

Taller de Proyecto I 2018

Proyecto Final Riego Automático en Plantas del Hogar

11/2/2018

Abba, Pedro Nicolás
Ares, Charo
Galán, Martín Andrés



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

Índice

1- Definición	7
2- Objetivos del proyecto	7
3- Análisis	9
Propuesta	9
Modo Timer	9
Modo Control de Humedad	9
Requerimientos	10
Requisitos funcionales	10
Obligatorios	10
Secundarios	11
Requisitos no funcionales	11
4- Diseño del hardware	12
Diagrama de Bloques del proyecto	12
Descripción de bloques	12
Poncho sobre EDU-CIAA	12
Bomba de agua	14
Mosfet	14
Led	14
Display LCD	15
Sensor de Humedad de superficie	16
Bloque Teclado Matricial	17
Fuente de Alimentación de 5V	18
Descripción del PCB	20
Lista de Materiales	21
5- Diseño del software	22
Entradas	22
Salidas	22
Modos de Funcionamiento	22
Diagrama de estados	22
Descripción de estados	23
Apagado	23
Selección de modo	23
Configuración de riego	23
Configuración de humedad	24
Confirmación de datos	24
Mostrar datos	24
Regando	24
Salidas dependiendo del estado	25
6- Ensayos y mediciones	30

Sensor de humedad de suelo	31
Bomba de agua	37
Armado de la estructura	39
7- Manual de Usuario	40
8- Conclusiones	42
1- Cumplimiento de objetivos del proyecto	42
Objetivos primarios	42
Objetivos secundarios	43
2- Cumplimiento de requerimientos	43
Requisitos obligatorios	43
Secundarios	44
Requisitos no funcionales del sistema:	44
3- Actividades por integrante	45
4- Presupuesto	46
9- Bibliografía	48
Documentos	48
Hojas de Datos	48
Páginas de Ayuda	48
10- Anexo	49
Hojas de datos	49

Índice de figuras

Figura 1 - Diagrama de bloques del proyecto	12
Figura 2 - Esquemático de la EDU-CIAA	13
Figura 3 - PCB de la EDU-CIAA	13
Figura 4 - Esquemático de la bomba de agua	14
Figura 5 - PCB de la bomba de agua	15
Figura 6 - Esquemático del display LCD	15
Figura 7 - PCB del display LCD	16
Figura 8 - Esquemático del sensor de humedad	16
Figura 9 - PCB del sensor de humedad	17
Figura 10 - Esquemático del teclado matricial	17
Figura 11 - PCB del teclado matricial	18
Figura 12 - Esquemático de la fuente de alimentación	18
Figura 13 - PCB de la fuente de alimentación	19
Figura 14 - PCB completo	19
Figura 15 - Diagrama de estados	22
Figura 16 - Salida Y0	25
Figura 17 - Salida Y1 Modo humedad	25
Figura 18 - Salida Y1 Modo timer	26
Figura 19 - Salida Y2 Riego en segundos	26
Figura 20 - Salida Y2 Periodo en minutos	26
Figura 21 - Salida Y3 Umbral máximo	27
Figura 22 - Salida Y3 Umbral mínimo	27
Figura 23 - Salida Y4 Periodo y Tiempo	27
Figura 24 - Salida Y4 Min y Max	27
Figura 25 - Salida Y4 Datos inválidos	28
Figura 26 - Salida Y5 Valor de Humedad	28
Figura 27 - Salida Y5 Cantidad de litros al día	28
Figura 28 - Salida Y5 Siguiente riego	28
Figura 29 - Salida Regando	29
Figura 30 - Sensor de humedad al aire libre	31
Figura 31 - Primer valor y porcentaje de humedad al aire libre	31
Figura 32 - Segundo valor y porcentaje de humedad al aire libre	31
Figura 33 - Sensor de humedad en tierra seca	32
Figura 34- Primer valor y porcentaje de humedad en tierra seca	32
Figura 35 - Segundo valor y porcentaje de humedad en tierra seca	32
Figura 36 - Sensor de humedad en tierra un poco mojada	32
Figura 37 - Primer valor y porcentaje de humedad en tierra un poco mojada	33
Figura 38 - Segundo valor y porcentaje de humedad en tierra un poco mojada	33
Figura 39 - Sensor de humedad en tierra húmeda	33
Figura 40 - Primer valor y porcentaje de humedad en tierra húmeda	33
Figura 41 - Segundo valor y porcentaje de humedad en tierra húmeda	33

Figura 42 - Sensor de humedad en tierra muy húmeda	34
Figura 43 - Primer valor y porcentaje de humedad en tierra muy húmeda	34
Figura 44 - Segundo valor y porcentaje de humedad en tierra muy húmeda	34
Figura 45 - Sensor de humedad en agua	34
Figura 46 - Primer valor y porcentaje de humedad en agua	35
Figura 47 - Segundo valor y porcentaje de humedad en agua	35
Figura 48 - Nuevo valor y porcentaje de humedad al aire libre	36
Figura 49 - Nuevo valor y porcentaje de humedad en tierra seca	36
Figura 50- Nuevo valor y porcentaje de humedad en tierra un poco mojada	36
Figura 51- Nuevo valor y porcentaje de humedad en tierra húmeda	36
Figura 52- Nuevo valor y porcentaje de humedad en tierra muy húmeda	36
Figura 53- Nuevo valor y porcentaje de humedad en agua	36
Figura 56 - Mililitros en 15 segundos	38
Figura 55 - Mililitros en 10 segundo	38
Figura 54 - Mililitros en 5 segundos	38
Figura 55 - Prototipo completo	39

Índice de gráficos

Gráfico 1 - Humedad frente a Bits	35
Gráfico 2 - Litros frente a Segundos	37

Índice de tablas

Tabla 1 - Lista de materiales	21
Tabla 2 - Presupuesto	46

1- Introducción

El proyecto que se nos ha asignado como trabajo final de la materia ha sido la implementación de un **sistema de riego para plantas en el hogar**. La principal motivación para su creación es la automatización de una tarea tan periódica como es el riego de una o más plantas en el interior.

Teniendo esto en cuenta, nos planteamos realizar un sistema autónomo, que se configure al momento de su encendido y que pueda funcionar sin intervención de una persona por un tiempo específico. Para que este sea más interesante y que podamos aprovechar el potencial del microcontrolador que utilizaremos como “motor” central del proyecto, podremos modificar los parámetros ingresados al principio y agregaremos sensores para obtener datos de la planta y el suelo, y así informarlos al usuario a través de una interfaz visual simple e intuitiva.

2- Objetivos del proyecto

Para este proyecto nos planteamos dos tipos de objetivos: los primarios, que se refieren a aquellos objetivos obligatorios que solicitó la cátedra en la consigna; y los secundarios, que son las funcionalidades extra que creemos podrían sumar valor al producto.

En el primer grupo se encuentran los siguientes objetivos:

- **Sensar la humedad de la tierra a través de un sensor de humedad:** el microcontrolador llevará el control de la humedad de la tierra a través de un sensor específico.
- **Poder ser capaces de regar la planta a través de un actuador:** no sería un sistema de riego automático si no se cumpliera la función de entregar agua a la planta aún no encontrándose presente en el sitio. Para esto el microcontrolador enviará la señal a una bomba de agua para que se abra un cierto tiempo cuando se cumpla cierta condición (fin de un timer o descenso excesivo de la humedad).
- **Configurar el sistema a través de un teclado matricial:** crearemos un menú de interfaz simple para que el usuario pueda elegir y modificar a su gusto los parámetros. Por ejemplo: elección de modo, límites de humedad, timer para riego automático, etcétera.
- **Poder visualizar los datos en un LCD:** se dará al usuario toda la información disponible para informar sobre el correcto funcionamiento del sistema. Por ejemplo: próximo riego, humedad actual, etcétera.
- **Contar con un botón para arrancar/parar el sistema:** se agregará un botón para encender y apagar el sistema de riego de manera que el usuario pueda controlar cuando se encuentra funcionando y así mejorar la autonomía.

- **Agregar leds de control:** queremos que el sistema cuente con una cierta cantidad de leds para que se sume otra forma de mantener informado al usuario de los eventos que están sucediendo en ese momento. Por ejemplo: informar el momento del riego, nivel de humedad, falta de agua, sensado de humedad, entre otros.

En el segundo grupo se encuentran los siguientes objetivos:

- **Sensar el nivel de agua del tanque para que la bomba siempre tenga agua disponible:** consideramos que el sistema funcionaría mejor si dispusiera de agua infinita, pero como por el momento no pensamos conectarlo a la red de agua, creemos que sería una buena mejora poder avisarle al usuario que debe rellenar la bomba y así evitar que esta se quede vacía.
- **Expandirnos a más de una planta:** probablemente en un hogar no sea una sola planta o una sola especie la que el usuario querrá regar, por lo que sería interesante pensar en la forma de llevar el control de 2 o más riegos distintos, llevando agua por distintos tubos. Sin embargo este no es nuestro principal objetivo y no hemos ahondado demasiado en cómo implementarlo.
- **Sensor fotodiodo para sensar la cantidad de luz recibida durante el día:** para sensar esta variable deberíamos agregar un sensor fotodiodo y así adquirir más información sobre el crecimiento de nuestra planta, y para decidir si esa es la ubicación óptima dentro del hogar en cuanto a la luz que recibe.

3- Análisis

Propuesta

Nuestra propuesta es implementar un prototipo utilizando como plataforma de hardware la EDU-CIAA-NXP junto con un poncho de propia elaboración. Además estará alimentado por una fuente externa conectada a la red eléctrica para lograr un sistema más autónomo.

El prototipo tendrá una estructura para obtener mayor robustez, portabilidad, simplicidad y atractivo. Además de tener una caja que contendrá tanto la EDU-CIAA-NXP como el poncho con todos sus componentes, tendrá un frasco a modo de tanque de agua y una planta en una maceta.

Asimismo desarrollaremos un software para controlar todo lo referido al sistema de riego el cual estará implementado en la EDU-CIAA-NXP. El mismo contará con una interfaz de fácil comprensión para el usuario para lograr una experiencia más llevadera.

El sistema contará con dos modos de funcionamiento distintos:

Modo Timer

El usuario elige una frecuencia y configura cada cuánto se producirá el riego. También puede escoger la cantidad de tiempo que estará activado el riego; por ejemplo: quiero regar por 5 minutos cada 24 horas.

Este es el modo más simple y más intuitivo (pero no garantizamos la salud de su planta, un exceso de humedad o de sequedad podrían terminar con su vida).

Modo Control de Humedad

El usuario debe definir dos valores “umbral” de humedad; uno de humedad baja para que, al detectar que esta desciende del valor el sistema efectúe el riego; y uno de humedad alta para que, de superarse el valor se detenga el regado. De esta forma se aprovecha al 100% la incorporación al sistema de un sensor de humedad.

Este modo es perfecto para los aficionados y los estudiosos de la jardinería ya que, si se eligen correctamente los valores umbral hay más probabilidades de que su planta tenga una larga y fructífera vida.

Al encenderse el sistema se deberá elegir uno de estos modos, configurar obligatoriamente los parámetros mencionados en cada caso para que funcione y en este punto el usuario ya puede dejar de preocuparse por los olvidos de riego del pasado: automáticamente su planta estará provista de agua en la frecuencia que haya sido indicada.

En caso de que el usuario quiera tener una mayor participación en el crecimiento de su planta y le interese la información que recoge el sistema, podrá visualizarlo a través de un display que mostrará todo lo sensado y de unos leds que informarán los eventos importantes.

Adicionalmente, con un teclado incorporado se podrá cambiar el modo y las variables cuantas veces sea necesario.

Requerimientos

Los requisitos funcionales del sistema de riego son:

Obligatorios:

- El usuario puede configurar el tipo de riego (por tiempo / por humedad).
- El usuario puede configurar el tiempo de riego.
- El usuario puede configurar cada cuanto riego (periodo de riego).
- El usuario puede configurar los valores umbral de riego.
- El usuario puede encender el sistema.
- El usuario puede apagar el sistema.
- El usuario puede modificar el brillo del display.
- El sistema puede medir la humedad a través del sensor específico.
- El sistema calcula la cantidad de mililitros del último riego.
- El sistema muestra en el display la cantidad de mililitros del último riego.
- El sistema muestra en el display los datos de la humedad.
- El sistema muestra en el display el tiempo hasta el siguiente riego.
- El sistema muestra en el display la cantidad de riego en el día.
- El sistema muestra en el display la cantidad de ml entregados por día.
- El sistema informa el momento del riego a través de un led.
- El sistema informa el sensado de humedad a través de un led.
- El sistema puede regar si el nivel de humedad es demasiado bajo.
- El sistema puede desactivar la bomba si el nivel de humedad es demasiado alto.
- El sistema puede desactivar la bomba si el timer de próximo riego ha llegado a cero.

- El sensor de humedad sensa cada 1 segundo.

Secundarios:

- El sistema puede sensar el nivel de agua del tanque.
- El sistema puede informar que hay un nivel bajo de agua en el tanque a través de un led.
- El sistema puede sensar la luz que recibe la planta a través de un fotodiodo.
- El sistema informa la luz que recibe la planta a través del display.
- El sensor fotodiodo sensa cada X segundos.

Los requisitos no funcionales del sistema de riego son:

- El sistema debe ser capaz de operar adecuadamente solamente con un usuario a la vez.
- El sistema debe contar con manuales de usuario estructurados adecuadamente, de forma que permitan explicar como usar correctamente el sistema.
- Utilización en placa de desarrollo EDU-CIAA-NXP
- Programación en lenguaje C.
- Fecha de finalización y entrega del proyecto límite al mes de febrero de 2019.

4- Diseño del hardware

Diagrama de Bloques del proyecto

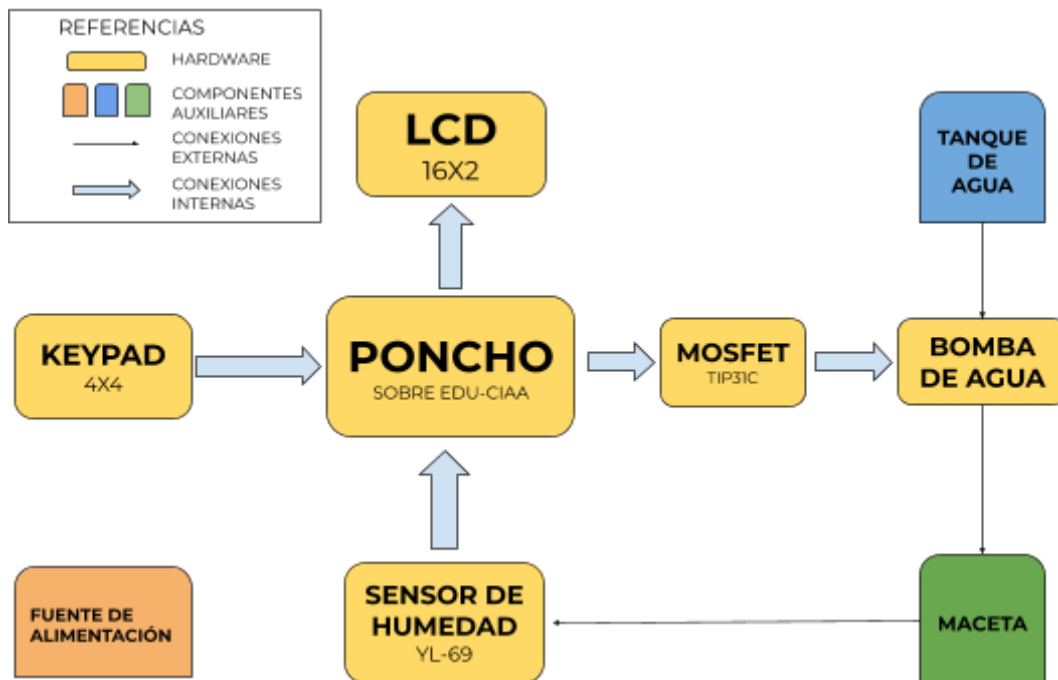


Figura 1 - Diagrama de bloques del proyecto

Descripción de bloques

A continuación detallaremos cada bloque por separado indicando las características más importantes de cada uno de ellos. Asimismo mostraremos tanto su representación en el esquemático como en el PCB, comentando detalles relevantes sobre las mismas.

Poncho sobre EDU-CIAA

Este bloque se refiere al poncho en sí, sobre el cual están los otros componentes mencionados en el diagrama. En el esquemático podemos apreciar como esta conectado a la EDU-CIAA y el uso de sus respectivos pines. Con respecto al PCB se aprecian algunos pines ausentes, esto es debido a la practicidad que nos confiere no incluir los mismos al no tener uso para el sistema. Igualmente dejamos tanto las dos primeras como las dos últimas filas de pines para agregar un mayor grado de robustez en nuestro poncho.

Bomba de agua

Consta de una **Bomba de dosificación de agua**, específicamente la “Mini Bomba De Agua Dc Sumergible 3v 5v Arduino Pic”. Esta opera con un voltaje de 2.5 a 6 V, una corriente de 130 a 220 mA, entrega un flujo de agua de 80 a 120 L / H y posee un tiempo de trabajo continuo de 500 horas.

Además se utiliza un diodo de rueda libre para proteger al transistor que se encuentra conectado a la bomba.

Mosfet

Utilizamos un Mosfet **TIP31C NPN**, por su fácil disponibilidad y su recomendación por parte de la cátedra, con el propósito de poder activar la bomba de agua en el momento indicado. Este posee una voltaje de saturación colector-emisor máximo de 1.2 V

Led

Utilizamos un Led rojo para indicar cuando está encendida la bomba, en serie a este colocamos una resistencia de 200 ohm para evitar que se produzcan problemas eléctricos con el mismo.

Para calcular el valor de la resistencia utilizamos la ley de ohm, teniendo en cuenta que el Led rojo trabaja con una tensión de 1.8V y una corriente máxima de 20mA, para tener un margen de seguridad elegimos poner como máximo 16mA :

$$V = I \cdot R$$

$$(V_{fuente} - V_{led}) = I \cdot R$$

$$R = \frac{(5V - 1.8V)}{16mA}$$

$$R = 200 \text{ ohm}$$

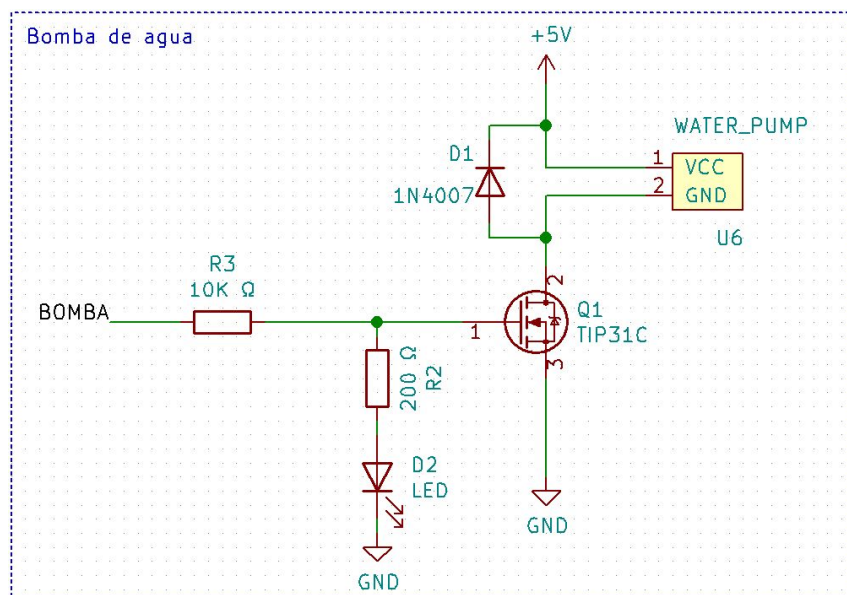


Figura 4 - Esquemático de la bomba de agua

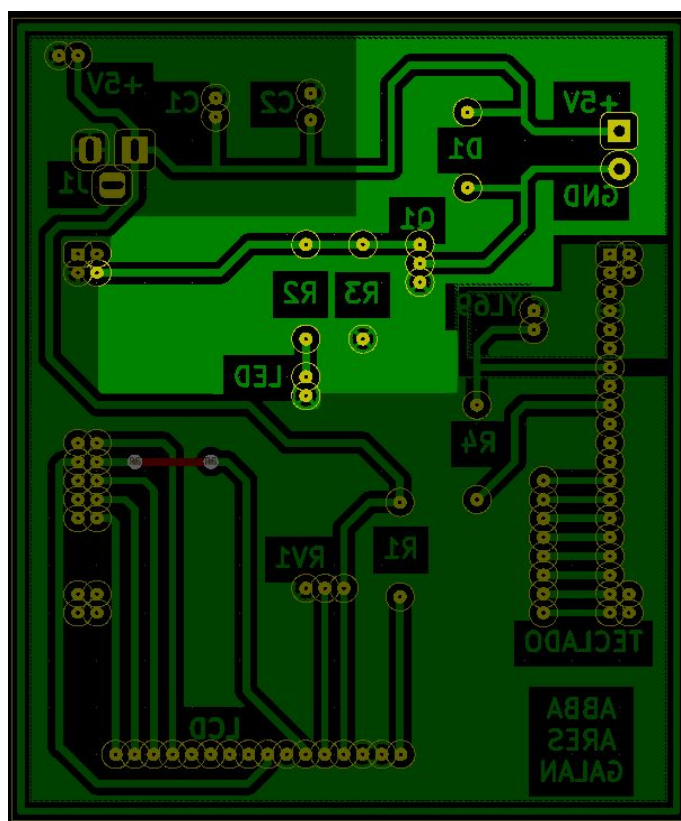


Figura 5 - PCB de la bomba de agua

Cabe aclarar que el diseño del PCB se mantuvo como lo fabricamos pero el esquemático fue alterado para dar una muestra más fidedigna del prototipo final. Es por esa razón que la resistencia R3 difiere en ambas figuras. Más adelante se detalla el por qué de este cambio.

Display LCD

Utilizamos un display Lcd 16x2 proporcionado por la cátedra. El mismo funciona con un voltaje típico de 5 V y una corriente de 1.1 mA. Además posee un preset multivuelta para controlar el brillo del display y una resistencia de 39 ohms para tener una corriente de entrada de 100mA aproximadamente y proteger el LCD como lo indica su hoja de datos.

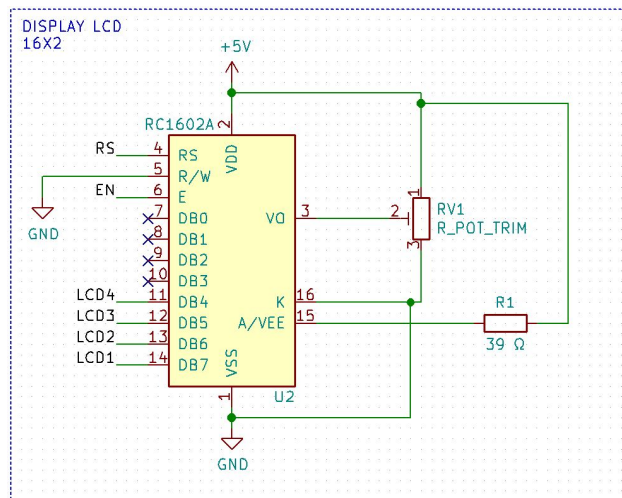


Figura 6 - Esquemático del display LCD

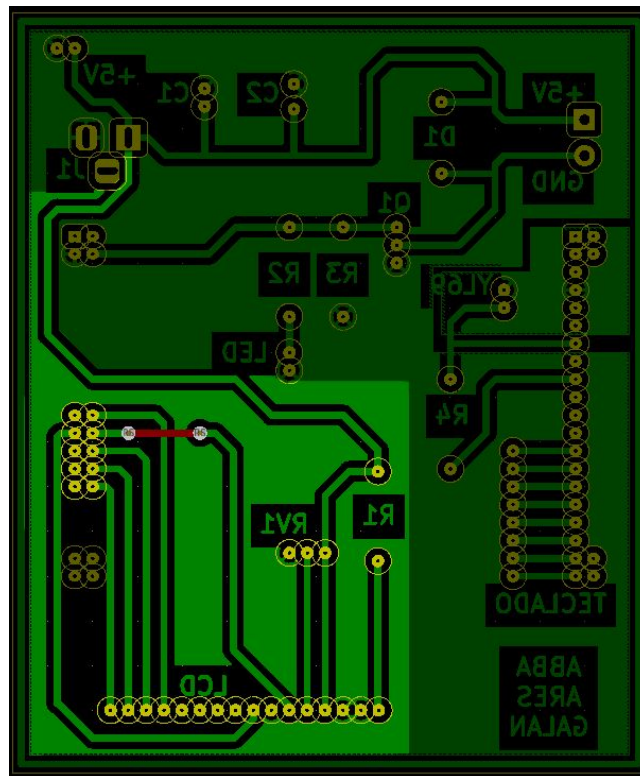


Figura 7 - PCB del display LCD

Sensor de Humedad de superficie

Utilizamos un sensor de humedad de suelo YL-69.

Para calcular el valor entregado por el sensor utilizamos un divisor resistivo, el cual utiliza una resistencia variable, el sensor, y una resistencia fija de 10k ohm.

Como el valor es calculado mediante el ADC perteneciente a la EDU-CIAA decidimos utilizar el ground analógico.

A medida que el suelo está más húmedo la resistencia variable aumenta ocasionando un menor voltaje en ADC-IN.

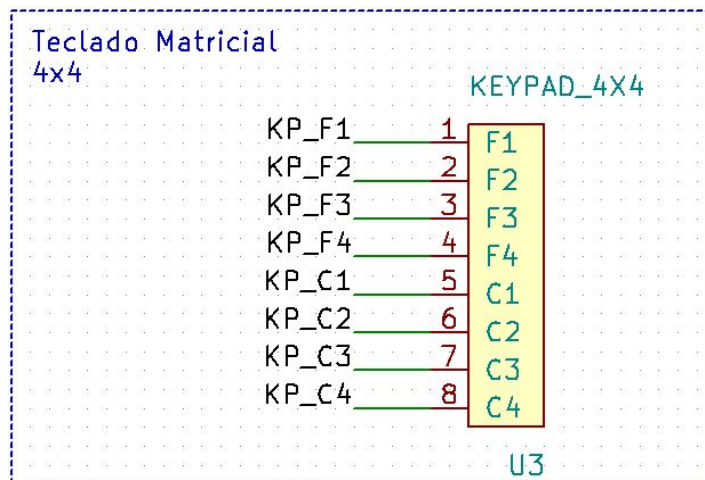


Figura 10 - Esquemático del teclado matricial

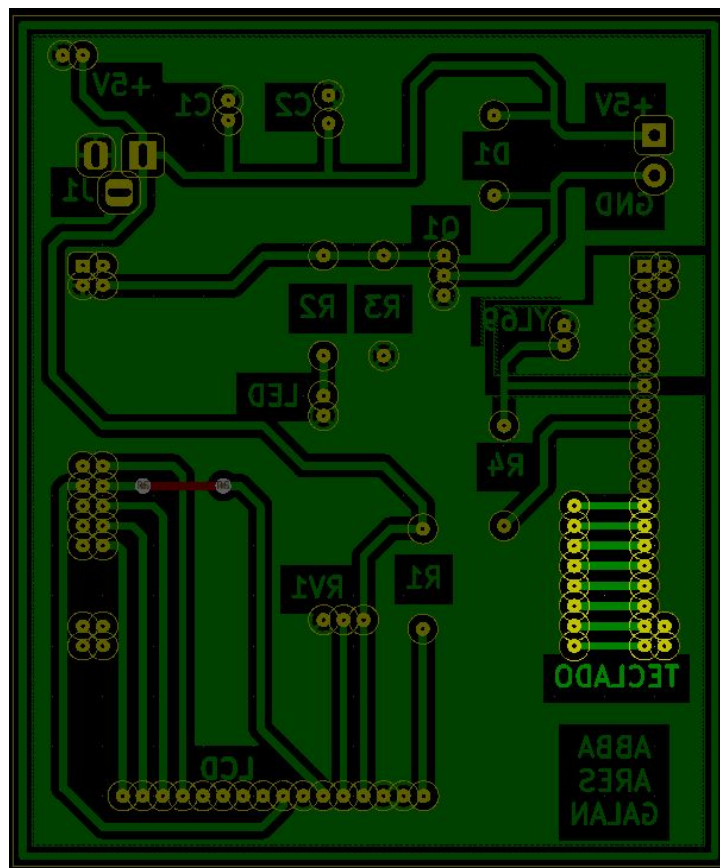


Figura 11 - PCB del teclado matricial

Fuente de Alimentación de 5V

Para alimentar el sistema completo (PCB + EDU-CIAA) utilizamos un fuente switching, esta se conecta a la red eléctrica y posee una salida de 5 V y 1500 mA. También colocamos dos capacitores que trabajan como filtro de ruido.

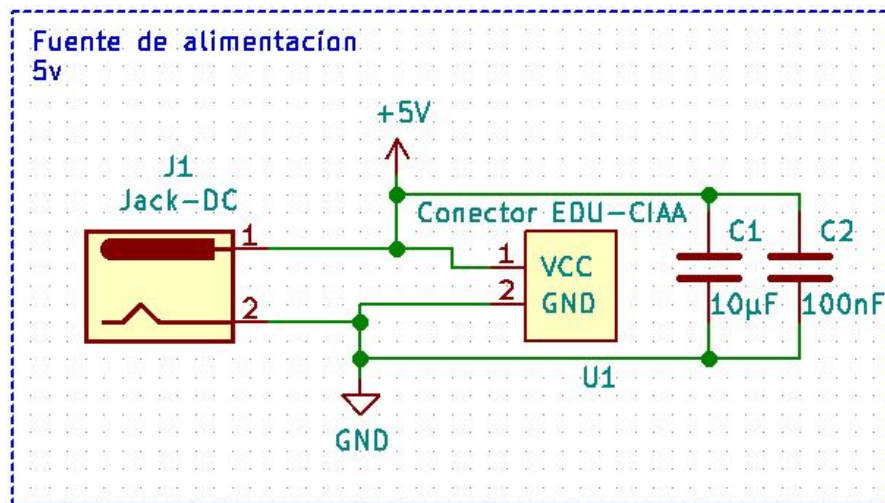


Figura 12 - Esquemático de la fuente de alimentación

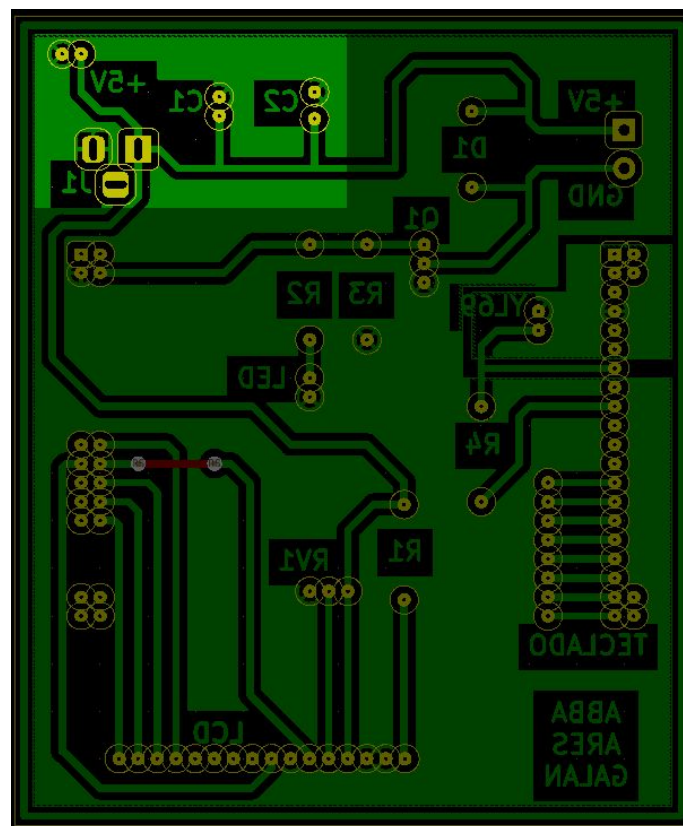


Figura 13 - PCB de la fuente de alimentación

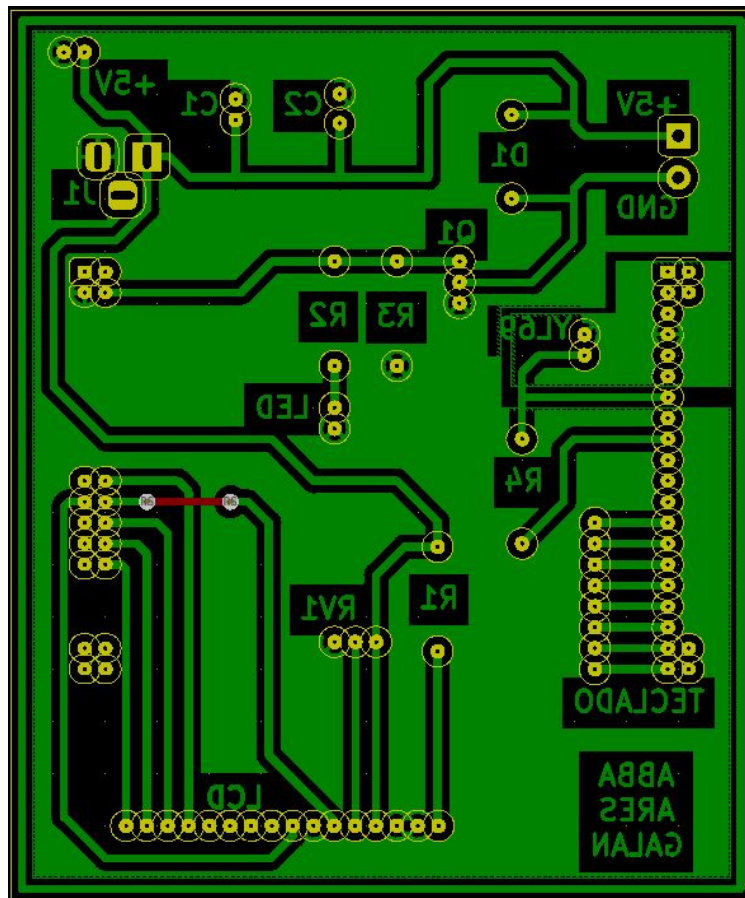


Figura 14 - PCB completo

Descripción del PCB

Se desarrolló una placa de circuito impreso con el software KiCad. Esta fue generada desde el circuito esquemático del sistema y luego de la selección de las huellas para cada componente.

En un principio utilizamos la ya creada plantilla “Poncho Chico” para la EDU-CIAA. La característica principal del mismo es que se encuentra sujetado solo con los dos conectores de la EDU-CIAA (las tiras de pines). Sin embargo ante un problema de espacio expandimos la placa por lo que las dimensiones que esta alcanzó son de 101,6 cm x 86,36 cm.

Durante el diseño de la PCB tuvimos en cuenta que el proceso de fabricación de la misma será casero y mediante impresión láser. Por lo que, elegimos las dimensiones de las pistas, los pines, etcétera de acuerdo a este método de fabricación.

La placa que utilizaremos será simple faz y los componentes “thru-hole”.

El ancho de las pistas será de 1 mm.

El tamaño de los orificios será de 0,7 mm.

El tamaño de las tiras de pads simples será 2,5 x 1,7 mm.

El tamaño de las tiras de pads dobles será 2 x 2 mm.

La separación entre pads será de 0,7 mm.

En el diseño, luego de acomodar los componentes en la placa solo requerimos de un puente.

Para agilizar los tiempos del fabricado del PCB decidimos rellenar los espacios que no utilizabamos con cobre, siendo este la capa de Ground. Asimismo también creamos un zona de cobre aislada para separar la parte digital de la parte analógica, siendo este representado como Ground Analogico, esto se puede apreciar en la Figura 9.

Finalmente el PCB quedó compuesto por 2 tiras de pines dobles machos para poder conectarlo a la EDU-CIAA, un conector hembra para el display, uno para el sensor de humedad y otro para el teclado, una bornera para conectar la bomba de agua, un transistor para que cumplirá la función de llave para el paso de voltaje entre la bomba y la fuente externa, la cual estará conectada al poncho mediante un conector jack-dc. Además contará con capacitores, resistores y un led.

Como se podrá apreciar en el PCB decidimos extraer algunos pines de ambos conectores con la EDU-CIAA para evitarnos agujerear de más la placa. Esto se puede ver en la Figura 3.

Lista de Materiales

Cantidad	Componente
1	Display LCD 16x2
1	Teclado Matricial 4x4
1	Fuente de 5V y 1.5 A
1	Conector Jack DC
1	Mosfet TIP31C
2	Resistores de 10k ohm
1	Resistor 200 ohm
1	Resistor 39 ohm
1	Diodo 1N4007
1	Mini bomba de agua sumergible
1	Preset Multivuelta 10k
1	LED chico rojo
1	Capacitor 10 uF
1	Capacitor 100 nF
1	Bornera de 2x1
1	Tira de Pines hembra 1x20
1	Tira de Pines macho 2x20
1	Tira de Pines macho 1x20

Tabla 1 - Lista de materiales

5- Diseño del software

Para que se comprenda el funcionamiento del sistema definiremos claramente sus entradas y sus salidas.

Entradas

- Teclas A, B, C, D, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 (Teclado Matricial)
- Valor de humedad tomado a través del ADC de 10 bits

Salidas

- Línea 1 del LCD
- Línea 2 del LCD
- GPIO para controlar el motor de la bomba

Modos de Funcionamiento

1. El sistema de riego automático funcionará regando la planta cada un cierto tiempo definido con anterioridad.
2. El sistema de riego automático funcionará regando la planta para que se mantenga en un cierto umbral de humedad, definido por la persona con anterioridad.

Diagrama de estados

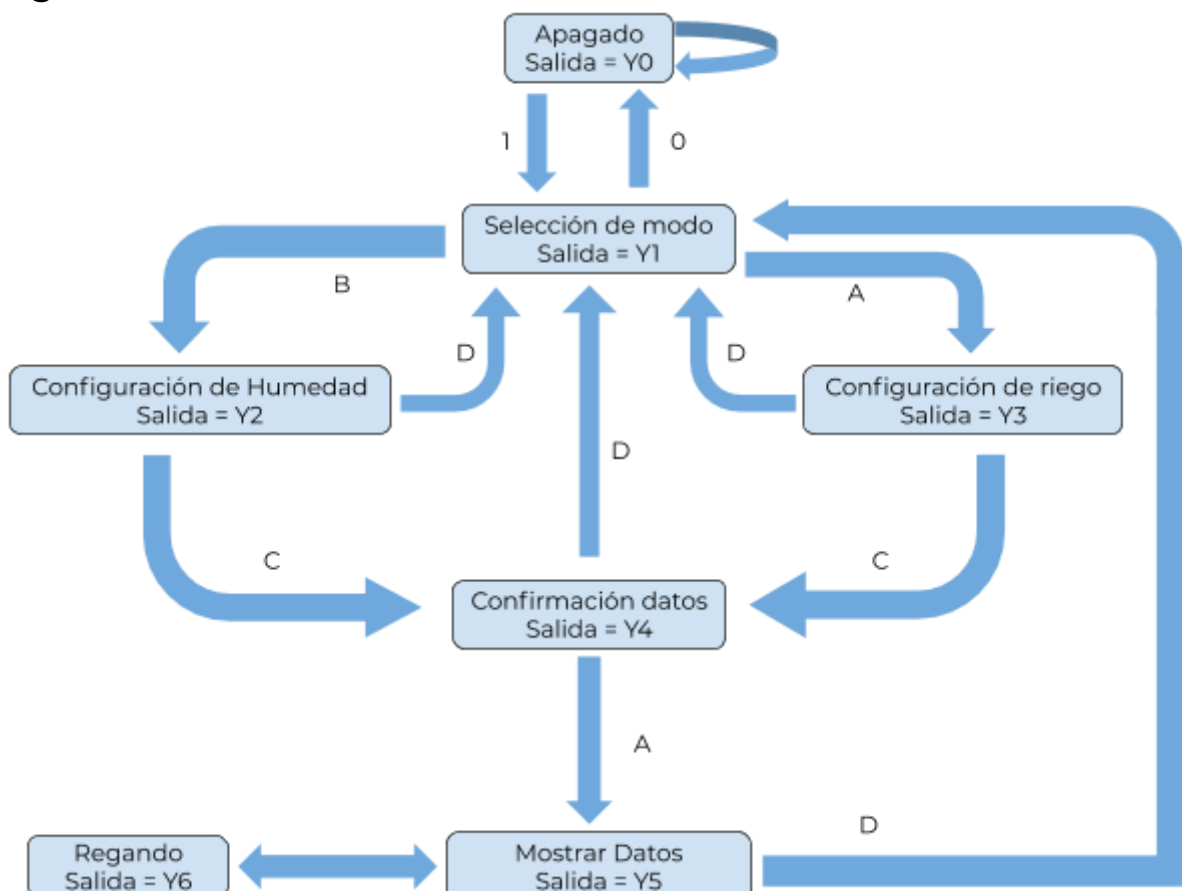


Figura 15 - Diagrama de estados

Descripción de estados

A continuación se describirán brevemente la función de cada estado junto como fue implementado dentro del sistema.

- **Apagado**

En este estado, todo el sistema se encuentra apagado, por lo que en el LCD no se mostrará nada. Asimismo se está esperando que se presione la tecla correspondiente al encendido.

Primero se limpia la salida del display, luego se aguarda hasta que se haya presionado la tecla de encendido **"A"** para dar paso al estado **Bienvenida**. En este estado simplemente se muestra el mensaje de bienvenida *"Bienvenido a SDRA"* durante 3 segundos y siguiente se pasa al estado **Selección de modo**.

- **Selección de modo**

En este estado se mostrará en pantalla la posibilidad de elegir el modo Timer o el modo Control de humedad ya explicados con anterioridad.

Mientras este modo está activo se alterna el mensaje mostrado en el display cada 3 segundos para darle a conocer al usuario las opciones que puede elegir. Mientras tanto se queda a la espera a la entrada de la tecla correspondiente, si se presiona la **"A"** se avanza al estado **Configuración de riego**, si se presiona la **"B"** se avanza al estado **Configuración de humedad** y si se presiona la **"D"** se vuelve al estado **Apagado**.

- **Configuración de riego**

En este estado se espera el ingreso de los valores correspondientes tanto a la duración del riego como al periodo entre los mismos. También existe la posibilidad de volver hacia el estado anterior.

Se espera el ingreso de dos dígitos correspondiente al periodo de riego, en la pantalla se irá mostrando el dato ingresado, por defecto el periodo está en cero. Cuando el usuario termine de ingresar el periodo podrá pulsar **"C"** para continuar. Luego se esperará el ingreso de dos dígitos correspondiente al tiempo de riego, por defecto posee el valor cero. Cuando el usuario termine de ingresar los valores podrá presionar la **"C"** para continuar. Si se presiona la **"D"** se vuelve al estado anterior.

- **Configuración de humedad**

En este estado se espera el ingreso de los valores correspondientes tanto al umbral máximo como al umbral mínimo de humedad. Cuando la humedad esté por debajo del umbral mínimo el sistema comenzará a regar hasta superar el umbral máximo. También existe la posibilidad de volver hacia el estado anterior.

Se espera el ingreso de dos dígitos (números) correspondiente al umbral mínimo de humedad, en la pantalla se irá mostrando el dato ingresado, por defecto la humedad está en cero. Cuando el usuario termine de ingresar la humedad podrá pulsar **“C”** para continuar. Luego se espera el ingreso de dos dígitos (números) correspondiente al umbral máximo de humedad y nuevamente el usuario podrá pulsar **“C”** para continuar. Si se presiona la **“D”** se vuelve al estado anterior.

- **Confirmación de datos**

En este estado se corrobora que se ingresaron correctamente los datos. Por defecto el periodo de riego y la humedad están en cero, si no se ingreso un valor diferente o se ingresó uno erróneo aparecerá un mensaje avisando y devolviendolo al estado **Selección de modo**.

Si se eligió el **modo Timer** se verifica que el periodo sea mayor que el tiempo de riego, en cambio en el **modo Humedad** se verifica que el umbral máximo sea mayor que el umbral mínimo. En ambos casos siempre se verifica que los datos no sea iguales a '0'. En el caso que no se hayan ingresado los datos correctos se mostrará el mensaje *“Los datos no son válidos”* y el usuario solo podrá presionar la tecla **“D”** para volver al estado **Selección de modo**, en el caso de que los valores esten bien se espera que se presione la tecla **“C”** para continuar.

- **Mostrar datos**

En este estado comenzará a funcionar el sistema, dependiendo del modo elegido y se irá mostrando en el LCD mensajes informativos. En cualquier momento se podrá volver al estado **Selección de modo**.

En el mismo se hace una medición de la humedad actual, y cada 5 segundos alterna el mensaje en el display indicando el valor de la humedad, la cantidad de litros regados por día o, dependiendo el modo elegido, el tiempo restante para el próximo riego. Mientras tanto verifica si hay que regar o no, comprobando el nivel de humedad actual o el tiempo transcurrido desde el último riego dependiendo el modo que esté activo. Si se presiona la **“D”** se vuelve al estado **Selección de modo**.

- **Regando**

Este estado activará la bomba y se regará la planta dependiendo del modo de riego configurado. Mientras se permanezca en este estado no se producirá ninguna acción al presionar las teclas. Una vez terminado el riego se vuelve automáticamente al estado **Mostrar datos**.

Se indicará en el display que se está regando a través de un mensaje informativo. Además, en la segunda línea se añadirá el dato de la humedad actual, sensada cada 1 segundo.

Se encontrará encendida la bomba hasta que se indique lo contrario dependiendo del modo elegido. En el **modo Timer** verifica que el tiempo transcurrido desde que se empezó a regar, no supere el tiempo configurado anteriormente, y en el **modo Humedad** comprueba que no se haya superado el umbral máximo de humedad. Una vez terminado el riego se vuelve al estado **Mostrar datos**.

Salidas dependiendo del estado

- **Apagado (Y0):** LCD apagado, motor apagado



Figura 16 - Salida Y0

- **Selección de modo (Y1):** La bomba está apagada, y el LCD alternará entre dos mensajes:

Mensaje 1:



Figura 17 - Salida Y1 Modo humedad

Mensaje 2:



Figura 18 - Salida Y1 Modo timer

Si se presiona la letra A, se elige el modo Timer. Si se presiona B, se elige el modo Control de Humedad. Caso contrario no se realiza acción.

- **Configuración de riego (Y2):** La bomba está apagada y el LCD irá mostrando los valores que se van ingresando en el modo Riego:

Elección tiempo de riego:



Figura 19 - Salida Y2 Riego en segundos

Elección periodo de riego:



Figura 20 - Salida Y2 Periodo en minutos

Si se presiona C se confirma el parámetro ingresado. Si se presiona D se retorna a Selección de Modo.

- **Configuración de Humedad (Y3):** La bomba está apagada y el LCD irá mostrando los valores que se van ingresando en el modo Control de Humedad:

Mensaje Umbral Máximo:



Figura 21 - Salida Y3 Umbral máximo

Mensaje Umbral Mínimo:



Figura 22 - Salida Y3 Umbral mínimo

Si se presiona C se confirma el parámetro ingresado. Si se presiona D se retorna a Selección de Modo.

Confirmación de Datos (Y4): La bomba está apagada y el LCD irá mostrando los valores ingresados dependiendo del modo elegido en caso de que los datos ingresados sean válidos y un mensaje de error en caso de que sean inválidos:

Caso modo Timer:



Figura 23 - Salida Y4 Periodo y Tiempo

Caso modo Control de Humedad:



Figura 24 - Salida Y4 Min y Max

Datos inválidos:



Figura 25 - Salida Y4 Datos inválidos

Si se presiona C se confirma, si se presiona D se cancela y vuelve a Selección de Modo

- **Mostrar Datos (Y5):** La bomba está apagada, y el LCD irá alternando entre distintos mensajes:

Mensaje Valor de Humedad:



Figura 26 - Salida Y5 Valor de Humedad

Mensaje Cantidad de litros día:



Figura 27 - Salida Y5 Cantidad de litros al día

Mensaje siguiente riego (solo se muestra en modo Timer):



Figura 28 - Salida Y5 Siguiente riego

Si se presiona D se vuelve a la selección de modo.

- **Regando (Y6):** La bomba está funcionando, y el LCD mostrará el siguiente mensaje:

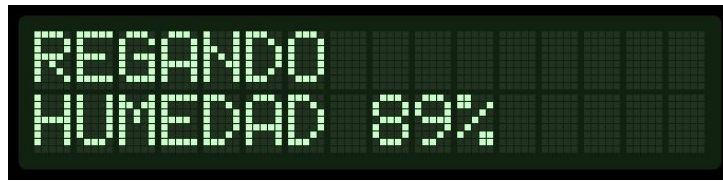


Figura 29 - Salida Regando

El sistema se mantendrá en este estado hasta que termine el riego.

Los drivers que utilizaremos para nuestro sistema serán:

- Teclado matricial
- Display LCD
- Sensor de Humedad
- Bomba de Agua

La aplicación será controlada por la MEF ya descrita.

Las librerías que incluimos son las proporcionadas por la comunidad de la EDU CIAA en la versión V2 del firmware: `chip.h`, `stdint.h`, `sapi.h`. Esta última es la encargada del control del tiempo en nuestro sistema teniendo como base un tick de 50 ms, en donde ejecutamos una rutina de servicio de interrupción que llevará un control del tiempo transcurrido, como también realizará la toma de decisiones correspondientes para activar los flags que sean necesarios.

6- Ensayos y mediciones

Una vez realizado tanto el esquemático como el diseño del PCB, procedimos a fabricar nuestro poncho. El proceso de fabricación del mismo será casero y mediante impresión láser como dijimos anteriormente.

Primero imprimimos mediante una impresora láser nuestro diseño de PCB, luego lo planchamos a una placa de cobre previamente cortada con las medidas exactas.

Una vez que tuvimos nuestro diseño “impreso” en la placa de cobre, procedimos a sumergirlo en cloruro férrico para que este disuelva todo el cobre expuesto. Como el cobre que necesitamos que permanezca está bajo el tóner, el ácido no lo remueve.

Una vez removido el cloruro férrico y secado la placa nos propusimos agujerear los pads de la misma con mechas de distintas medidas dependiendo del componente. Las que más usamos fueron de 0.75mm y 1 mm. Sin mayores complicaciones logramos hacerlo, quedando el último paso del armado del poncho.

Como instancia final soldamos todos los componentes empezando con el único puente, las resistencias y diodos, siguiendo con las tiras de pines y los capacitores, para terminar con el conector jack dc y el transistor. La elección de esta secuencia dependió del tamaño y la forma de los componentes, y fue hecho de ese modo para la comodidad del soldador.

Como primera prueba verificamos la continuidad de todos los caminos, la misma dio resultados positivos. También verificamos que las zonas de cobre no se encontraran unidas a ninguna pista en ningún punto.

Luego nos dispusimos a colocar el poncho sobre la CIAA, tarea que encontramos más difícil de lo que creíamos ya que por el método de fabricación los pines macho del poncho no coincidían exactamente con las hembras de la EDU-CIAA. Una vez solucionada esa cuestión, empezamos a realizar pruebas unitarias con cada uno de los módulos, uno por uno.

Todos ellos no demostraron problema alguno a excepción del módulo de la bomba de agua, ya que esta no encendía aunque se enviara una señal en alto por el pin que la controla. Luego de realizar pruebas con el multímetro para verificar la corriente y el voltaje que se le entregaba tanto a la bomba como al transistor, sacamos la conclusión de que no se llegaba a excitar lo suficiente el transistor para que dejara pasar los 5V que necesitaba la bomba para funcionar. La solución que encontramos fue cambiar el transistor inicial IRF520N por un TIP31C, el cual tenía el mismo conexionado. Una vez hecho este cambio el prototipo funcionaba correctamente.

Sensor de humedad de suelo

Como primer medida para medir la humedad utilizamos una simple regla de tres para determinar el porcentaje de humedad según el número entregado por el ADC, el cual es un valor entre 1024 y 0. Para valores altos de humedad el ADC entrega valor más chicos, inversamente lo mismo ocurre para valores bajo de humedad. Es decir que para un valor de 1024 la humedad es 0% y para un valor de 0 es de 100%. Finalmente para calcular el porcentaje de humedad utilizamos la siguiente ecuación:

$$100 - \text{valorHumedad} * 100 / 1024.$$

Luego de realizar reiteradas pruebas, sacamos un promedio de las mismas para así obtener un valor más acertado. A modo de prueba mostramos los resultados más extremos, teniendo en cuenta que valorHumedad se refiere a valor entregado por el ADC y humedadActual al porcentaje de humedad correspondiente a ese valor.

Al aire libre



Figura 30 - Sensor de humedad al aire libre

(x)= Variables Breakpoints Expressions Registers Peripherals Modules		
Expression	Type	Value
(x)= valorHumedad	unsigned short	1023
(x)= (datos).humedadActual	int	1

Figura 31 - Primer valor y porcentaje de humedad al aire libre

(x)= Variables Breakpoints Expressions Registers Peripherals Modules		
Expression	Type	Value
(x)= valorHumedad	unsigned short	1017
(x)= (datos).humedadActual	int	1

Figura 32 - Segundo valor y porcentaje de humedad al aire libre

Tierra Seca



Figura 33 - Sensor de humedad en tierra seca

(x)= Variables Breakpoints Expressions 1010 0101 Registers Peripherals Modules		
Expression	Type	Value
(x)= valorHumedad	unsigned short	1015
(x)= (datos).humedadActual	int	1

Figura 34- Primer valor y porcentaje de humedad en tierra seca

(x)= Variables Breakpoints Expressions 1010 0101 Registers Peripherals Modules		
Expression	Type	Value
(x)= valorHumedad	unsigned short	1010
(x)= (datos).humedadActual	int	2

Figura 35 - Segundo valor y porcentaje de humedad en tierra seca

Tierra un poco mojada



Figura 36 - Sensor de humedad en tierra un poco mojada

(x)= Variables Breakpoints Expressions Registers Peripherals Modules		
Expression	Type	Value
(x)= valorHumedad	unsigned short	643
(x)= (datos).humedadActual	int	38

Figura 37 - Primer valor y porcentaje de humedad en tierra un poco mojada

(x)= Variables Breakpoints Expressions Registers Peripherals Modules		
Expression	Type	Value
(x)= valorHumedad	unsigned short	581
(x)= (datos).humedadActual	int	44

Figura 38 - Segundo valor y porcentaje de humedad en tierra un poco mojada

Tierra húmeda



Figura 39 - Sensor de humedad en tierra húmeda

(x)= Variables Breakpoints Expressions Registers Peripherals Modules		
Expression	Type	Value
(x)= valorHumedad	unsigned short	335
(x)= (datos).humedadActual	int	68

Figura 40 - Primer valor y porcentaje de humedad en tierra húmeda

(x)= Variables Breakpoints Expressions Registers Peripherals Modules		
Expression	Type	Value
(x)= valorHumedad	unsigned short	287
(x)= (datos).humedadActual	int	72

Figura 41 - Segundo valor y porcentaje de humedad en tierra húmeda

Tierra muy húmeda



Figura 42 - Sensor de humedad en tierra muy húmeda

(x)= Variables Breakpoints Expressions Registers Peripherals Modules		
Expression	Type	Value
(x)= valorHumedad	unsigned short	203
(x)= (datos).humedadActual	int	81

Figura 43 - Primer valor y porcentaje de humedad en tierra muy húmeda

(x)= Variables Breakpoints Expressions Registers Peripherals Modules		
Expression	Type	Value
(x)= valorHumedad	unsigned short	167
(x)= (datos).humedadActual	int	84

Figura 44 - Segundo valor y porcentaje de humedad en tierra muy húmeda

Agua



Figura 45 - Sensor de humedad en agua

(x)= Variables Breakpoints Expressions 1010 0101 Registers Peripherals Modules		
Expression	Type	Value
(x)= valorHumedad	unsigned short	154
(x)= (datos).humedadActual	int	85

Figura 46 - Primer valor y porcentaje de humedad en agua

(x)= Variables Breakpoints Expressions 1010 0101 Registers Peripherals Modules		
Expression	Type	Value
(x)= valorHumedad	unsigned short	137
(x)= (datos).humedadActual	int	87

Figura 47 - Segundo valor y porcentaje de humedad en agua

Después de realizar las pruebas y obtener los resultados llegamos a la conclusión que el mayor valor alcanzado por el ADC es 1017 cuando el sensor de humedad de suelo está al aire libre y 137 cuando está en el agua. Por esta razón decidimos establecer el 100% de humedad a un valor de 137 y el 0% de humedad a 1017. Luego de trazar un recta con estos valores, como se ve en *Gráfico 1 - Humedad frente a Bits*, nos quedó la siguiente ecuación

$$-0,00114 * \text{valorHumedad} + 1,16$$

A la misma la multiplicamos por 100 para obtener su porcentaje.

Humedad frente a Bits

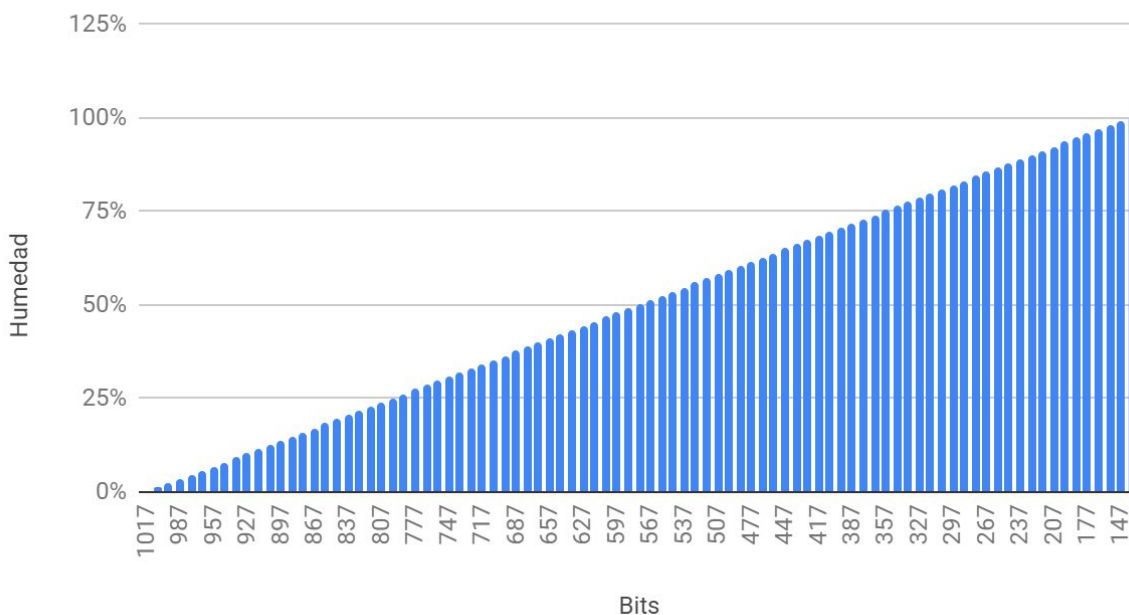
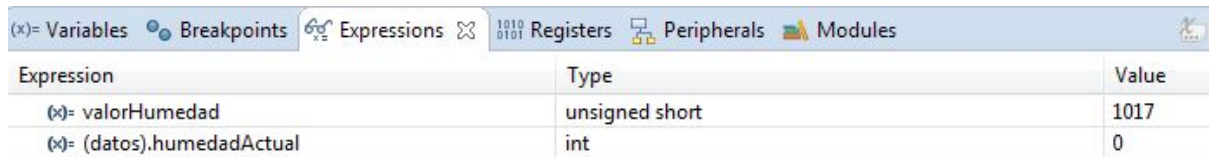


Gráfico 1 - Humedad frente a Bits

Una vez modificado el programa con la nueva ecuación decidimos realizar otra vez las mismas mediciones que antes y estos fueron los resultados. Cabe destacar que se realizan las verificaciones necesarias para que el valor utilizado en la nueva ecuación esté en el rango de 137 - 1017.

Al aire libre

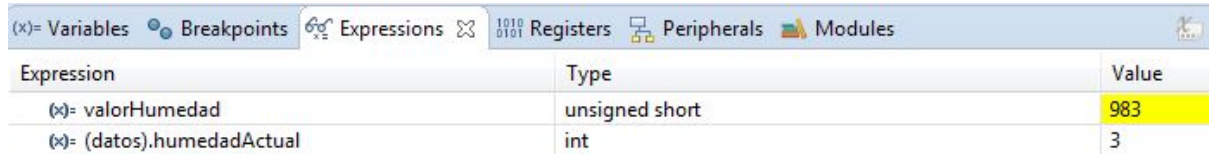


The screenshot shows the 'Expressions' window with two entries. The first entry, '(x)= valorHumedad', has a type of 'unsigned short' and a value of 1017. The second entry, '(x)= (datos).humedadActual', has a type of 'int' and a value of 0.

Expression	Type	Value
(x)= valorHumedad	unsigned short	1017
(x)= (datos).humedadActual	int	0

Figura 48 - Nuevo valor y porcentaje de humedad al aire libre

Tierra seca

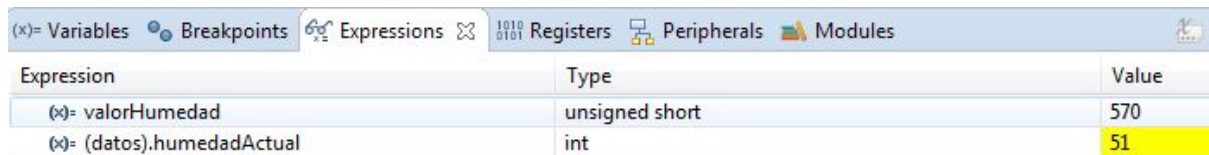


The screenshot shows the 'Expressions' window with two entries. The first entry, '(x)= valorHumedad', has a type of 'unsigned short' and a value of 983. The second entry, '(x)= (datos).humedadActual', has a type of 'int' and a value of 3.

Expression	Type	Value
(x)= valorHumedad	unsigned short	983
(x)= (datos).humedadActual	int	3

Figura 49 - Nuevo valor y porcentaje de humedad en tierra seca

Tierra un poco mojada

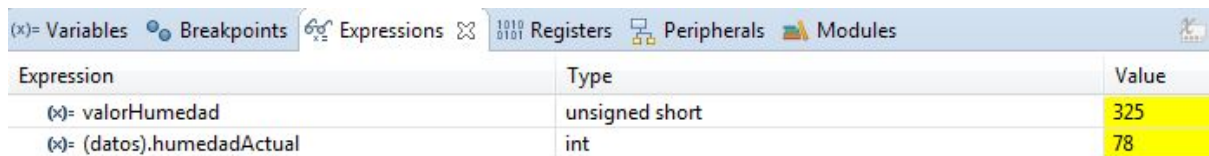


The screenshot shows the 'Expressions' window with two entries. The first entry, '(x)= valorHumedad', has a type of 'unsigned short' and a value of 570. The second entry, '(x)= (datos).humedadActual', has a type of 'int' and a value of 51.

Expression	Type	Value
(x)= valorHumedad	unsigned short	570
(x)= (datos).humedadActual	int	51

Figura 50- Nuevo valor y porcentaje de humedad en tierra un poco mojada

Tierra húmeda

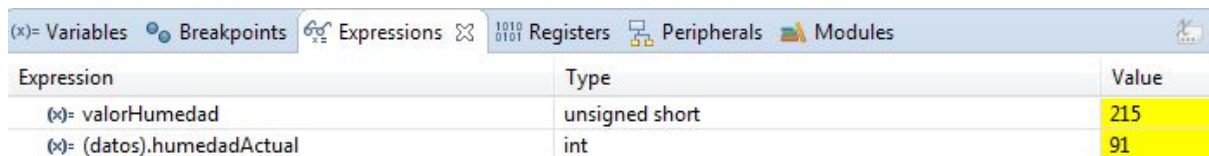


The screenshot shows the 'Expressions' window with two entries. The first entry, '(x)= valorHumedad', has a type of 'unsigned short' and a value of 325. The second entry, '(x)= (datos).humedadActual', has a type of 'int' and a value of 78.

Expression	Type	Value
(x)= valorHumedad	unsigned short	325
(x)= (datos).humedadActual	int	78

Figura 51- Nuevo valor y porcentaje de humedad en tierra húmeda

Tierra muy húmeda

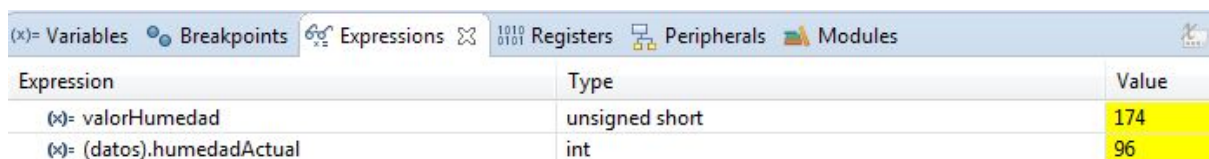


The screenshot shows the 'Expressions' window with two entries. The first entry, '(x)= valorHumedad', has a type of 'unsigned short' and a value of 215. The second entry, '(x)= (datos).humedadActual', has a type of 'int' and a value of 91.

Expression	Type	Value
(x)= valorHumedad	unsigned short	215
(x)= (datos).humedadActual	int	91

Figura 52- Nuevo valor y porcentaje de humedad en tierra muy húmeda

Agua



The screenshot shows the 'Expressions' window with two entries. The first entry, '(x)= valorHumedad', has a type of 'unsigned short' and a value of 174. The second entry, '(x)= (datos).humedadActual', has a type of 'int' and a value of 96.

Expression	Type	Value
(x)= valorHumedad	unsigned short	174
(x)= (datos).humedadActual	int	96

Figura 53- Nuevo valor y porcentaje de humedad en agua

Ahora sí se puede apreciar valores de humedad mucho más acordes con la realidad teniendo como extremo un valor de 0% de humedad cuando está al aire libre y un valor de aproximadamente de 100% de humedad cuando está en el agua.

Bomba de agua

Para calcular la cantidad de litros por segundo que entrega la bomba procedimos de forma similar a la utilizada anteriormente. Calculamos cuánta cantidad de agua entregó la bomba pasados 5, 10 y 15 segundos. Los resultados se pueden apreciar en las figuras 56, 57 y 58.

Teniendo como resultados: para 5 segundos entregó 100 ml, para 10 segundos entregó 225 ml y para 15 segundos entregó 345 ml trazamos una recta, como se muestra en el *Gráfico 2 - Litros frente a Segundos*, quedando como resultado la siguiente ecuación para calcular la cantidad de litros entregados pasados X segundos:

$$0.0245 * \text{tiempoRegando} - 0.0217$$

Litros frente a Segundos

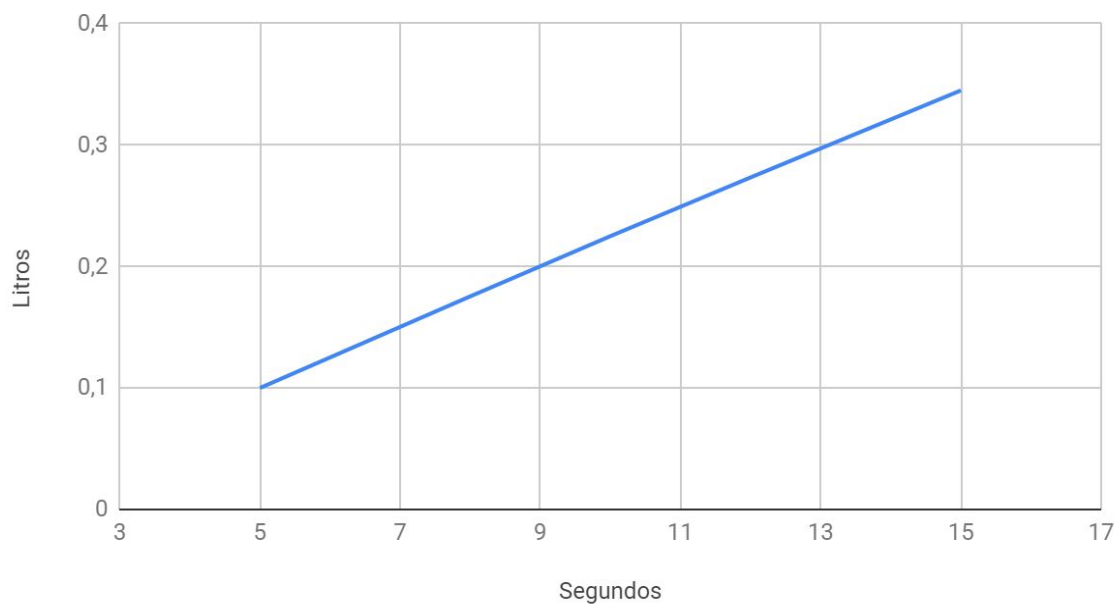


Gráfico 2 - Litros frente a Segundos

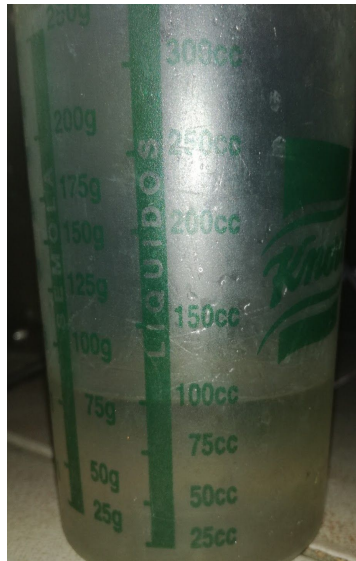


Figura 56 - Mililitros en 15 segundos

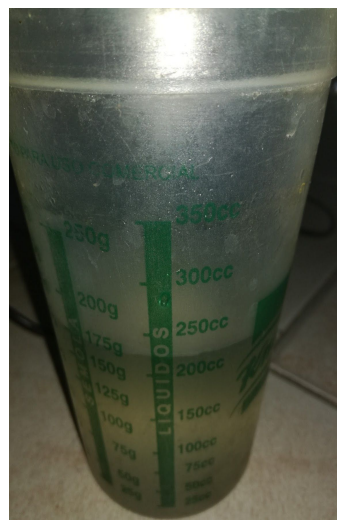


Figura 55 - Mililitros en 10 segundo

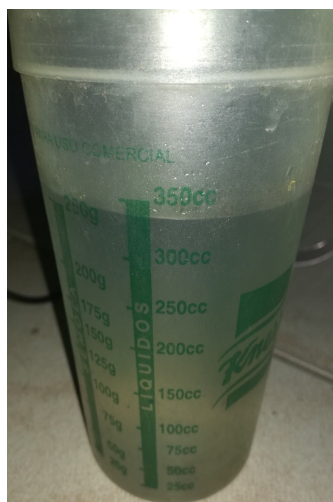


Figura 54 - Mililitros en 5 segundos

Armado de la estructura

Una vez testeados y funcionando todos los módulos nos dispusimos a elaborar una estructura provisoria para la entrega del prototipo para que el poncho y la CIAA no queden a la vista o expuestos a agentes externos, además de para dar un soporte a los componentes que se utilizan para la interacción con el usuario.

Para esto conseguimos una simple caja que se ajustase al tamaño de la CIAA, le realizamos unos agujeros ubicados exactamente para dejar libres las entradas y salidas del sistema: para la alimentación, para el teclado matricial, para el display, para el cable del sensor de humedad y para los cables de la bomba.

Por simplicidad decidimos dejar sin salida el LED rojo que habíamos colocado en la placa para informar sobre el estado del motor de la bomba, ya que de todas formas dicha información se puede ver a través del display en uno de sus mensajes informativos.

Finalmente, este fue el resultado del prototipo completo:



Figura 55 - Prototipo completo

7- Manual de Usuario

A continuación se facilitará el Manual de Usuario del sistema para poder poner este en funcionamiento y operarlo fácilmente.

- 1) Para utilizar el sistema de riego en primer lugar será necesario conectar la fuente de alimentación al prototipo y a la red eléctrica.
- 2) Para experimentar el potencial completo del sistema de riego recomendamos colocar el sensor de humedad en el contenedor de la planta enterrando las dos patas del sensor evitando la parte negra.
- 3) Como último paso antes de encender el sistema se debe colocar la manguera para el riego sobre la planta para el correcto funcionamiento del mismo y para evitar la pérdida de agua.
- 4) Para encender el equipo se debe presionar la tecla A en el teclado matricial. Hecho esto se verá un mensaje de bienvenida.
- 5) Para configurar el sistema deberá elegir el modo de riego: presione A si desea utilizar el modo Timer (para ingresar tiempo y periodo de riego) o B para utilizar el modo Control de Humedad (e ingresar umbrales máximo y mínimo de humedad).
Si se presiona D se apaga el equipo nuevamente.
- 6) a) Si elegiste Modo Riego (A): deberás ingresar el tiempo de riego, es decir la cantidad de segundos que el sistema entregará agua a la planta. Para esto se deben presionar los números del teclado siendo posible ingresar valores de 1 a 99 segundos. Una vez que se vea el valor correcto en el display ingresá C para confirmar.
Repetí los mismos pasos para elegir el periodo con el que se quiere activar el riego. Ingresá un valor entre 1 y 99 minutos y presioná C para confirmar.

b) Si elegiste Modo Control de Humedad (B): deberás ingresar el umbral de riego máximo, es decir el porcentaje de humedad en el que el sistema debe dejar de entregar agua. Para esto se deben presionar los números del teclado siendo posible ingresar valores de 1 a 99 por ciento. Una vez que se vea el valor correcto en el display ingresá C para confirmar.

Repetí los mismos pasos para elegir el umbral de riego mínimo, es decir el porcentaje de humedad a partir del cual el sistema debe comenzar de entregar agua. Ingresá un valor entre 1 y 99 por ciento y presioná C para confirmar.

En cualquiera de los dos modos, si presionas la tecla D, el sistema vuelve al paso **5)**.

7) Para terminar la configuración del sistema se muestran en el display los datos recientemente ingresados dando al usuario la posibilidad de volver atrás si se ha cometido un error (con la tecla D) o de confirmarlos ingresando C.

En caso de que se hayan ingresado datos erróneos, el sistema lo informará a través del display y esperará a que se ingrese D. Luego volverá a **5)**.

8) Una vez configurados el modo y los valores correspondientes ya se encuentra correctamente iniciado el sistema. En el display se verán mensajes notificando al usuario el valor de humedad, la cantidad de litros regados en el último día y, si se eligió el modo Timer, el tiempo que falta para el siguiente riego (en minutos).

Si se ingresa D, se vuelve al paso **5)**.

8- Conclusiones

1- Cumplimiento de objetivos del proyecto:

En esta sección detallaremos, para cada objetivo mencionado, el grado de cumplimiento del mismo:

Objetivos primarios:

- **Controlar la humedad de la tierra a través de un sensor de humedad:** este objetivo se pudo cumplir completamente para este prototipo. Sin embargo consideramos que de querer comercializar y masificar el sistema como un producto en el mercado el sensor utilizado no es lo suficientemente eficiente. La razón de esto es que dependiendo de la ubicación relativa de la manguera del riego y el sensor se pueden interpretar mal las mediciones ya que, por ejemplo, si se vuelca el agua sobre el sensor se mediría una humedad cercana al 100% en cuestión de unos pocos segundos, aún cuando quizás la planta en cuestión no haya recibido el riego.
- **Poder ser capaces de regar la planta a través de una bomba de agua:** este objetivo se cumplió ya que a través del conexionado del PCB logramos hacer funcionar la bomba de agua a nuestra voluntad dependiendo del tiempo medido por el timer interno o del valor de humedad del suelo según el modo escogido por el usuario.
- **Configurar el sistema a través de un teclado matricial:** este objetivo fue satisfecho para el prototipo, sin embargo para una mejor performance podríamos implementar otro tipo de controlador que no sea exactamente un teclado matricial. Este es demasiado sensible y, aunque implementamos un antirebote por software, eventualmente se ingresan los datos duplicados o hay que presionar las teclas más de una vez.
- **Poder visualizar los datos en un LCD:** este objetivo pudo cumplirse dentro de la limitación de la cantidad de caracteres propia del Display 16x2. En caso de querer mostrar los datos de una manera más amigable para el usuario sería mejor tener un display de mayores dimensiones. Por otro lado, para mostrar una mayor variedad de datos importantes para el usuario se deberían incorporar nuevos sensores que no consideramos necesarios para este prototipo.
- **Contar con un botón para arrancar/parar el sistema:** este objetivo no se cumplió como tal, ya que no incorporamos un botón sino que adaptamos las teclas del teclado matricial para aprovechar la funcionalidad del mismo y evitarnos el conexionado de un pulsador.
- **Agregar leds de control:** este objetivo no fue cumplido completamente ya que también preferimos aprovechar el display e informar los estados del sistema a través del display.

Objetivos secundarios:

- **Sensar el nivel de agua del tanque para que la bomba siempre tenga agua disponible**
- **Expandirnos a más de una planta**
- **Sensor fotodiodo para sensar la cantidad de luz recibida durante el día**

No hemos ahondado en cómo implementar estos objetivos por falta de tiempo y de presupuesto ya que para sensar el nivel de agua necesitaríamos un sensor de ultrasonido o similar, para expandirnos a más de una planta deberíamos investigar qué herramienta se puede utilizar como “switch” para desviar el agua según las condiciones del sistema a la planta que corresponda y para sensar la luz recibida necesitaríamos adquirir un fotodiodo que no poseemos.

2- Cumplimiento de requerimientos

Para esta sección repasaremos los requisitos funcionales del sistema de riego ya mencionados y especificaremos si fueron o no llevados a cabo y, en caso de que no hayan sido cumplidos, como fue llevado el aspecto mencionado en el sistema.

Requisitos obligatorios:

Encendido del sistema, configuración del tipo de riego (por tiempo / por humedad), configuración del tiempo de riego, configuración del periodo de riego, configuración de los valores umbral de riego, apagado del sistema: estos requisitos fueron llevados a cabo ingresando los datos a través del teclado matricial y mostrando los resultados de esas acciones a través del Display LCD.

El usuario puede modificar el brillo del display: si bien este requerimiento podría cumplirse abriendo la estructura del prototipo y modificando la resistencia variable a través del preset multivuelta, lo ideal sería que la parte electrónica quede aislada del exterior. Con lo que el brillo del display quedará fijo a excepción de que sea estrictamente necesario.

El sistema puede medir la humedad a través del sensor específico: este requisito fue satisfecho a través del correcto conexionado del sensor de humedad de suelo a la placa y obteniendo del ADC un valor que pudimos traducir en el porcentaje de humedad en tiempo real.

El sistema calcula la cantidad de mililitros del último riego, el sistema muestra en el display la cantidad de mililitros del último riego: si bien internamente el sistema calcula la cantidad de litros que se entrega la bomba, no nos pareció que esta información fuera relevante para mostrarla junto con los mensajes informativos.

El sistema muestra en el display los datos de la humedad, el sistema muestra en el display el tiempo hasta el siguiente riego, el sistema muestra en el display la cantidad de litros entregados en el día: estos fueron los datos que decidimos que el display muestre al usuario mientras no se está efectuando el riego.

El sistema informa el momento del riego a través de un led: si bien a modo informativo colocamos un led en la PCB creemos que es redundante ya que mostramos la misma información en el display y el led quedará encerrado dentro de la estructura aislante.

El sistema informa el sensado de humedad a través de un led: no cumplimos este requerimiento ya que la información que entrega dicho led y el display era redundante.

El sistema puede regar si el nivel de humedad es demasiado bajo, el sistema puede desactivar la bomba si el nivel de humedad es demasiado alto: a partir de la medición de la humedad del suelo el sistema es capaz de activar o desactivar la bomba según el valor de los umbrales en caso de que el modo sea Control de humedad.

El sistema puede desactivar la bomba si el timer de próximo riego ha llegado a cero, el sensor de humedad sensa cada 10 segundos: estos requerimientos son posibles debido al timer interno que implementamos en el programa y temporiza todos los eventos del sistema.

Secundarios

Los requisitos funcionales secundarios no se cumplieron porque no se implementó ninguno de los objetivos secundarios.

Requisitos no funcionales del sistema:

El sistema debe ser capaz de operar adecuadamente solamente con un usuario a la vez: logramos que el sistema funcione correctamente en su totalidad al ser operado por un usuario.

El sistema debe contar con manuales de usuario estructurados adecuadamente, de forma que permitan explicar como usar correctamente el sistema: se adjunta el manual de usuario.

Utilización en placa de desarrollo EDU-CIAA, programación en lenguaje C: cumplimos este requisito desarrollando un programa en lenguaje C para la computadora EDU-CIAA NXP.

Cumplida la fecha de finalización y entrega del proyecto límite al mes de febrero de 2019.

3- Actividades por integrante

Los tres integrantes nos dedicamos al análisis de la consigna propuesta y elaboración de objetivos y requerimientos. Luego dividimos las tareas de la siguiente forma:

Pedro Nicolás Abba: Se encargó principalmente del desarrollo del software del sistema de riego: desde la investigación de las librerías de la EDU-CIAA, adaptación y creación de los drivers para cada módulo del sistema, programación del módulo principal, máquina de estados y funciones específicas y depuración del programa hasta testeo del mismo una vez incorporada la parte física del sistema.

Charo Ares: Se encargó de la investigación y obtención de los componentes para el proyecto y elaboración de informes para las distintas entregas. Asistió en el diseño del PCB y tomó acción en su elaboración y construcción en el laboratorio. Realizó pruebas y métricas del sistema una vez integrado para obtener los datos para garantizar su correcto funcionamiento.

Martín Andrés Galán: Se encargó de realizar tanto de la elaboración del esquemático como del diseño del PCB. Además perfeccionó y arreglo el código del software para que cumpla con los requerimientos planteados. Asimismo realizó la estructura en la que es colocado el prototipo.

4- Presupuesto

A continuación se detallarán los componentes y materiales utilizados para la construcción del prototipo:

Cantidad	Componente	Precio Total
1	Fuente 5 Volts 1.5 Ampere	\$257,50
1	Jack Plug Hueco 2.5 mm	\$27,30
1	Capacitor electrolítico 10 μ F x 25 Volts	\$2,00
1	Capacitor cerámico 100nF x 50 Volts	\$2,20
1	Bornera Mini	\$5,90
1	Tira de pines macho 1 x 40	\$9,28
1	Tira de pines macho 2 x 40	\$18,40
1	Tira de pines hembra 1 x 40	\$24,13
1	Sensor de humedad de tierra	\$242,64
1	Mini bomba de agua sumergible 5 Volt	\$241,74
1	Estaño 0,7 mm	\$63,77
1	Placa virgen simple faz 10 x 20	\$102,67
1	Mecha 1 mm	\$50,00
1	Preset multivuelta 10k	\$48,00
1	Transistor NPN TIP31c	\$30,00
10	Cables para Protoboard macho-macho	\$45,00
5	Cables para Protoboard hembra-hembra	\$22,50
5	Resistencias varios valores	\$5,00
1	Cable alimentación con adaptadores	\$30,00
1	Manguera	\$15,00
1	Diodo 1N4007	\$2,00
1	LED rojo	\$5,00
1	Ácido para elaboración de PCB	\$98,00
1	Maquetado	\$150,00
	TOTAL:	\$1.498,03

Tabla 2 - Presupuesto

A este monto debemos adicionar las horas de ingeniería empleadas por en total sumando las horas dispuestas por cada integrante para la finalización en tiempo y forma del proyecto y su respectivo informe.

Para esto calculamos para los 3 integrantes del grupo, por aproximadamente 4 meses que llevamos involucrados en el proyecto, 4 horas semanales de dedicación durante la cursada y 5 horas extracurriculares semanales por persona en promedio, ya que sobre el final de la cursada dedicamos más tiempo que durante el año.

Eso resulta en 9 horas semanales por integrante por semana, por 16 semanas: 432 horas de ingeniería total.

En cuanto a presupuesto para nuestro trabajo lo obtenemos multiplicando las horas de ingeniería totales por un valor que consideramos un valor por hora para nuestro trabajo: 432 horas por 250 pesos argentinos la hora resultan en \$86.400.

Finalmente, sumando el presupuesto de materiales y el presupuesto por nuestro trabajo, llegamos a un total de \$87.898,03.

9- Bibliografía

Documentos

EDU CIAA NXP Asignación de pines.

EDU CIAA NXP Circuito Esquemático

Peter Dalmaris. Kicad Like a Pro Learn the World's Favourite Open Source PCB Electronic Design. Tech Explorations.

Hojas de Datos

Transistor Mosfet TIP31C NPN

Bomba de Dosificación de Agua

Sensor de Humedad de suelo yl-69

Display Lcd 16x2 1602 Hd44780 Arduino

Teclado Matricial

Sensor de Nivel de Agua K-0135

Diodo 1N4007

Páginas de Ayuda

¿Cómo funciona un sistema de riego?

https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/suelos/sistemas_de_riego.asp

Valores Umbral de Humedad

<http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR25606.pdf>

Foros de Arduino

<https://lasmonedasdejudas.wordpress.com/2017/01/31/sistema-de-riego-hecho-con-arduino-y-varios-sensores-de-luz-temperatura-y-humedad-que-usa-una-minibomba-de-agua/>

10- Anexo

Hojas de datos

Transistor TIP31 c

<https://www.st.com/resource/en/datasheet/tip31c.pdf>

Bomba de Dosificación de Agua:

<https://artofcircuits.com/product/dc-3-6v-120lh-mini-submersible-water-pump>

Sensor de Humedad de suelo yl-69:

https://www.electronicoscaldas.com/datasheet/OBSoil-01_ElecFreaks.pdf

Display Lcd 16x2 1602 Hd44780 Arduino:

<https://www.sparkfun.com/datasheets/LCD/HD44780.pdf>

Teclado Matricial:

https://www.electronicoscaldas.com/datasheet/27899_Parallax.pdf

Diodo 1N4007:

<https://www.diodes.com/assets/Datasheets/ds28002.pdf>