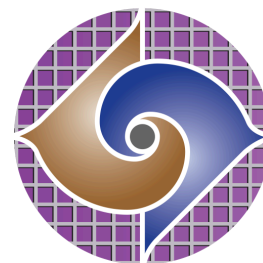




# Universidad Autónoma de Baja California

## Facultad de Ciencias



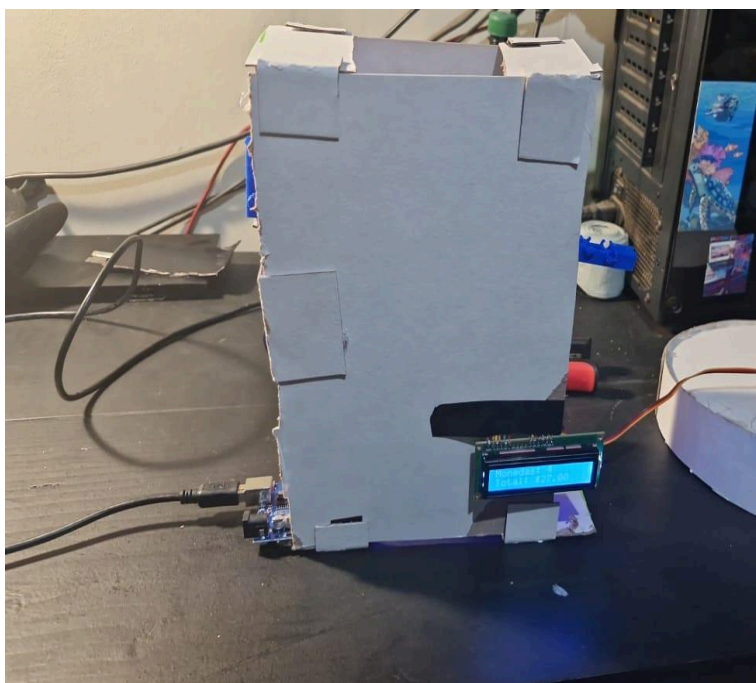
### Programación de Sistemas Empotrados

**Docente:** Eloísa del Carmen García Canseco

**Integrantes:**

- |                                 |        |
|---------------------------------|--------|
| - Alan Eduardo Crespo Valdivia  | 361149 |
| - David Armando Palafox Beltrán | 365166 |

**Proyecto:** Detector y clasificador de monedas por medio de fototransistores



Ensenada, Baja California a 03 de junio del 2024

## 1. Objetivo

El objetivo del proyecto es diseñar, desarrollar e implementar un sistema automatizado de conteo y clasificación de monedas mexicanas de diferentes denominaciones (10, 5, 2, 1 y 0.5 pesos) utilizando un Arduino Uno y componentes electrónicos adicionales. Este sistema tiene como finalidad principal ofrecer una solución eficiente y precisa para el manejo de efectivo, permitiendo a los usuarios contar y clasificar monedas de manera rápida y confiable.

Específicamente, los objetivos del proyecto incluyen:

1. Diseñar un mecanismo de entrada que permita la introducción de monedas de manera ordenada y segura en el sistema.
2. Implementar un sistema de detección basado en fototransistores para identificar y clasificar las diferentes denominaciones de monedas.
3. Desarrollar un algoritmo de control que interprete las señales de los fototransistores y determine el valor de cada moneda detectada.
4. Diseñar y construir un mecanismo de clasificación que dirija las monedas detectadas hacia diferentes compartimentos o bandejas según su denominación.
5. Programar el Arduino Uno para coordinar todas las funciones del sistema, incluyendo la detección, clasificación y control de los motores.
6. Diseñar una interfaz gráfica para dar un diseño más amigable que el loggable mediante consola serial.

## 2. Introducción

En el contexto de la gestión eficiente de efectivo, el contar y clasificar monedas de diferentes denominaciones puede ser un proceso laborioso y propenso a errores. Para abordar esta problemática, se ha desarrollado un proyecto basado en un Arduino Uno que ofrece una solución innovadora y precisa.

Este proyecto tiene como objetivo principal la creación de un contador y clasificador de monedas mexicanas de 10, 5, 2, 1 y 0.5 pesos. A través de la integración de tecnología de fotodetección y control de motores, el sistema es capaz de recibir monedas a través de una ranura, determinar su valor mediante la lectura de seis fototransistores y, finalmente, clasificarlas adecuadamente haciendo girar una bandeja receptora.

Si bien este proyecto se inspira en diseños previamente disponibles en la red, su implementación implica un rediseño completo y una adaptación a necesidades específicas. La innovación reside en la combinación de componentes electrónicos

estándar con un diseño mecánico optimizado para lograr un sistema eficiente y confiable.

El propósito de este documento es proporcionar una descripción detallada del diseño, la implementación y el funcionamiento de este contador y clasificador de monedas. Se explorarán los componentes utilizados, el proceso de ensamblaje, el software desarrollado y las pruebas realizadas para validar su rendimiento. Además, se discutirán posibles aplicaciones y mejoras futuras para este sistema.

### **3. Lista de materiales:**

- 1 Microcontrolador arduino uno o compatibles.
- 1 Cable USB tipo A-B
- 1 Protoboard
- 6 LEDs infrarrojos azules (emisor)
- 6 fototransistores transparente de 5mm (modelo PT331C)
- 6 transistores 2N2222A
- 6 resistencias de 330 ohms
- 13 resistencias de 1k ohms
- 6 resistencias de 22k ohms
- 1 resistencia 220 ohms
- 2 placas de pruebas de 150x80 mm (tamaño sugerido)
- 1 Display LCD 2x16
- 1 Servomotor motor-110
- +35 Cables de conexión (jumpers)
- Acceso a impresión 3D
- Estaño y materiales para soldar
- Herramientas varias (pinzas para cortar cable, cautín, etc.)

### **4. Funcionamiento**

En la tarjeta Arduino uno se conectan todos los fototransistores en los pines análogos del mismo. También se le conectaron todos los LEDs infrarrojos y el servomotor en los pines digitales. Cada una de las cosas mencionadas estaban alimentadas por la salida de 5V del Arduino, así como tenían su conexión a tierra.

Para este proyecto se tuvo que imprimir una pieza específica en 3D que tiene orificios en ambos lados a la altura de cada moneda para que pudieran pasar las monedas por este y que, con los fotorresistores y LEDs infrarrojos, se pudiese realizar la detección de monedas. Estas 2 partes necesarias para la detección se tuvieron que conectar en placas distintas para colocar 1 en cada dirección de la pieza.

La primera placa tiene soldados LEDs infrarrojos azules con 5V de alimentación, que se conectan de forma paralela con resistencias de 330 ohms, mientras que la segunda fototransistores transparentes que detectan los niveles de luz de los LEDs infrarrojos, soldados a la placa con resistencias de 22k ohms, una resistencia de 1k ohm que va hacia un transistor y otra resistencia igual para la alimentación de 5V hacia el transistor, mismo voltaje de alimentación de los fototransistores, conectados de forma paralela..

Cuando una moneda pasa por la pieza, bloquea la detección de luz infrarroja para el primer orificio de la pieza, misma que funge como entrada y marca un inicio de detección.

Si se ingresó una moneda de 1 peso, esta bloquea la detección de luz infrarroja en su orificio correspondiente y, al no tener la altura para bloquear los siguientes orificios, termina pasando por el orificio de salida y esto finaliza la detección de monedas hasta que introduzca una nueva. Eso mismo funciona con el resto de monedas: la de 2 pesos pasa por el orificio de entrada, 1 peso, 2 pesos y el orificio de salida; la de 5 pesos para por el orificio de entrada, de 1 peso, 2, 5 y por el orificio de salida; la de 10 pesos pasa por todos los orificios; a excepción de las monedas de 50 centavos que es contada por solo pasar por los orificios de entrada y salida.

Cuando las monedas pasan por el último orificio que funge como la finalización de esa detección específica, en la pantalla LCD se imprime el total de dinero contado y la cantidad de monedas detectadas, misma pantalla que está conectada a 6 pines digitales del Arduino, 2 conexiones a la corriente de 5V del arduino (una directa y otra con una resistencia de 220 ohms de por medio) y 4 conexiones a tierra (1 con una resistencia de 1k ohm y 3 directas).

Además, el servomotor gira para colocarse en la posición específica para que la moneda caiga en su respectiva bandeja.

El software del Arduino es responsable de detectar y contar monedas insertadas, así como de determinar su valor y accionar un rotomotor para dirigir las monedas a diferentes compartimentos. En la inicialización se configuran los pines del Arduino que estarán conectados a los fototransistores y al servo motor, se inicializa la comunicación serial a 9600 baudios para la comunicación con la interfaz gráfica, se inicia la pantalla LCD para mostrar mensajes al usuario, se inicializa el servo motor en la posición cero. En el loop principal se leen los valores de los fototransistores para detectar la presencia y el valor de las monedas. Cuando una moneda es detectada por el fototransistor correspondiente, el sistema determina su valor basado en qué fototransistor se activa. Dependiendo del valor detectado, se incrementa el contador correspondiente y se mueve el servo motor a la posición que corresponde al compartimiento adecuado. Se actualiza el contador de monedas total y se muestra la cantidad total de dinero en la pantalla LCD. Los datos de los contadores individuales y el total se envían a través del puerto serial para que la

interfaz gráfica los pueda procesar. Finalmente, al recibir un comando de reinicio desde la interfaz gráfica, el Arduino resetea los contadores de monedas y totaliza el dinero, preparando el sistema para un nuevo ciclo de conteo.

La interfaz gráfica está desarrollada en Python utilizando tkinter para la GUI y pygame para la reproducción de sonidos. Su propósito es mostrar el estado del conteo de monedas en tiempo real y permitir la interacción del usuario con el sistema. Se configura una interfaz gráfica sencilla así como la inicialización de la comunicación serial con el Arduino. Un método se llama periódicamente para leer datos desde el puerto serial, si hay datos disponibles, se procesan para actualizar las etiquetas correspondientes en la GUI. Dependiendo de la información recibida, se reproducen sonidos específicos para el conteo de monedas y el reinicio del contador. Utilizando pygame.mixer, se reproducen sonidos almacenados en archivos locales cada vez que se cuenta una moneda o se reinicia el contador. Los sonidos se reproducen en un hilo separado para no bloquear la ejecución del programa principal.

Al presionar el botón de reinicio, se envía un comando al Arduino para resetear los contadores, se muestra una ventana emergente solicitando al usuario que retire sus monedas antes de continuar. La ventana emergente debe ser confirmada por el usuario antes de que el conteo pueda reanudarse y al confirmarse la acción, se resetean las etiquetas en la GUI y se permite continuar con el conteo de monedas.

## **5. Desarrollo del proyecto**

Para explicar el desarrollo del proyecto lo separaremos por módulos, después tendremos una sección dedicada a cómo ensamblar estas partes. Los módulos del proyecto son los siguientes.

- Impresión 3D
- Placa de LEDs emisores
- Placa de fototransistores receptores
- Conexión servomotor
- Conexión pantalla LCD
- Conexión de todos los módulos
- Desarrollo de software

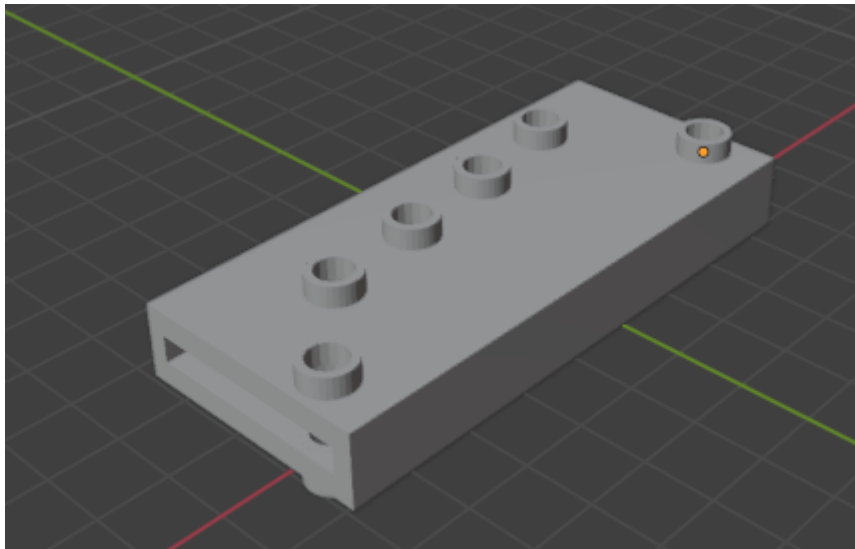
### **5.1 Impresión 3D**

La impresión 3D del proyecto compone parte importante, no porque esta requiera electrónica por sí sola, sino porque la pieza a imprimir es aquella que une más adelante nuestra placa de emisores con nuestra placa de receptores. La pieza está diseñada de forma que cada fototransistor receptor se encuentra frente a un emisor.

La pieza a imprimir fue diseñada en Blender, llevando un control de medidas en metros para después ser exportada con un cambio de dimensiones. La pieza en cuestión está basada en la que podemos encontrar en cults3D, pieza que cumple con las dimensiones necesarias, lamentablemente no fue posible utilizar esta pieza tal como la encontramos debido a que presenta ciertos problemas como:

- Orificios demasiado pequeños para nuestras piezas (3mm vs 5mm)
- Estructura endeble

Es por estas razones que optamos por realizar el modelo nosotros mismos adaptándolo a nuestras necesidades (imagen 5.1.1)



**Imagen 5.1.1: Modelo blender de la placa de unión.**

Una vez se tiene el modelo 3D en formato .blend podemos exportarlo a un archivo nativo STL, asegurándonos de exportarlo con un escalar a un x10 la pieza.

Con relación a la impresión 3D de la pieza, utilizamos una impresora MakerBot Replicator II, la cual requiere un formato de archivo .x3g. Este archivo lo podemos obtener de importar nuestro archivo STL a la aplicación de MakerBot Print (Imagen 5.1.2), donde además escogeremos la configuración del archivo e impresión. Los parámetros usados por nosotros fueron:

- Impresión balanceada
- Velocidad de 130 mm/s
- Temperatura 220 grados centígrados
- Imagen girada para encontrarse sobre su base.
- Base Padded Base + Brims

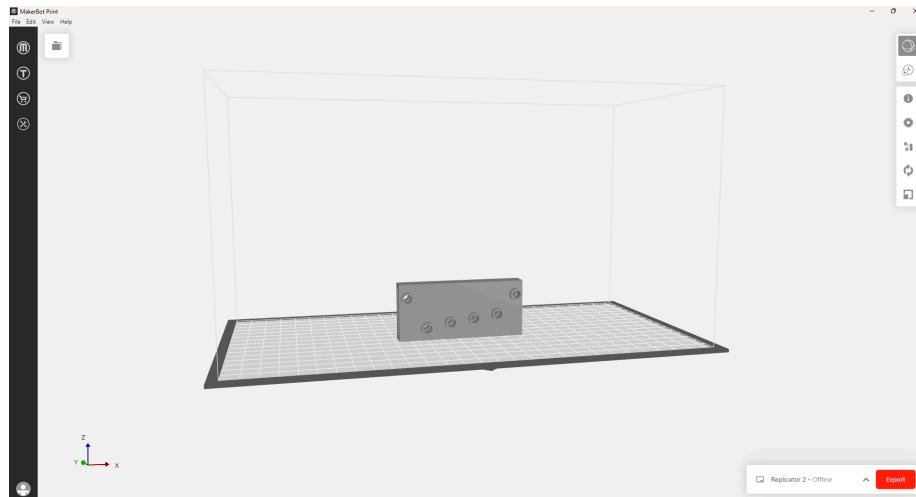


Imagen 5.1.2: Vista de aplicación MakerBot Print

Una vez configurados estos parámetros, solo queda cargar el modelo en la tarjeta SD y empezar la impresión.

Como resultado obtendremos la pieza 3D (imagen 5.1.3), debemos asegurarnos de que no tenga demasiados huecos, ya que estos serán salidas de luz que podrían agregar ruido innecesario.

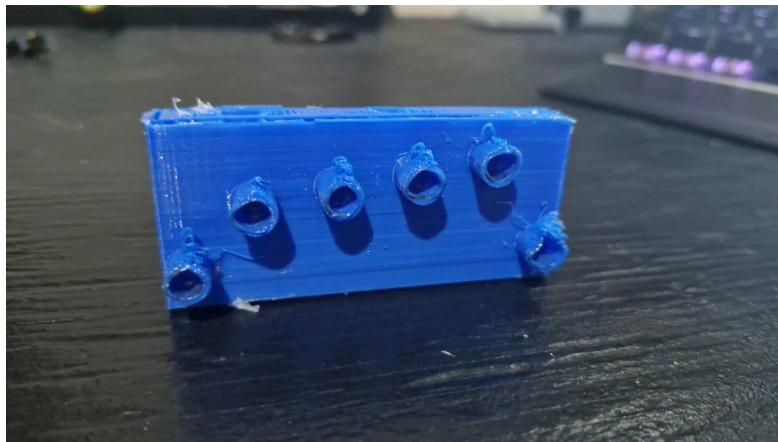


Imagen 5.1.3: Pieza 3D impresa

## 5.2 Placa de LEDs emisores

Materiales necesarios para esta parte:

- 6 LEDs infrarrojos azules
- 6 resistencias de 330 ohms
- 2 (o más) cables de conexión
- 1 Placa de pruebas

Aquí soldamos los LEDs emisores a la placa de pruebas, en la placa de pruebas haremos dos líneas que conecten toda la placa, una por la parte superior de esta

(se conectará al cable de alimentación) y otro por la parte inferior (se conectará al cable de tierra), al cable de alimentación irán conectadas las 6 resistencias de 330 ohms en paralelo, a cada resistencia irá un LED conectado por el ánodo (pata más larga, positivo) y al cable de tierra irá el cátodo del LED (pata más corta, negativo). A la línea realizada en la parte superior de la placa se le soldará un cable más largo que cumplirá el propósito de conectarse a la fuente de alimentación (5V), mientras que la línea inferior se soldará a otro cable que cumplirá la función de ir directamente a tierra. Hay que asegurarnos de que la posición de los LEDs en la placa coincida con la posición que estos toman en la pieza 3D, podemos observar la separación que deben tener estos en la imagen 5.2.1.

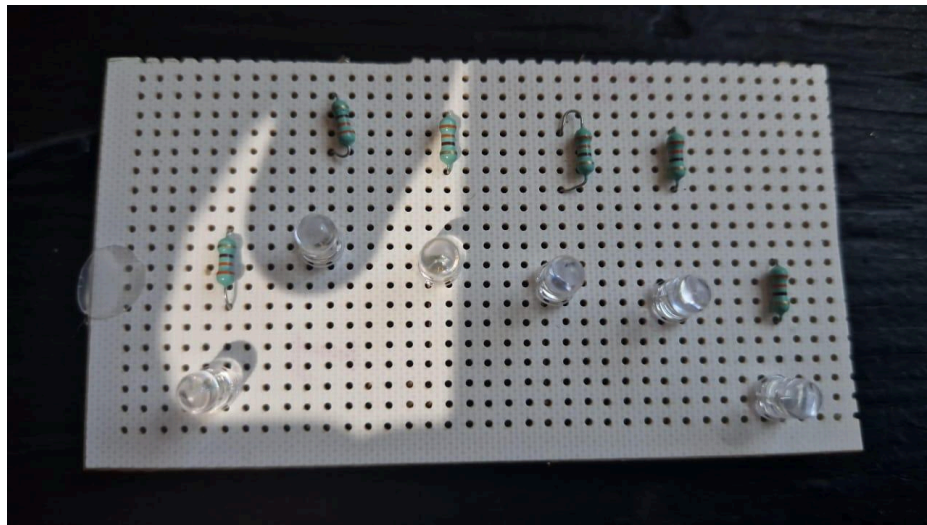


Imagen 5.2.1: Parte frontal de placa de emisores (ánodo a la derecha)



Imagen 5.2.2: Parte trasera de placa de emisores

Con el propósito de ser un poco más claros con la conexión de estos LEDs compartimos esta simulación realizada en TinkerCad (Imagen 5.2.3).



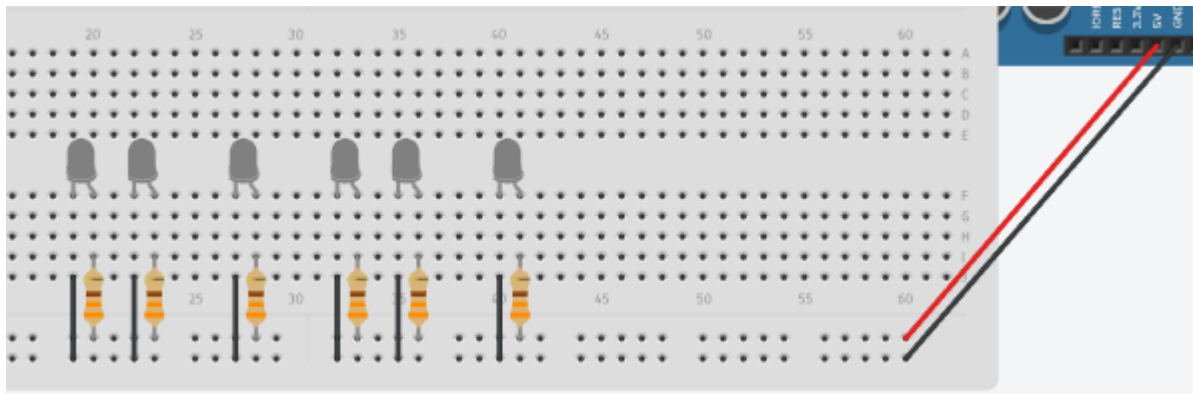


Imagen 5.2.3: Conexión de LEDs en simulación

Como resultado de esta sección, tenemos una placa de LEDs que enciende todos al conectarla a los 5V suministrados por el arduino UNO.

### 5.3 Placa de receptores

Materiales necesarios para esta sección:

- 6 fototransistores transparente de 5mm (modelo PT331C)
- 6 transistores 2N2222A
- 12 resistencias de 1k ohms
- 6 resistencias de 22k ohms
- +10 cables de conexión

Para esta placa se sigue un proceso parecido, se agrega una línea de soldadura en la parte superior de esta que cumplirá con ser la línea de tierra y una en la parte inferior que cumple con ser la línea de alimentación, cada fototransistor y sus respectivas resistencias se conectan a estas líneas y a un cable que funciona como la salida individual por transistor. Explicar el acomodo en placa podría ser contraproducente por lo que lo mejor es mostrar la conexión en simulación (imagen 5.3.1) y el resultado final obtenido por nosotros (imagen 5.3.2 frontal, imagen 5.3.3 trasera).

Imagen 5.3.1: Simulación de conexión de fototransistor

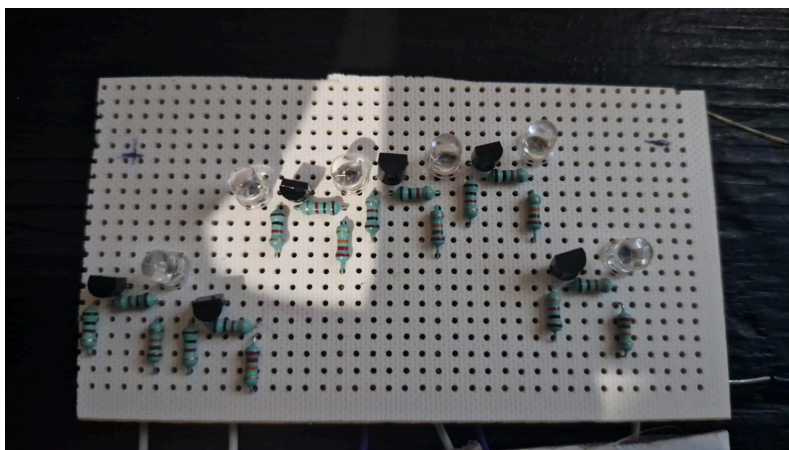


Imagen 5.3.2: Vista frontal de la placa de receptores

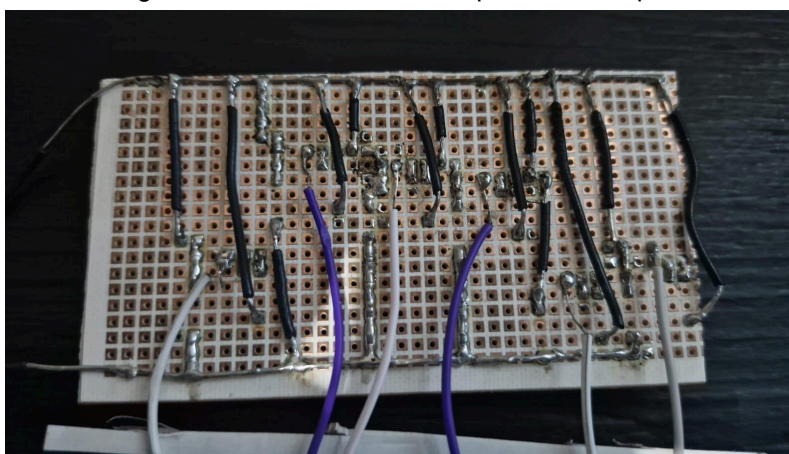


Imagen 5.3.3: Vista trasera de la placa de receptores

Al igual que en la sección anterior, es importante asegurarse de que los fototransistores se encuentren en la posición correcta de forma que encajen en la pieza 3D.

#### 5.4 Conexión servomotor

Materiales necesarios para esta sección:

- Servomotor (modelo motor-110)
- 3 cables de conexión

Esta parte es relativamente sencilla si se cuenta con un motor del mismo modelo que nosotros, solo hace falta conectar 3 cables de conexión (jumpers) a las entradas del motor. En esta sección intentaremos usar los mismos colores en los cables para mantener el código de color, considerando que;

- Cable rojo: Alimentación
- Cable café: Tierra
- Cable naranja: Cable a pin Arduino

#### 5.5 Conexión pantalla LCD

Materiales necesarios para esta sección:

- Pantalla LCD 1602A
- +26 cables de conexión
- 1 resistencia de 1k ohms
- 1 resistencia de 220 ohms

Para esta sección puede que los pasos cambien dependiendo del tipo de pantalla con el que se cuente, en nuestro caso explicaremos el proceso desde el momento en que abrimos la pantalla.

La primera parte consiste en soldar cables a los pines de la pantalla, puesto que, al menos en nuestro caso, no cuenta con ellos. Una vez soldado un cable a cada una de las salidas de la pantalla podemos realizar la conexión final. Nuestra recomendación es que este paso se haga directamente a la protoboard donde ensamblamos todo al final, dejando un hueco de aproximadamente 10 pines al lado izquierdo. El diagrama de conexión es el que podemos ver en la imagen 5.5.1.

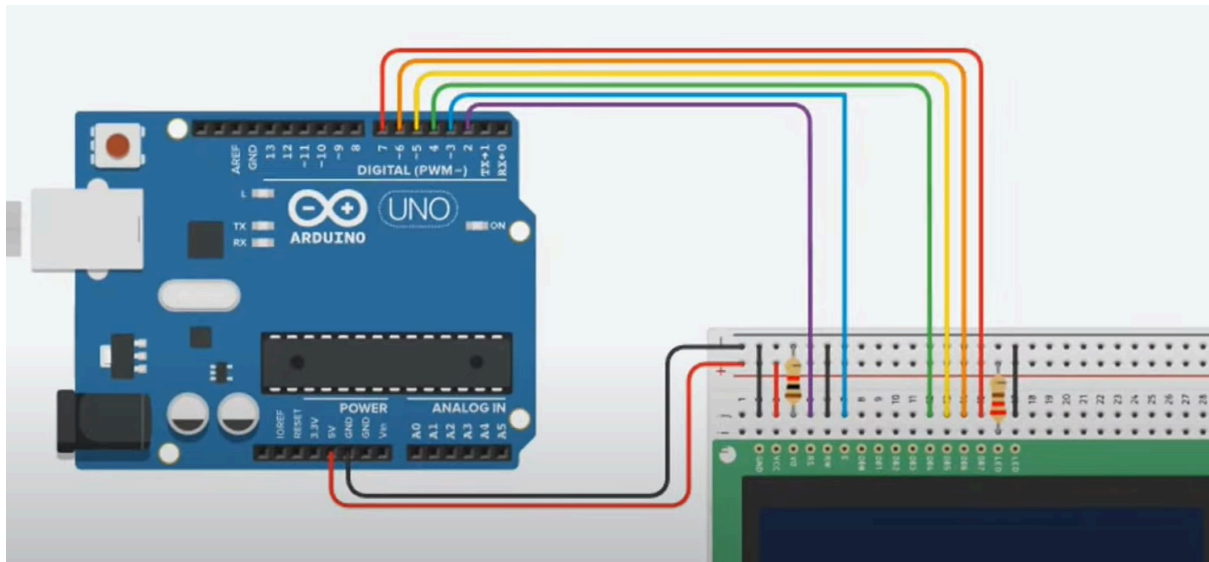
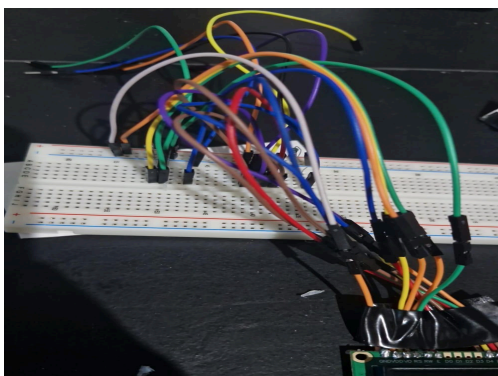


Imagen 5.5.1 Conexión de pantalla LCD (simulación).

El resultado de esta sección es una pantalla LCD que debería funcionar si se ejecuta un código de prueba.



## **5.6 Conexión de todos los módulos**

Cada uno de los módulos deben conectarse ya sea a una protoboard o directamente al arduino, la forma en la que nosotros lo hicimos fue la siguiente.

### **5.6.1: Conexión pantalla LCD en protoboard y a arduino.**

Al haber escogido conectar la pantalla LCD directamente en el protoboard final, en este paso solo nos encargamos de conectar los jumpers conectados a la pantalla directamente al arduino, además de los cables de alimentación, llevaremos las salidas de la pantalla a los pines 7, 6, 5, 4, 3 y 2 del arduino. A su vez, llevamos un jumper de una de las líneas de alimentación del arduino a la salida de 5V, y la otra línea la conectaremos a tierra (pin GND) mediante un jumper.

### **5.6.2: Conexión placa de LEDs emisores**

Los cables soldados a las líneas de la placa deberán conectarse a la protoboard según corresponda (tierra a línea de tierra, energía a la línea alimentada con 5V). Si realizamos bien este paso podremos ver los 6 leds de la placa encenderse de color azul.

### **5.6.3: Conexión placa de receptores**

En esta placa, al igual que en la anterior, deberemos conectar los cables correspondientes de tierra y alimentación a la protoboard, pero además de esto nos aseguraremos de conectar los cables de salida soldados a cada transistor a una de las entradas análogas de nuestro microcontrolador arduino, las entradas analógicas de arduino son aquellas regularmente etiquetadas como A0, A1, y así sucesivamente. En nuestro caso, con un microcontrolador arduino uno, contamos con 6 entradas analógicas por lo que esto no fue un problema.

### **5.6.4: Conexión servomotor**

En este caso basta con conectar el servomotor al protoboard para las líneas de poder y tierra y el cable destinado a controlar el servo al pin del arduino destinado a controlarlo (pin número 8 en nuestro caso).

### **5.6.5 Ensamblado**

Para describir mejor el proceso de ensamblaje y estructuración del sistema, podemos dividirlo en pasos claros y detallados:

1. Colocación de las placas de emisores y receptores:
  - Las placas con los LEDs emisores y los receptores deben ser fijadas a la pieza 3D impresa. Esto se logra utilizando un adhesivo adecuado

para garantizar que las placas queden firmemente adheridas y no se desplacen con el tiempo o el uso.

2. Construcción de la caja oscura:

- Para evitar que la luz de los LEDs emisores se propague y genere ruido en los receptores, es recomendable construir una caja oscura alrededor de los emisores. Esta caja debe estar diseñada para bloquear cualquier luz ambiental y enfocarse en canalizar la luz de los emisores directamente hacia los receptores.

3. Inclinación de la pieza 3D:

- La pieza 3D impresa debe ser colocada en una posición ligeramente inclinada. Esta inclinación es crucial para permitir que las monedas se deslicen suavemente a lo largo de la superficie de la pieza. El ángulo de inclinación debe ser lo suficientemente pronunciado para facilitar el deslizamiento, pero no tan empinado que cause que las monedas se deslicen demasiado rápido o se salgan de la trayectoria deseada.

4. Alineación con la canasta receptora del servomotor:

- La parte final de la pieza 3D debe estar alineada con la posición de la canasta receptora del servomotor. Esto asegura que cuando las monedas lleguen al final de su recorrido, caigan directamente en la canasta. Es fundamental que el servomotor esté programado para mover la canasta a la posición correcta en el momento preciso para recibir las monedas.

5. Configuración del servomotor:

- El servomotor debe ser configurado para mover la bandeja receptora a la posición exacta donde las monedas caerán. Esto puede implicar ajustar el código de control del servomotor para sincronizar sus movimientos con el flujo de monedas y garantizar una captura precisa.

## Conclusiones

Este proyecto demostró ser un éxito en su implementación, proporcionando una solución eficiente, precisa y fácil de usar para la detección, conteo y clasificación de monedas.

El comenzar con el proyecto tuvo una curva de aprendizaje algo elevada, principalmente por la impresión 3D, que nos dió bastantes complicaciones por imperfecciones en el modelo 3D, mismas que se fueron corrigiendo y, después de muchas pruebas, la pieza necesaria pudo ser impresa.

Otro gran desafío fue el inicio de la soldadura, ya que teníamos algunas nociones, pero nunca se había llevado a una práctica más dedicada, pero al final, con algunas imperfecciones por intento, los circuitos se pudieron soldar sin errores.

Por la parte de la integración de hardware y software, el proyecto demostró ser efectiva. La comunicación serial entre el Arduino y la PC permite una transferencia fluida de datos, que se reflejaba en tiempo real en la interfaz gráfica.

El proyecto también demostró ser preciso con la detección y clasificación de monedas, teniendo en cuenta que los algoritmos implementados en el Arduino para la detección fueron robustos y confiables.

Aunque la interfaz de usuario es bastante sencilla, también es intuitiva y funcional. Se puede monitorear fácilmente el conteo para tener un buen control y el reset del conteo mejoraron significativamente la usabilidad del sistema.

El proyecto como tal no se ve estable ni fijo, sobre todo la bandeja de clasificación, pero puede ser fácilmente mejorado con un mejor montaje y materiales mas fuertes y seguros, lo que nos deja que el proyecto tiene gran flexibilidad y escalabilidad, asegurando que puede ser muy bien implementado en aplicaciones prácticas.

## Referencias

Geek, Ú. (2022, June 29). ¿Cómo hacer contador de monedas? | sensor de monedas ir | electronicamentegeek. YouTube. [https://www.youtube.com/watch?v=Wp4v\\_5VEzWw&ab\\_channel=%C3%9AtilMenteGeek](https://www.youtube.com/watch?v=Wp4v_5VEzWw&ab_channel=%C3%9AtilMenteGeek)

Geek, Ú. (2022b, October 13). ¿Cómo hacer una alcancia “inteligente”? | PROYECTO1. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=-M8ZYCncaFA&t=115s&pp=ygUjY29tbyBoYWNIciB1bmEgYWxjYW5jaWEgaW50ZWxpZ2VudGU%3D>

Informática, F. (2022, July 13). ✨ Pantalla LCD sin potenciómetro ✨ | Paso a Paso✅| arduino uno. YouTube. [https://www.youtube.com/watch?v=CSXUbd-\\_hzc&t=124s&ab\\_channel=FerInform%C3%A1tica](https://www.youtube.com/watch?v=CSXUbd-_hzc&t=124s&ab_channel=FerInform%C3%A1tica)

Electrónica, R. (2015, June 7). Sensor Infrarrojo con fototransistor. YouTube. [https://www.youtube.com/watch?v=S\\_YWCBOR1kl&t=231s&ab\\_channel=RAOMElectr%C3%B3nica](https://www.youtube.com/watch?v=S_YWCBOR1kl&t=231s&ab_channel=RAOMElectr%C3%B3nica)

Alexis. (2021, December 6). How to cut a hole in Blender 2.93 without addons for Beginners. YouTube. [https://www.youtube.com/watch?v=ulXYQJACRX4&ab\\_channel=Alexis](https://www.youtube.com/watch?v=ulXYQJACRX4&ab_channel=Alexis)

MakerBot. (2016, May 6). Makerbot learning tips: Print settings. YouTube.  
[https://www.youtube.com/watch?v=F9s\\_z7qjHOw&ab\\_channel=MakerBot](https://www.youtube.com/watch?v=F9s_z7qjHOw&ab_channel=MakerBot)