



Informe Técnico

Diseño y desarrollo de módulos escudo para una tarjeta Arduino

Miguel Ángel Bañuelos Saucedo

Mayo 2022

Desarrollo tecnológico

Financiamiento externo, DGAPA PAPIME PE101620

Diseño y desarrollo de módulos escudo para una tarjeta Arduino

Miguel Ángel Bañuelos Saucedo

ICAT, Grupo de Electrónica, Departamento de Instrumentación Científica e Industrial

Resumen

El empleo de módulos Arduino para la enseñanza en el bachillerato es una herramienta atractiva, versátil y de bajo costo. Sin embargo, a menudo requiere de habilidades en la conexión de circuitos electrónicos que están fuera de los objetivos de las materias donde se utilizan. Como una solución a este problema se han diseñado dos módulos escudo que se pueden insertar en una tarjeta Arduino UNO o compatible: un módulo *display* LED de 7 segmentos y un módulo de sensores y actuadores. Ambos módulos minimizan el tiempo y la habilidad requerida para realizar experimentos y prácticas de laboratorio. Además, evita que el profesor invierta tiempo en la revisión de circuitos, lo cual es particularmente valioso cuando atiende grupos numerosos. Se han armado 200 módulos escudo y se están armando 120 módulos de sensores y actuadores, los cuales se emplearán en la impartición de clases en el bachillerato de la UNAM.

Índice

Resumen	1
Nomenclatura	3
Introducción	4
1 Desarrollo de un módulo escudo de sensores y actuadores	5
2 Desarrollo de un módulo escudo con <i>display</i> LED de siete segmentos	18
3 Resultados	21
Referencias bibliográficas.....	23
Agradecimientos.....	23
ANEXO A. Diagrama esquemático del módulo escudo de sensores y actuadores	24
ANEXO B. Lista de partes del módulo escudo de sensores y actuadores	25
ANEXO C. Circuito impreso del módulo escudo de sensores y actuadores.....	26
ANEXO D. Programa de prueba del módulo escudo de sensores y actuadores.....	27
ANEXO E. Diagrama esquemático del módulo escudo <i>display</i> LED de 7 segmentos ..	28
ANEXO F. Lista de partes del módulo escudo <i>display</i> LED de 7 segmentos	29
ANEXO G. Programa de prueba del módulo escudo <i>display</i> LED de 7 segmentos	30
ANEXO F. Circuito impreso del módulo escudo <i>display</i> LED de 7 segmentos.....	31

Nomenclatura

<i>Símbolo</i>	<i>Significado</i>
CCH	Colegio de Ciencias y Humanidades
CD	Corriente directa
LCD	<i>Liquid crystal display</i>
LED	<i>Light emitting diode</i>
microSD	Tarjeta de memoria micro <i>Secure Digital</i>
PIR	<i>Passive Infrared</i>
PWM	<i>Pulse width modulation</i>

Introducción

Arduino es una plataforma de desarrollo conformada por tarjetas electrónicas basadas en un microcontrolador que además cuenta con un ambiente de desarrollo y programación. Se ha convertido en un sistema muy popular, debido a su facilidad de uso y al hecho de ser una plataforma de hardware abierto, con software gratuito. El ambiente de desarrollo es compatible con múltiples plataformas como Windows, Mac OS y Linux. Actualmente se comercializan diferentes modelos de tarjetas Arduino originales y Arduino compatibles. Las tarjetas utilizan diferentes microprocesadores, pero es posible programarlos todos desde un lenguaje común: el lenguaje de Arduino, que es similar al lenguaje C (Perea, 2015).

En el mercado existen múltiples módulos que se pueden insertar en las tarjetas Arduino y que se denominan escudos (Santos, 2019). La mayoría de estos módulos está orientada a una aplicación específica; por ejemplo: a la conexión con algún sensor, o al control de un motor. Otro ejemplo sería una tarjeta de registro de datos que almacena mediciones en una tarjeta de memoria microSD.

Las tarjetas Arduino han demostrado ser una herramienta útil como apoyo a la enseñanza de asignaturas como la Física, en donde los estudiantes pueden construir su propio instrumento de medición a un bajo costo (Bañuelos, 2019). También se puede utilizar en la impartición de cursos de introducción a la programación, a la Informática y a la Electrónica.

El autor ha impartido varios cursos de capacitación a profesores en el uso de tarjetas Arduino. Algunas de las observaciones que han hecho los asistentes después de utilizar esta herramienta, para la impartición de sus propios cursos, es relativa a la demora involucrada en realizar la conexión de los componentes. En una ocasión, comenta un profesor, un equipo de estudiantes tardó media hora en darse cuenta de que una resistencia había sido insertada en la línea adyacente en una tarjeta prototipo. Estas experiencias han servido de motivación para desarrollar una tarjeta electrónica donde las

conexiones principales ya estuvieran realizadas, de manera que los estudiantes puedan concentrarse en aprender los objetivos propios de su asignatura; ya sea física, química, informática, u otra.

En este trabajo se presenta el desarrollo de dos tarjetas escudo desde su concepción, sus diferentes etapas de diseño, prueba, y su versión final. La primera de ellas consiste en una tarjeta que contiene un *display* LCD, un sensor de temperatura, una fotorresistencia, un interruptor óptico, un zumbador, 3 leds, y conectores para insertar de forma directa un potenciómetro, un motor de corriente directa, un sensor ultrasónico, un servomotor, un sensor de presión o un sensor de gas. Adicionalmente, con el apoyo de una tarjeta prototipo externa y cables de conexión, es posible utilizar otros sensores.

La segunda tarjeta consiste en un *display* LED de siete segmentos y cuatro interruptores de presión. Esta tarjeta está pensada principalmente para la enseñanza de conceptos de programación tales como el manejo de ciclos y arreglos.

1 Desarrollo de un módulo escudo de sensores y actuadores

El diseño de los módulos escudo se realizó considerando su utilización con una tarjeta Arduino UNO. Esta tarjeta es una de las más baratas en el mercado y sus conectores de expansión son idénticos a los encontrados en otros modelos de tarjeta Arduino; tales como las tarjetas Arduino MEGA, Arduino Leonardo, y Arduino DUE.

Uno de los componentes que presenta una conexión elaborada es el *display* LCD alfanumérico (Bañuelos, 2017). Para conectar este *display* con la tarjeta Arduino se requiere el uso de cuatro líneas para transmisión de datos, 2 o 3 líneas para señales de control, 2 líneas para la alimentación y tierra, otras 2 líneas para la retroiluminación, y conexión para un potenciómetro de regulación del contraste. Entonces el primer elemento que debería formar parte del módulo escudo fue naturalmente el *display* LCD.

La primera opción que se consideró, para evaluar la propuesta, fue utilizar una tarjeta prototipo con cobre, compatible con Arduino, como la mostrada en la Figura 1A. Sería una manera de realizar una sola vez las conexiones. El resultado no fue satisfactorio, considerando aspectos estéticos y de mano de obra (ver Figura 1B). Entonces se pensó en diseñar un circuito impreso que ya tuviera las conexiones necesarias.

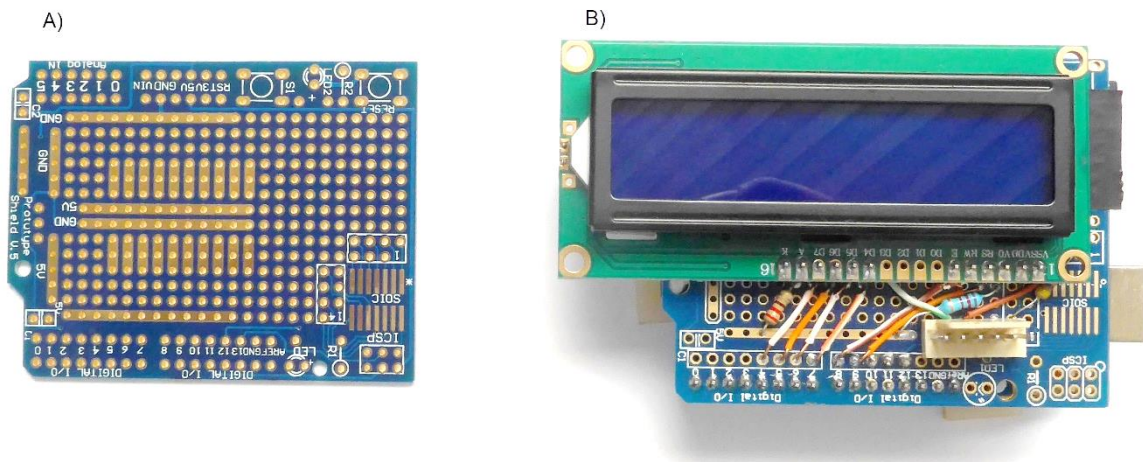


Figura 1. A) Tarjeta prototipo con cobre. B) Tarjeta con una pantalla LCD montada.

Después de seleccionar al *display* había que definir qué sensores y de qué manera estarían conectados. Algunos de los sensores que se habían utilizado en cursos orientados a la enseñanza de la física en el bachillerato, eran un sensor de temperatura, uno de presión, y un sensor de ultrasonido. Para hacer un uso eficiente de los pines de conexión se analizó la posibilidad de diseñar un único conector que pudiera alojar a los diferentes sensores de interés. Para esto, se elaboró la Tabla 1, en donde se muestran los pines necesarios para conectar algunos sensores y el orden en que estaban dispuestos. De esta manera se trataba de encontrar algún arreglo donde se pudieran conectar todos ellos. Se consideró la posibilidad de que los sensores se insertaran en el conector de manera desfasada o incluso con orientación invertida. Se puede observar que las terminales del sensor de temperatura LM35 y del sensor de presión MPX5700 Son las únicas directamente compatibles. No obstante, las terminales del LM35 tienen una menor separación por lo que habría que manipularlas antes de insertar el

componente. Después, se optó por incluir el sensor de temperatura DS18B20 y cómo presenta poca compatibilidad de conexiones con los otros sensores se terminó por descartar la propuesta de un conector único para los cuatro sensores.

Sensor	Pines					
LM35	VCC	Vout	GND			
DS18B20	VCC		GND			Vout (4.7k Ω)
MPX5700	VCC	Vout	GND			
HC-SR04	VCC		GND	Trig	Echo	

Tabla 1. Comparación de los pines de conexión para algunos sensores.

La primera versión del módulo consistió entonces de una tarjeta con un *display* LCD, y conectores para tres sensores: un sensor de temperatura digital y con capacidades de inmersión (DS18B20), un sensor de ultrasonido (HC-SR04), y un sensor de presión (MPX5700). El contar con un sensor la temperatura que se puede sumergir en líquidos es útil para generar curvas de calentamiento o enfriamiento en agua. El sensor ultrasónico se puede utilizar para medir distancias a objetos y calcular velocidades. Y el sensor de presión se puede utilizar para mostrar el concepto de presión en un gas. Se seleccionó el sensor MPX5700 porque genera una señal de voltaje proporcional a la presión registrada sin requerir componentes adicionales. Existen en el mercado otros modelos más económicos pero que requieren circuitería externa antes de poder conectarse a una tarjeta Arduino.

En la Figura 2, se muestra una imagen de la primera versión del módulo escudo y su diagrama esquemático en la Figura 3. El nivel de contraste del *display* LCD se fija mediante dos resistencias, lo cual evita el uso de un potenciómetro, aunque deja fijo dicho contraste. Este módulo cuenta con tres conectores: para un sensor de temperatura, uno

de presión, y un sensor ultrasónico. Para la conexión del sensor de temperatura cuenta con un *jack* de audio estéreo de 3.5 mm, y para la conexión del sensor de ultrasonido y el de presión se tienen dos conectores *header* receptáculo. Para hacerlo más versátil, en la serigrafía se indica la función de cada pin de conexión, con la finalidad de que el usuario pueda reasignarlos a otro sensor.

Después de montar los componentes en el circuito impreso se encontró que el *display* LCD no funcionaba. Después de revisar el circuito se encontró que había un error en las conexiones de las líneas de datos, las cuales debían estar conectadas a las líneas D4-D7, mientras que en el circuito estaban conectadas a las líneas D1-D3. Esta situación se podría corregir mediante cambios en el programa, pero si se deseaba utilizar las bibliotecas estándar de manejo del *display* LCD, era necesario modificar las conexiones. Por lo tanto, se procedió a corregir el diseño. El diseño corregido constituye la segunda versión del módulo escudo y se muestra en la Figura 4.

Como mencionamos anteriormente, el diseño de este módulo se orientó a prácticas de la asignatura de Física. Un experimento muy interesante es el de equilibrio térmico, en el que dos sustancias con temperatura inicial distinta y en contacto térmico intercambian energía hasta terminar con la misma temperatura. Este experimento requiere de dos sensores de temperatura, por lo tanto, a la tercera versión del módulo se le añadió la posibilidad de conectar un segundo sensor de temperatura DS18B20. Esta sería la tercera versión del módulo que se observa en la Figura 5, donde se pueden observar los dos conectores *jack* audio de 3.5 mm.



Figura 2. Módulo escudo, primera versión.

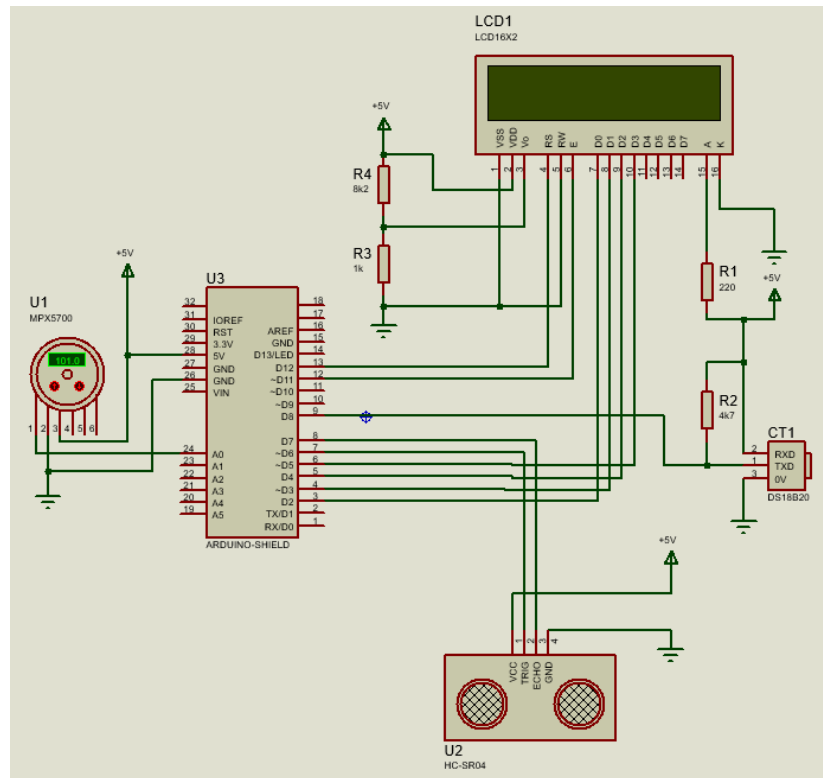


Figura 3. Diagrama esquemático de la primera versión del módulo escudo.

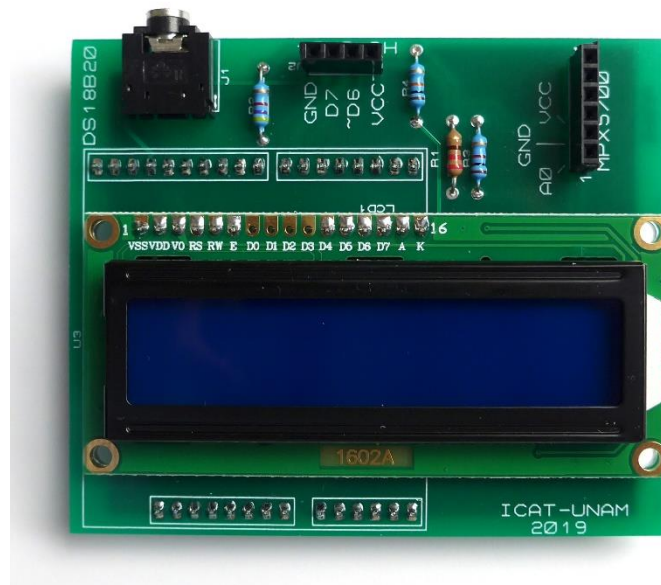


Figura 4. Segunda versión del módulo, con las conexiones al LCD corregidas.

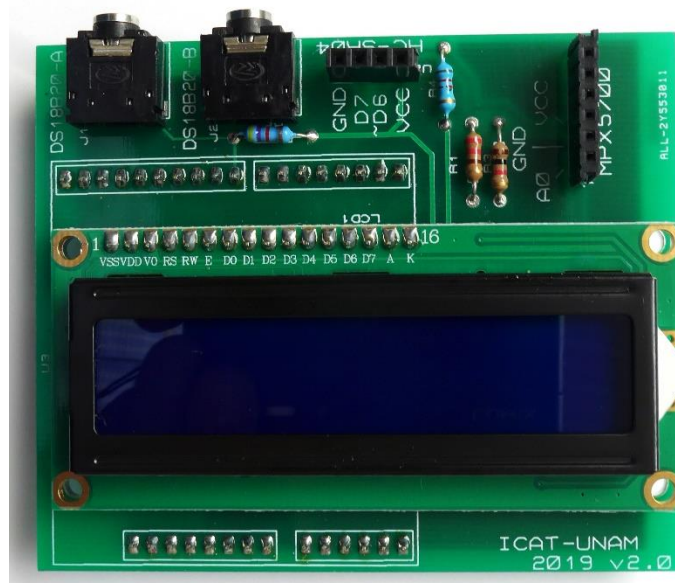


Figura 5. Tercera versión, con conexión para dos sensores de temperatura.

De la tercera versión se armaron seis módulos que se utilizaron en enero de 2020 en un curso de capacitación sobre la tarjeta Arduino, y que se impartió a profesores del CCH plantel Sur. Las opiniones respecto a su utilización fueron divididas: algunos profesores apreciaron la facilidad de uso, mientras que alguno comentó que prefería realizar las conexiones a mano, para aprender un poco de electrónica. Cabe mencionar que todos los profesores que asistieron a ese curso tenían una licenciatura en Física.

En el año 2020 se comenzó a trabajar en el proyecto PAPIME PE101620 “Desarrollo de material didáctico para la asignatura de Informática Aplicada a la Ciencia y a la Industria”. Se comenzó entonces a plantear una nueva versión del módulo, que estuviera orientada al plan de estudios de dicha asignatura, en particular al tema de sensores y actuadores. El primer punto que se evaluó fue la pertinencia de utilizar sensores de temperatura DS18B20, los cuales se estaban conectando mediante el *jack* estéreo. Se quiso tomar en cuenta la facilidad para reemplazar componentes dañados o perdidos. Los sensores de temperatura se comercializan sin ningún conector; solamente cuentan con las terminales desnudas de los cables de conexión. Las versiones previas del módulo requerían del montaje y soldado manual del *plug* estéreo a cada sensor de temperatura; lo cual, en caso de ser necesario un reemplazo, podría representar una dificultad para el

profesor, o los estudiantes. Se analizó la posibilidad de utilizar un conector RJ45, como los utilizados para los cables de redes de cómputo. Con este conector bastaría “poncharlo” a un nuevo sensor. Sin embargo, la cubierta plástica de los cables es demasiado gruesa para poder ser acoplados al conector RJ45; por lo tanto, tuvo que desecharse esta alternativa. Se compraron otros conectores que tienen una pequeña mordaza para aprisionar un cable, pero en este caso los cables del sensor eran demasiado delgados para lograr una conexión confiable. Finalmente, se decidió quitar el sensor DS18B20 y poner un sensor LM35 soldado a la placa. En este caso, no se trataría de realizar experimentos de Física, con curvas de calentamiento y enfriamiento de líquidos (y por ello el sensor de inmersión), por lo que se consideró adecuada la utilización de un sensor integrado a la placa.

Durante la impartición de cursos de Arduino se ha utilizado el sensor de temperatura LM35 para ejercicios de detección de umbrales junto con leds que indiquen si la temperatura es fría, tibia o caliente. Por ello, se decidió incorporar a la tarjeta tres leds: uno verde, uno amarillo y uno rojo.

Como ejemplo de un actuador mecánico se consideró la posibilidad de acoplar un motor de corriente directa (CD) y un servomotor. Para el motor de CD se dispuso de un borne de tres terminales con tornillo. Se requieren solo dos terminales para conectar el motor, pero se añadió una tercera para incluir la posibilidad de utilizar un voltaje distinto a los 5 V proporcionados por la tarjeta Arduino. El motor sería controlado por medio de un transistor Darlington TIP120. Para evitar que los estudiantes lo doblaran se prefirió montarlo de forma horizontal. Por otro lado, para conectar un servomotor, se podría reutilizar el conector *header* diseñado para alojar el sensor de ultrasonido, debido a que sus conexiones tienen un orden compatible.

Para controlar la velocidad del motor de CD o la posición del servomotor, a menudo se utiliza un potenciómetro. Debido a que los potenciómetros están diseñados para ser montados en un chasis y no en una placa de circuito impreso, se tuvo que analizar la situación. Se descartó el uso de *presets*, pues no daban la misma retroalimentación táctil. Se optó entonces por utilizar otro borne de tres terminales con tornillo como medio para conectar el potenciómetro. De esta manera, el dispositivo podría colocarse sobre la placa

y reemplazarse fácilmente en caso necesario. Adicionalmente, el borne de terminales podría utilizarse para conectar algún otro sensor analógico.

Se consideró de interés la posibilidad de conectar un sensor de gas, pues son útiles para detección de condiciones de riesgo o niveles de contaminación. Se seleccionó la familia de sensores MQx debido a su costo moderado y al hecho de que la disposición de sus terminales hacía posible que compartiera el mismo conector que se utiliza para el sensor de presión MPX5700, si bien, ligeramente desfasado.

Con estas consideraciones se diseñó la cuarta versión (ver Figura 6), que no se fabricó, ya que antes de hacerlo se decidió añadir otros sensores, considerando que aún se contaba con líneas de entrada/salida libres en la tarjeta Arduino.

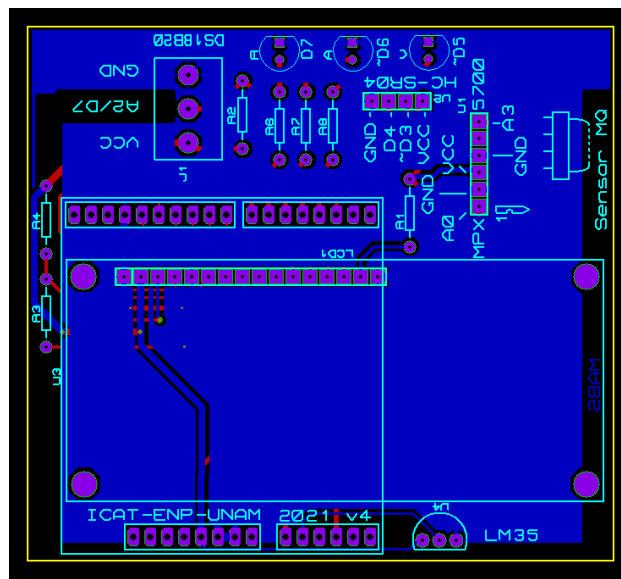


Figura 6. Cuarta versión del módulo.

Entonces, se buscó incorporar sensores adicionales de bajo costo, debido a que se tenía planteado ensamblar 100 tarjetas, y era necesario ajustarse a limitaciones presupuestales. Entonces se consideró añadir una fotorresistencia, que es barata y útil para realizar experimentos de control de iluminación. También se optó por incorporar un interruptor optoelectrónico CNY-70, que es del tipo reflectivo y es útil para la detección

de objetos. En la industria se pueden utilizar para contar objetos en una banda transportadora, por ejemplo.

Para esta nueva versión se tuvo cuidado de no colocar los conectores de manera que pudieran obstruir el uso de otro conector adyacente, para ello, se imprimieron muestras del ruteo del circuito impreso y se colocaron sobre unicel para poder representar la conexión de los sensores de manera física. Esto se puede apreciar en la Figura 7. De esta manera se garantizaba que se podía colocar el sensor de ultrasonido HC-SR04 sin que el borne de tres terminales (para el motor de CD) lo obstaculizara. También se notó que el transistor TIP120 quedaba en una posición donde los alumnos lo podrían doblar, y eventualmente separar de la placa.

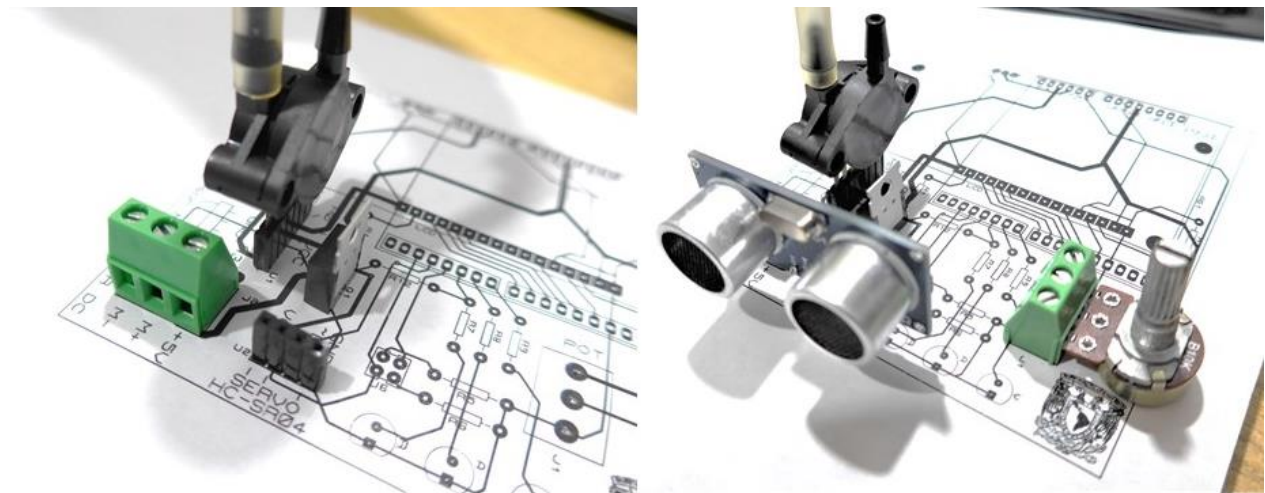


Figura 7. Evaluación del espacio ocupado por conectores y sensores.

La quinta versión del módulo se muestra en la Figura 8. Un potenciómetro se puede conectar a un borne de tres terminales. Parte del potenciómetro se apoya en la placa de circuito impreso, para lograr un montaje más firme. Del lado derecho de la placa, justo arriba del *display* LCD se observan los *pads* donde se monta el interruptor optoelectrónico, el cual no se montó pues se detectó un error en el diseño de sus conexiones. En la Figura 9, se puede observar como el ánodo del fotodiodo se conectó a un pin de la tarjeta Arduino. Esta conexión podría permitir el encendido y apagado del led

La sexta versión del módulo ya incluye las correcciones a la conexión del optointerruptor. Esta nueva versión se muestra en la Figura 10, e incluye un zumbador conectado a la línea A1 del Arduino, que se utiliza como pin de salida digital. También se añaden tres pines para poder conectar directamente el servomotor sin tener que recurrir al uso de *jumpers* receptáculo-pin. Se aprecia que no se ha montado el optointerruptor, pues se descubrió que al crear el componente en la biblioteca se asignaron mal las terminales.

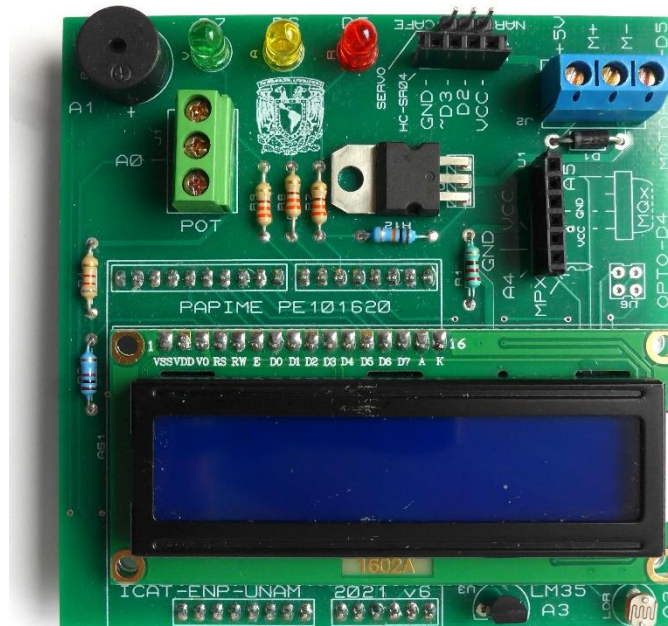


Figura 10. Sexta versión del módulo, que añade un zumbador.

La séptima versión del módulo ya corrige la disposición de pines del optointerruptor y se muestra en la Figura 11. Esta versión fue probada por dos profesoras que reportaron que la temperatura indicada por el sensor LM35 aumentaba conforme transcurría el tiempo. Para corroborar el problema se tomó una imagen termográfica de la placa, que se muestra en la Figura 12. Los tonos amarillos y naranjas indican una temperatura más elevada, mientras que los tonos violetas son zonas más frías. Se observa que el sensor se encuentra ubicado en una zona relativamente caliente de la placa, por lo que se decide moverlo hacia alguna de las esquinas superiores que se encuentran más frías.

El módulo escudo se modificó para cambiar la posición del sensor de temperatura LM35. Sin embargo, esta versión (ocho) no se fabricó, debido a que se decidió incluir otra observación hecha por las maestras.

La segunda observación que hicieron fue que al conectar el motor de corriente directa se “activaba el zumbador”. Al analizar el caso se descubrió que el zumbador no se activaba, si no que el propio motor presentaba una vibración a la frecuencia de la señal PWM que se utiliza para controlar su velocidad. En el diseño actual, la señal se toma de la línea D5, la cual produce una señal de 980 Hz. Como alternativa, se decidió utilizar la línea D3, que produce una señal PWM de 490 Hz.

Se fabricó la versión 9, que incluía las dos modificaciones (ubicación del LM35 y cambio de la línea de PWM). Esta versión tuvo un error en la serigrafía, por lo que la versión final fue la 9a, que se muestra en la Figura 13. El diagrama esquemático se incluye en los anexos.

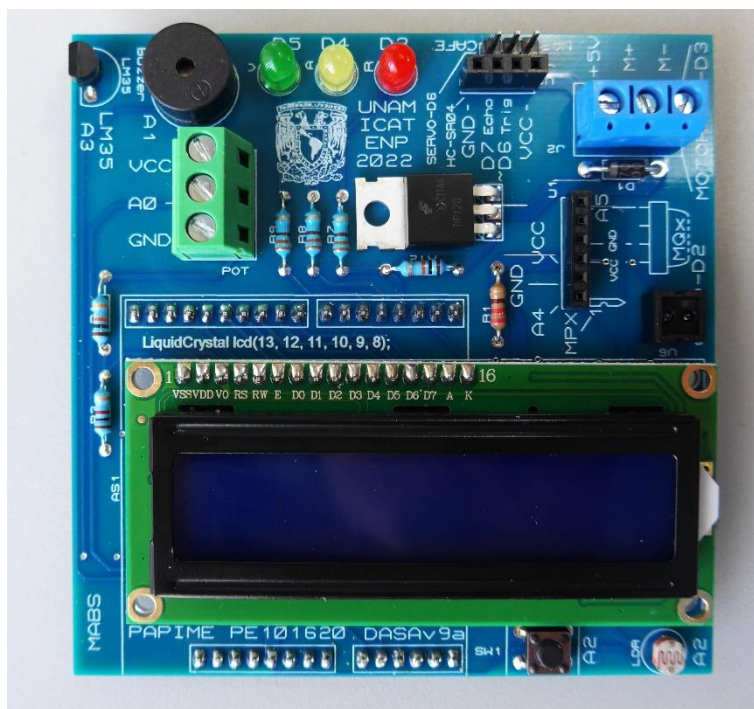


Figura 13. Versión final del módulo escudo con sensores y actuadores.

La versión final del módulo escudo cuenta entonces con las siguientes características: un *display* LCD, un botón interruptor de presión, una fotorresistencia, un interruptor

optoelectrónico, tres leds (rojo, amarillo, verde), un zumbador pasivo, y un sensor de temperatura LM35. Además, cuenta con conectores para insertar: un sensor de presión MPX5700 o un sensor de gas tipo MQ, un sensor ultrasónico HC-SR04 o un servomotor de 5 V CD, un motor de CD y un potenciómetro. Lo anterior se ilustra en la Figura 14.

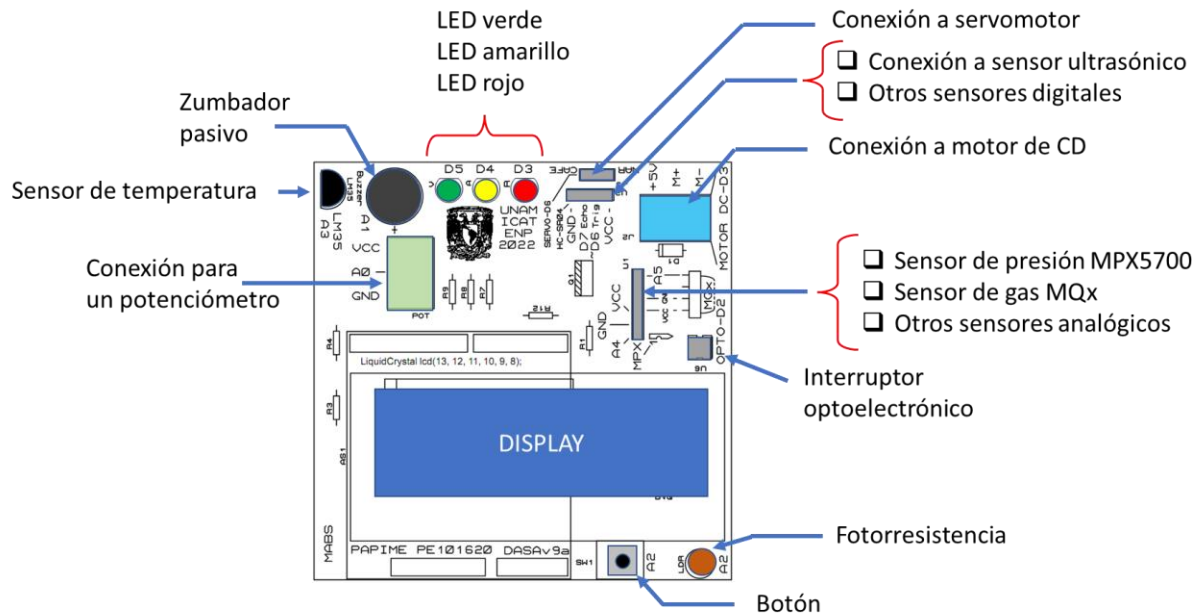


Figura 14. Componentes y conectores del módulo escudo sensores y actuadores.

2 Desarrollo de un módulo escudo con *display* LED de siete segmentos

En paralelo con el desarrollo del módulo escudo de sensores y actuadores se diseñó otro módulo basado en un *display* LED de siete segmentos. Este tipo de *display* ya era utilizado por las profesoras que participaron en el proyecto PAPIME, por lo que resultaba útil tener un módulo que lo incluyera. El primer modelo conceptual se realizó montando el *display* LED en una tarjeta prototipo con cobre, como se muestra en la Figura 15. Al *display* se le añadió el control de su terminal de cátodo común mediante un transistor conectado a una línea con capacidad de generación de señales PWM (pin D5). De esta

manera, sería posible controlar la intensidad del *display*, lo cual ampliaba las posibilidades de creación de prácticas o ejemplos de programación. Esto tiene la ventaja adicional de que el circuito se vuelve diferente al típico que se puede encontrar en sitios de internet, por lo que para la utilización del código ya no bastaría con copiar y pegarlo. Adicionalmente se consideró interesante añadir cuatro botones (interruptores de presión), los cuales pudieran ser utilizados para introducir números binarios de cuatro bits, para desplegar el resultado mediante el *display* LED, y otras actividades. Se decidió colocar los botones alrededor del *display*, para que el usuario pueda accionarlos simultáneamente, por ejemplo, utilizando los dedos índice y medio de ambas manos.

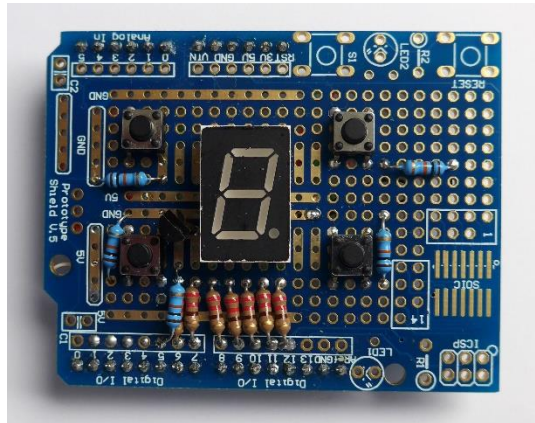


Figura 15. Idea de concepto de un módulo con display LED de siete segmentos.

El diseño se tuvo que corregir en una ocasión, debido a que al crear el componente LED de siete segmentos en la biblioteca del programa de creación de circuitos impresos, se invirtieron inadvertidamente dos pines. Esta es una situación que se pudo haber corregido por software, pero se decidió que era más conveniente tener una asignación directa entre el orden de los pines de la tarjeta Arduino y los segmentos del *display*. El módulo desarrollado se muestra en la Figura 16.

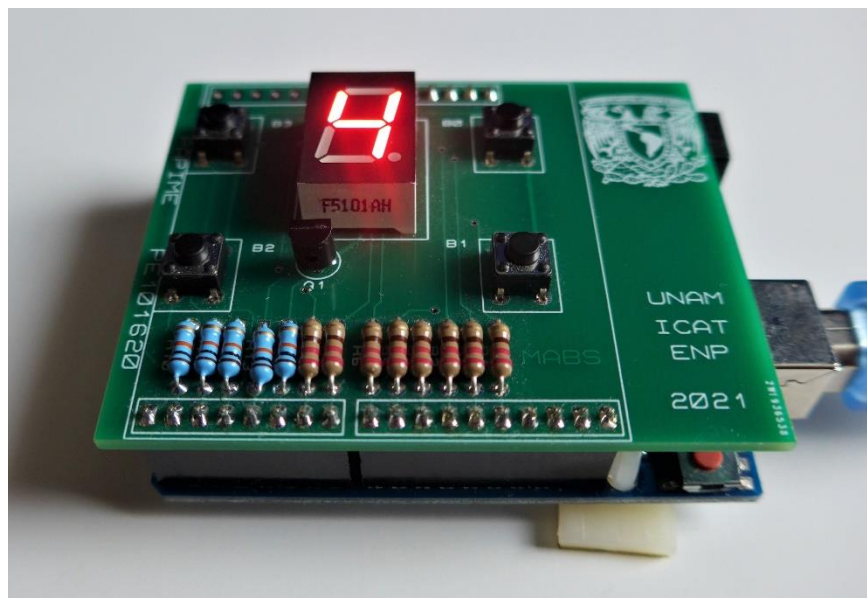


Figura 16. Módulo display LED siete segmentos funcionando.

Los pines del módulo tienen la asignación mostrada en la Tabla 2. En este diseño, el pin D0 del Arduino, no se utiliza. El diagrama esquemático se incluye en los anexos.

Este módulo se puede utilizar para presentar diferentes conceptos de programación. Por ejemplo, se puede utilizar un arreglo de elementos para manejar los diferentes segmentos del *display* LED. También se pueden utilizar ciclos iterativos para realizar contadores ascendentes o descendentes. Incluso se puede elaborar una sencilla máquina de estados para detectar una secuencia de teclas que sirva como una chapa electrónica.

Pin Arduino UNO	Conexión
D13	Punto decimal
D12	Segmento G
D11	Segmento F
D10	Segmento E
D9	Segmento D
D8	Segmento C
D7	Segmento B
D6	Segmento A
D5	Control de luminosidad PWM
D4	Botón bit 3
D3	Botón bit 2
D2	Botón bit 1
D1	Botón bit 0
D0	No se utiliza

Tabla 2. Asignación de pines del módulo display LED de siete segmentos.

3 Resultados

Se ha verificado la operación de los módulos desarrollados mediante los programas incluidos en los anexos. Los módulos serán utilizados en la impartición de la asignatura Informática Aplicada a la Ciencia y a la Industria en la Escuela Nacional Preparatoria de la UNAM. Como las clases siguen siendo en línea, no ha sido posible evaluar su utilización con alumnos. Sin embargo, los profesores que han tenido contacto y probado los módulos consideran que son una herramienta muy útil, ya que se evitan errores de conexión y se hace más rápida la implementación de ejercicios y prácticas.

Al momento de presentar este informe se habían ensamblado 200 tarjetas del módulo LED de 7 segmentos (ver Figura 17) y se continuaba el proceso de montaje de 120 tarjetas del módulo escudo de sensores y actuadores (ver Figura 18). Los módulos de sensores y actuadores se complementan con un kit de accesorios que incluyen: motor de CD, servomotor, sensor ultrasónico HC-SR04, potenciómetro de 10 k Ω , sensor de

temperatura y humedad HCT11, sensor de presencia PIR, ventilador de 5 V CD, tarjeta Arduino UNO con cable USB, *jumpers* de conexión y un desarmador plano.



Figura 17. Módulos escudo LED 7 segmentos.



Figura 18. Algunos módulos escudo de sensores y actuadores ya ensamblados.

Referencias bibliográficas

Arduino. (2021). Language Reference. En: <https://www.arduino.cc/reference/en/>, acceso el 3 de mayo de 2022.

Bañuelos, M. A. (2017). “Tutorial sobre Arduino”, informe interno ICAT-UNAM, II-INME-2017-472. 50 págs.

Bañuelos, M. A. ed. (2019). Prácticas de física desarrollando tu propio instrumento electrónico de medición. En: <https://www.rua.unam.mx/portal/recursos/ficha/84552> , acceso el 3 de mayo de 2022.

Perea, Francis. (2015). Arduino Essentials. Packt Publishing.

Santos, Rui and Santos, Sara (2019). 25 useful Arduino shields that you might need to get. En <https://randomnerdtutorials.com/25-arduino-shields/>, acceso el 3 de mayo de 2022.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a la Dirección General de Asuntos del Personal Académico por el apoyo al proyecto PAPIME101620 “Desarrollo de material didáctico para la asignatura de Informática Aplicada a la Ciencia y a la Industria”, mediante el cual se financió la compra de equipo, materiales y componentes requeridos para el desarrollo de este trabajo.

24

ANEXO B. Lista de partes del módulo escudo de sensores y actuadores

Número de parte	Descripción	Cantidad
R1	Resistencia carbón 220 Ω 5% ½ W	1
R3	Resistencia carbón 1 k Ω 5% ½ W	1
R4, R6, R10, R12	Resistencia carbón 10 k Ω 5% ½ W	4
R5	Resistencia carbón 100 Ω 5% ½ W	1
R7-R9	Resistencia carbón 330 Ω 5% ½ W	3
LM35	LM35DZ Sensor de temperatura	1
U6	CNY-70 optointerruptor	1
Q1	TIP120 o TIP122. Transistor Darlington NPN	1
D1	1N4007 Diodo rectificador	1
R	LED rojo 5 mm	1
A	LED amarillo 5 mm	1
V	LED verde 5 mm	1
Buzzer	Zumbador pasivo	1
LDR	Fotorresistencia 0.5 M Ω	1
J1-J2	Bloque de terminales con tornillo TRTG-03	2
LCD1	LCD 16x2	1
SW1	<i>Push-button</i>	1
U1	<i>Header</i> receptáculo 6 posiciones	1
U2	<i>Header</i> receptáculo 4 posiciones	1
J3	<i>Header</i> pin 3 posiciones	1
	Pines de conexión 16 posiciones	1
	Pines de conexión 6 posiciones	1
	Pines de conexión 8 posiciones	2
	Pines de conexión 10 posiciones	1
DASA v9a	Placa de circuito impreso	1

Tabla B.1. Lista de partes del módulo sensores y actuadores.

ANEXO C. Circuito impreso del módulo escudo de sensores y actuadores

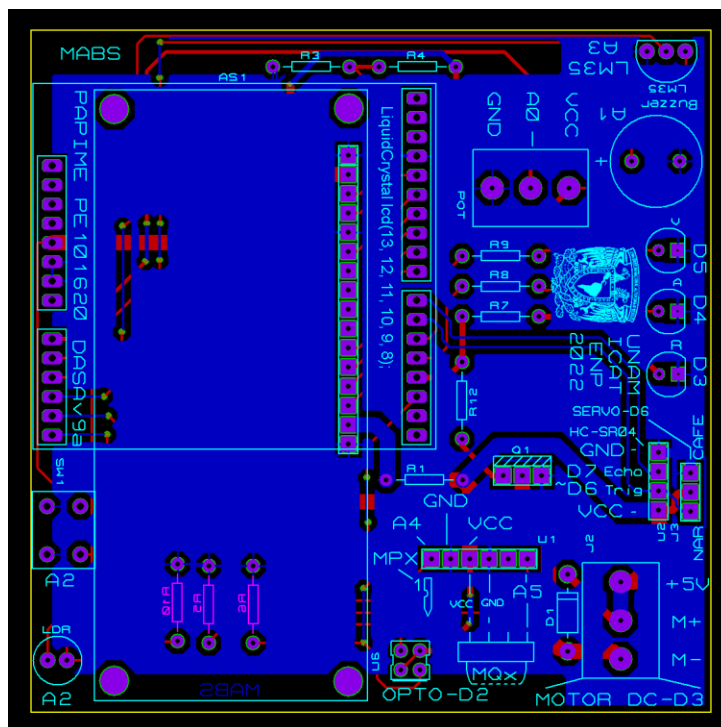


Figura C.1. Circuito impreso del módulo sensores y actuadores.

ANEXO D. Programa de prueba del módulo escudo de sensores y actuadores

Tabla D.1. Programa básico de prueba del módulo sensores y actuadores.

```
/* DASA9_test
 * Programa que prueba el módulo v9b
 * Enciende secuencialmente los LED
 * Enciende el zumbador por medio segundo en dos tonos
 * Mide y despliega la temperatura ambiente
 * Prueba la fotoresistencia y el optointerruptor
 * UNAM 2022*/

// Se requiere la biblioteca de uso del display
#include <LiquidCrystal.h>
#define LEDR 3 //LED Rojo en el pin D3
#define LEDA 4 //LED Amarilo en el pin D4
#define LEDV 5 //LED Verde en el pin D5
#define buzzer A1 // zumbador en el pin A1
#define LM35 3 //Sensor de temperatura en pin A3
#define opto 2 //Optointerruptor en pin D2
const int fotor=A2; // pin de la fotoresistencia
// Se definen los pines que se comunican con el display
// lcd(RS, E, D4, D5, D6, D7);
LiquidCrystal lcd(13, 12, 11, 10, 9, 8);
byte o_acento[8] = {
    0b00011,
    0b00000,
    0b01110,
    0b10001,
    0b10001,
    0b10001,
    0b01110,
    0b00000
}; //Se crea una letra o acentuada
const int pinSensor = 0; // A0 es el pin del sensor analogico
int valorSensor = 0;
float temp = 0;
// Inicialización
void setup() {
    lcd.createChar(0, o_acento); // Crea el caracter en la posición 0
    lcd.begin(16, 2); // LCD es de 2 renglones y 16 caracteres
    lcd.print("M");
    lcd.write((byte)0);
    lcd.print("dulo DASA");
    pinMode(LEDR, OUTPUT);
    pinMode(LEDA, OUTPUT);
    pinMode(LEDV, OUTPUT);
    pinMode(buzzer, OUTPUT);
    pinMode(opto, INPUT); //cny70
    pinMode(fotor, INPUT); //A2 como entrada digital
    tone(buzzer, 440); //440 Hz
    delay(500);
    tone(buzzer, 494);
    delay(500);
    noTone(buzzer);
    digitalWrite(LEDR, HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite(LEDR, LOW);
    digitalWrite(LEDA, HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite(LEDA, LOW);
    digitalWrite(LEDV, HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite(LEDV, LOW); }
```

ANEXO E. Diagrama esquemático del módulo escudo *display* LED de 7 segmentos

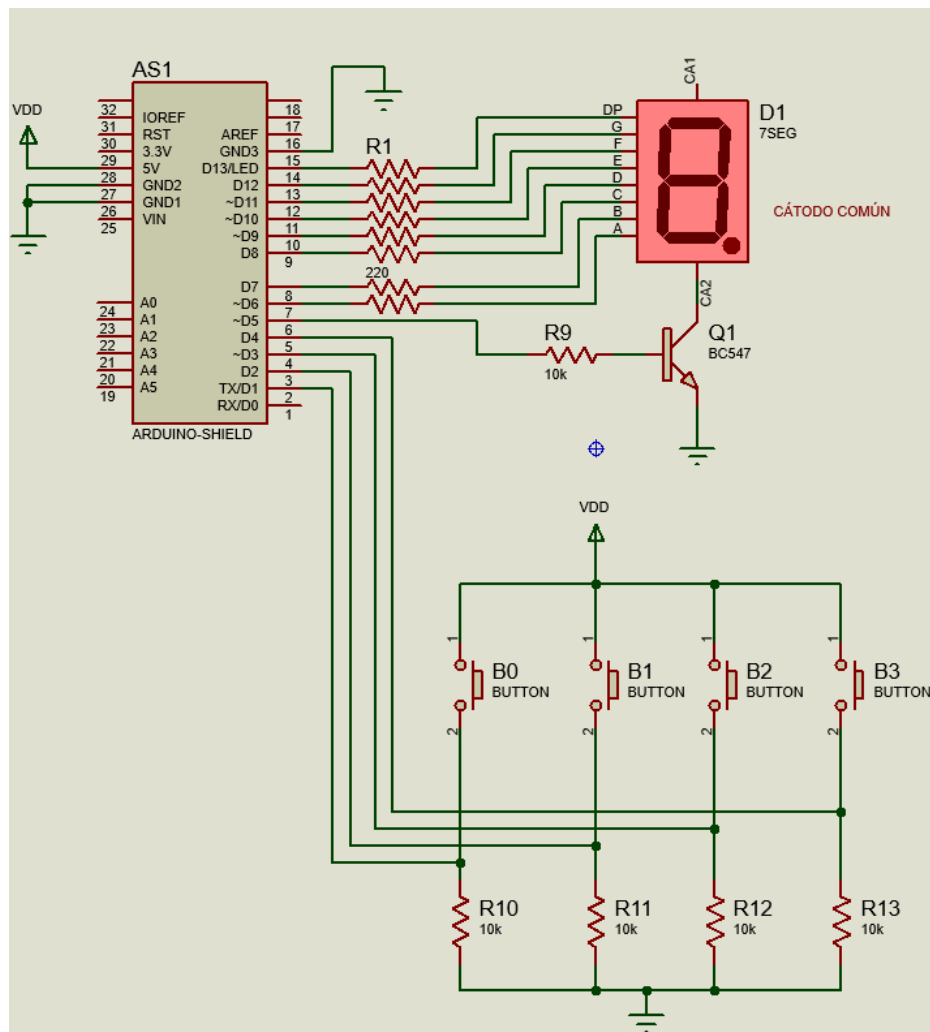


Figura E.1 Diagrama esquemático del módulo *display* LED 7 de segmentos.

ANEXO F. Lista de partes del módulo escudo *display* LED de 7 segmentos

Número de parte	Cantidad	Descripción
J1, J2	2	Header 8 pines, pin
J3	1	Header 10 pines, pin
D1	1	<i>Display</i> LED 7 segmentos cátodo común (F5101AH)
Q1	1	BC547 transistor NPN
B0-B3	4	<i>Push button</i> 6 mm x 6 mm
R1-R8	8	Resistencia carbón 220 Ω 5% $\frac{1}{2}$ W
R9-R13	5	Resistencia carbón 10 k Ω 5% $\frac{1}{2}$ W
Placa 7-segmentos	1	Circuito impreso doble cara

Tabla F.1. Lista de partes del módulo display LED de 7 segmentos.

ANEXO G. Programa de prueba del módulo escudo *display* LED de 7 segmentos

```
/*
  _7Seg_single_segment_Test_dot
  Programa que prueba el uso de un Display de 7 segmentos
  El display se maneja con un transistor en D1
  Enciende cada segmento y el PD de manera consecutiva
  (2021) UNAM
*/

// Arreglo con la tabla de segmentos
//          P A B C D E F G
const byte numeros[12] = {B01111110, // 0
                          B00110000, // 1
                          B01101101, // 2
                          B01111001, // 3
                          B00110011, // 4
                          B01011011, // 5
                          B00011111, // 6
                          B01110000, // 7
                          B01111111, // 8
                          B01110011, // 9
                          B10000000, // punto decimal
                          };

// Un arreglo con los pines del display
//          A B C D E F G pd
const int pinSegmento[] = {6,7,8,9,10,11,12,13};
const int Q=5; //Pin base del transistor

void setup() {
  // Para configurar los pines de salida
  for(int i=0; i < 8; i++){
    pinMode(pinSegmento[i], OUTPUT);
  }
  pinMode(Q, OUTPUT);
  digitalWrite(Q, HIGH); //Permanece activo el display
}

void loop() {
  for(int i=0; i < 8; i++) {
    digitalWrite(pinSegmento[i],HIGH);
    delay(1000);
    digitalWrite(pinSegmento[i],LOW);
    delay(100);
  }
}
```

Tabla G.1. Programa de prueba del módulo *display* LED de 7 segmentos.

ANEXO F. Circuito impreso del módulo escudo *display* LED de 7 segmentos

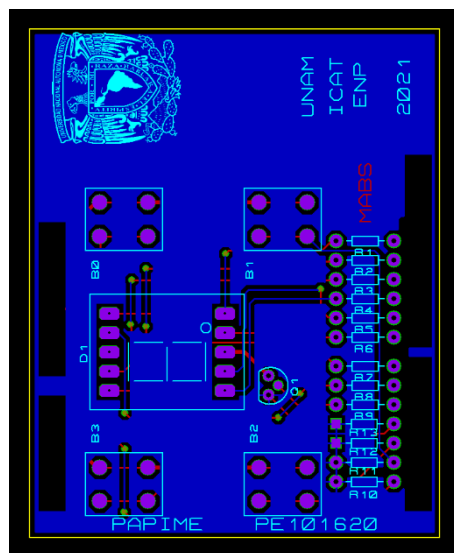


Figura F.1. Circuito impreso del módulo *display* LED 7 segmentos.