

Vitor Amadeu Souza

Desenvolvimento de Projetos na

# Raspberry

# Pi

Programado em Lazarus

Volume único

© 2017 by Cerne Tecnologia e Treinamento Ltda.

© 2017 by Vitor Amadeu Souza

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida sem autorização prévia e escrita de **Cerne Tecnologia e Treinamento Ltda.**

Este livro publica nomes comerciais e marcas registradas de produtos pertencentes a diversas companhias. O editor utiliza as marcas somente para fins editoriais e em benefício dos proprietários das marcas, sem nenhuma intenção de atingir seus direitos.

**Setembro de 2017**

Direitos reservados por:

Cerne Tecnologia e Treinamento Ltda

*Produção: Cerne Tecnologia e Treinamento*

*E-mail da Empresa: cerne@cerne-tec.com.br*

*Home Page: www.cerne-tec.com.br.com.br*

*Atendimento ao Consumidor: sac@cerne-tec.com.br*

*Contato com o Autor: vitor@cerne-tec.com.br*



**FEITO NO BRASIL**

## **Dedicatória**

Como nos meus outros livros, dedico este livro a minha querida esposa Renata Leal.

***“Não podemos pensar em duas coisas ao mesmo tempo.”***

**Blaise Pascal**

## Kits Didáticos e Gravadores da Cerne Tecnologia

A Cerne tecnologia têm uma linha completa de aprendizado para os RASPBERRYes da família PIC, 8051, Holtek, dsPIC, RASPBERRY, RASPBERRY, etc. Veja os detalhes de um de nossos kits.



### Kit Cerne Arduino

- Microcontrolador ATMEGA8;
- Comunicação serial RS232;
- Alimentação de 12V;
- Pinos de I/O;
- Gravação ICSP.

Uma linha completa de componentes para o desenvolvimento de seus projetos eletrônicos como displays, PICs, botões, leds, cristais e etc. Visite a nossa página na Internet, no endereço [www.cerne-tec.com.br](http://www.cerne-tec.com.br) e conheça melhor nossos serviços e produtos.



[www.cerne-tec.com.br](http://www.cerne-tec.com.br)

# Sumário

<b>01. Metodologia de desenvolvimento</b>	<b>6</b>
<b>02. Controle de potência de motor AC</b>	<b>7</b>
<b>03. Dado eletrônico</b>	<b>32</b>
<b>04. Motor de passo</b>	<b>41</b>
<b>05. Minuteria</b>	<b>55</b>
<b>06. Semáforo</b>	<b>59</b>
<b>07. Controle de ônibus</b>	<b>64</b>
<b>08. Display LCD</b>	<b>68</b>
<b>09. Potenciômetro digital</b>	<b>77</b>
<b>10. Comunicação PS2</b>	<b>82</b>
<b>11. RFID</b>	<b>92</b>
<b>12. Expansão de saídas com shift register</b>	<b>102</b>
<b>13. Partida de motor AC</b>	<b>117</b>
<b>14. Comunicação com DDS AD9835</b>	<b>173</b>
<b>15. Detecção de DTMF</b>	<b>192</b>
<b>16. Analisador lógico</b>	<b>207</b>
<b>17. Comunicando com ADC externo</b>	<b>218</b>
<b>18. Expandindo o número de entradas com shift register</b>	<b>233</b>
<b>19. Varredura de displays de 7 segmentos</b>	<b>242</b>
<b>20. SGA</b>	<b>253</b>

# Capítulo 1

## Metodologia de desenvolvimento

### 1. Introdução

Esta literatura é uma continuação da obra *Aplicações eletrônicas na Raspberry Pi Zero – Programado em Lazarus* (2017) do mesmo autor e editora, onde outros exemplos são explorados de modo que o leitor possa ampliar seu embasamento teórico e prático para desenvolver mais aplicações nesta ferramenta. É importante que o leitor tenha ciência dos assuntos abordados nesta obra citada, para que haja um melhor aproveitamento do conteúdo a ser apresentado.

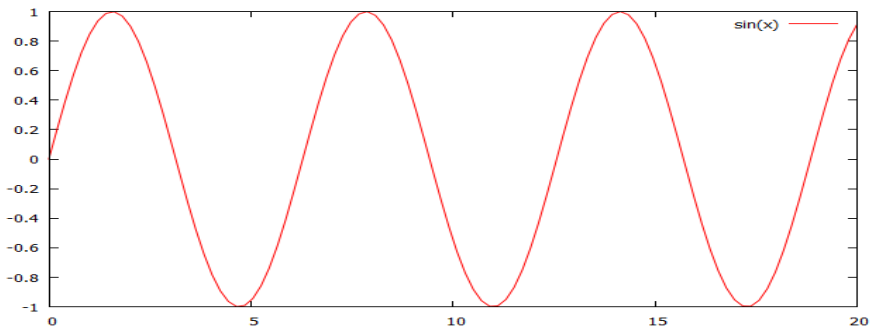
A placa didática utilizada é a Raspberry Pi 3, onde os recursos para testar os circuitos propostos são conectados através das conexões disponíveis na lateral do kit. Tal kit está à venda no site [www.cerne-tec.com.br](http://www.cerne-tec.com.br).

# Capítulo 2

## Controle de potência de motor AC

### 1. Fundamentos

A corrente alternada ou CA (em inglês AC - Alternating Current) é uma corrente elétrica cuja magnitude e direção da corrente variam ciclicamente, ao contrário da corrente contínua, cuja direção permanece constante e que possui pólos positivo e negativo definidos. A forma de onda usual em um circuito de potência CA é senoidal por ser a forma de transmissão de energia mais eficiente. Entretanto, em certas aplicações, diferentes formas de ondas são utilizadas tais como triangular ou ondas quadradas. A seguir está apresentado um exemplo de onda senoidal.



Este tópico mostra como utilizar o RASPBERRY para realizar o controle de potência do motor AC. Para isso, apresenta o hardware utilizado para disparar o TRIAC assim como verificar o sincronismo com a rede. De modo prático, será elaborado um exemplo para tratar o controle de potência utilizando botões. No decorrer da obra também é apresentado um esquema elétrico onde o leitor poderá montar o hardware básico para simular o funcionamento do controle de motor AC de no máximo 3/4 HP, já que o hardware proposto possui tal característica.

**Obs:** *Faça todos os testes utilizando um transformador isolador entre a rede elétrica e o esquema apresentado. Use óculos de proteção e nunca deixe de usar os fusíveis de proteção, disjuntor e todos os elementos pertinentes para sua segurança. O motor utilizado deve ser de baixa potência pelo dimensionamento dos TRIACs, no máximo 8 A por fase.*

## **2. História da corrente alternada**

A corrente alternada surgiu quando Nikola Tesla foi contratado por J. Westinghouse para construir uma linha de transmissão entre Niágara e Búfalo, em NY. Thomas Edison fez o possível para

desacreditar Tesla, mas o sistema polifásico de Tesla foi adotado. A Corrente Alternada é a forma mais eficaz de se transmitir uma corrente elétrica por longas distâncias. Nela os elétrons invertem o seu sentido várias vezes por segundo.

Na primeira metade do século XX havia sistemas de Corrente Alternada de 25 Hz no Canadá (Ontário) e no norte dos EUA. Em alguns casos alguns destes sistemas (por exemplo, nas quedas de Niágara) perduram até hoje por conveniência das fabricas industriais que não tinham interesse em trocar o equipamento para que operasse a 60 Hz. As baixas frequências facilitam construção de motores de baixa rotação.

Há também sistemas de 16,67 Hz em ferrovias da Europa (Suíça e Suécia).

Sistemas AC de 400 Hz são usados na indústria têxtil, aviões, navios, espaçonaves e em grandes computadores.

No Brasil a variação (frequência) da rede elétrica é de 60Hz. Na América do Sul, além do Brasil, também usam 60Hz o Equador, Peru, Venezuela e a Colômbia. Em outros países, por exemplo, a Argentina, a Bolívia, o Chile e o Paraguai, bem como na Europa é usada a frequência de 50Hz.

A Corrente Alternada foi adotada para transmissão de energia elétrica a longas distâncias devido à facilidade relativa que esta apresenta para ter o valor de sua tensão alterada por intermédio de transformadores. No entanto as primeiras experiências e transmissões foram feitas com Corrente contínua (CC ou, em inglês, DC).

### 3. Função da tensão AC

Correntes alternadas são usualmente associadas com tensões alternadas. Uma tensão CA senoidal  $v$  pode ser descrita matematicamente como uma função do tempo, pela seguinte equação:

$$v(t) = A \sin(\omega t)$$

Onde:

$A$  é a *amplitude* em volts (também chamada de *tensão de pico*),

$\omega$  é a frequência angular em radianos por segundo, e

$t$  é o tempo em segundos.

Como frequência angular possui difícil compreensão prática, esta fórmula é comumente rescrita da seguinte forma:

$$v(t) = A \sin(2\pi ft)$$

Onde  $f$  é a frequência em hertz.

O valor de pico-a-pico de uma tensão alternada é definida como a diferença entre seu pico positivo e seu pico negativo. Desde o valor máximo de seno ( $x$ ) que é  $+1$  e o valor mínimo que é  $-1$ , uma tensão CA oscila entre  $+A$  e  $-A$ . A tensão de pico-a-pico, escrita como  $V_{PP}$ , é, portanto  $(+A) - (-A) = 2 \times A$ .

Geralmente a tensão CA é dada quase sempre em seu valor eficaz, que é o valor quadrático médio desse sinal elétrico (em inglês é chamado de *root mean square* ou **rms**), sendo escrita como  $V_{ef}$  (ou  $V_{rms}$ ). Para uma tensão senoidal:

$$V_{ef} = V_{RMS} = \frac{A\sqrt{2}}{2} \text{ ou } V_{ef} = V_{RMS} = A \cdot 0,707$$

O valor de  $V_{ef}$  ou  $V_{RMS}$  é útil no cálculo da potência consumida por uma carga. Se a tensão CC de  $V_{CC}$  transfere certa potência  $P$  para a carga dada, então uma tensão CA de  $V_{ef}$  irá entregar a mesma potência média  $P$  para a mesma carga se  $V_{ef} = V_{CC}$ . Por este motivo, RMS é o modo normal de medição de tensão em sistemas de potência.

Para ilustrar estes conceitos, considere a tensão de 220V AC usada em alguns estados brasileiros. Ela é assim chamada porque seu valor eficaz (RMS) é, em condições normais, de 220V. Isto quer dizer que ela tem o mesmo efeito joule, para uma carga resistiva, que uma tensão de 220V<sub>CC</sub>. Para encontrar a tensão de pico (amplitude), podemos modificar a equação acima para:

$$V_P = V_{RMS} \sqrt{2} \text{ ou } V_P = V_{EF} \sqrt{2}$$

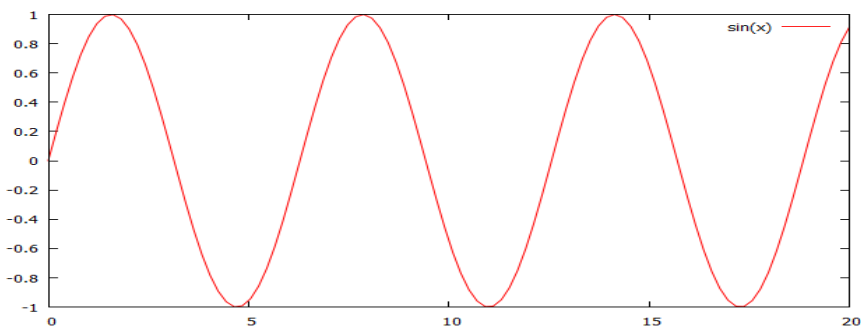
Para 220 V<sub>CA</sub>, a tensão de pico  $V_P$  ou  $A$  é, portanto,  $V_P = 220 \cdot \sqrt{2} = 311V$  (aprox.). O valor de pico-a-pico  $V_{p-p}$  de 220V CA é ainda mais alta:  $2 \cdot 220 \cdot \sqrt{2} = 622V$  (aprox.)

Note que para tensões não senoidais, temos diferentes relações entre seu pico de magnitude valor eficaz. Isso é de fundamental importância ao se trabalhar com elementos do circuito não lineares que produzem correntes harmônicas, como retificadores.

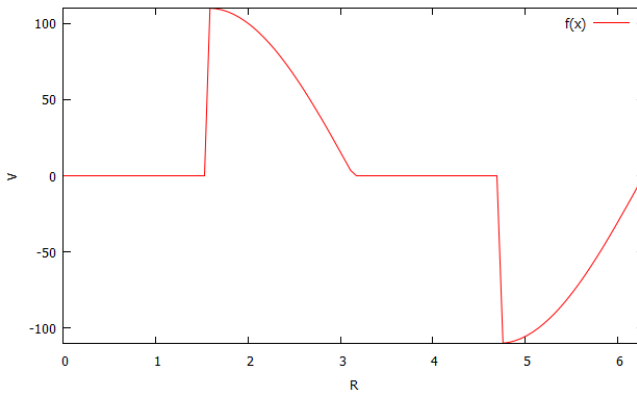
#### **4. Técnica de controle de ângulo de disparo**

A técnica de controle de ângulo de disparo consiste em controlar o ponto de início de uma senoide. Por exemplo, suponha

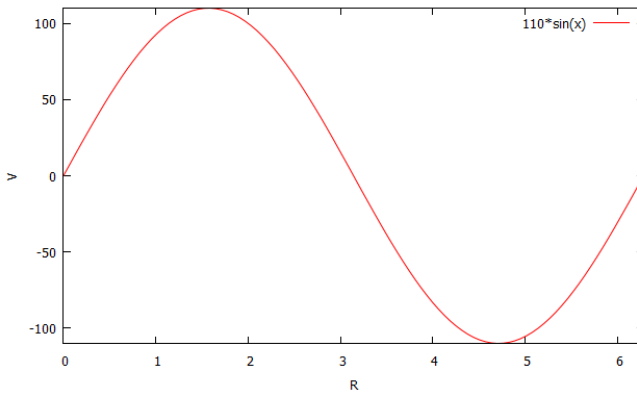
que está sendo utilizado uma rede de  $110V_{AC}$  RMS a 60Hz. Cada período terá o tempo definido por  $T=1/F$  e desta forma tem-se o tempo de aproximadamente 16ms sabendo que  $1/60$  é igual a este valor. Observe por exemplo, a senóide apresentada abaixo:



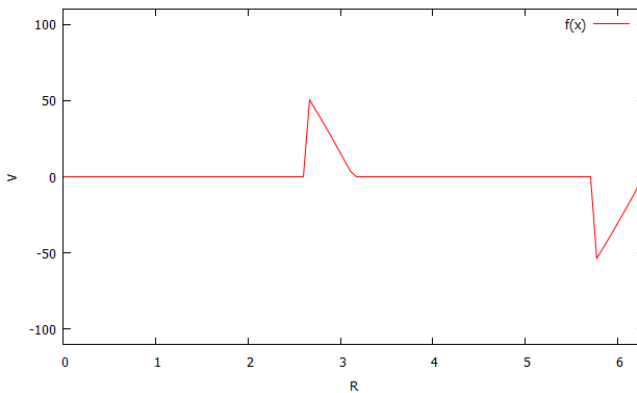
Se, por exemplo, esta fase estiver em uma carga como um resistor, o efeito será como se estivéssemos aplicando uma tensão DC de 110V na mesma. Porém se, por exemplo, controlarmos o início desta onda, poderá alterar assim a potência fornecida a carga, e no caso de um resistor, irá diminuir o seu aquecimento, no caso de uma lâmpada a sua luminosidade e no caso de um ventilador, a sua rotação (considere todas as cargas lineares). Observe um exemplo na figura abaixo, onde neste caso a tensão rms já não é mais 110V e sim 55V:



Observe que neste caso, 50% de cada semi-ciclo da senóide fica ativado. Nesta situação do ângulo de  $90^\circ$  até  $180^\circ$  para o primeiro semi-ciclo e de  $270^\circ$  a  $360^\circ$  para o segundo. Note que através desta técnica é possível controlar a potência de uma carga AC através do RASPBERRY. No exemplo a seguir, toda a onda fica ativa no período, onde teremos neste caso potência plena na carga.



Já no próximo exemplo temos uma potência muito pequena sendo aplicada a carga, já que a mesma tem partida no ângulo de  $120^\circ$  e  $300^\circ$ , gerando assim uma pequena tensão RMS.

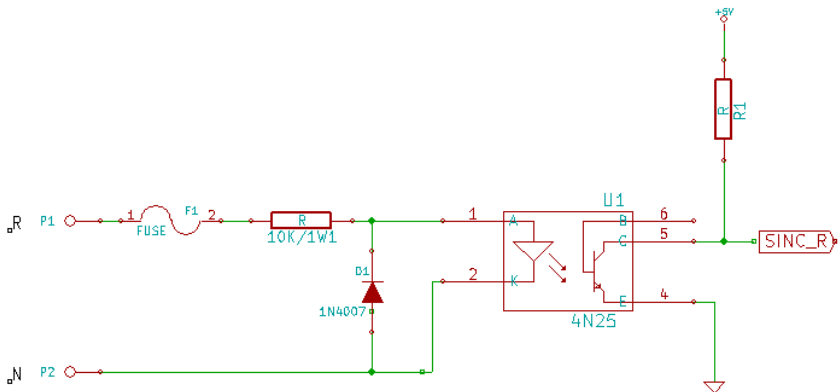


O mesmo conceito apresentado para uma fase será usado para controlar um motor AC monofásico, pois sua potência, ou seja, seu

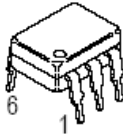
torque e velocidade são proporcionais a tensão RMS aplicada ao mesmo.

## 5. Hardware de controle de ângulo de disparo

Observe que para fazer este controle, é necessário detectar o início da senóide, de forma a controlar o seu ângulo de disparo. Para isso, utiliza-se o CI 4N25, para que ao iniciar uma senóide, o mesmo seja alimentado e assim possa informar ao RASPBERRY o início e através de temporizações o mesmo possa controlar em que ponto aciona o TRIAC e conseqüentemente controla a potência de uma carga externa. Observe como está projetado este circuito, que é chamado de circuito de sincronismo:

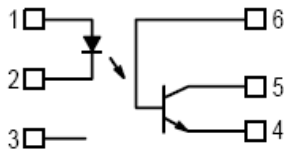


A pinagem do 4N25 está apresentada a seguir:



**STANDARD THRU HOLE**

**SCHEMATIC**

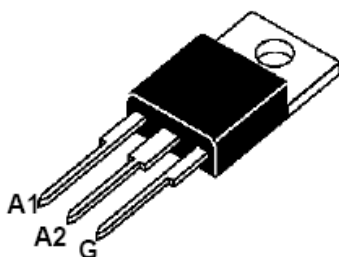
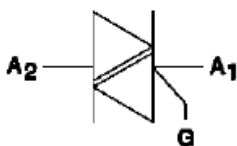


- PIN 1. LED ANODE
- 2. LED CATHODE
- 3. N.C.
- 4. EMITTER
- 5. COLLECTOR
- 6. BASE

A saída de sincronismo (SINC\_R) é acionada no início do ciclo da senóide e este pino conectado a um pino de entrada do RASPBERRY, permitindo a este detectar o início da senóide.

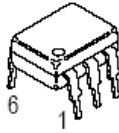
## 6. Conhecendo o MOC3023 e o BTA08

Para acionar cada uma das saídas é usado um fotodiac chamado MOC3023 e o TRIAC BTA08 que pode alimentar uma carga de até 8A. Observe abaixo a pinagem do TRIAC e do foto diac.



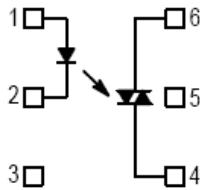
TO220AB  
(Plastic)

**STYLE 6 PLASTIC**



**STANDARD THRU HOLE  
CASE 730A-04**

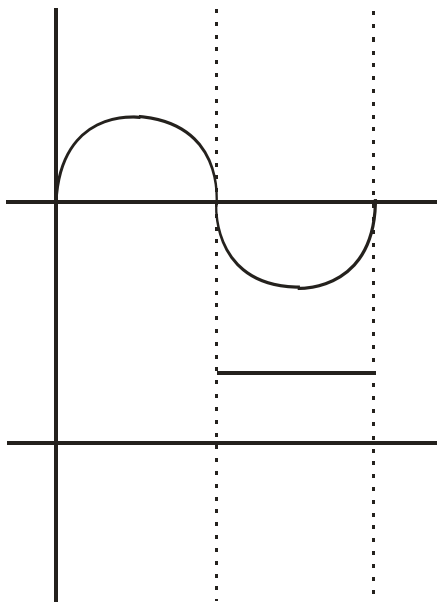
**SCHEMATIC**



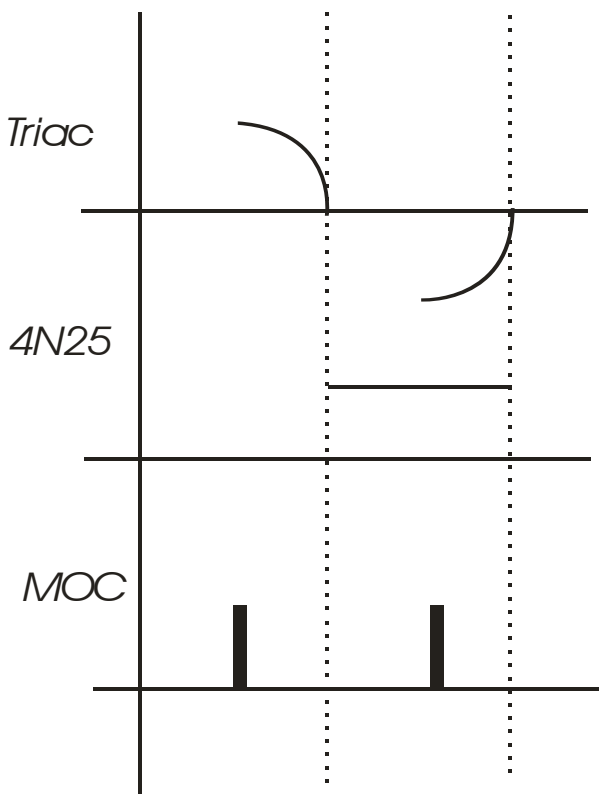
1. ANODE
2. CATHODE
3. NC
4. MAIN TERMINAL
5. SUBSTRATE  
DO NOT CONNECT
6. MAIN TERMINAL

A lógica implementada permite ao RASPBERRY detectar sincronismo e assim aguarde um tempo dependendo da potência a ser aplicada a carga.

Suponha, por exemplo, que deseja-se colocar a potência máxima, neste caso o ciclo completo. Imediatamente após receber o pulso de sincronismo o programa deve acionar o MOC, permitindo que o TRIAC venha a conduzir o ciclo completo da senóide. Se, por exemplo, o objetivo fosse deixar a tensão RMS em 50%, então deve-se aguardar 4ms (já que o semiciclo tem 8 ms) e passado estes 4ms, acionar o MOC. Mesma ideia é válida para o semiciclo seguinte. Observe o seguinte resultado na saída do 4N25 de acordo com o semiciclo:



Desta forma, a saída SINC fica em nível baixo quando o semiciclo for positivo (a lógica é invertida mesmo, pois a saída do 4N25 é um coletor aberto e quando o mesmo conduz, a saída fica aterrada) e alto no semiciclo negativo. Se quiser deixar a carga com uma tensão RMS de 50% conforme abordado tem-se então a seguintes cartas de tempo:



Observe que após receber o pulso de sincronismo, o sistema aguarda o tempo de acordo com a potência desejada e logo em seguida, gera um pulso na saída do MOC, de forma a acionar o mesmo (pulso típico de 1ms). A partir deste momento, o TRIAC passa a conduzir até que chegue ao final do semiciclo, onde o mesmo volta a ficar no estado de corte.

## 7. Controle de potência de motor AC

O objetivo deste capítulo é demonstrar o uso do controle de ângulo de disparo para a fase que alimenta o motor AC, controlando assim sua velocidade, potência e torque. A ideia é usar quatro botões conectados ao RASPBERRY para gerar tempos diferentes de disparo e assim alterar a potência fornecida à carga. A temporização é estipulada de acordo com a tabela a seguir:

Botão	Pino	Tempo
1	GPIO14	4 ms
2	GPIO15	5 ms
3	GPIO16	6 ms
4	GPIO23	7 ms

A contagem de tempo inicia no momento em que for detectado o início da senóide através do pulso de sincronismo e depende de

qual botão estiver pressionado naquele instante. Por exemplo, no momento em que for detectado o início de uma senóide será verificado imediatamente se há algum botão pressionado. Havendo, em seguida aguarda-se um tempo de acordo com o botão e liga-se a saída do MOC de modo que ele ative o TRIAC e assim forneça a esta saída à potência requerida de acordo com o intervalo de tempo configurado.

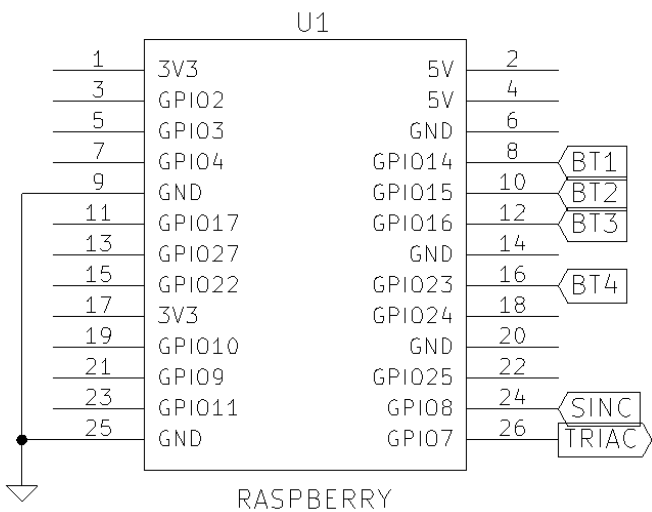
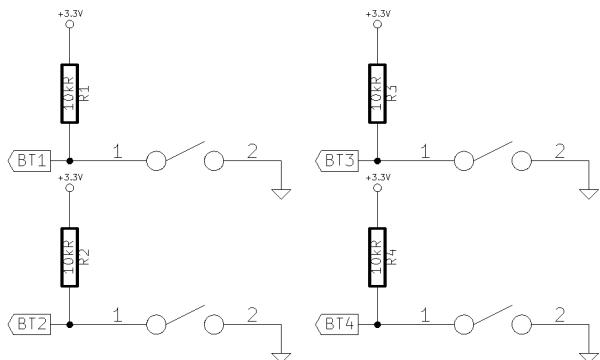
Observe a seguir o esquema elétrico proposto para este exemplo. Inicialmente, recomenda-se que seja testado com uma lâmpada incandescente conectada na saída AC, onde se observa que a intensidade da carga (lâmpada) altera de acordo com o botão. Se nenhum botão estiver pressionado a saída fica desligada. Se o botão do pino GPIO14 estiver pressionado, é observado na saída 50% da tensão RMS, já cada semiciclo é acionado em sua metade, pois o disparo ocorre no instante 4 ms (observe que cada semiciclo possui intervalo de 8 ms). Mesma ideia para os botões conectados as entradas GPIO15, GPIO16 e GPIO23, onde o segundo botão proporciona 37,5% da tensão RMS já que o semiciclo é acionado 5 ms após o seu início. O botão conectado ao pino GPIO16 proporciona 25% da tensão RMS, já que o acionamento do TRIAC é feito 6 ms

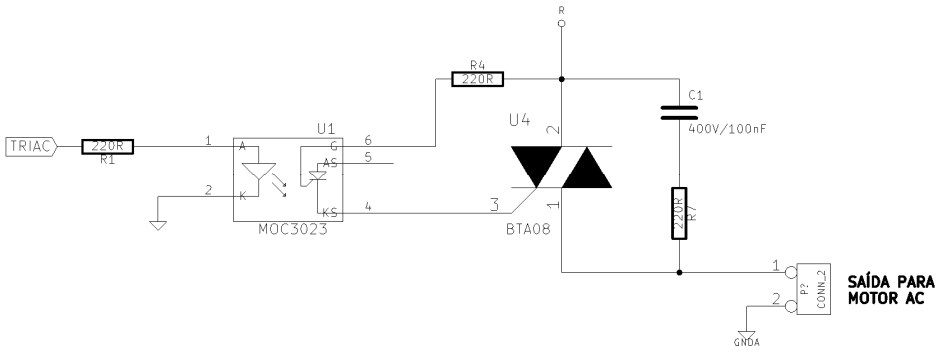
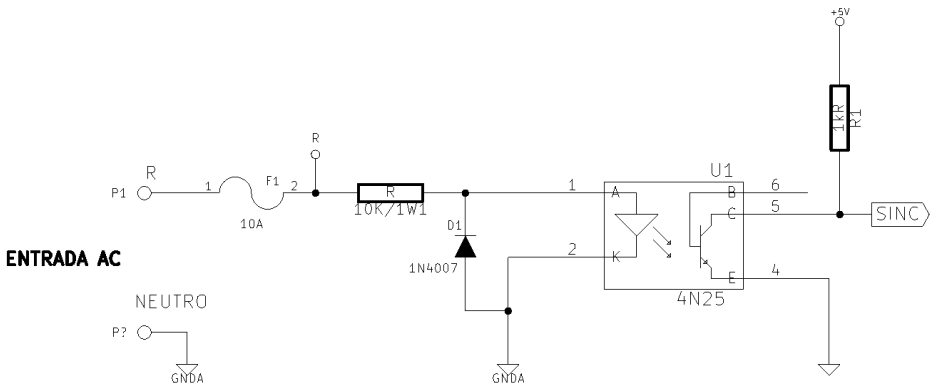
após o início do semiciclo e finalmente o último botão proporciona 12,5 % da tensão RMS.

Note que dependendo do motor, talvez o mesmo não consiga vencer a inércia ou fornecer o torque necessário para partir, sendo necessário neste caso alterar a configuração de tempo. Todavia, usando inicialmente lâmpadas como carga será possível observar este efeito.

## **8. Esquema elétrico**

O esquema elétrico para este exemplo está apresentado a seguir. Note que há o circuito de sincronismo na fase que alimenta o motor assim como o TRIAC para seu controle. O TRIAC pode suportar correntes de até 8 A usando dissipadores. Pode ser interessante após o motor atingir pleno funcionamento, chavear a carga através de uma contatora e retirar o TRIAC como passagem de corrente, o que faz que ele aqueça menos.





## 9. Fluxograma

O fluxograma está apresentado a seguir.

