



**FACULTAD
DE INGENIERIA**

Universidad de Buenos Aires

**CARRERA DE ESPECIALIZACIÓN EN
SISTEMAS EMBEBIDOS**

MEMORIA DEL TRABAJO FINAL

Título del trabajo

Autor:

Nombre del Autor

Director:

Nombre del Director (pertenencia)

Jurados:

Nombre del jurado 1 (pertenencia)

Nombre del jurado 2 (pertenencia)

Nombre del jurado 3 (pertenencia)

*Este trabajo fue realizado en las Ciudad Autónoma de Buenos Aires,
entre marzo de 2020 y diciembre de 2020.*

Resumen

El resumen debe escribirse en uno o dos párrafo. Debe ser breve y conciso sin ningún elemento de formato en el texto como itálicas o negrita. Tampoco se deben usar siglas ni acrónimos que no resulten obvios para un lector promedio de la memoria, ni referencias bibliográficas o notas al pie de página. No debe faltar qué es lo que se hizo/logró, qué importancia/valor tiene el proyecto/resultados, qué va a encontrar el lector en la memoria y qué contenidos de la Especialización/Maestría se aplicaron en el proyecto.

Agradecimientos

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

Índice general

Resumen	I
1. Introducción General	1
1.1. Descripción de la situación	1
1.1.1. Temporizadores para iluminación	1
1.1.2. Drivers para luminarias LED	2
1.2. Motivación	4
1.3. Objetivos y alcance	4
1.3.1. Objetivos	4
1.3.2. Alcance	4
2. Introducción Específica	5
2.1. Estructura general del sistema	5
2.1.1. Módulo principal	6
2.1.2. Módulos adicionales	6
2.1.3. Interfaz de Usuario	6
2.2. Requerimientos	6
2.3. Planificación	7
3. Diseño e Implementación	9
3.1. Análisis del software	9
4. Ensayos y Resultados	11
4.1. Pruebas funcionales del hardware	11
5. Conclusiones	13
5.1. Conclusiones generales	13
5.2. Próximos pasos	13

Índice de figuras

1.1. Temporizador de cuatro terminales.	2
1.2. Temporizador de tres terminales.	2
1.3. Probador de temporizadores.	2
1.4. Driver para LEDs.	3
2.1. Diagrama en bloques del sistema.	5

Índice de Tablas

1.1. Tabla de comparación de equipos de prueba de drivers	3
---	---

Dedicado a... [OPCIONAL]

Capítulo 1

Introducción General

Este capítulo introduce al lector a los procesos de prueba de temporizadores y drivers de LED y las diferentes opciones disponibles. También se presentan los objetivos y el alcance establecido.

1.1. Descripción de la situación

La industria manufacturera es aquella que se dedica a la transformación de la materia prima en bienes de consumo, pero además de procesos de transformación de materia se desarrollan otros en simultáneo, muchos de ellos asociados a la gestión de la calidad. La industria de la manufactura electrónica no es ajena a estos procesos y en particular dentro de aquellos que hacen a la calidad, hay uno muy importante que es la prueba final del producto. La prueba final de un producto electrónico consiste principalmente en la verificación de su correcto funcionamiento y el cumplimiento de las especificaciones del mismo. Para estas pruebas es común el uso de instrumentos y dispositivos de prueba frecuentemente diseñados específicamente para un tipo o una familia de productos en particular.

La empresa Posthac S.A., la cual impulsó el desarrollo del sistema que trata esta memoria, cuenta con una amplia línea de productos en el área de iluminación automática e iluminación para vía pública, de los cuales hay dos grupos que se destacan: los temporizadores y los drivers para luminarias LED. La razón que destaca estos productos es que los primeros son los de mayor volumen de venta dentro de los que se producen en las instalaciones de la empresa y los segundos son productos que están en etapa de desarrollo y con amplia perspectiva de venta en el área de iluminación de vía pública. Ante esta situación se realizó un relevamiento de la capacidad actual de la empresa, principalmente en lo que se refiere a prueba de productos, y se evaluaron distintas opciones de mejora que se detallarán a continuación.

1.1.1. Temporizadores para iluminación

Un temporizador para iluminación es un dispositivo semiautomático que tiene como función principal mantener encendida una luminaria durante un tiempo preestablecido luego de recibir un pulso de activación, normalmente generado con un pulsador. Estos dispositivos son de uso común en viviendas y edificios de todo tipo con presentaciones variadas. En la actualidad los temporizadores

electrónicos son los de mayor difusión, pero existen otros tipos como los temporizadores mecánicos. Dentro de los temporizadores electrónicos los hay de 2, 3 y 4 terminales de conexión, pueden ser de tiempo fijo o ajustable y en lo que respecta al accionamiento de la carga se utilizan salidas conmutadas con relé o triac. En la figura 1.1 se observa un temporizador con salida a relé de cuatro terminales, mientras que la figura 1.2 es de un temporizador con pulsador de 3 terminales.



FIGURA 1.1.
Temporizador de
cuatro terminales.



FIGURA 1.2.
Temporizador de
tres terminales.

La prueba de este tipo de dispositivo consiste en verificar los siguientes puntos:

- Accionamiento correcto de la carga.
- Cumplimiento de tiempo máximo.
- Cumplimiento de tiempo mínimo.

En el momento de hacer la evaluación, las pruebas de temporizadores las hacía un operario utilizando un cronómetro y el banco de pruebas de la figura 1.3, donde se podían conectar hasta seis temporizadores a la vez. Usando estos elementos el operario verifica los puntos antes indicados en forma manual.

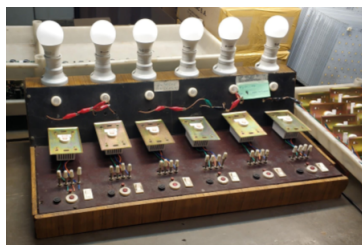


FIGURA 1.3. Probador de temporizadores.

Dado que estos productos no tienen un nivel de producción y venta muy masivo, no se encuentran opciones comerciales de sistemas automáticos de prueba. Incluso grandes y medianas empresas en China utilizan sistemas propios o métodos manuales para realizar estas pruebas.

1.1.2. Drivers para luminarias LED

Los diodos LED son dispositivos semiconductores capaces de convertir la energía eléctrica en luz. Para que el LED funcione de forma adecuada y poder garantizar su vida útil, la excitación de los mismos se debe realizar manteniendo la temperatura dentro del rango de trabajo. Esto se consigue utilizando algún medio para extraer el calor, como disipadores o forzadores, y limitando la potencia sobre los LEDs. Para lograr que la potencia sobre los LEDs sea estable y esté limitada al

rango de trabajo se utilizan los drivers de LED. Los drivers de LED son equipos que convierten la energía eléctrica a una forma adecuada para excitar las cargas LED. La característica principal de este tipo de drivers es que entregan en su salida una corriente constante de modo que la potencia sobre los LEDs sea mucho más estable. Además, muchos de estos drivers tienen la posibilidad de dimerizar o controlar la corriente de salida mediante una entrada adicional para dicho fin. Ésta entrada de dimerizado permite controlar el nivel de iluminación producido por los LEDs y además posibilita controlar la temperatura de trabajo de los LED, utilizando sensores que midan y retroalimenten al driver la temperatura sobre los LEDs. Si es necesario el driver reducirá la potencia entregada bajando así la temperatura. En la figura 1.4 se puede ver un modelo de driver típico de luminarias LED para vía pública.



FIGURA 1.4. Driver para LEDs.

En lo que respecta a la prueba de este tipo de equipos los principales parámetros que hay que probar son:

- Tensión de salida.
- Corriente de salida.
- Función de dimerizado si corresponde.
- Potencia de entrada.
- Factor de potencia.

Para hacer estas pruebas existen en el mercado diferentes opciones de equipamiento con distintas características. La tabla 1.1 compara algunos modelos evaluados, donde se puede apreciar que en general los sistemas de prueba de drivers están diseñados para probar de un equipo a la vez.

TABLA 1.1. Comparación de equipos de prueba de drivers

Prueba	63115A	61501	LT101A	WT5080
Factor de potencia	-	SI	SI	SI
Tensión de entrada	-	0-500V	3-300V	1-500V
Corriente de entrada	-	0-30A	10mA-5A	5mA-5A
Tensión de salida	0-600V	-	3-300V	3-500V
Corriente de salida	0-5A	-	10mA-5A	5mA-5A
Dimerizado	NO	NO	NO	NO
Emulación de Carga	SI	NO	NO	NO
Pruebas simultáneas	2/4	1	1	1
Marca	Chroma	Chroma	Everfine	InvenFine

1.2. Motivación

Luego de analizar las opciones disponibles para las dos familias de productos, es evidente que para el caso de la prueba de temporizadores se requiere un sistema diseñado a medida. Si bien hay distintas opciones para pruebas de drivers de LED, ninguna de ellas cumple con la necesidad de la empresa Posthac S.A. de tener un sistema de pruebas adaptable a distintos productos y expandible para poder probar múltiples equipos al mismo tiempo. De este modo surgió la idea de desarrollar este sistema de pruebas que, además de satisfacer las necesidades actuales, deje lugar a futuras adaptaciones para distintas pruebas.

1.3. Objetivos y alcance

1.3.1. Objetivos

Los objetivos del trabajo realizado son: reducir los tiempos de prueba para lograr un uso eficiente de las horas hombre, mejorar la calidad de las pruebas y estar preparados para las futuras producciones de drivers de LED.

1.3.2. Alcance

El desarrollo se limitó a los siguientes puntos:

- Desarrollo y fabricación del prototipo del módulo principal.
- Desarrollo y fabricación de prototipos de 2 módulos adicionales. Uno para ensayo de temporizadores y otro para ensayo de salida de drivers para luminarias LED.
- Desarrollo de la interfaz de usuario mediante conexión WIFI.
- Código fuente.
- Diagramas eléctricos y diseños de PCB.

No están incluidos:

- Otros módulos adicionales no detallados anteriormente.
- Interfaz gráfica para la conexión mediante cable con PC.

Capítulo 2

Introducción Específica

En este capítulo se describe en forma global la estructura del sistema y sus funciones. También se establecen los requerimientos y la planificación del proyecto llevado a cabo.

2.1. Estructura general del sistema

Con el objetivo de lograr un sistema adaptable y escalable se optó por realizar un diseño modular. Este diseño consiste en tres tipos módulos o etapas: el módulo principal, los módulos adicionales y la interfaz de usuario. La figura 2.1 indica en forma general la estructura del sistema y el modo en que los módulos están conectados entre sí.

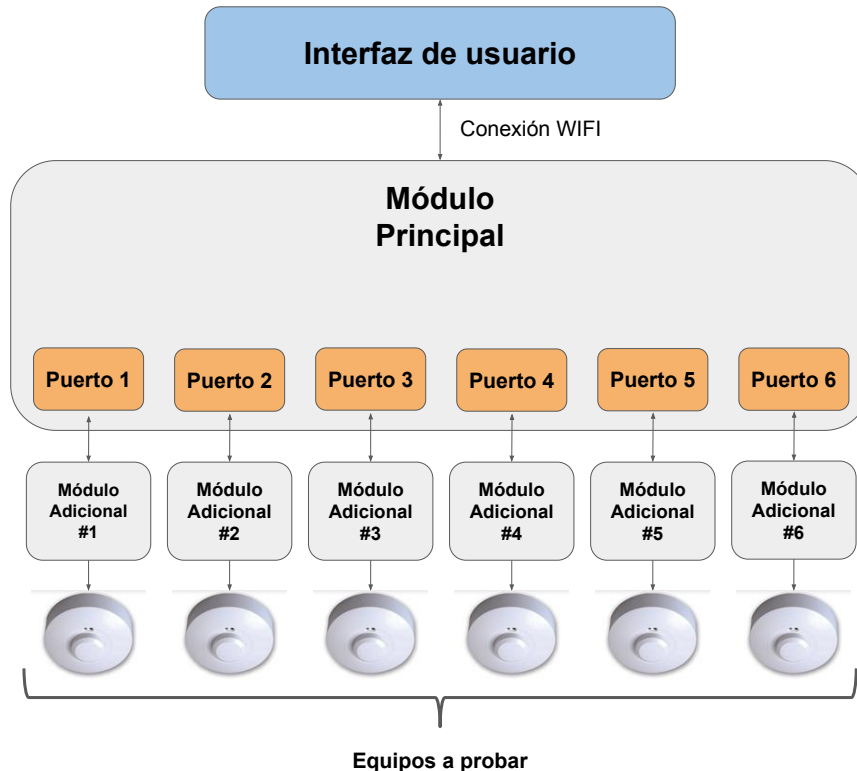


FIGURA 2.1. Diagrama en bloques del sistema.

2.1.1. Módulo principal

El módulo principal es la base del sistema, allí se encuentra el núcleo de procesamiento, la etapa de comunicación con la interfaz de usuario, el servidor web de la misma y los puertos de conexión con los módulos adicionales. Estos puertos de conexión son los encargados de capturar las señales provenientes de los módulos adicionales, tanto en forma analógica como digital. Además, son capaces de generar señales analógicas y digitales y proveer de alimentación a los módulos adicionales. Una característica importante de estos puertos de conexión es que se encuentran aislados eléctricamente uno del otro para poder trabajar con equipos no aislados y únicamente se comunican con el núcleo de procesamiento mediante una interfaz optoaislada.

2.1.2. Módulos adicionales

Los módulos adicionales cumplen las funciones de conectar y adaptar las señales entre los puertos del módulo principal y el equipo bajo prueba. Estos módulos se diseñan específicamente para cada tipo o familia de productos. Gracias a esta estructura modular se puede adaptar el sistema para realizar distintas pruebas con pocos cambios de hardware. Al momento se desarrollaron dos módulos adicionales, uno para prueba de temporizadores y otro para la prueba de salida de drivers.

2.1.3. Interfaz de Usuario

La interfaz de usuario es el medio por el cual se controla al sistema. Se desarrolló de forma que pueda ejecutarse en cualquier plataforma que tenga un navegador web y esté conectada a la misma red que el módulo principal. Por ejemplo, se puede ejecutar desde una tablet, notebook o celular y con solo ingresar el IP del sistema de pruebas se tiene acceso al panel de control donde se puede seleccionar la prueba a realizar, configurar los parámetros, ejecutar las pruebas y visualizar los resultados.

2.2. Requerimientos

El diseño del sistema de pruebas se realizó siguiendo una serie de requerimientos que fueron establecidos al comienzo del proyecto. A continuación se detallan cada uno de ellos según la etapa del sistema a la que hacen referencia.

Módulo principal:

- Debe poder conectarse a una red WIFI que comparta con la pantalla de usuario.
- Debe ser capaz de transmitir información y representarla mediante una interfaz WEB.
- Debe ser capaz de recibir órdenes mediante interfaz WEB.
- Debe ser posible conectar 6 módulos adicionales del mismo tipo a la vez.

- Debe ser capaz de realizar 2 mediciones analógicas simultáneas con una tasa de muestreo de al menos mil muestras por segundo.
- Debe contar con al menos 3 salidas digitales y 3 entradas digitales por cada puerto.
- Debe disponer de una salida analógica por cada puerto 0-10v.
- Debe poder proveer a los módulos adicionales de alimentación en cada puerto.
- Debe poder conectarse con una PC mediante una conexión RS232 a modo de puerto de configuración y debugging.
- El centro de procesamiento deberá implementarse con un placa EDU-CIAA.

Módulo adicional para ensayo de Temporizadores:

- Debe poder probar temporizadores de 3 y 4 terminales.
- Debe proveer de alimentación (220VAC) al equipo bajo prueba.
- Debe generar señales que indiquen al módulo principal el estado de funcionamiento del equipo bajo prueba.

Módulo para ensayo de driver de luminaria LED:

- Debe poder generar señales que indiquen los valores de tensión y corriente de salida del driver bajo prueba.
- Debe poder conmutar cargas.
- Debe proveer de alimentación (220VAC) al equipo bajo prueba.
- Debe proveer al equipo bajo prueba de una señal de control para dimerizado.

Control de versiones:

- Se debe montar un repositorio GIT.
- El repositorio deberá ser accesible mediante la plataforma GITHUB para poder trabajar en forma remota.

2.3. Planificación

El desarrollo del sistema de pruebas tuvo como guía la planificación realizada en el marco de la materia gestión de proyectos. Si bien esta planificación original contemplaba que la presentación del prototipo se realizaría en mayo de 2020, fue necesario posponerla debido a que en el momento de realizar las pruebas de las etapas analógicas del módulo principal, se encontró un error de diseño. No pudiendo corregirse este error, fue imperioso agregar una fase de rediseño de las etapas analógicas y la comunicación con los puertos del módulo principal.

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:

```
1 #define MAX_SENSOR_NUMBER 3
2 #define MAX_ALARM_NUMBER 6
3 #define MAX_ACTUATOR_NUMBER 6
4
5 uint32_t sensorValue[MAX_SENSOR_NUMBER];
6 FunctionalState alarmControl[MAX_ALARM_NUMBER]; //ENABLE or DISABLE
7 state_t alarmState[MAX_ALARM_NUMBER]; //ON or OFF
8 state_t actuatorState[MAX_ACTUATOR_NUMBER]; //ON or OFF
9
10 void vControl() {
11
12     initGlobalVariables();
13
14     period = 500 ms;
15
16     while(1) {
17
18         ticks = xTaskGetTickCount();
19
20         updateSensors();
21
22         updateAlarms();
23
24         controlActuators();
25
26         vTaskDelayUntil(&ticks, period);
27     }
28 }
```

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 pudo 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.