

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS
EMBEBIDOS



MEMORIA DEL TRABAJO FINAL

**Sistema para conversión de semáforos
convencionales en semáforos para no
videntes**

Autor:

Ing. Sebastián Alejandro Suárez

Director:

Esp. Ing. Sergio R. De Jesus Melean

Jurados:

Esp. Ing. Franco Bucafusco (pertenencia)

Esp. Ing. Diego Fernandez (FIUBA)

Ing. Marcelo Romeo (pertenencia)

*Este trabajo fue realizado en las Ciudad Autónoma de Buenos Aires, entre
octubre 2018 y agosto de 2019.*

Resumen

En la presente memoria se describe la realización de un sistema para la inclusión de personas no videntes o con disminución visual, el cual advierte los cambios de luces a través de una red inalámbrica por medio de las vibraciones de un teléfono inteligente.

Para el desarrollo del proyecto se aplicaron los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera como ser la programación de microcontroladores, utilización de un sistema operativo de tiempo real y protocolos de comunicación.

Este trabajo fue articulado para la empresa Adox la cual está interesada en el desarrollo de este equipo, siendo el código y hardware público a la comunidad.

Agradecimientos

A mi esposa Mary por su compañía, paciencia, consejo y apoyo incondicional a lo largo de toda la especialización.

A mis padres Jose y Graciela que me forjaron como la persona que soy y me alentaron en el estudio.

A mi Director Sergio por su tiempo y sabiduría en todo momento.

A Roberto Zelarayan por prestarme la EduCiaa.

A los profesores de la carrera de Especialización en Sistemas Embebidos que me acompañaron en esta formación profesional.

Índice general

Resumen	III
1. Introducción General	1
1.1. Motivacion	1
1.2. Objetivos	1
1.3. Alcance	2
2. Introducción Específica	3
2.1. Funcionamiento de los semaforos	3
2.1.1. Secuencia	3
2.2. Esquema general del sistema	4
2.3. Requerimientos	4
2.4. Propuesta de implementación	5
2.4.1. Entradas	5
Detección de tension	5
Detección de ruido ambiente	6
2.4.2. Plataforma de desarrollo	6
2.4.3. Salidas	7
Modulo wifi	7
Modulo generador de sonido	8
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
Bibliografía	15

Índice de figuras

2.1. Esquema general del sistema.	4
2.2. Módulo de aislamiento opto-acoplador de 1 bit	6
2.3. Módulo para la detección de sonido	6
2.4. La EDU-CIAA posee un microcontrolador LPC4337 (dual core ARM Cortex-M4 y Cortex-M0).	6
2.5. ESP8266 (ESP-01) 2.4GHz Módulo Inalámbrico.	7
2.6. Circuito amplificador basado en el amplificador operacional LM386.	8

Índice de Tablas

Dedicado a... [OPCIONAL]

Capítulo 1

Introducción General

Este capítulo introduce al lector al tema abordado en este trabajo, su propósito y su alcance.

1.1. Motivacion

En Argentina 1 de cada 10 personas poseen algún tipo de discapacidad, siendo la que más prevalece la discapacidad motora, seguida por la visual, la auditiva y la mental [2].

Uno de los problemas más comunes a los que se enfrentan las personas con discapacidad visual es el cálculo de distancias en un lugar dado, el cual es necesario para evitar accidentes. Es por esta razón que se acude al uso de elementos como el bastón. Entre los principales desafíos que encuentran las personas con discapacidad visual es cruzar la calle. Esto se debe a que en general no tienen ningún tipo de señal que les indique si la calle está libre de autos circulando o si se produjo el cambio de semáforo a verde. Para estas situaciones el bastón no es de utilidad, ya que no brinda ningún tipo de información al respecto para advertir si la persona puede o no cruzar la calle sin ningún peligro. Si bien en algunas oportunidades pueden valerse de la buena intención de algún transeúnte es importante para toda persona poder valerse por sí misma y no depender de un tercero.

1.2. Objetivos

Este proyecto consistió en desarrollar un prototipo abierto, autónomo y económico, que permitirá ser conectado a cualquier semáforo convencional, aprendiendo el comportamiento de este, tomando como entradas la secuencia de luces del semáforo y como salida pretende advertir a la persona con discapacidad visual cuando puede o no cruzar la calle sin peligro. Esta advertencia se va a realizar por medio de un pitido generado por un buzzer y/o de su teléfono inteligente.

Dicho prototipo fue realizado de manera abierta, es decir, que su código y hardware están disponibles para todas las personas que lo deseen y que tengan la libertad de modificarlo.

1.3. Alcance

El desarrollo del presente proyecto incluyó:

- Desarrollo de un prototipo funcional.
- Desarrollo de una aplicación en android.
- Desarrollo de un protocolo para lograr la escalabilidad en las formas de comunicación con dispositivos de advertencia.
- Ajuste de nivel de sonido automáticamente según ruido ambiente.
- Posibilidad de activar el sistema por medio de un comando a distancia.

El presente proyecto no incluyó:

- Compatibilidad con otro sistema operativos distintos de android.

Capítulo 2

Introducción Específica

Este capítulo provee una introducción más detallada de todo el trabajo realizado. Se presenta al lector una explicación del funcionamiento de los semáforos, una vista general del sistema, requerimientos y una explicación de las tecnologías involucradas en el desarrollo.

2.1. Funcionamiento de los semáforos

Los semáforos, también conocidos técnicamente como señales de control de tráfico, son dispositivos de señales que se sitúan en intersecciones viales y otros lugares para regular el tráfico, y por ende, el tránsito peatonal [3].

Los semáforos se dividen en tres clases, que son:

- Vehicular: Tiene por objeto regular el tránsito de vehículos en las intersecciones. Está compuesto esencialmente por tres faros programados para que proyecten durante un tiempo determinado un haz de luz de colores verde, amarillo y rojo.
- Peonales: Se hallan instalados en combinación con los vehiculares y tienen por objeto regular el paso de los peatones en intersecciones con alto volumen de tráfico.
- Direccional: Tiene como fin informar mediante flechas, el momento adecuado para girar.

En cuanto al funcionamiento del semáforo vehicular se puede decir que, cuando la luz es verde, significa que hay vía libre y se puede pasar. La luz amarilla advierte al conductor que se aproxima un cambio de luz. Al ver la luz roja se debe detener el auto, pues otro flujo de vehículos se interceptará en la dirección de su marcha.

En los semáforos peatonales, el significado es el siguiente: la silueta roja indica que el peatón no debe cruzar la calle, mientras que la silueta verde lo permite.

2.1.1. Secuencia

En base a la observación del funcionamiento de los semáforos vehiculares en distintas provincias de la República Argentina como ser Córdoba, Catamarca y Tucumán se detectó las siguientes secuencias:

- Rojo, Rojo-Amarillo , Verde, Amarillo y Rojo
- Rojo, Amarillo, Verde, Amarillo y Rojo
- Rojo, Amarillo y Verde

Debiera hacer unas figuras con las secuencias? o con texto se entiende?

2.2. Esquema general del sistema

Se observa en la siguiente figura 2.1 una version simplificada del sistema.

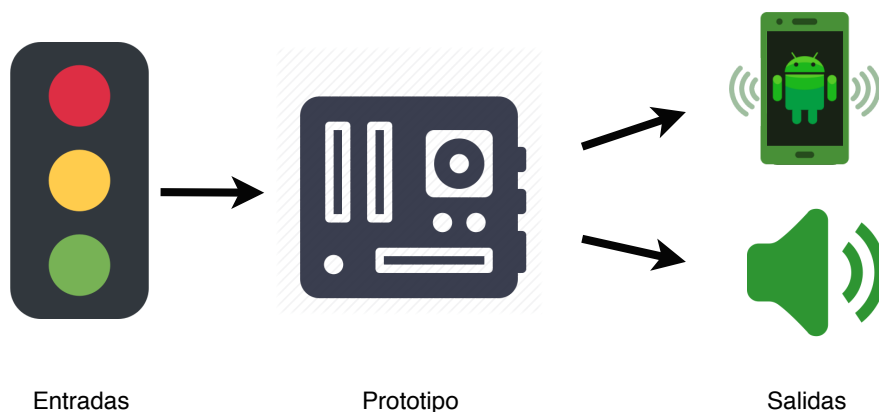


FIGURA 2.1: Esquema general del sistema.

Se toman como entradas las luces del semáforo, que se encuentran conectadas al prototipo a través de interfaces que detectan la tensión presente en los focos de las luces, esta información se procesa y según el caso se envían las señales correspondientes por medio del módulo wifi (sistema de conexión inalámbrica, dentro de un área determinada, entre dispositivos electrónicos, y frecuentemente para acceso a internet [1]) hacia una aplicación instalada previamente en el teléfono inteligente del usuario final, también se toma como entrada el ruido ambiente, siendo este un límite de intensidad para el pitido emitido por la bocina del prototipo.

2.3. Requerimientos

Los requerimientos de la solución fueron:

- Requerimientos de Hardware:
 - Operar con cargas de entradas de 220 V, 50 Hz y hasta 5A.
 - El hardware involucrado en la detección del cambio de luces debe estar totalmente aislado del módulo principal.
- Requerimientos de comunicación:
 - El sistema debe proveer un red Wifi que cumpla con las normas IEEE 802.11.

- Se debe proveer una señal sonora, la cual debe controlarse automáticamente dependiendo del ruido presente.
- Se debe proveer una interface para activar el sistema por medio de un botón.
- Se debe proveer una interface para activar el sistema por medio de un control a distancia, el cual debe operar en la frecuencia de 2.4GHz.
- Requerimientos del software embebido:
 - El sistema deberá ser capaz de aprender la secuencia de cambio de luces.
 - El sistema deberá ser capaz de detectar el semáforo fuera de servicio.
 - Se deberá implementar un protocolo para la fácil escalabilidad de los distintos tipos de comunicación.
 - El sistema deberá implementarse en base a un sistema operativo de tiempo real.
- Requerimientos de la metodología de desarrollo:
 - Se utilizará GIT como herramienta de control de versiones. **Debiera definir GIT?**
 - Se utilizará Doxygen como herramienta para generar la documentación. **Debiera definir Doxygen?**
 - Se realizarán tests unitarios para cada módulo.
- Requerimientos de la aplicación móvil:
 - Conectarse automáticamente a la red wifi que provee el sistema.
 - Definir un protocolo de vibraciones según los mensajes del sistema

2.4. Propuesta de implementación

Para abordar una solución integral a la problemática planteada y satisfacer los requerimientos enunciados, se propuso un sistema de varios componentes de hardware y software.

En cuanto al hardware, los componentes propuestos fueron:

2.4.1. Entradas

Detección de tension

Para censar si hay tension presente en algún foco del semáforo vehicular, se utilizo un módulos de aislamiento opto-acoplador de 1 bit corriente alterna 220v fig 2.2 para cada luz. Dicho modulo posee un tension de alimentación de 3v a 5v y provee una salida de 5v para alto y 0v para bajo, en todos los casos son tensiones de corriente continua.

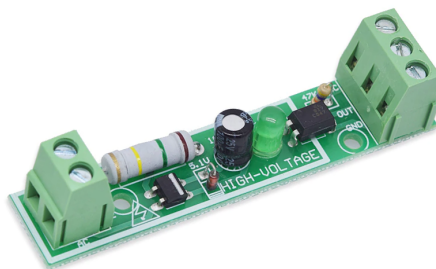


FIGURA 2.2: Módulo de aislamiento opto-acoplador de 1 bit

Detección de ruido ambiente

Para la detección del nivel de ruido ambiente presente se utilizó un módulo que posee un micrófono y un circuito amplificador con un integrado LM393 fig 2.3. Dicho módulo tiene una tensión de alimentación de 3.3v y entrega salidas de entre 0v a 3.3v.

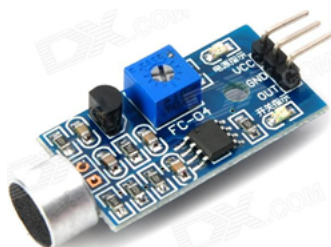


FIGURA 2.3: Módulo para la detección de sonido

2.4.2. Plataforma de desarrollo

Se optó por la EDU-CIAA-NXP fig 2.4 como base para el desarrollo del proyecto por ser una plataforma ya conocida, de amplia disponibilidad, económica y de hardware abierto. Dicha placa posee un microcontrolador LPC4337JBD144 de la empresa NXP, el cual cuenta con dos núcleos ARM Cortex-M; un Cortex-M4 y un CortexM0.

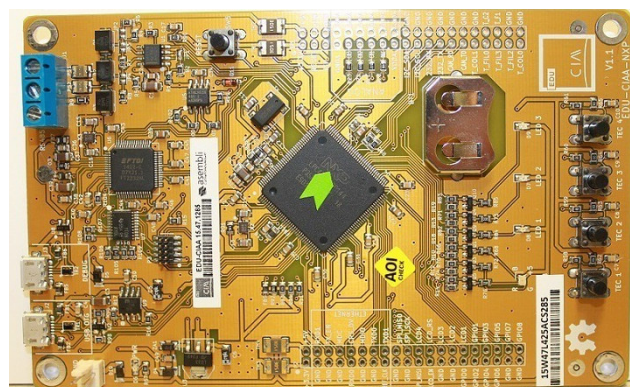


FIGURA 2.4: La EDU-CIAA posee un microcontrolador LPC4337 (dual core ARM Cortex-M4 y Cortex-M0).

La EDU-CIAA cuenta con los siguientes módulos:

- 2 puertos micro-USB, uno para aplicaciones y debugging, otro para alimentación.
- 4 salidas digitales implementadas con leds RGB.
- 4 entradas digitales con pulsadores.
- 1 puerto de comunicaciones RS 485 con bornera.
- 2 conectores de expansión:
 - P1:
 - 3 entradas analógicas (ADC0 1, 2 y 3).
 - 1 salida analógica (DAC0).
 - 1 puerto I2C.
 - 1 puerto asincrónico full duplex para RS-232.
 - 1 puerto CAN.
 - 1 conexión para un teclado de 3 4.
 - P2:
 - 1 puerto Ethernet.
 - 1 puerto SPI.
 - 1 puerto para Display LCD con 4 bits de datos, Enable y RS.
 - 9 pines genéricos de I/O.

2.4.3. Salidas

Modulo wifi

El ESP8266 es un microprocesador de bajo coste con Wifi integrado fabricado por Espressif fig 2.5. En cuanto a comunicación Wifi, el ESP01 tiene comunicación integrada 802.11 b/g/n, incluidos modos Wi-Fi Direct (P2P) y soft-Ap. Incluye una pila de TCP/IP completa, lo que libera de la mayor parte del trabajo de comunicación al procesador.

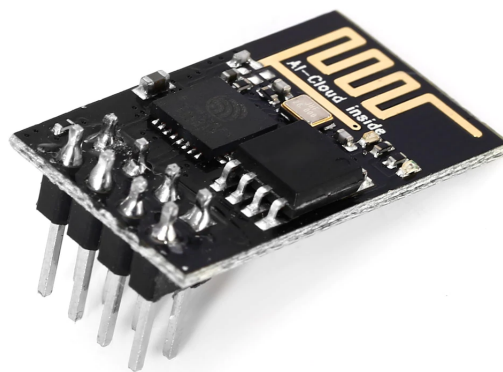


FIGURA 2.5: ESP8266 (ESP-01) 2.4GHz Módulo Inalámbrico.

Modulo generador de sonido

El módulo fue desarrollado específicamente para este proyecto en base a diagramas de la hoja de datos del fabricante fig 2.6 para el amplificador operacional LM386, un amplificador de audio de baja potencia, capaz de funcionar con una fuente de alimentación simple entre 4 y 12 Volts. Este módulo genera el sonido a través de un parlante de 8 ohms.

Debiera poner una referencia al datasheet?

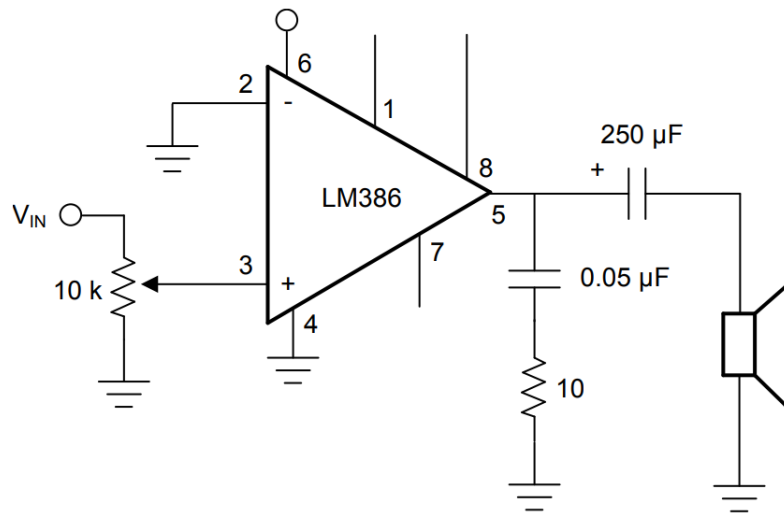


FIGURA 2.6: Circuito amplificador basado en el amplificador operacional LM386.

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 }
```

ALGORITMO 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.

5.2. Próximos pasos

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

Bibliografía

- [1] Real academia española. *Definición de wifi*. Disponible: 2019-07-13. URL: <https://dle.rae.es/?id=c6ehZd8>.
- [2] Indec. *Estudio Nacional sobre el Perfil de las Personas con Discapacidad*. Disponible: 2019-07-13. URL: https://www.indec.gob.ar/ftp/cuadros/poblacion/estudio_discapacidad_12_18.pdf.
- [3] Wikipedia. *Semáforo*. Disponible: 2019-07-11. URL: <https://es.wikipedia.org/wiki/Sem%C3%A1foro>.