

UNIVERSIDAD DE LA SABANA

Diseño de una máquina expendedora utilizando el microcontrolador PIC16F877A

Arquitectura de Computadores y Microcontroladores, 6185 2024-2

Santiago Sabogal Millan
0000288117
santiagosami@unisabana.edu.co

Juan Esteban Rodríguez González
0000235583
juanrodgon@unisabana.edu.co

Sebastián Gómez Barraza
0000261948
sebastiangomba@unisabana.edu.co

Abstract—This report presents the planning, development and fabrication of a prototype vending machine using Microchip®'s PIC16F877A microcontroller as its core. Our project is divided into four phases: planning, programming, manufacturing and testing. First, the planning of the design and features of our machine is addressed to continue with the writing of code in CCS language for the PIC16F877A microcontroller. With that completed, we move on to the manufacturing of the vending machine and the first tests. During this document, the different learnings we had throughout the project will be compiled.

Index Terms—Maquina Expendedora, PIC16F877A, Display LCD, Teclado Matricial, Sensores Infrarrojos, Módulo L298N, Servomotor.

I. INTRODUCCIÓN

Como proyecto de segundo corte, se presentará una máquina expendedora que emplee el microcontrolador PIC16F877A de la marca Microchip®.

A. Contexto y motivación

A lo largo del semestre, hemos aprendido acerca del concepto de los microcontroladores, su funcionamiento y su uso a través de la implementación de código. Todo esto teniendo al microcontrolador PIC16F877A de Microchip® como elemento de pruebas. Primero aprendimos como usarlo con el lenguaje Assembly para después dar el salto al lenguaje CCS. Para demostrar nuestro dominio del microcontrolador PIC16F877A, se nos solicita la creación de una maquina expendedora, la cual deberá ser controlada en su totalidad por el microcontrolador antes mencionado.

B. Objetivo general

Nuestro objetivo general es crear una máquina expendedora completamente operacional, controlada enteramente por un microcontrolador PIC16F877A. Para poder llegar a esta meta, consideramos que fue necesario dividir nuestro objetivo en cuatro fases o objetivos específicos, los cuales explicaremos a continuación y que formarán parte de la **estructura de este documento**, junto con los resultados, análisis y conclusión.

C. Objetivos específicos

Nuestros objetivos específicos serán:

1) *Planificación*: Se basa en la planificación de los elementos que contendrá nuestra máquina, cómo será su estructura, cómo estará conectada y cómo deberá operar.

2) *Programación*: Se basa en la escritura de código que será cargado en el microcontrolador para el funcionamiento de la máquina. El lenguaje de programación es CCS a través del software C Compiler.

3) *Fabricación*: Con las anteriores fases concluidas, se abre paso a la fabricación de la máquina teniendo en cuenta lo previamente establecido.

4) *Pruebas*: Como última fase, requerimos de realizar pruebas a la máquina para asegurar su correcto funcionamiento.

II. METODOLOGÍA

A. Planificación

Para empezar, no fue difícil establecer una estructura para la máquina expendedora, pues vimos que existían distintos videos en el Internet que enseñaban como fabricar una máquina funcional [1]; sin embargo, nosotros íbamos por un modus operandi específico. A pesar de ello, la estructura se adecuaba a nuestro concepto de la maquina por lo que planificamos construir una de la misma manera en la que enseñaban dejándola hueca.

Otro aspecto que observamos que requeriría de una estructura física fue el sistema de recepción de monedas. Nosotros íbamos a trabajar con un sistema capaz de recibir monedas de 500 COP y 1000 COP sin dar cambio, por lo que pensamos que lo ideal sería idear una alcancía capaz de clasificar esos dos tipos de monedas [2].

Teníamos la estructura planteada, pero requeríamos de los elementos necesarios para su funcionamiento. Debido a que una máquina expendedora es un dispositivo con una relación maquina-usuario bastante marcada, requerimos de los siguientes elementos:

1) *Display LCD de 16X2*: Es una pantalla de cristal líquido que puede mostrar 16 caracteres por línea, en un total de 2 líneas [3]. Es comúnmente utilizado en proyectos electrónicos debido a su facilidad de uso y bajo consumo de energía, además de su compatibilidad con nuestro microcontrolador. Un elemento ideal para la comunicación con el usuario.



Fig. 1. Display LCD de 16 por 2.

2) *Teclado matricial*: Es un dispositivo de entrada que consiste en botones dispuestos en una matriz. Al presionar un botón, se cierra un circuito en la intersección de una fila y una columna específicas, lo que permite identificar qué tecla se presionó [4]. Además, se requerían pocos pines del microcontrolador para hacerlo funcionar con todas sus teclas. Nosotros escogimos un 4 por 4 debido a accesibilidad.



Fig. 2. Teclado matricial.

3) *Sensores infrarrojos*: Es un dispositivo optoelectrónico activo capaz de medir proximidad por infrarrojo IR, esta compuesto por un transmisor que emite energía infrarroja IR y un receptor que detecta la energía IR reflejada por la presencia de cualquier obstáculo en la parte frontal del módulo. El sensor puede ser usado con luz ambiente o en la obscuridad [5]. Nosotros escogimos el modelo FC-51, empleado comúnmente con microcontroladores de Arduino y que se ajustaba a la perfección con nuestro modelo. Debido a que manejaríamos dos tipos de monedas, requerimos adquirir dos sensores.



Fig. 3. Sensor infrarrojo FC-51.

4) *Módulo L298N y motores*: Al emplear un resorte giratorio para dispensar los consumibles, al igual que una máquina

expendedora convencional, requeríamos de un motor que realizara esta tarea. No obstante, conectar un motor directamente podría provocar daños en el microcontrolador, por lo que fue necesario emplear módulo L298N para prevenir esto. El modulo L298N es un driver con un doble puente H que nos permite manejar dos motores de corriente continua o un motor paso a paso bipolar de entre 5V y 35V y de hasta 2 amperios, controlando la velocidad y el sentido de giro de nuestros motores [6]. Debido a que nosotros manejaríamos tres productos, requerimos adquirir dos módulos L298N.

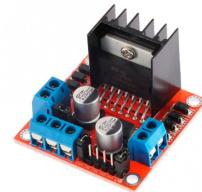


Fig. 4. Módulo L298N.



Fig. 5. Motor.

5) *Servomotor*: Un servomotor es un motor eléctrico que incorpora un juego de engranes junto con un circuito electrónico de control, con la finalidad de poder controlar el giro de dicho motor y así poder elegir siempre la posición deseada. Normalmente estos dispositivos tienen un rango de operación que esta limitado a la hora de su construcción, por lo general trabajan con 180°. Aun que cabe mencionar es fácil modificar esta limitante para que pueda dar giros completos, ya que por lo general los engranes solo tienen un tope que es el que limita el giro [7]. Por nuestra parte, requerimos uno para el mecanismo de la puerta, la cual debe permanecer asegurada hasta que un producto sea dispensado. Un servomotor que realice dos movimientos lograría no solo esta tarea, sino que aseguraría la puerta debido a que un servomotor tiene un torque mayor a un motor paso a paso, por ejemplo.



Fig. 6. Servomotor.

B. Programación

Con los elementos del circuito definidos, podemos seguir a la fase de programación. Al comenzar el semestre empezamos programando nuestro microcontrolador con el lenguaje Assembly; no obstante, para nuestro proyecto programaremos en el lenguaje CCS a través del software CSS C Compiler.

Debido a que este lenguaje se basa en lenguaje C, no fue difícil diseñar un código que realizara cada una de las tareas a través de funciones. Sin embargo, presentamos dificultades para comunicarle al programa acerca de los elementos que emplearíamos debido a que eran elementos que recibirían o enviarían datos específicos para cada elemento.

Afortunadamente, en la plataforma de YouTube encontramos tutoriales que explicaban como funcionaba la lógica para cada elemento. Con ello, pudimos realizar un código que lograba compilar sin problemas y se podía colocar en un simulador del software *Proteus*.

Para mayor claridad, realizamos un algoritmo para poder visualizar mejor el funcionamiento de la máquina y, así, adaptarla.

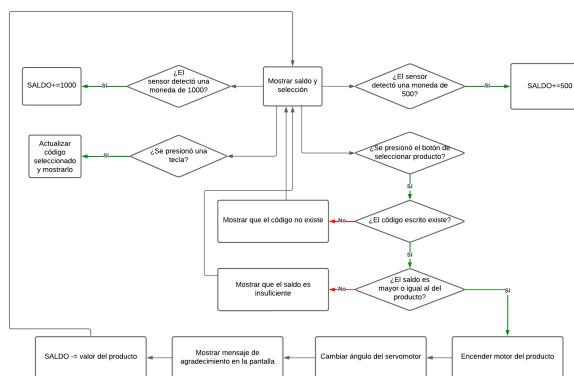


Fig. 7. Algoritmo de la máquina.

Para lograr un avance progresivo, fuimos implementando elementos a medida que veíamos que el circuito actual no presentaba problemas.

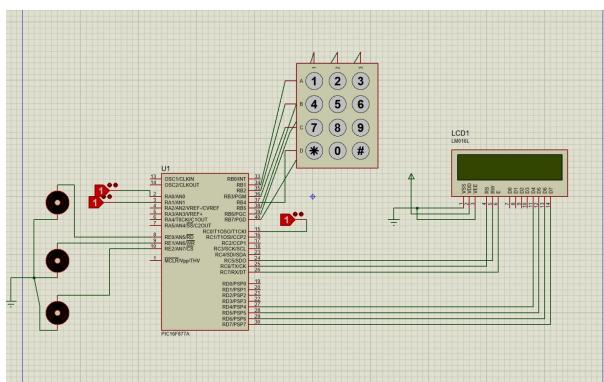


Fig. 8. Simulación con motores implementados.

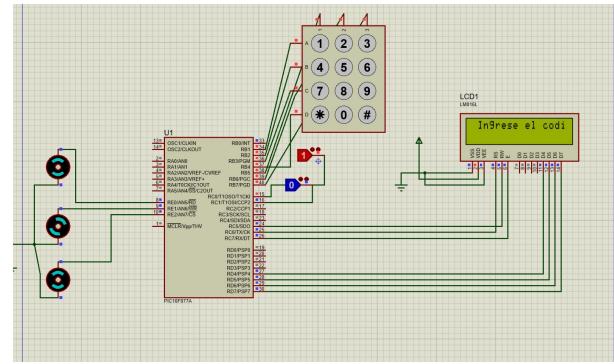


Fig. 9. Simulación con sensores infrarrojos implementados.

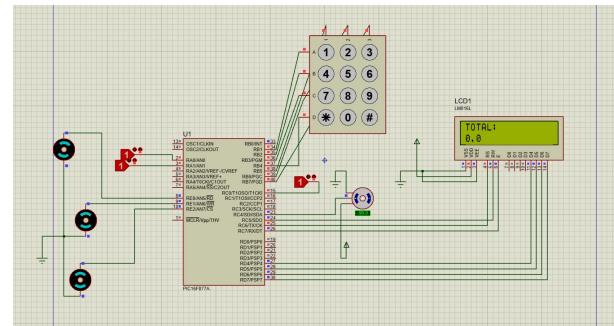


Fig. 10. Simulación con servomotor implementado.

C. Fabricación

Con la simulación funcionando, podíamos dar inicio a la fase más importante, la fabricación de la maquina en físico. Para el material de la estructura empleamos cartón forrado en papel Contact negro para asemejarlo a una maquina expendedora real usando como base de construcción un video de Internet [1]. Para el sistema de recolección de monedas, nos basamos de un video [2] donde realizaban una pequeña alcancía capaz de clasificar tres tipos de monedas, aunque nosotros solo necesitábamos dos. A pesar de ello, logramos adaptarlo e implementarlo en nuestra estructura, realizando dos agujeros para los sensores infrarrojos.

La máquina está fabricada enteramente en cartón, unido con silicona y forrado con papel *Contact* negro para darle la estética de una máquina real. Además, se fabricaron tres resortes usando alambre de estaño inoxidable para los mecanismos de entrega de productos, como sucede en la vida real.



Fig. 11. Estructura física.

Respecto al circuito, conectamos todo de la misma manera en la que diseñamos la simulación. Durante esta parte tuvimos dificultad para los motores debido a que en la simulación, el microcontrolador no requiere de módulos para hacer funcionar motores.

Debido a que nuestro circuito emplea puentes H y servomotores, los cuales requieren una alimentación independiente dejando a un lado el microcontrolador, fue necesario adquirir transformadores y baterías para poder suministrar energía a estas partes de nuestro circuito.

Al final, adaptamos el modelo de la simulación a físico con las herramientas que teníamos a disposición y logramos que funcionara.



Fig. 12. Circuito.

D. Pruebas

Como paso final, realizamos pruebas de la máquina para verificar su correcto funcionamiento. Observamos que tuvimos problemas con el giro del resorte debido a que el cartón

posee un coeficiente de fricción muy elevado y no permitía su movimiento. Lo solucionamos brevemente añadiendo papel cera alrededor de la zona de rozamiento para un correcto deslizamiento. Además, tuvimos inconvenientes con la posición del servomotor para cumplir su tarea de atrancar la puerta; sin embargo, encontramos la posición adecuada para que pueda operar sin problemas.

Respecto a problemáticas mayores, el registro de monedas que, si bien funcionaba y registraba las monedas sumándolas al saldo, no lo hacia constantemente. Es decir, en algunas ocasiones las monedas no eran leídas por la máquina mientras que en otras sí.

La última problemática mayor a la que nos enfrentamos fue con el servomotor que, si bien lograba mantener su posición de "cerrado", no lograba pasar de ahí; a pesar de que en simulación se movía correctamente.



Fig. 13. Máquina final.

Al final, logramos una máquina funcional que contenía casi todos los elementos requeridos; sin embargo, a lo largo de la fase de fabricación y pruebas, se presentaron diversas problemáticas de las cuales significaron perdidas de elementos, y por ende de dinero, y mal funcionamiento, como fue el caso del servomotor.

Durante la Implementación obtuvimos los siguientes retos para elaborar nuestra maquina donde encontramos varias inquietudes de software y hardware:

Durante la implementación de la conexión, notamos que el uso de jumpers generaba interferencias o ruido eléctrico, lo que provocaba que ciertas funciones se activaran de manera inesperada. Este comportamiento podría derivar en fallos en el sistema o incluso en daños a los componentes. Para evitar estos problemas y garantizar un funcionamiento más estable, es recomendable sustituir los jumpers por cables en la mayor medida posible. Los cables, al tener mejor calidad de conexión y menor susceptibilidad al ruido, ofrecen una

mayor fiabilidad y minimizan el riesgo de activar funciones no deseadas o provocar fallos en el sistema. Esta medida contribuirá a mejorar la seguridad y el rendimiento general del proyecto.

Durante la implementación del sistema de detección de monedas, nos encontramos con un problema relacionado con los sensores infrarrojos utilizados para clasificar las monedas. Inicialmente, adquirimos sensores FC-51, los cuales tienen un rango de proximidad de entre 2 y 30 cm. Sin embargo, este rango resultó ser inadecuado para nuestro proyecto, ya que provocaba activaciones falsas debido a la detección a mayores distancias de las deseadas. Tras realizar una investigación más exhaustiva, identificamos el sensor infrarrojo KY-033 como la opción ideal, ya que su rango de proximidad es mucho más preciso, entre 1 y 2 cm, lo que lo convierte en la solución perfecta para nuestro sistema de detección de monedas.



Fig. 14. Sensor infrarrojo KY-033.

Se detectó un problema de sobrecalentamiento en algunos componentes del circuito, lo que incluso provocó que uno de los sensores infrarrojos se quemara debido a la falta de resistencias adecuadas. Este incidente resalta la importancia crítica de considerar el voltaje necesario para cada componente electrónico, ya que el uso incorrecto de valores puede causar daños irreversibles. Para evitar futuros inconvenientes, es fundamental asegurarse de que todos los componentes estén protegidos con resistencias apropiadas, según los requisitos de voltaje y corriente de cada referencia. Esto garantiza un funcionamiento seguro y prolonga la vida útil del sistema.

Tuvimos problemas con la alimentación del puente H de los motores, ya que requieren un voltaje específico para su correcto funcionamiento. Inicialmente, intentamos alimentarlos con pilas, pero estas no proporcionaban el voltaje o la corriente necesarios para que los motores se encendieran adecuadamente. Como solución, fue necesario extender la fuente de alimentación desde la protoboard, garantizando así un suministro estable y suficiente para el correcto funcionamiento del puente H y los motores.

III. RESULTADOS Y ANÁLISIS

A lo largo del proyecto, descubrimos que la elección de componentes, como los sensores, requiere una investigación

exhaustiva, ya que la falta de compatibilidad de uno de ellos nos causó problemas durante la implementación. También intentamos alimentar el puente H con una batería externa de 9V, lo cual resultó en inestabilidad, por lo que decidimos usar la misma fuente de alimentación que el resto del sistema, resolviendo el problema. Además, el diseño de los conductos para clasificar las monedas fue más complicado de lo esperado, lo que subraya la necesidad de una mejor planificación mecánica. Finalmente, aunque no logramos implementar el servomotor en la parte física del proyecto, sí pudimos simular su funcionamiento, evaluando su viabilidad en teoría.

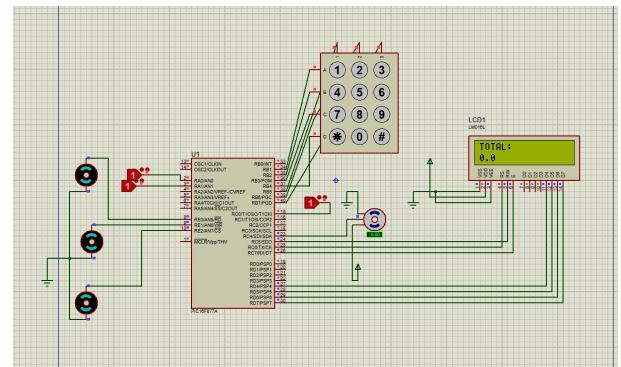


Fig. 15. Simulación final.



Fig. 16. Interior de la máquina.

IV. CONCLUSIONES

Al desarrollar una máquina expendedora automatizada utilizando un microcontrolador PIC y el lenguaje de programación C. La máquina permite seleccionar productos y procesar el pago de manera eficiente. El PIC controla los componentes clave, como el teclado, pantalla LCD, sensores y mecanismos de dispensación. Gracias a la implementación del código en C, se logró una integración precisa de todos los módulos, garantizando la funcionalidad de la máquina. Este sistema demuestra cómo los microcontroladores pueden ser

utilizados para automatizar tareas cotidianas de forma efectiva y flexible.

V. REFERENCIAS

REFERENCES

- [1] P. P. Miras Martínez y F. Miras Martínez, “EXPENDEDORA CASERA de DULCES - Funciona con DINERO — MANUALIDADES RECI- CLAJE — DIY Te Digo Cómo”, YouTube. [En línea]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=rxQDNFXPINM>
- [2] CryptoEnot, “DIY Automatic Coin Sorting Machine from Cardboard v2 0”, YouTube. [En línea]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=TXs8boOhGbkt>
- [3] Ingeniería Mecafenix, “Que es una pantalla LCD y para que sirve”, Ingmeafix. [En línea]. Disponible en: <https://www.ingmecafenix.com/electronica/componentes/lcd/>
- [4] S. A. Castaño Giraldo, “Teclado Matricial con PIC”, Control Automático Educación. [En línea]. Disponible en: <https://controlautomaticoeducacion.com/sistemas-embebidos/microcontroladores-pic/teclado-matricial/>
- [5] Unit Electronics, “FC-51 Sensor De Obstáculos Reflectivo Infrarrojo”, Unit Electronics. [En línea]. Disponible en: <https://uelectronics.com/producto/fc-51-sensor-de-obstaculos-reflectivo-infrarrojo/>
- [6] Proyectos con Arduino, “Módulo Controlador de Motores L298N”, Proyectos con Arduino. [En línea]. Disponible en: <https://proyectosconarduino.com/modulos/motor-driver-l298n/>
- [7] Ingeniería Mecafenix, “Que es un servomotor y como funciona”, Ingeniería Mecafenix. Consultado: el 23 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.ingmecafenix.com/electronica/motores-electronicos/servomotor/>

Link de edición de L^AT_EX: <https://www.overleaf.com/6757118595zmpdqfpgmztb#cd2e14>