

Tecnología en Microprocesamientos: Taller 3

Andrés Nicolás Gonzalez Lopez

Ingeniería en Mecatrónica

Universidad Tecnológica (UTEC)

Fray Bentos, Uruguay

andres.gonzalez.1@estudiantes.utec.edu.uy

Jerónimo Fernández González

Ingeniería en Mecatrónica

Universidad Tecnológica (UTEC)

Fray Bentos, Uruguay

jeronimo.fernandez@estudiantes.utec.edu.uy

Priscila Rossi Ferrari

Ingeniería en Mecatrónica

Universidad Tecnológica (UTEC)

Fray Bentos, Uruguay

priscila.rossi@estudiantes.utec.edu.uy

RESUMEN

En este laboratorio se desarrollaron tres proyectos utilizando el microcontrolador ATmega328P, enfocados en diferentes aplicaciones de control electrónico. El primer proyecto consistió en un plotter que, mediante el uso de motores paso a paso y una válvula solenoide, permitió trazar figuras geométricas y dibujos complejos con precisión. En el segundo proyecto, se implementó una cerradura electrónica que utiliza un teclado matricial y una pantalla LCD para ingresar y verificar contraseñas almacenadas en la EEPROM, con indicadores LED y una alarma para reforzar la seguridad. Finalmente, el tercer proyecto fue un piano electrónico que, mediante pulsadores, reproduce notas musicales y permite la selección de canciones pregrabadas a través de UART.

Cada uno de estos proyectos presentó desafíos únicos en términos de diseño, programación y control, desde la configuración de motores y controladores de actuadores hasta la integración de interfaces de usuario y protocolos de comunicación. Sin embargo, todos los objetivos planteados al inicio fueron alcanzados exitosamente, logrando así la implementación completa de sistemas funcionales y robustos.

INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la electrónica y la automatización, los microcontroladores juegan un papel importante en la implementación de sistemas eficientes y personalizados para diversas aplicaciones. El ATmega328P es uno de los microcontroladores más versátiles en este contexto, utilizado en proyectos que requieren control preciso de periféricos y procesamiento de datos. Este laboratorio se divide en tres proyectos que exploran diferentes aplicaciones de control electrónico, cada uno diseñado para abordar problemáticas específicas.

Este informe detalla el proceso de desarrollo de cada proyecto, los desafíos técnicos enfrentados y los resultados obtenidos, con el objetivo de demostrar la versatilidad y eficiencia del microcontrolador en el diseño de sistemas embebidos.

OBJETIVO GENERAL

Implementar tres sistemas con aplicaciones prácticas (plotter, cerradura electrónica, y piano electrónico) mediante el uso de un microcontrolador ATmega328P y distintos dispositivos periféricos, aplicando principios de control, interfaz de usuario y almacenamiento de datos en EEPROM.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Plotter

- Controlar dos motores paso a paso
- Mantener el área de dibujo dentro de los límites de los ejes X e Y
- Dibujar las figuras asignadas en el laboratorio 2

Cerradura Electrónica

- Implementar una interfaz en la pantalla LCD
- Verificar la contraseña usando la EEPROM
- Mostrar si la contraseña es correcta o incorrecta usando LEDs indicadores y una alarma.
- Permitir el cambio de contraseña

Piano Electrónico

- Configurar un sistema de pulsadores que permita reproducir diferentes notas musicales con un buzzer.
- Programar la selección de canciones predefinidas mediante UART,
- Asegurar la claridad de las notas generadas mediante la adecuada configuración de tiempos de PWM.

I. MARCO TEÓRICO

• ATmega328P

El ATmega328P es un microcontrolador de 8 bits de la familia AVR de Microchip, ampliamente utilizado en proyectos de electrónica y sistemas embebidos debido a su bajo costo y facilidad de uso. Dispone de una memoria EEPROM interna para almacenamiento persistente, puertos digitales y analógicos, y módulos de comunicación como UART, SPI e I2C, que lo hacen ideal para aplicaciones de control y automatización.

Plotter

- **USBasp:** El USBasp ISP es un programador diseñado para los microcontroladores de la familia Atmel, incluyendo modelos como AVR 51, ATmega (por ejemplo, el ATmega328 utilizado en Arduino Uno y el ATmega2560 presente en Arduino Mega), ATtiny, ATmega8, ATmega128, entre otros. Este dispositivo se conecta a través del puerto USB y destaca por ser compacto, portátil y de fácil manejo.
- **Motor paso a paso:** Los motores paso a paso son motores de corriente continua que se mueven en pasos discretos. Son esenciales en aplicaciones de control de posición precisa, como los plotters. Estos motores permiten controlar la posición y la velocidad de manera exacta mediante señales digitales enviadas a través del controlador.
- **Válvula solenoide:** Una válvula solenoide es un dispositivo electromagnético que permite el control de flujo de fluidos o el movimiento de otros dispositivos mecánicos mediante la activación y desactivación del solenoide. Su uso en el plotter permite levantar o bajar el lápiz o cuchilla de trazo según sea necesario.
- **Sensores de Límite:** Los sensores de límite son dispositivos utilizados para detectar el límite de movimiento de componentes mecánicos. En el contexto del plotter, se utilizan para identificar los límites de los ejes X e Y, evitando que el sistema sobrepase el área de trabajo definida.

Cerradura Electrónica

- **Pantalla LCD:** La pantalla LCD de 16x2 es un dispositivo de visualización de bajo consumo y bajo costo, comúnmente utilizado en proyectos de electrónica para mostrar datos y mensajes al usuario. El modelo 16x2 indica que la pantalla tiene dos líneas con 16 caracteres cada una, lo cual es ideal para mostrar instrucciones y mensajes básicos.
- **Teclado Matriz:** Un teclado matricial 4x4 es una matriz de botones que se puede utilizar para ingresar datos al sistema, como contraseñas. Este tipo de teclado permite la lectura de múltiples botones usando un menor número de pines de entrada en el microcontrolador mediante la organización en filas y columnas.
- **Led:** Estos funcionan de manera similar a un diodo normal, permitiendo el paso de corriente en un solo sentido (de ánodo a cátodo). La intensidad de la luz depende de la corriente que circula por el LED, la cual se controla normalmente con una resistencia en serie para evitar daños.
- **I2c:** (Inter-Integrated Circuit) es un protocolo de comunicación en serie diseñado para conectar múltiples dispositivos usando solo dos líneas: SDA (datos en serie), SCL (reloj en serie). El bus I2C, un dispositivo maestro controla la comunicación y puede enviar o recibir datos de varios dispositivos esclavos, cada uno con una dirección única. Este protocolo es ideal para

sistemas embebidos, ya que simplifica el cableado y ahorra pines en el microcontrolador.

I2C se utiliza en aplicaciones de corto alcance, como la conexión de sensores, memorias EEPROM y pantallas LCD, donde se requiere comunicación eficiente con pocos pines.

- **EEPROM:** Es una memoria no volátil que permite el almacenamiento de datos persistentes, como la contraseña en el caso de la cerradura electrónica. La EEPROM del ATmega328P permite leer y escribir datos en celdas de memoria que conservan la información incluso cuando el sistema está apagado.

Piano Electrónico

- **Buzzer:** Un buzzer es un transductor que convierte una señal eléctrica en sonido. En el piano electrónico, el buzzer se utiliza para emitir notas musicales al activarse mediante PWM, generando frecuencias específicas que corresponden a diferentes notas.
- **Uart:** Es un módulo de comunicación serial que permite la transmisión y recepción de datos de manera asíncrona entre el microcontrolador y dispositivos externos. En este proyecto, UART facilita la comunicación entre el ATmega328P y el usuario para seleccionar canciones en el piano electrónico.
- **Pulsadores:** Son interruptores de contacto momentáneo, que se utilizan en el piano electrónico para activar las notas musicales. Al presionar un pulsador, se completa el circuito, y se envía una señal al microcontrolador para generar el tono correspondiente en el buzzer.

METODOLOGÍA

- **Plotter:** El principal desafío para este problema fue entender el funcionamiento del plotter para lograr que se mueva el solenoide. El sistema se compone por dos motores paso a paso, una válvula solenoide y seis sensores para determinar los límites de movimiento del dispositivo.

A partir de la configuración de los pines dada en la consigna de este laboratorio (Fig 1) se comenzó con el desarrollo del código, luego de descargar el driver correspondiente para poder controlar el sistema mediante el programador USBasp y Microchip Studio.

Módulo AVR	ATmega328p	Etiqueta
PC0	PB3	CLK_X
PC2	PB4	DIR_X
PC3	PB5	EN_X
PC4	PC0	SOLENOID
PB10	PC3	CLK_Y
PB12	PC4	DIR_Y
PB14	PC5	EN_Y
PA8	PD2	LIMIT_YA
PA11	PD3	LIMIT_YD
PB6	PD5	LED

Fig. 1. Tabla de conexiones del Plotter

En un comienzo se realizaron diversas pruebas para intentar mover la punta a través del eje X y el eje Y, hasta lograr realizar una recta tanto en sentido horizontal como vertical. Con este pequeño avance, se comenzó a desarrollar el control de los motores para

que la punta del solenoide dibuje una línea diagonal y posterior a esto una curva para lograr dibujar una cruz, un triángulo y un círculo como figuras bases. A partir de estas, y del código anteriormente hecho para el plotter del laboratorio 2, se logró realizar el dibujo del conejo y del ratón.

- **Cerradura Electrónica:** El desarrollo del código se realizó de manera progresiva, abordando cada componente en etapas para asegurar un funcionamiento correcto y optimizado.

Primero, se implementó la configuración de la pantalla LCD, la cual se conectó mediante un módulo I2C para reducir la cantidad de pines utilizados en el microcontrolador. Esto requirió el uso de librerías específicas para facilitar la comunicación y el control de la pantalla. A continuación, se programó el teclado matricial 3x3, permitiendo la detección de las teclas presionadas para el ingreso de la contraseña. Finalmente, se añadieron los LEDs y el buzzer, que funcionan como indicadores visuales y de alerta, señalando si la contraseña ingresada es correcta o incorrecta.

- **Piano Electrónico:** Para la implementación del piano eléctrico, primero se realizó la simulación del circuito en Proteus, pero se observó que el buzzer no emitía sonido en la simulación. Debido a esta limitación, se decidió proceder con la implementación física, ya que se contaba con los materiales necesarios.

Se realizaron las conexiones de los 8 botones, uno para cada nota, utilizando resistencias pull-down. Cada botón fue conectado a los pines del Puerto B y Puerto D del Arduino de la siguiente manera:

Puerto B: Pines B0, B2, B3, B4, B5 Puerto D: Pines D5, D6, D7 De esta manera, se evitó ocupar los pines asociados a la comunicación UART. El buzzer fue conectado al pin B1, dado que este pin cuenta con PWM, necesario para el correcto funcionamiento del buzzer, lo que permitió generar las frecuencias correspondientes a cada nota musical.

Una vez realizada la conexión y verificando que el sistema funcionaba correctamente, se procedió a programar las canciones. Se buscó la melodía de cada canción y se tradujo a las correspondientes notas musicales, asignando las frecuencias correctas al buzzer. Además, se implementó la comunicación UART para reproducir las canciones mediante comandos enviados desde una PC:

Comando "F": Reproduce la canción "Feliz Cumpleaños". Comando "M": Reproduce la canción de Mario Bros. Durante la ejecución, el sistema muestra a través de UART cada vez que se presiona un botón del piano, indicando la nota tocada. También se informa cuando una canción está en reproducción, proporcionando una retroalimentación clara al usuario.

II. RESULTADOS

Plotter

Para los resultados se puede decir que se logró obtener resultados aceptables tanto para las figuras geométricas como fue dibujar el círculo, el triángulo y la cruz, como para el dibujo del conejo y el ratón. En la Fig 2 y en la Fig 3, que se encuentran en los anexos, se aprecian los resultados.

En el enlace que se encuentra en los anexos se podrá encontrar, en el apartado de evidencias, videos en donde se muestra el proceso que sigue el plotter para dibujar las figuras anteriormente mencionadas.

Cerradura Electrónica

El sistema alcanzó un funcionamiento óptimo con el teclado 3x3. En la simulación, los mensajes se mostraban correctamente en la pantalla LCD, pero en la implementación física, el texto se desplazaba ocasionalmente y algunas palabras se cortaban.

No se pudo implementar el teclado 4x4, ya que en el código se utilizó un bucle FOR para recorrer filas y columnas, lo cual funcionó bien en la simulación. Sin embargo, al usar los pines B0, B1, B2 y B4 (este último reservado para el buzzer), se agotaron los pines con PWM disponibles. Para implementar correctamente el teclado 4x4, hubiera sido necesario reorganizar las conexiones o utilizar un expensor de pines en el Arduino, aumentando la cantidad de pines disponibles y asegurando el funcionamiento completo del teclado.

En conclusión, el sistema 3x3 funcionó correctamente, mientras que el 4x4 requeriría ajustes en el conexionado para cumplir con los requerimientos del diseño.

Piano Electrónico

La implementación cumplió con todos los objetivos establecidos. Cada pulsador logró emitir la nota exacta debido a la configuración precisa de las frecuencias PWM en el microcontrolador ATmega328P, ajustadas para cada nota musical. Este ajuste permitió que el buzzer produjera sonidos claros y definidos, asegurando la precisión en la tonalidad de cada nota reproducida.

La comunicación UART también funcionó de manera óptima, permitiendo al usuario seleccionar y reproducir dos melodías predefinidas sin interrupciones. Los comandos UART enviados desde la computadora fueron correctamente interpretados por el microcontrolador, lo que facilitó la reproducción de las canciones y demostró la funcionalidad de la comunicación serial.

III. CONCLUSIÓN

Se permitió implementar con éxito los tres sistemas de control. En el caso del plotter, se logró un control preciso de los motores paso a paso, posibilitando el trazado de figuras geométricas y dibujos complejos con alta precisión. La cerradura electrónica demostró un funcionamiento correcto en las pruebas físicas y de simulación, validando la autenticación mediante una contraseña almacenada en la EEPROM y activando los indicadores LED y la alarma de

manera adecuada. Aunque se detectó una limitación en la pantalla LCD, que mostró algunos mensajes incompletos, el sistema cumplió sus objetivos de seguridad. Por otro lado, el piano electrónico reprodujo con exactitud las notas musicales gracias a la configuración de PWM y el buzzer, mientras que la comunicación UART permitió la selección de melodías de manera remota, mejorando la interacción con el sistema.

REFERENCES

- [1] Microchip, 'ATmega328P Datasheet', https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel7810AutomotiveMicrocontrollersATmega328P_Datasheet.pdf
- [2] T. Fischl, "USBASP - USB programmer for Atmel AVR controllers," <https://www.fischl.de/usbasp/>.
- [3] Wikipedia, "Motor paso a paso," https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_paso_a_paso.
- [4] Wikipedia, "I²C," <https://es.wikipedia.org/wiki/I%C2%B2C>.
- [5] HNTTools, "Válvula Solenoide," <https://hntools.es/ayuda-y-consejos/valvula-solenoide/#~:text=Las%20v%C3%A1lvulas%20solenoideas%20eliminan%20la,una%20amplia%20variedad%20de%20aplicaciones>
- [6] SD Industrial, "Interruptores de límite," <https://sdindustrial.com.mx/blog/interruptores-de-limite-que-son/>.
- [7] Winstar, "Pantalla LCD 16x2," <https://www.winstar.com.tw/es/products/character-lcd-display-module/16x2-lcd.html>.
- [8] Visual Led, <https://visualled.com/glosario/que-es-un-led/>.
- [9] P. Rosero-Montalvo, "EEPROM," <https://www.paulrosero-montalvo.com/gallery/secap5.1.pdf>.
- [10] <https://osakaelectronicsltda.com/blog/biblioteca/que-es-un-buzzer>.
- [11] Rohde & Schwarz, "¿Qué es UART?", https://www.rohde-schwarz.com/es/productos/test-y-medida/essentials-test-equipment/digital-oscilloscopes/que-es-uart_254524.html
- [12] Wikipedia, "Pulsador," <https://es.wikipedia.org/wiki/Pulsador>.

ANEXOS

Repositorio de Lab3 en github

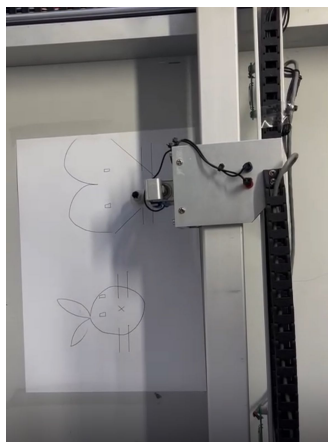


Fig. 2. Conejo y Ratón hechos en el plotter

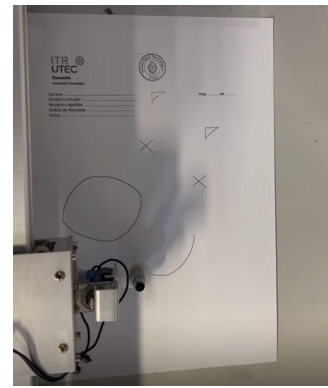


Fig. 3. Figuras dibujadas por el plotter

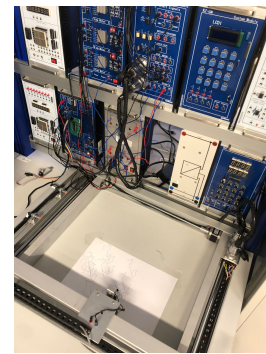


Fig. 4. Implementación Física Plotter

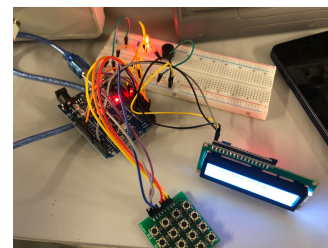


Fig. 5. Cerradura

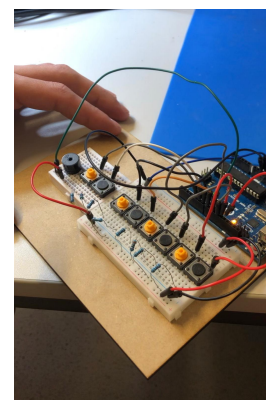


Fig. 6. Piano