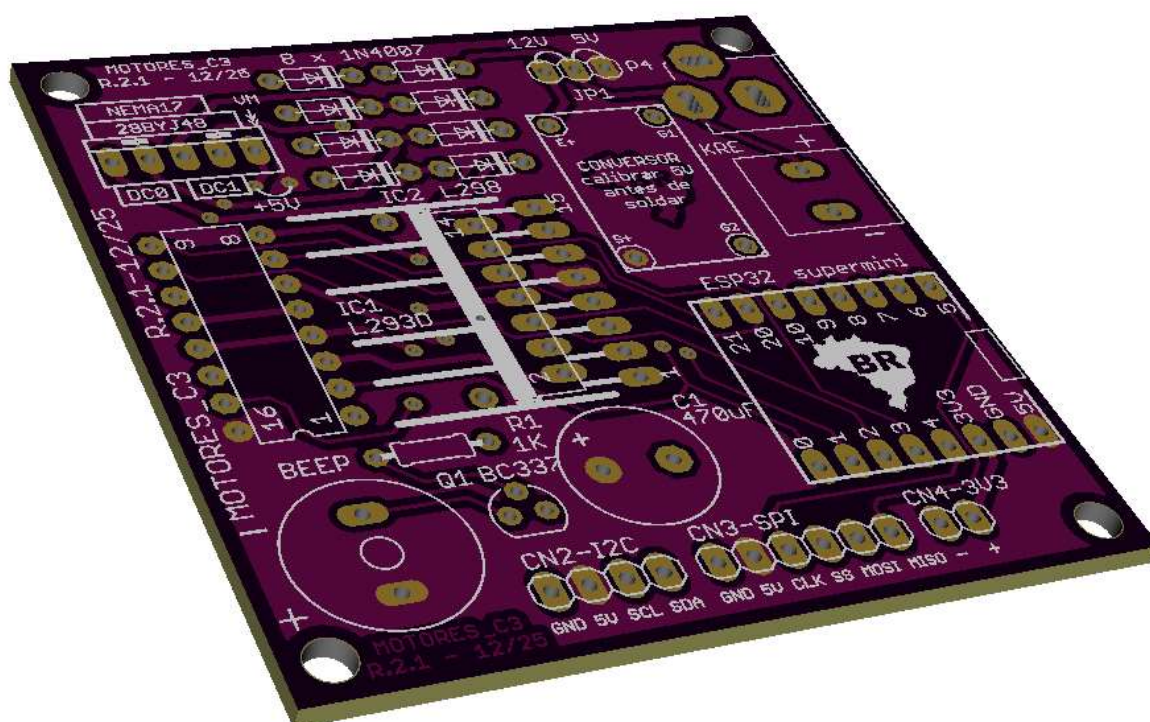


PCI MOTORES_C3



MANUAL DO USUÁRIO

Aplicável as placas:

MOTORES_C3 versão 2.1 e posteriores
com o módulo microcontrolador ESP32 C3 supermini de 16 pinos

Manual rev. 1.0 — 09/2025

Eventuais atualizações desse manual podem ser encontradas em: <https://github.com/izyino/manuais>

INTRODUÇÃO:

A presente placa de circuito impresso intitulada MOTORES_C3 foi concebida para facilitar a construção de dispositivos para controle de motores de passo ou até dois motores DC, via WiFi, contemplando em um reduzido espaço de apenas 6 x 6 cm, o moderno microcontrolador ESP32 C3 em sua versão supermini de 16 pinos, os drivers do motor de passo e dos motores DC, e todos os demais componentes, substituindo assim os antigos, obsoletos e saudosos Arduinos e seus “shields” sobrepostos em forma de sanduíche.

A versão 2.0 da placa de circuito impresso MOTORES_C3 possui as seguintes características básicas:

- Utilização do microcontrolador ESP-32 C3 na versão supermini de 16 pinos, com WiFi e Bluetooth, CPU de 32-bits RISC-V Single-core 160MHz, WiFi: 802.11b/g/n 2.4GHz, Bluetooth 5.0, Consumo ultra baixo de apenas 43uA, 400KB SRAM, 384KB ROM, 4Mb flash
- Controle de dispositivos com base em motor de passo modelos Nema-17 ou 28BYJ48 ou até dois motores DC de baixa ou média corrente, de forma bidirecional, com controle de velocidade PWM
- Utilização do driver ponte H dupla, L293D, dip 16 ou L298
- Beep sonoro passivo
- Conectores para acesso aos sinais I2C, SPI e 3V3
- Completa biblioteca para controle dos motores de passo, dos motores DC, do beep sonoro e do Led azul, bem como um controle de tempo, não bloqueante, em alternativa às funções millis() e delay(), disponível em <https://github.com/izyino/motbepled>

CONECTORES EXISTENTES NA PLACA MOTORES C3:

CN1 – motor STEP ou motores DC:

- 1 – motor DC 0 ou Step L1 (fio azul, se 28BYJ48)
- 2 – motor DC 0 ou Step L1 (fio rosa, se 28BYJ48)
- 3 – motor DC 1 ou Step L2 (fio amarelo, se 28BYJ48)
- 4 – motor DC 1 ou Step L2 (fio laranja, se 28BYJ48)
- 5 – sem conexão - Step comum (fio vermelho, se 28BYJ48)



CN2 – I2C:

1 – Gnd
2 – Vcc (+5V)
3 – SCL (GPIO 9 do ESP32C3)
4 – SDA (GPIO 8 do ESP32C3)

CN3 – SPI:

1 – Gnd
2 – Vcc (+5V)
3 – SCK (GPIO 4 do ESP32C3)
4 – SS (GPIO 7 do ESP32C3)
5 – MOSI (GPIO 6 do ESP32C3)
6 – MISO (GPIO 5 do ESP32C3)

CN4 – 3V3:

1 – Gnd
2 – +3V3

RELAÇÃO DE COMPONENTES:

Placa de circuito impresso Rev.1.1
Módulo ESP32 C3 supermini, 16 pinos
CI driver L293D, dip 16 ou L298 (ou um ou outro, nunca os dois)
Capacitor eletrolítico 470uF / 25v (se for usado o driver L298)
Dissipador de calor para o driver L298 (se necessário)
8xDiodos 1N4007
Conector molex 5 pinos com polarizador (para os motores em CN1)
Conector P4 fêmea, 90 graus, solda placa
Conector 3 pinos macho (JP1 – seleção fonte 12V ou 5V) e um jumper plástico
Módulo conversor 12V→5V MP2307 (montar se a fonte de alimentação for de 12V)
Borne KRE de 2 pinos (montagem opcional)
Beep passivo (montagem opcional)
Transistor BC337 (montagem opcional)
Resistor de 1K (montagem opcional)
Conector KRE de 2 pinos (montagem opcional)
Conector 4 pinos macho (CN2 – I2C, montagem opcional)
Conector 6 pinos macho (CN3 – SPI, montagem opcional)
Conector 2 pinos macho (CN4 – 3V3, montagem opcional)

POSSIVEIS CONFIGURAÇÕES:

1) Para aplicações que utilizem até dois motores DC de baixa potência ou um motor de passo modelo 28BYJ48 ou similar, deve-se montar a PCI com o driver L293D apenas (o L298, o capacitor C1 e o conversor 12V→5V não montados), com um jumper entre o pino central e o pino mais a direita (5V) de JP1. Nessa configuração deve-se utilizar uma fonte de 5Vcc em P4 ou no borne KRE. Observação: esta aplicação poderia também utilizar o driver L298, que apesar de ser mais caro que o L293, o substitui perfeitamente.

2) Para aplicações que utilizem até dois motores DC de média potência ou um motor de passo modelo Nema17 ou similar, deve-se montar a PCI apenas com o driver L298, o capacitor C1 e o módulo conversor, sem o driver L293D com um jumper entre o pino central e o pino mais a esquerda (12V) de JP1. Nessa configuração deve-se utilizar uma fonte de 12Vcc em P4 ou no borne KRE.

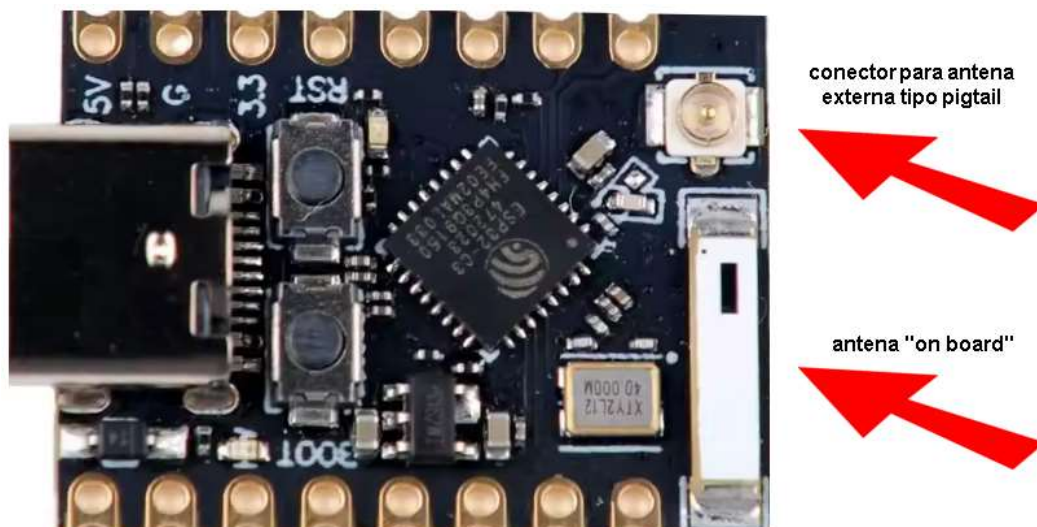


Fig. 1 – Modelo de ESP32 C3 recomendado

Existe diversos modelos diferentes de ESP32 C3 disponíveis no mercado. O modelo que mostrou mais facilidade de conexão e melhor desempenho, especialmente no tocante ao alcance WiFi é o mostrado na figura 1 acima.

O modelo mais comum, mostrado na figura 2 abaixo, **deve ser evitado** uma vez que esse modelo possui um alcance muito menor em virtude da sua antena “on board” ser visivelmente menos elaborada, sem contar com a ausência do conector para antena externa.

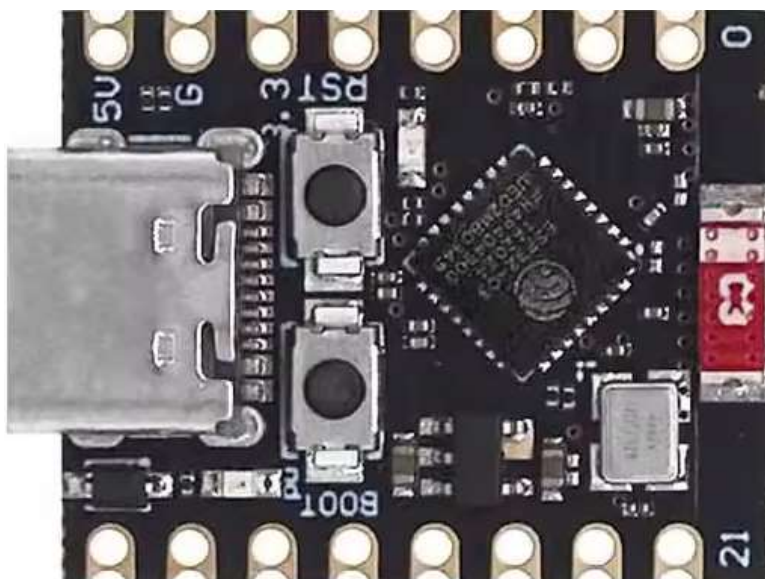


Fig. 2 – Modelo de ESP32 C3 **-NÃO-** recomendado

DIAGRAMA ELÉTRICO:

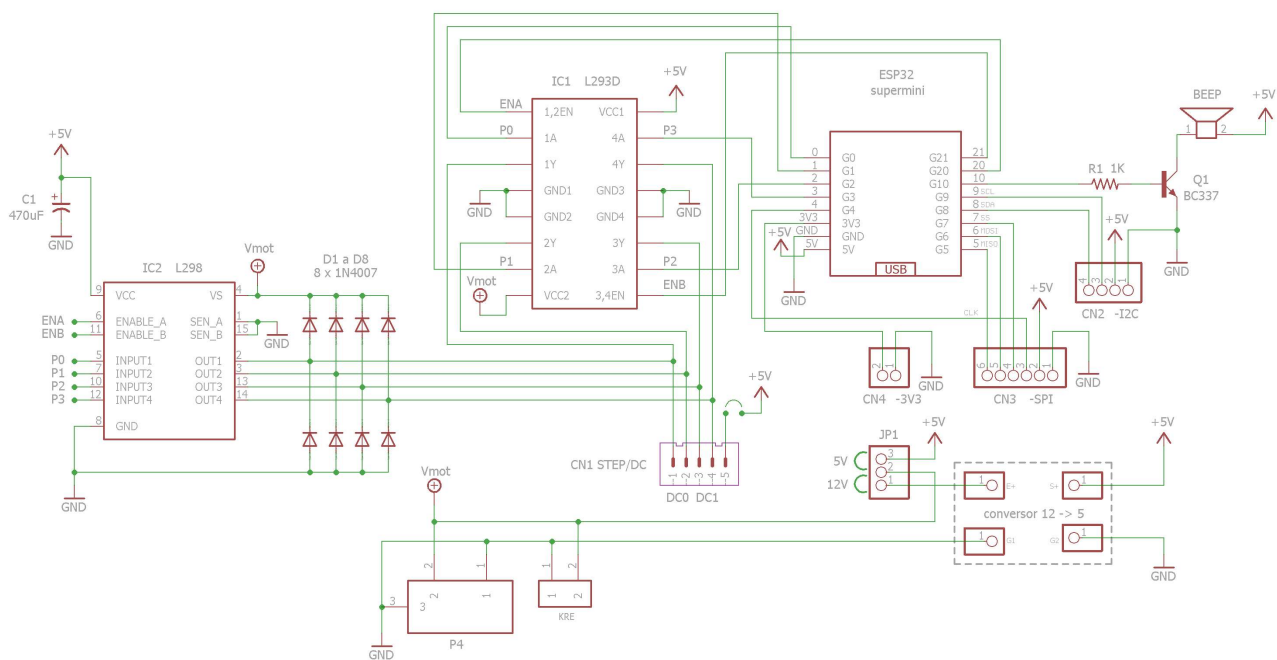


Fig. 3 – Diagrama elétrico da placa MOTORES_C3 Rev. 2.1

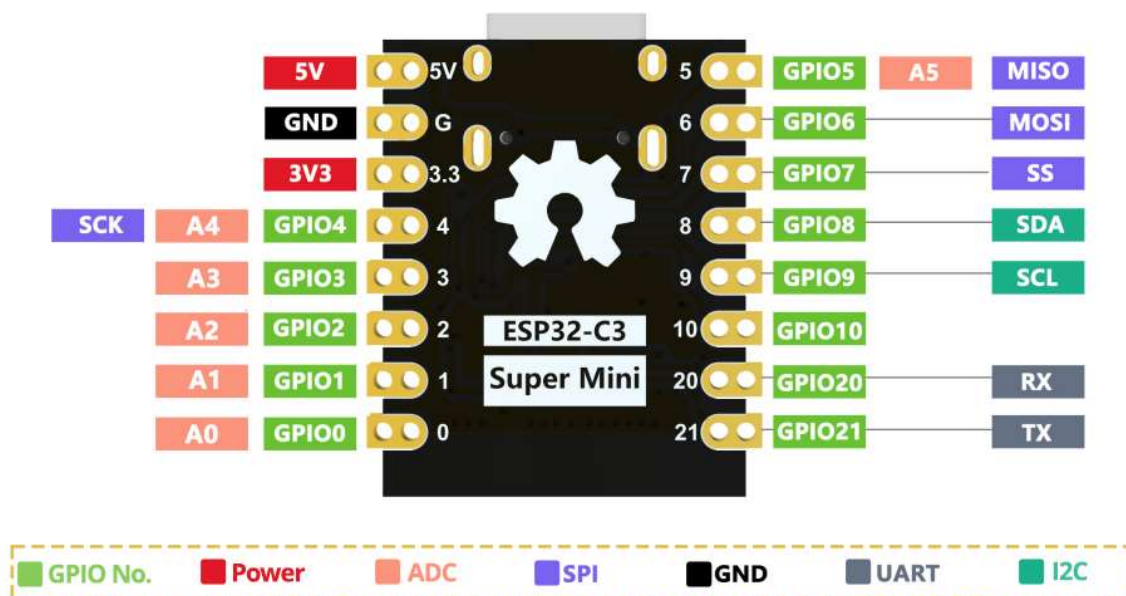


Fig. 4 – Pinagem e sinais disponíveis no módulo ESP32 C3 supermini

DIMENSÕES DA PLACA E CONECTORES:

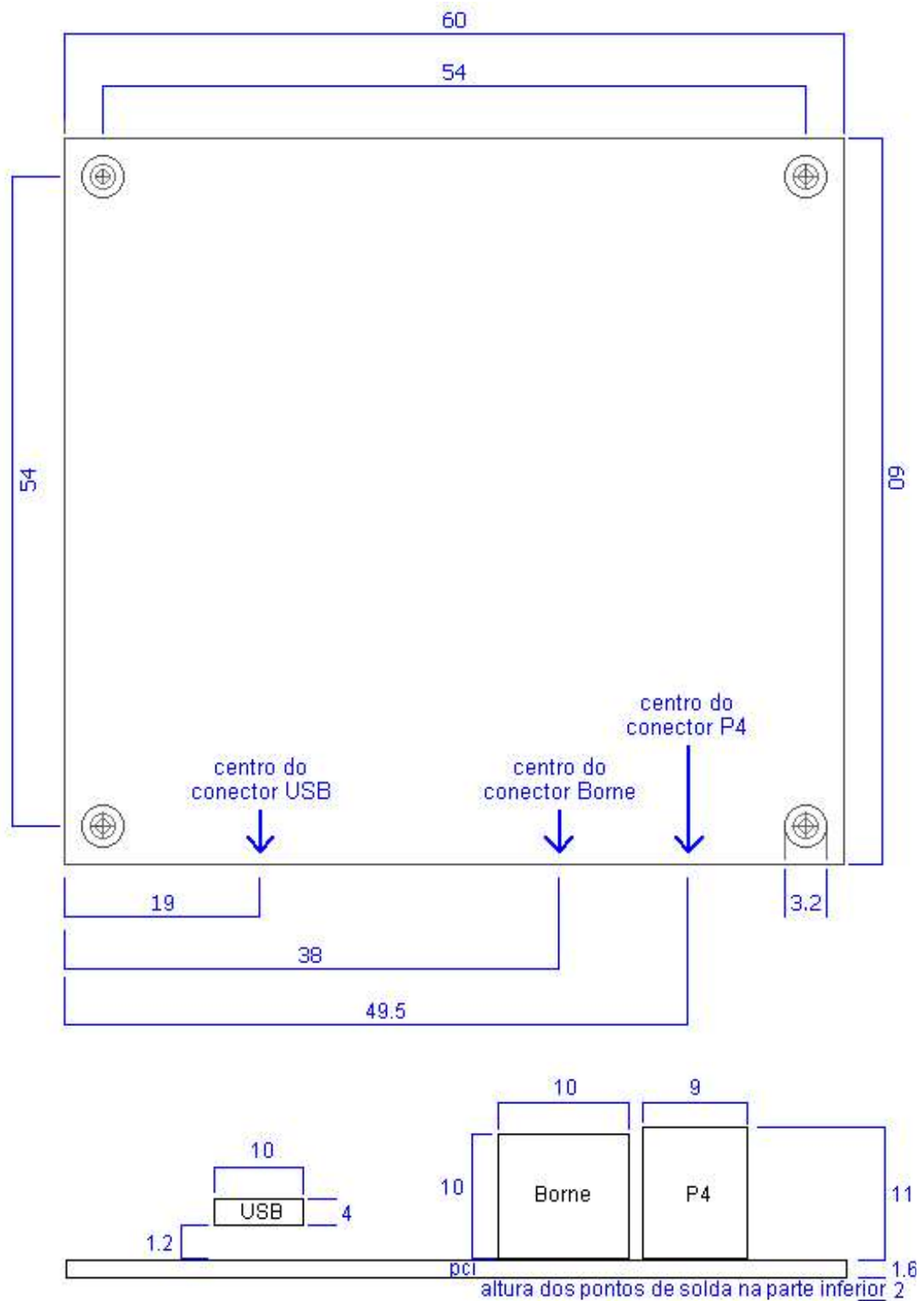
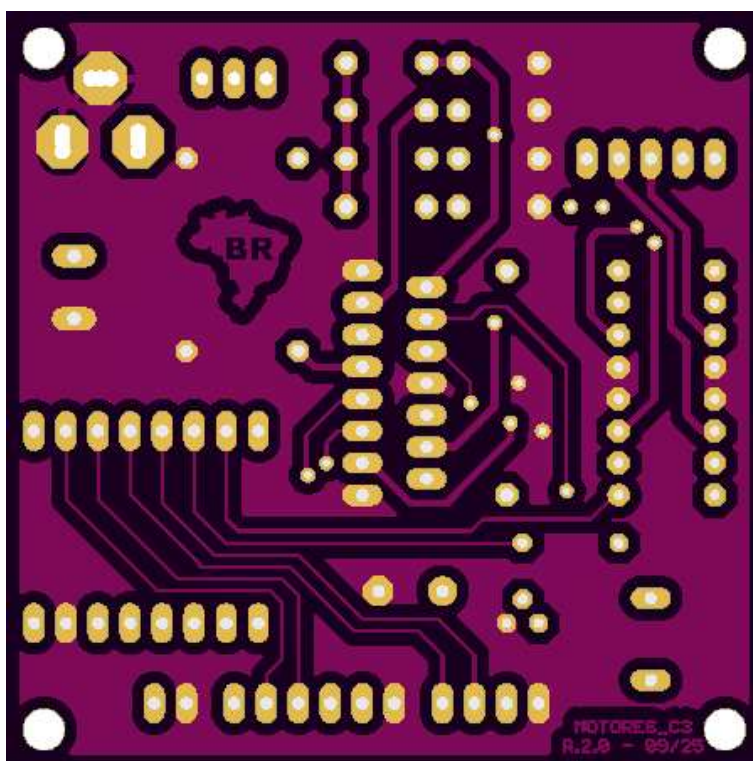
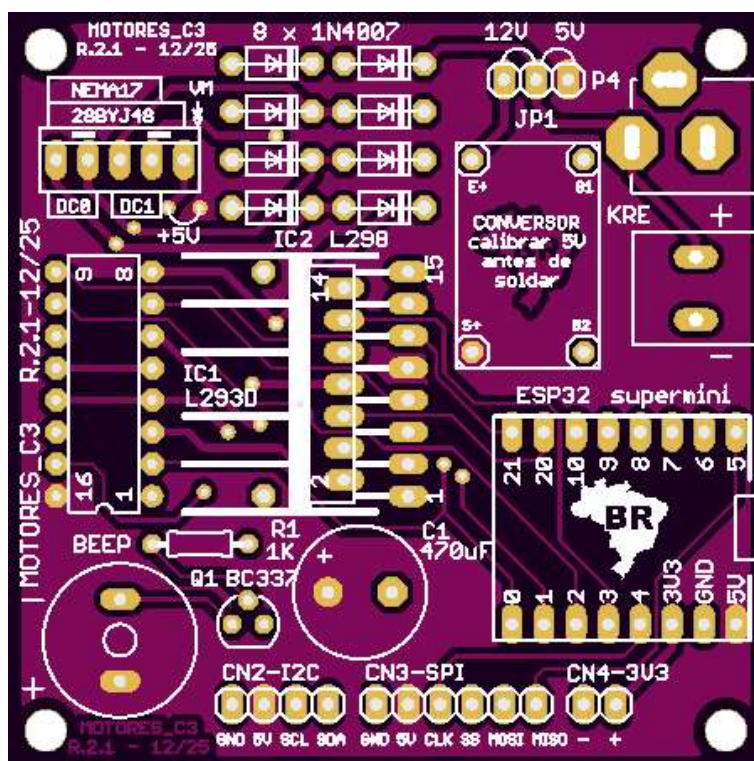


Fig. 5 – Dimensões da placa e conectores



OBSERVAÇÃO: O driver dos motores L293D possui corrente nominal de saída de 600mA suportando picos de curta duração de até 1200mA. Assim, é possível se utilizar motor Nema17 em aplicações que demandem um breve período de operação do motor (máximo de 30 segundos) intercalado com períodos de repouso para resfriamento (mínimo de 60 segundos). Isso porque o Nema17 usualmente consome uma corrente máxima 1700mA a 12volts. No presente caso, o motor Nema17 é alimentado por 5 volts, ou seja, irá consumir apenas 835mA, corrente essa suportada pelo driver L293D durante curtos períodos de tempo.

BIBLIOTECA:

Para facilitar o desenvolvimento de aplicações a serem hospedadas em placas baseadas nos microcontroladores ESP32, foi criada uma biblioteca de nome motbepled.h, disponível em <https://github.com/izyino/motbepled> a qual deve ser utilizada conforme as instruções seguintes.

As funções descritas a seguir referem-se apenas àquelas relevantes para a placa MOTORES_C3. Registre-se que a biblioteca motbedled.h possui muitas outras funções que fazem sentido apenas para placas mais complexas que a MOTORES_C3.

#include < motbepled.h>

para incluir a biblioteca ao programa. Dependendo de onde a biblioteca estiver gravada, pode-se usar alternativamente o formato #include “**motbepled.h**”

motbepled x(t);

comando construtor que deve ser informado logo após o include, sendo t uma variável do tipo int8_t que define o tipo e o modo de operação do motor eventualmente conectado a CN1, sendo possível os seguintes valores:

0 – Para motor DC

1 – Para motor 28byj-48, 2048 passos por volta, baixo torque, baixo consumo

2 – Para motor 28byj-48, 2048 passos por volta, alto torque, alto consumo

3 – Para motor 28byj-48, 4096 passos por volta, médio torque, médio consumo

4 – Para motor Nema17, 200 passos por volta

x.pinsStep0(0, 1, 2, 3, 20, 21);

comando que informa os pinos do microcontrolador ESP associados ao motor de passo n.0, **caso exista**, sendo os quatro primeiros das bobinas principais e os dois últimos dos sinais enable. O valor -1 significa que os sinais correspondentes não se aplicam no presente caso. Para uso da biblioteca motbepled.h com a placa MOTORES_C3 deve-se informar o comando pinsStep0 exatamente como mostrado acima, ou seja: x.pinsStep0 (0, 1, 2, 3, 20, 21); e deve ser informado na sessão de setup de todos os programas, sempre antes do x.begin()

x.pinsDC0(0, 1, 20);

comando que informa os pinos do microcontrolador ESP associados ao motor DC n.0, **caso exista**, sendo os dois primeiros do motor e o terceiro da velocidade PWM. O valor -1 significa que os sinais correspondentes não se aplicam no presente caso. Para uso da biblioteca motbepled.h com a placa CTRL-28BYJ48 deve-se informar o comando pinsDC0 exatamente como mostrado acima, ou seja: x.pinsDC0 (0, 1, 20); e deve ser informado na sessão de setup de todos os programas, sempre antes do x.begin()

x.pinsDC1(2, 3, 21);

comando que informa os pinos do microcontrolador ESP associados ao motor DC n.1, **caso exista**, sendo os dois primeiros do motor e o terceiro da velocidade PWM. O valor -1 significa que os sinais correspondentes não se aplicam no presente caso. Para uso da biblioteca motbepled.h com a placa CTRL-28BYJ48 deve-se informar o comando pinsDC0 exatamente como mostrado acima, ou seja: x.pinsDC1 (2, 3, 21); e deve ser informado na sessão de setup de todos os programas, sempre antes do x.begin()

x.pinBeep(10);

comando que informa o pino do microcontrolador ESP associado ao beep. Para uso da biblioteca motbepled.h com a placa CTRL_H28BYJ48 deve-se informar o comando pinBeep exatamente como mostrado acima, ou seja: x.pinBeep (10); e deve ser informado na sessão de setup de todos os programas, sempre antes do x.begin()

x.pinLed(8, 0);

comando que informa o pino do microcontrolador ESP associado ao Led e o nível lógico para o led aceso. Para uso da biblioteca motbepled.h com a placa CTRL_H28BYJ48 deve-se informar o comando pinLed exatamente como mostrado acima, ou seja: x.pinLed (8, 0); e deve ser informado na sessão de setup de todos os programas, sempre antes do x.begin()

x.begin();

inicializa as diversas funções da biblioteca. Deve ser colocado na sessão de setup de todos os programas que se utilizem da biblioteca

x.runStep(0, steps, velstep, cwstep);

comando que ativa o motor de passo, de forma automática e assíncrona, conforme as seguintes variáveis:

steps – variável uint32_t contendo o número de passos a movimentar

velstep – variável uint16_t que define a velocidade da movimentação em RPM (rotações por minuto). Este valor pode variar entre 1 e 16 para motores 28BYJ48 e entre 1 e 960 para motores Nema17, sempre dependendo do motor utilizado e da corrente disponível na fonte de alimentação e no driver L293D ou L298D

cwstep – variável booleana que define o sentido da movimentação, sendo “true” para sentido horário e “false” para sentido anti-horário

x.stepstogo(0);

esta função retorna no formato uint32_t o número de passos ainda restantes para que o motor chegue ao seu destino. Zero significa que o motor já chegou ao seu último destino e já encontra-se parado. Antes de comandar qualquer movimentação deve-se consultar esta função para ter certeza que o motor encontra-se parado

x.runDC(n, time, veldc, cwdc);

comando que ativa o motor DC n.0, de forma automática e assíncrona, conforme as seguintes variáveis:

`n` – variável `uint8_t` com número do motor DC que será movimentado (0 ou 1):

`time` – variável `uint32_t` contendo o tempo em milisegundos que o motor DC ficará ativado

`velDC` – variável `uint8_t` que define a velocidade da movimentação, em termos de porcentagem entre 0 e 100. Sendo 0=0% motor parado, 100=100% motor com velocidade máxima.

`cwDC` – variável booleana que define o sentido da movimentação, sendo “true” para sentido horário e “false” para sentido anti-horário

x.timetogo(n);

esta função retorna no formato `uint32_t`, em milisegundos, o tempo ainda restante para que o motor DC `n` (`n=0` ou `1`) complete o último comando `runDC`. Se retornar zero significa que o motor DC `n` já está parado. Antes de comandar qualquer movimentação do motor DC `n` deve-se consultar esta função para ter certeza que o mesmo se encontra parado. A variável `n` é do tipo `uint8_t`

x.beep(bnum, bdur, bfreq, binter);

comando que ativa a emissão de beeps sonoros, de forma automática e assíncrona, conforme as seguintes variáveis:

`bnum` – variável inteira que especifica o número de beeps a serem emitidos

`bdur` – variável inteira que especifica a duração de cada beep, em milisegundos

`bfreq` – variável inteira que especifica a frequência dos beeps, em Hertz (Hz). Os beeps passivos comuns respondem bem frequências entre 200Hz e 5000Hz

`binter` – variável inteira que especifica a duração da pausa entre os beeps, em milisegundos

x.led(lnum, ldur, linter);

comando que ativa piscadas do Led (conectado ao pino 8 do módulo ESP32), de forma automática e assíncrona, conforme as seguintes variáveis:

`lnum` – variável inteira que especifica o número de piscadas a serem emitidas

ldur – variável inteira que especifica a duração do Led acesso em cada piscada, em milisegundos

linter – variável inteira que especifica a duração do Led apagado em cada piscada, em milisegundos

x.setms(yms);

comando para inicializar o contador de milisegundos com o valor informado pela variável yms do tipo uint32_t. Imediatamente após inicializado, o contador começa ser subtraído de 1 a cada milisegundo

x.getms();

esta função retorna no formato uint32_t o estado atual do contador de milisegundos previamente inicializado pelo comando x.setms. Serve como alternativa para a função delay(), de forma assíncrona

x.stopStep(0);

esta função interrompe o movimento do motor de passo

x.stopDC(n);

esta função interrompe o movimento do motor DC n (n=0 ou 1). A variável n é do tipo uint8_t

x.stopLed();

esta função interrompe as piscadas do Led eventualmente em andamento

x.stopBeep();

esta função interrompe a emissão de beeps sonoros eventualmente em andamento

CONSIDERAÇÕES SOBRE A BIBLIOTECA MOTBEPLED:

A base funcional da biblioteca motbepled consiste em um núcleo de rotinas que são executadas a cada 100 microsegundos a partir de interrupções que ocorrem nesse mesmo intervalo de tempo (10KHz). Esse período define portanto a resolução de todos os eventos temporais controlados pela biblioteca.

Sobre motores de passo

A velocidade de giro dos motores de passo é dada pela fórmula: $t = npv / 600000 / rpm$, onde “npv” é o número de passos por volta do motor; “rpm” é a rotação por minuto desejada e “t” é o tempo de espera entre cada passo do motor, dado em centenas de microsegundos, ou seja, o número de interrupções que deve ocorrer entre cada passo do motor. Assim, a exatidão da RPM do motor de passo será quanto mais precisa quanto mais baixa for a velocidade desejada.

Sobre motores DC

A velocidade de giro dos motores DC é dada pela porcentagem de tempo em nível alto do sinal PWM gerado para este fim, variando de 0% (motor parado) a 100% (motor girando na velocidade máxima).

O tempo que o motor permanecerá girando é dado em milisegundos, o qual é mantido com precisão absoluta, uma vez que o controle temporal é feito pela rotina de interrupção, a qual ocorre a cada 100 microsegundos.

Sobre o beep sonoro e o led

O tempo de duração de cada beep e o tempo de pausa entre eles, assim como o tempo de duração de cada piscada (led aceso) e o tempo de pausa entre as piscadas (led apagado) são informados em milisegundos, os quais são igualmente mantidos com precisão absoluta, uma vez que o controle temporal é feito pela rotina de interrupção, a qual ocorre a cada 100 microsegundos.

Sobre o acesso a contagem de tempo

O acesso a contagem de tempo de forma assíncrona (não bloqueante) é feita pelas funções setms e getms, usadas como alternativa para a função “delay”. As funções setms e getms utilizam milisegundos como unidade, sendo portanto igualmente precisas pela mesma razão já citada.

Exemplos de utilização da biblioteca

No início do programa:

```
#include < motbepled.h>
motbepled x(2);
```

na sessão do setup:

```
x.begin();
```

**//movimenta o motor de passo (conectado em CN1), tipo 28BYJ-48,
//velocidade 3 RPM, sentido horário, 2048 passos:**

//função principal:

```
x.runStep(0, 2048, 3, true);
```

//o motor começa a se movimentar imediatamente após a função runStep ser chamada

//para saber se o motor de passo já chegou ao destino, fazer

```
if (x.stepstogo(0)>0) {ainda não chegou ao destino. Está em movimento...};
```

//a qualquer momento o movimento do motor de passo pode ser interrompido

```
x.stopStep(0);
```

//movimenta o motor DC n.1,

//velocidade 75%, sentido anti-horário, durante 15segundos:

//função principal:

```
x.runDC(1, 15000, 75, false);
```

//o motor começa a se movimentar imediatamente após a função runDC ser executada

//para saber se o motor DC nº1 ainda está girando ou já esta parado, fazer

```
if (x.timetogo(1)>0) {ainda não terminou o último comando runDC. Está em movimento...};
```

//a qualquer momento o movimento do motor DC n.1 pode ser interrompido

```
x.stopDC(1);
```

//emite 10 beeps de 2KHz de 0,5s com pausa interbeeps de 0,25s:

//função principal:

```
x.beep(10, 500, 2000, 250);
```

//os beeps começam a ser emitidos imediatamente após a função beep ser chamada

//a qualquer momento a emissão dos beeps sonoros pode ser interrompida

```
x.stopBeep();
```

//pisca o Led 50 vezes com 0,25s aceso seguido de 0,10s apagado:

```
//função principal:  
x.led(50, 250, 100);  
//o led começa a piscar imediatamente após a função led ser chamada  
//a qualquer momento as piscadas do Led podem ser interrompidas  
x.stopLed();
```

//contagem de 4 segundos, de forma assíncrona:

```
//função principal:  
x.setms(4000);  
while (x.getms()>0){enquanto espera 4s, pode fazer coisas...}  
//a variável x.xms começa a ser decrementada imediatamente após ter sido inicializada
```

O diretório “examples” da biblioteca motbepled contém diversos exemplos de programas, das mais variadas aplicações, como: movimentação de motores, emissão de beeps, acesso a redes WiFi, servidor web, e muitas outras.

IMPORTANTE: Antes da execução de qualquer um dos exemplos, deve-se conferir e alterar quando necessário o tipo e a pinagem dos motores, beep e Led atribuída pelos comandos motbepled, pinsStep, pinsDC, pinBeep e pinLed, para que correspondam fielmente ao hardware utilizado
