



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES
CÁTEDRA DE ELECTRÓNICA DIGITAL I

ELECTRÓNICA DIGITAL 3

SISTEMA DE RIEGO AUTOMÁTICO

Alumnas:

Guimpelevich María Luján

Venecia Milagros Ailín

Profesores:

Ing. Sanchez Julio

Ing. Gallardo Fernando

Índice

Introducción.....	2
Objetivos.....	2
Desarrollo del trabajo.....	3
Diseño del proyecto.....	5
Resultados.....	6
Conclusión.....	8

Introducción

En el ámbito de la agricultura y el cuidado de plantas, la automatización de sistemas de riego se ha vuelto una herramienta clave para optimizar el uso de recursos y reducir la intervención humana. En este proyecto, se desarrolló un sistema de riego automático empleando un microcontrolador LPC1769, diseñado para monitorear la humedad del suelo mediante un sensor conectado a un convertidor analógico-digital (ADC). Este sensor envía mediciones periódicas que, al ser procesadas, permiten decidir si es necesario activar una bomba de agua para mantener la planta en óptimas condiciones. Además, se utiliza un convertidor digital-analógico (DAC) para activar un buzzer que suena durante el riego, proporcionando una señal auditiva que indica el estado activo del sistema.

La información sobre el estado de riego se envía a una PC mediante comunicación UART, la cual es gestionada por un controlador de acceso directo a memoria (DMA) para optimizar la transmisión de datos.

Objetivos

1. Implementar un sistema de riego automático utilizando el microcontrolador LPC1769, capaz de medir la humedad del suelo y activar una bomba de agua según los valores obtenidos.
2. Utilizar el ADC del microcontrolador para convertir las señales analógicas del sensor de humedad a valores digitales procesables.
3. Establecer un sistema de comunicación UART, controlado mediante DMA, para visualizar el estado del sistema en una PC.
4. Optimizar el consumo de agua mediante el uso de un sensor de humedad y el control automático de la bomba de riego, reduciendo la intervención manual.
5. Implementar el uso del DAC para controlar un buzzer, de manera que este emita una señal sonora cuando el sistema de riego esté activando la bomba de agua, proporcionando una indicación audible del proceso de riego.
6. Lograr una interfaz eficiente que permita visualizar en tiempo real el estado del sistema de riego en una computadora.

Desarrollo del trabajo

Para la implementación del sistema de riego automático, se utilizó el lenguaje de programación C y la librería CMSIS (Cortex Microcontroller Software Interface Standard), que proporciona una capa de abstracción para interactuar con el hardware del microcontrolador LPC1769. CMSIS facilita el acceso a registros y funciones básicas del hardware, permitiendo una programación más estructurada y orientada a periféricos, lo cual optimiza el desarrollo y la portabilidad del código.

Configuración de temporizadores: Para controlar el tiempo de medición y la duración de la activación de la bomba, se emplean dos temporizadores en el microcontrolador LPC1769.

1. **Timer0 para intervalos de medición:** Se configuró el Timer0 para generar una interrupción cada 5 minutos (ajustable según las necesidades del sistema). Al activarse la interrupción, se inicia la conversión del ADC para obtener una nueva medida de humedad. En el manejador de interrupciones del Timer 0, el valor leído se evalúa y se compara con los umbrales preestablecidos para determinar si es necesario activar la bomba de riego.
2. **Timer1 para la duración del riego y los LEDs:** El Timer1 se utiliza para controlar el tiempo que permanecerán encendidos tanto la bomba como el LED indicador de estado de riego. En este caso, el temporizador se configuró para mantenerlos activos durante 5 segundos cada vez que se determina la necesidad de regar. Al finalizar este período, la bomba y el LED se apagan automáticamente hasta la siguiente evaluación.

Configuración del ADC: La primera etapa del proyecto consistió en configurar el conversor analógico-digital (ADC) del microcontrolador. Este componente se encarga de capturar las señales analógicas provenientes del sensor de humedad del suelo y transformarlas en valores digitales que puedan ser procesados por el sistema. Se programó el ADC para realizar muestreos periódicos y obtener una lectura de humedad cada 5 minutos, siendo este valor solo para fines demostrativos ya que en la vida real no es necesario tomar muestras en periodos de tiempo tan cortos. Utilizando CMSIS, se configuraron los registros del ADC para establecer el canal de entrada y la tasa de muestreo necesaria para nuestras especificaciones, en este caso se muestrea a la frecuencia máxima permitida de 200kHz.

Porcentaje de Humedad	Voltaje	Decimal
0	2,48	3.000
10	2,335	2.917
20	2,19	2.736
30	2,045	2.554
40	1,9	2.373
50	1,755	2.192
60	1,61	2.011
70	1,465	1.830
80	1,32	1.649
90	1,175	1.468
100	1,03	1.657

Se desarrolló esta tabla para poder identificar el valor de voltaje que media el sensor y el valor que obtuvimos al convertir con el ADC, además de un estimado de porcentaje de humedad siendo 0 completamente seco y 100 completamente mojado.

Indicadores LED para el estado del sistema de riego: Se añadieron tres LEDs al sistema para proporcionar una indicación visual del estado de la bomba de riego. Un LED azul conectado al pin P0.1 que se enciende cuando la bomba de agua está activada, indicando que el sistema está en modo de riego. Un LED verde conectado al pin P0.2 que se enciende cuando no es necesario regar, mostrando que la humedad del suelo está dentro del rango adecuado. Finalmente, un LED naranja conectado al pin P0.3 se ilumina en caso de que ocurra un error en la medición del sensor de humedad, señalando que el valor obtenido está fuera de los límites establecidos y requiere revisión. Esta implementación permite al usuario visualizar el estado del sistema de riego de forma rápida y sencilla.

Control de la bomba de riego mediante el GPIO: Para la activación de la bomba de agua, se utilizó un pin GPIO del microcontrolador, el cual envía una señal que controla un relé. Este relé activa la bomba si la humedad cae por debajo de un umbral predefinido. En este caso, se programó el pin 0.0, configurado para enviar una señal baja (0) que active el relé y, por ende, la bomba. Esta lógica fue implementada en el código de manera que se evalúe la condición de riego después de cada medición del ADC.

Notificación de riego mediante el DAC y un buzzer: Para añadir una señal audible durante el proceso de riego, se utiliza el DAC (Digital-to-Analog Converter) del microcontrolador, que activa un buzzer mientras la bomba de agua está en funcionamiento. El DAC convierte señales digitales en señales analógicas que activan el buzzer, proporcionando una notificación sonora de que el sistema de riego está operando. Esto ayuda a monitorizar el sistema sin necesidad de observación visual constante y proporciona una confirmación de la activación de la bomba.

Comunicación UART controlada por DMA: Uno de los elementos clave del sistema es la comunicación UART, que permite enviar a una computadora el estado de riego (si la bomba está activa o inactiva). Este dato es procesado y transmitido por el módulo UART del LPC1769, y el flujo de datos se optimiza usando DMA (Acceso Directo a Memoria). Para la conexión con la PC, se utiliza un adaptador USB-TTL CP2102, que facilita la comunicación serial al convertir las señales UART del microcontrolador a un formato compatible con el puerto USB de la computadora. La configuración de DMA en conjunto con UART permite que los datos de estado se envíen de manera eficiente sin cargar excesivamente la CPU del microcontrolador. Esto se logró configurando el canal de DMA en el código para que envíe automáticamente los datos de riego cuando se detecte un cambio de estado.

En la computadora, se desarrolló un script en Python que lee los datos recibidos por el puerto serial, facilitando la visualización y el monitoreo del estado del sistema de riego en tiempo real. Este script permite capturar los datos enviados por el LPC1769 y procesarlos de manera adecuada para su interpretación.

Pruebas y depuración: Finalmente, se realizaron pruebas exhaustivas para validar la funcionalidad del sistema. Se verificó la exactitud de las lecturas del ADC y se ajustaron los

parámetros de humedad para asegurar que la bomba de riego se active y desactive correctamente. También se probó la comunicación UART para confirmar que los datos de riego se muestran correctamente en la PC y que la transmisión es fluida, aprovechando el uso de DMA para liberar recursos de la CPU.

Diseño del proyecto

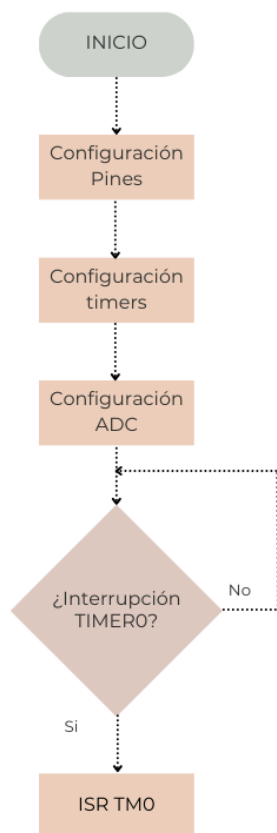
Componentes

Los componentes necesarios para la realización del proyecto son los siguientes:

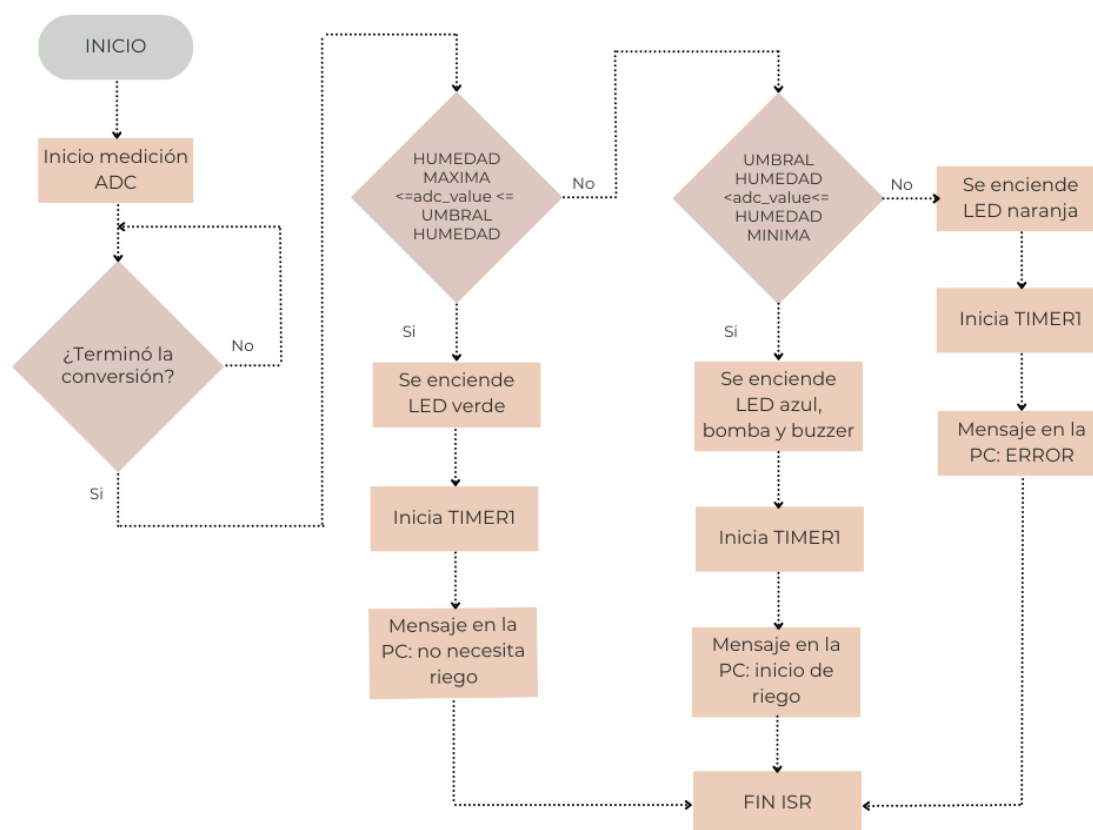
- Placa LPC1769 Cortex M3.
- Sensor de humedad capacitivo.
- Comunicador USB a UART CP2102.
- Relé (5v).
- Bomba de agua (5v).
- 2 protoboards.
- 3 leds (Azul, Verde, Naranja).
- 3 resistencias de 100 Ω .
- 1 resistencia 1k Ω .
- 1 transistor 2n3904.
- Cable micro-USB.
- Fuente de 5v.
- Cables.

Diagrama de flujo

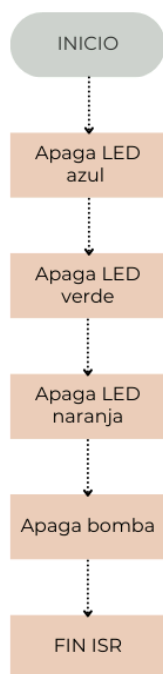
Programa principal:



Rutina de interrupción del Timer 0



Rutina de interrupción del Timer 1



Resultados

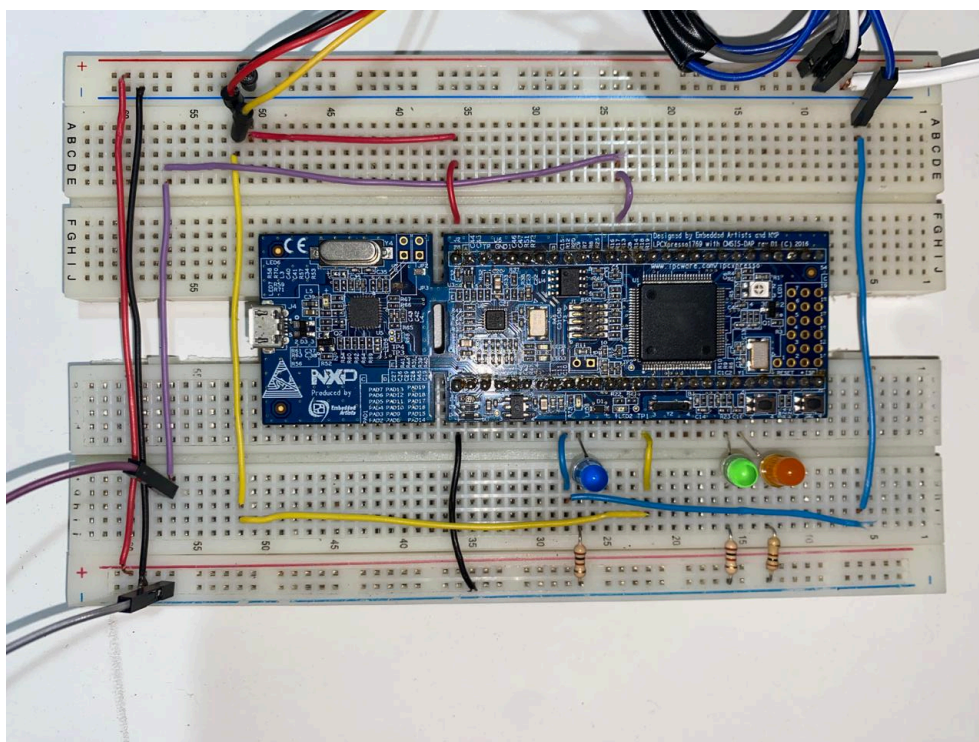


Fig.1 LPC1769

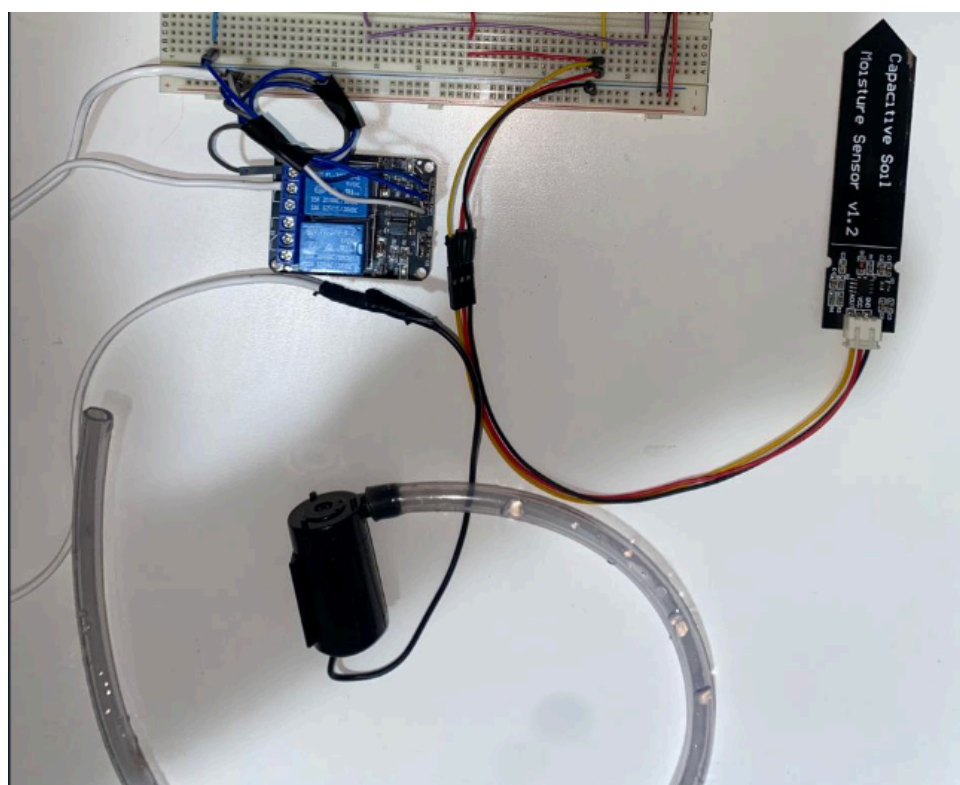


Fig.2 Bomba, sensor, relé

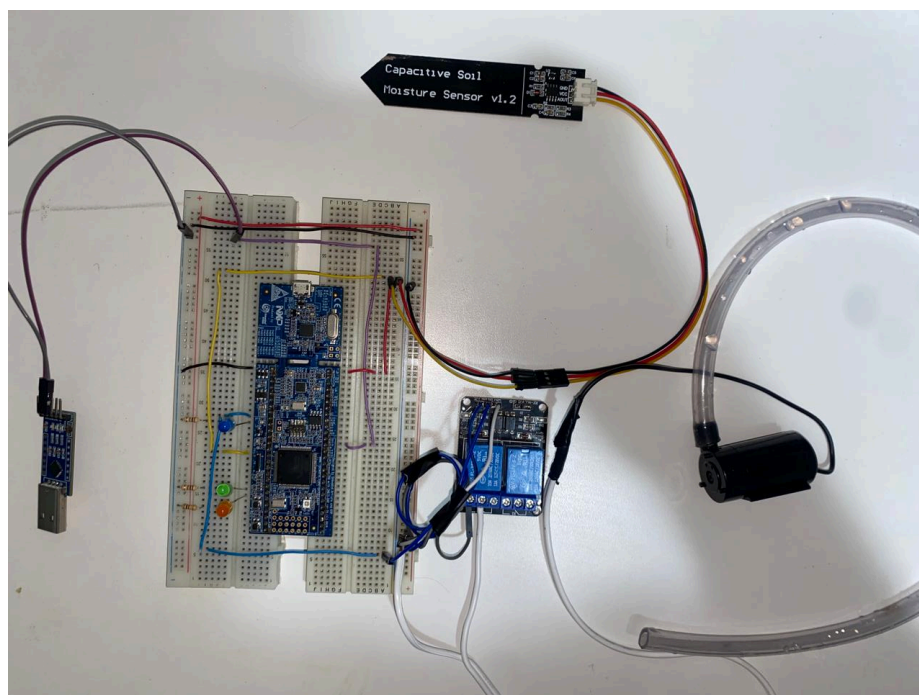


Fig.3 Sistema completo

Conclusión

La implementación del sistema de riego automático utilizando el microcontrolador LPC1769 permitió desarrollar una solución eficiente para optimizar el uso del agua en el riego de plantas. A través de la integración de un sensor de humedad, un sistema de control de bomba, un buzzer controlado por el DAC para notificación sonora y una interfaz de comunicación UART controlada por DMA, se logró automatizar el proceso de riego, reduciendo la intervención manual y promoviendo un uso responsable de los recursos hídricos.

El uso del ADC facilitó la conversión de señales analógicas a digitales, lo que permitió al sistema tomar decisiones en función de los niveles de humedad del suelo. Además, el control mediante temporizadores y GPIO permitió una activación precisa y programada de la bomba de agua, asegurando un riego efectivo solo cuando es necesario. Los indicadores LED añadieron un elemento visual para monitorear el estado del sistema en tiempo real, mientras que la comunicación con una PC brindó la posibilidad de supervisión remota y en tiempo real, mientras que el buzzer activado por el DAC proporcionó una señal auditiva durante el riego, lo que facilita la supervisión sin necesidad de observación directa.

En conclusión, el proyecto cumplió con los objetivos planteados, proporcionando una solución funcional, escalable y eficiente. Las pruebas realizadas confirmaron la fiabilidad del sistema, y su implementación demuestra el potencial del uso de microcontroladores en la automatización de procesos agrícolas. Este proyecto sienta las bases para futuras mejoras, como la integración de sensores adicionales o el desarrollo de una interfaz gráfica más avanzada, ampliando así las capacidades del sistema.