



CARRERA DE ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS EMBEBIDOS

MEMORIA DEL TRABAJO FINAL

Tester para amplificador óptico

Autor:

Ing. Lucas Constantino

Director:

Dr. Ing. Alejandro Ghersin (FIUBA)

Jurados:

Nombre del jurado 1 (pertenencia)

Nombre del jurado 2 (pertenencia)

Nombre del jurado 3 (pertenencia)

*Este trabajo fue realizado en la Provincia de Buenos Aires,
entre Marzo de 2022 y Marzo de 2023.*

Resumen

En la presente memoria se describen el diseño, construcción y validación de un prototipo de un tester para un amplificador de fibra óptica dopado con erbio. Este desarrollo surge a partir de la necesidad de la empresa Skyloom Global de contar con una herramienta que permita controlar y medir los parámetros de este tipo de amplificador de forma aislada y se utilizará durante la etapa de desarrollo e integración de terminales de comunicación óptica para satélites de órbita baja.

El sistema fue desarrollado sobre arquitectura ARM utilizando un sistema operativo de tiempo real, donde se aplicaron los conocimientos adquiridos durante la carrera tales como programación de microcontroladores, protocolos de comunicación e ingeniería de software. Además, fueron de particular importancia la utilización de los conceptos de máquinas de estados, capas de abstracción y testing de software para la etapa de validación del sistema.

Índice general

Resumen	I
1. Introducción general	1
1.1. Contexto y motivación	1
1.1.1. Una introducción (no tan corta) a L ^A T _E X	2
Una subsubsección	2
1.2. Producto existente	2
1.3. Objetivos y alcance	2
1.4. XXX	3
2. Introducción específica	5
2.1. Funcionamiento de un amplificador óptico	5
2.1.1. Tablas	5
2.1.2. Ecuaciones	6
2.2. Interfaz del amplificador optico	7
2.3. Estructura del sistema	7
2.4. Componentes del sistema	7
2.5. Requerimientos	7
2.6. Recursos de software	7
2.7. Protocolos de comunicación	7
3. Diseño e implementación	9
3.1. Dispositivo implementado	9
3.2. Arquitectura de hardware	10
3.2.1. Monitor de corriente	10
3.3. Arquitectura de software	10
3.3.1. Maquina de estados	10
3.3.2. Capa de abstraccion de la placa	10
4. Ensayos y resultados	11
4.1. Banco de pruebas	11
4.2. Pruebas de hardware	11
4.3. Pruebas de software	11
5. Conclusiones	13
5.1. Resultados obtenidos	13
5.2. Trabajo futuro	13

Índice de figuras

1.1. Propuesta de la empresa Skyloom Global ¹	2
2.1. Tres gráficos simples	5

Índice de tablas

2.1. caption corto	6
------------------------------	---

Capítulo 1

Introducción general

En este capítulo se explican las causas que dan origen al dispositivo desarrollado y como este encaja en el proyecto de la empresa Skyloom Global. Se hace una breve descripción de un amplificador óptico, del hardware ya existente y por último se presentan los objetivos y alcances determinados durante la planificación de este trabajo.

1.1. Contexto y motivación

La creciente demanda de mayores velocidades de transmisión de información en el ámbito aeroespacial, combinada con las limitaciones de la radiofrecuencia, favorecen el surgimiento de nuevas empresas enfocadas en el desarrollo de nuevas tecnologías capaces de superar estas barreras. Tal es el caso de la empresa Skyloom Global, que propone la creación de una red de satélites de órbita baja (LEO) utilizando enlaces ópticos de alta velocidad.

El núcleo de esta idea reside en un satélite geoestacionario (órbita GEO) al cual los satélites en LEO transmiten la información (denominado *uplink*) para luego descargar esta a una estación terrena (denominado *downlink*). De esta forma se obtiene una alta disponibilidad de los datos ya que el satélite en GEO siempre tiene visión de la Tierra. Un diagrama de esta propuesta se muestra en la figura 1.1.

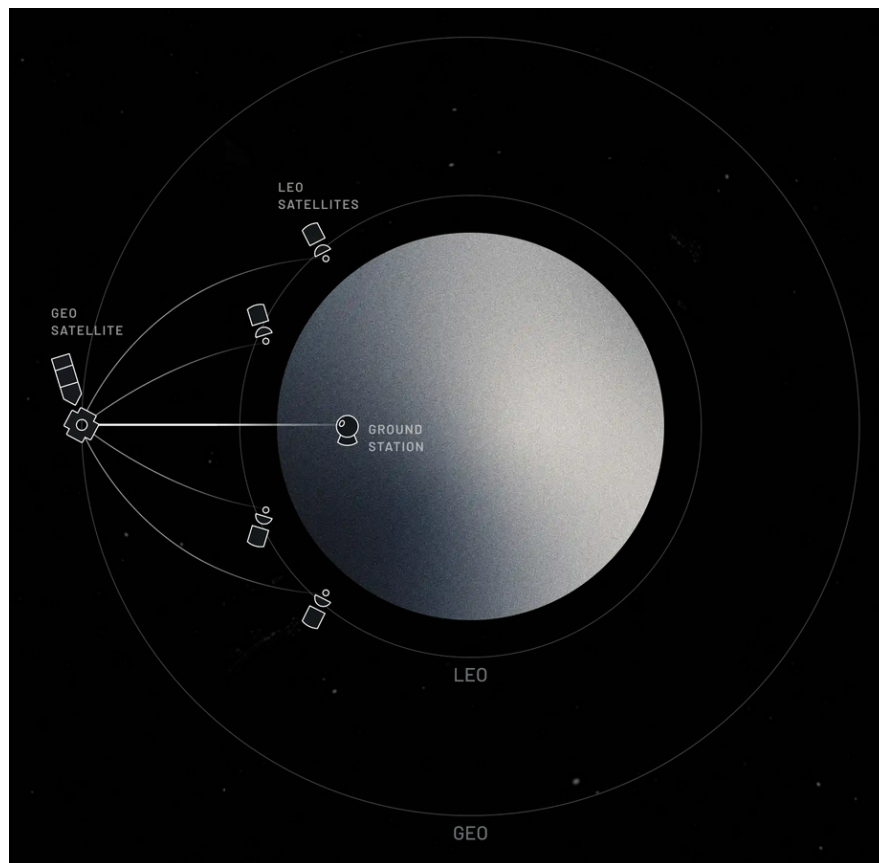


FIGURA 1.1. Propuesta de la empresa Skyloom Global¹.

1.1.1. Una introducción (no tan corta) a \LaTeX

ABC

Una subsubsección

ABCD

1.2. Producto existente

asd

1.3. Objetivos y alcance

asd

- Capítulo 1: Introducción general
- Capítulo 2: Introducción específica
- Capítulo 3: Diseño e implementación
- Capítulo 4: Ensayos y resultados

¹Imagen tomada de <https://www.skyloom.co/>

- Capítulo 5: Conclusiones

sda

- Capítulo 1: Introducción general
- Capítulo 2: Introducción específica
- Capítulo 3: Diseño e implementación
- Capítulo 4: Ensayos y resultados
- Capítulo 5: Conclusiones

1.4. XXX

asda

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. Funcionamiento de un amplificador óptico

Otra posibilidad es utilizar el entorno *subfigure* para incluir más de una figura, como se puede ver en la figura 2.1. Notar que se pueden referenciar también las figuras internas individualmente de esta manera: 2.1a, 2.1b y 2.1c.



FIGURA 2.1. Tres gráficos simples

2.1.1. 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 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
Amhiprion Ocellaris & 10 cm & \$ 6.000 \\
Hepatus Blue Tang & 15 cm & \$ 7.000 \\
Zebrasoma Xanthurus & 12 cm & \$ 6.800 \\
\bottomrule
\end{tabular}
\end{table}
```

```
\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.

2.1.2. 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.

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

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:”

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

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}
```


2.2. Interfaz del amplificador optico

2.3. Estructura del sistema

2.4. Componentes del sistema

2.5. Requerimientos

2.6. Recursos de software

2.7. Protocolos de comunicación

Capítulo 3

Diseño e implementación

3.1. Dispositivo implementado

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.

3.2. Arquitectura de hardware

3.2.1. Monitor de corriente

3.3. Arquitectura de software

3.3.1. Maquina de estados

3.3.2. Capa de abstraccion de la placa

Capítulo 4

Ensayos y resultados

4.1. Banco de pruebas

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

4.2. Pruebas de hardware

4.3. Pruebas de software

Capítulo 5

Conclusiones

5.1. Resultados obtenidos

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. Trabajo futuro

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