.UBAfiuba
FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE ESPECIALIZACIÓN EN INTERNET DE LAS COSAS

MEMORIA DEL TRABAJO FINAL

Monitoreo y gestión remota de controladores de clima y riego

Autor:
Ing. Martín A. Brocca

Director:
Mg. Ing. Juan Carlos Brocca

Jurados:
Nombre del jurado 1 (pertenencia)
Nombre del jurado 2 (pertenencia)
Nombre del jurado 3 (pertenencia)

Este trabajo fue realizado en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, entre junio de 2022 y mayo de 2023.

Resumen

En la presente memoria se describe el diseño, desarrollo e implementación de un sistema de control y monitoreo de clima y riego para un invernadero de tipo hogareño. El trabajo se compone de una colección de sensores y actuadores basados en hardware de bajo costo y una plataforma de software de código abierto. Este sistema permite la automatización y/o adaptación a diferentes cultivos dependiendo de la estación o preferencia del usuario.

Para completar este proyecto se utilizaron técnicas de selección e integración de circuitos, desarrollo de firmware, evaluación de software y diseño de automatizaciones.

Agradecimientos

Esta sección es para agradecimientos personales y es totalmente **OPCIONAL**.

Índice general

Resumen I

1. Introducción general 1
1.1. Motivación 1
1.2. Estado del arte 2
1.3. Objetivos y alcance 2

2. Introducción específica 5
2.1. Estilo y convenciones 5
2.1.1. Uso de mayúscula inicial para los título de secciones 5
2.1.2. Este es el título de una subsección 5
2.1.3. Figuras 6
2.1.4. Tablas 7
2.1.5. Ecuaciones 8

3. Diseño e implementación 11
3.1. Análisis del software 11

4. Ensayos y resultados 13
4.1. Pruebas funcionales del hardware 13

5. Conclusiones 15
5.1. Conclusiones generales 15
5.2. Próximos pasos 15

Índice de figuras

1.1. Invernadero hogareño 1

2.1. Ilustración del cuadrado azul que se eligió para el diseño del logo. 6
2.2. Imagen tomada de la página oficial del procesador[1]. 7
2.3. ¿Por qué de pronto aparece esta figura? 7
2.4. Tres gráficos simples 7

Índice de tablas

1.1. Análisis del estado del arte 2
1.2. Análisis del estado del arte 3

2.1. caption corto 8

Dedicado a... [OPCIONAL]

Capítulo 1

Introducción general

En este capítulo se exponen la motivación del cliente, sus objetivos y expectativas como así también una evaluación resumida del estado del arte.

1.1. Motivación

En la cultura norteamericana es habitual el plantear una residencia de retiro, el equivalente a la jubilación en países como la Argentina, en un lugar diferente a donde se ha desarrollado la vida profesional. Es en este lugar donde muchas personas pueden dedicarse a realizar hobbies o actividades postergadas durante su vida profesional.

En este proyecto se desarrollará un vivero inteligente para el cultivo y crecimiento de plantines y su posterior trasplante a ser instalado en una casa de retiro en el estado de Carolina del Norte, Estados Unidos de América. En la figura 1 se observa un vivero hogareño típico de producción y dimensiones similares al propuesto.

La función principal del vivero será la de preparar diferentes especies de hortalizas para consumo, plantas ornamentales y/o decorativas junto con árboles para reforestación. Debido a esta diversidad de cultivos, la producción deberá ser sostenible a lo largo del año debiéndose poder adaptar las condiciones climáticas del vivero a las especies en cultivo.

FIGURA 1.1. Invernadero hogareño

1.2. Estado del arte

Los viveros automatizados o inteligentes se han vuelto sumamente populares entre los aficionados y dueños de pequeños invernaderos debido a su capacidad de mejorar el crecimiento de las plantas minimizando la cantidad de trabajo manual requerido. Una de las características principales de un vivero inteligente es la capacidad de controlar automáticamente factores ambientales como la temperatura, la humedad, la luz y el riego. Esto se puede lograr mediante el uso de sensores, actuadores y controladores que pueden ajustar las condiciones en función de configuraciones preprogramadas o datos en tiempo real. En términos de control de temperatura, los viveros inteligentes pueden usar dispositivos como termostatos, ventiladores y calentadores para mantener el rango de temperatura ideal para el crecimiento de las plantas. La humedad se puede regular mediante humidificadores o deshumidificadores, mientras que la iluminación se puede controlar mediante el uso de temporizadores o sensores de luz. También se pueden implementar sistemas de riego controlados. En sistemas mas avanzados, se pueden controlar variables como el suministro de nutrientes, la regulación del dióxido de carbono y los sistemas de control de plagas.

TABLA 1.1. Análisis del mercado.

Funcionalidad	**Priva []**	**Argus Controls []**	**Grodan []**	**Growlink []**
Gestión de clima	Sí	Sí	Sí	Sí
Control de riego	Sí	Sí	Sí	Sí
Fertirrigación	No	Sí	Sí	?
Gestión de energía	Sí	?	Sí	Si
Tamaño de mercado	Grande	Grande	Grande	Pequeño
Costo	$$$$	$$	$$	$$

1.3. Objetivos y alcance

El propósito de este trabajo es el desarrollo de un sistema de sensores y actuadores para el control de clima y riego de un vivero. Los mismos deberán comunicarse con una aplicación instalada en un servidor local donde se configurarán los parámetros y alarmas del sistema.

Con el propósito de disponer de un prototipo completo del sistema se incluyó:

- Sistema para el monitoreo y control de dispositivos IoT.
- Sistema de control de usuarios, permisos y accesos a la plataforma.
- Interfaz gráfica para acceso y control de la plataforma.
- Instrucciones y/o tutoriales para facilitar el uso del sistema.
- Análisis, investigación y elección del hardware para los sensores y actuadores.

El presente trabajo no incluyó:

- Implementación en sitio de los sistemas desarrollados.

- Implementación de métodos de control basados en condiciones climatológicas externas.
- Desarrollo o implementación de modelos analíticos o predictivos de las condiciones del vivero.
- Desarrollo o implementación de conexiones que no sean por Wi-Fi (LTE/5G).

Capítulo 2

Introducción específica

Todos los capítulos deben comenzar con un breve párrafo introductorio que indique cuál es el contenido que se encontrará al leerlo. La redacción sobre el contenido de la memoria debe hacerse en presente y todo lo referido al proyecto en pasado, siempre de modo impersonal.

2.1. Estilo y convenciones

2.1.1. Uso de mayúscula inicial para los título de secciones

Si en el texto se hace alusión a diferentes partes del trabajo referirse a ellas como capítulo, sección o subsección según corresponda. Por ejemplo: "En el capítulo 1 se explica tal cosa", o "En la sección 2.1 se presenta lo que sea", o "En la subsección 2.1.2 se discute otra cosa".

Cuando se quiere poner una lista tabulada, se hace así:

- Este es el primer elemento de la lista.
- Este es el segundo elemento de la lista.

Notar el uso de las mayúsculas y el punto al final de cada elemento.

Si se desea poner una lista numerada el formato es este:

1. Este es el primer elemento de la lista.
2. Este es el segundo elemento de la lista.

Notar el uso de las mayúsculas y el punto al final de cada elemento.

2.1.2. Este es el título de una subsección

Se recomienda no utilizar **texto en negritas** en ningún párrafo, ni tampoco texto subrayado. En cambio sí se debe utilizar *texto en itálicas* para palabras en un idioma extranjero, al menos la primera vez que aparecen en el texto. En el caso de palabras que estamos inventando se deben utilizar "comillas", así como también para citas textuales. Por ejemplo, un *digital filter* es una especie de "selector" que permite separar ciertos componentes armónicos en particular.

La escritura debe ser impersonal. Por ejemplo, no utilizar "el diseño del firmware lo hice de acuerdo con tal principio", sino "el firmware fue diseñado utilizando tal principio".

El trabajo es algo que al momento de escribir la memoria se supone que ya está concluido, entonces todo lo que se refiera a hacer el trabajo se narra en tiempo pasado, porque es algo que ya ocurrió. Por ejemplo, "se diseñó el firmware empleando la técnica de test driven development".

En cambio, la memoria es algo que está vivo cada vez que el lector la lee. Por eso transcurre siempre en tiempo presente, como por ejemplo:

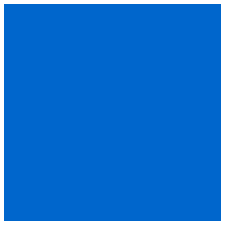
"En el presente capítulo se da una visión global sobre las distintas pruebas realizadas y los resultados obtenidos. Se explica el modo en que fueron llevados a cabo los test unitarios y las pruebas del sistema".

Se recomienda no utilizar una sección de glosario sino colocar la descripción de las abreviaturas como parte del mismo cuerpo del texto. Por ejemplo, RTOS (*Real Time Operating System*, Sistema Operativo de Tiempo Real) o en caso de considerarlo apropiado mediante notas a pie de página.

Si se desea indicar alguna página web utilizar el siguiente formato de referencias bibliográficas, dónde las referencias se detallan en la sección de bibliografía de la memoria, utilizado el formato establecido por IEEE en [**IEEE:citation**]. Por ejemplo, "el presente trabajo se basa en la plataforma EDU-CIAA-NXP [**CIAA**], la cual...".

2.1.3. Figuras

Al insertar figuras en la memoria se deben considerar determinadas pautas. Para empezar, usar siempre tipografía claramente legible. Luego, tener claro que **es incorrecto** escribir por ejemplo esto: "El diseño elegido es un cuadrado, como se ve en la siguiente figura:"



La forma correcta de utilizar una figura es con referencias cruzadas, por ejemplo: "Se eligió utilizar un cuadrado azul para el logo, como puede observarse en la figura 2.1".

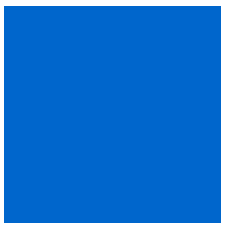


FIGURA 2.1. Ilustración del cuadrado azul que se eligió para el diseño del logo.

El texto de las figuras debe estar siempre en español, excepto que se decida reproducir una figura original tomada de alguna referencia. En ese caso la referencia

FIGURA 2.2. Imagen tomada de la página oficial del procesador[1].

de la cual se tomó la figura debe ser indicada en el epígrafe de la figura e incluida como una nota al pie, como se ilustra en la figura 2.2.

La figura y el epígrafe deben conformar una unidad cuyo significado principal pueda ser comprendido por el lector sin necesidad de leer el cuerpo central de la memoria. Para eso es necesario que el epígrafe sea todo lo detallado que corresponda y si en la figura se utilizan abreviaturas entonces aclarar su significado en el epígrafe o en la misma figura.

FIGURA 2.3. ¿Por qué de pronto aparece esta figura?

Nunca colocar una figura en el documento antes de hacer la primera referencia a ella, como se ilustra con la figura 2.3, porque sino el lector no comprenderá por qué de pronto aparece la figura en el documento, lo que distraerá su atención.

Otra posibilidad es utilizar el entorno *subfigure* para incluir más de una figura, como se puede ver en la figura 2.4. Notar que se pueden referenciar también las figuras internas individualmente de esta manera: 2.4a, 2.4b y 2.4c.

(A) Un caption.

(B) Otro.

(C) Y otro más.

FIGURA 2.4. Tres gráficos simples

El código para generar las imágenes se encuentra disponible para su reutilización en el archivo **`Chapter2.tex`**.

2.1.4. Tablas

Para las tablas utilizar el mismo formato que para las figuras, sólo que el epígrafe se debe colocar arriba de la tabla, como se ilustra en la tabla 2.1. Observar que

[1]Imagen tomada de https://goo.gl/images/i7C70w

sólo algunas filas van con líneas visibles y notar el uso de las negritas para los encabezados. La referencia se logra utilizando el comando `\ref{<label>}` donde label debe estar definida dentro del entorno de la tabla.

```
\begin{table}[h]
\centering
\caption[caption corto]{caption largo más descriptivo}
\begin{tabular}{l c c}
\toprule
\textbf{Especie}     & \textbf{Tamaño} & \textbf{Valor}\\
\midrule
Amphiprion Ocellaris & 10 cm           & \$ 6.000 \\
Hepatus Blue Tang    & 15 cm           & \$ 7.000 \\
Zebrasoma Xanthurus  & 12 cm           & \$ 6.800 \\
\bottomrule
\hline
\end{tabular}
\label{tab:peces}
\end{table}
```

TABLA 2.1. caption largo más descriptivo

Especie	**Tamaño**	**Valor**
Amphiprion Ocellaris	10 cm	$ 6.000
Hepatus Blue Tang	15 cm	$ 7.000
Zebrasoma Xanthurus	12 cm	$ 6.800

En cada capítulo se debe reiniciar el número de conteo de las figuras y las tablas, por ejemplo, figura 2.1 o tabla 2.1, pero no se debe reiniciar el conteo en cada sección. Por suerte la plantilla se encarga de esto por nosotros.

2.1.5. Ecuaciones

Al insertar ecuaciones en la memoria dentro de un entorno *equation*, éstas se numeran en forma automática y se pueden referir al igual que como se hace con las figuras y tablas, por ejemplo ver la ecuación 2.1.

$$ds^2 = c^2 dt^2 \left(\frac{d\sigma^2}{1 - k\sigma^2} + \sigma^2 \left[d\theta^2 + \sin^2\theta d\phi^2 \right] \right) \tag{2.1}$$

Es importante tener presente que si bien las ecuaciones pueden ser referidas por su número, también es correcto utilizar los dos puntos, como por ejemplo "la expresión matemática que describe este comportamiento es la siguiente:"

$$\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2\Psi + V(\mathbf{r})\Psi = -i\hbar\frac{\partial\Psi}{\partial t} \tag{2.2}$$

Para generar la ecuación 2.1 se utilizó el siguiente código:

```
\begin{equation}
\label{eq:metric}
```

```
ds^2 = c^2 dt^2 \left( \frac{d\sigma^2}{1-k\sigma^2} +
\sigma^2\left[ d\theta^2 +
\sin^2\theta d\phi^2 \right] \right)
\end{equation}
```

Y para la ecuación 2.2:

```
\begin{equation}
\label{eq:schrodinger}
\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2\Psi + V(\mathbf{r})\Psi =
-i\hbar \frac{\partial\Psi}{\partial t}
\end{equation}
```

Capítulo 3

Diseño e implementación

3.1. Análisis del software

La idea de esta sección es resaltar los problemas encontrados, los criterios utilizados y la justificación de las decisiones que se hayan tomado.

Se puede agregar código o pseudocódigo dentro de un entorno lstlisting con el siguiente código:

```
\begin{lstlisting}[caption= "un epígrafe descriptivo"]
las líneas de código irían aquí...
\end{lstlisting}
```

A modo de ejemplo:

```
#define MAX_SENSOR_NUMBER 3
#define MAX_ALARM_NUMBER  6
#define MAX_ACTUATOR_NUMBER 6

uint32_t sensorValue[MAX_SENSOR_NUMBER];
FunctionalState alarmControl[MAX_ALARM_NUMBER]; //ENABLE or DISABLE
state_t alarmState[MAX_ALARM_NUMBER];           //ON or OFF
state_t actuatorState[MAX_ACTUATOR_NUMBER];     //ON or OFF

void vControl() {

  initGlobalVariables();

  period = 500 ms;

  while(1) {

    ticks = xTaskGetTickCount();

    updateSensors();

    updateAlarms();

    controlActuators();

    vTaskDelayUntil(&ticks, period);
  }
}
```

CÓDIGO 3.1. Pseudocódigo del lazo principal de control.

Capítulo 4

Ensayos y resultados

4.1. Pruebas funcionales del hardware

La idea de esta sección es explicar cómo se hicieron los ensayos, qué resultados se obtuvieron y analizarlos.

Capítulo 5

Conclusiones

5.1. Conclusiones generales

La idea de esta sección es resaltar cuáles son los principales aportes del trabajo realizado y cómo se podría continuar. Debe ser especialmente breve y concisa. Es buena idea usar un listado para enumerar los logros obtenidos.

Algunas preguntas que pueden servir para completar este capítulo:

- ¿Cuál es el grado de cumplimiento de los requerimientos?
- ¿Cuán fielmente se puedo seguir la planificación original (cronograma incluido)?
- ¿Se manifestó algunos de los riesgos identificados en la planificación? ¿Fue efectivo el plan de mitigación? ¿Se debió aplicar alguna otra acción no contemplada previamente?
- Si se debieron hacer modificaciones a lo planificado ¿Cuáles fueron las causas y los efectos?
- ¿Qué técnicas resultaron útiles para el desarrollo del proyecto y cuáles no tanto?

5.2. Próximos pasos

Acá se indica cómo se podría continuar el trabajo más adelante.