



# Universidad Tecnológica Nacional

## Regional Buenos Aires

### TEORÍA DEL CONTROL

### TRABAJO PRÁCTICO DE INVESTIGACIÓN

**Curso: K4574**


**Número de Equipo: 2**

**Integrantes Equipo de Proyecto:**

Legajo	Nombre	E-Mail
168012-2	Agustín A. Tamborini Criscueli	atamboriniciscueli@frba.utn.edu.ar
167354-3	Mouriño, Martín Ezequiel	mmourino@frba.utn.edu.ar
204137-6	Vargas Fernandez, Juan Pablo	jvargasfernandez@frba.utn.edu.ar

**Profesores:**

- Prof. a cargo del curso: Ing. Raul Andrés Gardella


 <b>UTN.BA</b> <small>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES</small>	<b>Grupo 2</b>		<b>K4572</b>
	<b>Trabajo de investigación</b>		
	<b>Prof. Raul Gardella</b>	<b>Sistema de control de iluminación de hogar</b>	

# ÍNDICE

## PLAN DE TRABAJO

1. Área del conocimiento.....	2
2. Introducción.....	2
3. Objetivos.....	3
4. Marco teórico.....	3
4.1 Composición de un sistema domótico.....	3
4.2 Tipos de sistemas domóticos.....	4
4.3 Tipos de estándares domóticos.....	5
5. Desarrollo de la propuesta.....	5
5.1 Diagramas de bloques.....	6
5.2 Materiales a utilizar.....	6
5.3 Circuito de la propuesta para una única luz.....	9
5.4 Conexiones del esquema.....	10
6. Software utilizado.....	11
7. Código del controlador.....	11
8. Consideraciones especiales.....	13
9. Conclusión.....	14
10. Bibliografía.....	14



 <b>UTN.BA</b> <small>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES</small>	<b>Grupo 2</b>		<b>K4572</b>
	<b>Trabajo de investigación</b>		
	<b>Prof. Raul Gardella</b>	<b>Sistema de control de iluminación de hogar</b>	

## Objetivos

- Diseñar un prototipo de sistema IoT que permita controlar el sistema de iluminación por sonido (aplausos en nuestro caso, pero es configurable) para una vivienda típica.
- Realizar pruebas para medir la efectividad, fiabilidad y rendimiento en condiciones reales de uso.
- Implementar la lógica de control al monitorear la luz ambiente y esto impactará en la intensidad de encendido de las luces

## Marco teórico

### Composición de un sistema domótico

Un sistema domótico está compuesto por:

- **Controladores domóticos**  
Representan el “cerebro” del sistema domótico. Almacenan y procesan toda la información recopilada por los sensores. Luego, con los datos almacenados, emiten órdenes a los elementos actuadores.  
Es en estos elementos donde se realizan todas las configuraciones del sistema y donde se parametrizan las principales variables de la vivienda.  
Como controlador se pueden utilizar una gran variedad de tecnologías electrónicas entre las cuales se destacan los microcontroladores, plataformas Arduino y Raspberry Pi, Controladores Lógicos Programables (PLC), microprocesadores, etc.
- **Sensores**  
Monitorizan el entorno, registran información y la envían al controlador domótico. Pueden registrar variables climáticas, movimientos, etc.  
Por ejemplo: al detectar luz solar, pueden enviar información para que el controlador tome la decisión de apagar las luces del hogar.
- **Actuadores**  
Ejecutan las órdenes recibidas por parte del controlador domótico. Por ejemplo: para nuestro sistema un elemento actuador sería una luminaria.
- **Interfaces**  
Son los medios mediante los cuales el usuario interactúa con el sistema domótico, enviando órdenes y monitoreando el estado de los dispositivos.  
La instalación domótica debe contar con una serie de interfaces que permitan a los usuarios programar y configurar los parámetros de la instalación.


 <b>UTN.BA</b> <small>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES</small>	<b>Grupo 2</b>		<b>K4572</b>
	<b>Trabajo de investigación</b>		
	<b>Prof. Raul Gardella</b>	<b>Sistema de control de iluminación de hogar</b>	



Fig 2. Ejemplo de sistema domótico con todos sus elementos



Fig 3. Ejemplo de interfaz domótica


### Tipos de sistemas domóticos

- **Inalámbricos**

No exigen obra, ni una instalación profunda, son rápidos y fáciles de disfrutar en muy poco tiempo y casi en cualquier lugar. Sin embargo, como cualquier dispositivo inalámbrico resultan más sensibles que los sistemas cableados por Bus a problemas que debilitan la calidad y cantidad de la señal que el sistema envía y recibe. Este tipo de sistemas funcionan con ondas de radiofrecuencia que pueden ser a menudo interferidas por otras señales.

- **Cable Bus (KNX)**

Son estables, seguros y muy eficientes. Estos sistemas domóticos por cable funcionan con sus propios y exclusivos cableados que solo trabajan para el sistema, de manera exclusiva y única. Gracias a esto, se evitan problemas de saturación e interferencias, y la calidad de la señal es óptima. La gran desventaja es que precisa

	Grupo 2		K4572
	Trabajo de investigación		
	Prof. Raul Gardella	Sistema de control de iluminación de hogar	

de una importante instalación que puede encarecer el sistema debido a que normalmente es necesaria una obra que, según el caso, puede ser bastante importante en el inmueble donde se quiera instalar el sistema domótico por cable.

- **Cable PLC (X10)**

Utiliza el cable de alimentación para enviar sus señales, se conoce con el nombre de "powerline". Aunque tiene grandes ventajas, sobre todo, en la teoría y a nivel de instalación, en la práctica no son, actualmente, sistemas muy estables ni fiables para grandes sistemas de control domótico. El compartir cable con los aparatos eléctricos no resulta óptimo, a pesar de los filtros que se colocan para inhibir problemas, ya que los fallos o falsos positivos son demasiado frecuentes.

### **Tipos de estándares domóticos**

- **Abiertos**


Son protocolos específicos de una marca en particular y que solo son usados por dicha marca. Son protocolos cerrados de manera que solo el fabricante puede realizar mejoras y fabricar dispositivos que "hablen" el mismo idioma.

- **Cerrados**

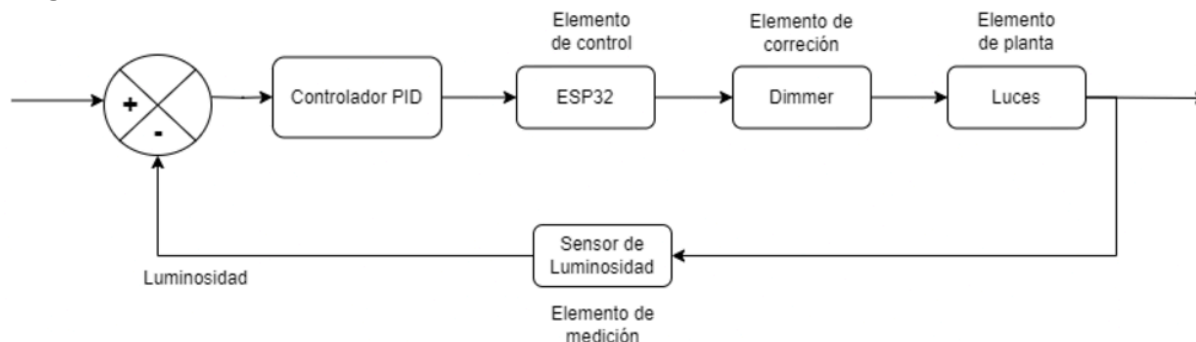
Son protocolos definidos entre varias compañías con el fin de unificar criterios. Son protocolos abiertos (open systems), es decir, que no existen patentes sobre el protocolo, de manera que cualquier fabricante puede desarrollar aplicaciones y productos que lleven implícito el protocolo de comunicación.

## **Desarrollo de la propuesta**

Nos proponemos elaborar un sistema que permita controlar la iluminación de un cuarto mediante el sonido. Buscamos que el usuario sea capaz de controlar la luminaria desde sus dispositivos electrónicos (tablet, computadora, celular), así cómo también desde acciones cómo aplausos a través del sensor de sonido KY-037. Uno de los principales objetivos es el ahorro de energía, por lo que contaremos con un elemento de medición de la luminosidad ambiente (día, noche, día nublado, otras luminarias cercanas) y, en base a las lecturas, la planta (luces) encenderá con mayor o menor intensidad. Para este trabajo, realizaremos la lógica de encendido con una única luz, pero es fácilmente replicable para múltiples salidas de iluminación.

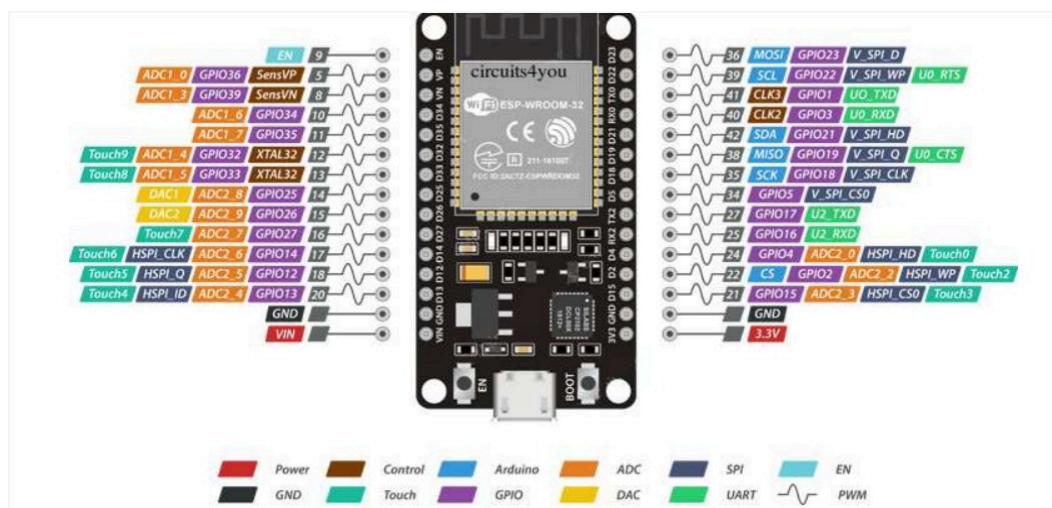
 <b>UTN.BA</b> <small>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES</small>	<b>Grupo 2</b>		<b>K4572</b>
	<b>Trabajo de investigación</b>		
	<b>Prof. Raul Gardella</b>	<b>Sistema de control de iluminación de hogar</b>	

### Diagrama de bloques




### Materiales a utilizar

ESP32 (ESP-WROOM-32 de 30 pines)



Este ESP32 ya está integrado con antena y balun RF, amplificador de potencia, amplificadores de bajo ruido, filtros y módulo de administración de energía. La solución completa ocupa la menor cantidad de área de placa de circuito impreso. Esta placa se usa con los chips de Wi-Fi de modo dual de 2,4 GHz y los chips Bluetooth de la tecnología de baja potencia TSMC 40 nm, potencia y RF, lo que es seguro, confiable y escalable para una variedad de aplicaciones.

- 18 canales ADC
- 3 interfaces SPI
- 3 UART
- 2 interfaces I2C
- Salidas 16 PWM
- Dos DAC de 8 bits
- 10 entradas táctiles capacitivas
- Microprocesador LX6 Tensilica de 32 bits y núcleo dual

 <b>UTN.BA</b> <small>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES</small>	<b>Grupo 2</b>		<b>K4572</b>
	<b>Trabajo de investigación</b>		
	<b>Prof. Raul Gardella</b>	<b>Sistema de control de iluminación de hogar</b>	

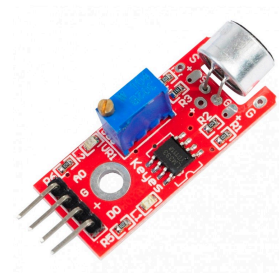
- Hasta 240 MHz de frecuencia de reloj (en el ide solo hasta 80mhz)
- SRAM interno de 520 kB
- Corriente de Deep Sleep de 2.5  $\mu$ A
- 28 GPIO
- Transceptor integrado de Wi-Fi de 802.11 b/g/n
- Bluetooth integrado de modo dual (clásico y BLE)
- Rango operativo de 2.2 V a 3.6 V
- Soporte de 10 electrodos táctiles capacitivos
- Memoria Flash de 4MB

### Micrófono (KY-037)

El Módulo Ky-037 Sensor de Sonido permite detectar cualquier tipo de sonido. Incluye un trimpot con el cual se puede ajustar la sensibilidad del sensor y la información de salida puede ser analógica y/o digital.

El sensor de sonido es útil para encender o apagar alguna lámpara, para detector de ruido en algún lugar de trabajo u hogar.

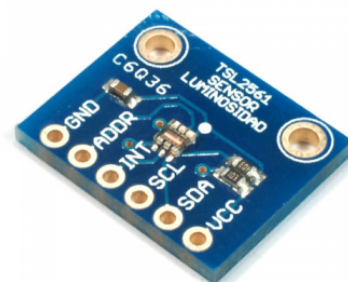
- Voltaje de funcionamiento: 5 V
- Salidas: Analógica y digital
- Permite ajustar un nivel de umbral de salida
- Usa el Micrófono Gao Gan grado, de alta sensibilidad.
- Interruptor digital salida (0 / 1)
- Temperatura: -40 a +85 °C
- Dimensiones: 35 x 15 x 14 mm
- Peso: 4 g




### Sensor de luminosidad (TSL2561)

El Módulo TSL2561 es un sensor de iluminación de salida digital, ideal para diversas aplicaciones. Este sensor es muy preciso y puede configurarse con diferentes ganancias y tiempos de adquisición. Este componente posee dentro de su arquitectura interna, dos detectores de luz; uno de ellos en el espectro de luz visible y el otro en el espectro de luz infrarroja.

- Voltaje de operación: 2.7 VDC – 3.6 VDC.
- Consumo promedio: 240  $\mu$ A - 600  $\mu$ A.
- Interfaz Digital: I2C.
- Rango: 0.1 - 40000 Lux.
- Respuesta espectral similar a la del ojo humano.
- Temperatura de operación: Desde 30°C hasta 70°C.
- Frecuencia máxima de transmisión: 400KHz.
- Fabricante: TAOS.

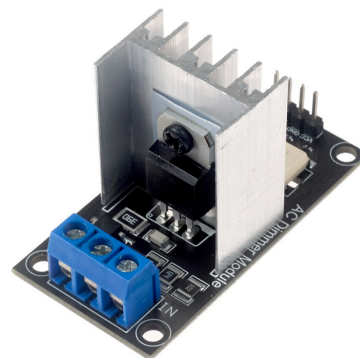




 <b>UTN.BA</b> <small>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES</small>	<b>Grupo 2</b>		<b>K4572</b>
	<b>Trabajo de investigación</b>		
	<b>Prof. Raul Gardella</b>	<b>Sistema de control de iluminación de hogar</b>	

### Dimmer (*Robotdyn*)

- Voltaje de Control: 3.3-5V DC
- Voltaje de Carga: 110/220V AC (máx.)
- Frecuencia AC: 50/60 Hz
- Corriente nominal carga: 4A
- Corriente máxima carga: 8A
- Potencia de carga: 1000W máx.
- Triac: BTA16
- Aislamiento óptico con: MOC3021 y PC817
- Dimensiones: 54\*28\*35 mm
- Peso: 20 gramos




### Fuente 5v Hi-Link HLK-PM01

- Voltaje de entrada: 100-240V AC
- Voltaje de salida: 5V DC
- Potencia: 3W

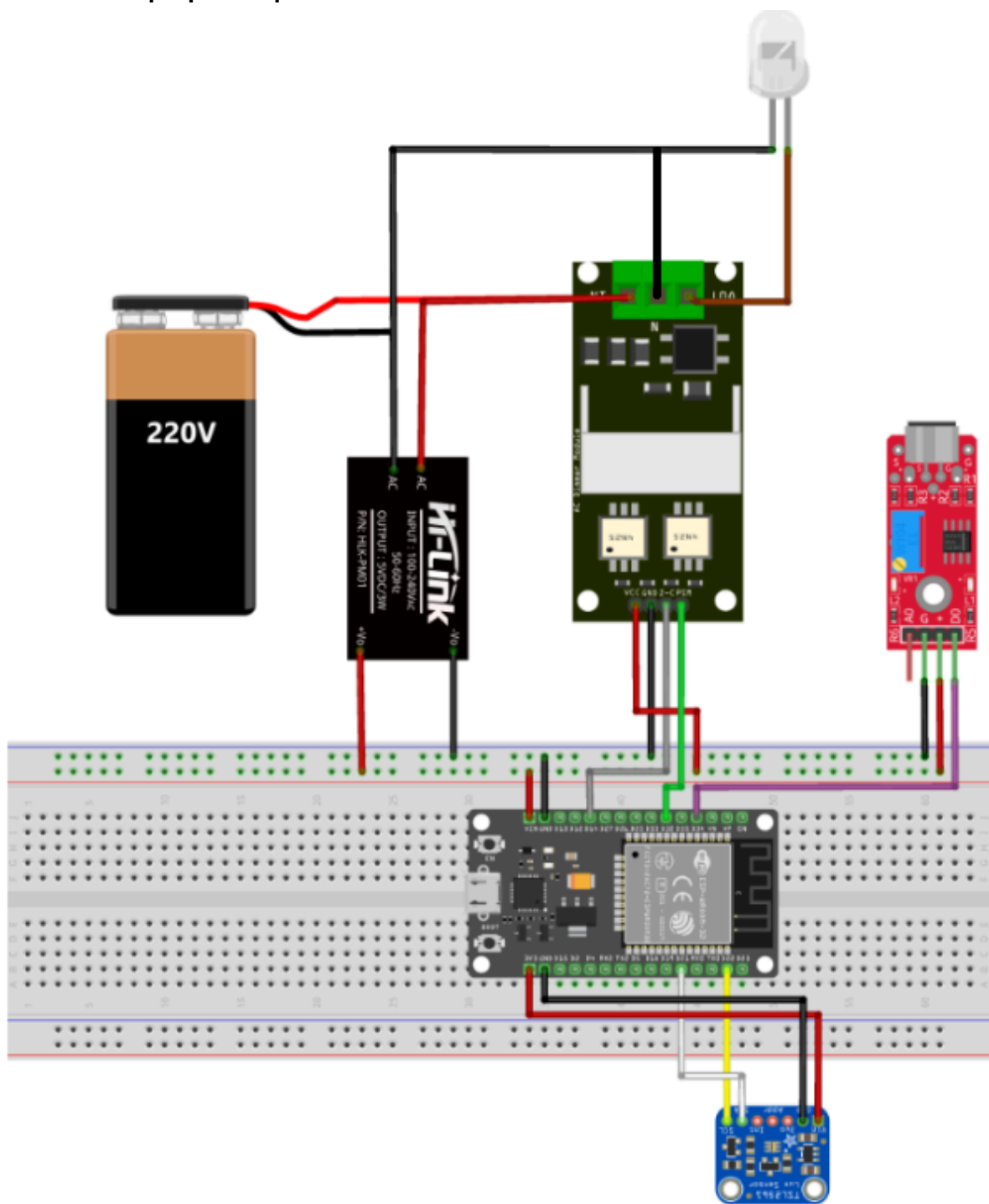


### Lámpara LED Regulable en intensidad




 <b>UTN.BA</b> <small>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES</small>	<b>Grupo 2</b>		<b>K4572</b>
	<b>Trabajo de investigación</b>		
	<b>Prof. Raul Gardella</b>	<b>Sistema de control de iluminación de hogar</b>	

### Circuito de la propuesta para una sola luz



fritzing

Fig 7. Circuito de la propuesta

 <b>UTN.BA</b> <small>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES</small>	<b>Grupo 2</b>		<b>K4572</b>
	<b>Trabajo de investigación</b>		
	<b>Prof. Raul Gardella</b>	<b>Sistema de control de iluminación de hogar</b>	

### Conexiones del esquema:

#### **SENSOR DE SONIDO KY-037:**

- +: A la fuente de alimentación de 5v
- G: Al GND que el esp32 proporciona
- D0: Salida digital que reacciona al aplauso, si supera un determinado nivel, al pin GPIO34.

#### **SENSOR DE LUZ TSL2561:**

- Vin: Al 3,3v que el esp32 proporciona
- GND: Al GND que el esp32 proporciona
- SCL: Al pin GPIO22
- SDA: Al pin GPIO21

#### **DIMMER AC DE 3 PINES:**

- Vcc: A la fuente de alimentación de 5v
- GND: Al GND que el esp32 proporciona
- Z-C: Al pin GPIO14 del esp32, para detectar el cruce por cero de la señal de AC
- IN: Conecta al pin NO del relé por donde vendrá la tensión para encender la lámpara
- N: Al neutro de la línea de 220v
- OUT: Salida del dimmer que conecta con la fase en la lámpara

#### **LED (Que representa una bombilla regulable en intensidad led 220v):**


- +: A la salida del dimmer encargado de controlar la intensidad de iluminación de la lámpara
- -: Al neutro de la línea de 220v

#### **Módulo fuente de 5v para alimentación:**

- AC: Toma energía de la línea 220v
- Vo+: alimenta con 5 v a los componentes del circuito para su funcionamiento
- Vo-: Al GND que el esp32 proporciona

#### Aclaraciones:

- El sensor de luminosidad TSL2561 no va conectado con resistencias porque ya incluye resistencias pull-up asociadas a las salidas.
- Las salidas del sensor de proximidad (SCL, SDA) van conectadas a los pines GPIO22 y GPIO21 respectivamente, ya que esos pines son los estándares para esos pines de comunicación. SCL y SDA son los pines de comunicación del protocolo I2C que implementa el sensor de luminosidad, necesarios para las correctas lecturas y ejecución del programa.
- Debido a que el software con el que se diseñó el esquema no cuenta con todos los componentes, se coloca un led en lugar de una lámpara led a 220V, y una batería que simula la línea de 220v

 <b>UTN.BA</b> <small>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES</small>	<b>Grupo 2</b>		<b>K4572</b>
	<b>Trabajo de investigación</b>		
	<b>Prof. Raul Gardella</b>	<b>Sistema de control de iluminación de hogar</b>	

## Software utilizado

- **Arduino IDE:** Por un bajo costo, permite, desde su entorno de desarrollo, programar arduino y ESP8266/ESP32 para el funcionamiento de sensores y actuadores en un hogar inteligente.
- **Draw.io:** Permite de manera gratuita y sencilla modelar el diseño de diagrama de bloques.
- **Fritzing:** Software de código abierto para crear prototipos de circuitos electrónicos, especialmente para aquellos basados en arduino.

### Código del controlador


```
#include <Wire.h> // Incluimos la librería Wire para la comunicación I2C
#include <Adafruit_Sensor.h> // Incluimos la librería para sensores Adafruit
#include <Adafruit_TSL2561_U.h> // Incluimos la librería para el sensor de luz TSL2561
#include <PIDController.h> // Incluimos la librería PIDController para el controlador PID
#include <RBDDimmer.h> //Incluimos la libreria RBDDimmer para el dimmer utilizado

#define pinSensorSonido 34 // Definimos el pin del sensor de sonido, conectado al pin GPIO34 del ESP32
#define pinDimmer 32 // Definimos el pin del dimmer, conectado al pin GPIO32 del ESP32
#define pinZCross 14 // Definimos el pin del cruce por cero, conectado al pin GPIO14 del ESP32
#define cantidadMaximaDeIntentos 5000 // cantidad de intentos para inicializar el sensor de luz
#define tiempoLimiteAplausos 2000 // Tiempo límite de 2 segundos para resetear el contador de aplausos
#define respuestaMaximaPID 255 // Valor máximo de respuesta del controlador PID

Adafruit_TSL2561_Unified sensorLuz = Adafruit_TSL2561_Unified(TSL2561_ADDR_FLOAT, 1); // Inicializamos el sensor TSL2561

float puntoReferencia = 500.0; // Valor deseado de luz en lux
float entrada, salida; // Variables para la entrada y la salida del PID
float kp = 0.8, ki = 0.1, kd = 0.5; // Parámetros del controlador PID

bool estadoLuz; // Variable para almacenar el estado actual de la luz (encendida/apagada)
bool deteccionPorCruceDeCero;
int aplausos; // Variable para contabilizar la cantidad de aplausos detectados por el sensor de sonido
```

 <b>UTN.BA</b> <small>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES</small>	<b>Grupo 2</b>		<b>K4572</b>
	<b>Trabajo de investigación</b>		
	<b>Prof. Raul Gardella</b>	<b>Sistema de control de iluminación de hogar</b>	

```

unsigned long tiempoUltimoAplauso; // Variable para almacenar el tiempo del último aplauso

sensors_event_t lecturaLuz; // Variable que almacenará las lecturas del sensor de luz TSL2561

PIDController miPID(kp, ki, kd); // Inicializamos el controlador PID con los parámetros
dimmerLamp dimmer(pinDimmer, pinZCross); // Inicializamos el dimmer con los pines correspondiente

void crucePorCero() { // Función que pone el cruce por cero en true cuando detecta el flanco
    deteccionPorCruceDeCero = true;
}

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    estadoLuz = false;
    deteccionPorCruceDeCero = false;
    aplausos = 0;
    tiempoUltimoAplauso = 0;


    pinMode(pinSensorSonido, INPUT);
    pinMode(pinDimmer, OUTPUT);
    pinMode(pinZCross, INPUT); // Configuramos el cruce por cero del dimmer

    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(pinZCross), crucePorCero, RISING); // Cuando detecta un cruce por cero, pone en true el pin de cruce por cero)

    miPID.limit(0, respuestaMaximaPID);
    Wire.begin(21, 22); // Inicializamos la comunicación I2C con SDA en GPIO21 y SCL en GPIO22
    dimmer.begin(NORMAL_MODE, ON); //Inicializamos el dimmer en modo normal para poder realizar graduaciones en la intensidad de la lámpara

    if(!sensorLuz.begin()) { // Inicializamos el sensor TSL2561 y comprobamos si está conectado
        int intentos = 0;
        while (!sensorLuz.begin() && intentos <= cantidadMaximaDeIntentos) {
            intentos++;
            delay(50);
        }
    }
    // Cuando no encuentra el sensor luego de 5000 intentos cortamos la ejecución
    if(intentos > cantidadMaximaDeIntentos) {
        Serial.println(F("No se encontró el sensor de luz TSL2561"));
        return;
    }

```

 <b>UTN.BA</b> <small>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES</small>	<b>Grupo 2</b>		<b>K4572</b>
	<b>Trabajo de investigación</b>		
	<b>Prof. Raul Gardella</b>	<b>Sistema de control de iluminación de hogar</b>	

```

    }
}

    sensorLuz.setIntegrationTime(TSL2561_INTEGRATIONTIME_13MS); // Configuramos el
tiempo de integración del sensor, el período durante el cual el sensor recopila luz
antes de dar una lectura
}


void loop() {
    if(digitalRead(pinSensorSonido) == HIGH && millis() - tiempoUltimoAplauso > 250)
    { // Si se detecta un aplauso (el pin D0 está en alto) y hubo al menos 250ms de
diferencia entre aplausos (para evitar múltiples lecturas)
        aplausos++;
        tiempoUltimoAplauso = millis(); // Guardar el momento en que se detectó el
aplauso
    }
    if (millis() - tiempoUltimoAplauso > tiempoLimiteAplausos) {
        aplausos = 0;
    }
    if (aplausos == 2) {
        estadoLuz = !estadoLuz;
        aplausos = 0;
    }
    if (estadoLuz) {
        sensorLuz.getEvent(&lecturaLuz); // Obtenemos la lectura del sensor de luz y
almacena el valor en la variable lecturaLuz
        entrada = lecturaLuz.light; // Guardamos el valor de luz actual en lux
        float error = puntoReferencia - entrada; // Calculamos el error
        salida = miPID.update(error, puntoReferencia); // Calculamos la salida usando
el PID
        int porcentajeSalida = (salida/respuestaMaximaPID)*100;

        if(deteccionPorCruceDeCero) {
            deteccionPorCruceDeCero = !deteccionPorCruceDeCero;
            dimmer.setPower(porcentajeSalida); // Ajustamos la intensidad del dimmer
        }
        else {
            dimmer.setPower(LOW);
        }
    }
}

```

## Consideraciones especiales

Se realizó el diagrama y código para el manejo de una única lámpara a modo de demostración, pero es fácilmente replicable para todas las luminarias del hogar. Más allá del

 <b>UTN.BA</b> <small>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES</small>	<b>Grupo 2</b>		<b>K4572</b>
	<b>Trabajo de investigación</b>		
	<b>Prof. Raul Gardella</b>	<b>Sistema de control de iluminación de hogar</b>	

prototipo de interfaz de aplicación móvil mostrada, no se incluye el código de conexión del esp32 con la aplicación, ya que nos centramos en el comportamiento de control de las luces. En caso de querer buscar fines lucrativos a este proyecto, se debe vincular correctamente el ESP32 a la aplicación móvil con las librerías adecuadas y un diseño de interfaz atractivo.

## Conclusión

Este proyecto presenta una solución para la gestión de las luminarias del hogar, y cuenta con la capacidad de poder escalar a otras áreas de la domótica. Permite el ahorro de consumo energético al automatizar el ajuste de la intensidad de las luces según la hora del día y las condiciones actuales de iluminación.

Debido a la sencillez de su implementación, todo el mundo puede acceder a este tipo de tecnologías para uso propio o comercial, mejorando el confort del hogar a un costo accesible.

## Bibliografía

- Satyendra K., Upadhyaya P., Kumari B, Mishra A. K. (2019) “*Smart Energy Efficient Home Automation System Using IoT*”  
<https://sistemas24h.com/blog/como-hacer-instalacion-domotica/>
- R. M. Abdalaal, C. N. M. Ho, C. K. Leung and H. S. -H. Chung (2019) “*A Remotely Central Dimming System for a Large-Scale LED Lighting Network Providing High Quality Voltage and Current*”  
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8744412>
- Darko Hercog, Tone Lerher, Mitja Truntič, Oto Težak (2023) “*Design and Implementation of ESP32-Based IoT Devices*”  
<https://www.mdpi.com/1424-8220/23/15/6739>
- <https://sistemasdomoticos.com/partes-de-un-sistema-domotico/>
- <https://www.domoticasinobras.com/blog/componentes-instalacion-domotica/>
- [https://domoticasistemas.com/tienda/tutoriales/1\\_sistemas-existentes-tipos-y-estandares.html](https://domoticasistemas.com/tienda/tutoriales/1_sistemas-existentes-tipos-y-estandares.html)
- <https://github.com/RobotDynOfficial/RBDDimmer>