



**FACULTAD
DE INGENIERIA**

Universidad de Buenos Aires

**CARRERA DE ESPECIALIZACIÓN EN
SISTEMAS EMBEBIDOS**

MEMORIA DEL TRABAJO FINAL

**Llamador Bluetooth con micrófono para
sistema de llamado a enfermera**

Autor:

Ing. Raul Alejandro Camacho Dorado

Director:

Ing. Sergio Starkloff (SURIX)

Jurados:

Ing. Héctor Lacomí (CITEDEF)

Mg. Ing Mara Fusco (UTN - FRH)

Esp. Ing. Facundo Adrián Lucianna (FIUBA)

*Este trabajo fue realizado en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires,
entre marzo de 2020 y Abril de 2021.*

Resumen

En la presente memoria se describe el desarrollo de un sistema de llamado a enfermera para la empresa SURIX S.R.L., basado en comunicación por Bluetooth, que reemplazará al actual, basado en comunicación cableada. El sistema desarrollado consiste en un dispositivo llamador, que se conecta con una terminal de sala y puede enviar solicitudes del paciente, así como informar el estado de su batería de alimentación. La terminal de sala debe recibir estos mensajes y reenviarlos a la terminal de enfermería, y si es necesario iniciar una llamada entre el paciente y la enfermera.

Para el desarrollo de esta aplicación se utilizaron conocimientos relacionados a programación de microcontroladores, protocolos de comunicación, sistemas operativos en tiempo real, testing de software y desarrollo de aplicaciones.

Agradecimientos

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

Índice general

Resumen	I
1. Introducción general	1
1.1. Antecedentes y análisis de contexto	1
1.2. Objetivos y Alcance	3
1.2.1. Objetivos	3
1.2.2. Alcance	3
1.3. Qué incluye esta plantilla	4
1.3.1. Carpetas	4
1.3.2. Archivos	4
1.4. Entorno de trabajo	6
1.4.1. Paquetes adicionales	6
1.4.2. Configurando TexMaker	6
1.5. Personalizando la plantilla, el archivo memoria.tex	8
1.6. El código del archivo memoria.tex explicado	8
1.7. Bibliografía	9
2. Introducción específica	11
2.1. Estilo y convenciones	11
2.1.1. Uso de mayúscula inicial para los título de secciones	11
2.1.2. Este es el título de una subsección	11
2.1.3. Figuras	12
2.1.4. Tablas	14
2.1.5. Ecuaciones	14
3. Diseño e implementación	17
3.1. Análisis del software	17
4. Ensayos y Resultados	19
4.1. Pruebas funcionales del hardware	19
5. Conclusiones	21
5.1. Conclusiones generales	21
5.2. Próximos pasos	21

Índice de figuras

1.1. Entorno de trabajo de texMaker.	7
1.2. Definir memoria.tex como documento maestro.	7
2.1. Ilustración del cuadrado azul que se eligió para el diseño del logo.	13
2.2. Imagen tomada de la página oficial del procesador ¹	13
2.3. ¿Por qué de pronto aparece esta figura?	13
2.4. Tres gráficos simples	13

Índice de tablas

1.1. Sistemas de llamado a enfermera	3
2.1. caption corto	14

Dedicado a... [OPCIONAL]

Capítulo 1

Introducción general

En este capítulo se describe el contexto actual del cual parte el trabajo, el estado del arte de los sistemas de llamado a enfermera, se presentan los objetivos y alcance del trabajo y se expone su justificación.

1.1. Antecedentes y análisis de contexto

SURIX es una empresa argentina fundada en 1998, que se dedica al desarrollo de sistemas de control de acceso basados en tecnología IP. Actualmente ofrece líneas de productos para el hogar y edificios, aplicaciones tecnológicas personalizadas a corporaciones, industrias, hospitales, centros comerciales, autopistas y entes gubernamentales, productos que exporta a más de 14 países para diversas aplicaciones, por lo que tienen oficinas en Israel y México.

Entre los productos ofertados por SURIX, se destaca el sistema de llamado a enfermera, este consta de un dispositivo llamador, que se conecta por cable a una central de sala, y ésta a su vez se conecta a través de una red a la terminal de enfermería.

Desde el dispositivo llamador, el paciente puede encender la luz de lectura o –lo que es más relevante– requerir la atención del personal de servicio a la habitación. En caso de necesitar atención, la central de sala iniciará una llamada VoIP a la terminal de enfermería.

El sistema diferencia el llamado desde cama, baño o botón de paro cardíaco, y si fue atendido por enfermería remotamente o está en presencia de enfermera, y también cuando concluye el servicio.

Además permite visibilizar la solicitud y tipo de solicitud, desde pasillo por medio de una luminaria, que se puede configurar para iluminarse de diversos colores o encenderse intermitentemente en función del tipo de solicitud del paciente.

En la terminal de enfermería se dispone de un panel donde se puede visualizar el estado de cada cama, y la terminal de sala actualmente sólo puede conectarse a dos dispositivos llamadores.

En el mercado existen varias soluciones similares a la que se desea desarrollar, entre las que podemos mencionar:

- MMCALL: sistema que utiliza tecnologías inalámbricas y dispone de pulsadores de llamada colocados en las habitaciones y baños de los pacientes, a través de los cuales solicitan asistencia presionando un botón. La estación

de enfermería muestra el número de habitación o cama asignado a ese pulsador de llamada y simultáneamente activa un cronómetro para garantizar una atención oportuna, de manera que si la llamada no es respondida envía un recordatorio tanto a la estación de enfermería como a todos los relojes inalámbricos, con lo que cada miembro del personal puede ser equipado, para asegurar que la llamada sea respondida sin importar en qué parte del hospital se encuentren. Todas las llamadas se registran en la estación de enfermería, lo cual permite sacar reportes de desempeño y rendimiento. Su alcance es de 70 a 80 metros, pero se puede extender utilizando amplificadores y repetidores de señal.

- **Helpnex:** sistema modular que utiliza tecnología IP, dispone de pulsadores para cama y baño que permiten que el paciente solicite asistencia presionando un botón, y permite visualizar y atender el requerimiento, pudiendo detallar el motivo o añadir todo tipo de observaciones. Todas las alarmas y tareas quedan registradas en una base de datos. Ofrece control sobre personas en general, y con desorientación en particular, mediante un tag pequeño y compacto, que permite la localización de la persona, a través de radiofrecuencia (RF) sobre las principales salidas del centro, con distinción entre cercanía o apertura de una puerta, con visualización de alarmas en el plano en tiempo real. Permite también alarma para pasillo con diferentes códigos de colores, emitiendo indicación sonora y luminosa LED. Además ofrece la posibilidad de disponer de un puesto de control para la emisión de informes personalizados para permitiendo conocer todo lo ocurrido en el centro.
- **Llamador de enfermería inalámbrico SEI:** sistema desarrollado para clínicas, hospitales, geriátricos, hogares de ancianos o casas particulares con personas con movilidad reducida. Dispone de un llamador en cada habitación identificado por un número, cada uno dispone de tantos pulsadores como camas posea la habitación. Cuando el paciente presiona el pulsador, se reporta inalámbricamente a una central receptora, encendiendo el LED correspondiente a dicha habitación, y una señal sonora advierte del llamado. Mientras existan llamados activos se oirá un “bip” cada 10 segundos alertando a la persona a cargo del llamado pendiente. Si el llamado lleva activo un tiempo mayor a 5 minutos el LED comenzará a parpadear alertando la demora. Para cancelar el llamado la enfermera o persona a cargo debe dirigirse a la habitación correspondiente y presionar el botón “cancelar” del llamador. Mientras el llamado esté activo, en el llamador destellará un LED indicando dicho estado. El alcance del sistema es de 30 a 35 metros que puede extenderse mediante el uso de retransmisores.

A continuación, en la 1.1 se presenta comparativa que resume las características de los sistemas de llamado a enfermera disponibles en el mercado y el sistema actual de SURIX.

TABLA 1.1. Comparativa de sistemas de llamado a enfermera disponibles en el mercado

Característica \ Sistema	SURIX	MMCALL	Helpnex	SEI
Dispositivo llamador inalámbrico				X
Central de enfermera inalámbrica		X	X	X
Aviso de presencia de enfermera por RFID	X		X	
Sistema de localización de pacientes			X	
Panel de control	X	X	X	X
Alarma de pasillo configurable	X	X	X	
Emisión de informes	X	X	X	

1.2. Objetivos y Alcance

1.2.1. Objetivos

El objetivo general es dotar de conectividad Bluetooth al sistema actual de llamado a enfermera de SURIX.

Para el logro del objetivo planteado el trabajo contempla:

- El diseño e implementación de un módulo de expansión que permita dotar de conectividad Bluetooth a la terminal de sala del sistema actual de SURIX.
- El diseño e implementación de un nuevo dispositivo llamador con conectividad Bluetooth.
- El desarrollo del firmware para el módulo de expansión diseñado.
- El desarrollo del firmware para el nuevo dispositivo llamador.
- El desarrollo del firmware de la terminal de sala para el control de módulo de expansión diseñado.

1.2.2. Alcance

El alcance del trabajo está definido por las siguientes consideraciones:

- Si bien en el trabajo uno de los objetivos es desarrollar el firmware para control del módulo de expansión, esto no implica sustituir el firmware de la terminal de sala por uno nuevo, sino sólo escribir el módulo que permita interactuar a la terminal de sala con el módulo de expansión diseñado, ya que el resto del sistema actual se seguirá utilizando.
- Debido a que el diseño del dispositivo llamador debe ser de bajo consumo de energía, este no dispondrá de un parlante, por lo que no se considera el desarrollo de firmware que envíe audio al dispositivo llamador, y la salida de audio se mantendrá en la terminal de sala, como ocurre con el sistema actual.

- Aunque el diseño del dispositivo llamador implica elegir una fuente de alimentación, el trabajo no contempla diseñar un sistema de recarga para la batería.

1.3. Justificación

El trabajo permite ampliar la capacidad de conexión de la terminal de sala, que actualmente está limitada a sólo dos dispositivos llamadores, de manera que será posible conectar un mayor número de dispositivos llamadores.

Adicionalmente, al tener conectividad Bluetooth, se elimina el riesgo de romper el cable de conexión e inutilizar, al menos temporalmente, el dispositivo llamador cuando el paciente trata de acercarlo a él, y jala del cable.

Quitar el cable también posibilita que los pacientes que por su estado se encuentren débiles puedan acercar el llamador a su boca haciendo que sea más fácil escuchar su voz.

El hecho de que el dispositivo llamador sea inalámbrico permite que pueda ser utilizado en distintos lugares, lo que permite reorganizar fácilmente una sala, o incluso usar el dispositivo llamador en otra sala, donde sea requerido.

Por otro lado, el dotar de conectividad Bluetooth al sistema actual permitirá a SURIX posicionar este producto para competir con otros sistemas existentes en el mercado, que ya ofrecen esta característica.

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, utilizando 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”.

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 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

¹Imagen tomada de <https://goo.gl/images/i7C70w>



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



FIGURA 2.2. Imagen tomada de la página oficial del procesador¹.

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 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
\hline
\end{tabular}
\label{tab:peces}
\end{table}
```

TABLA 2.1. caption largo más descriptivo

Especie	Tamaño	Valor
Amhiprion 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.

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

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} + \right.
\left. \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:

```
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.