**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC)**

**WATTSYNC**

**DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA DO DISPOSITIVO**

**(VERSÃO 1.2)**

**São Paulo – SP**

**2024**

O presente documento não se trata da monografia oficial do trabalho de conclusão de curso, portanto, não se faz necessário a utilização da formatação da Associação Brasileiras de Normas Técnicas (ABNT), entretanto, será utilizada parcialmente com o objetivo de facilitar a organização.

**SUMÁRIO**

[1 Componentes gerais 6](#_Toc180391456)

[1.1 Capacitor 6](#_Toc180391457)

[1.2 Resistor 6](#_Toc180391458)

[1.3 Trimpot 7](#_Toc180391459)

[1.4 Diodo 8](#_Toc180391460)

[1.4.1 Diodo Zener 8](#_Toc180391461)

[1.5 Transistor NPN 9](#_Toc180391462)

[2 sistema de alimentação 11](#_Toc180391463)

[2.1 Fonte de alimentação 11](#_Toc180391464)

[2.2 Regulador de tensão 11](#_Toc180391465)

[2.3 Varistor 12](#_Toc180391466)

[2.4 Fusível 13](#_Toc180391467)

[3 sistema de conexão e exibição 15](#_Toc180391468)

[3.1 Microcontrolador 15](#_Toc180391469)

[3.2 Tela 16](#_Toc180391470)

[3.3 Aviso sonoro e jingle 17](#_Toc180391471)

[3.4 Integração ao ATMega328P 19](#_Toc180391472)

[4 sistema de medição e gerenciamento de saída 20](#_Toc180391473)

[4.1 Sensor de corrente 20](#_Toc180391474)

[4.2 Sensor de tensão 20](#_Toc180391475)

[5. Sistema de desligamento de carga 23](#_Toc180391476)

[Figura 1 - Capacitor. 6](file:///C:\Users\e225\Downloads\DOCUMENTAÇÃO%20TÉCNICA%20WATTSYNC.docx#_Toc180391297)

[Figura 2 - Resistor 7](file:///C:\Users\e225\Downloads\DOCUMENTAÇÃO%20TÉCNICA%20WATTSYNC.docx#_Toc180391298)

[Figura 3 – Trimpot. 7](#_Toc180391299)

[Figura 4 - Diodo. 8](#_Toc180391300)

[Figura 5 - Diodo Zener. 9](file:///C:\Users\e225\Downloads\DOCUMENTAÇÃO%20TÉCNICA%20WATTSYNC.docx#_Toc180391301)

[Figura 6 - Transistor NPN. 10](#_Toc180391302)

[Figura 7 - Fonte de alimentação HLK-5M05 11](#_Toc180391303)

[Figura 8 - AMS1117. 12](file:///C:\Users\e225\Downloads\DOCUMENTAÇÃO%20TÉCNICA%20WATTSYNC.docx#_Toc180391304)

[Figura 9 - Fusível 25A 13](#_Toc180391305)

[Figura 10 - Esquema de ligação do sistema de alimentação. 14](#_Toc180391306)

[Figura 11 - Esp32-wroom-1. 15](#_Toc180391307)

[Figura 12 - Esquema de ligação do Esp32-wroom-1. 16](#_Toc180391308)

[Figura 13 - Display 1.8 TFT. 17](#_Toc180391309)

[Figura 14 - Esquema de ligação do display. 17](#_Toc180391310)

[Figura 15 - Buzzer passivo. 18](#_Toc180391311)

[Figura 16 - Esquema de ligação do sistema de aviso sonoro. //trocar 18](#_Toc180391312)

[Figura 17 - Esquema de ligação entre os microcontroladores. 19](#_Toc180391313)

# 1 Componentes gerais

## 1.1 Capacitor

Um capacitor é um componente que armazena energia elétrica em um campo elétrico, consistindo em duas placas condutoras separadas por um material isolante. Ele é utilizado para filtrar ruídos, suavizar flutuações de tensão e armazenar energia em circuitos. A capacitância, medida em farads (F), determina a quantidade de carga que o capacitor pode armazenar e sua capacidade de desacoplamento.



Figura - Capacitor.

## 1.2 Resistor

Um resistor é um componente que oferece resistência ao fluxo de corrente elétrica. Ele é utilizado para limitar a corrente, dividir tensões e proteger componentes sensíveis. Os resistores têm valores de resistência, medidos em ohms (Ω), e podem ser fixos ou variáveis, permitindo ajustes em circuitos.

Figura - Resistor

## 1.3 Trimpot

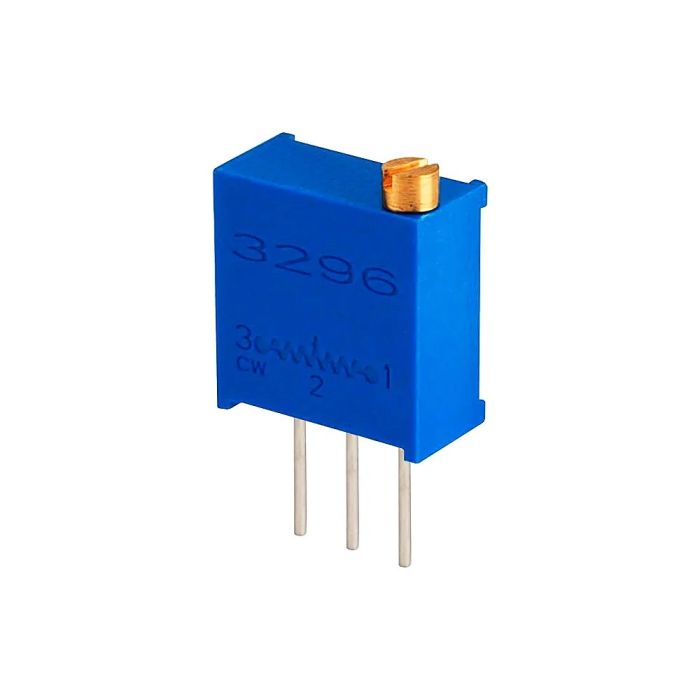
Um trimpot, ou potenciômetro de ajuste, é um resistor variável ajustável manualmente. Ele é utilizado em circuitos para calibrar e ajustar parâmetros, como níveis de tensão. Trimpots são menores e têm um mecanismo de ajuste que permite a regulagem com uma chave de fenda, facilitando ajustes finos. 

Figura – Trimpot.

## 1.4 Diodo

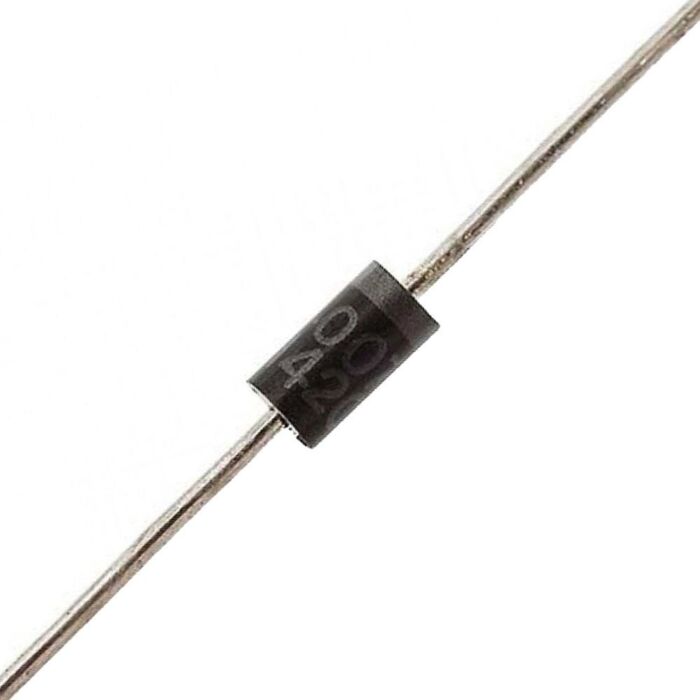
Um diodo é um componente eletrônico que permite que a corrente elétrica flua em uma única direção, funcionando como uma válvula. Ele é usado em circuitos para retificação, proteção contra polaridade reversa e controle de sinais. Um diodo tem dois terminais: ânodo (positivo) e cátodo (negativo). Ele conduz corrente quando a tensão no ânodo é maior que no cátodo. 

Figura - Diodo.

### 1.4.1 Diodo Zener

O diodo Zener é uma variação do diodo projetado para operar em polarização reversa, permitindo a condução de corrente quando a tensão reversa atinge um nível específico, chamado tensão Zener. Ele é usado como regulador de tensão em circuitos, garantindo que a tensão permaneça constante, mesmo com variações na entrada. É fundamental em circuitos de proteção e estabilização.

Figura - Diodo Zener.

## 1.5 Transistor NPN

Um transistor NPN é um tipo de transistor bipolar formado por três camadas semicondutoras: duas de material tipo N (negativo) e uma de material tipo P (positivo). Ele possui três terminais: Coletor (C), Base (B) e Emissor (E). O funcionamento do transistor NPN se baseia na polarização da base, que controla a corrente entre o coletor e o emissor. Quando a base é polarizada positivamente, ela permite que uma corrente maior flua do coletor para o emissor, funcionando como um amplificador de sinal. 

Figura - Transistor NPN.

# 2 sistema de alimentação

## 2.1 Fonte de alimentação

Para que o projeto funcione, é necessário transformar a tensão alternada da tomada em baixa tensão contínua, para isso é utilizado a fonte de alimentação *Hi-Link HLK-5M05*, sendo bivolt, funcionando com tensão entre 100 e 240 volts, com saída de 5 volts e 1 ampère. 

Figura - Fonte de alimentação HLK-5M05

## 2.2 Regulador de tensão

Dada a necessidade de garantir que a tensão de funcionamento de alguns componentes permaneça dentro dos limites adequados, é essencial implementar um sistema de regulação de tensão. Para isso, foi escolhido o regulador de tensão 3.3V AMS1117, conhecido por sua alta eficiência e capacidade de fornecer uma saída estável. Para estabilizar a tensão, foi adicionado um capacitor eletrolítico de 300uf antes do regulador e um de 100uf pós regulador.

Figura - AMS1117.

## 2.3 Varistor

Para a proteção do circuito contra sobretensões, foi utilizado um varistor 14D561K, instalado entre a fase e o neutro. Este componente é projetado para absorver picos de tensão, desviando correntes excessivas para o outro condutor e, assim, protegendo os circuitos e dispositivos conectados. O varistor atua como uma barreira, evitando que tensões acima de um certo limiar atinjam componentes sensíveis, o que é crucial para garantir a integridade e a durabilidade do sistema. A escolha do varistor 14D561K se baseia em sua tensão de ruptura ser a mais próxima da necessária, proporcionando uma camada adicional de segurança ao circuito.



## 2.4 Fusível

Caso o varistor atue ou a proteção eletrônica presente no dispositivo seja acionada, o fusível se rompe, desconectando o circuito e prevenindo danos aos componentes. Para essa aplicação, foi escolhido um fusível de queima rápida de 25A, dimensionado para as necessidades do projeto. Este tipo de fusível é projetado para reagir rapidamente a sobrecargas e curtos-circuitos, interrompendo imediatamente o fluxo de corrente. 

Figura - Fusível 25A

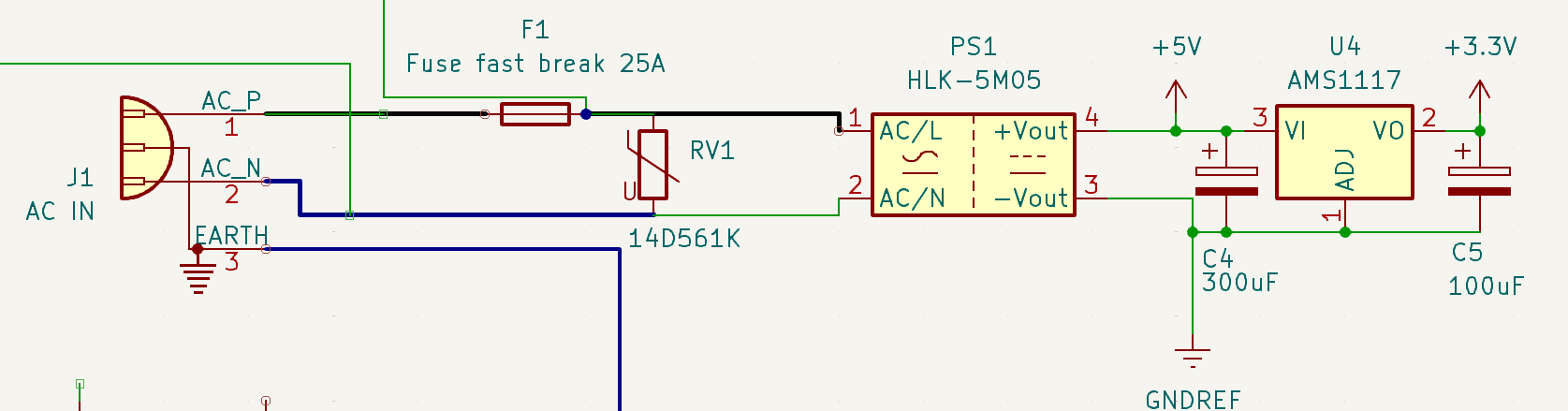


Figura - Esquema de ligação do sistema de alimentação.

# 3 sistema de conexão e exibição

## 3.1 Microcontrolador

O microcontrolador utilizado no desenvolvimento do projeto é o ESP32 WROOM-1, um módulo altamente eficiente, com 45 portas GPIO (General Purpose Input/Output), permitindo uma ampla gama de funcionalidades, como controle de periféricos externos, sensores e atuadores. Ele também suporta modulação por largura de pulso (PWM), permitindo o controle preciso de dispositivos como motores, LEDs e outros componentes. O ESP32 WROOM-1 destaca-se por sua capacidade de comunicação sem fio através de Wi-Fi, facilitando a transmissão de dados em tempo real com o aplicativo. Isso elimina a necessidade de conexões físicas, proporcionando flexibilidade e permitindo o desenvolvimento de soluções inovadoras para automação e IoT.

Figura - Esp32-wroom-1.

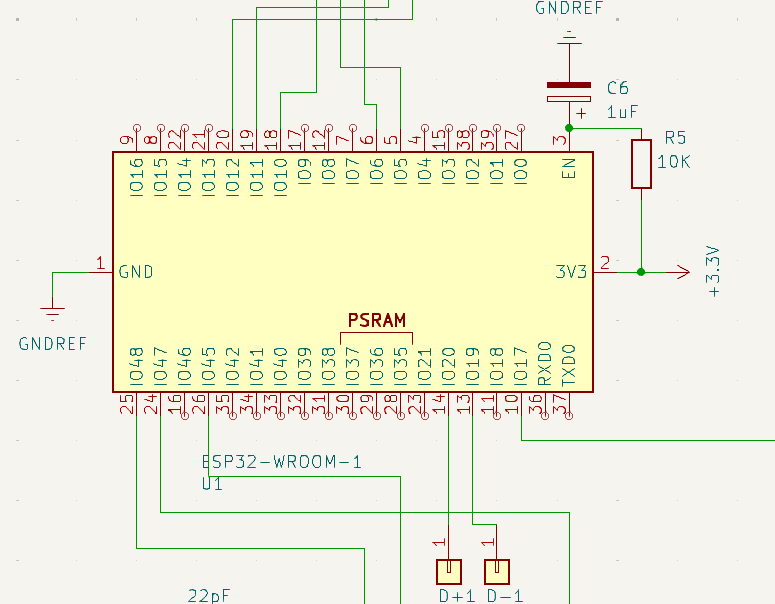


Figura - Esquema de ligação do Esp32-wroom-1.

## 3.2 Tela

Para que não haja a necessidade de abrir o aplicativo no *smartphone* apenas para visualizar as informações de consumo, o dispositivo conta com um *display* TFT de 1.8 polegadas colorido e com resolução de 128 *pixels* de largura por 160 *pixels* de altura. Não é utilizado o *slot* para cartão de memória incluído no *display*. Utiliza o protocolo de comunicação SPI e possui os pinos: *Light Emitting Diode* (Led), *Serial Clock* (SCK), *Master Input Slave Output* (MOSI)[[1]](#footnote-1), *Data/Command* (DC)[[2]](#footnote-2), *Reset* (RST), *Slave Select* (CS), *Graduated Neutral Density Filter* (GND) e *Voltage at the Common Collector* (VCC).

Ligações:

**LED:** Conectado a linha positiva de 3.3 Volts;

**SCK:** conectado ao GPIO 12;

**MOSI:** conectado ao GPIO 11;

**DC:** conectado ao GPIO 6;

**RST:** conectado ao GPIO 5;

**CS:** Conectado ao GPIO 10;

**GND**: Conectado diretamente ao polo negativo;

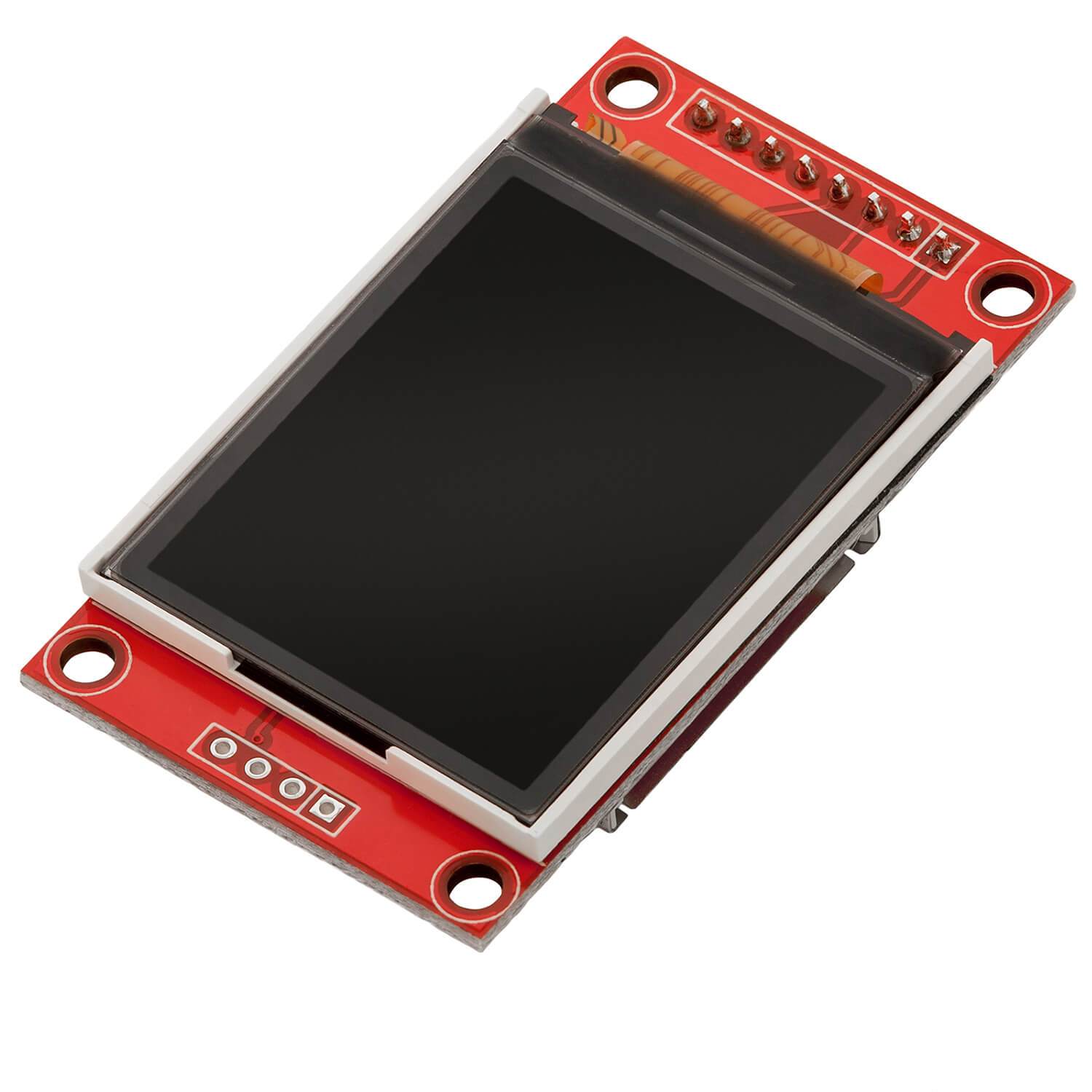
**VCC:** Conectado a linha positiva de 3.3 Volts.[[3]](#footnote-3) 

Figura - Display 1.8 TFT.

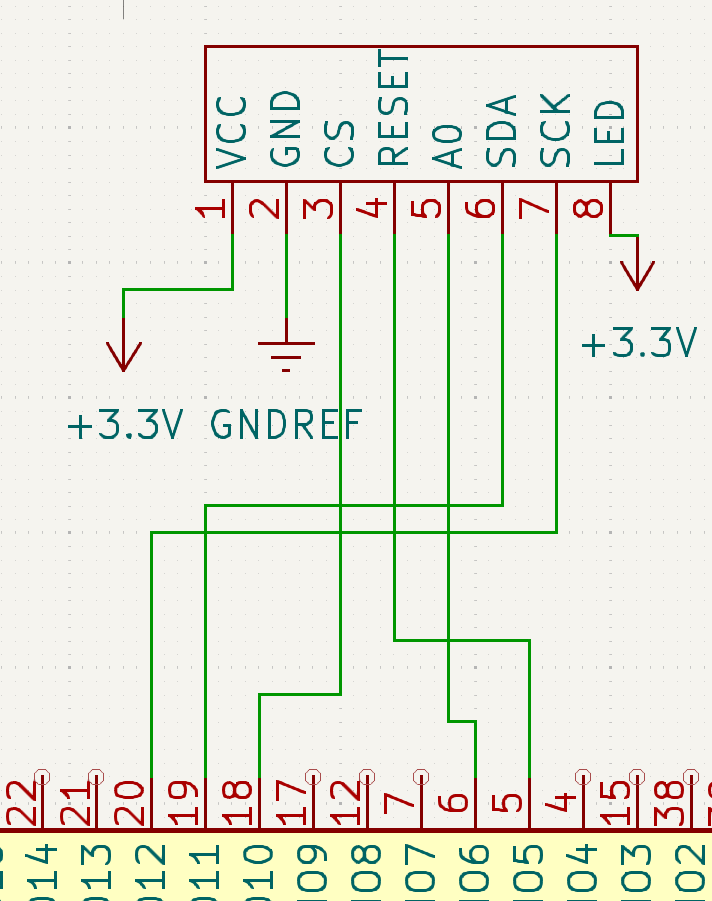


Figura - Esquema de ligação do display.

## 3.3 Aviso sonoro e jingle

Caso ocorra de o dispositivo entrar em modo de proteção, seja por excesso de corrente ou tensão incorreta, o usuário deve ser alertado de maneira ostensiva, para isso utiliza-se um *buzzer*, que consiste em um piezoelétrico que dilata e emite som caso receba energia em determinada frequência, como o *buzzer* necessita de 5V e cada GPIO fornece no máximo 3.3V, será utilizado um transistor NPN com um resistor de 1KΩ em sua base.

O buzzer também desempenha a função de emitir uma curta melodia quando o dispositivo é iniciado.

Ligação:

**RESISITOR:** Conectado ao GPIO 17;

**B:** Conectado ao resistor;

**C:** Conectado ao GND do *buzzer*;

**E:** Conectado ao GND;

**VCC:** Conectado ao polo positivo de 5V. 

Figura - Buzzer passivo.

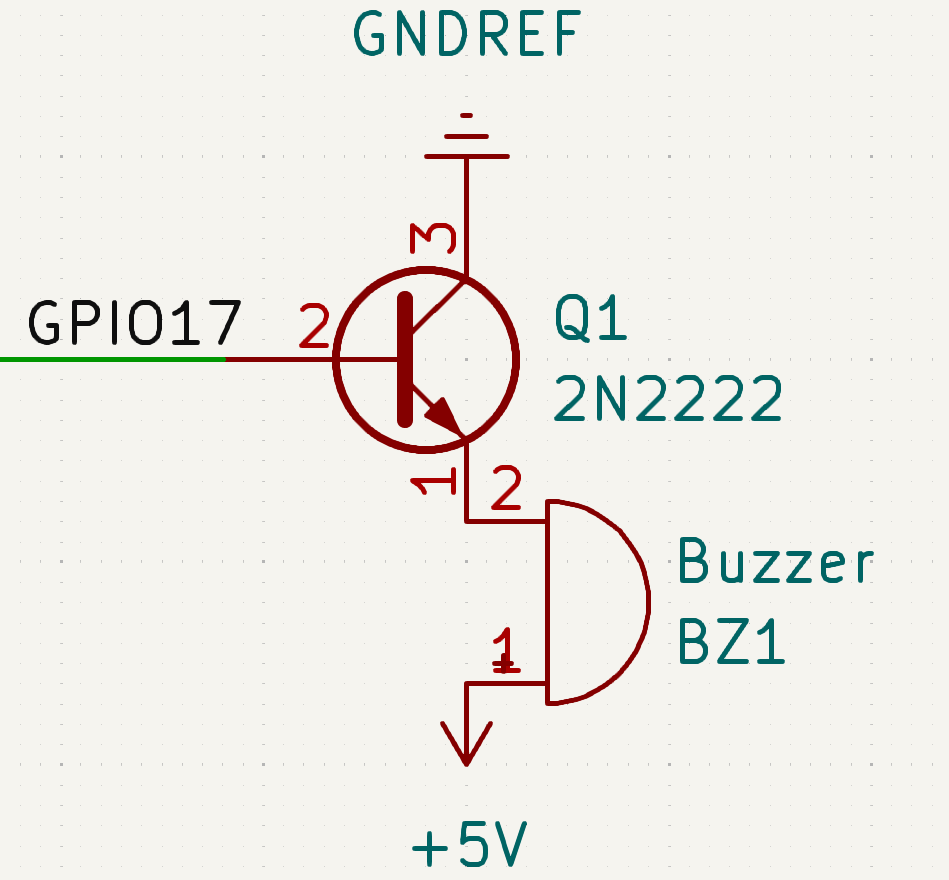


Figura - Esquema de ligação do sistema de aviso sonoro. //trocar

## 3.4 Integração ao ATMega328P

Para a comunicação entre o Esp32 e o ATMega328P ser possível era necessário algum conversor de tensão, já que os dois microcontroladores operam com tensões de nível lógico diferentes, 3.3V e 5V, respectivamente, para solucionar esse problema, foi inserido um divisor de tensão, sendo composto por um resistor de 2kΩ e um resistor de 1KΩ, assim reduzindo de 5V para 3.3.V.

Ligação:

Resistor de 2KΩ: Conectado ao GND e ao resistor de 1KΩ.

Resistor de 1KΩ: Conectado ao pino PD3 do ATMega328P e ao resistor de 2KΩ.

Ponto entre os dois resistores: Conectado ao GPIO47 do Esp32.

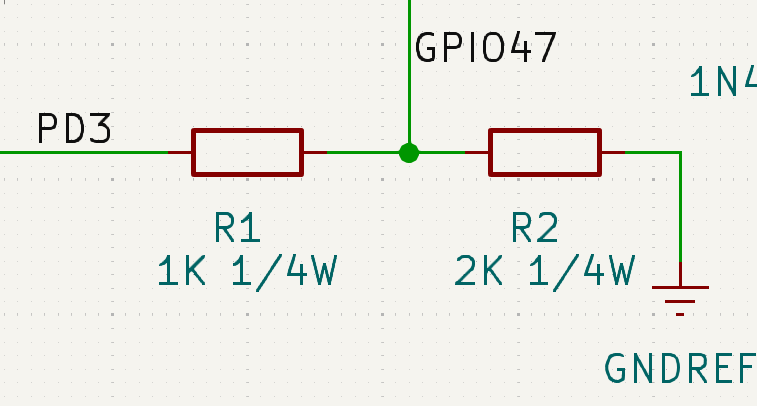


Figura - Esquema de ligação entre os microcontroladores.

# 4 sistema de medição e gerenciamento de saída

## Sensor de corrente

Para que seja possível calcular o consumo dos equipamentos elétricos, se faz necessário obter a potência (W) que cada equipamento está consumindo, valor esse que é o resultado da multiplicação da corrente (A) e da tensão (V). O sensor utilizado para medir a corrente foi o ACS712, ele precisa de 5 conexões, sendo o VCC, GND, a saída chamada de OUT e os dois últimos são conectados à rede elétrica, um no fio fase da tomada e o outro no fio fase do equipamento a ser medido.

Ligações:

**GND:** Conectado ao polo negativo;

**VCC:** Conectado ao polo positivo de 5V.

**OUT:** Conectado a A0 do ATMega328p;

***L-in*:** Conectado ao fio fase da tomada;

***L-out*:** Conectado ao fio fase do equipamento.

## Sensor de tensão

Para medir a grandeza que falta, é necessário um módulo ou esquema elétrico, inicialmente foi escolhido um módulo de tensão, mas depois de realizar cálculos com a fórmula do divisor de tensão, foi decidido que essa seria a estratégia adotada, com menor custo e realizando a mesma função e até com maior precisão que o módulo. Esse sistema consiste em 1 resistor de determinado valor conectado a um dos fios da rede elétrica, a outra ponta conectado a um *trimpot* e esse *trimpot* conectado ao GND, o valor do *trimpot* definido foi 20kΩ. Para realizar essa medição, é necessário compreender como funciona o sistema de tensão alternada: O sistema de tensão alternada doméstico pode possuir até 3 fios: duas fases anguladas em 120° cada e um neutro, que é aterrado para equilibrar as fases. Dependendo do estado, a tensão fase-neutro é de 127V e fase-fase corresponde a 220V, já em outros locais[[4]](#footnote-4), a tensão entre fase-neutro é de 220V, tendo apenas esses dois fios. O sistema funciona com ondas senoidais, com tensão eficaz (RMS) e tensão de pico, antes de calcular o resistor correto, é preciso descobrir a tensão de pico, dada a expressão:

Substituindo, temos:

Então, , sabendo a tensão de pico, deve-se escolher a tensão que deverá ser obtida através do divisor, baseando-se no intervalo de tensão do ADC do ATMega328p, foi escolhido para média de tensão 5V quando Vp = 311V e utilizando metade da resistência do trimpot. A fórmula do divisor de tensão dá-se em:

Organizando para descobrir R1, temos:

Substituindo os termos por valores já conhecidos:

Então . Para descobrir qual o valor mínimo de R1, repete-se a fórmula, agora com R2 com o valor de 20KΩ

Então . Descontando 10% de margem de erro por causa dos resistores, então a faixa de resistores possíveis para o projeto está entre 620kΩ e 1,17MΩ. Com os valores de resistores já encontrados, o ponto médio entre o resistor e o *trimpot* deve ser conectado a entrada A2 do ATMega328p. O mesmo circuito deve ser repetido no outro fio da rede elétrica e o ponto médio conectado a entrada analógica A3. Por fim, deve-se calibrar o dispositivo com o auxílio de um voltímetro medindo a diferença de potencial entre cada ponto médio e o solo girando o *trimpot.* Para a proteção do circuito, há um diodo zener com tensão de ruptura em 5.1V, com o cátodo conectado ao divisor de tensão e o ânodo ao negativo.

# 5. Sistema de desligamento de carga

Para proteger os equipamentos acoplados ao WattSync e até mesmo os sensores do próprio dispositivo, deve existir uma maneira de parar e iniciar o fornecimento de energia, isso é feito através do relé, um dispositivo eletromecânico que possui 6 terminais, o *Common* (COM), o *Normally Closed* (NC), *Normally Open* (NO), VCC e GND. O relé utilizado será de 30A com acionamento 5V através de um transistor NPN acoplado a um resistor de 1KΩ. O sistema também possui um diodo entre os terminais da bobina para drenar a tensão reversa gerada ao desligar o relé.

Ligação:

**RESISTOR:** Conectado a GPIO 13;

**B:** Conectado resistor;

**C:** Conectado ao GND do *relé*;

**E:** Conectado ao GND.

**NO:** Conectado a fase da tomada;

**NC:** Não utilizado;

**COM:** Conectado a fase do equipamento;

**VCC:** Conectado ao polo positivo de 5V;

**Cátodo:** Conectado ao polo positivo de 5V;

**Ânodo:** Conectado ao polo negativo.

1. No *display* utilizado, o pino MOSI vem com a serigrafia SDA. [↑](#footnote-ref-1)
2. No *display* utilizado, o pino DC vem com a serigrafia A0. [↑](#footnote-ref-2)
3. O display possui a faixa de tensão entre 3.3V-5V [↑](#footnote-ref-3)
4. Esse fato ocorre principalmente na região nordeste do Brasil. [↑](#footnote-ref-4)