

Sistema de control de láser semiconductor con fines docentes para prácticas de laboratorio

Semiconductor laser control system with teaching purposes for laboratory practices

Carlos Alberto Corcho Corcho^{1,*}, Alexander Robaina Fabelo²

¹ Norustec. Cooperativa no Agropecuaria. La Habana, Cuba.

² Universidad Tecnológica de la Habana, José Antonio Echeverría (CUJAE). Calle 114 No. 11901 e/ Ciclovía y Rotonda, Marianao, La Habana, Cuba.

*Autor de correspondencia: norustecelectronica@gmail.com

Este documento posee una [licencia Creative Commons Reconocimiento/No Comercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) 

Recibido: 15 mayo 2019 **Aceptado:** 30 agosto 2019 **Publicado:** 17 febrero 2020

Resumen

Existen muchas formas para manejar y controlar la potencia de un láser semiconductor, desde circuitos compuestos por componentes discretas, hasta circuitos integrados dedicados para esta función. En este trabajo se presenta un sistema basado en microcontrolador escogido fundamentalmente por dos aspectos que lo hacen muy atractivo. El núcleo del microcontrolador pertenece a la familia de microcontroladores 8051, el cual se imparte en la asignatura Microsistemas digitales I y permite una fácil programación. Este sistema se implementó con fines docentes para el control de emisión de un láser semiconductor. Se concluye a partir de la investigación que el uso del sistema de control implementado fue satisfactorio, debido a que permitió que los alumnos se familiarizaran con el láser semiconductor y pudieran medir la corriente de operación del láser, así como también, la corriente de ruptura o *threshold current* (Ith).

Palabras clave: láser semiconductor, 8051, control de potencia láser, elementos finitos

Abstract

There are many ways to manage and control the power of a semiconductor laser, from circuits composed of discrete components, to dedicated integrated circuits for this function. A system based on a microcontroller is presented, chosen fundamentally for two aspects that make it very attractive. The core of the microcontroller belongs to the 8051 microcontroller family, which is teach in the subjects Digital Microsystems I and allows easy programming. This system was implemented for teaching purposes to control the emission of a semiconductor laser. It was concluded that through the current research, that the use of the implemented control system was successful, due to it led the students to handle with semiconductor lasers and to measure the laser operational current, such as the threshold current (Ith).

Keywords: semiconductor laser, 8051, power control of laser, finite elements

- Compatible con el 80C52.
- Compatible con los terminales e instrucciones del 8051.
- Alimentación de 5 VDC, que es el más común.
- 32 kB de memoria de programa.
- 256 bytes de memoria de datos interna (RAM), expandible por *software* hasta 1 024 bytes (XRAM).
- Tres contadores/temporizadores de 16 bit.
- Programación en sistema (ISP, *In System Programming*).
- Arquitectura de alta velocidad.
 - Hasta 60 MHz en modo estándar (12 pulsos de reloj por ciclo de máquina).
 - Hasta 30 MHz en modo X2 (6 pulsos de reloj por ciclo de máquina).
- Baja emisión de interferencia electromagnética (*low EMI*).
- Arreglo de contadores programables (PCA), con cinco módulos que poseen.
 - Salida de alta velocidad.
 - Captura/compara.
 - Modulación por ancho de pulso (PWM).
 - Capacidad de perro guardián (*Watchdog Timer*).
- Pre escala de 8 bit.

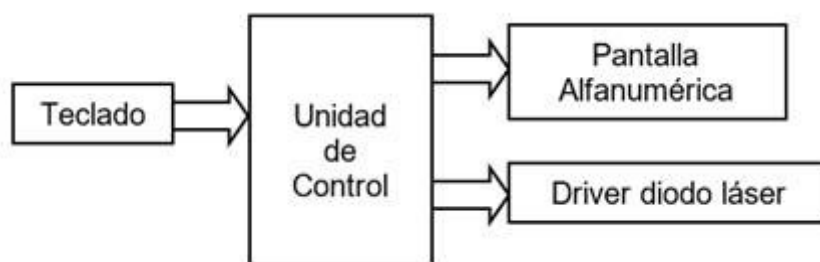


Fig.2 Diagrama en bloques

Se tuvo en consideración otros tipos de microcontroladores como el PIC18F4550 [4] de la firma Microchip e incluso placas de desarrollo como la Arduino UNO [5], y aunque en todos los casos también presentaban buenas prestaciones y características técnicas adecuadas para esta aplicación; finalmente se escogió el AT89C51IC2 atendiendo fundamentalmente a su compatibilidad con el 8051 y por poseer las características técnicas adecuadas para esta aplicación. La Figura 3 muestra las conexiones eléctricas del microcontrolador, componente fundamental de la Unidad de Control y los componentes asociados, y también el potenciómetro digital utilizado para el control de la potencia de emisión del láser.

En el bloque Unidad de Control se encuentra ubicado también un potenciómetro digital del tipo DS1804-050 [6], marcado como U3. Este dispositivo es fabricado por la firma Dallas-Maxim y es el encargado de suministrar la tensión que se utiliza como control de emisión del láser, a través del *driver* del diodo láser. En la Figura 4 se muestra el diagrama en bloques del potenciómetro digital.

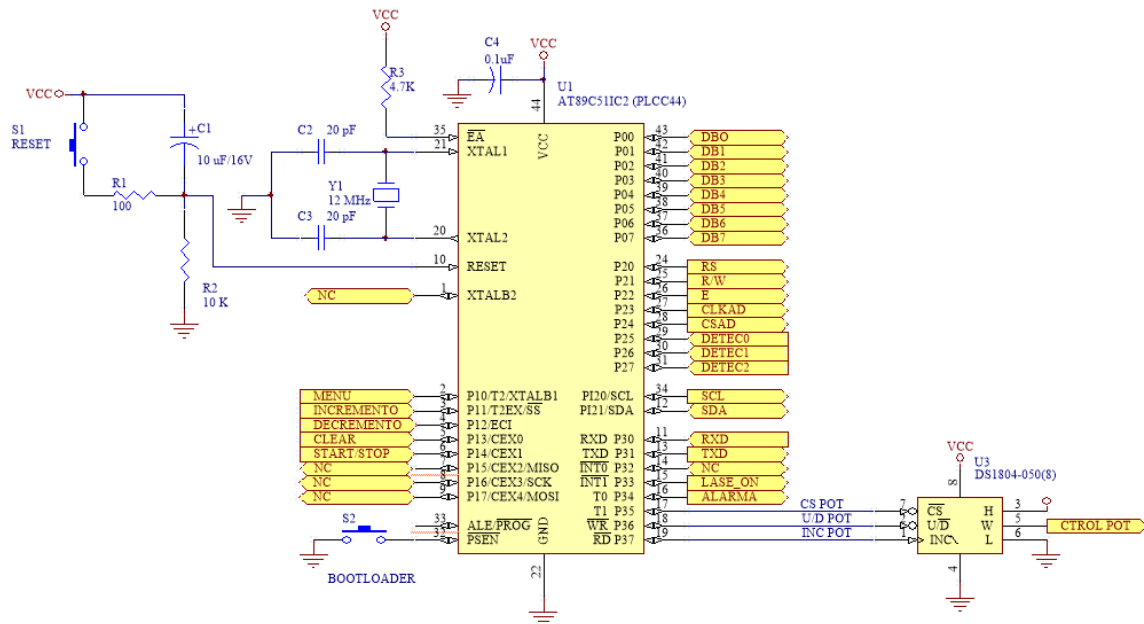


Fig.3 Conexión eléctrica del microcontrolador

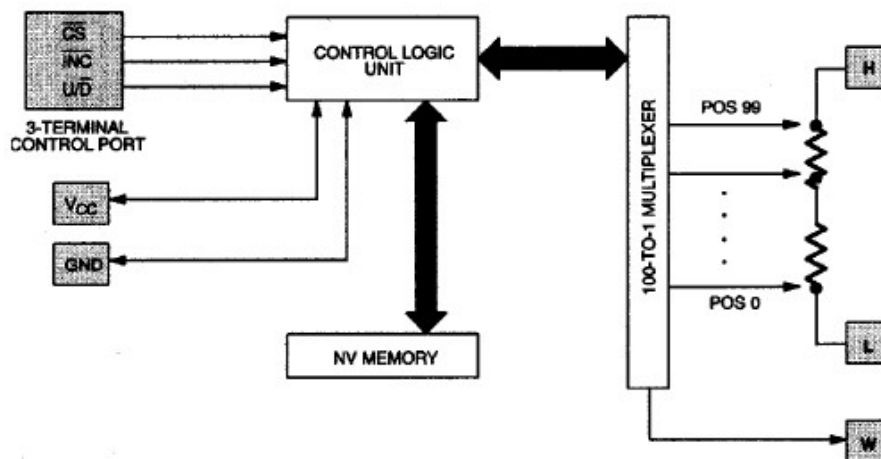


Fig.4 Diagrama en bloques del potenciómetro digital [6]

Para el correcto funcionamiento del DS1804-050 se debe manejar de forma correcta las señales de control CS, INC y U/D, que se utilizan para seleccionar el dispositivo, mover el cursor y dirección de movimiento del cursor (U, movimiento del cursor hacia el terminal H y D, movimiento del cursor hacia el terminal L) respectivamente. La carta de tiempo de las señales de control del potenciómetro digital puede ser consultada en [6]. El diodo láser utilizado en esta aplicación es el TOLD 9200 [7], fabricado por la firma Toshiba. Este láser fue escogido debido a su baja potencia de emisión con lo cual se garantiza una mayor seguridad y minimiza el riesgo de accidente al manipular el mismo, por parte de los alumnos, durante la práctica de laboratorio.

Para controlar la potencia de emisión del diodo láser, se debe controlar la corriente que circula por este dispositivo. El potenciómetro digital suministra una tensión a su salida en correspondencia a la selección de potencia realizada por el usuario; se varía la tensión en la base de un transistor del tipo 2SC1364 [8], a través de un amplificador operacional del tipo CA3140 [9], marcado como U1, que

está configurado como seguidor de tensión, provocando que circule más o menos corriente por el colector de Q1, al cual está conectado el diodo láser del tipo TOLD 9200.

Para un preajuste de la corriente máxima que circulará por el diodo láser se utilizó el potenciómetro marcado como VR1. El funcionamiento del potenciómetro digital, que está controlado por el microcontrolador AT89C51IC2, depende del manejo del teclado por parte del usuario. El teclado está compuesto por cuatro teclas: Incremento (INC), Decremento (DEC), Menú (M) y *Start/Stop* (SS), con la función de incrementar la potencia, decremento de la potencia, seleccionar el parámetro a establecer y comenzar o parar la emisión del diodo láser respectivamente. Para la visualización de los parámetros del diodo láser, o sea, potencia de emisión (P_o) y corriente de operación (I_{op}) se utilizó una pantalla del tipo alfanumérica de dos filas por veinte columnas. Para el diseño del esquema eléctrico y circuito impreso de la Unidad de Control y el *driver* del diodo láser se utilizó el programa Altium [10] versión 16.1.9. Después de tener montados todos los componentes necesarios en la Unidad de Control y en la placa del *driver* del diodo láser, se procedió a implementar todo el sistema de control del diodo láser. Para la alimentación del sistema se utilizó una fuente estabilizada de laboratorio.

Por otra parte, se desarrolló un programa (*firmware*) para el microcontrolador. A través de este programa es posible controlar todas las funciones del sistema. Este programa se desarrolló utilizando el programa Keil μ Vision 3 [11], de la firma *Keil software, inc and Keil Elektronik GMBH*. La estrategia de programación consistió en desarrollar un programa principal que, en función de los requerimientos del usuario, llama a las diferentes funciones para atención al teclado, incremento o decremento de la potencia, visualización en la pantalla alfanumérica de la corriente y potencia de emisión del láser, etc.

El IDE del Keil μ Vision 3 permite hacer el programa principal y las diferentes funciones necesarias en ficheros individuales. Esto tiene como ventaja que resulta muy fácil desarrollar el *software* en estos ficheros, ya que permite una mejor visualización y rápido acceso a las diferentes funciones implementadas. Asimismo, en la Figura 5 se observa la ventana principal del IDE μ Vision 3 utilizado, que a su vez muestra una parte del programa principal desarrollado para la práctica de laboratorio de la asignatura Láser en Medicina.

En la Figura 6 se muestra el diagrama de flujo del programa correspondiente a la función para escribir comandos a la pantalla alfanumérica. Esta función junto con la de enviar datos permite visualizar los parámetros antes mencionados: potencia de emisión y corriente de operación del diodo láser.

El bus de datos de la pantalla alfanumérica está conectado al puerto P0 del microcontrolador. Por tal motivo, es necesario manejar las señales de control de la pantalla alfanumérica como se muestra en la Figura 7, donde se puede observar la secuencia en el manejo de estas señales para el envío de comandos a la pantalla alfanumérica. A continuación, se detalla el funcionamiento de cada señal de control utilizada:

- RS. *Register Select Signal* de la pantalla alfanumérica (selección de comando o dato)
 - Si RS = `0`, recibe comando
 - Si RS = `1`, recibe dato
- RW. *Data Red/Write* de la pantalla alfanumérica (selección de lectura/escritura)
 - Si RW = `0`, se escribe un dato
 - Si RW = `1`, se lee de la pantalla alfanumérica
- E. *Enable* de la pantalla alfanumérica (habilitación del comando o el dato recibido)

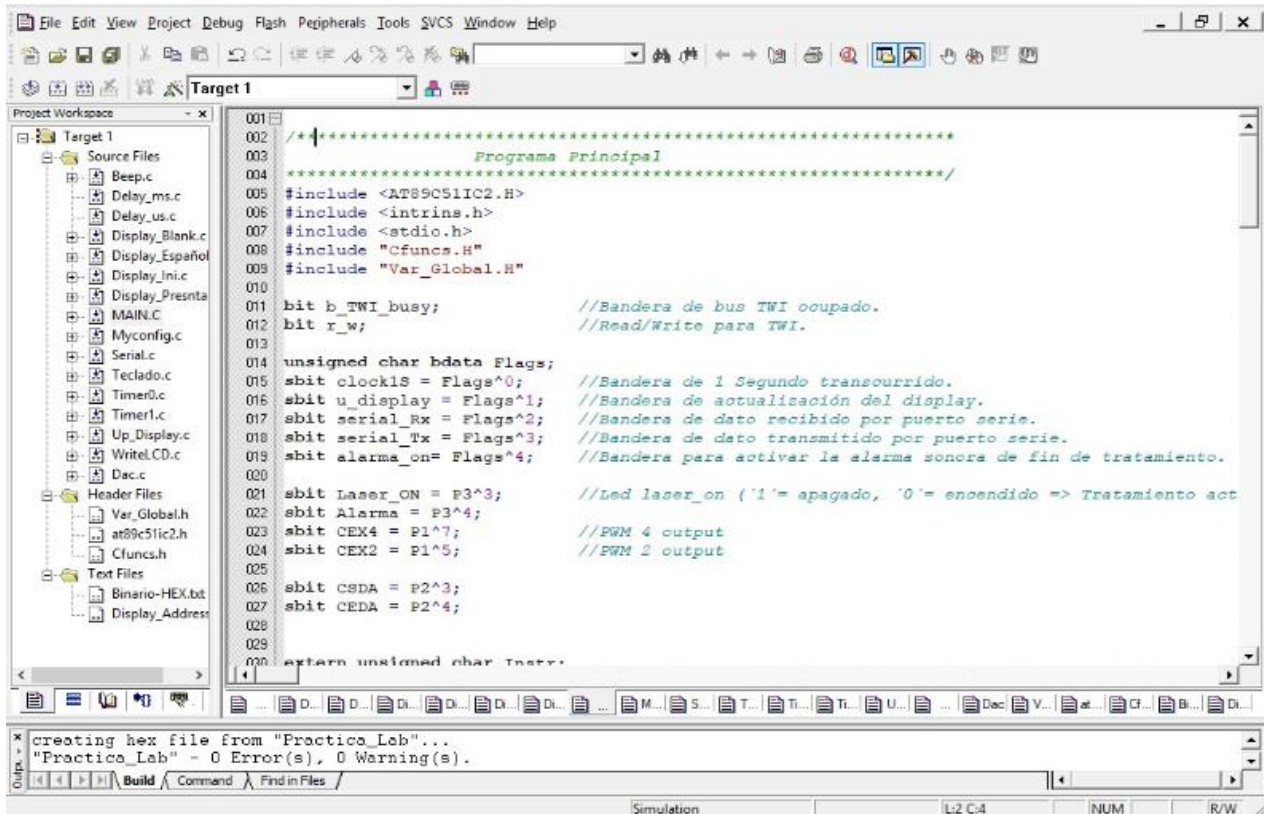


Fig.5 Ventana principal del IDE µVision 3

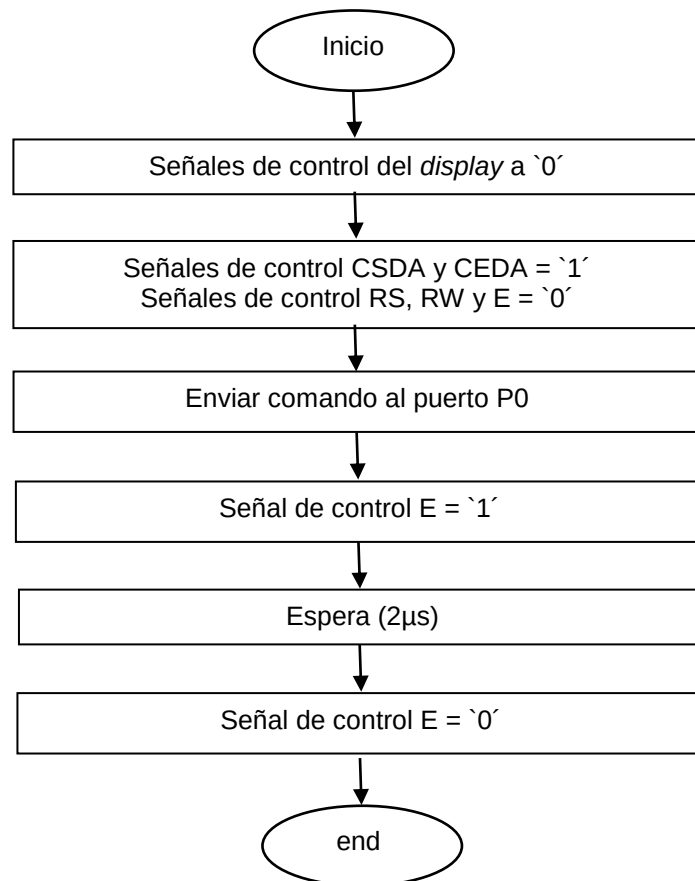


Fig.6 Diagrama de flujo de la función para enviar comandos a la pantalla alfanumérica

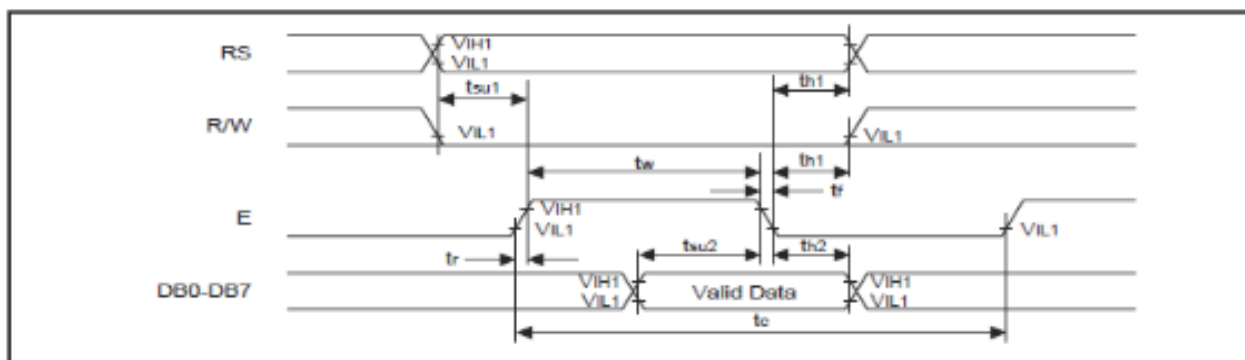


Fig.7 Relación entre las señales de control y dato de la pantalla alfanumérica [12]

Como se mencionó anteriormente, el microcontrolador AT89C51IC2 tiene capacidad de Programación Serie en el Circuito (ISP, por sus siglas en inglés). Esto permite programar el microcontrolador sin tener que utilizar un programador externo y también tiene la ventaja de que la tensión de programación la genera el propio microcontrolador para lo cual se utilizan los 5 V de alimentación. Para poder utilizar este tipo de programación es necesario implementar en la Unidad de Control dos teclas del tipo normalmente abierto, conectadas una al terminal RESET y la otra al terminal PSEN, como se pudo apreciar en la Figura 3. También es necesario implementar comunicación serie del tipo RS232. Para ello se utilizó el circuito integrado MAX233 [13]. Esto posibilita la comunicación con un ordenador personal o portátil. Para programar el microcontrolador se utilizó una aplicación desarrollada por Atmel, FLIP versión 3.4.7 [14], el cual se presenta en la Figura 8.

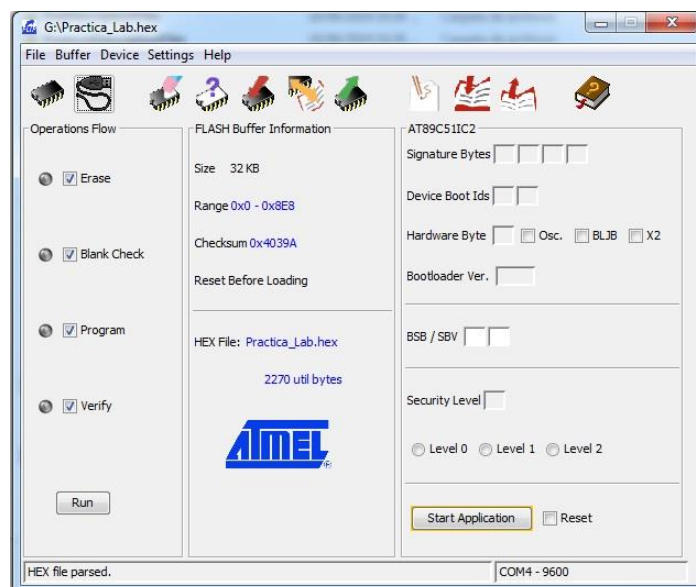


Fig.8 Programador FLIP

La práctica de laboratorio se realizó en el laboratorio de electrónica del Departamento de Bioingeniería (Cebio) de la Universidad Tecnológica de La Habana, pero no había disponible un radiómetro o medidor de potencia para realizar la medición de potencia de emisión del diodo láser. Por tal motivo, previamente a la práctica se realizó la caracterización del TOLD 9200 respecto a potencia de salida (P_o) y corriente de operación (I_o), en el Departamento de Producción del Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear (Ceaden), y para ello fue utilizado el medidor

de potencia LaserCheck [15]. Como resultado de esta caracterización y utilizando el programa Excel, se pudo obtener la curva de P_o vs. I_o , (Figura 9).



Fig.9 Potencia de emisión (P_o) vs. Corriente de operación (I_o)

3. Resultados y Discusión

El sistema implementado se utilizó en la práctica de laboratorio titulada “Caracterización de un diodo láser semiconductor” de la asignatura Láser en Medicina, para estudiantes de la Maestría en Bioingeniería. Con este sistema fue posible controlar la potencia de emisión del láser semiconductor TOLD 9200, utilizando para ello las teclas de control antes mencionadas, mostrando en la pantalla la potencia de salida y la corriente de operación del láser. El uso del sistema de control implementado fue satisfactorio, debido a que permitió que los alumnos se familiarizaran con el láser semiconductor y pudieran medir la corriente de operación del láser, así como también, la corriente de ruptura o *threshold current* (I_{th}), corriente a la cual comienza la emisión láser del dispositivo, y comparar los datos obtenidos con los datos suministrados por el fabricante, teniendo en consideración que la diferencias entre ellos se debe a la diferencia en las condiciones ambientales al momento de la medición. Además, la medición de la corriente de operación se realizó por el método de medición indirecta.

4. Conclusiones

El uso del sistema de control implementado fue satisfactorio, debido a que permitió que los alumnos se familiarizaran con el láser semiconductor y pudieran medir la corriente de operación del láser, así como también, la corriente de ruptura o *threshold current* (I_{th}), corriente a la cual comienza la emisión láser del dispositivo, y comparar los datos obtenidos con los datos suministrados por el fabricante. La medición de la corriente de operación se realizó por el método de medición indirecta.

Referencias

1. IC-Haus, *Discrete vs. Integrated. Driving laser diodes with discrete or integrated circuits?*. Laser Components (UK) Ltd, 2016. https://ichaus.de/upload/pdf/Appl3_a3es.pdf.
2. Atmel Corporation, *AT89C51IC2. 8-bit Flash Microcontroller with 2-wire Interface*. Hong-Kong, 2018. <https://mw.infinite-electronic.com/pdf/aa22156609/AT89C51IC2-SLRUM.pdf>.
3. Atmel Corporation, *AT89C51IC2. 8-bit Flash Microcontroller with 2-wire Interface. P.3*. Hong-Kong, 2018. www.infinite-electronic.com/pdf/aa22156609/AT89C51IC2-SLRUM.pdf.
4. Enríquez, F.J., et al., *Sistema Embebido para Validar el Funcionamiento de la Tarjeta de Adquisición de Datos USB-6009 de National Instruments*. Revista Información Tecnológica, 2016. **27**(5): p. 191-200.
5. Niño, J., et al., *Entorno de aprendizaje para enseñanza de programación en Arduino mediado por una mano robótica didáctica*. Revista Espacios, 2017. **38**(60): p. 23-40.
6. Botero, M., *DS1804 NV Trimmer Potentiometer*. https://www.mi.fu-berlin.de/inf/groups/ag-tech/projects/ScatterWeb/moduleComponents/ESB_DS1804.pdf.
7. Gophotonic. *TOLD 9200 Laser diode. The TOLD9200 from Meredith Instruments*, 2019. <https://www.mi-lasers.com/product/3mw-670nm-laser-diode-toshiba-told9200/>.
8. Alltransistor. *2SC1364. Datasheet. Equivalente. Reemplazo. Hoja de especificaciones*, 2015. <https://alltransistors.com/es/transistor.php?transistor=11807>.
9. Intersil. *CA3140, CA3140A, 4.5MHz, BiMOS Operational Amplifier with MOSFET Input/Bipolar Output. Data Sheet. FN957.10*. https://www.mi.fu-berlin.de/inf/groups/agtech/projects/ScatterWeb/moduleComponents/ESB_DS1804.pdf.
10. Altium. *Guía rápida para el uso de Altium*, 2019. https://iee.uniandes.edu.co/images/ArchivosLab/Documentos/GR_Altium.pdf.
11. Keil uVision. *Getting Started with Keil uVision Basic tutorial*, 2015. <https://blackquest.files.wordpress.com/2015/03/getting-started-with-keil-uvision-basic-tutorial.pdf>.
12. Arar, S., *How to Interface a 16×2 LCD Module with an MCU*, 2019. <https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/how-to-a-162-lcd-module-with-an-mcu/>.
13. Maxim Integrated, *MAX220–MAX249, +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers*, 2015. <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX220-MAX249.pdf>.
14. Printrbot Support, *How to Reflash Firmware-Windows PC*, 2016. https://www.mcielectronics.cl/website_MCI/static/documents/Windows_How_to_Flash_Firmware.pdf.
15. Ruesta C Inc., *LaserCheck Handheld Power Meter*, 2019. www.coherent.com/measurement-control/measurement/lasercheck.