

Controlador Programable

Tamara Solis y Federico Rodriguez

Departamento de Electrónica y Computación, Facultad de Ingeniería- UNMDP

Mar del Plata, 7600, Argentina

Docentes: L. De Micco, L. Rabioglio, C. Cebedio y L. Zabala

{fed6365@gmail.com, tamaransolis18@gmail.com}

Resumen—En este trabajo se presenta el diseño, análisis e implementación de un circuito de control basado en un registro programable de biestables. El objetivo principal del circuito es permitir a los usuarios ejecutar órdenes sencillas de forma personalizable y controlar un sistema de destino. El circuito ofrece la capacidad de almacenar y retener información mediante el uso de biestables, que forman el registro programable. El circuito puede manejar hasta cuatro comandos diferentes, que los usuarios pueden cargar en el orden que deseen. Esta personalización permite adaptar el funcionamiento del sistema a requisitos específicos. Además, el circuito permite a los usuarios ajustar el tiempo de ejecución de cada instrucción, lo que garantiza un control de tiempo preciso y mejora el rendimiento general del sistema. Se demuestra la funcionalidad del circuito a través de la simulación en software, la implementación en protoboard y la posterior implementación final. Para las pruebas finales, se utiliza el circuito para controlar los movimientos de un robot.

Palabras Clave—biestables, circuito integrado; controlador; registros.

I. INTRODUCCIÓN

En el campo de la ingeniería electrónica, los controladores desempeñan un papel fundamental en el control y supervisión de sistemas. Desde los primeros sistemas automatizados hasta los sistemas digitales altamente avanzados de hoy en día, los controladores han evolucionado para brindar un control preciso y eficiente. Este trabajo se enfoca en el desarrollo de un controlador básico como parte de la primera materia en Ingeniería Electrónica, que se centra en los fundamentos de los sistemas digitales. En este curso introductorio, se exploran los lineamientos básicos de los sistemas digitales y se introducen los conceptos fundamentales de los elementos de memoria. La idea básica detrás de los sistemas de control modernos es la capacidad de enviar instrucciones secuenciales a un elemento específico y lograr que dicho elemento las ejecute. Los controladores son dispositivos diseñados para ejecutar órdenes y coordinar acciones en un sistema, asegurando su correcto funcionamiento. En este trabajo, se desarrolla un controlador que permite ejecutar hasta cuatro instrucciones de forma personalizada. Aunque la implementación es relativamente sencilla en comparación con controladores más complejos, esta idea básica es fundamental para los grandes controladores utilizados en una amplia gama de aplicaciones. El controlador se basa en un registro programable compuesto por biestables, que actúa como memoria para almacenar y utilizar las instrucciones ingresadas por el usuario. Esta capacidad de almacenamiento y personalización de las instrucciones permite adaptar el funcionamiento del sistema a requisitos específicos, brindando flexibilidad y control. A lo largo

de este trabajo, se explora en detalle el diseño, análisis e implementación de este circuito de control. Al comprender los conceptos fundamentales aplicados en este controlador, sentaremos las bases para una comprensión más profunda de los controladores más complejos y sofisticados utilizados en diversos campos de la ingeniería electrónica. El objetivo principal del trabajo es el análisis, la síntesis y la implementación de un sistema digital básico. El controlador que se diseña, aunque limitado a ejecutar cuatro instrucciones personalizadas, es el resultado de la aplicación de los conceptos fundamentales de los sistemas digitales. A través de este proyecto, se sientan las bases para comprender mejor los elementos constitutivos de los controladores más avanzados utilizados en diversas aplicaciones.

II. MARCO TEORICO

A través de este marco teórico, se sientan las bases para las secciones posteriores, que profundizan en la implementación práctica y los resultados del proyecto. Para mejorar la comprensión del trabajo, es esencial una sólida comprensión de los fundamentos y conceptos de la electrónica digital. El trabajo depende en gran medida de varios circuitos integrados SSI (Integración a pequeña escala) y MSI (Integración a mediana escala), de los cuales son usados principalmente:

Codificadores para convertir las señales de entrada en sus correspondientes salidas binarias. lo cual permite el manejo eficiente de la información, optimizando así el rendimiento general del sistema.

Registros de almacenamiento y desplazamiento para facilitar el almacenamiento efectivo de información digital, lo que contribuye a un flujo fluido de datos en todo el sistema.

Circuito de temporización: El circuito de temporización sirve como elemento fundamental en el proyecto, ya que genera el reloj del sistema, asegurando la sincronía entre los diversos componentes del sistema, además, para mejorar la señal de entrada.

Para adquirir una comprensión profunda de estos conceptos, se recomienda consultar libros y documentos relevantes que profundizan en estos temas [1], [2].

III. DESARROLLO

El circuito de control diseñado se basa en un registro programable de biestables que actúa como memoria para almacenar y utilizar las instrucciones ingresadas por los usuarios. Los biestables permiten retener la información y asegurar que las instrucciones se ejecuten en el orden deseado. Los usuarios pueden ingresar los números binarios

que representan las instrucciones y realizar la carga en el registro programable.

Una vez que las instrucciones se han cargado en el registro, se utiliza un bucle para repetir el proceso de ejecución. El circuito recupera una instrucción del registro en cada ciclo del bucle y la envía al sistema de destino para su ejecución. Los usuarios tienen la flexibilidad de cargar hasta cuatro comandos diferentes y pueden personalizar el orden en el que se ejecutan.

Además, el circuito permite a los usuarios ajustar el tiempo de ejecución de cada instrucción. Esto se logra mediante la configuración de temporizadores o contadores que determinan la duración de cada instrucción antes de pasar a la siguiente. Este control preciso del tiempo asegura un rendimiento óptimo del sistema y permite adaptarse a requisitos específicos.

Para mejorar su desarrollo y comprensión, el circuito está dividido en bloques conectados entre sí, como se puede ver en la Fig. 1. Se define en detalle cada uno de los bloques, la función dentro del sistema y la implementación física.

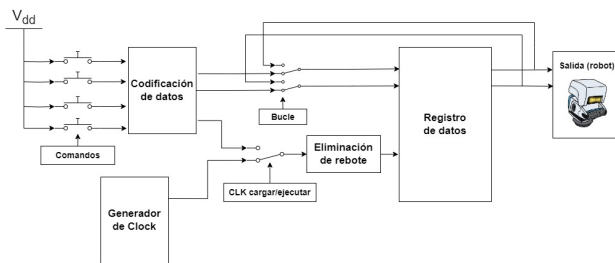


Fig. 1: Diagrama en bloques del controlador programable

III-A. Codificación de datos

Para simplificar la entrada de datos cuando está en el modo de carga, se cuenta con cuatro pulsadores, uno por cada instrucción que se puede cargar en el sistema. Para esto se utiliza a un codificador HC4532, que transforma la entrada de los pulsadores en números binarios de dos bits, y al mismo tiempo genera el flanco que permite cargar los flip-flop. En la Fig. 2 se puede ver la conexión implementada. Para más detalle sobre el circuito integrado utilizado, consultar su respectiva hoja de datos [3]

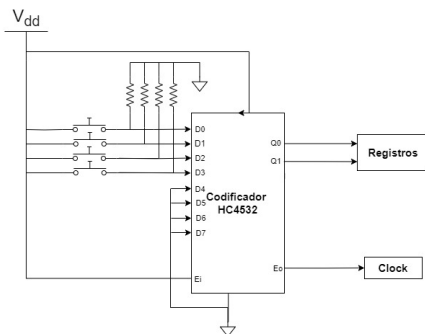


Fig. 2: Diagrama de conexión para el codificador

III-B. Registro de datos

El almacenamiento de datos se realiza en el bloque de registros, este almacena los bits o la información de forma secuencial, se utilizan circuitos integrados 74175 [4] los cuales son registros de 4 flip-flops tipo D, siendo las

entradas de datos D3 D2 D1 y D0 con sus correspondientes salidas Q y las salidas negadas, las cuales no se utilizan así que pueden ignorarse. También cuenta con una entrada de clear o reset y la correspondiente entrada de señal de clock.

Se conectan los flip flops en cascada para formar un registro serie. Por lo que la entrada al registro es D3 y las salidas de cada flip flop interno se conectan a la respectiva entrada del siguiente. La salida Q0 se utiliza para controlar el sistema de destino y vuelve a la primera entrada cuando está en bucle. Todas las conexiones pueden verse de forma esquemática en la Fig. 3.

Se repite el proceso para el segundo registro. Es importante que se conecten entre sí el reset y el Clk de cada integrado para que el sistema esté correctamente sincronizado.

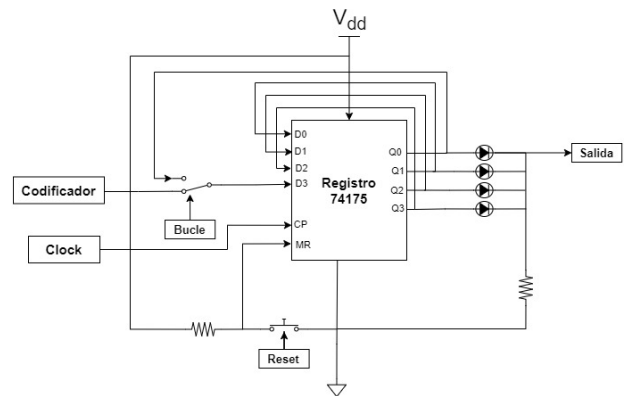


Fig. 3: Diagrama de conexión para el 74175

III-C. Generador de clock.

A modo de lograr un movimiento eficiente del robot, después de ingresar los datos, se usa un interruptor que cambia la señal de reloj que ingresa a los registros. La primera es generada por el mismo codificador, la segunda es construida con un 555 [5] en configuración astable para producir señales de reloj periódicas de tiempo variable. Esto permite cambiar el tiempo de ejecución de cada instrucción. Para esto, se usa una resistencia variable o potenciómetro que cambia el ciclo de trabajo del integrado, variando la frecuencia. En la Fig. 4 se observa la conexión del 555 como astable.

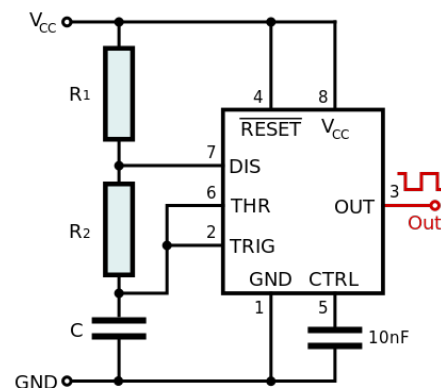


Fig. 4: 555 en configuración astable.

III-D. Eliminación de rebote

Uno de los problemas que tiene trabajar con pulsadores, es que al presionarlos puede generar un rebote mecánico

de los mismos. Esto es un problema porque este rebote genera varios flancos positivos y negativos en un tiempo corto. Debido a que los registros leen datos cuando reciben un flanco, cuando estos rebotes se producen se carga más de un dato a la vez. Para solucionar este problema se conecta un integrado 74121 [6] entre las señales de clk y la entrada del registro. Este integrado es un circuito de temporización que genera un pulso de aproximadamente 1 segundo con el primer flanco, pero al ser no redispensible, no tiene en cuenta el resto de los flancos que llegan después del primero. Por último, este pulso generado es el que se utiliza como entrada a los registros. Un diagrama de la conexión utilizada se observa en la Fig. 5.

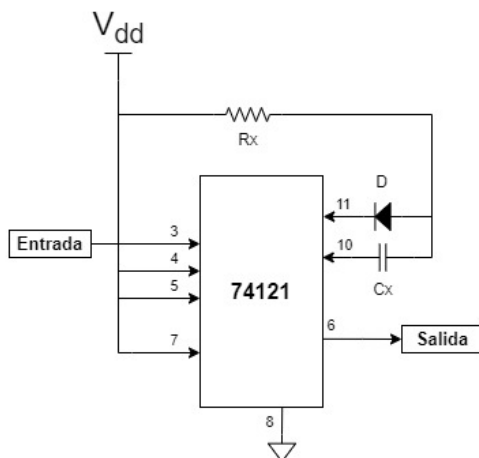


Fig. 5: Conexión del monoestable.

III-E. Conexión al robot

Por último, para controlar al robot, se conecta cada uno de los motores a la salida del sistema con un circuito de puente H, como en 6, este está formado por cuatro transistores que según se activan, permiten que el motor gire en marcha o contramarcha. En este caso, solo usaremos el modo de marcha.

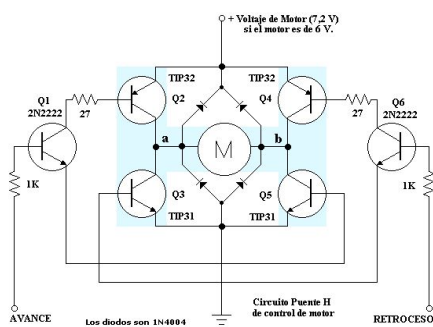


Fig. 6: Esquemático de un puente H.

IV. IMPLEMENTACIÓN FÍSICA

Para asegurar la funcionalidad del circuito, se realizan simulaciones y se comprueba el funcionamiento de cada bloque por separado en protoboards. Por último, los circuitos se montan y sueldan en placas experimentales.

Como se observa en la Fig. 7, en la implementación del codificador, se tiene en cuenta el objetivo final de controlar un robot, al adaptar la posición de los pulsadores para que representen de forma visual la instrucción que cargan en el sistema (adelante, izquierda, derecha y detenido). Además,

es independiente al circuito de registros, lo cual permite que mientras se ejecutan las instrucciones en el sistema, la placa queda desconectada del sistema.

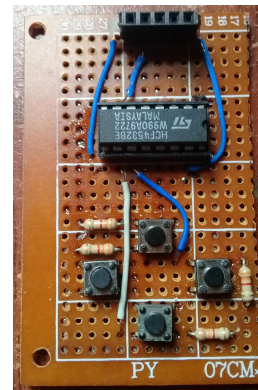


Fig. 7: Placa de codificación.

La implementación física de los registros, y el integrado para eliminar el rebote se puede ver en la Fig. 8. En la conexión superior izquierda ingresa la señal del codificador, una vez cargados todos los datos, se cortocircuita esta misma con los pines de abajo a la izquierda.

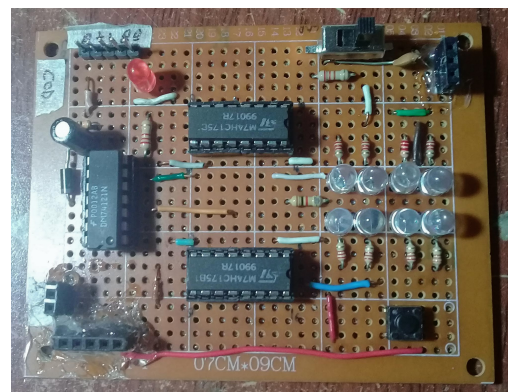


Fig. 8: Registros y eliminación de rebote. Arriba a la derecha se puede ver el interruptor que cambia entre el modo cargar y ejecutar y la entrada del generador de clock.

En la Fig. 9 se puede observar la placa del generador de clock, con el potenciómetro que permite cambiar el tiempo de los pulsos.

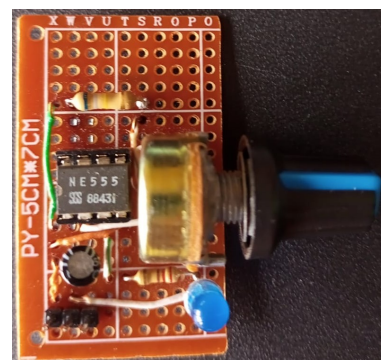


Fig. 9: Generador de clock.

Para finalizar, se conecta la salida del sistema a un driver de puente H para controlar los dos motores del robot. En la Fig. 10 se puede ver el posicionamiento de las placas sobre el robot (sin conectar). Para más información sobre

el driver utilizado y sus conexiones, consultar su hoja de datos respectiva. [7]

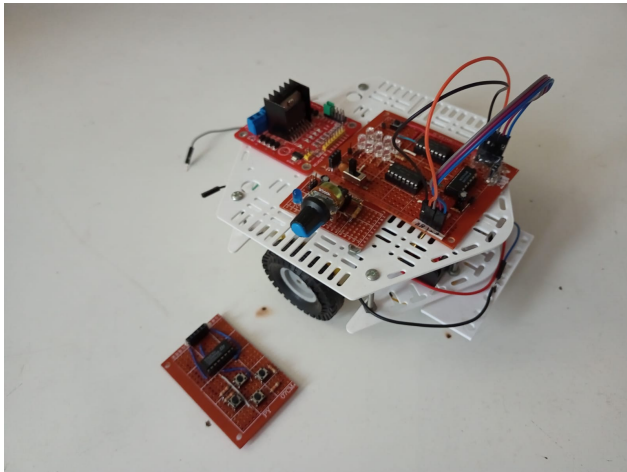


Fig. 10: Robot armado.

V. RESULTADOS OBTENIDOS

Las primeras versiones del circuito de control no consideraban el problema del rebote. Las simulaciones de este primer diseño, cuyo diagrama de conexión se muestra en la Fig. 11, muestran un funcionamiento ideal y cumple los objetivos requeridos. En la implementación física, aparecen problemas debido a conexiones, componentes no ideales y el mencionado problema del rebote.

Luego de múltiples rearmados, diseños y modificaciones se llega al circuito descrito en el informe. Este logró cumplir el objetivo de almacenar datos y entrar en el modo de bucle para recargar datos.

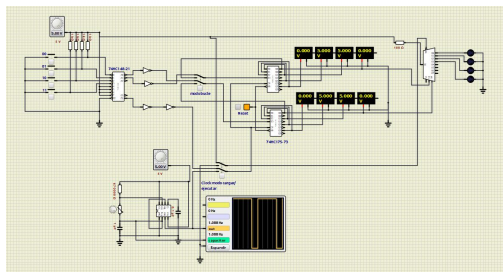


Fig. 11: Simulación del circuito. Nótese que no está presente el bloque de eliminación de rebote, además que el integrado de codificación es diferente al utilizado en la implementación final

VI. CONCLUSIONES

El proyecto logró desarrollar un circuito efectivo para controlar un sistema de manera sencilla. Mediante el uso de registros programables y codificación de datos, se generó una secuencia de comandos que permitió un control preciso del sistema. Los resultados obtenidos fueron consistentes con los objetivos establecidos, demostrando la viabilidad y utilidad de esta solución para la automatización y control secuencial. Los conocimientos adquiridos a lo largo de este curso se han aplicado y perfeccionado con éxito para lograr los objetivos de este proyecto. Sin embargo, es importante reconocer que estos objetivos fueron influenciados por las limitaciones dentro del alcance de los temas de la materia. Existen otras técnicas y dispositivos que potencialmente podrían mejorar o replicar la funcionalidad de nuestro proyecto. Además, el proyecto se ejecutó utilizando componentes electrónicos fácilmente disponibles, asequibles y ampliamente utilizados, enfatizando su practicidad y accesibilidad. No obstante, es crucial reconocer la validez de nuestro enfoque, especialmente considerando que el objetivo principal era adquirir conocimientos fundamentales de electrónica y electrónica discreta e implementarlos de manera efectiva.

REFERENCIAS

- [1] T. L. Floyd, *FUNDAMENTOS DE SISTEMAS DIGITALES*, 10th ed. Madrid: Pearson Educación S.A, 2006, ISBN 10: 84-8322-085-7.
- [2] R. J. Tocci, N. S. Wldmer, and G. L. Moss, *Sistemas digitales. Principios y aplicaciones*, 10th ed. México: Pearson Educación, 2007, ISBN: 978-970.26-0970.4.
- [3] STMicroelectronics. 8-bit Priority Encoder. (Acceso: 28 de Julio 2023). [Online]. Available: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/22368/STMICROELECTRONICS/HCF4532B.html>
- [4] STMicroelectronics. Quad D type flip-flop with clear. (Acceso: 28 de Julio 2023). [Online]. Available: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/23048/STMICROELECTRONICS/M74HC175B1R.html>
- [5] NXP Semiconductors. 555 Timer. (Acceso: 28 de Julio 2023). [Online]. Available: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/17972/PHILIPS/NE555.html>
- [6] Fairchild Semiconductors. One-Shot with Clear and Complementary Outputs. (Acceso: 28 de Julio 2023). [Online]. Available: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/50894/FAIRCHILD/74121.html>
- [7] Geeetech Wiki. L298N Motor Driver Board. (Acceso: 28 de Julio 2023). [Online]. Available: https://www.geeetech.com/wiki/index.php/L298N_Motor_Driver_Board