

SmartLock

Povoli Olivera Victor, Szust Ángel, Perez Nina Luz
43.103.780, 43.098.495, 42.537.287, 41.673.674
Martes, Grupo M2

Universidad Nacional de La Matanza,
Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas,
Florencio Varela 1903 - San Justo, Argentina

Resumen. SmartLock es un sistema embebido que funciona como cerradura inteligente. A partir de una puerta previamente instalada con esta tecnología, los usuarios que requieran tener acceso deberán ingresar por teclado la clave numérica, utilizar la tarjeta nfc o la aplicación móvil.

Palabras claves: puerta, clave, bloqueado, desbloqueado.

1 Introducción

SmartLock permite controlar el acceso a una puerta dinámicamente en lugar de una llave física tradicional. De esta forma, cualquier persona con conocimiento de cuál es la clave podrá acceder sin requerir una copia de llave. El sistema está equipado con una placa ESP32.

Entre los sensores que utiliza el sistema se encuentran:

- Sensores ultrasónicos, que permiten medir la distancia.
- Fotorresistor, que proporciona medir la intensidad de la luz.
- Sensor teclado, para el ingreso y asignación de la clave.
- Pulsador y NFC, para el desbloqueo sin clave de la puerta

Entre los actuadores, podemos mencionar:

- Servo, que logra el control del bloqueo y desbloqueo de la puerta a partir del movimiento de su brazo, también conocido como “cuerno de servo”.
- Relay o relé, para accionar cargas de corriente, en este caso, la iluminación que ofrece el sistema cuando se detecta que no hay suficiente luz alrededor.
- LCD, pantalla de cristal líquido en el que se mostrarán mensajes y la entrada de clave a medida que el usuario vaya ingresando por teclado.
- Buzzer, responsable de confirmar al usuario a través de sonidos, el ingreso correcto tecla a tecla, al sistema, y además alarmarlo si la clave ingresada pasó la validación o no.

A continuación, la URL del proyecto en Wokwi.

<https://wokwi.com/projects/379406210877459457>

Además, la URL del código fuente.

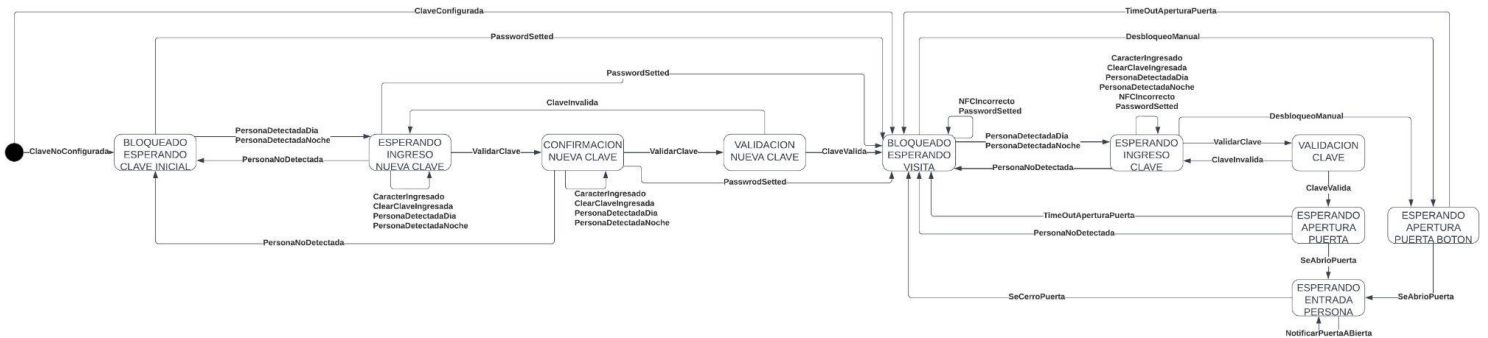
<https://github.com/victor-POL/SOA-SmartLock>

2 Desarrollo

- Diagrama de estados

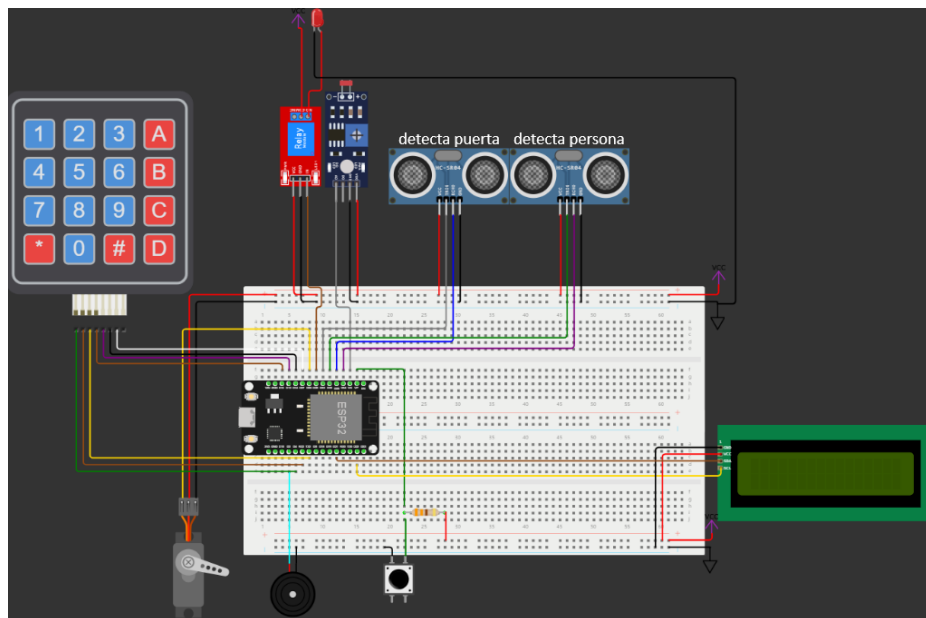
SmartLock maneja 2 sub estados

1. El de creación de la clave que solamente se ejecutará en el primer inicio del producto hasta que la misma sea asignada
2. El de funcionamiento normal (desbloqueo de la cerradura)



- Diagrama de Conexiones del Circuito de Wokwi

A continuación, el diagrama para el establecimiento de las conexiones del sistema embebido.



- **Manual de usuario del embebido simulado**

Inicio/Encendido

El sistema requiere que la puerta esté cerrada para que el brazo del servo bloquee la puerta, por lo que el sensor de la puerta debe tener un valor pequeño menor al umbral asignado en la implementación.

Se comprueba si hay una configuración existente de la clave.

1. Si no hay una clave, y una vez que la persona esté cerca, se le indicará por mensaje en la pantalla que asigne una nueva clave.
2. Luego de confirmar su nueva clave desde el embebido o asignar la clave desde la aplicación, SmartLock continuará con su uso normal.

Desbloqueo por teclado

Cuando una persona quiera tener acceso al área que se encuentra restringido por el sistema debe acercarse a la puerta y el sensor de distancia de la entrada lo detectará y continuación, el embebido inicializa la pantalla (LCD) indicando que ingrese la clave. En adición, por medio del fotoresistor, se evalúa encender la luz, que luego se encenderá o apagará si la persona se mueve una distancia determinada hasta superar un cierto umbral de detección de movimiento.

Mientras que la persona se mantenga cercana a la puerta, SmartLock se mantendrá a la espera de la clave numérica. En caso contrario, apagará la pantalla y las luces (si corresponde).

A medida que la persona ingresa por teclado la clave, se emite un sonido de corta duración y se actualiza la pantalla. Dependiendo el tipo de tecla presionado se ejecutan determinadas acciones:

1. Si ingresa el carácter “*” va a poder limpiar la clave ingresada para volver a ingresarla correctamente.
2. Si ingresa cualquier carácter numérico se irá mostrando por pantalla el dígito ingresado
3. Si ingresa el carácter “#” se dará lugar a la verificación de la clave.
 - a. Como clave inválida, se continuará con el ingreso de clave desde el inicio.
 - b. Como clave válida, se le notificará por pantalla y se desbloqueará la entrada de la puerta.
 - c. En ambos eventos, se reproducirá un sonido característico y perceptible de éxito o fallo.

Desbloques alternativos

Tener en cuenta que si luego de determinado tiempo no se abre la puerta, la misma procederá a bloquearse por seguridad

1. Por NFC (exterior)
 - a. Se debe acercar la tarjeta NFC al lector que se encuentra debajo del teclado y se reproducirá un sonido característico y perceptible de éxito o fallo.
2. Por Pulsador (interior)
 - a. Se debe pulsar el botón que se encuentra del lado contrario al teclado, es decir, cuando se quiere salir del lugar al que

se está protegiendo el acceso mediante la cerradura. Se emitirá el sonido de éxito para saber cuando abrir la puerta.

3. Por Aplicación

- a. Se debe utilizar la opción de “Shake”

Ingreso luego del desbloqueo

Con la puerta desbloqueada, es decir, con el brazo de servo rotado permitiendo el paso, el sistema permanece atento para detectar si la persona finalmente la abrió por medio del sensor de distancia localizado alrededor de la puerta. En consecuencia de su apertura, Smartlock espera que se cierre la puerta, una vez más, con el sensor de distancia de la puerta, para poder continuar con el bloqueo.

En el caso de que se detecte que se abrió la puerta, que ya no se detectan más cambios de distancia (que representan el ingreso de personas) y que la puerta no esta cerrada, se notificará que la misma quedó en ese estado por seguridad por si la persona se olvidó de cerrarla por ejemplo.

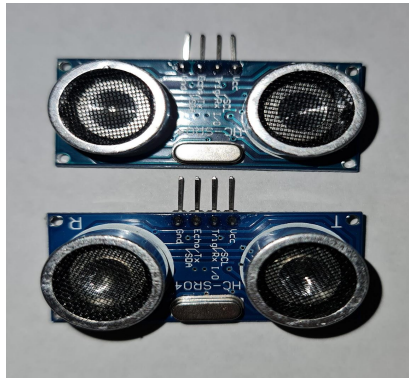
Modificación clave

La clave va a poder ser modificada desde la aplicación en los siguientes casos:

1. Se inicia el embebido por primera vez y se encuentra en el estado de:
 - a. Está bloqueado esperando la llegada de una persona
 - b. Está ingresando la primera clave
 - c. Está ingresando la confirmación de la clave
2. La puerta se encuentre bloqueada y esperando la llegada de la persona
3. La persona está ingresando una clave

Sensores

Sensor de distancia ultrasónico HC-SR04



Este sensor digital puede determinar la distancia de un objeto en un rango de 2 a 450 cm. Por medio de pulsos, se calcula cuánto tardan las ondas de sonido en viajar y rebotar al encontrar el objeto.

A partir de la fórmula de tiempo:

Tiempo del pulso = $2 * (\text{Distancia} / \text{Velocidad sonido en el aire})$

Obtenemos que la distancia es:

$\text{Distancia} = \text{Tiempo del pulso} * \text{Velocidad sonido en el aire} / 2$

Se divide por 2, porque sino se estaría midiendo tanto el viaje de “ida” como el viaje de “vuelta” del rebote. La velocidad del sonido en el aire es aproximadamente 343 metros por segundo.

Por motivos de implementación, manejamos las unidades en centímetros y microsegundos y simplificamos la división obteniendo finalmente:

$\text{Distancia(cm)} = \text{Tiempo de pulso(microsegundos)} * 0.01723$

Entre sus especificaciones técnicas, podemos mencionar que su voltaje de operación es de 5V DC, su precisión es entre +- 3 mm y tiene un ángulo de apertura de 15°. Su tiempo mínimo de espera entre una medida y el inicio de otra es de 20 ms, aunque se recomienda 50 ms.

Dentro de nuestro proyecto, utilizamos 2 de estos sensores.

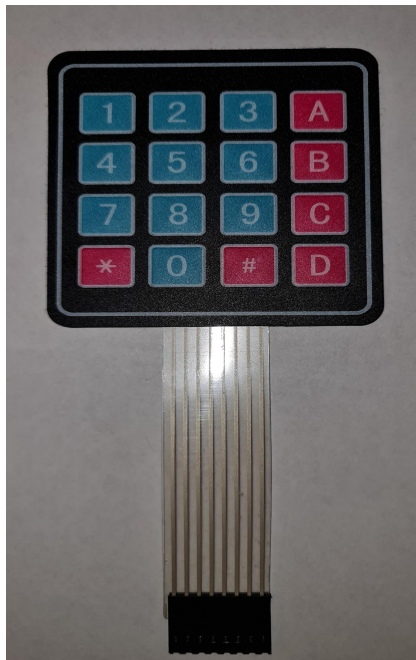
El primer sensor, para la distancia de “entrada”, está situado en la superficie frontal de la pared, próximo al teclado. Tiene como objetivo dentro del sistema, percibir si hay una persona enfrente de la puerta y cuando se aleja.

El segundo sensor, para la distancia de la “puerta”, está ubicado en el costado de la puerta para detectar si la puerta está cerrada o abierta.

Para establecer la conexión de cada uno, los pines son los siguientes:

- VCC: proporcionamos la energía necesaria para alimentar el sensor, 5V.
- TRIG (Disparo del ultrasonido): imprescindible para iniciar el proceso de medición, el sensor envía el pulso para comenzar a medir el tiempo hasta recibir el eco. Están conectados al pin D32 y al pin D33, respectivamente.
- ECHO (Recepción del ultrasonido): para finalizar la medición, el sensor recibe el eco del pulso. Están conectados al pin D34 y al pin D35.
- GND (Tierra: 0V): para el establecimiento a una referencia de voltaje común.

Membrane Keypad



Este teclado estándar matricial, es un sensor de tipo digital que tiene 4 filas y 4 columnas. Tiene un total de 16 teclas.

La forma en se detecta la pulsación de una tecla particular es por medio de una técnica de barrido, en la que se localiza en qué fila y qué columna de la matriz se produjo el cambio de voltaje. La imagen adjunta muestra los valores de todas las teclas. Por ejemplo, la ante-última columna y la primera fila pertenecen al “3”.

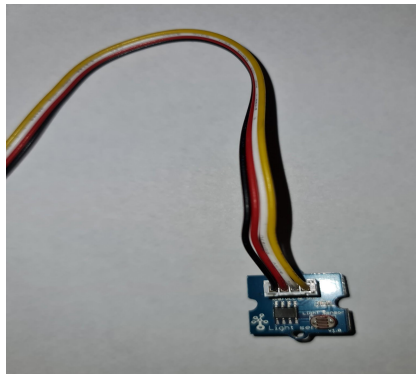
Entre sus especificaciones técnicas, su voltaje de operación es de 1V, su corriente máxima es alrededor de 30 mA y su tiempo de rebote es de 5 ms. Está constituido con membrana.

Dentro de nuestro proyecto, es utilizado para el ingreso y asignación de clave. Incluyendo la confirmación de fin de ingreso de la clave y el reinicio para volver a intentarlo desde cero.

Para establecer la conexión, se usa un cable de cinta plana. Los pines son los siguientes:

- R1, R2, R3, R4: filas (rows) que se conectan a los pines número 13, 12, 14 y 27.
- C1, C2, C3, C4: columnas (columns) que se conectan a los pines número 17, 16, 4 y 15.

Photoresistor Sensor (LDR)



Un LDR (Light Dependent Resistor) es un sensor analógico de luminosidad que está hecho de un semiconductor de alta resistencia. A partir de cambios en la resistencia del dispositivo se mide la luz recibida. Por lo tanto, si su valor disminuye indica que hay poca luz.

El cálculo de nivel de luminosidad o valor lumínico es posible a la relación matemática entre la iluminancia y la resistencia del LDR.

Por lo tanto, sabiendo que la relación entre la luminosidad actual y la luminosidad de referencia es igual al cociente entre la resistencia actual y la resistencia de referencia elevado a la potencia de gamma, obtenemos:

$$\text{Voltaje} = \text{Valor analógico} / 1024 * \text{VCC}$$

$$\text{Resistencia} = 5000 * \text{Voltaje} / (1 - \text{Voltaje} / \text{VCC})$$

RL10 = 50, siendo la resistencia del LDR a un nivel de iluminación de 10 lux

$$\text{Finalmente, el valor lumínico} = \left(\frac{\text{RL10} * 1\text{e3} * 10^{\text{gamma}}}{\text{Resistencia}} \right)^{\frac{1}{\text{gamma}}}$$

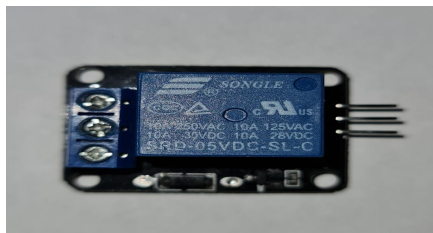
Entre sus especificaciones técnicas, su voltaje de operación puede ser entre 3V y 5V, su resistencia en luz es de 20K Ohm, mientras que su resistencia en oscuridad es de 1M Ohm.

Dentro de nuestro proyecto, usamos dicho sensor para definir si la persona que está en la puerta necesita iluminación para facilitar su ingreso de clave. Definimos un umbral de valor lumínico igual a 200, si es mayor a ese valor, hay luz suficiente.

Para establecer la conexión, este dispositivo está conectado al pin 39 (VN) y se utiliza un voltaje de 3.3V.

Actuadores

Relay



Un Relay o Relé es un dispositivo electromecánico que permite controlar cargas a un nivel de tensión o intensidad superiores. Es de tipo digital. Funcionan como interruptores, donde el circuito primario se conecta con la electrónica de baja tensión y recibe la señal de encendido y apagado; y el circuito secundario se encarga de encender o apagar la carga con diferente potencial.

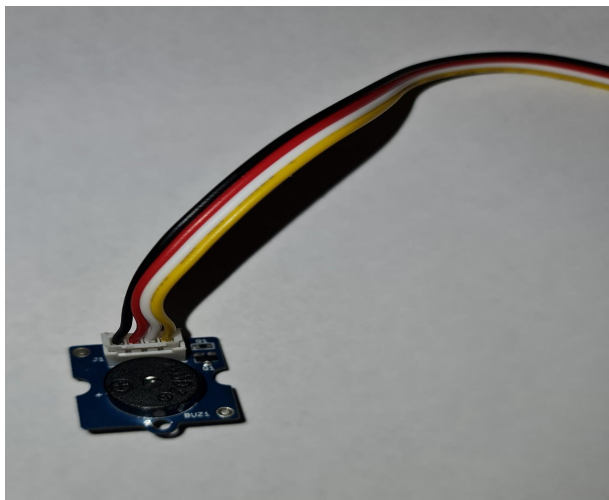
Entre sus especificaciones técnicas, tiene un voltaje de operación de 5V, una corriente máxima de 10A (NO) y 5A (NC). Además, un voltaje máximo de control 10A/250V (AC) y 10A/30V (DC). Su tiempo de acción varía entre los 5 y 10 ms.

Dentro de nuestro proyecto, usamos el relay para encender una lámpara cuando se detecta que no hay suficiente luz para la persona que se encuentre cercana a la puerta.

Para establecer la conexión, tenemos:

- VCC: la tensión de alimentación, 5V
- GND: tierra
- IN: control signal, conectado al D25 del ESP32
- NC: normalmente cerrado
- COM: pin común
- NO: normalmente abierto

Buzzer

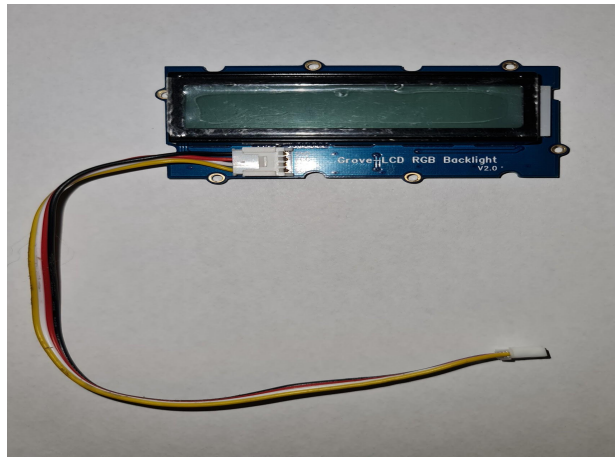


Este actuador genera un sonido a una frecuencia dada. Es de tipo digital. Convierte las señales electrónicas en sonido a través de la vibración de lo que está compuesto: una membrana metálica y un electroimán o disco piezoeléctrico.

Entre sus especificaciones técnicas, su voltaje de operación es entre 3.3V y 5V. El nivel de volumen máximo que puede producir es igual o mayor de 85 decibeles. Trabaja con frecuencias alrededor de 2300 Hz.

Dentro de nuestro proyecto, el buzzer se utiliza para notificar a la persona a medida que ingresa la clave por el teclado (duración de 15 ms y frecuencia de 500 Hz). Además de alarmar si la clave ingresada pasó la validación o no, emitiendo el sonido con una duración de 1 segundo y 2 segundos; y frecuencias 800 y 200 Hz, respectivamente.

Para establecer la conexión, está conectado al pin D2 del ESP32.
LCD1602 con configuración I2C



Este actuador de tipo digital es una pantalla LCD (Liquid Cristal Display).

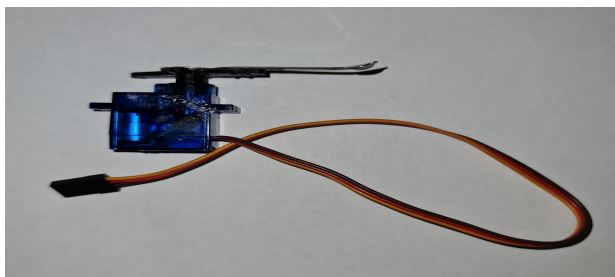
Entre sus especificaciones técnicas, puede mostrar texto de hasta 2 líneas y en cada línea, hasta 16 caracteres alfanuméricos.

Dentro de nuestro proyecto, esta pantalla muestra a la persona cercana a la puerta, instrucciones, la clave que va ingresando por teclado y notificaciones como por ejemplo “Empuje la puerta”, “Clave inválida” y “Timeout”.

Para establecer la conexión a través de la configuración I2C y no la estándar, se usan los siguientes pines:

- GND: tierra
- VCC: tensión de alimentación, 5V
- SDA: línea de datos para la comunicación en bus I2C
- SCL: línea de reloj para la comunicación en bus I2C

Servo



Este actuador de tipo digital es un dispositivo que permite el control preciso de un objeto. En esta ocasión, es una versión que consiste en el control de la velocidad y dirección de rotación a partir de pulsos PWM.

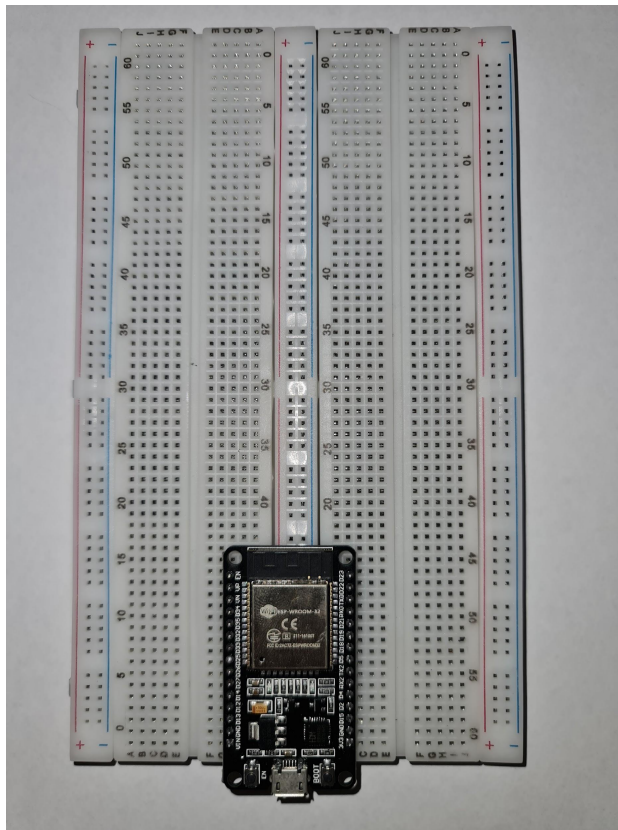
Entre sus especificaciones técnicas, su voltaje de operación es entre 4V y 7.2V. A 4.8 volts, su torque es 1.2 kg/cm y su velocidad de giro es de 0.12 segundos / 60°.

Dentro de nuestro proyecto, permite el control del bloqueo y desbloqueo de la cerradura de la puerta a partir del movimiento de su brazo. Bajo nuestra implementación, el servo rota entre los 0° y los 179° respectivamente.

Para establecer la conexión, se establecen los siguientes pines:

- PWM: pin para el envío de señales desde el ESP32, D26.
- V+: pin de alimentación positiva, en nuestro caso, de 5V
- GND: pin de tierra, conectado a la misma fuente de alimentación

Placa ESP32 y Protoboard



La placa ESP32 es un microcontrolador que usa un CPU Xtensa de 2 núcleos y tiene conectividad Wi-Fi y Bluetooth.

La protoboard que se muestra en la imagen es una tabla rectangular en la que se pueden insertar componentes electrónicos con el objetivo del desarrollo de un prototipo inicial que permita probar la interacción con los circuitos de nuestro proyecto.

3 Referencias

1. Grupo de Investigación del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de La Matanza, <https://www.soa-unlam.com.ar/>
2. Espressif Systems, <https://www.espressif.com/>
3. ArduinoGetStarted, <https://esp32io.com/>
4. Seeed Wiki, <https://seeeddoc.github.io/Grov>
5. Random Nerd Tutorials, <https://randomnerdtutorials.com/esp32-pwm-arduino-ide/>
6. Naylamp Mechatronics, <https://naylampmechatronics.com/>
7. Wokwi, <https://docs.wokwi.com/>