sensores en su textil y la posibilidad de utilizar cables conductores como hilo de cobre para poder lavar sus prendas; surgió además la iniciativa de poder manipular el encendido de las secuencias a través de Bluetooth usando un celular.

El primer módulo culminó con la exposición de cada equipo frente al grupo, algunos alumnos comentaron que sus proyectos se desconectaban frecuentemente con facilidad debido al movimiento corporal con sus textiles por lo que se abrió la posibilidad de poder soldar los elementos y adquirir un mayor grado de fijación.

Con el inicio del segundo módulo en los meses de diciembre de 2018 y enero de 2019 se propuso la opción de utilizar una matriz de ledes de 8×8 que tiene integrado un controlador MAX7219 (aprox, \$4.00 USD). La mayoría de los alumnos se mostró entusiasta con la nueva propuesta, pues con el uso de la matriz de ledes se presentó la posibilidad de generar patrones de símbolos y crear secuencias de animaciones en sus diseños.

Para facilitar la creación de sus animaciones se utilizó la herramienta de edición en línea Xantorohara, la cual es accesible a través de la web del autor, y se puede utilizar de manera gratuita. El uso del editor de animaciones permite simular previamente el comportamiento deseado del

sistema, con lo cual se facilita el proceso de aprendizaje de los alumnos al permitirles la libertad de hacer los cambios necesarios para adaptarse a sus propias variables y diseños particulares [6].

Se requirió que los alumnos obtuvieran el código para la tarjeta Arduino que se genera al diseñar sus propios patrones de animación con énfasis en formato byte con la finalidad de que al analizar su código pudieran identificar la relación que existe entre el código binario y la lógica digital para el encendido y apagado de los ledes.

La actividad les permitió a los estudiantes tener un primer acercamiento hacia un concepto clave y fundamental en el estudio de la electrónica y los sistemas digitales en ingeniería, como lo es la tabla de verdad, donde se trata de representar los valores de salida de un sistema a través de un conjunto de ceros y unos, tal y como se muestra en la Figura 3.

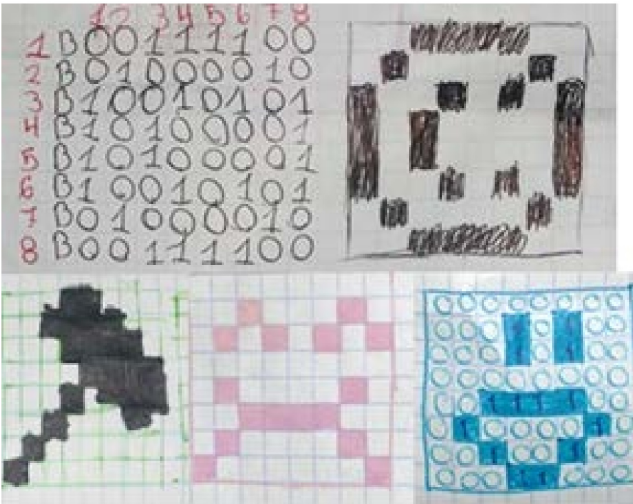


Figura 3. Representaciones de la tabla de verdad para una matriz de ledes 8 × 8.

La importancia de este concepto radica en que se observó que los alumnos fueron capaces de enlazar conocimientos multidisciplinarios para crear sus proyectos, en este caso, vincular el uso del código binario con su interpretación en lenguaje Arduino y su comportamiento físico a través de un voltaje en las terminales de los pines del microcontrolador.

Para poder identificar visualmente lo que ocurre con las terminales de la tarjeta se invoca el concepto de la ley de Ohm para conectar una resistencia de 330 Ω en serie con un led que consume alrededor de 15 mA cuando se conecta a una fuente de 5 volts. La representación que engloba los conceptos fundamentales se resumen en la tabla 1.

Tabla 1. Conceptos fundamentales en el desarrollo de circuitos eléctricos

Tabla de verdad	Lenguaje arduino	Voltaje	Interpretación visual
0	LOW	5 V	Encendido
1	HIGH	0 V	Apagado

La actividad resultó enriquecedora para los alumnos pues permitió vincular aspectos de la física entre los cuales se

destacan la ley de Ohm, conceptos de corriente y resistencia eléctrica, además de introducir nociones de electrónica digital y la programación en edades tempranas a fin de que los alumnos comiencen a interesarse por las áreas de la ingeniería que sustentan sus pilares en ciencias fundamentales como la Física y las Matemáticas tal y como se aprecia en la figura 4. Los alumnos integraron la matriz de ledes en prendas de vestir como un elemento decorativo, otros más lo fijaron a sus celulares e incluso algunos lo adaptaron en unos lentes.



Figura 4. Integración de la matriz de ledes en los diseño de estudiantes.

Algunos alumnos que terminaron de manera anticipada el diseño de sus patrones visuales, la programación, y el armado de sus circuitos eléctricos comentaron la opción de agregar más matrices de ledes para crear diseños más grandes.

III. CONCLUSIONES

Es remarcable la gran creatividad que muestran los alumnos de temprana edad para desarrollar sus propios diseños y el surgimiento de nuevas ideas una vez que se logra alcanzar el objetivo primario, en este caso la introducción hacia los circuitos eléctricos y la programación. Los resultados fueron bastante alentadores al descubrir el potencial de los alumnos para crear prototipos inmersos en un proyecto que engloba la Ciencia, la Tecnología, la Ingeniería, las Artes y las Matemáticas (STEAM) que puede llevarse a cabo con dispositivos accesibles y de bajo costo.

REFERENCES

[1] ND Setyani, Suparmi, Sarwanto; J. Handhika, J. Phys.: Conf. Ser. **909**, 012051 (2017)..
[2] K. Peppler and D. Glosson, J. Sci. Educ. Technol. **22**, 751 (2013).

- [3] L. Buechley, and B.M. Hill, LilyPad in the wild: how hardware's long tail is supporting new engineering and design communities, in Proceedings of the 8th ACM Conference on Designing Interactive Systems. 2010, ACM: Aarhus, Denmark. p. 199-207.
- [4] D.A. Fields, Y. Kafai, T. Nakajima, J. Goode and J. Margolis, *Equity & Excellence in Education* **51**, 21 (2018).
- [5] J.A. Lesteiro-Tejeda, D. Hernández-Delfín, and A.J. Batista-Leyva, *Rev. Cubana Fis.* **34** 5, (2017).
- [6] P.A. Lonngi-Villanueva, and M.D. Ayala-Velázquez, *Rev. Cubana Fis.* **24**, 76 (2007).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0, <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) license.

