

Transistor - Substituto ou equivalente



Número 36
sep/out 2026

revista INCBELETRÔNICA

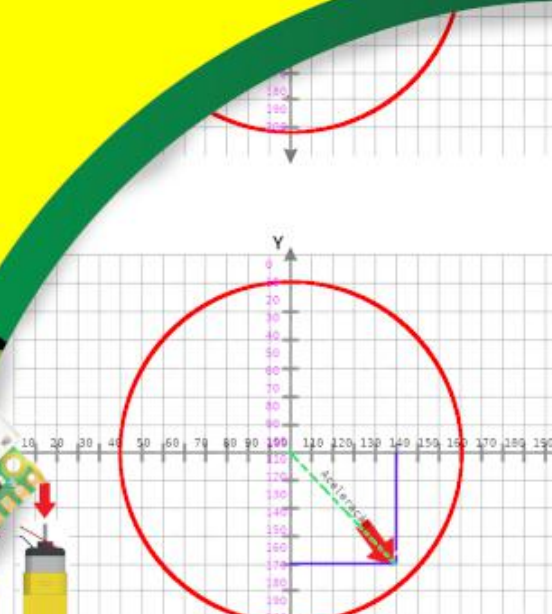


**Controle vetorial
dos Motores
sem Escova (BLDC)**

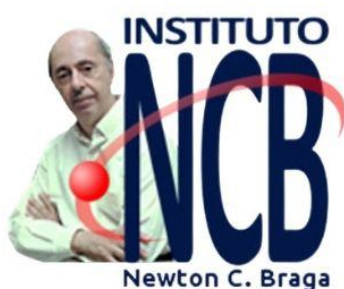
**Usos diferentes para
transformadores**

**Controle de motores
com joystick virtual**

**Como Funcionam
os Sensores XRF**



Estamos levando a você mais uma edição da Revista INCB Eletrônica. Esta edição 36 que representam 6 anos de atividades de nossa equipe, sempre levando até você leitor, o que há de mais recente, mais importante em termos de eletrônica tanto na forma de artigos teóricos como práticos. Estamos constantemente procurando inovar e não apenas isso, atender seus interesses quer seja você um estudante, maker, profissional, professor ou desenvolvedor. Nesta edição temos mais uma seleção de artigos destacando-se para a parte prática o projeto de um controle de motores com joystick virtual. Na parte teórica temos o princípio de funcionamento dos sensores XRF que certamente estarão sendo utilizados na exploração de terras tanto aqui na terra como na lua e em outros lugares em que elas possam estar presentes. Temos também artigos sobre o funcionamento do TVS e usos diferentes dos transformadores. Enfim, mais uma edição para sua biblioteca de estudos e consulta que levamos até você gratuitamente. Tenha uma boa leitura. Boa leitura e, se tiver qualquer dúvida ou desejar dar sua contribuição é só nos escrever.



Newton C. Braga

EXPEDIENTE

Revista INCB Eletrônica
Revista do Instituto
Newton C. Braga
Ano 6 - Edição nº 36 -
2026

Editor Administrativo
Newton C. Braga (CEO)

Produção
Renato Paiotti

Produção Gráfica
Eng. Vander da Silva
Gonçalves

Atendimento ao leitor
leitor@newtoncbraga.com.
br

Atendimento ao cliente
publicidade@newtoncbraga.com.br

Jornalista Responsável
Marcelo Lima Braga
MTB 0064610SP

Colaboradores
Newton C. Braga
Renato Paiotti
Alexandre José Nário

*Não é permitida a
reprodução das matérias
publicadas sem prévia
autorização dos editores.
Não nos
responsabilizamos pelo
uso indevido do conteúdo
de nossos artigos ou
projetos.*

ÍNDICE

Nº 36 SETEMBRO/OUTUBRO - 2026

**4 - CONTROLE DE MOTORES COM
JOYSTICK VIRTUAL**

**12 - USOS DIFERENTES PARA
TRANSFORADORES**

20 - COMPONENTES EM DESTAQUE

**30 - TRANSISTOR - SUBSTITUTO OU
EQUIVALENTE**

**36 - CONHEÇA OS TVS - TRANSIENT
VOLTEGE SUPPRESSOR**

44 - COMO FUNCIONAM

SENSORES XRF

**54 - TM320F28002X MICROCONTROLADOR
EM TEMPO REAL**

**60 - COMO FUNCIONA O CONTROLE
VETORIAL DOS MOTORES SEM ESCOVA
(BLDC)**

ENEM

26 - CONCURSOS

70 - SERVICE



Controle de Motores com Joystick Virtual

Renato Paiotti

Neste artigo apresento uma ideia de um funcionamento básico de um joystick virtual no controle de dois motores, muito utilizado na construção de pequenos robôs de combates, mas útil para diversos tipos de controles que necessitam de duas ou três variáveis.

Utilizei neste projeto uma Pi Pico 2W, pois é necessário uma conexão Bluetooth para conectar o aplicativo com a Raspberry Pi Pico. O módulo de controle dos motores eu utilizei o L298N e os motores o comum chamado de “amarelinho”. Todo o sistema é alimentado por 4 pilhas de 1,5 V como apresentado na **figura 1**.

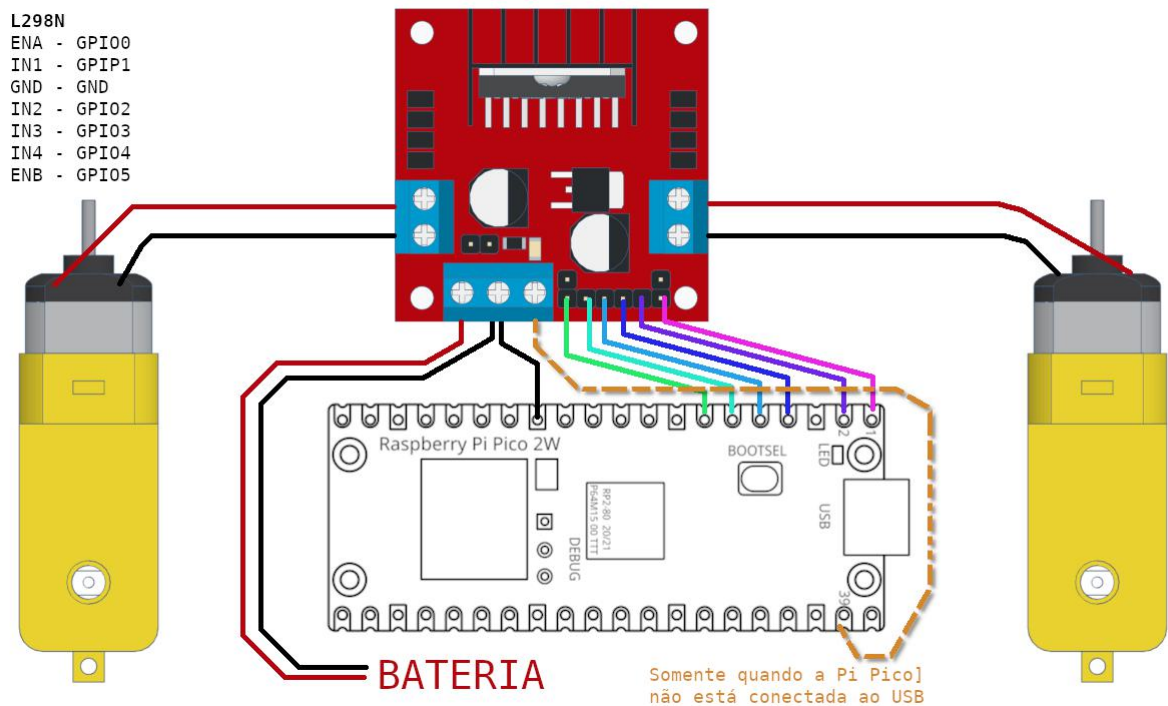


Figura 1 - Esquema elétrico da montagem.

O Aplicativo

Para a criação do aplicativo, utilizei o App Inventor que é gratuito e simples de usar, sem a necessidade de digitar as linhas de código, pois o mesmo utiliza o recurso de blocos. A maior carga de processamento fica a encargo do microcontrolador da Pi Pico 2W.

Como o intuito aqui é apresentar a lógica do joystick virtual, pularei a parte da conexão entre o aplicativo e a Pi Pico 2W, mas deixo um link para um vídeo onde mostro o passo a passo para realizar esta conexão. Explicando de forma geral, na parte onde configuramos a tela e puxamos os elementos necessários, puxei para a tela dois elementos para a tela.

O primeiro é um item chamado “pintura”, pois sobre esta área é que colocaremos outro elemento chamado “Bola”. A “Bola” tem que deslizar sobre a “Pintura”, e dentro dela é estipulado os limites onde a “Bola” irá correr. Para facilitar os nossos cálculos, vamos estipular a “Altura” e a “Largura” da área, colocando 200 pixels para cada lado, assim teremos um centro de 100 pixels até o centro deste quadrado, mas caso a aplicação precise de mais área, é só converter esta área em porcentagem. O elemento “Bola”, para ficar no centro da imagem que tem 200 pixels de largura e altura, colocamos a posição de 95 x 95 pixels, levando em conta que ela tem 10 pixels. Na **figura 2** temos a aparência destes elementos.

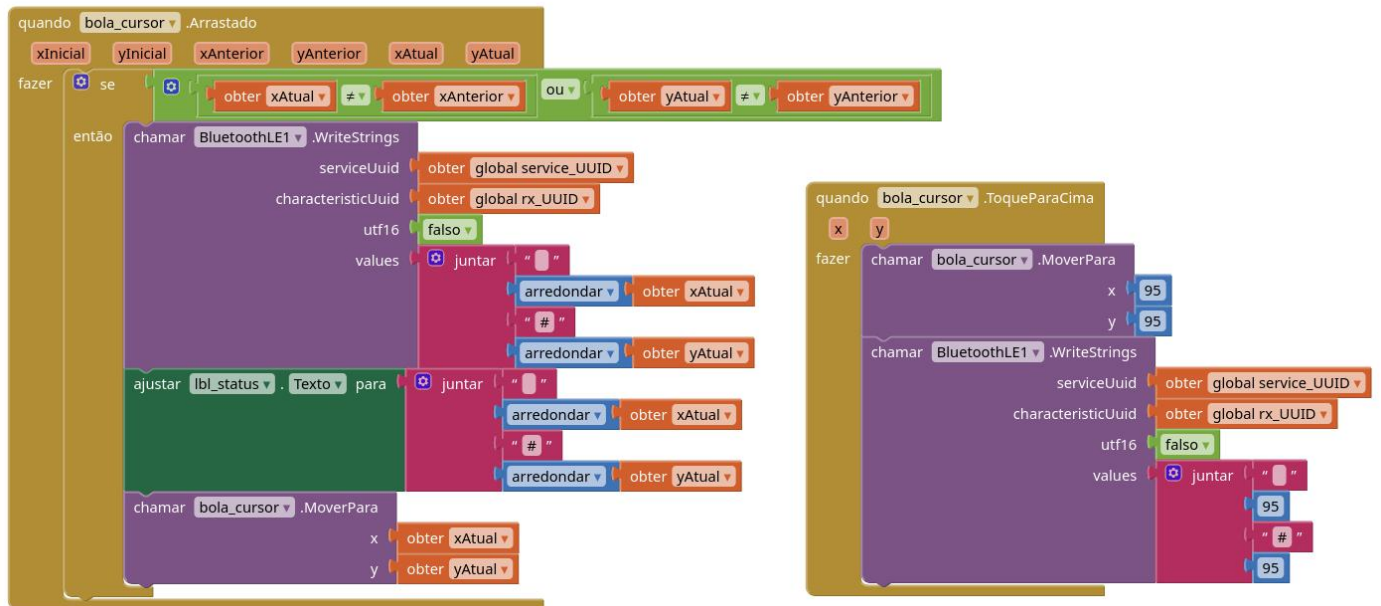


Figura 3 - Os blocos utilizados.

A Lógica do Joystick

Imagine um plano cartesiano de X e Y, o Y temos o movimento de andar para frente e para trás, e o eixo X o movimento para direita e esquerda. Você pode saber em qual “quadrante” o curso r, ou o elemento “Bola” está neste plano cartesiano, e assim mover os motores da forma correta, levando o robô para o local sentido certo, mas é preciso saber a aceleração correta, ou seja, quanto mais para as bordas o usuário leva o elemento “Bola”, maior deverá ser a aceleração, quando mais ao centro este elemento estiver, menor deverá ser a aceleração. Se pensarmos que a aceleração depende da distância que o cursor se encontra do centro do plano cartesiano, temos que calcular a tangente de um triângulo, como podemos ver na **figura 4**.

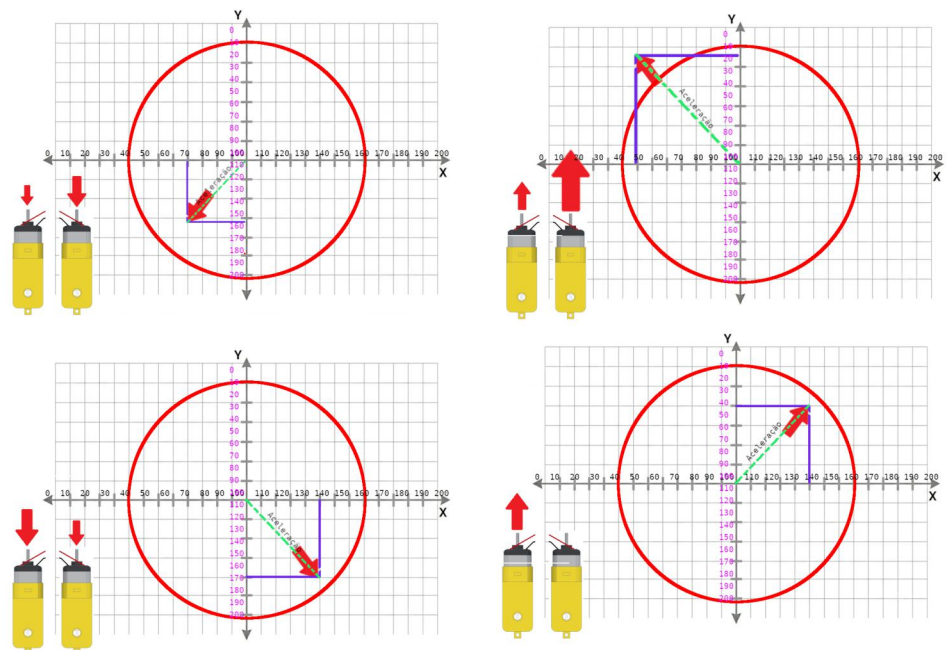


Figura 4 - Calculando a tangente baseado nos pontos X e Y.

O Programa

Abaixo deixo o código fonte utilizado, com os comentários das linhas importantes, mas fazendo um resumo, criei duas variáveis “ondeD” e “ondeE”, onde calculo o tamanho da tangente e descubro quantos por cento é de 141, o tamanho máximo da tangente quando X e Y alcançam só extremos do elemento “Pintura”. Limitei a potência dos motores nas variáveis “Vmax” e “Vmin”, baseado nos testes que fiz nos motores que tinha em mãos, e criei mais duas variáveis para corrigir eventual diferença de potência entre os motores.

Feito estes cálculos, basta saber se o robô vai para frente ou para trás e aplicar a potência calculada.

```
-----  
# Importando as bibliotecas  
from machine import Pin, PWM  
from L298N_motor import L298N  
import bluetooth  
from ble_simple_peripheral import BLESimplePeripheral  
import time  
import math  
  
#Configurando os pinos  
ena_pin = Pin(0)  
ENA = PWM(ena_pin)  
ENA.freq(1000)  
  
enb_pin = Pin(5)  
ENB = PWM(enb_pin)  
ENB.freq(1000)  
  
IN1 = Pin(1, Pin.OUT)  
IN2 = Pin(2, Pin.OUT)  
IN3 = Pin(3, Pin.OUT)  
IN4 = Pin(4, Pin.OUT)  
  
motor2 = L298N(ENA, IN1, IN2)  
motor1 = L298N(ENB, IN3, IN4)  
  
# Criando um objeto BLE (Bluetooth Low Energy)  
ble = bluetooth.BLE()  
  
# Criando uma instancia da classe BLESimplePeripheral com o Objeto ble  
sp = BLESimplePeripheral(ble, "Mooca")
```

```

def update_traffic(data): # Função principal
    decoded_data = data.decode('utf-8').rstrip("\r\n")
    decoded_data = decoded_data.rstrip("\x00")
    posicao = decoded_data.split("#") # separamos os dados X e Y
    direcao = int(posicao[1])
    lado = int(posicao[0])

    Vmax = 60000      # Definindo valores máximo e mínimo
    Vmin = 45000

    corretorE = 10000 # Corrigindo alguma diferença entre os motores
    corretorD = 10000

    potencia = ((100 * math.sqrt((100-direcao)**2 + (100-lado)**2))/141) / 100

    ondeE = 0 # Variáveis onde colocaremos as potências dos motores
    ondeD = 0

    if lado < 94:      # Analisando o lado e separando as potencias entre os motores
        ondeD = round( Vmin + ((Vmax-Vmin) * potencia) + corretorD )
        if lado > 74:
            ondeE = ondeD
        else:
            ondeE = round( Vmin )
    elif lado > 96:
        ondeE = round( Vmin + ((Vmax-Vmin) * potencia) + corretorE)
        if lado < 116:
            ondeD = ondeE
        else:
            ondeD = round( Vmin )
    else:
        ondeE = Vmin
        ondeD = Vmin

    if direcao < 93:      # analisamos o eixo Y – frente ou ré
        motor1.forward()
        motor2.forward()
        motor1.setSpeed(ondeE)
        motor2.setSpeed(ondeD)
    elif direcao > 97:
        motor = Vmax * potencia
        motor1.backward()
        motor2.backward()
        motor1.setSpeed(ondeE)

```

```

        motor2.setSpeed(ondeD)
        print("traz-> direcao: ", direcao, "motor esq: ", ondeE, " motor dir: ", ondeD, " Motor: ",
motor, " Pot : ", potencia)
    else:
        motor1.stop()
        motor2.stop()
        print("parou-> direcao: ", direcao)

# Define a callback dos dados recebidos
def on_rx(data):
    decoded = data.decode('utf-8').rstrip("\x00")
    print("-----\n Valor recebido: ",decoded) # Mostra no shell o valor recebido
    update_traffic(data)

while True:
    if sp.is_connected(): # Verifica se foi estabelecida a conexão BLE
        sp.on_write(on_rx) # Configura a função callback para a recepção de dados

```

Conclusão

Neste artigo pudemos ver como é possível utilizar o conhecimento matemático para o uso em aplicações práticas. Conheço algumas aplicações existente para download, onde o controle não tem o controle de velocidade, tornando os movimentos dos robôs e carrinhos de combate de forma “seca” e direta. Aqui podemos fazer curvas suaves, sem trancos e assim dar mais mobilidade para os projetos.

Referências

Vídeo de conexão Bluetooth da Pi Pico 2W.

<https://youtu.be/svHZCUBk1NU>

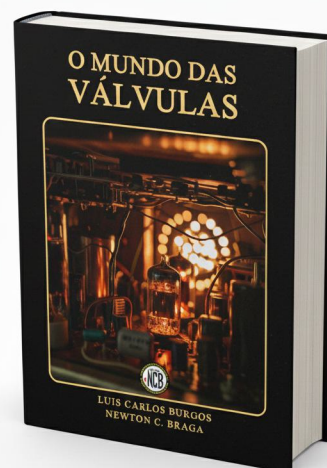
Usando o L298N

<https://newtoncbraga.com.br/microcontroladores/427-raspberry-pi-pico/35743-usando-o-m%C3%B3dulo-l298n-com-a-raspberry-pi-pico-2-rpp002.html>

Literatura Técnica



Linguagem C#
Na prática de verdade
Wagner Rambo



O Mundo das Válvulas
Luis Carlos Burgos e
Newton C. Braga



Para mais livros
acesse nossa seção "**Livros Técnicos**" e
tenha acesso ao nosso catálogo de obras técnicas
acesse: www.newtoncbraga.com.br



Usos Diferentes para Transformadores

Newton C. Braga

O uso comum de um transformador todos conhecem: alterar tensões alternadas ou casar impedâncias. Normalmente, o que todos fazem é empregar tais componentes de forma única, esquecendo-se de que existem alguns usos diferentes que podem ajudar a resolver alguns problemas técnicos de forma muito criativa. Neste artigo descrevemos alguns desses usos.

Os transformadores comuns de alimentação possuem dois enrolamentos:

Um enrolamento é o primário de alta tensão para ser ligado na rede de energia e que pode ter uma tomada ou ainda ser formado por dois enrolamentos diferentes, conforme mostra a **figura 1**.

O outro enrolamento é o secundário de baixa tensão que pode ser único, duplo ou ainda ter derivações ou tomadas conforme mostra a **figura 2**.

Na aplicação normal destes componentes aplicamos a tensão alternada na entrada ou enrolamento primário, conforme seu valor e retiramos do secundário a tensão desejada (nominal) conforme o enrolamento ou derivação, conforme mostra a **figura 3**.

No entanto, o que muitos não sabem é que podemos jogar com as características dos dois enrolamentos e das próprias derivações e com isso obter comportamentos diferentes do normal o que nos leva a algumas aplicações diferenciadas para este tipo de componente.

Analisemos algumas delas.

a) Auto-transformador

O enrolamento primário de um transformador comum com derivação possibilita seu uso como um auto-transformador elevador ou abaixador de tensão.

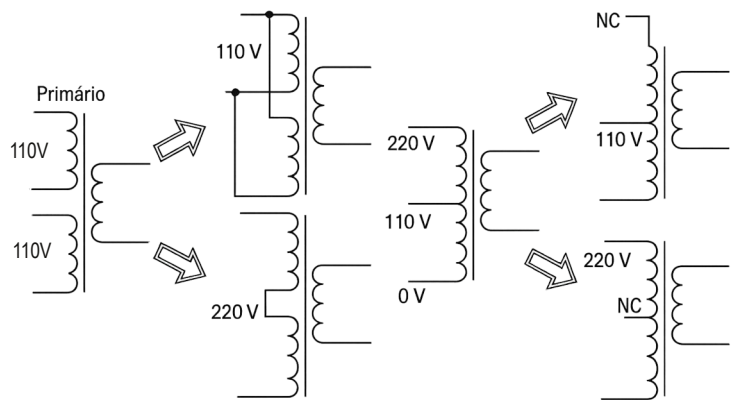


Figura 1

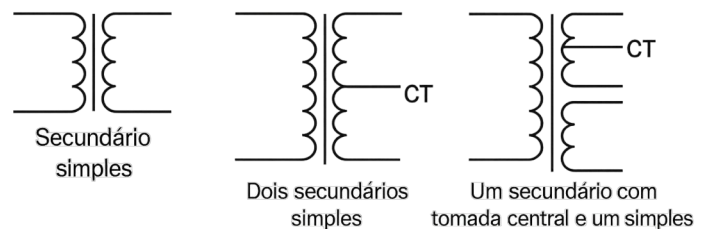


Figura 2

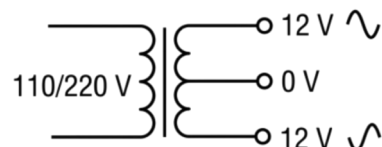


Figura 3

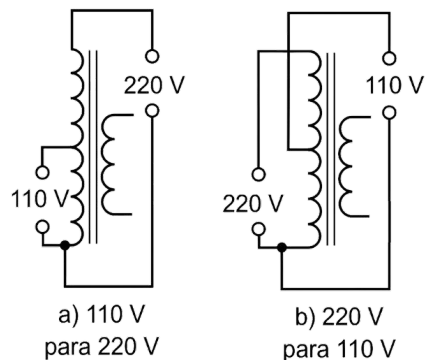


Figura 4

Assim, um transformador com enrolamento de 110/220 V conforme mostra a **figura 4**, tanto pode ser usado para abaixar a tensão da rede de 220 V para 110 V como para aumentar a tensão da rede de 110 V para 220 V.

Na **figura 4(a)** temos o primeiro caso em que usamos o transformador para abaixar a tensão da rede de 220 V, observando que não existe isolamento da rede em relação à carga e que o secundário, não importa de que tensão, fica desligado.

Na **figura 4(b)** temos o uso como elevador de tensão e neste caso também notamos que não existe isolamento da rede de energia e que o secundário permanece desligado.

A potência máxima que o transformador admite neste tipo de aplicação é pequena. Assim, se tivermos um transformador com um secundário de 12 V x 1 A que representa uma carga de 12 W, a carga máxima para o circuito alimentado pelo transformador na aplicação será da mesma ordem. Caso contrário ele pode aquecer e queimar.

Isso significa que o uso de um pequeno transformador de alimentação nesta aplicação está limitado a aplicações de muito baixa potência.

b) Regulador de Passo de Tensão Pequeno

Um transformador com um secundário de baixa tensão entre 6 e 12 Volts pode também ser usado para somar ou subtrair esta tensão da tensão da rede de energia.

Isso nos leva a uma aplicação interessante que é a de funcionar como um compensador para as redes de energia que possuem tensão acima do normal ou abaixo do normal, levando aparelhos a problemas de funcionamento.

O primeiro caso é mostrado na figura 5 em que usamos um transformador de 6 a 12 Volts para somar esta tensão à rede de energia.

Se a rede de energia tem uma tensão de valor anormalmente baixo, 95 volts por exemplo, podemos somar 12 ou 15 V de um transformador, obtendo de 107 a 110 V, ligando o transformador do modo indicado.

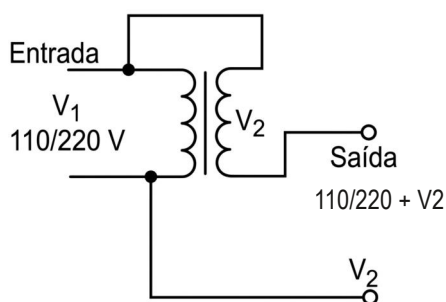


Figura 5

O segundo caso é mostrado na **figura 6** em que a tensão do secundário é subtraída da tensão da rede. Assim, numa rede em que temos uns 130 V o que pode forçar certos equipamentos, podemos subtrair 12 ou 15 V de um transformador e com isso obter uma tensão mais baixa para a carga.

A potência máxima da carga que pode ser alimentada é dada pela corrente do secundário do transformador.

Por exemplo, para um secundário de 1 A (não importa a tensão) a corrente na rede de 110 V de 1 A corresponde a uma carga máxima de 110 W e na rede de 220 V a 220 W.

Um circuito prático interessante é o mostrado na **figura 7** em que temos um regulador manual de tensão com dois passos de 12 V.

Com este circuito podemos somar 12 V à tensão de saída em relação à tensão da rede, manter a tensão da rede ou ainda subtrair a tensão de 12 V da tensão da rede.

Podemos dizer que se trata de um regulador com 3 posições como:

1. Subtrai 12 V
2. Mantém a tensão da rede
3. Soma 12 V

Se o leitor conseguir um transformador de alimentação com várias tensões de secundário como o mostrado na **figura 8**, pode elaborar um regulador com mais posições.

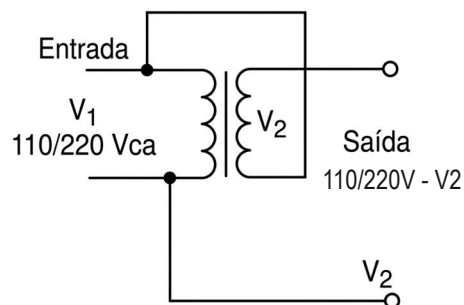


Figura 6

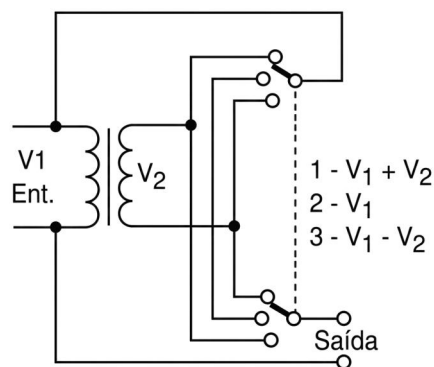


Figura 7

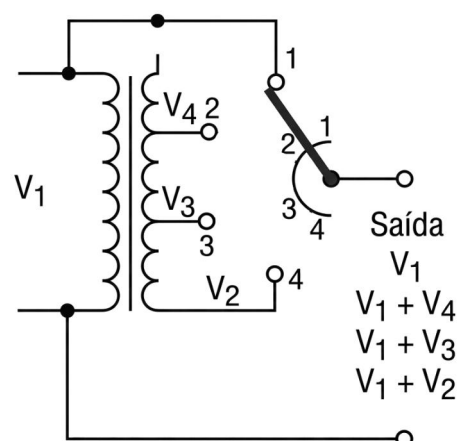


Figura 8

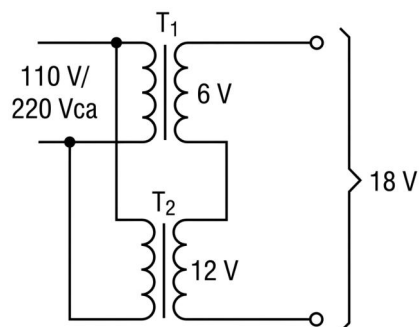


Figura 9

c) Associação de Transformadores

Outra aplicação importante dos transformadores é dada pela associação de diversas unidades.

Assim, podemos ligar os primários dos transformadores em paralelo à rede de energia, alimentando-os da forma convencional.

No entanto, os secundários que serão ligados em série podem ser colocados em fase ou em oposição de fase o que nos leva a duas possibilidades.

A primeira é mostrada na **figura 9** em que temos a soma das tensões.

Neste caso, se usarmos um transformador de 12 V em série com um de 6 V podemos obter 18 V. A corrente máxima será a corrente do enrolamento de menor capacidade. Por exemplo, se usarmos um transformador com 6 V x 1 A e um de 12 V x 500 mA, a corrente máxima obtida será de 500 mA.

A segunda é mostrada na **figura 10** em que os enrolamentos ficam em oposição de fase. Neste caso, a tensão obtida será a diferença entre as tensões dos enrolamentos associados.

Da mesma forma que no caso anterior, a corrente máxima será a corrente do enrolamento de menor capacidade.

Este tipo de raciocínio vale para a associação dos enrolamentos de mais de 2 transformadores.

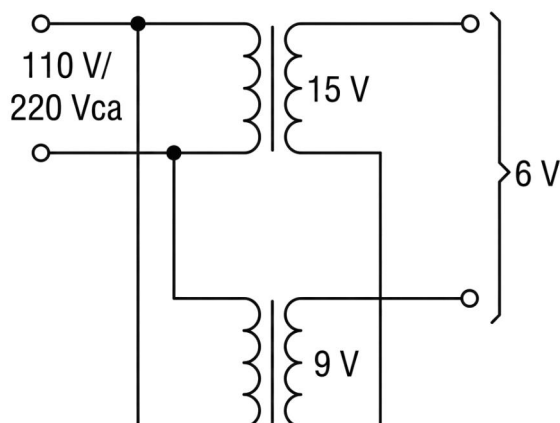
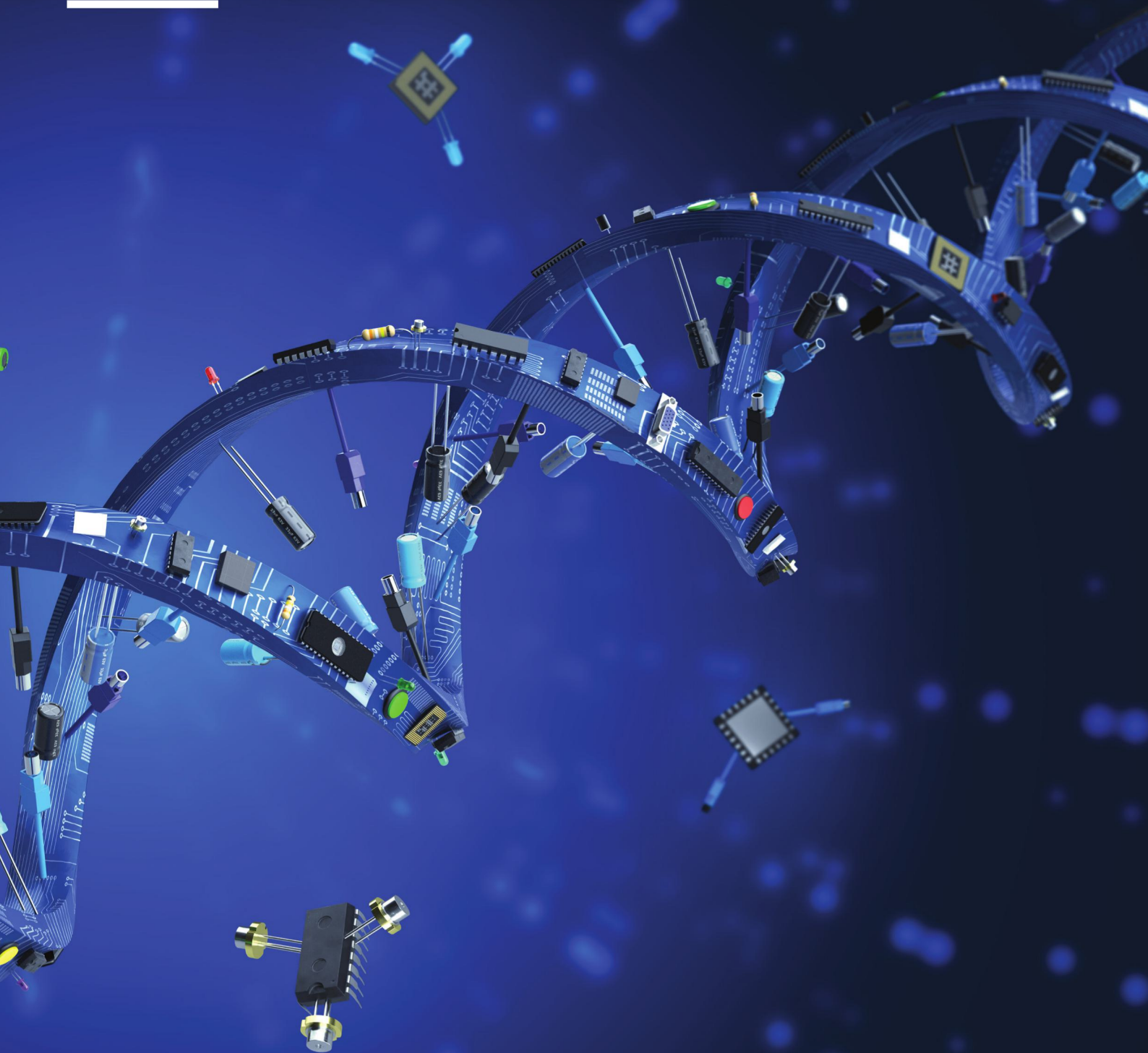


Figura 10 - Ligação de secundários em oposição de fase.

Autorizado. Confiável. Original. Certificado.

As estruturas dos seus
projetos começam aqui



br.mouser.com/pt/quality



MOUSER

CURSO ONLINE DE ELETRÔNICA



Estude onde e quando quiser...



MAIS DE 30 ANOS DE
EXPERIÊNCIA NO
ENSINO DE ELETRÔNICA
À DISTÂNCIA



SAIBA

Os transformadores usados têm enrolamentos de 9 V e de 15 V ambos com 500 mA.

d) Isolamento com dois transformadores

Na **figura 11** temos uma aplicação interessante que nos possibilita improvisar um transformador de isolamento com dois transformadores iguais comuns de qualquer tensão de secundário.

Neste caso o primeiro transformador abaixa a tensão da rede para um valor determinado o qual é depois aumentado pelo transformador seguinte voltando ao que era.

A potência máxima com que este circuito deve trabalhar é a potência dos transformadores compensando-se uma certa perda que existe nas duas transformações sucessivas de energia.

Conclusão

A fase dos enrolamentos pode ser tanto verificada com o osciloscópio como pela própria ligação em série. Enrolamentos em série podem ter as tensões somadas ou subtraídas e isso pode ser verificado com um simples multímetro.

As aplicações diferentes que vimos são apenas algumas de outras que os leitores imaginativos podem descobrir. Se tiverem alguma outra aplicação interessante para sugerir escrevam-nos que teremos o máximo prazer em divulgá-las após analisar sua viabilidade.

De qualquer forma, em todas as aplicações que envolvam o uso de transformadores tenha sempre em mente que existem perdas na transformação em que portanto a potência que se obtém na saída é menor do que a que se aplica na entrada.

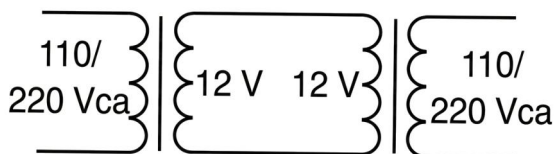


Figura 11 - Improvisando um transformador de isolamento.

The PCBWay logo, featuring the brand name in a bold green font with a stylized circuit board graphic in the background.

Seu Parceiro Confiável de Manufatura no Exterior

Experiência sem
complicações para todos.
Comece sua jornada em
PCB com segurança!

Prototipagem de PCB rápida e acessível

Especificação	Preço de Referência	Prazo Padrão	Prazo Expresso
2 camadas – 100 x 100 mm – 10 pcs	US\$ 5	24 horas	12 horas
4 camadas – 100 x 100 mm – 5 pcs	US\$ 25.97	4-5 dias	24 horas
6 camadas – 100 x 100 mm – 5 pcs	US\$ 99.04	5-6 dias	24 horas



Pedido com quantidade mínima

Atendemos pequenos pedidos com PCBs padrão a partir de 5 unidades e outros tipos a partir de 1 unidade. Perfeito para prototipagem e projetos personalizados.



Rigorous controle de qualidade

Certificações internacionais obtidas, como ISO 9001, ISO 14001, UL e RoHS. A qualidade estável é garantida por meio de um sistema de gestão de qualidade certificado.



Sistema de cotação instantânea

Basta inserir as especificações no site oficial que o sistema calcula instantaneamente o preço de referência e a data de entrega.



Atendimento 24/7

Cada cliente conta com um representante de atendimento exclusivo, e o chat ao vivo também está disponível 24 horas por dia.



www.pcbway.com



service@pcbway.com



Componentes em *Destaque*



Mais uma vez nossa seleção de componentes novos recomendados é para aplicação em automação. No entanto, essa é a aplicação básica e muitos deles podem ter ainda muitas outras utilidades. Os componentes escolhidos são os recomendados pela Mouser que possui uma das mais amplas linhas de produtos eletrônicos atendendo todas as necessidades dos projetistas.

Módulos de Transferência de Dados de Posição sem Fio Vishay / Sfernice WLMO

Um tipo de circuito que encontra aplicações sofisticadas em automação e também outras é o módulo de transferência de dados de posição sem fio. Podemos dizer que ele reúne aplicações tanto de automação como de IoT num único dispositivo. Se o leitor está trabalhando num projeto que envolva automação industrial, comunicação máquina—máquina (M2M) em sistemas de transferência de dados, monitoramento remoto de sensores de posição analógicos ou

aquisição e transmissão de dados sem fio, os módulos WLMO que focalizamos podem ser a solução.

Os módulos de transmissão de dados de posição sem fio WLMO da Vishay / Sfernice alimentam, coletam remotamente e transmitem sem fio dados de até dois sensores de posição analógicos para receptores ou gateways dos usuários. Os dados são posteriormente processados no sistema host para proporcionar maior visibilidade operacional e embasar a tomada de decisões.

O WLMO é compatível com tecnologias de sensores potenciométricos e sem contato. Esses módulos de transmissão de dados de posição da Vishay / Sfernice operam globalmente na banda ISM de 2,4 GHz, utilizando uma camada de protocolo proprietária sobre a modulação LoRa®. Os módulos utilizam uma rede LoRa privada que dispensa licenciamento, mantendo, ao mesmo tempo, recursos de longo alcance e baixo consumo de energia. Uma

chave mecânica selada garante a ativação e o emparelhamento seguros durante a fase de comissionamento. O usuário pode configurar os módulos WLMO enviando comandos de parametrização por meio de conexão sem fio. Veja mais no link abaixo.

LINK: https://br.mouser.com/new/industrial-automation/vishay-sfernice-wlmo-modules/n-5g1yZ21z7y9?utm_source=newtoncbraga&utm_medium=display&utm_campaign=incb_magazine&utm_content=36



Robôs DFRobot MBT0050x Maqueen Plus V3 para micro:bit

Automação é matéria importante que se aprende desde cedo. Não apenas nas escolas técnicas, mas também nos cursos de nível médio e mesmo

fundamental, a iniciação a essa disciplina é dada através da robótica. Assim, quando falamos em automação devemos pensar em robótica e certamente a mecatrônica. O produto que destacamos é justamente para isso, focalizando o STEM e certamente de grande importância também para os leitores da revista Mecatrônica Jovem. Focalizamos os robôs da série MBT0050x Maqueen Plus V3 para a placa Micro:bit. Disponíveis também na Mouser estes kits são ideais para o aprendizado.

Os robôs DFRobot MBT0050x Maqueen Plus V3 (baseados em micro:bit) são plataformas educacionais avançadas voltadas para STEM, projetadas para elevar o aprendizado de robótica e o desempenho em competições para alunos do ensino fundamental e médio. Equipados com um sensor de medição de distância a laser matricial de última geração, os robôs Maqueen Plus V3 oferecem percepção ambiental de alta precisão — com margem de erro de apenas ± 11 mm na faixa de 20 mm a 200 mm e taxas de atualização de até 60 Hz —, permitindo detecção inteligente de obstáculos, mapeamento espacial e planejamento de rotas muito além das capacidades dos sistemas ultrassônicos padrão. Encoders de motor de alta precisão com controle

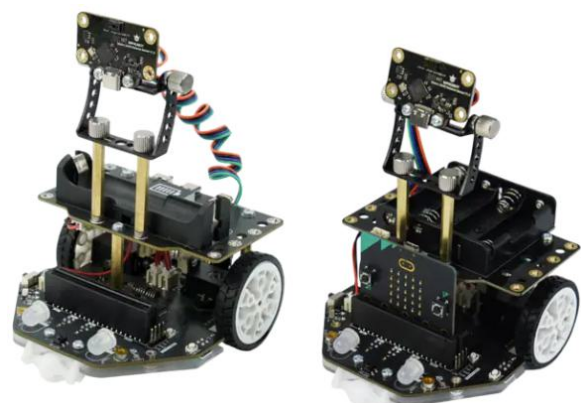
PID garantem movimentos extremamente precisos, permitindo manobras exatas, distâncias de deslocamento consistentes e navegação confiável, sem a necessidade de calibração demorada por tentativa e erro (tornando os robôs prontos para competição assim que saem da caixa).

Um destaque do Maqueen Plus V3 é o conjunto de algoritmos inteligentes integrados, que inclui recursos como acompanhamento de linha e reconhecimento de interseções em tempo real (cruzamentos, junções em "T", entre outros). Esses algoritmos operam independentemente do controlador micro:bit, permitindo que os alunos se concentrem em programação de nível superior e estratégia, enquanto o robô gerencia automaticamente tarefas complexas de acompanhamento de trajetória e tomada de decisões. Com recursos de hardware expandidos — como iluminação RGB configurável, sensores de luz, receptor infravermelho, buzzer e múltiplas interfaces de expansão —, a plataforma suporta uma ampla variedade de atividades em sala de aula, desde navegação autônoma até projetos interativos baseados em sensores.

Disponíveis em versões alimentadas por pilhas AA ou baterias de lítio 18650, os robôs

DFRobot MBT0050x Maqueen Plus V3 oferecem opções flexíveis de energia, adequadas a diferentes ambientes de ensino e necessidades de autonomia. A construção robusta, os motores substituíveis e a compatibilidade com o ecossistema micro:bit fazem desses robôs uma ferramenta poderosa e duradoura para o ensino prático de robótica. Em suma, o Maqueen Plus V3 destaca-se como um robô educacional versátil e de nível competitivo, capacitando os alunos a explorar conceitos avançados de robótica com precisão e facilidade de nível profissional. Veja mais em:

LINK: https://br.mouser.com/new/industrial-automation/robotics/dfrobot-mbt0050x-robots/n-hx16k6Z2gec9k?utm_source=newtoncbraga&utm_medium=display&utm_campaign=incb_magazine&utm_content=36



MANUAL DE MECATRÔNICA

Reunimos neste livro uma enorme quantidade de informações, fórmulas e tabelas para ajudar àqueles que elaboram projetos, fazem instalações ou reparos em máquinas, circuitos, automatismos e muito mais. O autor apresenta de forma didática as ciências por trás de cada uma das áreas que envolvem a Mecatrônica.

Uma obra onde o autor nos leva passo a passo do conceito à montagem de protótipos simples utilizados no ensino da Mecatrônica.

IMPRESSO
OU E-BOOK

+INFORMAÇÕES



Motor com Redutor Minebea DIX36

Quando se fala em automação, um elemento fundamental que está praticamente presente na maioria das aplicações é o motor. Mas, o motor sozinho, na maioria dos casos, não atende sua finalidade precisando de recursos adicionais e um deles é o sistema de redução ou a caixa de engrenagem. As aplicações possíveis incluem impressoras, dispositivos eletromecânicos. Se no seu projeto você precisa desse tipo de componente temos a sugestão. Trataremos do motor com redutor Minibee DIX36 disponível na Mouser através do link dado no final do texto.

O motor com redutor Minebea DIX36 opera com base na interação entre o ímã móvel interno (rotor) e os enrolamentos magnéticos estacionários alojados externamente (estator). Este motor de rotor interno é utilizado em aplicações que exigem alta velocidade e aceleração rápida, beneficiando-se de características aprimoradas de dissipação de calor em um formato mecânico compacto. O motor com redutor Minebea DIX36 está disponível em duas versões, com potências de saída de 7 W e 15 W. Este modelo apresenta construção econômica, utiliza rolamentos de

esferas padrão e oferece boas propriedades de dissipação de calor. O motor opera com tensão nominal de 24 V e é ideal para uso em impressoras multifuncionais, máquinas de venda automática e caixas eletrônicos ou scanners de cédulas. Mais informações como datasheet e modo de aquisição na Mouser em:

LINK: <https://br.mouser.com/new/industrial-automation/motors-motor-drives/nmb-dix36-geared-motor/n-hx16qmZ2sjqum>



Codificador Vishay RAIK045I MP

Este é um componente utilizado não apenas em automação, mas em qualquer aplicação que envolva o controle da rotação de um elemento mecânico. Se você está trabalhando num projeto que necessite do

monitoramento da rotação de um elemento mecânico, eis a nossa sugestão. Falamos do RAIK0451 MP, um encoder da Vishay disponibilizado pela Mouser no link mais abaixo.

O encoder Vishay RAIK0451 MP é um encoder indutivo absoluto rotativo do tipo *kit*, com 45 mm de diâmetro, projetado para atuar como um sensor de posição de média precisão. Este encoder utiliza tecnologia indutiva e apresenta um design de detecção absoluta fora do eixo (*off-axis*), oferecendo alta repetibilidade, precisão e resolução. O encoder RAIK0451 MP suporta velocidades de rotação de até 10.000 rpm e fornece uma saída de posição absoluta de volta única (*single-turn*). O dispositivo é imune a interferências magnéticas e elétricas, variações de temperatura, umidade e contaminantes, sendo adequado para ambientes industriais rigorosos. Entre suas características adicionais, destacam-se a resposta rápida com baixa latência, opções de saída SPI ou Seno/Cosseno e desempenho estável em uma ampla faixa de temperatura de operação. O encoder RAIK0451 MP é ideal para aplicações como acionamentos de motores, posicionamento de robôs e sistemas de controle de movimento industrial que exigem posicionamento preciso e confiável. Veja mais no link da Mouser:

LINK: https://br.mouser.com/new/vishay/vishay-raik045i-mp-encoder/?utm_source=newtoncbraga&utm_medium=display&utm_campaign=incb_magazine&utm_content=36



Concursos

VESTIBULARES

ENEM



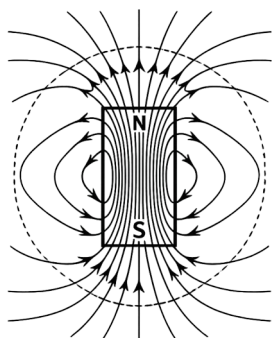
Newton C. Braga

Estamos levando aos nossos leitores a nona seleção de testes escolhidos, testes que caíram em diversos exames, do ENEM a concursos e vestibulares. São indicados especialmente aos nossos leitores concurseiros que estão em busca de um bom emprego, candidatando-se a uma vaga em um concurso, boas notas no ENEM ou num trabalho para seu curso técnico ou do segundo grau. Os testes escolhidos têm os mais diversos níveis servindo para avaliar seus conhecimentos na área e o

que devem estudar e também, para os professores, para preparar seus alunos.

Questão 1

(FUVEST-SP) – Sobre uma mesa plana horizontal, é colocado um ímã em forma de barra, representado a figura, visto de cima juntamente com algumas linhas de seu campo magnético. Uma pequena bússola é deslocada lentamente sobre a mesa, a partir do ponto P, realizando uma volta completa em torno do ímã. Ao final desse movimento, a agulha da bússola terá completado, em torno de seu próprio eixo, um número de voltas igual a:



1. $\frac{1}{4}$ de volta
2. $\frac{1}{2}$ volta
3. 1 volta completa
4. 2 voltas completas
5. 4 voltas completas

Obs.: Nessas condições, desconsidere o campo magnético da terra.

Questão 2

(Fafeod-MG) – As radiações eletromagnéticas têm entre si, no vácuo a(o) mesma (o):

1. Frequência

2. Comprimento de onda
3. Velocidade de propagação
4. Amplitude
5. Período

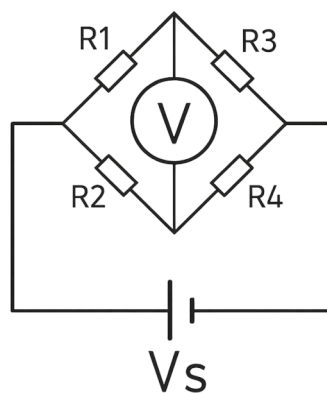
Questão 3

O fator de potência de uma bobina de RF é 0,05. Seu Q é?

1. 10
2. 20
3. 50
4. 100

Questão 4

Na figura, sendo $R_1 = 10$ ohms, $R_2 = 40$ ohms, $R_3 = 30$ ohms, qual deve ser o valor de R_4 para que, independentemente de V_s a tensão indicada no voltímetro V seja nula?



Questão 5

Um indutor, cuja resistência ôhmica é desprezível, tem uma reatância de 30 ohms e está ligado em série a um resistor de 40 ohms. A impedância do circuito é:

1. 12 ohms
2. 70 ohms
3. 35 ohms
4. 50 ohms

APRENDA ELETRÔNICA COM OS LIVROS DO INCB

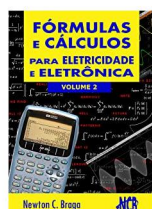


SÃO MAIS DE 160 LIVROS



acesse agora ---
newtoncbraga.com.br

Nos Formatos:
Impresso e e-book



Resoluções e respostas

Questão 1

Resposta correta: alternativa (d)

Questão 2

Resposta correta (c).

Questão 3

O fator de potência é o inversor do fator Q, portanto:

$$Q = 1/FP$$

$$Q = 1/0,05$$

$$Q = 20 \text{ (resposta b)}$$

Questão 4

No equilíbrio ($V = 0$) a relação entre os resistores na ponte de Wheatstone deve ser:

$$R1/R2 = R3/R4$$

Portanto:

$$R4 = (R3 \times R2)/R1$$

$$R4 = (30 \times 40)/10$$

$$R4 = 120 \text{ ohms}$$

Questão 5

Aplicamos a fórmula:

$$Z = \sqrt{L^2 + R^2}$$

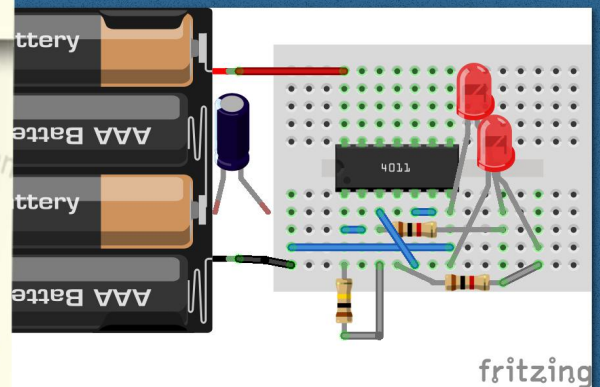
$$Z = \sqrt{30^2 + 40^2}$$

$$Z = \sqrt{900 + 1600}$$

$$Z = \sqrt{2500}$$

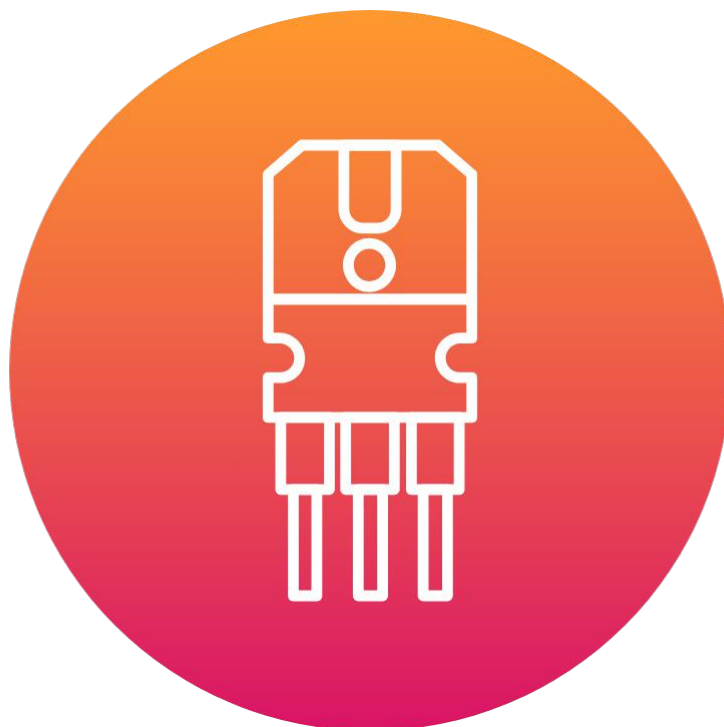
$$Z = 50 \text{ ohms}$$

PROJETOS EDUCACIONAIS DE ROBÓTICA E MECATRÔNICA



e-Book
e Impresso

<-- mais detalhes



Transistor - Substituto ou Equivalente

Newton C. Braga

Um grande problema que os técnicos encontram quando vão reparar algum equipamento é encontrar um equivalente ou substituto para um componente queimado. O caso se complica quando o equipamento é importado ou ainda quando o componente usado tem uma marcação específica da fábrica. Veja neste artigo como proceder nestes casos.

Os semicondutores, principalmente transistores, são fabricados com milhares de especificações diferentes, o que leva a milhões de tipos disponíveis que são encontrados na maioria dos equipamentos eletrônicos.

Muitos técnicos possuem volumosos manuais de "substituição ou equivalentes" em que tipos e tipos de transistores comuns têm os substitutos indicados.

No entanto, além desses manuais não cobrirem todos os tipos existe ainda um problema a ser considerado: a equivalência nem sempre é válida.

Equivalência

Dizemos que um transistor é equivalente a outro quando ele pode funcionar nos mesmos circuitos com o mesmo desempenho.

A substituição de transistores seria muito simples se isso fosse cumprido com facilidade pelos tipos que em manuais ou tabelas são indicados como "equivalentes".

Na verdade o que ocorre é que os transistores variam muito de características mesmo quando têm o mesmo tipo, o que significa que não existem dois transistores exatamente iguais mesmo quando têm a mesma marcação!



Figura 1

Quando os projetistas criam um equipamento eletrônico normalmente eles admitem que os transistores usados possam ter determinadas características dentro de uma faixa de valores.

Isso significa que, em princípio, se tivermos transistores que tenham essas características nas mesmas faixas eles podem ser considerados substitutos ou equivalentes e funcionar do mesmo modo.

Ocorre, entretanto, que essas faixas mudam conforme a aplicação. Assim, um transistor que opera num circuito de RF tem faixas de características de operação diferentes do que quando ele opera como comutador de alta velocidade.

O deslocamento dessas características pode levar a um problema muito importante que deve ser previsto pelos técnicos: um transistor que substitui outro numa aplicação pode não funcionar em outra!

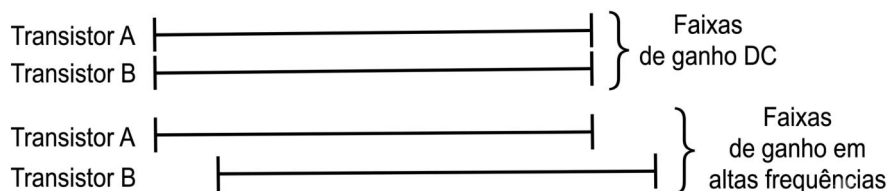


Figura 2

Dois transistores que tenham mesmo ganho, mesma tensão de trabalho mas frequências de corte diferentes podem ser usados igualmente num circuito de áudio mas não num oscilador quando um pode funcionar e outro não!

A sensibilidade do técnico

O técnico que trabalha com a reparação de equipamentos eletrônicos não deve apenas contar com um manual de equivalências ou ainda informações básicas sobre alguns transistores mais usados.

Deve antes de tudo ter a capacidade de analisar o circuito em que ele se encontra para saber se um transistor indicado como substituto pode realmente ser usado.

E, o que o técnico deve olhar?

a) Tensão entre coletor e emissor

Esta característica não é muito crítica já que, desde que o transistor substituto ou escolhido como tal suporte uma tensão maior ou igual que o original, em princípio ele pode ser usado.

O técnico deve apenas ter o cuidado de observar se a tensão máxima entre o coletor e o emissor é especificada nos dois tipos sob as mesmas condições.

Assim, se o $V_{CE(max)}$ de um transistor é 50 V e de outro temos $V_{CEO(max)} = 50$ V, eles não são iguais pois a tensão num é absoluta e no segundo é dada para a base aberta!

b) **Potência**

Esta especificação é importante quando o transistor trabalha com correntes mais intensas como por exemplo em amplificadores de potência, fontes, circuitos de controle, etc.

O transistor substituto deve ter uma potência igual ou maior do que a do original e ainda condições de ser montado no mesmo radiador de calor quando usado, conforme mostra a **figura 3**.

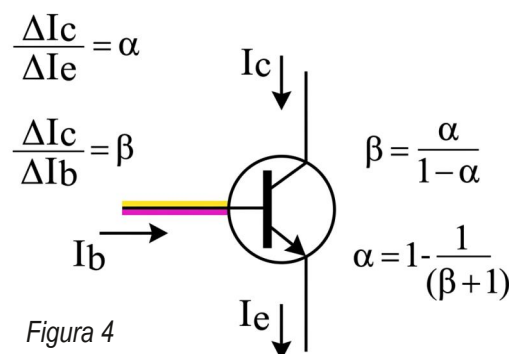


Fig. 3 - Transistores que exigem dissipadores diferentes para montagem.

c) **Ganho**

O ganho é muito importante na maioria das aplicações. Um transistor menor do que o especificado para o original pode trazer problemas de funcionamento como por exemplo a não excitação dos circuitos. O técnico deve estar atento para que o substituto tenha ganho igual ou maior que o original.

É preciso também tomar cuidado para a forma como o ganho é especificado. Normalmente é dado pelo Beta, mas podem ocorrer casos em que tenhamos ganho Alfa e mesma hFE.



d) **Frequência de corte ou transição**

O ganho de um transistor cai rapidamente quando a frequência do sinal que ele deve gerar ou amplificar aumenta.

Isso significa que dois transistores que tenham o mesmo ganho com sinais de frequências baixas (áudio) podem não ter ganhos iguais para um valor de frequência mais alto, por exemplo em 20 MHz.

Isso quer dizer que num circuito que trabalhe nesta frequência mais alta um transistor não substitui o outro, apresentando assim problemas para o técnico que pretende fazer a troca.

Os transistores para uma determinada aplicação de alta frequência principalmente ou ainda de comutação devem ter frequências de cortes semelhantes.

Deve-se também observar que as capacitâncias internas dos transistores influem no modo como eles operam com sinais de altas frequências.

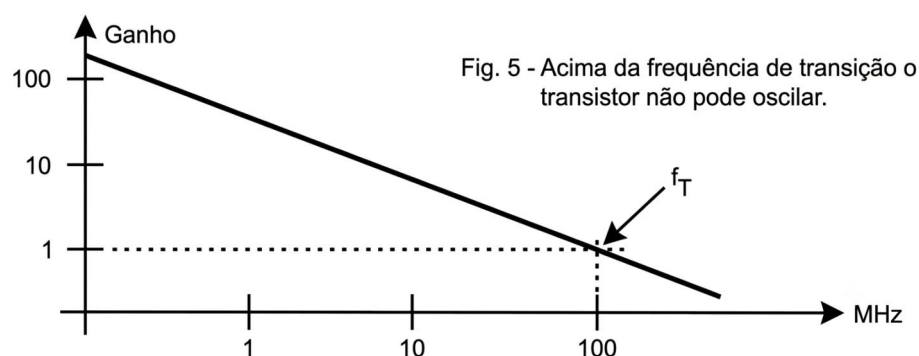
Assim existem casos específicos em que os transistores são projetados para operar com um determinado tipo de sinal.

É o que ocorre com os chamados transistores para comutação que são criados com características que possibilitam sua operação com sinais retangulares ou de variação muito rápida como os encontrados em fontes chaveadas e circuitos digitais.

Um transistor deste tipo não pode ser substituído por outro mesmo que tenha as mesmas características básicas como frequência de operação máxima e ganho, se não for indicado para comutação.

A frequência máxima de operação de um transistor é normalmente especificada como "frequência de transição" ou f_T .

Trata-se da frequência em que o ganho do transistor cai até a unidade conforme mostra a **figura 5**.



Isso significa que, acima desta frequência, a intensidade de um sinal obtido na saída será menor que a do sinal aplicado na entrada, ou seja, ele não amplifica mais.

e) Ruído

Os transistores geram ruídos quando funcionam. Estes ruídos dependem da intensidade da corrente e também de suas características construtivas.

Dependendo da aplicação o ruído pode ser importante quando se pretende fazer a substituição de um transistor.

Um exemplo disso ocorre com circuitos de áudio que operam com sinais de muito baixa intensidade como por exemplo pré-amplificadores.

Um transistor de alto ganho e baixo ruído como o BC549 deve ser usado em muitos casos. Este transistor garante que os sinais fracos recebam grande amplificação sem que haja a introdução de ruído (que aparece na forma de chiado).

Se esse transistor for substituído por um BC548, mesmo que tenha o mesmo ganho, o aparelho funcionará, mas o nível de ruído pode aumentar e aparecer na saída com um acréscimo no chiado.

Isso ocorre porque os transistores BC548 e BC549 mesmo que tendo as mesmas características gerais são transistores diferentes quanto ao ruído. O BC549 é um transistor de baixo ruído e o BC548 não.

O teste de transistores

Um equipamento de grande ajuda para os técnicos é o teste de transistores que possibilita selecionar num lote de determinados tipos os que tenham maior ganho ou mesmo conferir o estado de um transistor de um equipamento suspeito.

Testes de transistores são relativamente baratos e ajudam muito na oficina do reparador de equipamentos eletrônicos.

Conclusão

O técnico deve estar preparado para fazer a substituição de transistores em muitos casos por equivalentes ou outros cujas características estejam próximas dos originais por não dispor dos originais.

No entanto, é preciso ter muito cuidado ao fazer isso. Não basta ter um manual ou lista para se tentar fazer a troca com garantia de sucesso.

É preciso também analisar o circuito onde o transistor funciona e mesmo assim estar preparado para fazer algumas tentativas no sentido de encontrar o substituto ideal para uma aplicação.



Conheça os TVS Transient Voltage Suppressor

Newton C. Braga

A utilização de dispositivos sensíveis em equipamentos eletrônicos exige cuidados especiais na proteção contra transientes e surtos que podem chegar pela linha de alimentação. Um dispositivo de importância vital para a proteção de circuitos contra transientes é o TVS ou Transient Voltage Suppressor (Supressor de Tensões Transientes). Neste artigo explicamos o que vem à ser este componente, sua utilização e como analisar suas especificações técnicas.

Uma maneira simples de se evitar que transientes (pulsos de alta tensão e curta duração) vindos pela rede de energia cheguem aos circuitos alimentados, é cortá-los com a ajuda de algum dispositivo que entre em condução sob certa tensão.

Embora os diodos zener comuns possam ser usados em alguns casos, eles não são os dispositivos apropriados para esta finalidade, tanto pela sua velocidade de resposta como pela quantidade de energia que podem manusear.

Para cumprir esta função, entretanto, podem ser utilizados diodos zener com características especiais, com a capacidade de trabalhar energias muito mais elevadas e com velocidade de resposta muito maior.

Existem então componentes, destinados especificamente à proteção de equipamentos alimentados pela rede de energia de corrente alternada. Eles são denominados TVS ou Transient Voltage Suppressors possuindo uma curva característica e símbolos mostrados na **figura 1**.

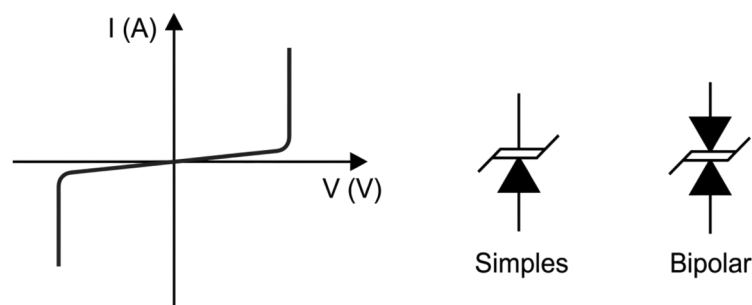


Figura 1 – Os TVS - Curva característica e símbolos.

Os TVS comuns devem ser capazes de dissipar a energia que aparece num pulso de alta tensão ou num trem desses pulsos (surto), o que exige que eles sejam montados em invólucros especiais. Como os pulsos são de curta duração, as energias devem ser convertidas em calor em um espaço de tempo muito pequeno, e dissipadas rapidamente para que a temperatura não se eleve a um nível que possa causar a destruição do componente.

Um TVS comum deve ser capaz de dissipar potências na faixa de 400 a 5000 W, que correspondem a níveis de energia de 0,55 a 2,1 joules, num intervalo de tempo típico de 1 milissegundo, mais que a duração maior prevista para os pulsos de transientes que normalmente aparecem nas aplicações práticas.

As tensões de trabalho ou "de avalanche" estão na faixa de alguns volts até algumas centenas de volts.

Especificações

Na utilização de um TVS as especificações devem ser levadas em conta e, neste caso, são bastante semelhantes às dos diodos zener.

Temos então as seguintes especificações principais:

Breakdown Voltage ou Tensão de Ruptura (V_{br}) - É a tensão em que o dispositivo entra na condição de avalanche, ou seja, torna-se condutor. Para o TVS comum esta tensão é especificada para uma corrente de 1 mA. Eventualmente pode aparecer com valores mínimos e máximos.

Working stand-off reverse voltage - (V_{br}) - Trata-se da tensão inversa de trabalho. Se bem que também seja especificada por V_{br} , ela tem uma pequena diferença em relação à anterior. Trata-se da tensão em que o dispositivo começa a conduzir e uma corrente de fuga pode ser medida. Esta tensão é normalmente 10% menor que a tensão de ruptura inversa, indicada no item anterior. Esta corrente de fuga pode variar chegando a valores de até 1 mA, caso em que esta especificação se iguale à anterior. As correntes de fuga típicas destes dispositivos são da ordem de 5 microampères.

Maximum peak pulse surge current (I_{ppm}) - É a corrente máxima de surto que o dispositivo pode suportar sem que ocorram danos. Este parâmetro é indicado normalmente para um pulso de determinada forma de onda e de duração da ordem de 1 milissegundo.

Maximum Clamping Voltage (V_c) - É a tensão máxima que aparece sobre o dispositivo quando ele está conduzindo a corrente máxima de surto.

Maximum Breakdown-voltage Temperature Coefficient - Esta especificação é dada em porcentagem de V_{br} por grau Celsius de temperatura. Com ela mede-se a variação das especificações da tensão de ruptura em função das variações de temperatura.

Aplicações

Damos a seguir alguns circuitos de aplicação dos TVS na proteção de diversos tipos de dispositivos.

a) Proteção de computadores

Na **figura 2** damos uma aplicação típica dos TVS em um circuito sensível que contém CPUs, memórias e dispositivos de entrada e saída de sinais (portas) por onde podem entrar transientes perigosos.

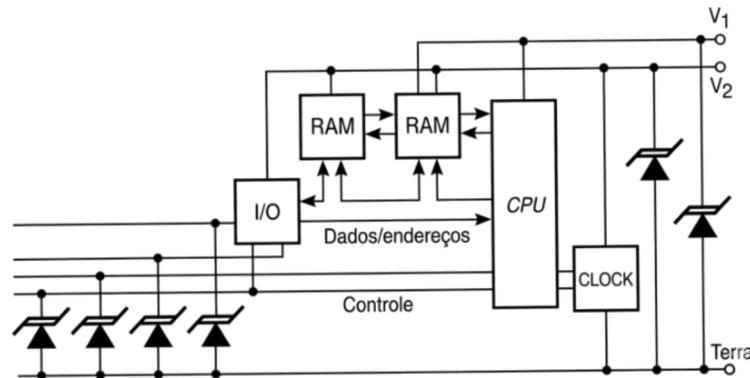


Figura 2 – Proteção de computadores.

Este circuito, em especial, protege os computadores e outros aplicativos em que dispositivos da mesma família sejam usados contra descargas eletrostáticas que possam lhe causar danos. A proteção também funciona nas operações de ligar e desligar o aparelho, quando transientes e surtos podem ser gerados.

Usando TVS típicos é possível proteger o circuito contra descargas de até 10.000 volts, que desenvolvam correntes de até 60 ampères em 10 microssegundos.

Os supressores nas linhas de alimentação permitem manter o funcionamento do circuito mesmo quando os transientes vêm pela linha de alimentação.

b) Proteção de UARTs

Na **figura 3** temos o modo de empregar supressores na proteção de modems onde os transientes que podem aparecer nas linhas de comunicações são uma ameaça para a integridade do circuito.

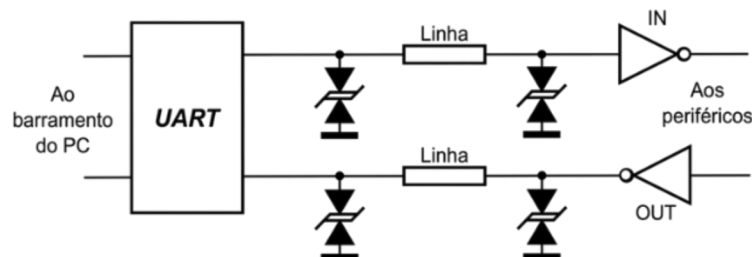


Figura 3 - Proteção de UARTs.

O que acontece nestes casos é que a alta imunidade dos circuitos usados na comunicação serial limita também sua capacidade de dissipação de energia. Isso significa que a sua proteção é parcial e que transientes elevados causam a destruição dos componentes, já que os diodos usados na função de proteção não conseguem fazer sua dissipação. Com a utilização de TVS, conforme mostra este circuito, temos um aumento considerável na capacidade de absorção de energia. Tipos de baixa capacitância, que não afetem a transmissão/recepção dos dados devem ser preferidos nesta aplicação.

c) Proteção de memórias

Na **figura 4** temos o modo de usar os TVS na proteção de linhas de dados de memória, evitando que dispositivos MOS sejam afetados por oriundos da fonte de alimentação.

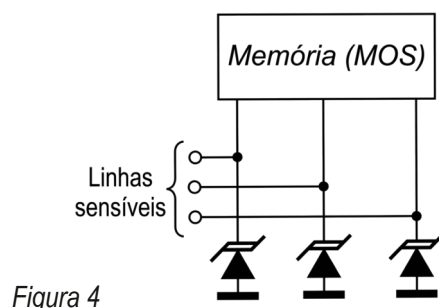


Figura 4

Isso permite que tais circuitos sejam alimentados por uma mesma fonte que sirva também para alimentar os circuitos TTL.

d) Proteção para circuitos Totem-Pole

Os circuitos lógicos com saída totem-pole, de acordo com a **figura 5**, tendem a gerar picos de transientes que podem ser prejudiciais ao funcionamento de um equipamento.

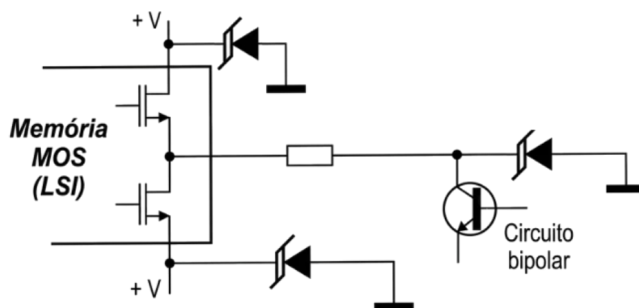
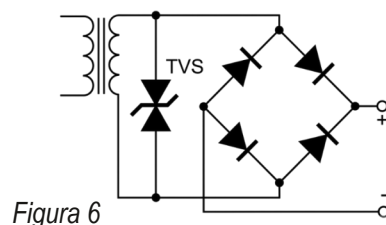


Figura 5

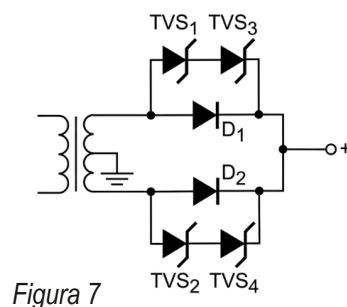
Conforme mostra a mesma figura, o uso de supressores de transientes TVS pode absorver os picos de transientes evitando que eles se propaguem pelo circuito. Os diodos existentes nos circuitos integrados para suprimir estes pulsos têm normalmente correntes limitadas, não fornecendo, portanto, o mesmo nível de proteção que os TVS.

e) Fontes de alimentação

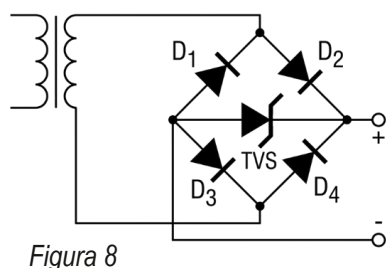
Na **figura 6** mostramos a utilização de TVS em proteção de fontes de alimentação, evitando a entrada de transientes antes mesmo da retificação.



Na **figura 7** ilustramos como o TVS pode ser usado para proteger os diodos de uma fonte de alimentação contra a tensão de ruptura inversa, evitando a queima do componente em caso de transientes elevados. O TVS se torna condutor antes que a ruptura inversa seja alcançada com um transiente, absorvendo sua energia.



Uma outra forma de empregar o TVS numa ponte de diodos, onde apenas um é necessário para proteger os 4 diodos é mostrada na **figura 8**.



E, a proteção na entrada do circuito, na própria linha de alimentação, também pode ser feita com a ligação do TVS em paralelo com o cabo de energia, veja a **figura 9**. É usado neste caso um TVS para proteção AC com a ligação de dois em oposição.

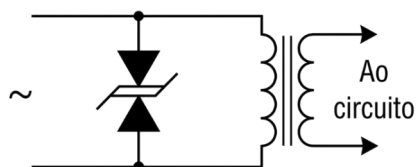


Figura 9

f) Cargas Indutivas

O TVS pode ser usado ainda para absorver os pulsos de transientes gerados na comutação de cargas indutivas, tais como solenóides, motores e relés.

Na **figura 10** temos o modo de fazer a conexão do TVS em paralelo com a carga indutiva, com função semelhante à executada por diodos comuns, mas com as vantagens que já foram analisadas.

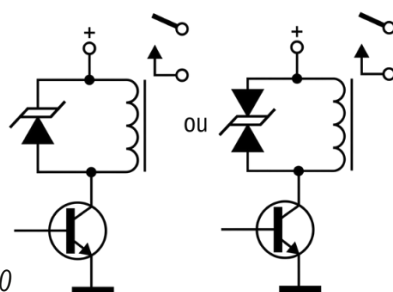


Figura 10

Observe que podemos usar tanto os tipos "bipolares" como os tipos simples, dependendo do transiente que é gerado e que deve ser absorvido.

Quem fábrica TVS

Existem diversos fabricantes de TVS que fornecem tipos numa ampla faixa de tensões e de potências de absorção. A Mouser representa muitos deles. Escolhemos alguns para que o leitor interessado consulte.

TVS3V3L4U – Infineon

Este componente possui diversos TVS conectados da forma como mostra a **figura 11**.

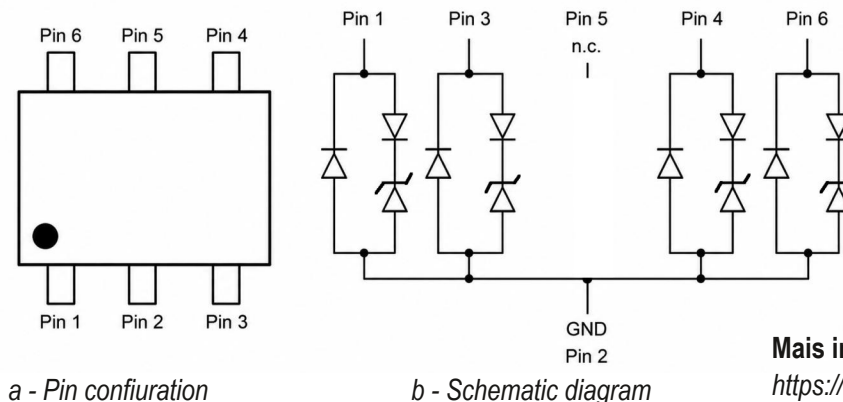


Figura 11 - O TVS3V3L5U

São TVS para 3,3 V com apenas 2 pF de capacitância para aplicações na proteção de redes Ethernet 10/100/1000.

Mais informações em:

<https://br.mouser.com/ProductDetail/Infineon-Technologies/TVS3V3L4UE6327HTSA1?qs=2wN1DOYHWdSshJXRc2McHQ%3D%3D>

Série PTVSxS1UR - Nexperia

Esta série de TVs yem dissipação de 400 W (350 W para 3,3 V) em tensões reversas de 3,3 V a 64 V. O componente tem apenas 1 mm de altura e é indicado para proteção de fontes de alimentação, aplicações automotivas, industriais e gerenciamento de energia.



Figura 12 - Os componentes da série P+TVSx1UR

Mais informações, inclusive datasheet podem ser obtidos na página da Mouser pelo link:

<https://br.mouser.com/ProductDetail/Nexperia/PTVS30VS1UR115?qs=GcY6OjH1zdkc%252BCtbt7xiQQ%3D%3D>



Como Funcionam Sensores XRF

Newton C. Braga

Nos anos que se seguiram à descoberta da radioatividade, quando o urânio e outros elementos radioativos se tornaram alvo de busca por exploradores de todos os tipos — sendo mais valiosos que o próprio ouro —, um tipo de detector se tornou a febre eletrônica de um grande público: o detector Geiger, ou Geiger-Müller, como também era chamado. Agora, estamos diante de uma outra febre que transcende as fronteiras de nosso próprio mundo, conforme vimos no artigo desta revista “A Face Oculta da Lua”. Falamos do detector XRF ou Detector

de Fluorescência de Raios X (hXRF, na sua versão portátil). Como funciona e por que você deve ter um em breve é o que veremos neste artigo, que explica como você pode encontrar terras raras usando um deles.

Sabemos, pela física, que quando os átomos de quaisquer materiais recebem uma radiação externa suficientemente intensa, os elétrons mudam de níveis de energia e até podem ser arrancados. Quando um elétron que passou para um nível superior volta ao seu nível original, ou quando um átomo recaptura um elétron perdido, há a emissão de uma certa quantidade de energia: um fóton, conforme mostra a **figura 1**.



Figura 1

Em suma, mudanças de nível de elétrons nas órbitas de um átomo significam emissão ou absorção de energia na forma de um fóton. A energia desse fóton é muito bem estabelecida pelas leis da física, de modo que, fazendo sua análise, podemos identificar perfeitamente o átomo que o emitiu.

Observe que a energia liberada pelo elétron quando ele volta ao seu nível original de energia é a mesma que ele absorveu quando saiu dele. Assim, para retirá-lo, precisamos de uma energia maior ou igual àquela que ele vai emitir.

A luz negra que usamos para fazer coisas brilharem no escuro é um exemplo. A radiação ultravioleta tem energia maior do que a luz visível. Assim, certas substâncias, como as que possuem cálcio, a absorvem, elevando o nível de energia de seus elétrons que, quando voltam ao nível original, emitem luz visível. Vemos então os objetos “acesos” no escuro, pois não vemos a luz original que os excitou.

LINK: Luz negra – ART3128 -
<https://newtoncbraga.com.br/projetos/3690-art510.html> .

Temos, no site, um interessante artigo que mostra como funciona a luz ultravioleta na excitação dos elétrons de determinados materiais, que então apresentam o fenômeno da fluorescência.

Excitação Interna com Raios X

No caso que vimos, a excitação é feita com uma energia relativamente baixa, e os elétrons das camadas superiores dos átomos, que são mais facilmente movidos, são os responsáveis pelo fenômeno da fluorescência. No entanto, podemos obter uma forma mais profunda de excitação dos átomos utilizando radiações de maior energia.

Um feixe de alta energia, como os obtidos por uma fonte emissora de raios X, pode alterar a energia dos elétrons das camadas mais internas de um átomo, conforme mostra a **figura 2**. Quando o elétron deslocado de um determinado elemento volta a seu nível de energia original, ele emite um fóton, também de alta energia, normalmente na faixa dos raios X.

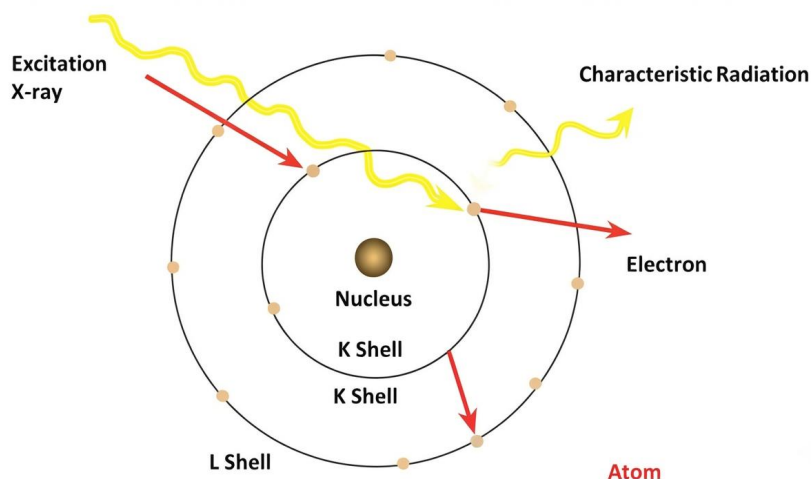


Figura 2

Cada elemento emite um fóton com energia bem determinada. Assim, medindo essa energia, podemos identificar o elemento e, pela quantidade de fótons, podemos determinar sua concentração.

O mais importante nesse tipo de análise é que ela é simples, instantânea e não destrutiva. O material a ser analisado não precisa ser preparado e, após a análise, não sofre modificações físicas ou químicas.

Para cada tipo de análise, existe um analisador específico que trabalha com sensores que facilitam a identificação do elemento desejado e medem sua quantidade relativa em uma amostra. Na figura 4, temos um exemplo de resultado de análise feita com a excitação de raios X, mostrando as diversas quantidades relativas de elementos presentes em uma amostra.

Para o laboratório, podemos contar com tipos fixos de maior porte e com mais recursos, mas para análises de campo — como a prospecção de minérios, ou sua detecção em trajes ou poeira — podemos contar com tipos portáteis, como o mostrado na **figura 5**.

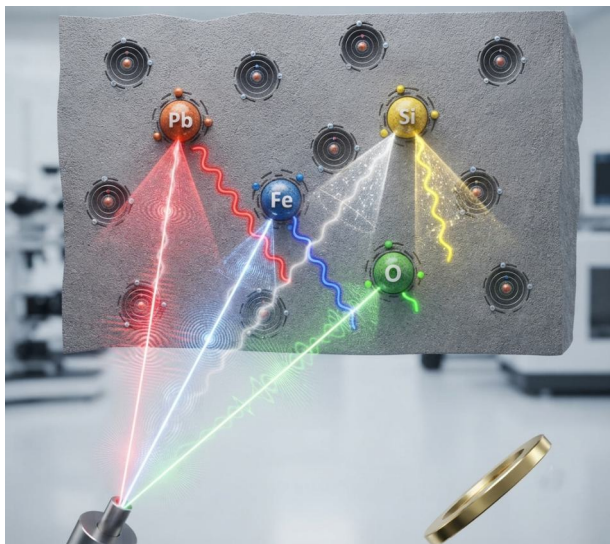


Figura 3

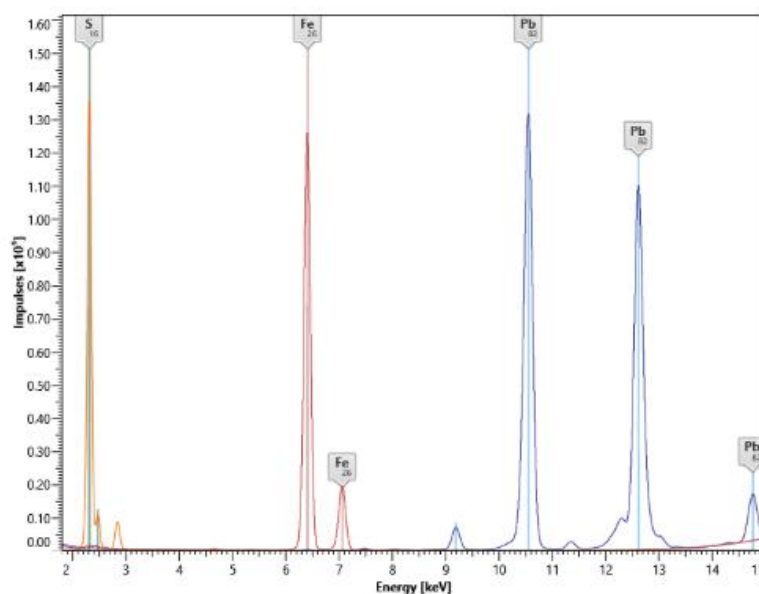


Figura 4



Figura 5 - Um analisador portátil.

Aplicações Práticas

As aplicações dos detectores XRF, tanto dos tipos utilizados em laboratório como dos tipos portáteis para trabalhos de campo, são ilimitadas. Podemos citar as seguintes:

Mineração e prospecção geológica: podemos usar os detectores para analisar amostras de solo, rochas e minérios diretamente. O teor de determinado minério pode ser avaliado na hora a partir de



Figura 6 - Usando o analisador portátil

amostras, verificando-se sua concentração, conforme sugere a **figura 6**.

Indústria metalúrgica: pode ser usado para medir a composição de ligas, evitando falhas de fabricação, ou ainda na separação de sucatas, possibilitando sua identificação para melhor aproveitamento.

Indústria eletrônica: os sensores podem ser utilizados na análise de produtos, detectando metais pesados proibidos ou restritos determinados pelas normas RoHS e WEEE, como mercúrio, chumbo, etc.

Meio ambiente e agronegócio: pode ser usado na análise de solos e plantas, detectando a contaminação por metais pesados. A própria nutrição das plantas pode ser analisada pelo rastreamento de minerais nos tecidos vegetais.

Outros: os sensores podem ainda ser utilizados na análise de joias, na verificação de autenticidade de obras e peças antigas, e também

em investigações criminais, através da análise de amostras que podem identificar a origem de um crime pela presença de minérios específicos de certas localidades.



Figura 7 - Um analizador de laboratório para pesquisa.

Limitações

Além do custo elevado, alguns tipos de análise exigem um certo preparo das amostras. Temos também o fato de que a profundidade de exploração é limitada e existem certos elementos, como o carbono, que exigem equipamentos especializados.

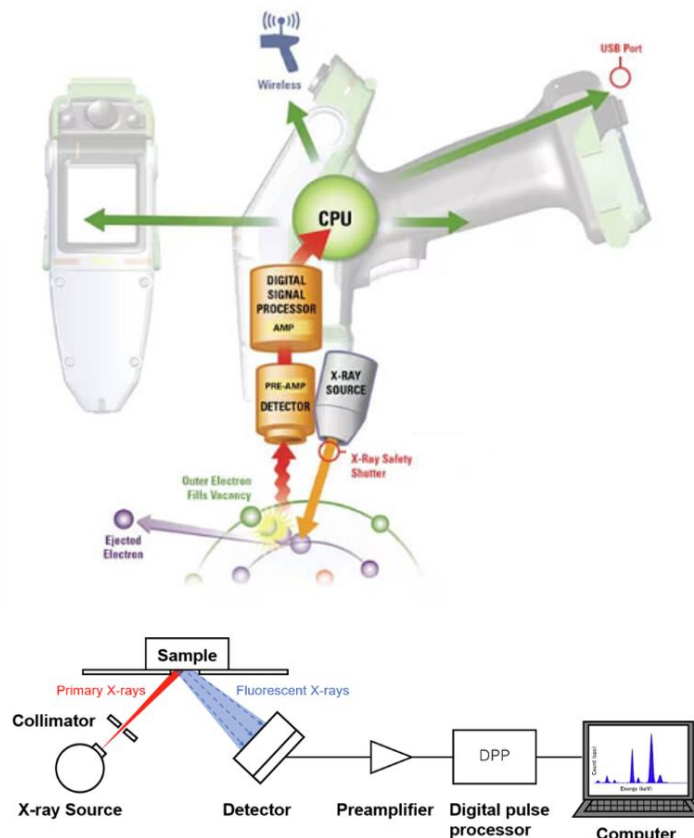


Figura 8

O Detector

Assim, chegamos ao detector, que pode ter diversas configurações, desde os tipos maiores usados em laboratórios até os tipos portáteis, como os que serão levados à Lua pelos astronautas.

Em suma, um detector XRF consiste em um emissor de raios X, um detector de raios X, um circuito processador e um circuito indicador. Analisamos cada um deles. Na **figura 8**, temos um desenho em corte de um analisador portátil típico, mostrando suas diversas partes.

Gerador de Raios X

Os raios X são produzidos da maneira tradicional, como vemos nas máquinas de radiografia dos consultórios médicos. Na **figura 9**, mostramos como isso é feito de maneira simplificada.

Nessa válvula, temos um filamento que também funciona como catodo, emitindo elétrons quando aquecido. Um anodo é polarizado com uma tensão positiva muito alta, entre 20 kV e 100 kV, de modo a acelerar os elétrons.

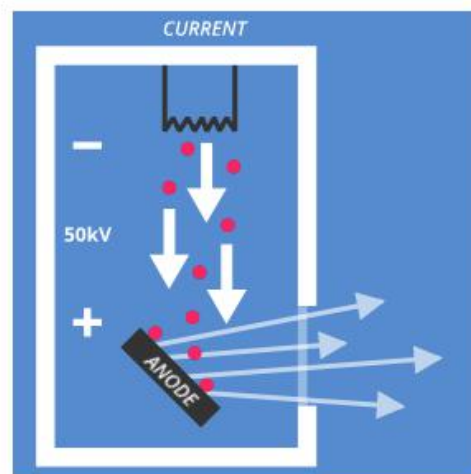


Figura 9 - Uma válvula de raios X.

Incidindo com alta energia no anodo, os elétrons causam a emissão de raios X. Nessa configuração, a válvula funciona como um diodo de aquecimento direto. Para obter a alta tensão para polarização a partir de uma bateria, é preciso empregar um inversor de frequência de pequeno porte, pois a corrente necessária para alimentar o tubo é muito pequena.

No entanto, dadas as características do material emissor do anodo, a tensão aplicada ao tubo precisa ser muito bem controlada; abaixo de certo valor, não há emissão. A tensão pode ser ajustada para que a emissão ocorra na faixa espectral da fluorescência do material que está sendo pesquisado. Além disso, a energia tem efeito na penetração e, portanto, na profundidade de detecção.

A Óptica do Feixe

Para obter melhor desempenho do detector, é importante que ele emita feixes de raios X tão paralelos quanto possível. Para essa finalidade, são usadas aberturas muito pequenas. Como as bordas da abertura tendem a bloquear os raios X, uma maneira de obter melhor desempenho é com o uso de colimadores e outros recursos ópticos.

O Detector

Raios X são formados por ondas eletromagnéticas com energia acima da luz visível e do ultravioleta. Assim, uma grande quantidade de dispositivos eletrônicos sensores utilizados com luz e ultravioleta pode ser empregada na detecção de raios X. Temos, então, uma família de detectores que são empregados nas aplicações práticas.

Começamos com os detectores de silício da família das fotocélulas, feitos de silício ou mesmo de germânio. Um fóton de raios X libera pares de elétron-lacuna no material, criando assim uma tensão que pode ser utilizada por um circuito externo.

Um segundo tipo de sensor é o de deriva de silício ou SDD. Nesse tipo de sensor, que se baseia no semicondutor anterior, temos uma estrutura diferente. Um eletrodo é colocado na parte posterior do material com a finalidade de captar os elétrons liberados pela incidência de raios X, conforme mostra a **figura 10**.

Finalmente, podemos utilizar como detector, neste tipo de equipamento, os diodos PIN. Eles possuem uma camada semicondutora intrínseca (sem dopagem) entre as regiões P e N. Quando fótons de raios X incidem no componente, nesta região são criados pares elétron-lacuna que podem ser detectados. Na **figura 11**, temos um sensor de raios X desse tipo.

O Circuito Eletrônico

Para o circuito eletrônico, temos inicialmente um pré-amplificador, normalmente baseado em amplificadores que recebem o sinal do sensor. O sensor trabalha com um sistema de amostragem que permite selecionar a faixa de energia e o comprimento de onda.

O sinal obtido é levado a um processador digital de pulsos (DPP), que converte o sinal captado para a forma digital, que pode ser aplicada a um computador para que se possa fazer a análise. Um software apropriado é então usado para levantar as curvas que indicam os elementos presentes na amostra analisada.

Conclusão

A análise de laboratório e de campo de minerais raros — ou terras raras, de grande importância para a indústria eletrônica em nossos dias — pode contar com instrumentos de alta precisão que não estavam disponíveis até há pouco tempo.

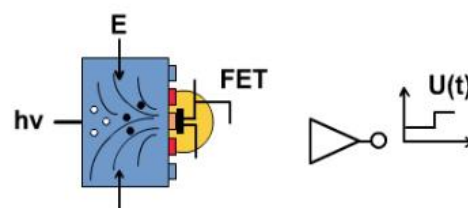


Figura 10 - Sensor de raios X tipo SDD.



Figura 11 - Diodo PIN usado como detector de raios X.

DICA DE LEITURA



Na eletrônica temos componentes que são usados sempre e muitos a partir de sua versão original simplesmente passam por melhorias, upgrades que os levam a um desempenho mais apropriado aos circuitos da eletrônica moderna.

Esse é o caso dos amplificadores operacionais e os comparadores de tensão com destaque para o 741.



Esses analisadores, que fazem uso da fluorescência por raios X (XRF), podem, entretanto, ser empregados em uma ampla faixa de aplicações que não se limitam apenas à análise de minerais.

A detecção da presença de certos elementos químicos em diversos produtos, e até mesmo em alimentos e seres vivos, é fundamental em nossos dias para o controle ambiental, de alimentação, pesquisa, identificação de joias e até mesmo com finalidades policiais. Contam com um tipo de instrumento que deve ser conhecido por todos que realizam análises de composição química de qualquer natureza.

Referências

Nos links temos diversas fontes adicionais que podem ser consultadas assim como artigos em nosso site.

<https://www.newtoncbraga.com.br/como-funciona/9203-como-funciona-o-raio-x-art1807.html>

<https://www.newtoncbraga.com.br/almanaque-tecnologico/207-r/1201-alm193.html>

<https://www.newtoncbraga.com.br/almanaque-tecnologico/207-r/7888-raios-gama-alm1024.html>

Componentes principais do espectrômetro de fluorescência de raios X (XRF)

<https://www.spectro.com/xrf-principle>

How does XRF work? | Bruker

XRF Analyzer Detectors: Working Principles and Types Explained

ELETRÔNICA NA PRÁTICA

Kit de Componentes do Curso Eletrônica na Prática

**+ DE 195
COMPONENTES**



Luis Carlos Burgos
youtube.com/@Burgoseletronica05

*Compre
já o seu*



TRAVOU NO SEU PROJETO?

SOU O PEDRO BERTOLETI. A MINHA MENTORIA TÉCNICA 1:1 EM SISTEMAS EMBARCADOS AJUDA VOCÊ A RESOLVER, AVANÇAR E ATIGIR SEU OBJETIVO

- ✓ Mais de 15 anos de experiência ao seu dispor
- ✓ Cobre: sistemas embarcados, conectividade e IoT
- ✓ É individual, prática e focada em resultado
- ✓ Você compartilha o problema, eu te ajudo a resolver

CONHEÇA A MENTORIA!



<http://pedrobertoleti.com.br>



Travou?

**Eu te
ajudo!**



TMS320F28002x Microcontrolador em Tempo Real

Newton C. Braga

A série TMS320 de microcontroladores destinados ao processamento digital de sinal (DSP) e controladores de sinal digital (DSC) já é bem antiga e cada novo modelo apresenta características que o torna apropriado para aplicações de ponta como o controle vetorial de motores sem escova (BLDC).

Em artigo desta edição analisamos o princípio de funcionamento dos motores BLDC (Motores de corrente contínua sem escovas) explicando que a técnica atual de controle utilizada é a que faz uso de sinais senoidais.

São os controles vetoriais que analisamos naquele artigo de forma a dar ao leitor uma visão de sua praticidade, desempenho o motivo para sua utilização. Vimos que para este controle são utilizados microcontroladores com características especiais.

Assim, como componente de destaque para edição escolhemos o TMS320F28002x que analisaremos de forma resumida, deixando por conta dos leitores acessar a página da Mouser em que temos o modo de fazer sua aquisição e também o datasheet pelo link ao lado.

Descrição

O TMS320F28002x (F28002x) é um membro da família de microcontroladores de tempo real C2000™, composta por dispositivos escaláveis e de latência ultrabaixa, projetados para eficiência em eletrônica de potência, incluindo, entre outros: alta densidade de potência, altas frequências de comutação e suporte ao uso de tecnologias GaN e SiC.

Se bem que estejamos focando como aplicação principal o controle vetorial de motores BLDC o TMS320F28002x pode ser utilizado também em outras aplicações como:

- Inversores solares;
- Energia digital;
- Veículos elétricos e transporte;
- Sensoriamento e processamento de sinais.

O subsistema de controle em tempo real baseia-se no núcleo DSP C28x de 32 bits da TI, que oferece 100 MHz de desempenho de processamento de sinal para código de ponto flutuante

LINK: F280025PTSR Texas Instruments | Mouser Brazil - https://br.mouser.com/pt/ProductDetail/Texas-Instruments/F280025PTSR?qs=eP2BKZSCXI4mZbWkCAr2jw%3D%3D&utm_source=newtoncbraga&utm_medium=display&utm_content=search_es&utm_campaign=datasheet_search

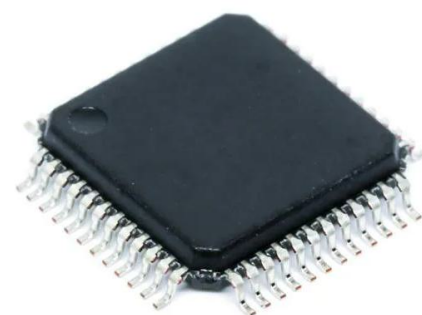


Figura 1 - O TMS320F28002x

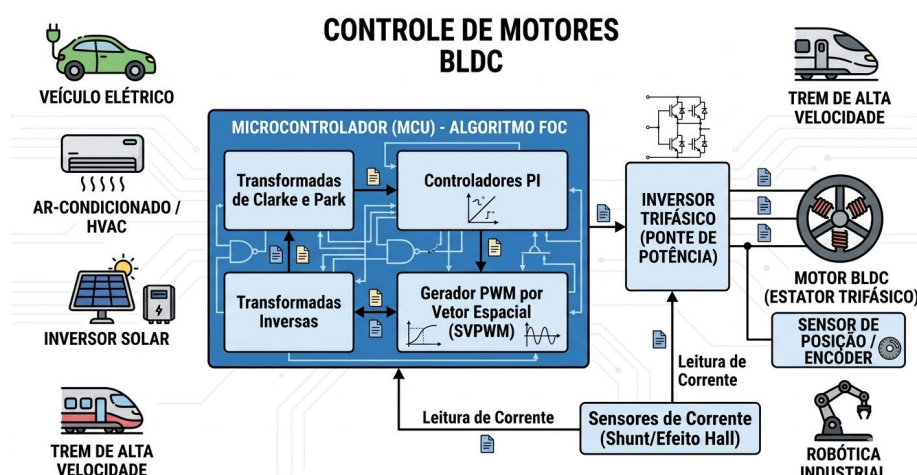


Figura 2 - Aplicações básicas

A inclusão do Bloco de Lógica Configurável (CLB) permite ao usuário adicionar lógica personalizada e, potencialmente, integrar funções semelhantes às de FPGA ao MCU de tempo real C2000. A



interface é suportada por várias portas de comunicação padrão da indústria (como SPI, SCI, I2C, PMBus, LIN e CAN) e oferece múltiplas opções de multiplexação de pinos para o posicionamento ideal dos sinais. A Fast Serial Interface (FSI) possibilita comunicações robustas de até 200 Mbps através de uma barreira de isolamento. Na **figura 3** temos o diagrama de blocos desta MCU.

Uma novidade na plataforma C2000 é o Host Interface Controller (HIC), uma interface de alto desempenho que permite que um host externo acesse diretamente os recursos do TMS320F28002x.

A série TMS é apresentada em diversas versões com formatos diferentes conforme a tabela.

Um diagrama de blocos importante é o que mostra como usar o MCU num módulo de controle de servo, mostrado na **figura 4**.

Package Information			
PART NUMBER	PACKAGE ⁽¹⁾	PACKAGE SIZE ⁽²⁾	BODY SIZE
TMS320F280025	PN (LQFP, 80)	14mm × 14mm	12mm × 12mm
	PM (LQFP, 64)	12mm × 12mm	10mm × 10mm
	PT (LQFP, 48)	9mm × 9mm	7mm × 7mm
TMS320F280025-Q1	PN (LQFP, 80)	14mm × 14mm	12mm × 12mm
	PM (LQFP, 64)	12mm × 12mm	10mm × 10mm
	PT (LQFP, 48)	9mm × 9mm	7mm × 7mm
TMS320F280025C	PN (LQFP, 80)	14mm × 14mm	12mm × 12mm
	PM (LQFP, 64)	12mm × 12mm	10mm × 10mm
	PT (LQFP, 48)	9mm × 9mm	7mm × 7mm
TMS320F280025C-Q1	PN (LQFP, 80)	14mm × 14mm	12mm × 12mm
	PM (LQFP, 64)	12mm × 12mm	10mm × 10mm
	PT (LQFP, 48)	9mm × 9mm	7mm × 7mm
TMS320F280023	PN (LQFP, 80)	14mm × 14mm	12mm × 12mm
	PM (LQFP, 64)	12mm × 12mm	10mm × 10mm
	PT (LQFP, 48)	9mm × 9mm	7mm × 7mm
TMS320F280023-Q1	PN (LQFP, 80)	14mm × 14mm	12mm × 12mm
	PM (LQFP, 64)	12mm × 12mm	10mm × 10mm
	PT (LQFP, 48)	9mm × 9mm	7mm × 7mm
TMS320F280023C	PN (LQFP, 80)	14mm × 14mm	12mm × 12mm
	PM (LQFP, 64)	12mm × 12mm	10mm × 10mm
	PT (LQFP, 48)	9mm × 9mm	7mm × 7mm
TMS320F280021	PT (LQFP, 48)	9mm × 9mm	7mm × 7mm
TMS320F280021-Q1	PT (LQFP, 48)	9mm × 9mm	7mm × 7mm

Tabela 1.

Outras aplicações podem ser encontradas no datasheet.

LINK: TMS320F28002x Real-Time Microcontrollers datasheet (Rev. C) - https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tms320f280025.pdf?ts=1788260086424&ref_url=www.newtoncbraga.com.br

Mas, além de um detalhado datasheet de 242 páginas, a Texas Instruments oferece diversos recursos dos MCUs da série C2000 facilitando a escolha para o desenvolvimento de um sistema de controle em tempo real.

Temos então o "Guia Essencial para Desenvolvimento com Microcontroladores de Tempo Real C2000™" da Texas Instruments disponível na página dos MCUs de controle em tempo real C2000™.

Temos ainda o guia de primeiros passos "Introdução aos Microcontroladores de Tempo Real (MCUs) C2000™" que aborda todos os aspectos do desenvolvimento com dispositivos C2000, desde o hardware até os recursos de suporte. Além de documentos de referência importantes, cada seção fornece links e recursos relevantes para aprofundar as informações apresentadas.

E, para o desenvolvimento de um projeto, temos a placa de avaliação TMDSCNCD280025C e faça o download do C2000Ware.

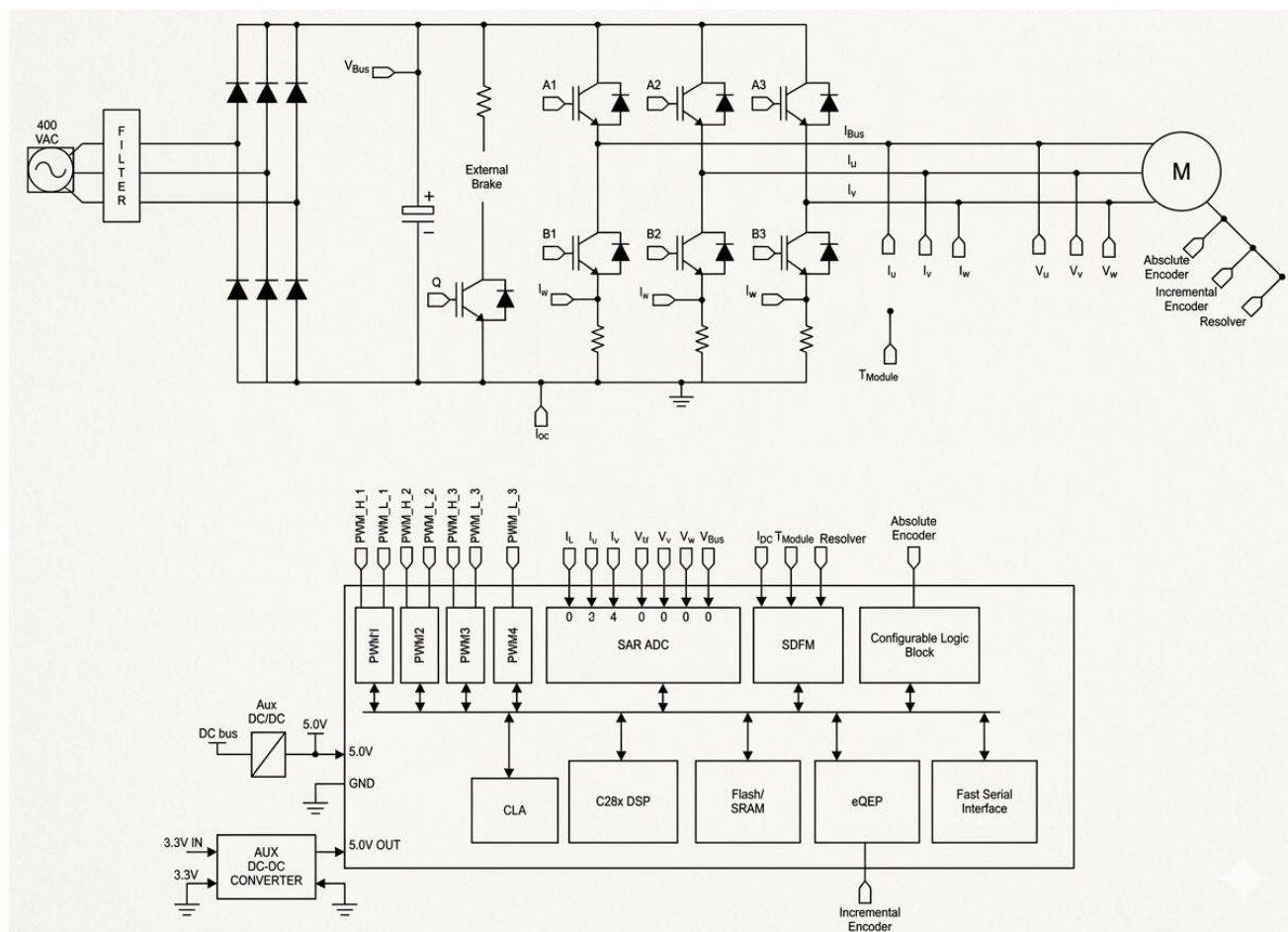


Figura 4 - Aplicação prática no controle de drive de servo.

A História da Eletrônica

Acompanhe em seu tocador
de podcast preferido a saga
da História da Eletrônica
narrada pelo
Prof. Newton C. Braga.



Toda semana um novo episódio



Como Funciona o Controle Vetorial dos Motores sem Escova (BLDC)

Newton C. Braga

Os motores de corrente contínua sem escova (BLDC) estão em uma infinidade de aplicações modernas, indo dos carros elétricos aos dispositivos de automação industrial e robótica. Se bem que o princípio básico seja do tradicional motor elétrico em que campos magnéticos criados por ímãs e bobinas interagem, as aplicações modernas que exigem torque e precisão levam a arranjos e circuitos de controle diferenciados. Neste artigo focalizamos a tecnologia do controle vetorial que é a mais utilizada atualmente.

Introdução

Existem basicamente três tipos de motores de corrente contínua e dois de corrente alternada em uso e que são bem conhecidos de nossos leitores. Na verdade, se quiserem saber mais sobre motores, temos um importante artigo no site que pode ser acessado pelo link abaixo. A **figura 1** mostra esses tipos.

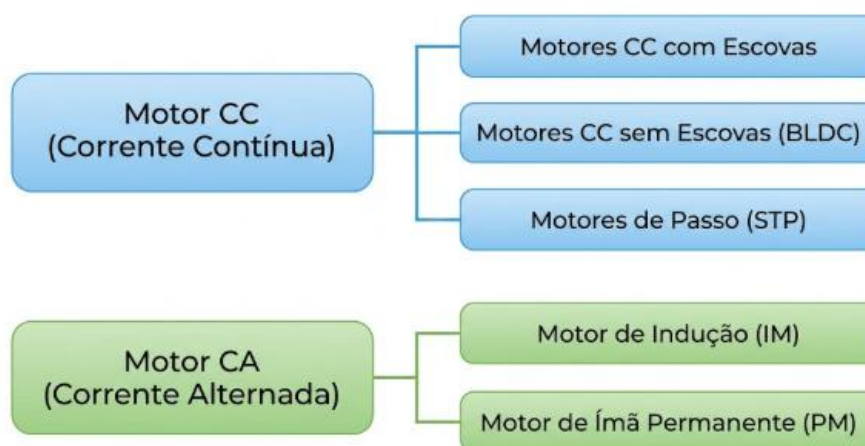


Figura 1 - Tipos de motores

<https://www.newtoncbraga.com.br/robotica-e-mecatronica/9435-todos-os-tipos-de-motores-mec149.html>

Analisemos os tipos de corrente contínua; O primeiro tipo, e mais tradicional, é o motor com escovas que serve justamente de ponto de partida para os estudos sobre esse tipo de componente que converte energia elétrica em energia mecânica. Ainda é usado em aplicações simples que não exigem nem muita precisão e nem muito torque.

O segundo tipo, que também é bastante popular nas aplicações em que a precisão é o elemento principal exigido, é o motor de passo, mas o princípio ainda é o mesmo: bobinas interagem com campos magnéticos determinando seu movimento (**figura 3**).

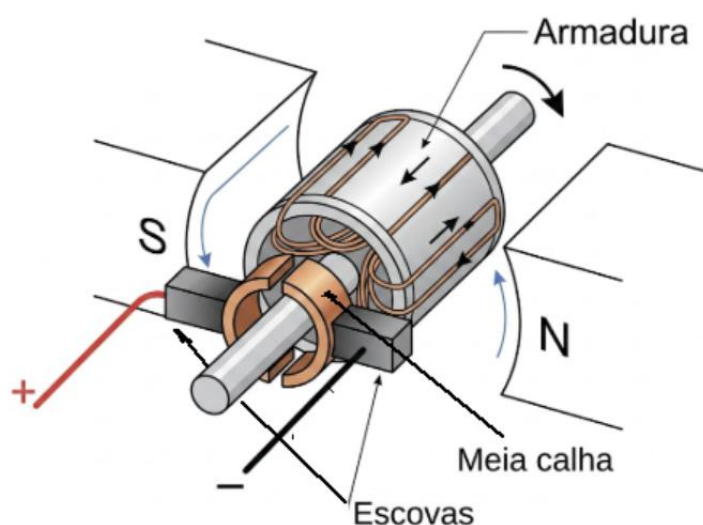


Figura 2 - Motores com escovas

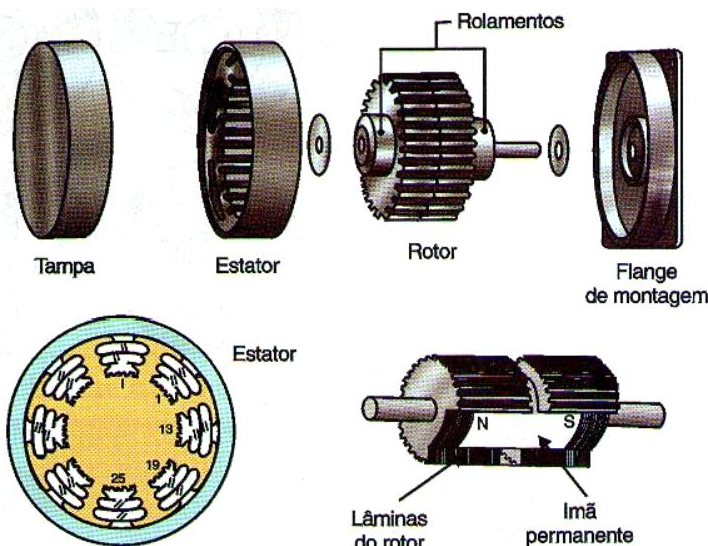


Figura 3 - Motores de passo.

Temos em nosso site um interessante artigo que aborda o princípio de funcionamento deste tipo de motor.

Finalmente temos os BLDC Motors ou Brushless DC Motors – Motores sem Escova para Corrente Contínua. Esses motores reúnem as características de torque e

precisa que as aplicações modernas exigem. Aplicações como carros elétricos, automatismos industriais e robótica são exemplos de campos de aplicação para esses motores (**figura 4**).

LINK: <https://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/14864-como-funcionam-os-motores-de-passo-mec306#gsc.tab=0>

www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/14864-como-funcionam-os-motores-de-passo-mec306#gsc.tab=0

Controlando um motor

Num motor de corrente contínua comum, o torque e a velocidade podem ser controlados de forma rudimentar variando-se a tensão aplicada e com isso a corrente aplicada, conforme mostra o circuito abaixo da **figura 5**.

Observe que não obtemos uma curva linear e ainda temos muitas perdas no reostato que dissipa calor.

Uma maneira de se ter um controle melhor é através do uso de PWM ou modulação de largura de pulsos. Com essa tecnologia podemos manter com boa estabilidade o torque, variando a velocidade. Nas aplicações mais simples este tipo de tecnologia é a utilizada.

Um circuito simples de PWM para pequenos motores DC é mostrado na **figura 6**.

Se você quiser saber mais sobre controles PWM de motores, sugerimos que acesse o artigo do site no link abaixo.

<https://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/775-controles-pwm-de-potencia-art006.html?showall=1#gsc.tab=0>

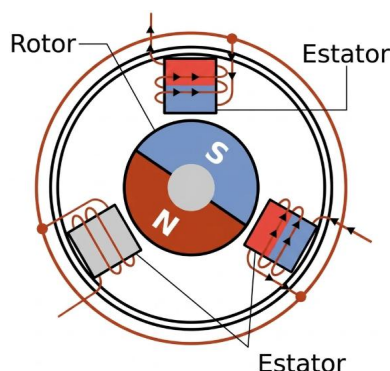


Figura 4 - Um motor BLDC.

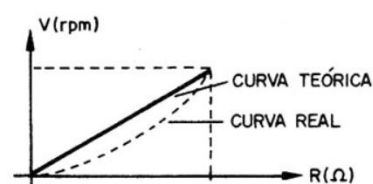
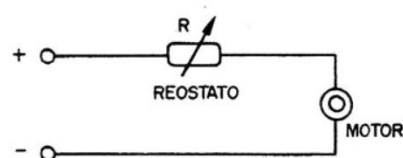


Figura 5 - Controle simples.

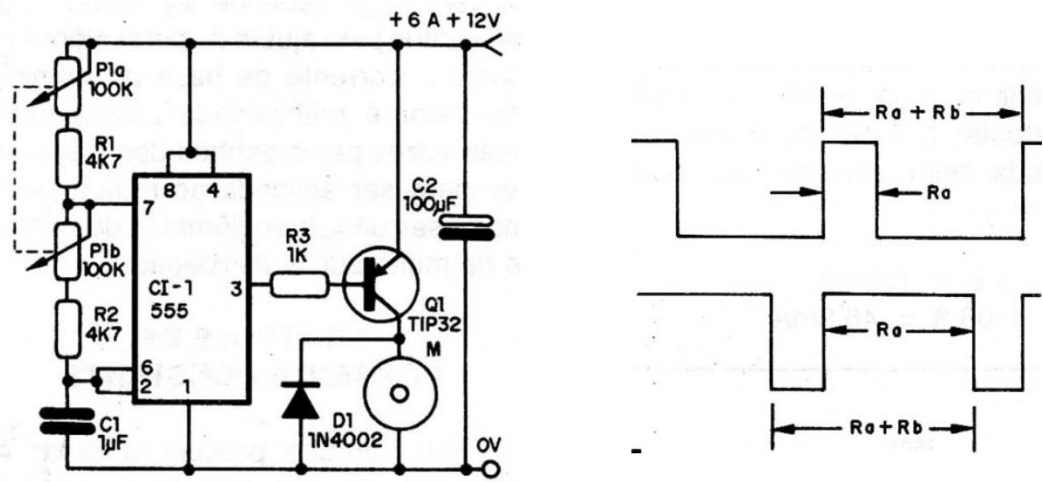


Figura 6 - Um controle "quase" PWM elaborado com o 555 para pequenos motores até 2A

Para os motores de passo existem circuitos especiais que geram sequências de pulsos de modo a se obter o posicionamento do eixo em ângulo desejado ou fazer sua rotação, conforme a aplicação. Mas, para os BLDC Motors a tecnologia é diferente. Para entender como funcionam seus controles, precisamos antes entender como funcionam.

O controle dos motores BLDC

Para entender como funcionam os controles desses motores especiais vamos partir de um modelo básico com 3 bobinas, conforme mostra a **figura 7**.

Na prática os motores podem ter mais bobinas, sempre em múltiplos de 3. Neste caso, percebemos que o ângulo entre as bobinas é de 120 graus.

O controle desse tipo de motor é então feito levando em conta esses ângulos que serão os ângulos de fase dos sinais utilizados. O que se faz então é aplicar os sinais de controle que fazem circular as correntes nas bobinas de modo que um campo magnético rotativo atue sobre os ímãs permanentes da parte móvel (rotor) do motor. Um circuito típico mostrado em blocos na **figura 8** mostra

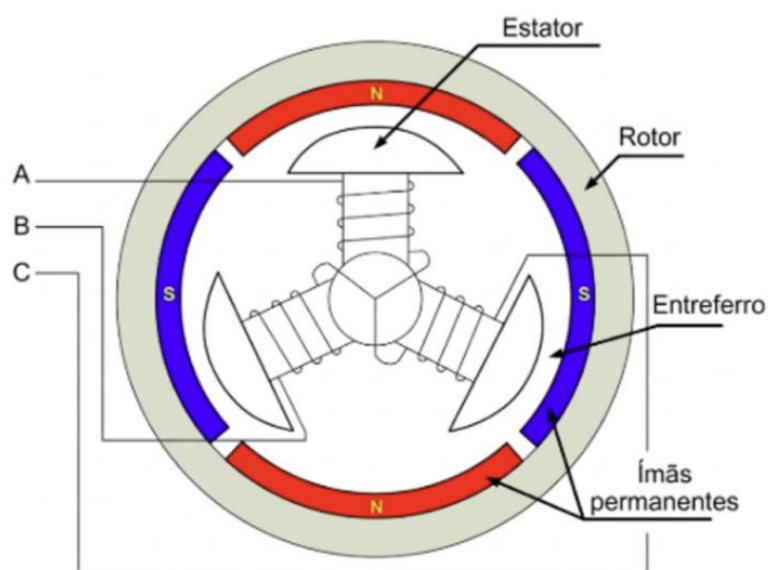


Figura 7 – Motor BLDC de 3 bobinas simplificado

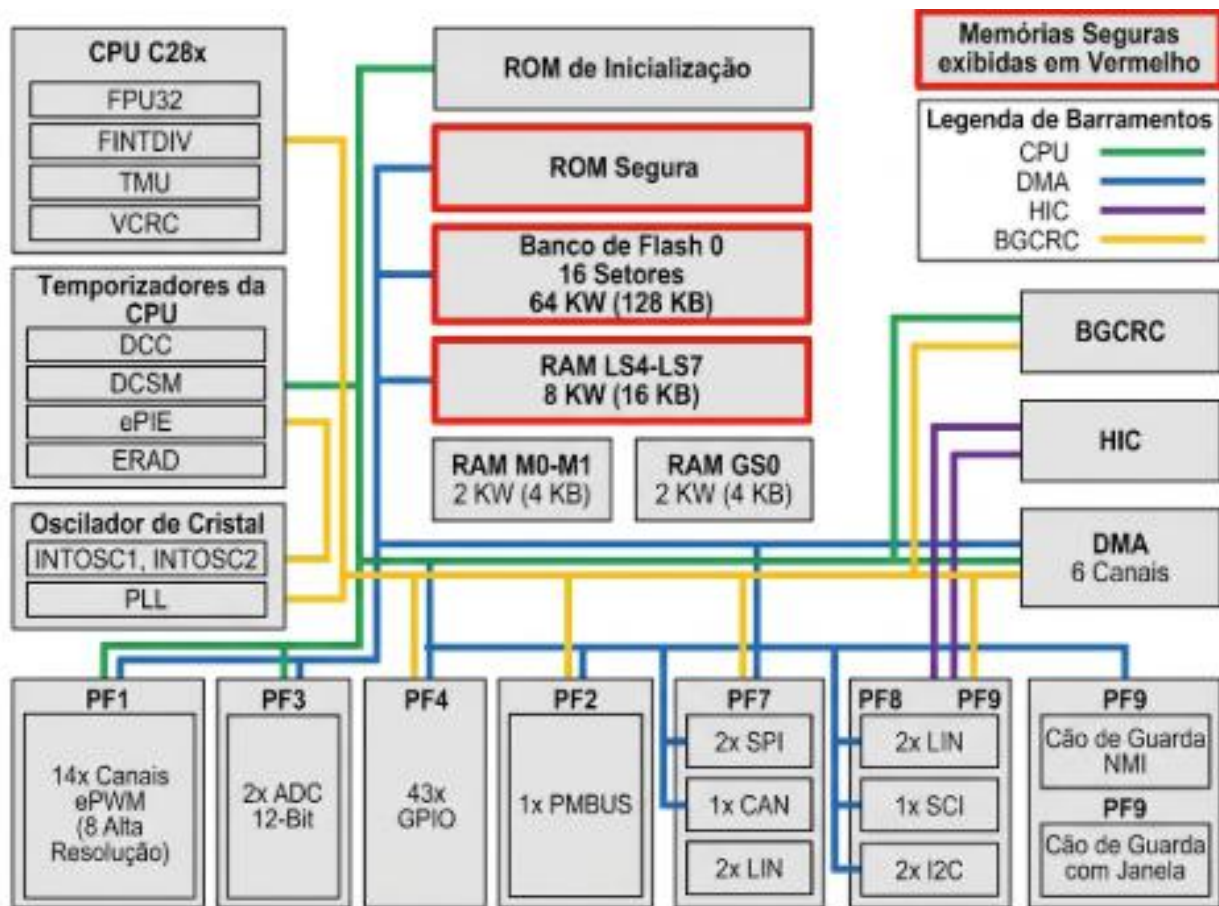


Figura 8 – Um circuito de controle em blocos para um motor com 3 bobinas
<https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tms320f280025.pdf?ts=1788111775631>

como se utiliza um loop (elo fechado de realimentação) para gerar as correntes de controle do motor. Um sensor de posição é utilizado para gerar o sinal que indica ao circuito quando cada pulso de corrente deve ser produzido.

Um dos componentes básicos neste sistema de controle é o sensor hall ou ainda um codificador óptico (encoder). O sinal aplicado a um microcontrolador é ajustado para se obter o melhor desempenho. As pequenas diferenças de fase que são utilizadas minimizam perdas e instabilidades no funcionamento do motor. Veja que, dependendo da aplicação existem inércias a serem compensadas quando, por exemplo, a carga que o motor precisar movimentar varia. No caso de um carro, por exemplo, isso leva em conta a presença de passageiros, inclinação da pista. Curvas, obstáculos como terreno acidentado e muito mais.

Evidentemente o uso de informações de diversos tipos de sensores e a ajuda da inteligência artificial (IA) ajudam a se obter o melhor desempenho em cada caso

O controle vetorial

Uma tecnologia que está além do que vimos e que ajuda a ter um melhor desempenho de um motor sem escovas é a do controle vetorial. A ideia é fazer o controle sem a necessidade de sensores e reduzir a necessidade de cálculos complexos para se obter o melhor desempenho. Como isso é possível é o que veremos agora. [1]

Como a simplificação do controle, além de reduzirmos a taxa de falhas, temos ainda a maior facilidade de implementação e menor custo pela redução do espaço ocupado. Outro aspecto está na eletrônica mais simples, já que cálculos menos complexos são exigidos para se obter o controle;

A aplicação de pulsos trapezoidais no controle de motores sem escovas e mesmo PWM tem sido utilizada em muitas aplicações, mas ela não é a solução ideal para o caso de controles mais avançados como o vetorial.

Os sinais trapezoidais tendem a introduzir um ripple no funcionamento dos motores durante a comutação. As transições rápidas de um sinal trapezoidal apresentam problemas para um controle suave do motor, principalmente em baixas rotações. (**figura 9**)

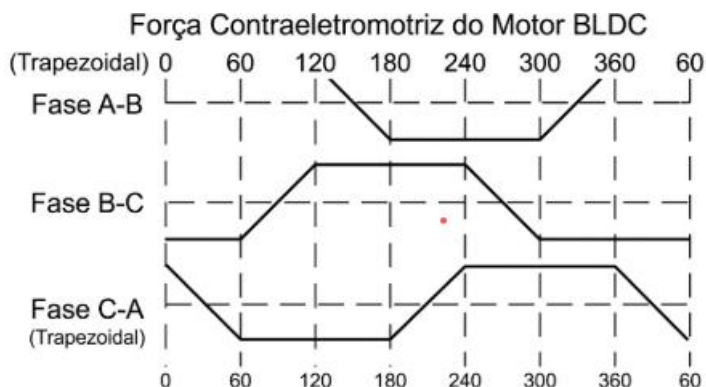


Figura 9 – Sinal trapezoidal de controle

Por outro lado, se aplicarmos sinais senoidais, teremos um funcionamento suave com a transição do modo como as bobinas são energizadas em sequência. A **figura 10** mostra o que ocorre, com os fasores em cores indicando as tensões de controle e portanto as correntes circulantes num determinado ângulo.

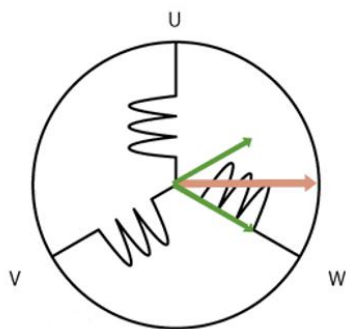


Figura 10 – Correntes para um determinado instante nas três fases.

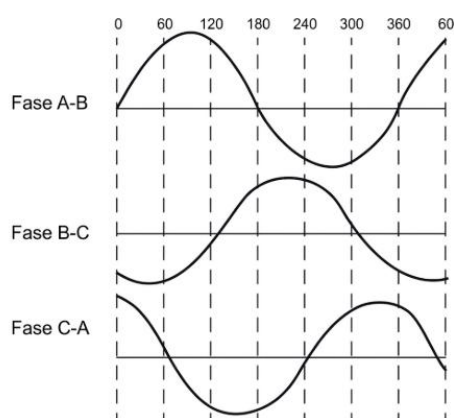


Figura 11 – Usando correntes senoidais

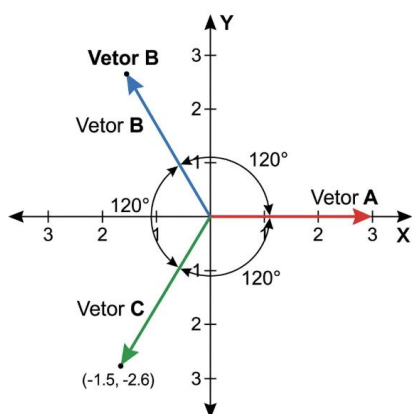


Figura 12 – A informação ortogonal de 2 intensidades e uma fase para o que ocorre no motor controlado.

O gráfico da **figura 11** mostra como as correntes são aplicadas.

Assim. Pela corrente nesses sensores pode-se determinar a posição do rotor. E, para utilizar esta informação para ser utilizada num microcontrolador, basta fazer sua conversão para o formato digital. Um ADC é utilizado para esta finalidade.

A informação obtida digitalmente é então convertida em duas informações de corrente e uma informação de fase em 3 representadas num sistema ortogonal, conforme mostra a **figura 12**.

Com essas informações em quadratura o algoritmo utilizado pelo microprocessador pode então fazer cálculos complexos que permitem aplicar as correntes nos tempos e intensidades desejadas para o melhor desempenho naquele momento. Assim, as correntes são determinadas para se obter o torque e a velocidade desejada para a situação sensoriada naquele momento.

A forma dos pulsos de controle

Conforme vimos, para evitar os problemas de ripple e se obter um controle suave em toda a faixa de rotações do motor, o sinal senoidal é utilizado. Num controle trifásico, como é utilizado, a obtenção dos sinais é mais complicada, mas traz benefícios ao desempenho.

Dentre os benefícios temos a manutenção do torque elevado em toda faixa de rotações, independentemente da carga. Em especial as aplicações cirúrgicas em que as rotações podem alcançar 100 000 rpm este tipo de controle se mostra com excelente desempenho.

É claro que algumas implementações podem ser necessárias em determinadas aplicações para

se conseguir o desempenho desejado. Por exemplo, em alguns casos pode ser necessário utilizar um encoder para se obter informações sobre a posição dos rotores em cada instante com a precisão necessária à aplicação. O custo extra pode ser compensado pelo desempenho.

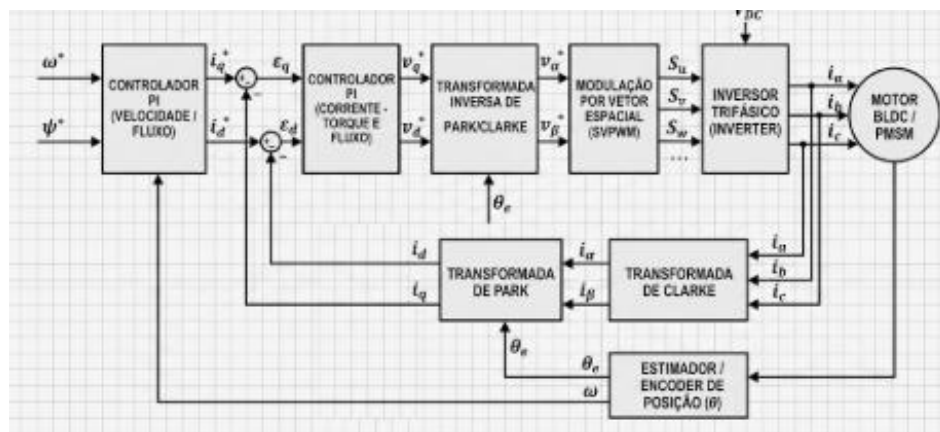


Figura 13 – Diagrama de blocos de um controle de motor BLDC vetorial

Projetando um controle vetorial

Para se conseguir os sinais necessários à alimentação do motor num controle vetorial, circuitos especializados devem ser utilizados. Diversos fabricantes possuem em sua linha de produtos MCUs especializadas no controle vetorial de motores. (Consulte a Mouser para ter uma linha de produtos para comparação). É importante observar que não são todos os controles baseados em MCUs que são iguais. Uma análise de cada um permite escolher o tipo específico para determinada aplicação.

Na **figura 13** temos um diagrama típico de um controle vetorial, com parte dos blocos que devem estar na MCU.

Os tipos podem variar de estrutura conforme a aplicação. Basicamente, são formadas por circuitos de entrada e saída, para sensores e os componentes de potência que controlam o motor, a unidade de processamento, uma memória onde temos as instruções e os dados a serem utilizados armazenados

Para os circuitos de entrada temos os ADCs que convertem as informações analógicas para o formato digital e para a saída os processados que convertem os sinais digitais para a forma senoidal utilizada neste tipo de dispositivo.

Como elemento periférico importante destacamos os MOSFETs de potência ou IGBTs que devem ter características que permitam processar eficientemente os sinais.

Para os MOSFETs é importante uma baixa $R_{ds(on)}$ (Resistência entre reno e fonte no estado de condução), que deve ser a mais baixa possível para minimizar as perdas e, portanto, a dissipação de calor.

Conclusão

Automação significa diversos setores de aplicações, incluindo a indústria, residências, embarcados, eletrodomésticos, robótica e muito mais. Um elemento comum a todas as aplicações é o motor sem escovas (BLDC) que necessita de um tratamento especial em qualquer projeto.

A tecnologia do controle vetorial é talvez a mais importante de nossos tempos devendo ser implementada com os devidos cuidados nas escolhas dos elementos a serem utilizadas num projeto. Neste artigo demos uma breve visão de como ela funciona.

Num artigo complementar focalizaremos como exemplo um componente específico para este tipo de aplicação, mostrando detalhes de seu funcionamento e como ele pode ser obtido pela Mouser (www.mouser.com)

Referências

Princípios dos motores Brushless DC (BLDC) e a maneira correta de usá-los

- <https://www.holrymotor.com/principles-of-brushless-dc-bldc-motors-and-the-correct-way-to-use-them.html>

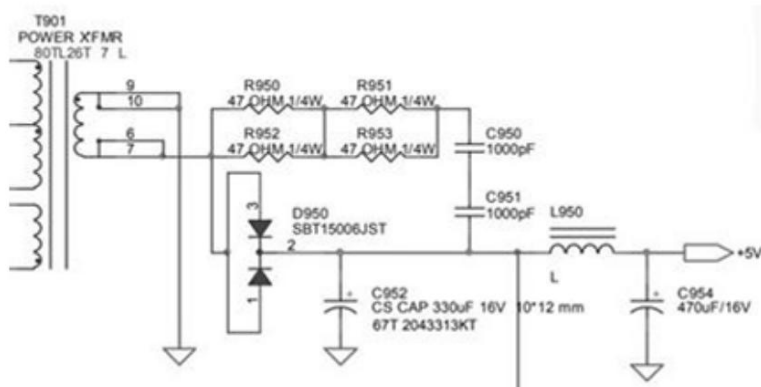
ACOMPANHE A NOSSA SÉRIE NO YOUTUBE

PRIMEIROS PASSOS COM A RASPBERRY PI PICO



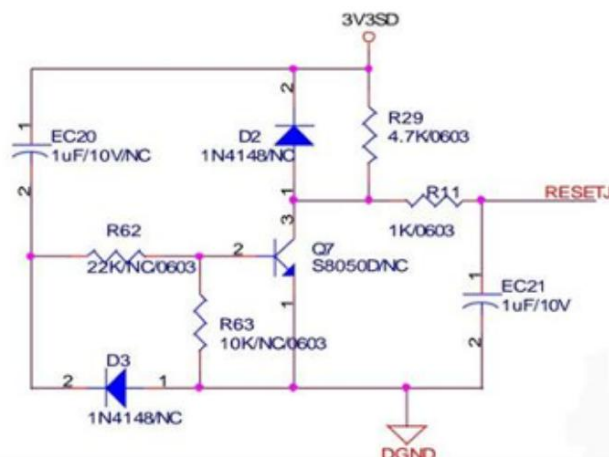
Ficha: 141	Defeito: Não liga (LED power piscando)
Marca: AOC	Aparelho/Modelo: TV LCD D26W931
Service	Autor: Alexandre J. Nário

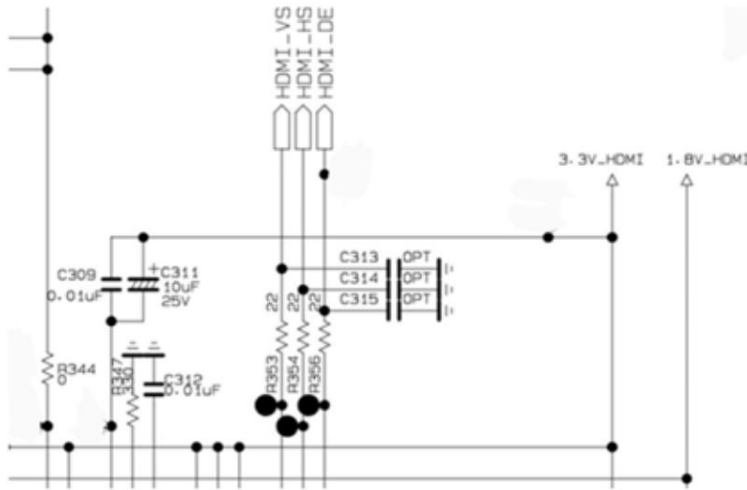
Pelas características do defeito, iniciei minhas pesquisas pelo circuito da fonte chaveada. Com o auxílio de um multímetro analógico, verifiquei as tensões no secundário e encontrei a tensão +5V um pouco baixa e pulsando. Desliguei o aparelho e pesquisando os componentes da linha +5V, cheguei ao capacitor eletrolítico C952 (330uF/16V) com alterações (fugas). Feita a substituição desse componente, o defeito foi sanado e televisor voltou a funcionar normalmente.



Ficha: 143	Defeito: Dificuldades para ligar
Marca: Lennox	Aparelho/Modelo: Mini System MS841
Service	Autor: Alexandre J. Nário

Ao abrir o aparelho, fiz uma análise visual detalhada e refiz todas as soldas nas placas de circuito impresso, mas o defeito permaneceu. Como as tensões estavam normais na saída da fonte, mesmo durante o defeito, suspeitei dos circuitos de clock e reset. Com o auxílio do osciloscópio, notei que o terminal 99 (reset) do microcontrolador U1 não mudava de nível lógico ao ser acionada a tecla power no painel ou no controle remoto. Analisando os componentes do circuito de reset, encontrei o capacitor eletrolítico EC21 (1uF/10V) com fugas elevadas, comprometendo a inicialização do aparelho. Realizei a sua substituição e, com isso, o defeito desapareceu.



Ficha: 142	Defeito: Portas HDMI falhando
Marca: LG	Aparelho/Modelo: TV LCD 32LC4R
Service	Autor: Alexandre J. Nário
De início pude perceber que as portas HDMI só funcionavam após várias tentativas ligando e desligando o televisor. Troquei o cabo, refiz as soldas nos conectores (portas) e no circuito integrado chaveador HDMI IC303 (ANX8021), mas o problema persistiu. Passei a verificar as tensões +3,3V e +1,8V que alimentam o integrado IC303 com o auxílio do osciloscópio. A tensão +1,8V encontrava-se normal, porém a tensão +3,3V estava um pouco baixa (2,9V) e com ripple. Com o aparelho desligado da rede elétrica, testei os componentes associados à alimentação +3,3V e cheguei ao capacitor eletrolítico C311 (10uF/25V) com fugas. Ao fazer a troca do componente, o defeito sumiu.	
	
Ficha: 144	Defeito: Não aciona o servomotor
Marca: Fresat	Aparelho/Modelo: Fresat
Service	Autor: Alexandre J. Nário
Pós ligar um servomotor no receptor do cliente, não houve a mudança de polarização vertical/horizontal. Conclui então que o defeito estava no circuito interior ao receptor. Analisando o diagrama do aparelho, observei que o componente responsável por gerar o pulso para a mudança de fase é o integrado U9 (NE555). Inicialmente, testei os componentes periféricos do integrado U9, mas não encontrei nada de anormal. Retirei o integrado do circuito e realizando medidas de resistência comparadas a um componente em bom estado, ficou comprovado que havia alterações no CI U9 (NE555). Efetivada a substituição, o problema foi sanado e o aparelho voltou a funcionar normalmente.	
