

Sistema de control domótico orientado a aplicaciones de vigilancia

Avila Sánchez, Julio

Máster Universitario en Ingeniería de Sistemas Automáticos y Electrónica Industrial

julio.avila@estudiantat.upc.edu

EPSEVG (UPC)

Resumen

Este proyecto consiste en controlar mediante un dispositivo móvil y a través de una aplicación web desarrollada, un sistema domótico de una vivienda orientado a tareas de vigilancia, desde cualquier ubicación que disponga de conexión a la red móvil proporcionada por el proveedor de servicios de internet (ISP), o bien, desde otra red WiFi distinta a la utilizada por el sistema domótico para su conexión. También, se podrá controlar desde la misma red WiFi a la cual se conecta el sistema domótico. Dicho sistema, constará de los siguientes módulos: módulo de relés, módulo dimmer, módulo de radio, módulo reproductor MP3, módulo cámara y módulo buzzer.

1. Introducción

El objetivo del proyecto es aplicar medidas disuasorias antirrobo en una vivienda mediante el control y funcionamiento de un sistema domótico desde la red móvil. Para lograr dicho objetivo, se controlará el funcionamiento de los siguientes módulos, que serán explicados con más detalle en este mismo proyecto en los siguientes capítulos:

- Módulo de relés: encendido/apagado de lámparas LED's.
- Módulo dimmer: regulación de la intensidad lumínica de una lámpara LED dimmeable.
- Módulo radio: encendido/apagado del módulo de radio y aumento/disminución de emisoras.
- Módulo reproductor MP3: encendido/apagado del módulo reproductor MP3, aumento/disminución de melodías, subida/bajada de volumen, iniciar melodía desde el inicio y diversos modos de ecualizador.
- Módulo cámara: encendido/apagado del módulo cámara, configuración cámara y streaming cámara.
- Módulo buzzer: encendido/apagado del módulo buzzer en modo 'beep'.

Dicho sistema puede ser controlado desde un dispositivo móvil, el cual se halle en la misma red WiFi que el sistema domótico, o bien, que el dispositivo móvil se halle fuera de la misma red WiFi, bien en la red móvil, bien en otra red WiFi diferente a la del sistema domótico, aunque como se ha mencionado anteriormente, esta última opción, sería el objetivo del proyecto.

Debido al crecimiento exponencial de la tecnología en los sistemas de automatización, se hace necesario canalizar dicha tecnología hacia la seguridad en las viviendas. Por este motivo, se realiza un proyecto que pueda ayudar a impulsar socialmente de manera benéfica el control y funcionamiento de un sistema domótico desde la red móvil, conocido como IoT - Internet of Things en inglés o Internet de las Cosas en español - para aumentar la seguridad de una vivienda ante posibles foráneos, aplicando medidas disuasorias.

2. Microcontrolador ESP32/ESP32-CAM

El módulo ESP32 es el encargado de controlar todo el sistema domótico. Dicho módulo ESP32, se ha programado utilizando el entorno de desarrollo integrado de arduino (IDE). Por lo tanto, es el encargado de controlar al resto de módulos del sistema, en base a la programación establecida.

Respecto al módulo ESP32-CAM, este también es un microcontrolador que, además, incorpora una cámara y una ranura para tarjetas microSD. Para poder controlar la cámara de dicho módulo, se ha programado este módulo utilizando, al igual que en el módulo ESP32, el entorno de desarrollo integrado de arduino (IDE).

Los módulos se han programado por separado, utilizando archivos de programación independientes para cada uno de ellos. A continuación, se muestran imágenes de cada uno de los módulos mencionados anteriormente:

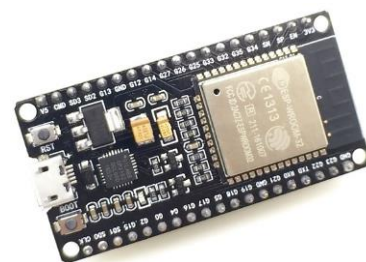


Fig. 1. Microcontrolador ESP32



Fig. 2. Microcontrolador ESP32-CAM

3. Módulo relés

El módulo de relés nos permite controlar el encendido/apagado de las lámparas 1-2-3-4.

Como se puede apreciar, la placa tiene un conector de entradas (IN1 a IN4) y alimentación (GND es masa o negativo y V_{cc} es el positivo) <1>, cuatro leds que indican el estado de las entradas <2>, un jumper selector para la alimentación de los relés <3>, cuatro optoacopladores del tipo FL817C <4>, cuatro relés marca SONGLE con bobinas de 5V con contactos capaces de controlar hasta 10A a una tensión de 250V <6> y cuatro borneras, con tres contactos cada una (Común, Normalmente Abierto y Normalmente Cerrado), para las salidas de los relés <7>. Ver [1].

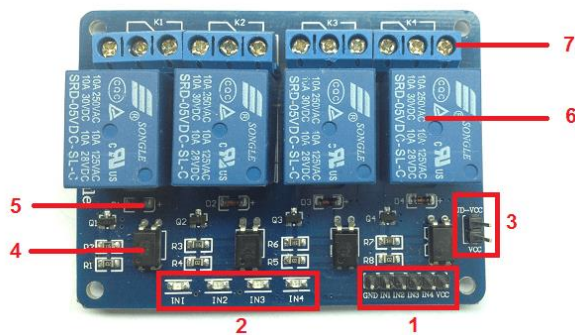


Fig. 3. Módulo de relés

A continuación, se muestra el esquemático del módulo de relés, simplificado para un solo relé, puesto que los restantes tendrían el mismo esquemático:

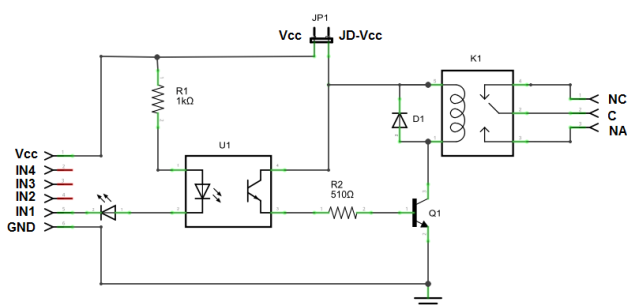


Fig. 4. Esquemático módulo de relés simplificado

Las entradas IN1:IN4 del módulo de relés, se activan a bajo nivel, es decir, con un 0 lógico.

La forma más segura de alimentación, es remover el jumper y alimentar el módulo de relés con dos fuentes: una primera fuente, la del módulo ESP32 a través de la salida 3V3 (3,3V) y una segunda fuente, la del módulo de alimentación MB102,

con el positivo a JD-Vcc y el negativo a GND, sin estar éste unido al módulo ESP32. Esta segunda forma de conexión, es la ejecutada en este proyecto. Esta conexión, tiene principalmente dos ventajas considerables:

- 1) Hay completa aislación entre la carga y módulo ESP32.
- 2) Todo el consumo de los relés es tomado de la segunda fuente, es decir, del módulo de alimentación MB102 y no del módulo ESP32/puerto USB.

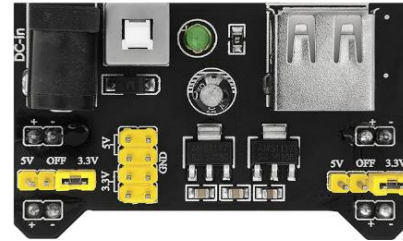


Fig. 5. Módulo de alimentación MB102

4. Módulo dimmer

El módulo dimmer nos permite regular la intensidad lumínica de la lámpara 5, aumentándola o disminuyéndola.

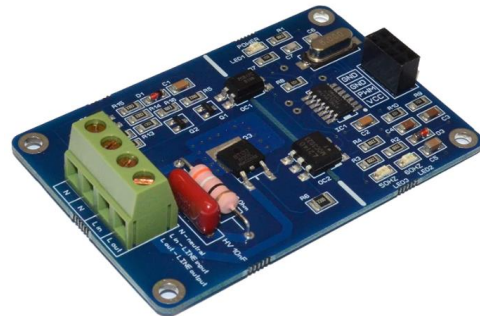


Fig. 6. Módulo dimmer

El siguiente esquema, nos permite visualizar la parte de control del dimmer. Alimentamos el dimmer a una tensión de +5V por los pines V_{cc} /GND e inyectamos la señal PWM programada en el microcontrolador ESP32 por el pin PWM. Ver [2].

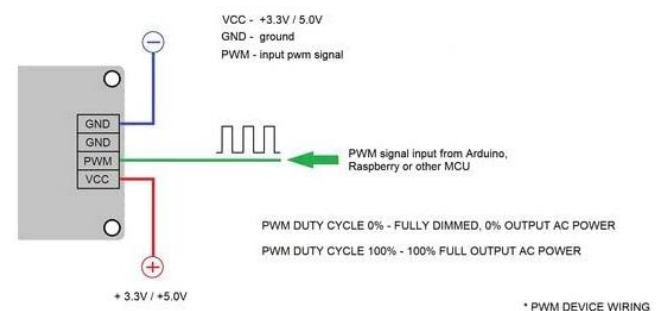


Fig. 7. Esquemático módulo dimmer. Parte de control

En este otro esquema, podemos visualizar la parte de potencia del dimmer. Por los terminales L_{in}/N (segunda posición), conectaremos los conductores de fase/neutro provenientes del PIA 1 y por los terminales L_{out}/N (primera posición), conectaremos los conductores que se dirigen a la lámpara 5.

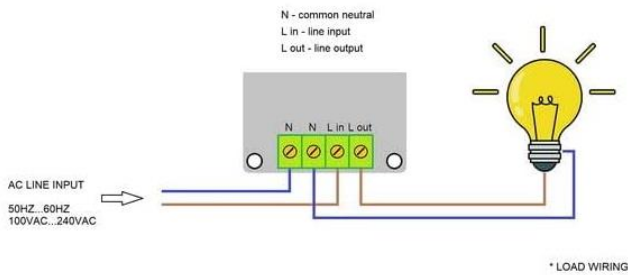


Fig. 8. Esquemático módulo dimmer. Parte de potencia

Para un buen funcionamiento del dimmer, es necesario utilizar una bombilla apta para este uso, es decir, una bombilla dimmeable. El símbolo que indica que una bombilla es apta para ser dimmeable, es el que se muestra a continuación:



Fig. 9. Símbolo bombilla dimmeable

Si no se utiliza una bombilla dimmeable, esta no funcionará correctamente, mostrando signos de parpadeo, entre otros. También, se corre el riesgo de provocar un mal funcionamiento en el dimmer o su posible destrucción.

Otro aspecto importante a tener en cuenta, es respetar la polaridad de fase/neutro en el módulo dimmer, por lo que, debemos alimentar por el terminal de L_{in} la fase y por el terminal de N, el neutro y no intercambiarlos al conectar el tablero, ya que también podría provocar un mal funcionamiento del dimmer.

5. Módulo radio

Con el sistema diseñado podemos realizar el encendido/apagado del módulo de radio y también aumentar/disminuir la frecuencia captada, lo que se traduce en subir/bajar de emisora.



Fig. 10. Módulo de radio y antena telescópica

El protocolo de comunicaciones utilizado para su funcionamiento es el I2C. A través de los pines V_{cc}/GND alimentamos el módulo de radio y a través de los pines SDA/SLC realizamos la comunicación I2C. También, lleva una conexión de entrada para la antena telescópica y otra conexión de salida jack 3,5mm para conexión de auriculares. Ver [3].

A continuación, se muestra el esquemático del módulo de radio con el microcontrolador ESP32:

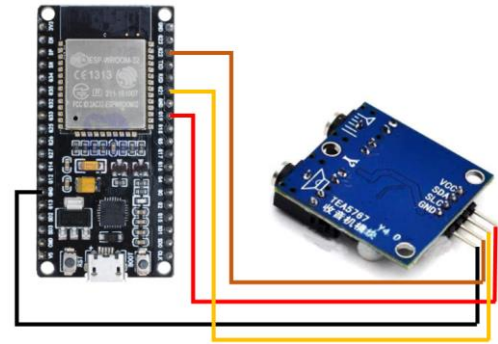


Fig. 11. Esquemático de conexiones módulo de radio

Las características del módulo de radio son las siguientes:

- Fuente de alimentación: 3,3V - 5V.
- Rango de frecuencia: 76-108MHz.
- Incorpora antena telescópica compatible con el módulo.
- Puerto de comunicaciones I2C.
- Amplificador integrado TDA1308.
- Salida de audio de jack 3,5mm integrada, dónde se puede conectar unos altavoces o auriculares.

6. Módulo reproductor MP3

El módulo reproductor MP3 nos permite reproducir melodías gracias a la ranura microSD que incorpora. A partir de una tarjeta microSD con las melodías almacenadas, se puede realizar la lectura de dichas melodías, sólo en formato .mp3 o .wav.

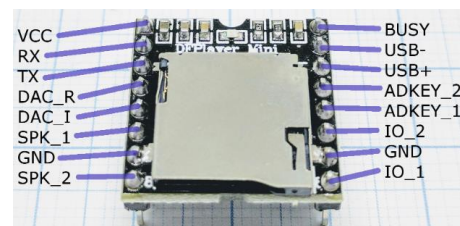


Fig. 12. Módulo reproductor MP3

Con este módulo, podemos avanzar/retroceder melodías, repetir melodía desde el inicio, subir/bajar volumen y cambiar el ecualizador, además del propio control de encendido/apagado. Ver [4].

A continuación, se muestra un diagrama de conexiones de dicho módulo con el microcontrolador ESP32:

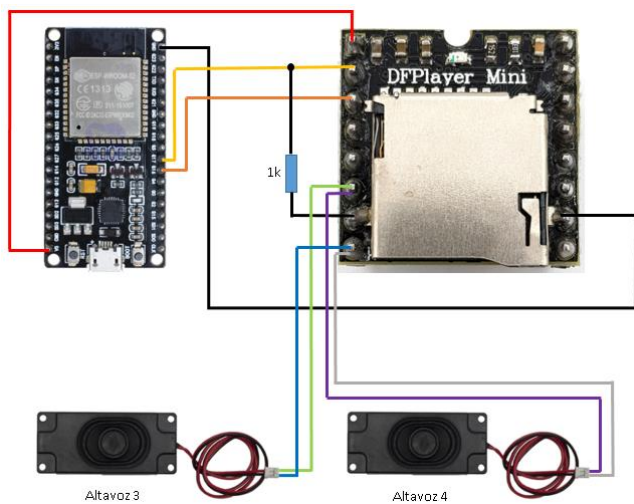


Fig. 13. Diagrama de conexiones entre módulo reproductor MP3 y microcontrolador ESP32

Para el buen funcionamiento del módulo reproductor MP3, es necesario que los archivos grabados en la tarjeta microSD respeten un nombre específico, de lo contrario, no se podrá realizar la lectura de dichos archivos. La tarjeta microSD dispone de 5 melodías en formato .mp3 ordenadas numéricamente para su lectura. Es la siguiente imagen se puede observar dicha numeración:

Nombre	Tipo
001	Sonido en formato MP3
002	Sonido en formato MP3
003	Sonido en formato MP3
004	Sonido en formato MP3
005	Sonido en formato MP3

Fig. 14. Contenido tarjeta microSD con secuencia ordenada de archivos

La tarjeta microSD utilizada dispone de una capacidad de 16GB, más que suficiente para almacenar las melodías.



Fig. 15. Tarjeta microSD de 16 GB

7. Módulo cámara

El módulo cámara, ejecutado por el microcontrolador ESP32-CAM, nos permite visualizar en tiempo real la zona dónde apunta la cámara. Además, dispone de una ranura para tarjeta microSD. Dicha ranura microSD, se ha utilizado para insertar una tarjeta microSD de 4GB de capacidad en dónde se irán guardando imágenes del enfoque de la cámara cada 10 segundos. Esto nos permite no sólo controlar en tiempo real su campo de visión, sino también su guardado y en caso necesario, su verificación y procesamiento. Ver [5].



Fig. 16. Módulo cámara

A continuación, se muestra la configuración de pines de la cámara, así como su diagrama de conexiones con el microcontrolador ESP32 y el relé de la cámara.



Fig. 17. Configuración de pines ESP32-CAM

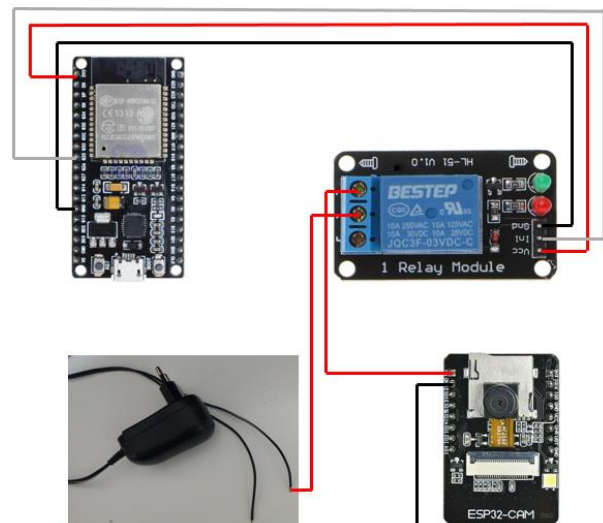


Fig. 18. Diagrama de conexiones ESP32-CAM

La activación de la cámara, se realiza a través del microcontrolador ESP32, activando el relé de la cámara. Al común del relé de la cámara, está conectado el positivo del alimentador y el negativo ya está conectado directamente a la ESP32-CAM.

Como se ha mencionado anteriormente, la ESP32-CAM lleva insertada una tarjeta microSD de 4GB de capacidad, tal y como se muestra en la siguiente imagen:



Fig. 19. Tarjeta microSD de 4GB

Una vez la cámara está encendida, podemos acceder a la configuración de la misma y ajustar los parámetros a nuestra

voluntad, en caso de que lo deseemos así. En la siguiente imagen, se muestra la configuración de la cámara.

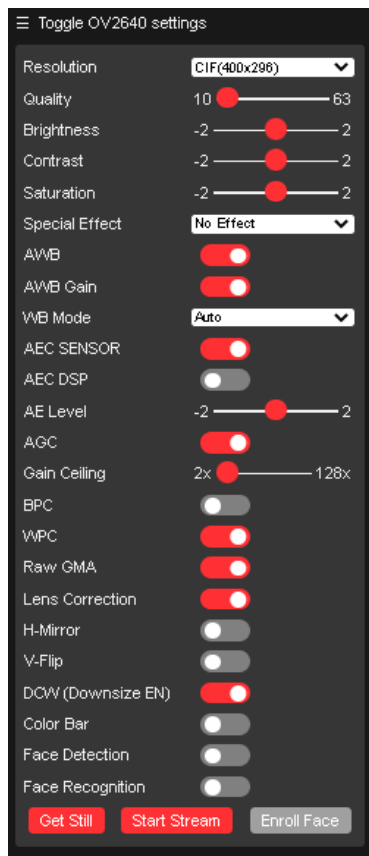


Fig. 20. Tarjeta microSD de 4GB

Una vez que ya hemos accedido a la configuración de la cámara, se puede clicar sobre el botón de 'Start Stream' para poder visualizar en tiempo real el enfoque de la cámara. También podemos clicar sobre el botón 'Get Still' para poder tomar una fotografía.

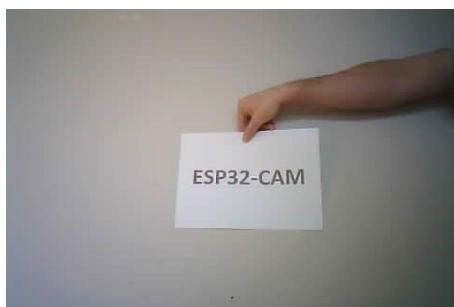


Fig. 21. Instantánea tomada con el módulo ESP32-CAM

8. Módulo buzzer

El módulo buzzer activo nos permite realizar un 'beep' corto cada 10 segundos simulando como si hubiera una alarma conectada en la vivienda, a modo de medida disuasoria sonora.



Fig. 22. Módulo buzzer

A continuación, se muestra el diagrama de conexiones del módulo buzzer con el microcontrolador ESP32:

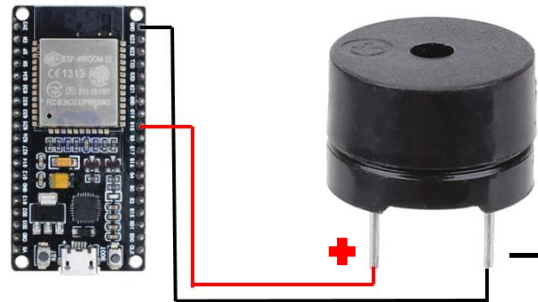


Fig. 23. Diagrama de conexiones módulo buzzer con el microcontrolador ESP32

Para la programación del módulo buzzer, no se ha utilizado el método 'delay' puesto que este método bloquearía el funcionamiento de todo el resto de módulos. Para solucionar este problema, se ha optado por utilizar la función 'millis' que es una función que nos devuelve el tiempo en milisegundos que el programa lleva ejecutándose. Con una programación adecuada y haciendo uso de dicha función 'millis' podemos solventar dicha problemática. Ver [6].

9. Configuración del enrutador

Para poder controlar el sistema domótico con un dispositivo desde la red móvil, o bien, desde una red WiFi diferente a la red WiFi en dónde se halle el módulo ESP32, procederemos a modificar la configuración interna del enrutador.

Dicha configuración, se basa en cuatro pasos principales, que son los siguientes:

- Modificación del APN.
- Asignación de IP local fija a los módulos ESP32/ESP32-CAM.
- Abertura de los puertos externos/internos. Puerto 8080 para el módulo ESP32, puerto 80 para la configuración del módulo ESP32-CAM y puerto 81 para el streaming de la cámara correspondiente al módulo ESP32-CAM.
- Asignación de un dominio, también conocido como DDNS.

APN:

Nombre de usuario:

Código secreto:

Fig. 24. Configuración del APN

	ID	Tipo de servicio	Puerto externo	IP interna	Puerto interno	Protocolo	Estado	Modificar
<input type="checkbox"/>	1	esp32-ard uno	8080	192.168.1.105	8080	TCP or UDP		
<input type="checkbox"/>	2	esp32-cam	80	192.168.1.100	80	TCP or UDP		
<input type="checkbox"/>	3	esp32-cam-str	81	192.168.1.100	81	TCP or UDP		

Fig. 25. Configuración de IP's locales fijas y puertos externos/internos

Fig. 26. Configuración del servicio DDNS

La reasignación de la IP pública al dominio, en caso de pérdida de conexión del enrutador y posterior conexión, es de aproximadamente 5 minutos.

10. Interfaz web de control

Para el control del sistema domótico, se ha programado en el microcontrolador ESP32, la interfaz web de control desde dónde se ejecutan todas las maniobras respectivas al control de los módulos. En el momento de iniciar la interfaz de control, el sistema nos pedirá autenticación con usuario y contraseña.

Fig. 27. Autenticación al iniciar el sistema

Una vez nos hemos autenticado correctamente, se nos mostrará la página web de control.

CONTROL REMOTO WIFI/RED MÓVIL

Fig. 28. Interfaz web de control

- En la primera sección, se muestran los estados y botones en lo que refiere al módulo de relés:

Fig. 29. Sector módulo relés

BOTÓN	FUNCIÓN
ON/OFF - 1	Encendido/apagado lámpara 1
ON/OFF - 2	Encendido/apagado lámpara 2
ON/OFF - 3	Encendido/apagado lámpara 3
ON/OFF - 4	Encendido/apagado lámpara 4

Tabla 1. Equivalencia entre botones y funciones módulo relés

- En la segunda sección, se muestran los estados y botones en lo que se refiere al módulo dimmer:

Fig. 30. Sector módulo dimmer

BOTÓN	FUNCIÓN
+PW	Aumentar brillo lámpara 5
-PW	Disminuir brillo lámpara 5
100%	Máximo brillo lámpara 5
0%	Apagado lámpara 5

Tabla 2. Equivalencia entre botones y funciones módulo dimmer

- En la tercera sección, se muestran los estados y botones en lo que refiere al módulo de radio:

Fig. 31. Sector módulo radio

BOTÓN	FUNCIÓN
ON/OFF	Encendido/apagado radio
CH+	Subir canal radio
CH-	Bajar canal radio

Tabla 3. Equivalencia entre botones y funciones módulo radio

- En la cuarta sección, se muestran los estados y botones en lo que refiere al módulo reproductor MP3:



Fig. 32. Sector módulo reproductor MP3

BOTÓN	FUNCIÓN
ON/OFF	Encendido/apagado reproductor MP3
NEXT	Tema posterior
PREV	Tema anterior
BACK	Tema actual desde el principio
+VOL	Aumentar volumen
-VOL	Disminuir volumen
NO/PO/RO/JA/CL/BA	Ecualizador (Normal/Pop/Rock/Jazz/Classic/Bass)

Tabla 4. Equivalencia entre botones y funciones módulo reproductor MP3

- En la quinta sección, se muestran los estados y botones en lo que refiere al módulo cámara:



Fig. 33. Sector módulo cámara

BOTÓN	FUNCIÓN
ON/OFF	Encendido/apagado cámara
CAM	Acceder a configuración cámara

Tabla 5. Equivalencia entre botones y funciones módulo cámara

- En la sexta sección, se muestra el estado y el botón en lo que refiere al módulo buzzer:



Fig. 34. Sector módulo buzzer

BOTÓN	FUNCIÓN
ON/OFF	Encendido/apagado buzzer

Tabla 6. Equivalencia entre botón y función módulo buzzer

- En la séptima y última sección, se muestra el estado y el botón en lo que refiere a resetear el módulo ESP32:



Fig. 35. Sector botón resetear

BOTÓN	FUNCIÓN
RST	Resetear ESP32 por software

Tabla 7. Equivalencia entre botón resetear y su función

11. Conclusiones

Con la realización de este proyecto, podemos llegar a la conclusión de que se puede implementar un sistema de control domótico desde cualquier ubicación, siempre y cuando se disponga de conexión a la red tanto por parte del sistema domótico como del dispositivo que realiza el control sobre el sistema. Mediante la IP pública, la IP privada y los puertos del enrutador, podemos acceder a controlar un sistema remotamente, tanto desde la red móvil como desde una WiFi externa a la que se encuentre conectado el sistema domótico. También hemos verificado, que podemos realizar dicho control cuando ambos elementos, sistema y dispositivo, se encuentren conectados a la misma red WiFi. Por lo tanto, tenemos control del sistema, tanto desde el exterior como desde el interior. Dichas medidas de control, se han orientado a técnicas disuasorias y de vigilancia para aplicaciones de seguridad.

Este tipo de aplicaciones, nos permite diseñar sistemas para aumentar la seguridad de las viviendas cuando el propietario de la misma se haya fuera de ésta. Se puede hacer extensible, no sólo a viviendas, sino también a locales, naves, edificios, casas unifamiliares o adosadas, etc...

El poder realizar medidas disuasorias, tanto visuales como acústicas, nos ayudará tecnológicamente, a tener un mayor control de nuestra vivienda y poder maniobrar a distancia, sin estar físicamente en el lugar. También, en cierto grado, nos ofrece más seguridad. Con este tipo de aplicaciones, se pretende aumentar la seguridad sobre nuestros hogares, un factor útil e importante a tener en cuenta.

12. Agradecimientos

Quiero dedicar estas líneas de agradecimiento a familiares y amigos por el afán que me han proporcionado en seguir adelante en los momentos más difíciles del proyecto y que me han hecho seguir adelante hasta llegar a la consecución del proyecto.

También al director del TFM, Rafael Ramón Ramos Lara, por su paciencia en cada sesión explicativa que ha tenido conmigo a lo largo del proyecto, por su gran contribución en correcciones del proyecto y por encima de todo lo dicho, por su gran amabilidad y comprensión. Infinitas gracias a cada uno de vosotros. ¡Gracias!

Referencias

- [1] Ernesto Tolocka. Módulo de 4 relés para Arduino. [Fecha de consulta: 20 abril 2023]. Disponible en: <https://www.profetolocka.com.ar/2015/05/09/modulo-de-4-reles-para-arduino/>
- [2] Technolab creation. AC Light Dimmer Using TRIAC & ESP32. [Fecha de consulta: 02 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.technolabcreation.com/ac-light-dimmer-using-triac-esp32/>
- [3] ESP32 learning. ESP32 and basic TEA5767 example. [Fecha de consulta: 05 mayo 2023]. Disponible en: <http://www.esp32learning.com/code/esp32-and-basic-tea5767-example.php>
- [4] Hackster.io. Android DFPlayer Mini Bluetooth control. [Fecha de consulta: 17 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.hackster.io/stevie135s/android-dfplayer-mini-bluetooth-control-04071f>
- [5] Luis Llamas. Módulo ESP32 + Cámara, cómo hacer videostream por web. [Fecha de consulta: 21 junio 2023]. Disponible en: <https://www.luisllamas.es/modulo-esp32-camara-como-hacer-videostream-por-web/>
- [6] PROGRAMAR FÁCIL. Cronometrar tiempos con la función millis() y micros() de Arduino. [Fecha de consulta: 02 junio 2023]. Disponible en: <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/millis-micros-arduino/>