

revista  
**INCBELETRÔNICA**

**Processo de  
Desenvolvimento  
de Produto (PDP)**

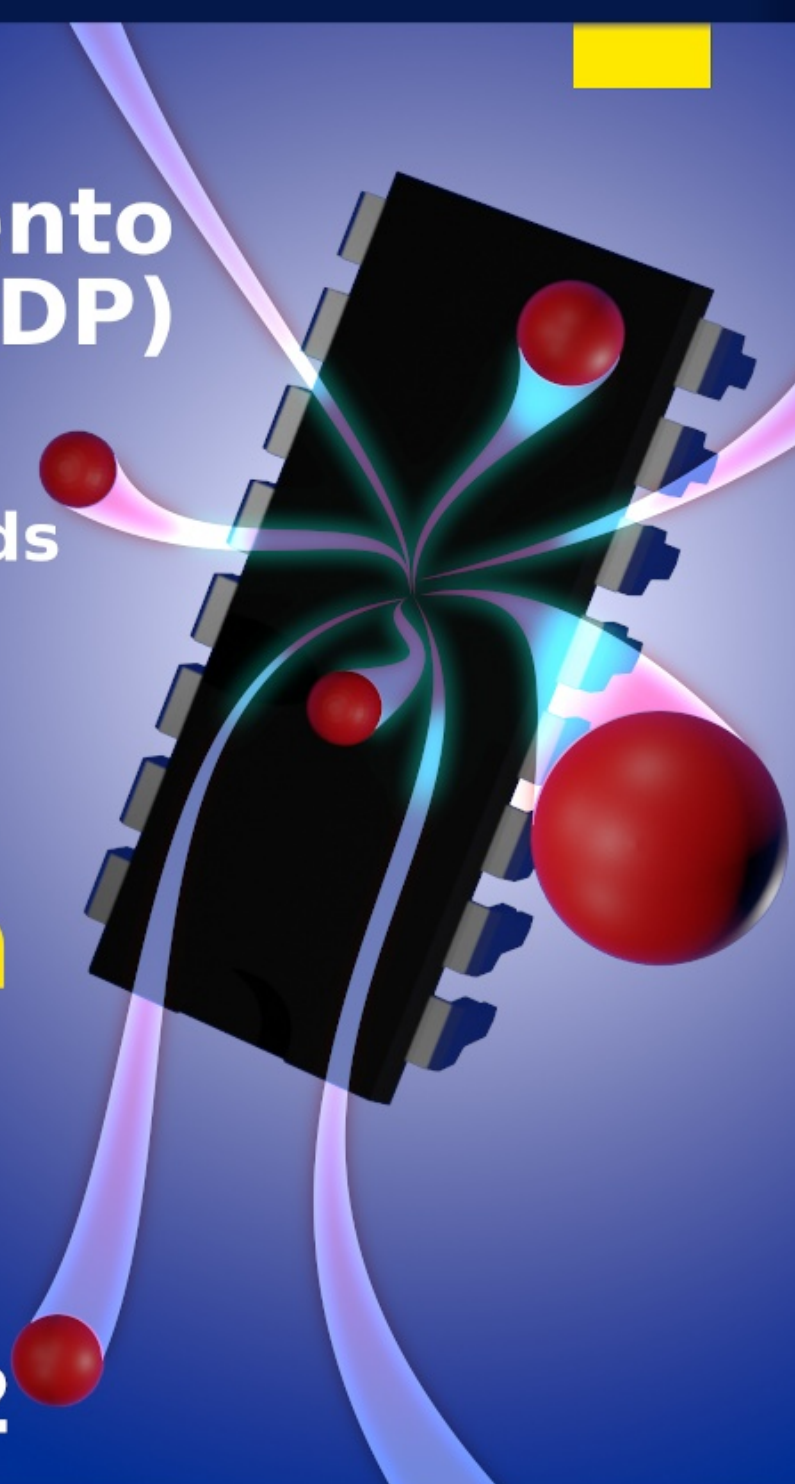
**Coletânea de Shields  
para Motores**

**Vem aí a  
Eletrônica  
Quântica**

**Utilizando o  
ADC do ESP32**

**Multímetros para os  
profissionais de service**

**Conheça o  
4093**





## **Expediente**

### **Revista INCB Eletrônica**

Revista do Instituto Newton C. Braga

Ano 1 – Edição nº 3 - 2021

## **Editor-chefe**

Newton C. Braga

## **Produção Gráfica – Redação:**

Renato Paiotti

## **Atendimento ao leitor:**

leitor@newtoncbraga.com.br

## **Atendimento ao cliente:**

publicidade@newtoncbraga.com.br

## **Impressão:**

Clube dos autores

<https://clubedeautores.com.br>

## **Conselho editorial:**

Newton C. Braga

Renato Paiotti

Luiz Henrique Correa Bernardes

Antonio Carlos Gasparetti

José Carlos Valbão

Marcos de Lima Carlos

## **Administração:**

Newton C. Braga (CEO)

Marcelo Lima Braga

(Gerente Administrativo)

## **Jornalista Responsável:**

Marcelo Lima Braga

MTB 0064610SP

## **Colaboradores:**

Pedro Berttoleti

Luiz Henrique Correa Bernardes

Marcio José Soares

Alfonso Pérez

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

## **A Chegada de Novos Tempos com a Eletrônica Quântica**

Chegamos ao terceiro número da revista INCB Eletrônica. Nossa revista, num formato tradicional, aborda questões tecnológicas do passado, do presente e do futuro. E o futuro já é agora com a Eletrônica Quântica dando os ares de sua presença já em componentes que logo usaremos. Uma transição importante que abordamos em nosso artigo de entrada. Mas, teremos muito mais, com as seções tradicionais, com projetos, artigos informativos, e muito mais.

Com seu formato tradicional temos o diferencial de ser uma mídia interativa que apresenta links para informações adicionais no site, QR Code que permite você acessar informações no site a partir da versão impressa e muito mais.

A abordagem do futuro que cada vez mais estará presente em nossas vidas. Ainda na Pandemia, percebemos como ela está mudando nossa vida nos levando à necessidade cada vez maior de adquirirmos conhecimentos através de meios não convencionais. O aprendizado presencial está caindo em desuso, sendo substituídos por mídias virtuais e a nossa revista é uma delas.

Como revistas tradicionais antigas que eram indicadas por professores para se obter material complementar, esta continua com a mesma função e de uma forma ampliada. Ela não será apenas uma indicação, mas parte de todo o tipo de aprendizado de agora e do futuro. Boa leitura e aproveite para baixar as edições anteriores no link do QRcode abaixo.

**Newton C. Braga**



## COMO FUNCIONA

Conheça o 4093 ..... 4

## NOVAS TECNOLOGIAS

Vem aí a Eletrônica Quântica .....12

## COMPONENTES EM DESTAQUE

MFRC522 - Leitor de RFID .....16

AD8232 - Monitor de Batimentos Cardíacos ..... 19

## PRÁTICAS DE SERVICE

Multímetros para os profissionais de service ..... 22

Fichas de Service ..... 56

Usando o Amperímetro tipo Alicata ..... 61

## DESENVOLVIMENTO

Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) ..... 26

## DESAFIO - TESTE SEUS CONHECIMENTOS

Número Mágicos .....32

## PROJETOS E CIRCUITOS

Coletânea de Shields para Motores ..... 34

Conheça o Drive de Motor VNH2SP30 ..... 40

O Mais Simples dos Provadores ..... 54

## MATEMÁTICA

Calculando um Ohmímetro .....42

## MICROCONTROLADORES

Utilizando o ADC do ESP32 ..... 46

## FÍSICA

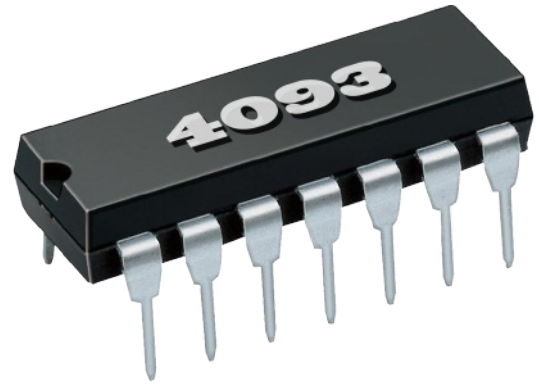
Um capacitor do tamanho da terra .....51

---

NOTÍCIAS E COMPONENTES .....10

DATASHEET - 4017 - Decade Counter Divider  
With 10 Decoded Outputs .....60

# Conheça o 4093



Newton C. Braga

Na abordagem de componentes eletrônicos comuns, da família CMOS e de outras, focalizamos, neste artigo, um dos membros mais versáteis e que pode ser de grande utilidade numa infinidade de projetos. Trata-se do integrado 4093, que consiste em quatro disparadores NAND num único invólucro. Com ele poderemos projetar chaves de toque, osciladores, conformadores de ondas e muitos outros circuitos de grande utilidade.

O Circuito integrado 4093 é formado por quatro portas NAND do tipo Schmitt-trigger, ou seja, circuito dotado de característica de transição do nível baixo para o alto muito rápida (que será explicada mais adiante).

Este integrado é encontrado em invólucro DIL (Dual In Line) de 14 pinos, com a identificação interna mostrada na figura 1.

A tensão de alimentação permitida está na faixa de 3 a 18 V e cada uma das portas, que possui duas entradas e uma saída, pode funcionar de maneira independente. Para entender melhor as características deste circuito, será interessante recordarmos o princípio de funcionamento dos disparadores Schmitt ou Schmitt-triggers.

A transição do nível alto para o nível baixo, e vice-versa, na saída de uma função lógica depende de variação do sinal de entrada, ou seja, de seu nível.

Para uma função NAND ideal deveríamos ter os mesmos pontos de

transição do nível baixo para o alto, e do alto para o baixo, em função das tensões de entrada, conforme mostra a figura 2.

Atingindo o nível de transição, a subida da tensão de saída ou sua queda deveria ocorrer de maneira abrupta, com uma mudança de nível praticamente sem pontos intermediários. Na prática, entretanto, a transição que ocorre nas portas lógicas não é tão rápida, o que pode trazer problemas de funcionamento.

Existem, pois, tensões de entrada proibidas, que podem causar o aparecimento de níveis de tensão na saída que não correspondam nem ao zero nem ao um lógico, ou seja, níveis proibidos (figura 3).

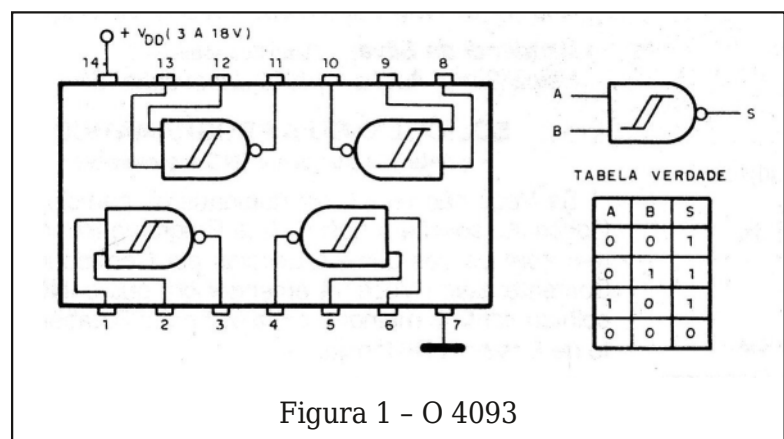


Figura 1 - O 4093

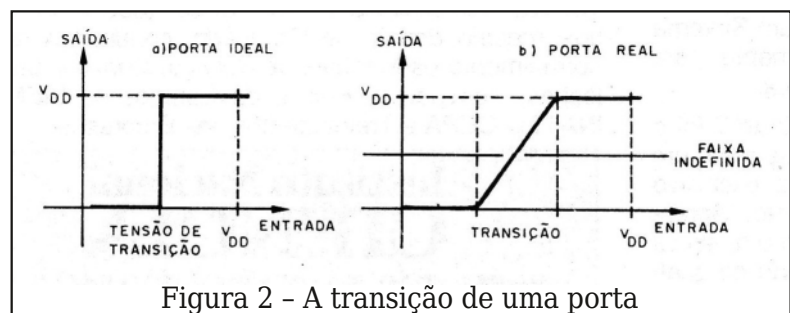


Figura 2 - A transição de uma porta



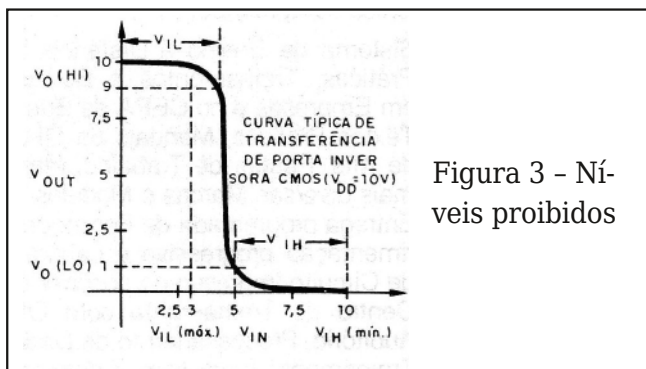


Figura 3 - Níveis proibidos

Com a utilização de circuitos que possuam forte realimentação interna, podemos tomar abrupta a transição de um circuito deste tipo e, além disso, dotá-lo de uma característica adicional, que é a histerese.

Estes circuitos, utilizados numa infinidade de aplicações, são os disparadores ou "triggers" de Schmitt. No entanto, o que nos interessa nestes circuitos é sua histerese, que pode ser facilmente visualizada na figura 4.

Pelo gráfico, em que temos a característica deste integrado, podemos ver que a transição do nível baixo para o nível alto ocorre com um nível de entrada diferente da que causa a transição do nível alto para o baixo.

No 4093 esta diferença é de 2,0 V com uma tensão de alimentação de 10 V, sem nenhum componente externo. Para uma alimentação de 5,0 V, esta diferença é da ordem de 0,6 V. Podemos dizer que a histerese caracteriza um caminho "de ida" diferente do caminho "de volta" para o sinal.

Mas, além da característica de uma comutação muito rápida, o que mais pode nos fornecer a histerese?

Como temos uma tensão de disparo menor do que a que o faz retornar à situação inicial, o trigger pode facilmente "travar" com sinais de entrada tão logo eles atinjam o valor necessário à comutação e, com isso, forne-

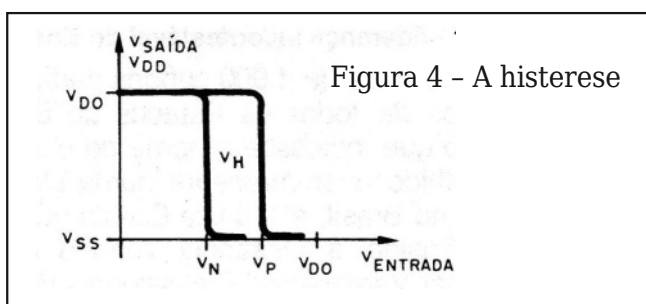


Figura 4 - A histerese

cer uma ação rápida que evita o chamado repique.

Quando acionamos um interruptor, o estabelecimento da corrente não se faz de maneira a termos uma transição firme ou pura do nível baixo para o alto, mas sim de forma a termos um intervalo de tempo, durante o estabelecimento do contato, em que a tensão varia segundo um padrão irregular, conforme mostra a figura 5.

Este padrão resulta no chamado repique, ou seja, na interpretação do circuito que está à frente não de um fechamento simples, mas sim de uma seqüência de pulsos. Se o sistema for usado para acionar um contador, por exemplo, um interruptor do tipo tecla, o que teremos será a interpretação não de um pulso, mas de diversos.

Com a ligação de um disparador, logo que o primeiro pulso do repique atingir o nível necessário à sua comutação, ele tem sua saída passando para outro nível e "travando", independentemente das variações de tensão que possam ocorrer na entrada.

A histerese ainda possibilita a elaboração de circuitos osciladores, pois existe realmente um "ganho" na diferença de níveis em que ocorre a transição de ida e de volta.

### O 4093

Antes de passarmos diretamente às aplicações do 4093 será interessante vermos suas principais características. A tabela 1 da próxima página fornece as principais características do 4093.

Na figura 6 temos um circuito equivalente interno de cada porta, mostrando que a porta NAND é, na verdade, ligada à dois inversores.

Passamos, então, às aplicações práticas.

A primeira possibilidade e a mais simples,

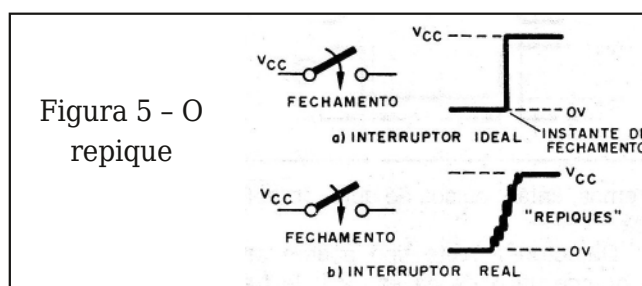


Figura 5 - O repique

CARACTERÍSTICAS	Vdd (V)	VALOR TÍPICO
Corrente quiescente	5	0,001 $\mu$ A
Tensão de saída: nível baixo	5 10	0V 0V
nível alto	5 10	5V 10V
Corrente drenada na saída	5 10	0,8mA 1,8mA
Corrente fornecida na saída	5 10	-0,8mA -1,8mA
Limiar positivo de tensão	5 10	2,6V 5,2V
Limiar negativo de tensão	5 10	2,0V 3,5V
Tensão de histerese	5 10	0,6V 1,7V

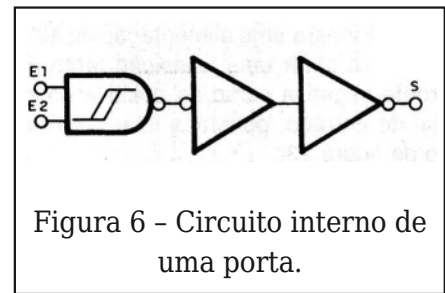


Figura 6 - Circuito interno de uma porta.

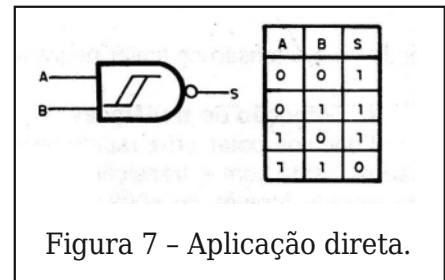


Figura 7 - Aplicação direta.

consiste na utilização da porta NAND como inversora, conforme mostra a figura 7.

A tabela verdade, dada junto ao diagrama, mostra o funcionamento, mas devemos levar em conta a existência da histerese. Nas aplicações que se seguem podemos aproveitar o 4093 na sua própria função de disparador NAND ou então, ligando juntas suas duas entradas, podemos transformá-lo num disparador Inversor.

Uma outra maneira de se obter um disparador consiste em se ligar uma das entradas ao positivo da alimentação, conforme mostrado na figura 8.

**a) Conversão de sinais**

Esta é uma aplicação muito útil em circuitos digitais.

Podemos transformar sinais de diversas formas de onda em sinais retangulares através de um Schmitt-trigger, conforme mostra a figura 9.

Nesta figura temos um circuito básico para tornar retangulares sinais senoidais. Os re-

sistores R1 e R2 devem ser dimensionados para polarizar a entrada da porta na metade da tensão de alimentação, ou seja, devem ter os mesmos valores. Podemos aperfeiçoar este circuito com a utilização de um ajuste de polarização.

Com este ajuste podemos levar a tensão exatamente no ponto médio da transição, com o que obtemos um ciclo ativo de 50% para o sinal de saída (figura 10).

**b) Retardamento de sinais**

Uma outra aplicação interessante para as portas NAND disparadoras ou Inversores disparadores consiste em circuitos de retardo de pulsos ou formas de onda. Podemos retardar a borda positiva ou transição positiva; podemos retardar a borda negativa ou transição negativa e, finalmente, podemos fazer os dois retardos.

Na figura 11 temos um primeiro circuito que serve para retardar a transição positiva.

O tempo  $t_{d+}$  de retardamento da borda positiva depende dos valores de R e de C,

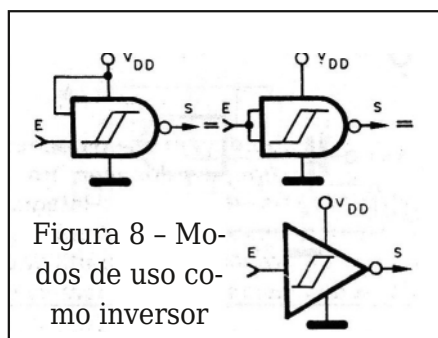


Figura 8 - Modos de uso como inversor

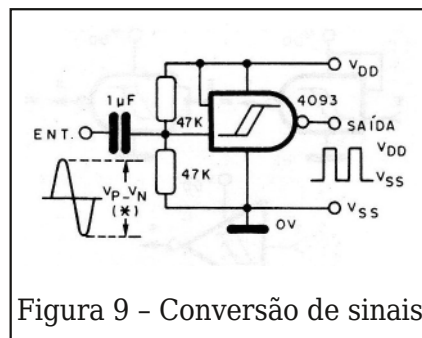


Figura 9 - Conversão de sinais

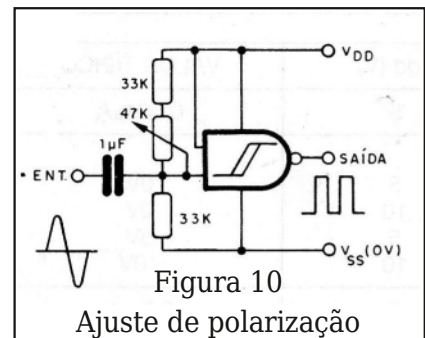


Figura 10 Ajuste de polarização

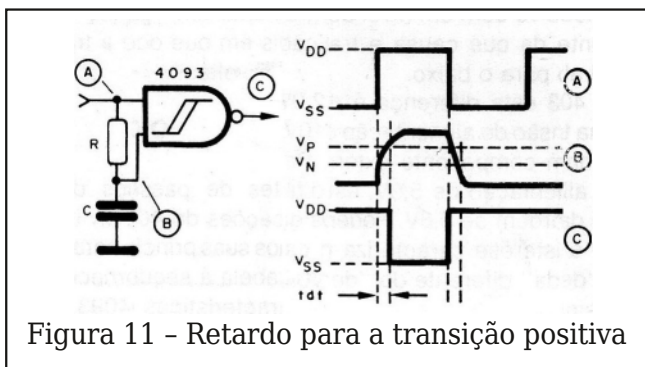


Figura 11 - Retardo para a transição positiva

conforme a seguinte fórmula:

$$td+ = RC \ln [ Vdd / ( Vdd - Vp ) ]$$

Onde Vp é a tensão de limiar positivo, de -2,6 V para uma alimentação de 5 V e de 5,2 V para uma alimentação de 10 V. Na figura 12 temos uma maneira de se fazer o retardamento da borda negativa ou da transição negativa.

O tempo td- de retardamento também depende de R e de C e é dado pela fórmula:

$$td- = RC \ln ( Vdd/Vn )$$

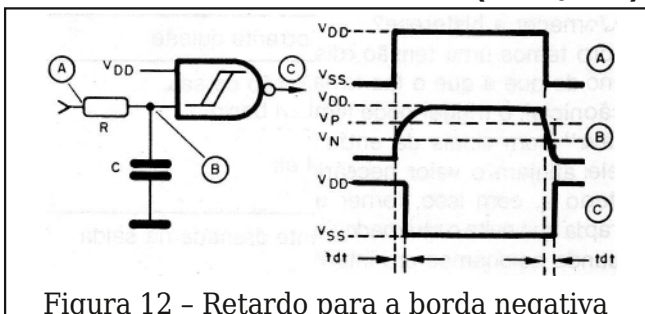


Figura 12 - Retardo para a borda negativa

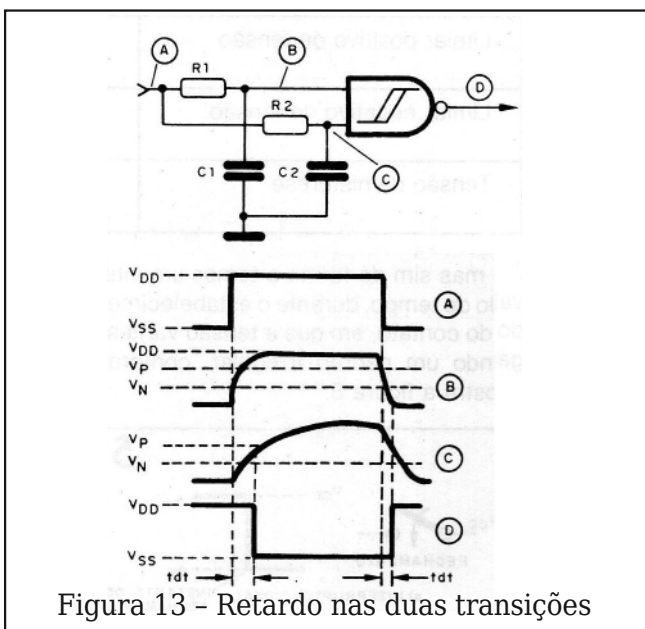


Figura 13 - Retardo nas duas transições

Onde Vn é a tensão de limiar negativo, de 2,0 V para uma alimentação de 5,0 V e de 3,5 V para uma alimentação de 10 V. Para obter uma transição tanto na frente negativa como na positiva do sinal de entrada, podemos usar o circuito da figura 13.

Os dois tempos dependem dos elementos das duas redes de retardo, e são dados por:

$$td+ = R2C2 \ln [ Vdd / ( Vdd - Vp ) ]$$

Onde Vp é a tensão de limiar positivo, e

$$td- = C1 R1 \ln Vdd/Vn$$

Onde Vn é a tensão de limiar negativo.

**c) Detecção de transições**

Podemos obter uma rápida transição da saída com a transição do sinal de entrada através do 4093. Na saída teremos, então, pulsos de duração definida.

Detectores deste tipo podem ser de grande utilidade na entrada de frequencímetros, tacômetros etc., pois convertem sinais de ciclos ativos irregulares em um trem -de pulsos de duração definida. Na figura 14 temos um primeiro circuito que detecta a frente ou transição positiva, fornecendo um pulso negativo em sua saída, cuja duração depende de R e de C.

Na figura 15 temos dois circuitos anti-repi-

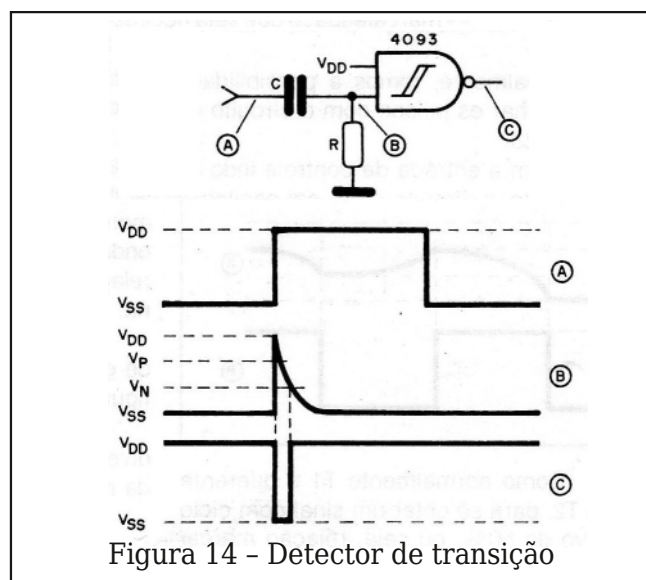


Figura 14 - Detector de transição

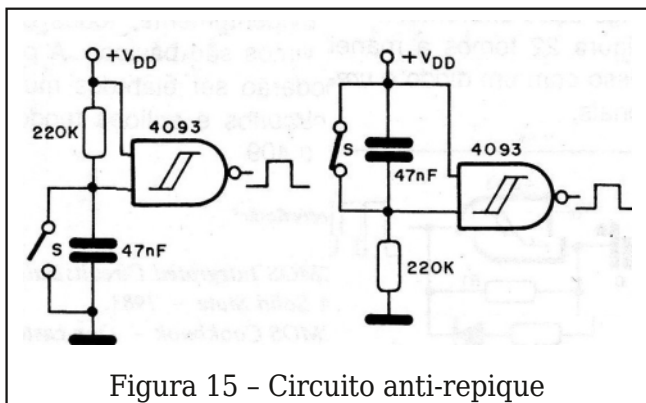


Figura 15 - Circuito anti-repique

ques, baseados nesta configuração.

O primeiro circuito utiliza uma chave normalmente aberta e fornece na saída um pulso de duração determinada. O resistor e o capacitor devem ser dimensionados de tal forma a fornecerem uma constante de tempo pelo menos 3 vezes maior que o tempo de repique do interruptor utilizado.

O segundo circuito emprega uma chave NF (Normalmente Fechada).

Na figura 16 temos uma versão mais elaborada de um interruptor sem repique, tendo por base uma das portas do 4093.

Quando pressionado, o interruptor leva imediatamente a saída ao nível alto.

Quando livre, existe ainda um intervalo de tempo, em função dos componentes, até que a saída volte ao nível baixo.

**d) Ressetadores automáticos**

Na figura 17 temos um circuito que possibilita a ressetagem de um sistema digital quando a alimentação é ligada.

Com o estabelecimento da tensão de alimentação, a porta é levada por certo tempo (de carga do capacitor) ao nível baixo, mantendo assim a saída no nível alto até o ins-

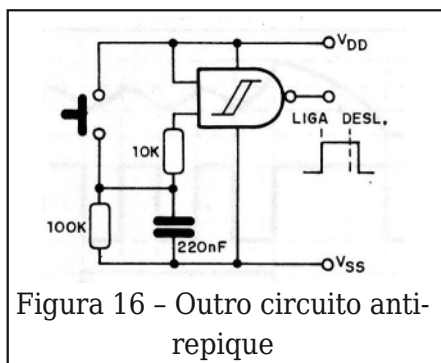


Figura 16 - Outro circuito anti-repique

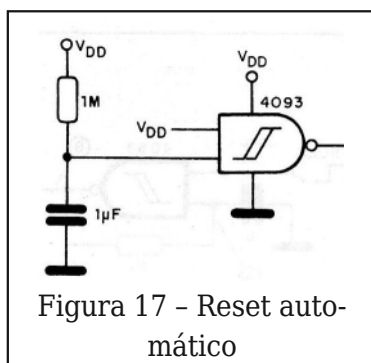


Figura 17 - Reset automático

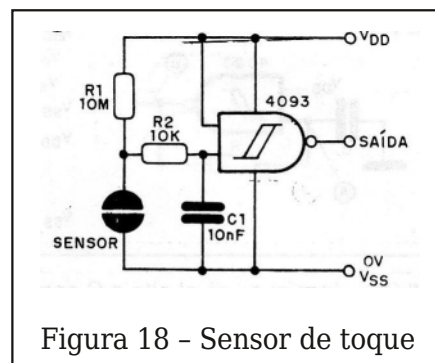


Figura 18 - Sensor de toque

tante da transição. O pulso serve, então, para ressetar um sistema digital.

**e) Chaves de toque**

A presença de transistores de efeito de campo nas portas NAND deste integrado faz com que tenhamos à disposição uma enorme sensibilidade.

Com isso, sinais de correntes baixíssimas podem ser usados na comutação como, por exemplo, os que são fornecidos pelo simples toque dos dedos em sensores.

Na figura 18 temos um circuito em que o toque dos dedos nos sensores (duas tachimhas, por exemplo) faz com que a entrada seja momentaneamente levada a nível baixo e, na saída, tenhamos um pulso positivo ou um nível alto.

Com a simples troca de posição do sensor com R1 temos a operação inversa com a saída indo ao nível baixo quando o sensor for tocado. Na figura 19 temos a versão biestável do circuito, em que duas portas são ligadas como um flip-flop.

Temos então, dois sensores para armar e rearmar a saída, ou seja, para levá-la ao nível alto e depois ao nível baixo (set e reset). Para ativação de "cargas pesadas" um driver, com um transistor BCS48, pode ser feito facilmente, conforme mostra a figura 20.

Podemos usar relés de 6 ou 12 V, conforme a alimentação do circuito.

**f) Osciladores**

Multivibradores astáveis podem ser facilmente elaborados em torno das portas do 4093. Na figura 21 temos o circuito básico com as formas de onda obtidas.

O funcionamento pode ser analisado da seguinte forma: antes da aplicação da tensão



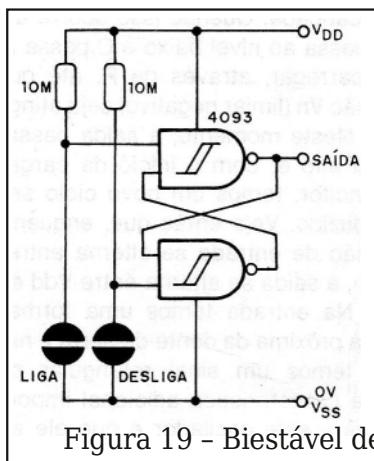


Figura 19 - Biestável de toque

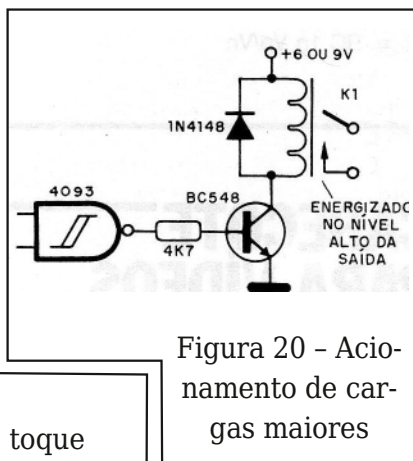


Figura 20 - Acionamento de cargas maiores

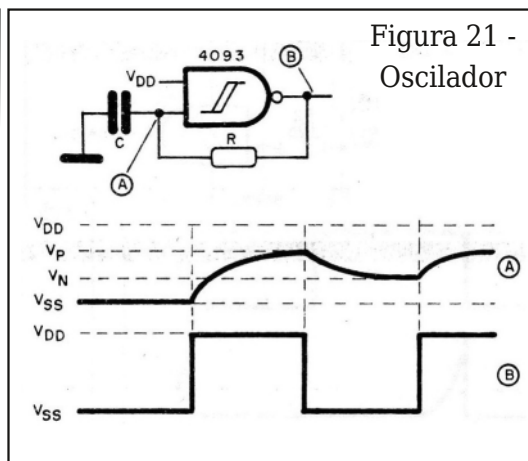


Figura 21 - Oscilador

de alimentação, a entrada e a saída se encontram no potencial de terra e o capacitor (C) está descarregado. Quando a alimentação é estabelecida, a saída vai ao nível alto e C começa a se carregar, através do resistor R, até que a tensão Vp (limiar positivo) é alcançada.

Quando isso ocorre a saída passa ao nível baixo e C passa a se descarregar, através de R, até que a tensão Vn (limiar negativo) seja atingido.

Neste momento, a saída passa ao nível alto e com o início da carga do capacitor, temos um novo ciclo sendo produzido.

Veja então que, enquanto a tensão de entrada se alterna entre Vp e Vn, a saída se alterna entre Vdd e 0 V. Na entrada temos uma forma de onda próxima da dente-de-serra e na saída temos um sinal retangular puro.

Uma característica adicional importante para este oscilador é que ele entra em funci-

onamento sozinho, bastando que a alimentação seja estabelecida.

O período do oscilador é dado por:

$$T = T1 + T2$$

Onde:

$$T1 = RC \ln [(Vdd - Vn) / (Vdd - Vp)]$$

$$T2 = RC \ln (Vn / Vp)$$

Como normalmente T1 é diferente de T2, para se obter um sinal com ciclo ativo de 50%, ou seja, relação marca/espaco igual a um, é preciso utilizar uma configuração diferente.

Na figura 22 temos a maneira de se fazer isso com um diodo e um resistor adicionais.

Os resistores podem então ser dimensionados para se obter a forma de onda simétrica, ou então qualquer outra relação marca/espaco que seja necessária.

Finalmente, temos a possibilidade de gatilhar os pulsos com o circuito da figura 23.

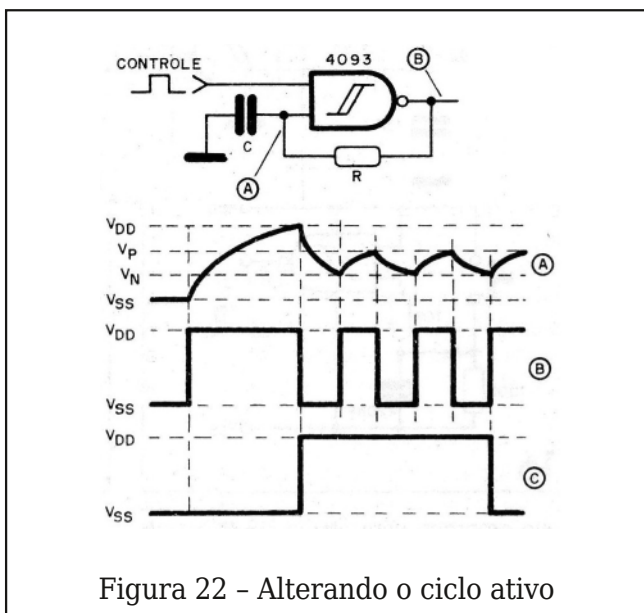


Figura 22 - Alterando o ciclo ativo

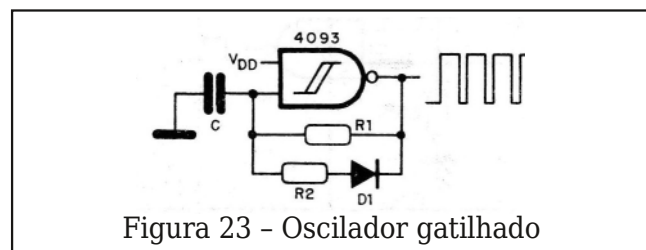


Figura 23 - Oscilador gatilhado

# Notícias e Componentes

## Notícias

Clique ou fotografe os QRCode para mais detalhes

### Indutores Quânticos

O pesquisador Tomoyouchi juntamente com uma equipe de pesquisadores do Instituto Riken (Japão) anunciaram um novo componente que deve levar a eletrônica a um novo patamar. Eles conseguiram encolher os indutores, criando um dispositivo equivalente quântico em nano escala. Operando segundo princípios da física quântica, o novo dispositivo, que ainda se encontra em fase de estudos, aproveita o fenômeno conhecido como fase de Berry em que a magnetização de um corpo é dada pelos spins dos elétrons dos átomos de um corpo. Segundo as pesquisas, pode-se obter uma indutância efetiva de um elemento condutor fazendo com que os spins se alterem com a passagem da corrente, sem a necessidade de termos bobinas que são componentes volumosos e difíceis de integrar.

### Novos Materiais para Semicondutores

Uma equipe de pesquisadores formada por brasileiros e americanos desenvolveu uma nova técnica de dopagem que promete melhorar os transistores de molibdenita, um composto de molibdênio que já está sendo usado na fabricação desses componentes. A



Molibdênio

equipe da Universidade Presbiteriana Mackenzie em São Paulo, juntamente com pesquisadores da Pensilvânia conseguiu difundir átomos de ouro em transistores feitos de dissulfeto de molibdênio (MoS<sub>2</sub>) aumentando a sua eficiência. O MoS<sub>2</sub> forma um cristal bidimensional com características semelhantes ao do grafeno. A partir dessa pesquisa pode-se testar a mesma técnica com outros materiais capazes de levar a aplicações importantes para a eletrônica.

### TFETs e TMOSFETs híbridos operam com tunelamento quântico

Rumo à eletrônica quântica, pesquisadores anunciam novos componentes que podem fazer parte de nosso mundo tecnológico em pouco tempo. Assim, pesquisadores da IBM Research Europe e da École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) anunciaram o desenvolvimento de um dispositivo híbrido que combina FETs III-V híbridos com a tecnologia de FETs e MOSTs comuns. O processo anunciado permite a fabricação em larga escala de dispositivos híbridos que reúnem as características dos transistores de efeito de campo com o tunelamento, efeito quântico aproveitado nos diodos túnel. Assim, foi criado TFET comutador para baixas potências que tem uma taxa de crescimento de apenas 42 mV dec<sup>-1</sup>, possibilitando sua operação com tensões muito baixas. Os dispositivos ainda estão em fase experimental, operando apenas em temperaturas criogênicas, mas revelam um potencial prático muito interessante para a eletrônica do futuro, que deve se basear na física quântica de uma forma mais intensa.

## Componentes



### Microchip Technology CEC1712 Cryptographic Embedded Controller

O CEC1712 Cryptographic Embedded Controller da Microchip é um controlador integrado de baixa potência projetado com forte suporte criptográfico. O CEC1712 apresenta uma arquitetura de controlador de E/S avançada de sinal misto altamente configurável e contém um núcleo de processador ARM® CortexM4 de 32 bits com memória intimamente acoplada para execução ideal de código e acesso a dados. Embutido no design do CEC1712 está uma ROM interna usada para armazenar a sequência de inicialização / inicialização e APIs disponíveis durante o tempo de execução.



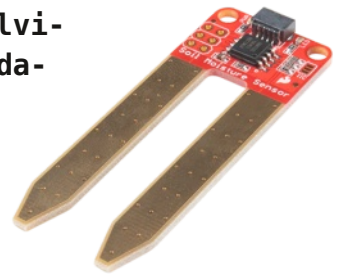
### Controlador ressonante STNRG012 da STMicroelectronics

O STNRG012 da STMicroelectronics é um Controlador Ressonante que combina um PFC multimodo e um controlador de meia-ponte ressonante de time-shift LLC. Este controlador pode gerenciar as entradas CA e CC. O sistema de energia STNRG012 e os algoritmos de controle são gerenciados por um núcleo de 8 bits com periféricos rápidos dedicados (SMED). Este controlador ressonante possui um circuito de inicialização de 800 V integrado e sensor de linha. O controlador ressonante STNRG012 oferece proteção contra burnout e um conjunto completo de proteções de meia ponte.



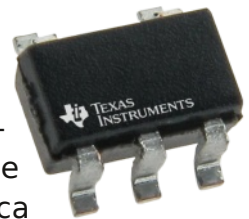
### Ferramenta de desenvolvimento do sensor de umidade do solo SparkFun SEN-17731

A Sparkfun SEN-17731 é uma Ferramenta de Desenvolvimento do Sensor de Umidade do Solo que mede a umidade no solo e materiais semelhantes. Esta ferramenta de desenvolvimento de sensor é usada com duas placas expostas que funcionam como sondas para o sensor atuando como um resistor variável. A ferramenta de desenvolvimento do sensor de umidade do solo começará a funcionar após conectar o VCC e os pinos de aterramento ao dispositivo baseado em Arduino ou placa de desenvolvimento compatível. Quanto mais água no solo, melhor é a condutividade entre as placas com menor resistência e maior saída de sinal (SIG out).



### Amplificador operacional RRIIO Texas OPA391

O OPA391 da Texas Instruments é um Amplificador Operacional RRIIO de banda larga que apresenta uma combinação única de alta largura de banda (1 MHz) junto com uma corrente quiescente muito baixa (24  $\mu$ A) em um amplificador de alta precisão. Esses recursos combinados com entrada e saída de rail-to-rail tornam este dispositivo uma escolha excepcional em aplicações de alto ganho e baixa potência. A corrente de polarização de entrada ultrabaixa de 10fA, apenas 45  $\mu$ V de deslocamento (máximo) e 1,2  $\mu$ V / °C de variação sobre a temperatura ajudam a manter a alta precisão em front-ends de sensores ratiométricos e amperométricos que têm requisitos exigentes de baixa potência.



# Vem aí a Eletrônica Quântica

Newton C. Braga

Notícias diárias na mídia têm focalizado inovações na criação de dispositivos eletrônicos que se baseiam na física quântica. Podemos dizer que depois da eletrônica baseada na física do vácuo (válvulas), depois na física dos materiais semicondutores, passamos para um novo patamar, os dispositivos eletrônicos que se baseiam na física quântica para seu funcionamento, ou seja a eletrônica quântica. O que há de verdadeiro nisso? É o que exploraremos neste artigo.

Conforme percebemos, a tecnologia eletrônica, como muitas outras tecnologias avança conforme as novas descobertas da física. Assim, temos a tecnologia da válvula que se desenvolveu a partir de Edson e de Crookes, a tecnologia dos semicondutores a partir da física do estado sólido, e agora chegamos a uma nova transição que, ao que parece, vai ser tão ou mais impactante do que as tecnologias anteriores: a eletrônica quântica.

Na verdade, se fizermos uma análise profunda da eletrônica, desde os tempos da válvula, vemos que ela tinha algo de fenômenos quânticos, mas de forma não muito evidente. Os fenômenos envolvidos eram quânticos, mas não eram a base do funcionamento do dispositivo.

Por exemplo, os elétrons emitidos pelo catodo de uma válvula têm propriedades quânticas, mas elas não são aproveitadas como base do funcionamento da válvula. No caso dos transistores ocorre o mesmo, os níveis de energia, dopagens, portadores de carga, barreira de potencial são fenômenos que têm relação direta com a física quântica, mas a “parte quântica” não é fundamental para o funcionamento do dispositivo.

A transição já começa a ocorrer quando descrevemos um dispositivo que tem seu funcionamento baseado diretamente num efeito quântico. O efeito quântico, neste ca-

so, é a base e não resultante do funcionamento.

Falamos, por exemplo, do tunelamento, no caso dos diodos túnel.

## O diodo túnel

Este talvez seja o primeiro componente eletrônico de uso comum que podemos considerar como quântico. Ele se aproveita de um efeito quântico para funcionamento, que não é apenas consequência de sua operação. O diodo túnel, como seu nome sugere, aproveita diretamente um fenômeno da mecânica quântica denominado tunelamento.

Se bem que seja observado em outros fenômenos naturais, para a eletrônica nos interessa é o que ocorre em determinadas junções, quando partículas (cargas elétricas) podem transpor uma barreira de potencial com uma energia menor do que a que seria exigido em condições normais ou clássicas.

Podemos fazer uma analogia com um pico que a partícula tivesse de subir e passar para o outro lado. Mas na realidade é como se ela encontrasse um “túnel” pelo qual pode passar sem a necessidade de sua energia subir até um máximo.

Conceitos da física quântica, como o da natureza ondulatória da matéria, função de onda e o próprio princípio da incerteza de Heisenberg são usados para explicar o que ocorre.





Figura 1 - Símbolo do Diodo Tunnel

Analisemos o funcionamento desse componente quântico, o diodo túnel. Na figura 1 temos o símbolo comumente adotado para representá-lo. Suas propriedades de resistência negativa vêm da utilização de uma camada de depleção ultrafina na junção que dota o componente de características de resistência negativa.

O nome do componente vem do fato de que diferentemente dos demais semicondutores em que a resistência da barreira de potencial depende até certo valor da tensão aplicada, existe um ponto em que esses portadores encontram como que um túnel por onde podem passar com facilidade, resultando assim numa curva característica que é mostrada na figura 2.

Assim, quando aplicamos uma tensão no sentido direto o componente se comporta como um diodo comum até o instante em que ela atinge o ponto A. Este ponto ocorre com algumas dezenas de milivolts para os diodos túnel comuns e é denominado "ponto de pico".

No entanto, a partir deste ponto quando a tensão aumenta, em lugar da corrente também aumentar ela diminui abruptamente até o denominado ponto de vale mostrado em B.

Neste trecho temos então um comportamento "anormal" para o componente que passa a apresentar uma resistência negati-

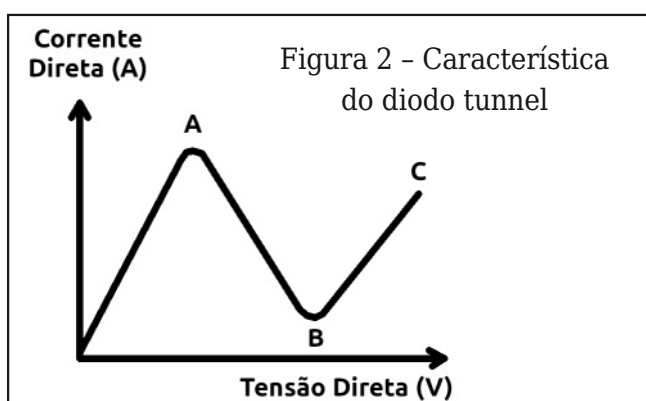


Figura 2 - Característica do diodo tunnel

va. O que ocorre é denominado tunelamento, consistindo num efeito quântico.

Lembramos que a resistência no gráfico em questão é a cotangente do ângulo que a curva característica apresenta no ponto visado e neste caso temos valores negativos para o trecho entre A e B.

A partir do ponto B o aumento da tensão novamente causa o aumento da corrente quando então o componente passa a apresentar um comportamento semelhante aos demais componentes eletrônicos.

No entanto, o importante da característica de resistência negativa que este componente apresenta e que é semelhante à dos transistores unijunção e da própria lâmpada neon é que o diodo túnel pode ser usado em osciladores de relaxação e até mesmo amplificar sinais. Veja que, na lâmpada neon e no transistor unijunção o fenômeno envolvido é outro, não ocorrendo o tunelamento.

Como a ação do diodo túnel é extremamente rápida, o que não ocorre que lâmpadas neon e transistores unijunção, cuja velocidade de operação limita sua aplicação a circuitos de no máximo algumas dezenas de quilohertz, os diodos túnel podem ser usados em circuitos de altíssima frequência superando facilmente os 1 000 MHz ou 1 GHz.

### Indutores quânticos

Um dos problemas que todos conhecem e que afeta a integração de indutores é o fato de que esses componentes ainda não evoluíram o suficiente para que possamos colocá-los num chip. Eles ainda consistem em espiras de fio enrolado, eventualmente em torno de um núcleo e, para obtermos indutâncias elevadas ele se torna volumoso, difícil de fabricar e não há uma solução de

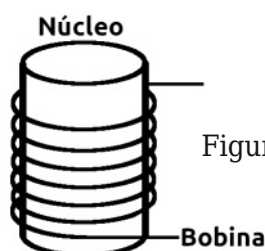


Figura 3 - O indutor comum

integração. Na figura 3 temos um indutor “tradicional”.

No entanto, isso deve mudar em pouco tempo a partir da criação do indutor quântico que não se baseia para seu funcionamento na criação de um campo magnético numa bobina. Com a física quântica aplicada aos indutores poderemos ter um novo tipo de componente que apresentará uma indutância, mas que não será formado por bobinas com fios enrolados.

A ideia já está sendo explorada a partir das pesquisas feitas no Instituto Riken no Japão. O que se faz é utilizar um dispositivo que aproveita o que se denomina em física Fase de Berry em que a matéria pode manifestar um campo magnético pela posição dos spins dos elétrons que giram em torno de um átomo.

Veja que isso é bem diferente do indutor tradicional em que é o movimento do elétron que cria o campo. Nele é o spin o estado do elétron que cria o campo.

Assim, o material em que isso ocorre passa a apresentar um campo magnético efetivo pela passagem de uma corrente, o que também é denominado campo emergente.

A figura 4 dá uma ideia do que ocorre.

Desta forma, a indutância que se manifesta quando a corrente circula por esse dispositivo não depende do fato dele formar bobinas. O efeito ocorre numa circulação linear.

Quando a corrente varia os spins se modificam gerando campos que se opõem à corrente, o que caracteriza justamente o que denominamos indutância.

Mais do que isso, verificou-se que a indutância aumenta quando a área da seção transversal do condutor diminui o que é justamente o oposto do que ocorre com um indutor convencional. Quanto menor o componente, maior será a indutância obtida.

O material ideal a ser usado neste chip indutor ainda está sendo procurado. Nos testes atuais foi usado uma liga de diversos elementos raros como o gadolínio, rutênio. Além disso, o efeito ainda só se manifesta em temperaturas extremamente baixas, denominadas criogênicas. Talvez com a descoberta de um material que manifeste essas propriedades em temperaturas ambientes teremos o chip indutor de estado sólido sem a tradicional tecnologia de fio enrolado. Um componente quântico.

#### FETs e MOSFETs Túnel (TFET)

Outros componentes quânticos que já estão em fase de desenvolvimento são os FETs e MOSFETs quânticos, aproveitando o tunelamento que já vimos no caso do diodo túnel.

Não é preciso dizer que a elaboração de transistores quânticos significará um salto na tecnologia eletrônica tão importante como o da passagem da válvula para o transis-

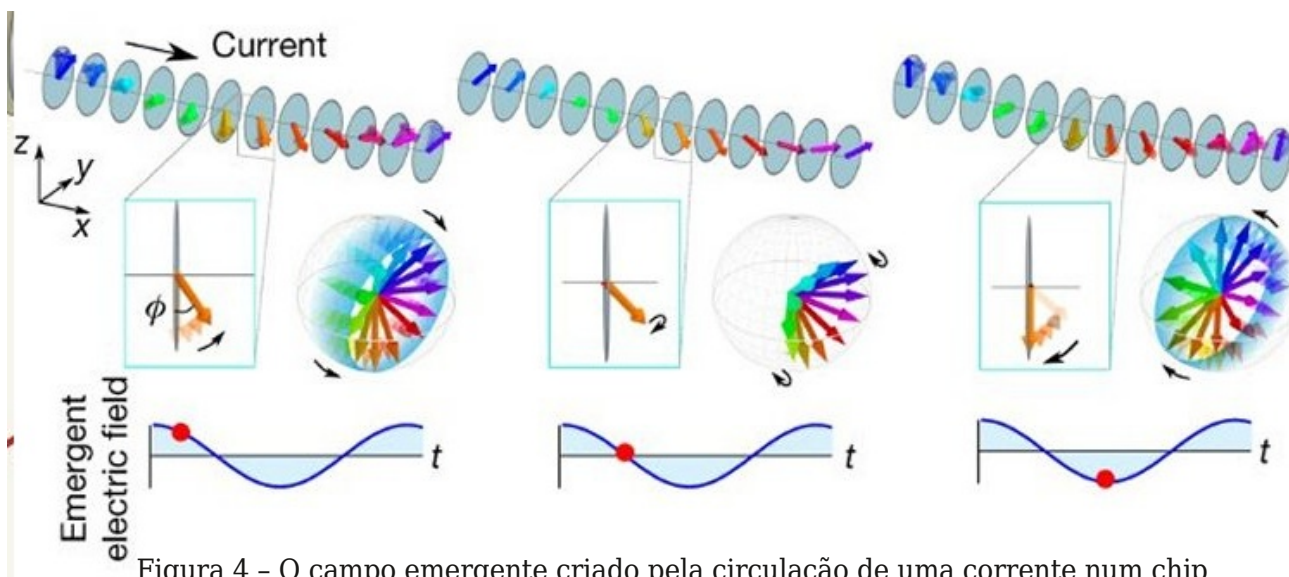


Figura 4 - O campo emergente criado pela circulação de uma corrente num chip

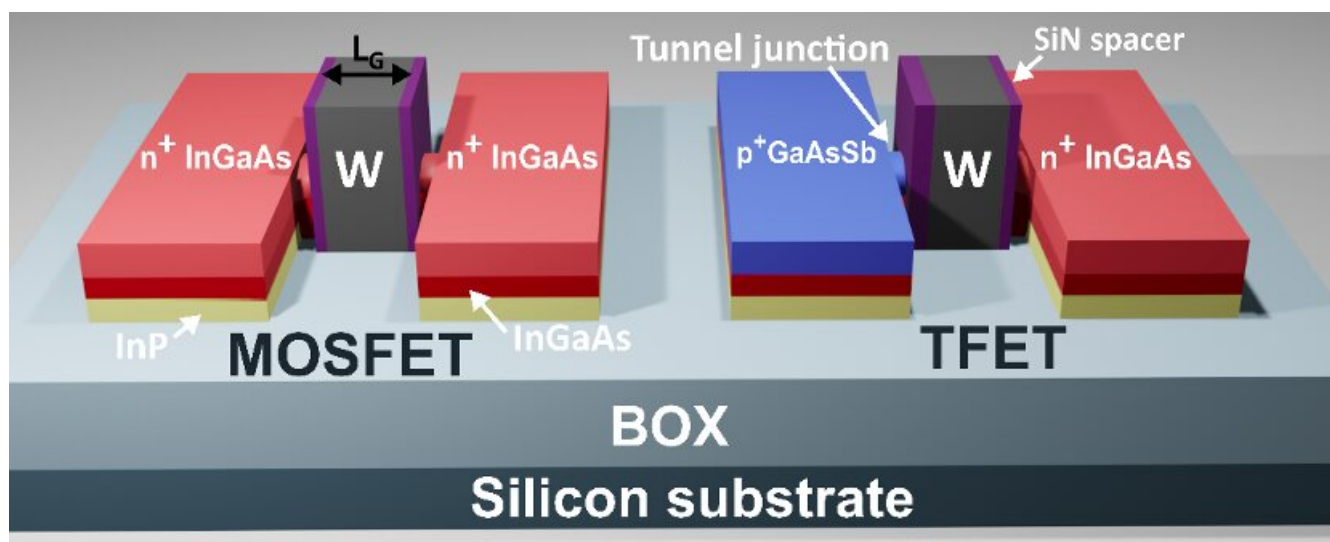


Figura 5 - O TFET, um transistor de efeito de campo quântico

tor. Será definitivamente a entrada da eletrônica para o mundo quântico.

O novo componente, denominado Tunnel Field-Effect Transistor ou TFET se baseia no seu funcionamento o tunelamento quântico. O componente foi desenvolvido por uma equipe de pesquisadores do centro de pesquisas da IBM na Europa e pesquisadores da Escola Politécnica Federal de Lausanne na Suíça (EPFL).

A tecnologia híbrida combina uma junção túnel com um MOSFET convencional de modo conforme mostra a estrutura desse componente na figura 5.

Diversas características elétricas deste componente poderão fazer com que seu uso

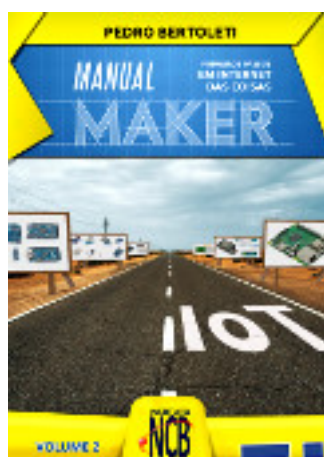
seja adotado. Uma delas é sua capacidade de poder operar com um limiar de condução com tensões muito baixas, como ocorre com os diodos túnel.

### Conclusão

A criação de dispositivos eletrônicos que aproveitam efeitos quânticos que cada vez se tornam mais conhecidos como o tunelamento, o magnetismo emergente e outros pode logo nos trazer recursos para projetos com os quais dificilmente podíamos imaginar há poucos anos. Uma nova transição da tecnologia.

A Eletrônica Quântica está chegando. ©

## BIBLIOTECA INCB



### Primeiros Passos com a Internet das Coisas Pedro Bertoleti

Este livro contém as informações para você dar seus primeiros passos no mundo maker em projetos voltados para Internet das Coisas. Ou seja, este livro funciona como um guia no início de sua jornada pelas tecnologias, conceitos e projetos que compõem a Internet das Coisas. Você aprenderá aqui quais são as principais tecnologias da área, aprenderá sobre os principais sensores utilizados e, ainda, aprenderá a utilizar o ESP32 e a Raspberry Pi 3B para fazer seus primeiros projetos com Internet das Coisas. Abordando os principais conceitos e tecnologias que envolvem Internet das Coisas, permitindo que você, maker, elabore seus próprios projetos nessa área. Onde você que é maker e quer aprender do zero o que é e como utilizar Internet das Coisas em seus projetos, este livro é para você!



# MFRC522

## Leitor de RFID

Nas aplicações que envolvem a leitura de tags RFID, o desenvolvimento de projetos exige circuitos especiais que dependem da aplicação. O circuito integrado que descrevemos consiste num leitor de RFID que opera na frequência de 13,56 MHz. O artigo foi baseado no próprio datasheet da NXP e para aquisição do módulo o leitor pode consultar o link da Curto-Circuito, ambos dados a seguir.

O MFRC suporta todas as variantes dos protocolos de identificação MIFARE Mini, MIFARE 1k, MIFARE 4K, MIFARE Ultralight, MIFARE DESFire EV1 e MIFARE Plus.

O dispositivo pode gravar o ler dados de cartões e transponders em necessidade de circuitos ativos adicionais. As taxas de transferências de dados alcançam 848 kbd em ambos os sentidos. As interfaces podem ser SPI, I2C e RS232. A tensão de alimentação vai de 2,5V a 3,3 V e estão disponíveis pinos de programação I/O.

Na figura 1 temos o diagrama de blocos simplificado do circuito integrado.

Um diagrama detalhado de todas as funções disponíveis pode ser visto em figura disponível no datasheet. Este datasheet, com 95 páginas, contém todas as informações necessárias a um projeto. Recomendamos sempre que antes de se partir para um projeto, dependendo de sua aplicação, é

conveniente verificar se existem outras versões disponíveis da mesma função.

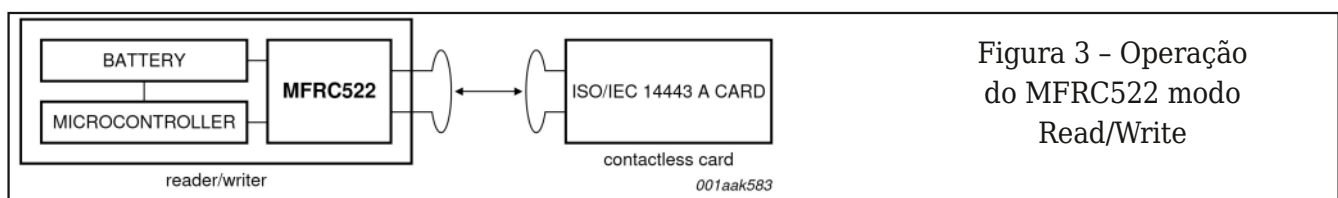
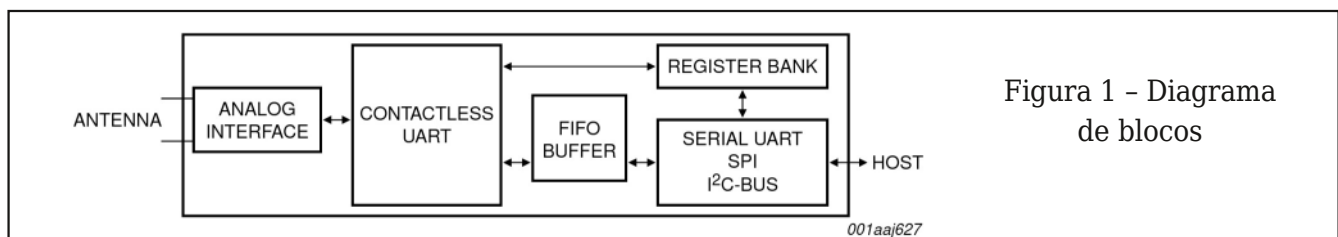
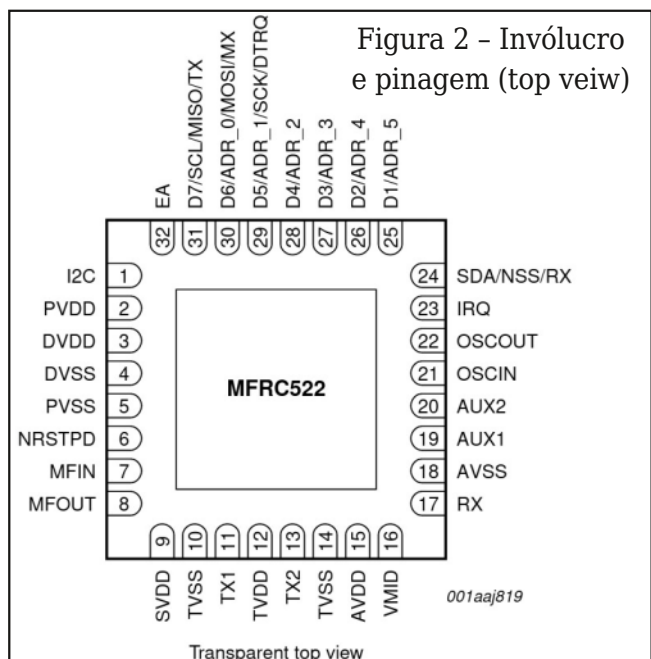
O invólucro é HVQFN32 (SOT617-1) com pinagem mostrada na figura 2;

As funções de todos os pinos são detalhadas no datasheet.

Na figura 3 temos a operação no modo Read/Write.

Gráficos de desempenho, formas de ondas e tabelas estão disponíveis no datasheet.

Datasheet: <https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/MFRC522.pdf>





REVISTA

# Elevador Brasil

REVISTA PROFISSIONAL - Fabricantes - Conservadoras - Consultores - Construtoras

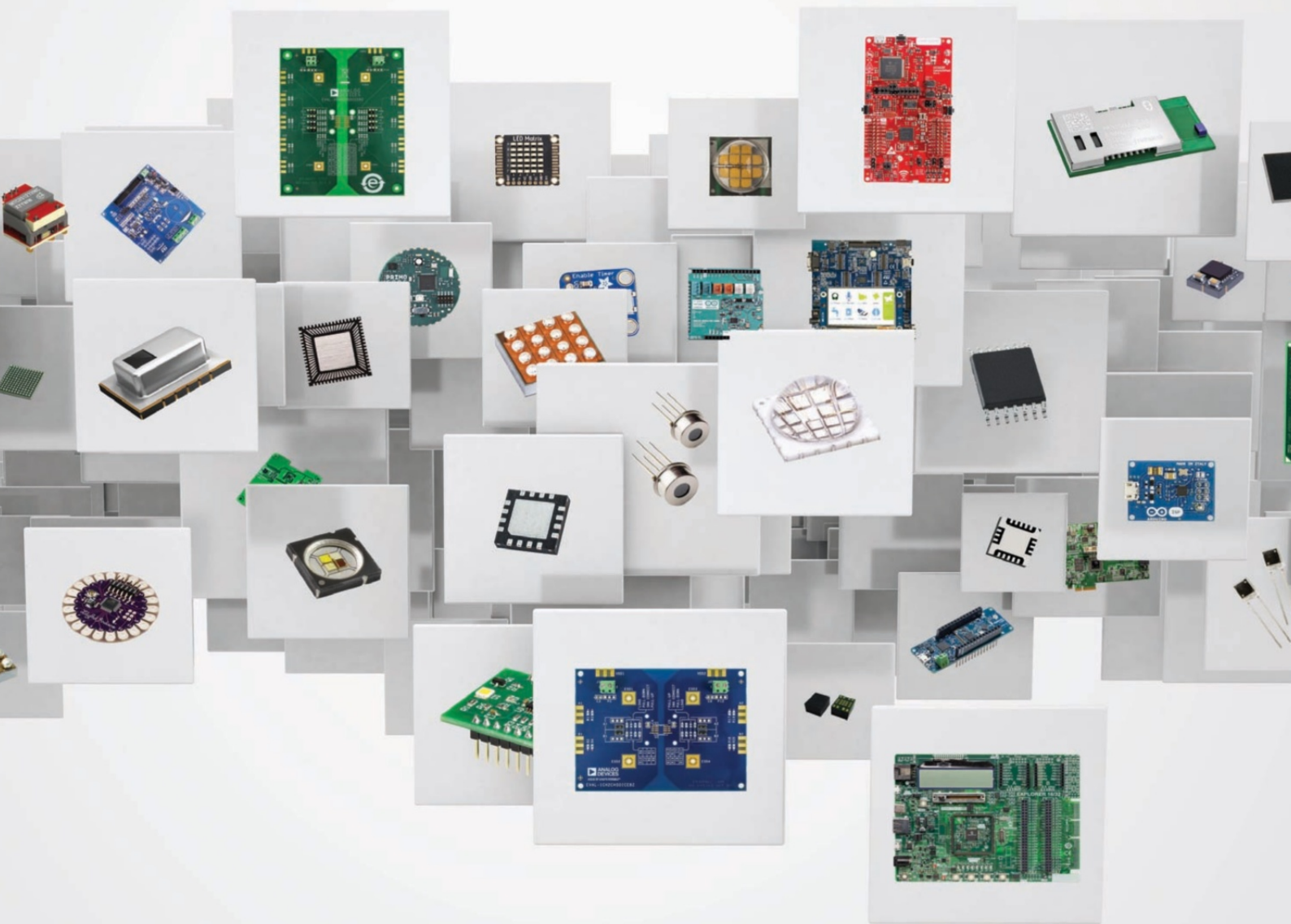


**A melhor vitrine para o seu produto na América Latina**

[www.elevador.com.br](http://www.elevador.com.br)



# Os mais novos produtos em estoque



Compre **com** confiança  
[mouser.com/new](https://www.mouser.com/new)



**MOUSER**  
ELECTRONICS

# AD8232

## Monitor de Batimentos Cardíacos

Nosso componente em destaque, produzido pela Analog Devices é um circuito integrado condicionador de sinais para aplicações em ECG (Eletro Cardiograma) e outras em que biopotenciais devem ser medidos. Este artigo, baseado no próprio datasheet do componente fornece indicações importantes para projetos. O módulo com este componente pode ser adquirido na Curto-Circuito no link dado a seguir.

Link para aquisição do módulo com o componente:



O circuito integrado AD8232 consiste num condicionador para os sinais extremamente fracos que são obtidos no monitoramento cardíaco e outros sinais que aparecem em seres vivos, ou seja, os biopotenciais.

Assim, ele conta com recursos que permitem rejeitar ruídos, com 80 dB para os sinais DC até 60 Hz, e permite sua utilização com dois ou três eletrodos. A alimentação é feita com tensões de 2,0 V a 3,5V.

Na figura 1 temos o diagrama com os blocos funcionais deste circuito integrado.

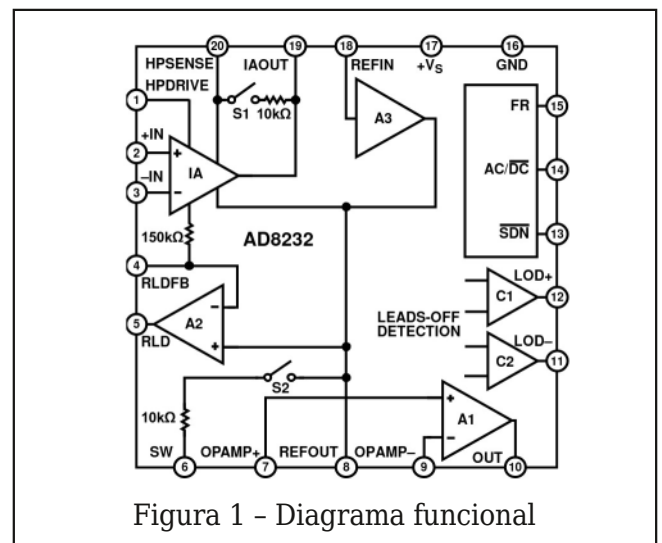
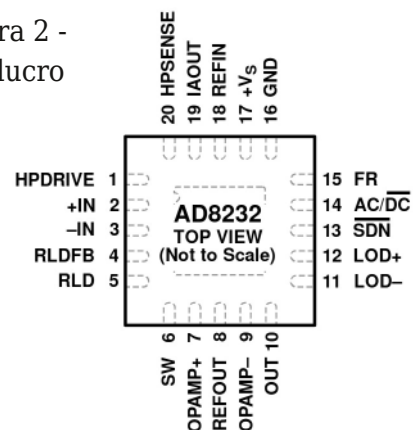


Figura 1 - Diagrama funcional

Figura 2 -  
Invólucro



O ganho de sinal é 100 e o consumo de apenas 170 uA (tip). O filtro passa-altas de 2 polos é ajustável e, além disso, ele conta com um filtro RFI interno.

As aplicações não se limitam a monitoramento de sinais cardíacos. Assim, a Analog Devices sugere:

- Fitness
- Monitores remotos de saúde
- Jogos
- Aquisição de dados de biopotenciais

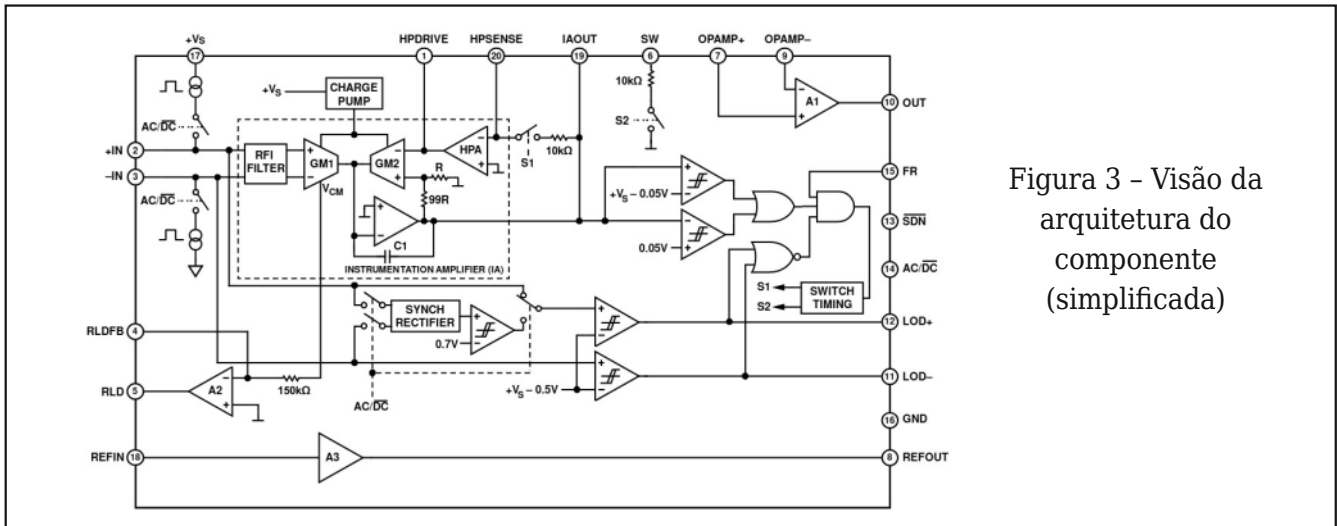


Figura 3 - Visão da arquitetura do componente (simplificada)

O datasheet deste componente, dado no link, contém 28 páginas de informações importantes para projetos. Na figura 2 temos o invólucro com a identificação dos terminais. No datasheet temos uma descrição completa das funções destes terminais.

Uma visão detalhada da arquitetura deste componente é dada na figura 3.

No datasheet temos a descrição detalhada de cada uma das funções com elementos que permitem a realização de cálculos com os componentes.

Também contamos com diversos circuitos de aplicação como, por exemplo, na figura 4, um monitor para batimentos cardíacos em que os eletrodos são colocados perto do coração.

Uma aplicação interessante relacionada com fitness e vestíveis é a que permite o monitoramento dos batimentos cardíacos com

**Datasheet**



a medida feita nas mãos, conforme mostra o circuito da figura 5.

Finalmente, encontramos a sugestão de um circuito de monitor de batimentos cardíacos de baixo consumo completo, mostrado na

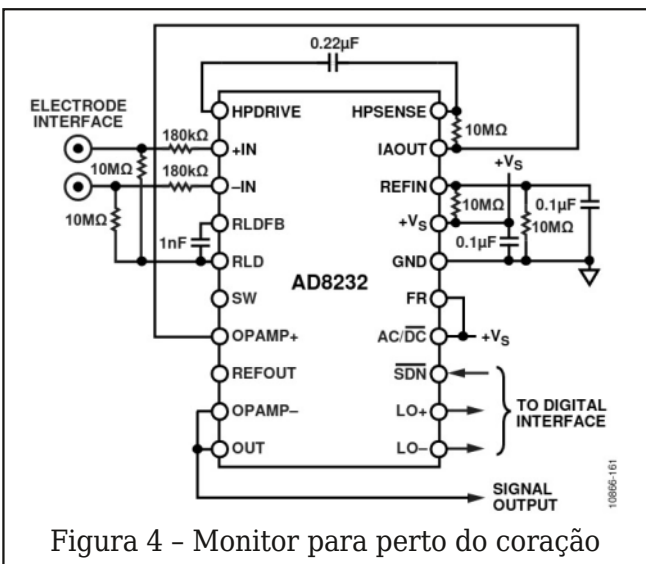


Figura 4 - Monitor para perto do coração

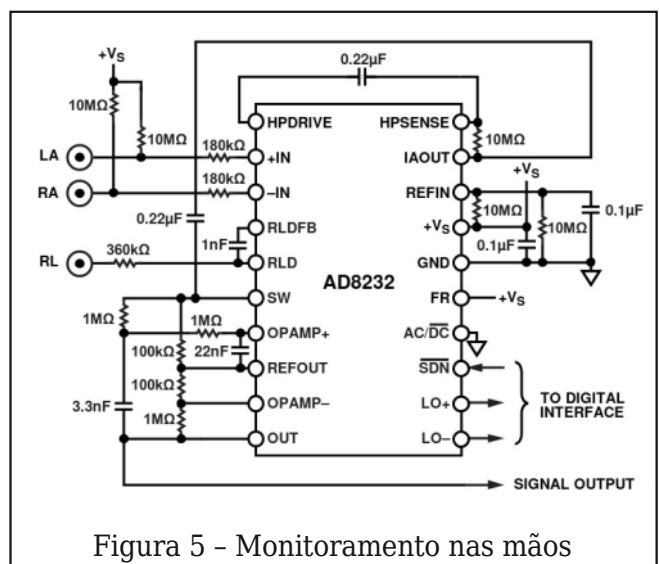


Figura 5 - Monitoramento nas mãos



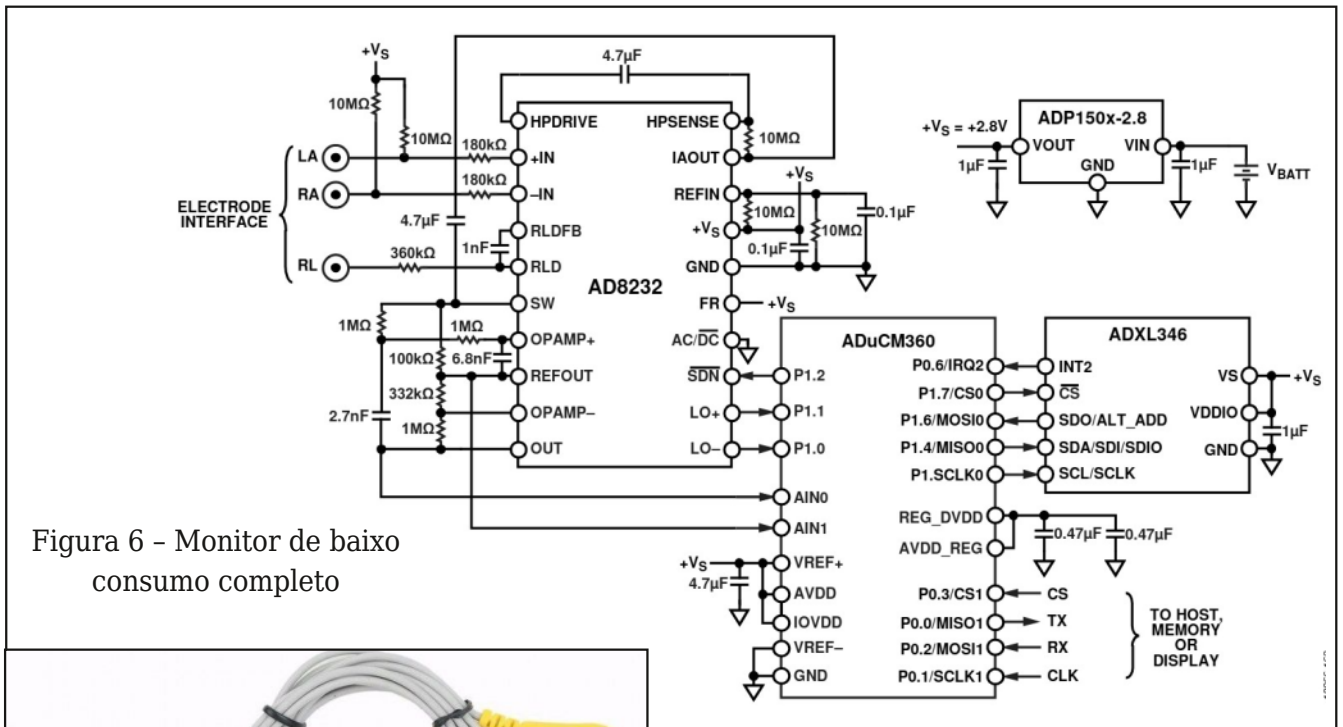


Figura 6 - Monitor de baixo consumo completo



Figura 7 - O kit da curto-circuito

figura 6. E, para ajudar nossos leitores que desejam desenvolver um projeto com este circuito, mostramos o kit que pode ser adquirido na Curto-Circuito para o seu projeto, contendo os eletrodos. O link é dado é começo do artigo. (Figura 7) ©

**ABR soluções tecnológicas**

Curso  
Projetos  
Consultorias

Loja de sensores e módulos de Arduino

[www.abrtecnologia.com](http://www.abrtecnologia.com)

[arduinobrasilshop.com.br](http://arduinobrasilshop.com.br)

[@arduinobrasil](https://www.instagram.com/arduinobrasil)

# Multímetros para os profissionais de service



**Newton C. Braga**

Estamos numa época em que os equipamentos elétricos e eletrônicos convivem de uma forma harmoniosa, o que exige dos profissionais de instalação e manutenção um cuidado especial na escolha dos seus instrumentos de trabalho, especificamente o multímetro. Para o profissional de hoje qual seria o melhor multímetro? Este é o assunto de nosso artigo.

Nas instalações domésticas, comerciais e industriais, assim como em muitos outros lugares, o que vemos hoje é uma intensa convivência dos dispositivos que antes pertenciam exclusivamente ao que denominamos eletrotécnicas como lâmpadas, motores, solenoides, aquecedores, chuveiros, sistemas de ar-condicionado, geladeiras, com dispositivos eletrônicos de controle ou acionamento, como placas contendo transistores, circuitos integrados, resistores, capacitores e muito mais.

Num caso, temos a alimentação direta a partir da rede de energia com altas tensões alternadas e correntes intensas, enquanto no outro temos baixas tensões e baixas correntes.

Isso significa que o profissional que trabalha com manutenção elétrica em nossos dias precisa ter um instrumento que seja

capaz de analisar os dois tipos de circuitos.

O multímetro sempre foi o instrumento que serve para tudo e, utilizado de forma competente, consiste num auxiliar indispensável para o profissional.

No entanto, nas condições em que ele deve agora ser usado com dois tipos de abordagem, precisamos ter muito cuidado com sua escolha.

Num caso, do exame de circuitos de altas tensões ligados à rede de energia, temos que analisar o fato de que o profissional estará exposto a tensões perigosas.

No outro caso, dos circuitos de baixa tensão e baixa correntes, devemos ter um instrumento que seja capaz de medi-las com a precisão que se necessita para um diagnóstico de problema ou de comprovação de funcionamento seja feito.

## **Que tipo de aparelho usar?**

Profissionais de manutenção e instalação de dispositivos elétricos plugados à rede de energia e que contenham eletrônica podem estar se expondo a tensões perigosas quando analisam seus circuitos.

A simples medida de uma tensão num equipamento plugado a uma rede de energia também pode significar pôr em risco sua se-

gurança se instrumentos apropriados não forem usados.

Os multímetros usados pelos profissionais devem estar de acordo com padrões internacionais de segurança que o leitor, se for profissional de manutenção, ou trabalhar com tais instrumentos deve observar na hora da compra. Não se deve comprar qualquer multímetro.

As linhas de transmissão de energia elétrica estão sujeitas a diversos tipos de problemas que podem afetar a segurança de quem analisa com um multímetro um equipamento ligado a ela, ou mesmo verifica as tensões num sistema de distribuição doméstico, comercial ou industrial.

Transientes de altas tensões podem atingir intensidades elevadas, capazes de provocar arcos nos circuitos dos multímetros, atingindo desta forma os operadores com o risco de sérios acidentes. O próprio multímetro pode sofrer danos irreversíveis.

Foi justamente a presença de transientes de todas as intensidades possíveis nas linhas de transmissão de energia que levou à necessidade de se adotar medidas especiais de segurança nas especificações dos multímetros.

Veja que isso é válido tanto para o usuário que mede diretamente tensões numa linha de transmissão de energia, como também para o profissional de service que precisa medir a tensão em qualquer equipamento alimentado por ela.

## Os Padrões

De modo a proteger os usuários dos multímetros, foram estabelecidos padrões para sua construção. Esses padrões levam em conta principalmente a segurança do operador, fixando as tensões que eles podem isolar, caso transientes ocorram numa linha analisada.

O primeiro padrão de segurança para tais instrumentos foi desenvolvido pela IEC (International Electrotechnical Commission) para instrumentos de medida, controle, laboratório e uso geral em 1988, em substituição a um antigo padrão denominado IEC-348, con-

tendo uma visão mais abrangente. O Padrão recebeu o nome de IEC10101 o qual passou a servir de base para três novos padrões:

- ANSI/ISA-S82.01-94 - Estados Unidos
- CAN C22.2 No 1010.2-92 - Canadá
- EN61010-1:1993 - Europa

Para entender bem como funcionam estes padrões vamos começar comparando o IEC-1010-1 com o IEC 348

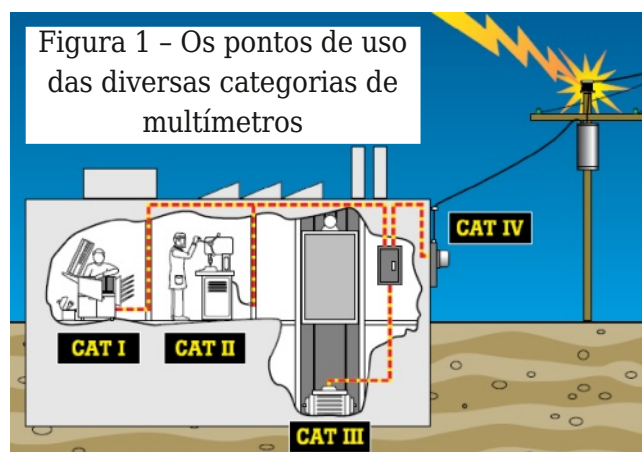
## Diferenças entre o IEC-1010-1 e o IEC 348

O IEC 1010-1 especifica as categorias de sobretensões baseada na distância em que se encontra a fonte de energia, conforme mostra a figura 1, e o amortecimento natural da energia de um transiente que ocorra no sistema. Tanto mais alta for a categoria, mais perto da fonte de energia ela se encontra e por isso maior deverá ser o grau de proteção que o instrumento usado neste ponto do circuito deve ser dotado.

Isso permite estabelecer então quatro categorias de instrumentos que podem ser usados até o ponto máximo de um circuito em que sua categoria atinge.

### • Categoria IV

Os multímetros desta categoria são denominados de nível primário de alimentação, sendo designados para os trabalhos no sistema de distribuição. Suas especificações





devem estar além das exigidas pela norma IEC 1010-1. Esses multímetros são projetados para trabalhar em instalações externas, subterrâneas, painéis de distribuição etc. São os multímetros que analisam diretamente as redes de energia sendo, portanto, os que trabalham nos pontos mais perigosos em que os transientes podem ter maior intensidade, possuindo um nível de proteção maior.

### • Categoria III

Denominados de nível de distribuição, estão especificados para trabalhar com a tensão das tomadas de energia ou circuitos domésticos ou comerciais. Os multímetros da categoria III são diferentes dos usados no serviço de sistemas primários de distribuição, operando no máximo até onde existe transformador de isolamento. Os multímetros desta categoria podem ser usados nos sistemas de iluminação, automação residencial, elevadores e de distribuição de energia dentro de um estabelecimento. Veja que, já se trata de um instrumento com um menor grau de proteção, pois os pontos dos circuitos em que devem ser usados já não estão sujeitos aos níveis de transientes dos tipos da categoria IV. Veja pela ilustração que é este tipo de multímetro que o profissional da manutenção de elevadores deve possuir.



Figura 2 - Multímetro Fluke CAT III

Indicação da categoria

Na figura 2, um multímetro digital CAT III da Fluke, indicado para os profissionais de elevadores.

### • Categoria II

São os multímetros indicados para aplicações locais, como tomadas que alimentam eletrodomésticos, equipamentos eletrônicos de baixo e médio consumo e na análise de circuitos de equipamentos portáteis etc. Esse é o multímetro recomendado para o profissional de service que trabalha com equipamentos ligados a uma tomada de energia numa bancada. O profissional de service não deve usá-lo, entretanto, para analisar uma instalação elétrica de um edifício ou medir tensões num quadro de distribuição de energia. Para o profissional de manutenção de eletroeletrônicos, este instrumento pode ser usado na análise dos circuitos internos que recebam a alimentação da rede de energia.

### • Categoria I

São os multímetros usados para trabalhar com sinais, por exemplo em telecomunicações. Esses multímetros são os que possuem o menor grau de proteção de todos, pois não se destinam a aplicações ligadas à rede de energia. Com eles são analisados circuitos de baixas tensões, isolados da rede de energia. O profissional de manutenção de elevadores pode usar um multímetro desta categoria para analisar um microcontrolador de um sistema de controle de elevadores, ou mesmo uma placa de comunicação de áudio ou outro circuito de baixa tensão, mas não deve fazer medidas numa linha de alimentação ligada à rede de energia.

Evidentemente, um multímetro de categoria mais alta pode ser usado nas aplicações de categorias mais baixas, mas não ao contrário.

### As Tensões Máximas

Dentro de cada categoria existem tensões-limite de trabalho que determinam o transiente máximo que o instrumento pode suportar.



CAT II	600 V	Transiente de 4 000 V de pico	Fonte de 12 ohms
CAT II	1000 V	Transiente de 6 000 V de pico	Fonte de 12 ohms
CAT III	600 V	Transiente de 6 000 V de pico	Fonte de 2 ohms
CAT III	1000 V	Transiente de 8 000 V de pico	Fonte de 2 ohms
CAT IV	600 V	Transiente de 8 000 V de pico	Fonte de 2 ohms
CAT IV	1000 V	Transiente de 12 000 V de pico	Fonte de 2 ohms

Tabela 1

Na tabela 1 temos o modo como os instrumentos são testados.

Observe que, por essa tabela, um multímetro da categoria II, na escala de 600 V deve ser capaz de suportar transientes de 4 000 V de pico.

### Conclusão

O que determina basicamente a qual categoria deve pertencer o multímetro que um profissional que trabalha na manutenção e instalação de eletroeletrônicos vai utilizar é o grau de proximidade da central de distribuição e as intensidades de corrente e tensão envolvidas.

Quando o leitor for adquirir um multímetro para uso profissional deve estar atento à categoria a que ele pertence. Muitos multímetros de baixo custo sequer indicam a que categoria pertencem. O leitor pode usá-los em trabalhos menos perigosos como análise de circuitos alimentados por baixas tensões numa bancada, mas se seu trabalho envolver medidas em equipamentos ligados à rede de energia, cuidado: é sua segurança que está em jogo.

Assim, deve-se ter o máximo cuidado com a escolha do instrumento, pois eles possuem as proteções necessárias para que transientes que possam ocorrer nestes sistemas não venham causar acidentes com os operadores.

Um multímetro da categoria I, projetado para trabalhar com sinais ou um multímetro da categoria II, projetado para trabalhar na análise de redes domésticas e tomadas de alimentação de eletrodomésticos comuns nunca deve ser usado no trabalho de análise direta de todos os pontos de uma instalação elétrica de um sistema de automação, por exemplo.

©

## LITERATURA RECOMENDADA



No  
Formato  
e-Book  
ou  
Impresso

### Os Segredos do Uso do Multímetro

De todos os instrumentos de medidas elétricas e eletrônicas, certamente o multímetro é o mais conhecido e o mais acessível. No entanto, para usar um multímetro é preciso conhecer seus segredos. Dicas, macetes e informações básicas que não encontramos nos seus manuais. Nas 331 páginas deste livro você vai encontrar tudo o que precisa para escolher um bom multímetro para suas atividades e também como usá-lo com todo seu potencial, como um verdadeiro profissional.



# Processo de Desenvolvimento de Produto

Uma abordagem introdutória para desenvolvedores de projetos eletrônicos.



Ao se desenvolver um produto, por exemplo um produto eletrônico, técnicas e metodologias precisam ser aplicadas para o sucesso do seu resultado final. O assunto é vasto e envolvem vários processos e estruturas industriais.

O propósito deste artigo é levar ao conhecimento dos leitores, projetistas e desenvolvedores a existência de métodos e técnicas necessárias para análises tais como viabilidade técnica, industrial e comercial contribuindo para com quem deseja desenvolver seus projetos aumentar suas chances de sucesso, através de algumas informações disponíveis sobre o assunto.

É comum observarmos interessados em viabilizar sua criação ou ideia desenvolverem um protótipo primeiro para depois procurar a solução ou aplicação que se encaixe ao que o mercado necessita. É aquela condição onde a pessoa surge vendendo uma "plaquinha" ou produto que ela desenvolveu procurando possíveis aplicações que possam ser atendidas. Infelizmente a chance de sucesso nestes casos é muito pequena.

Cabe aqui uma observação, a título de esclarecimento. Uma descoberta no ramo de materiais ou tecnologia são primeiramente criadas para posteriormente se encontrar uma aplicação ou finalidade. Estes casos geralmente são frutos de pesquisa em laboratórios onde o resultado dessas pesquisas resultam em patentes industriais cujo setor pode ou não explorar.

São os resultados dos laboratórios de Pesquisa e Desenvolvimento (**Research and Development - R&D**).

Os produtos, métodos e resultados de R&D os quais também passam por análises de viabilidade, são transferidos às indústrias as

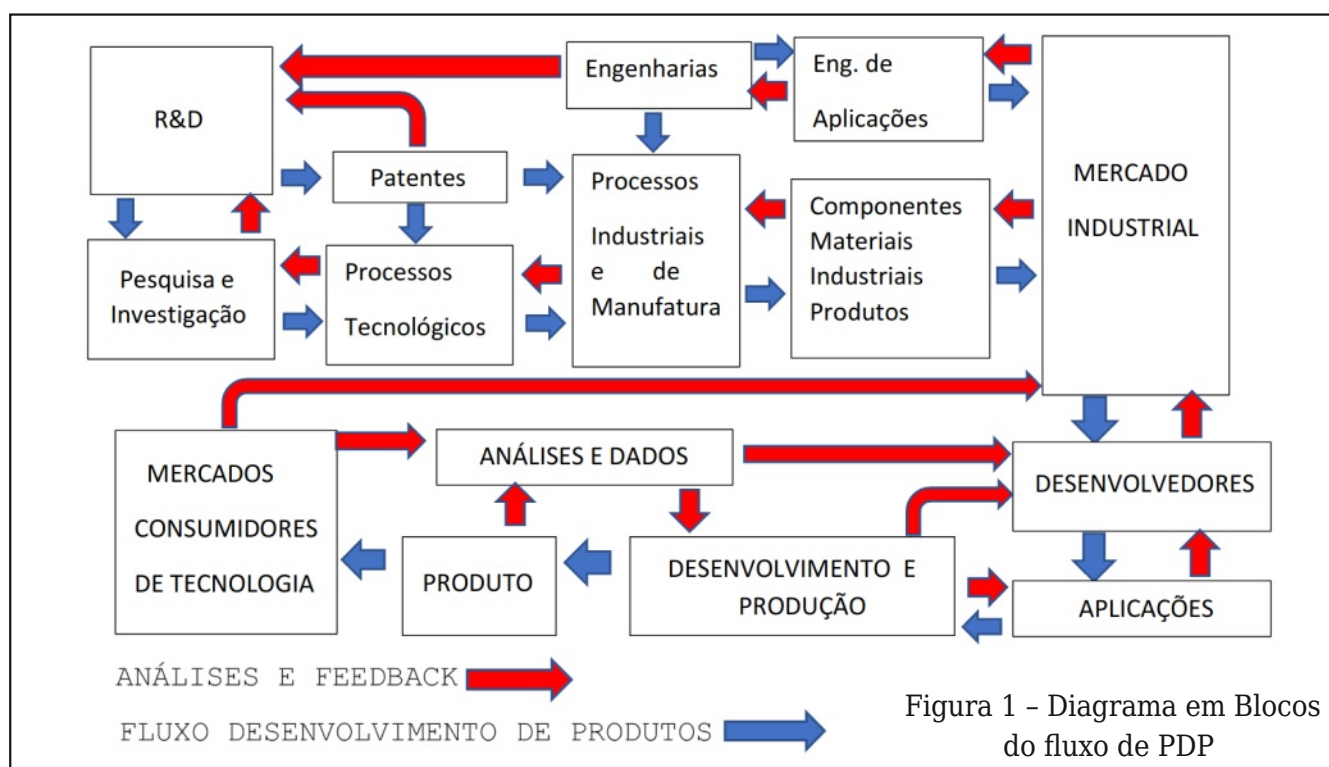


Figura 1 - Diagrama em Blocos do fluxo de PDP

quais serão transformados em produtos, componentes ou materiais industriais.

No âmbito da engenharia elétrica e eletrônica temos os materiais, componentes, as informações técnicas (datasheets) e a engenharia de aplicação dos fabricantes, à disposição para o desenvolvimento de produtos, nos diversos ramos tanto industriais como os de consumo.

É neste ponto onde uma correta análise do propósito do seu projeto, sua finalidade e as suas características definirão os seus prováveis resultados.

A falta de análise e o emprego de técnicas custam muito ao projetista com consequências devastadoras tais como consumo de material e tempo, má definição das características do projeto e finalmente o fracasso no esperado retorno.

O processo de análise com a correta aplicação das técnicas e metodologias do PDP, podem indicar e informar ao desenvolvedor, qual a percepção real da sua ideia e a viabilidade em transformá-la em produto possibilitando as alterações ou mudanças necessárias antes do consumo de recursos. A **figura 1** exemplifica de uma forma geral em diagrama de blocos o fluxo de desenvolvimento de materiais e produtos.

### Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP)

Para o desenvolvimento de um produto (eletrônico por exemplo), existe um processo chamado Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) [1][2].

O uso ou aplicação do PDP não se limita a grandes empresas ou corporações. O conceito pode ser aplicado também para o desenvolvimento de qualquer produto

O processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) pode ser descrito como um conjunto de ações e procedimentos que buscam a partir das necessidades do mercado e das possibilidades técnicas, considerando as condições competitivas de mercado, elaborar as especificações do projeto, seu processo de produção de forma que a manufatura seja capaz de constituir o produto. [2]

O modelo unificado do PDP [3] podem ser vistos nas **figuras 2 e 3**.

### Metodologia

A intenção deste artigo é contribuir para indicar uma direção para quem deseja desenvolver projetos e aumentar suas chances de sucesso, através de algumas informações disponíveis sobre o assunto. Portanto vamos desenvolver um processo simples para

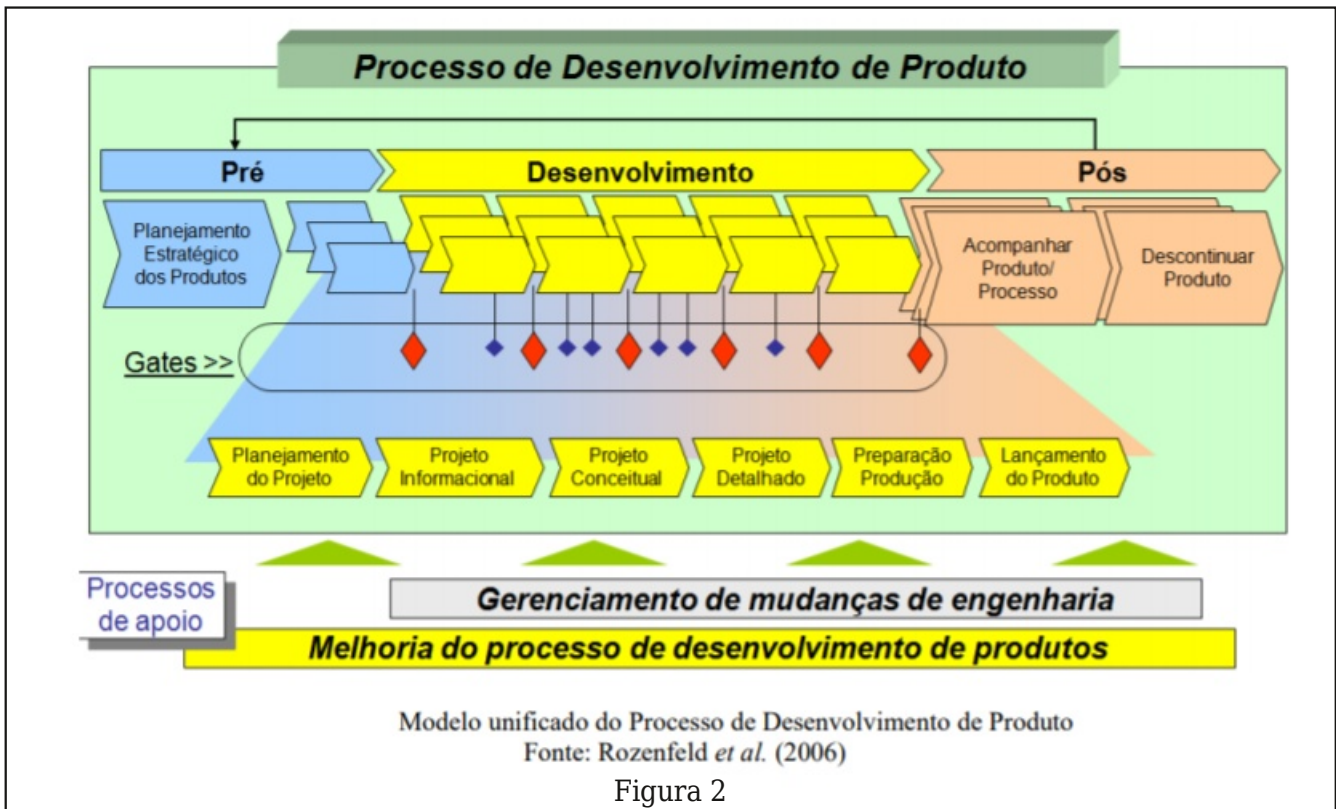


Figura 2

exemplificar as etapas de **desenvolvimento de um projeto**, no aspecto prático, focando em um produto a ser aplicado em um processo genérico de automação

O ciclo para desenvolver um projeto passa pelas seguintes etapas conforme a **figura 4** [2][4][5]:

**Descrição e exemplos dos blocos de processo:**

**ANÁLISE COMERCIAL**

Na análise comercial, verifica-se a viabilidade do produto, sua concepção, formato e destinação, mercado e a sua capacidade de retorno financeiro. Como exemplo alguns itens:

- Definição do mercado para o produto

- Análise de viabilidade econômica
- Recursos materiais, fornecimento e logística
- Capacidade de fornecimento com qualidade e prazo
- Ciclo de vida do Produto
- Análise Comercial e Financeira
- Pós venda

**ANÁLISE TÉCNICA**

Uma vez aprovado na análise comercial, a análise técnica tem como objetivo alinhar as características desejadas pelos usuários, características técnicas e operacionais, recursos envolvidos, estimativas de custos, retorno e ciclo de vida do produto. Como exemplo, no foco proposto seguem alguns pontos a serem analisados:

- Definir as condições de contorno a serem atendidas pela solução

<b>Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP)</b>								
<b>Fase inicial</b>		<b>Desenvolvimento</b>					<b>Fase final</b>	
Análises de viabilidade e planejamento de produto	Desenho do projeto - produto	Definições técnicas e operacionais	Definição conceitual do produto	Detalhamento técnico do produto Prototipagem Testes, certificação	Produção do produto	Lançamento do produto no mercado	Acompanhamento do produto no mercado	Ciclo de vida do produto, feedback, melhoria da qualidade atualizações e descontinuidade
<b>Plan</b>		<b>Do</b>			<b>Check</b>		<b>Act</b>	

Figura 3



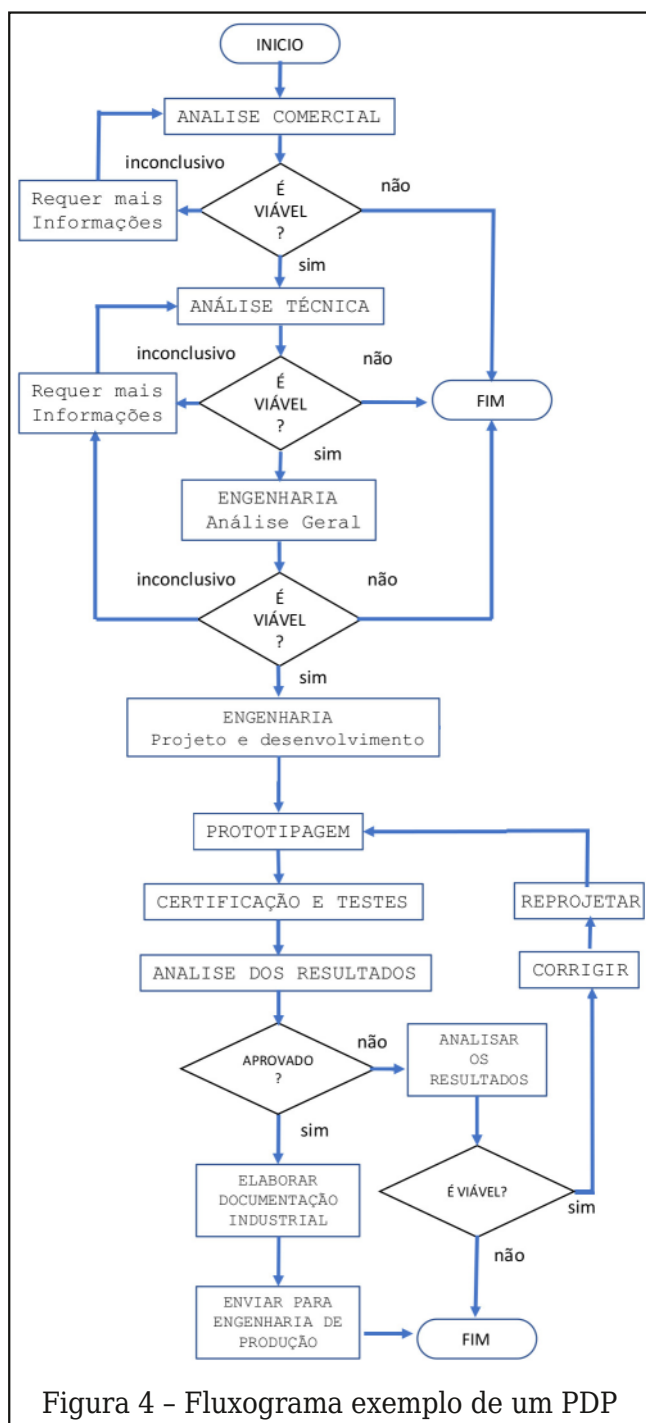


Figura 4 - Fluxograma exemplo de um PDP

- Levantar informações técnicas e operacionais
- Analisar o conceito e a viabilidade técnica
- Analisar se a solução indica ser exclusiva e personalizada
- Análise da solução ou produto em escala
- Análise de processamento de informações ou comunicação
- Verificação de recursos licenciados por terceiros
- Análise das normas técnicas afetas ao produto
- Verificar a necessidade de certificação
- Análise de recursos de infraestrutura como energia, rede etc..

- Necessita de pessoal treinado para implantação ou instalação
- Elaboração de um ante - projeto macro com a visibilidade geral
- Elencar as características técnicas e operacionais
- Definir como o produto atenderá os requisitos técnicos

### ENGENHARIA - Análise Geral

Na análise de engenharia, os dados compilados no processo de análise técnica são detalhados e transformados em parâmetros qualitativos e quantitativos mensuráveis e padronizados, visando a aplicação técnica do produto dentro de padrões, normas e especificações. Seguem alguns itens exemplificando esta etapa:

- Análise do ante- projeto\* e extração dos parâmetros técnicos.
- Os parâmetros técnicos definem as entradas e saídas do HW
- Parâmetros definem os sistemas de controle e sistemas dinâmicos
- Definições de MTBF (tempo médio entre falhas) e MTTR (tempo médio para reparo) e tolerância a falhas.
- Parâmetros para alimentação do sistema e consumo de energia
- Parâmetros geração de ou imunidade a ruídos eletromagnéticos
- Requisitos ambientais de operação (temperatura, umidade etc..)
- Tempo de resposta de sensores, atuadores, entradas e saídas
- Capacidade operacional e técnica do(s) software(s) envolvido(s)
- Normas técnicas protocolos e interfaces
- Demais parâmetros técnicos necessários
- Elaborar relatório de análise de viabilidade

### ENGENHARIA - Projeto e desenvolvimento

Com o relatório de análise de viabilidade e as especificações e parâmetros devidamente analisados e determinados, o processo segue para etapa de engenharia onde o Projeto e o Desenvolvimento serão executa-

\*esboço ou conjunto dos estudos preliminares que constituirão, depois das alterações, as diretrizes básicas do projeto definitivo.

dos. Nesta etapa o projeto deverá atender e responder às especificações. Em termos gerais e como exemplo, o processo de desenvolvimento segue as etapas:

- Esquematização técnica da solução com os parâmetros analisados
- Diagramas DFD, Blocos, fluxograma diagramas e código fonte
- Simulações dos blocos do sistema
- Simulação das sub-rotinas e rotinas do sistema e documentação
- Simulação dos Circuitos Elétricos e Eletrônicos e documentação
- Simulação de algoritmos em Ferramentas Matemáticas
- Carta de Tempos e análises de tempo real
- Memorial descritivo do projeto com blocos e fluxos
- Desenho em blocos do sistema com entradas e saídas
- Descritivo funcional dos blocos e diagrama de fluxos
- Memorial Técnico do projeto com especificações e parâmetros
- Memorial de Cálculo dos circuitos e sistemas e especificações
- Relatório Técnico de desempenho das simulações e análises
- Elaborar e especificar o processo de prototipagem
- Elaborar e especificar processos de ensaios
- Elaborar Check List e Relatórios de ensaios
- Integração e organização da documentação

### **PROTOTIPAGEM, teste e avaliação**

Uma vez finalizada a etapa do projeto e desenvolvimento e estando completa a documentação, com os parâmetros definidos segue a etapa de prototipagem. Neste momento protótipo(s) serão desenvolvidos dentro das especificações, para serem submetidos aos diversos testes programados para apuração da consistência técnica e operacional do projeto. Esta etapa também gera “feedbacks” para a engenharia de projeto ou mesmo é integrada a mesma de forma a dinamizar e resolver eventuais problemas detectados. Como exemplo alguns itens a serem executados:

- Análise criteriosa da documentação fornecida

- Reuniões técnicas para alinhamento de informações
- Definições sobre componentes, métodos e técnicas.
- Elaborar o HW conforme a documentação e os Memoriais
- Elaborar o SW conforme a documentação e os Memoriais.
- Desenvolver o protótipo conforme projeto elétrico- eletrônico.
- Classificar e definir os componentes e as especificações.
- Organizar o processo e montagem dentro das especificações.
- Montagem do(s) protótipo(s).
- Ensaiai conforme as especificações e coletar os dados.
- Processo de certificação e validação de normas técnicas.
- Preencher “Check List” e os relatórios de engenharia.
- Elaborar documentação.

### **Análise Final e Documentação**

Uma vez que os protótipos foram testados, avaliados dentro das especificações e métricas segue agora a análise final do desempenho do produto. As documentações desta etapa definem os parâmetros para produção do produto. Como exemplo:

- Relatório de Análise dos Ensaaios, “Check List” e resultados.
- Análise dos resultados e parecer final sobre o produto.
- Documentação técnica do projeto.
- Memorial descritivo do projeto.
- Memorial técnico do projeto.
- Especificações técnicas dos componentes e materiais.
- Elaboração do fluxo de montagem do produto.
- Elaboração do fluxo de aprovação do produto em teste.
- Elaboração de manual técnico.
- Elaborar e organizar a documentação para a Engenharia de Produção
- Reuniões de alinhamento e canais de feedback.

Após a documentação pronta e padronizada, o produto poderá ser produzido através

dos processos de industrialização disponíveis, que podem ser terceirizados ou do próprio interessado. Nessa fase existem análises sob a ótica da Engenharia de Produção.

Relatórios de controle são fornecidos pela produção, com as informações necessárias para eventuais correções ou melhorias (feedback).

As etapas de acompanhamento, controle de qualidade, ciclo de vida e descontinuidade do produto fazem parte do processo de gestão de produtos.

O projetista em eletrônica pode estar inserido em apenas algumas etapas, se participar como um consultor ou desenvolvedor independente. No entanto estará sob a demanda do ciclo de desenvolvimento do produto, projetando conforme os parâmetros técnicos especificados e de forma contínua melhorando os produtos pelos ciclos de PDCA (Plan-Do-Check-Act) ou Planejar Fazer Verificar Atuar [6]. Atualmente outros modelos de controle são utilizados, originados da evolução do PDCA. Estamos utilizando apenas como exemplo didático.

Se o caso é desenvolver uma ideia com o objetivo de transformá-la em um produto também estará sob a demanda desse processo de desenvolvimento e neste caso de forma mais abrangente.

É por isso que muitos projetistas desenvolvem ideias e dispositivos e após procurarem uma aplicação que se encaixem no seu produto, acabam fracassando com o dispêndio de recursos, sem um objetivo prático e profissional.

## Conclusões

- Antes de propor um projeto ou ideia com finalidade industrial, é fundamental a coleta de informações o mais completas possíveis e nas devidas etapas. A estruturação metodológica permite a sequência lógica adequada.
- Após as análises de viabilidade, o projeto deve ser criteriosamente avaliado, nos aspectos técnicos e operacionais. Neste ponto serão definidos as tecnologias, os componentes, o software empregado, o fornecimento a obsolescência dos

componentes, além da capacidade de processamento de sistemas digitais, arquitetura e velocidade, capacidade de memória, entradas e saídas e demais requisitos técnicos.

- Os protótipos irão comprovar a paridade com os dados do projeto técnico elaborado, através dos ensaios e seus resultados.
- Vão indicar também falhas que necessitam ser corrigidas e alterações no projeto. A documentação e as técnicas empregadas nos ensaios e certificações devem seguir as normas técnicas para serem submetidos aos organismos competentes.
- Para um projetista iniciante, ou um “maker” ou mesmo um interessado em produzir um determinado produto, os requisitos podem ser simplificados de acordo com a complexidade do projeto. No entanto as etapas devem ser minimamente respeitadas.

## Bibliografia:

- [1] <http://www.pdp.org.br/> (02/04/2021)
- [2] Faria, Adriana F, e outros PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS: UMA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Rio de Janeiro, RJ, Brasil 2008
- [3] ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F.A.; AMARAL, D.C.; TOLEDO, J.C.; SILVA, S.L.; ALLIPRANDINI, D.H.; SCALICE, R.K. Gestão de Desenvolvimento de Produtos: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.
- [4] <http://www.isntech.com/skills/project-methodology/> (02/04/2021)
- [5] Romeiro Filho, Eduardo. 2006. Projeto do Produto - Apostila do Curso. Segundo semestre de 2006. 8ª Edição. Belo Horizonte: LIDEP/DEP/EE/UFMG, 2004.
- [6] Augusto V. M. da Fonseca (Depto. de Engenharia de Produção, EPUSP) [augusto.-fonseca@poli.usp.br](mailto:augusto.-fonseca@poli.usp.br) Dario Ikuo Miyake (Depto. de Engenharia de Produção, EPUSP) Uma análise sobre o Ciclo PDCA como um método para solução de problemas da qualidade XXVI ENEGEP - Fortaleza, CE, Brasil, 9 a 11 de Outubro de 2006



# Números Mágicos

Existem certos números “mágicos” que ocupam posições de destaques em muitas ciências e tecnologias. Basta citar o pi (3,14) da matemática, a série, 2, 8,16 das camadas de valência dos átomos da química, o 9,8 da aceleração da gravidade da física e muitos outros. Pois bem, para nós interessa nesse desafio os números da eletrônica. Veja se o leitor a que está associado cada um dos números dados abaixo. Indique as letras correspondentes aos números:

- |             |   |
|-------------|---|
| 1) 111      | a) Número de junções de um transistor   |
| 2) 555      | b) Padrão de comunicações sem fio   |
| 3) 802.11   | c) Um quilobit ou kilobyte  |
| 4) 1024     | d) Velocidade da luz no vácuo (aproximada - km/s)   |
| 5) 2,54     | e) Início da faixa de FM (MHz)  |
| 6) 4093     | f) Famoso circuito integrado timer  |
| 7) -273     | g) Raiz de 2, fator pelo qual multiplicamos o valor rms para obter o valor de pico de uma tensão senoidal |
| 8) 3        | h) Famoso circuito integrado CMOS - quatro disparadores NAND  |
| 9) 212      | i) Sete na forma digital  |
| 10) 88      | j) Uma polegada em cm   |
| 11) 300 000 | k) Ponto de ebulição da água na escala Fahrenheit   |
| 12) 1,41    | l) Zero absoluto em centígrados   |



Respostas:  
1.i - 2.f - 3.b - 4.c - 5.j - 6.h - 7.l - 8.a - 9.k - 10.e - 11.d - 12.g





# aureside

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL E PREDIAL

**ACESSE O SITE**

[www.aureside.org.br](http://www.aureside.org.br)



## HÁ 20 ANOS

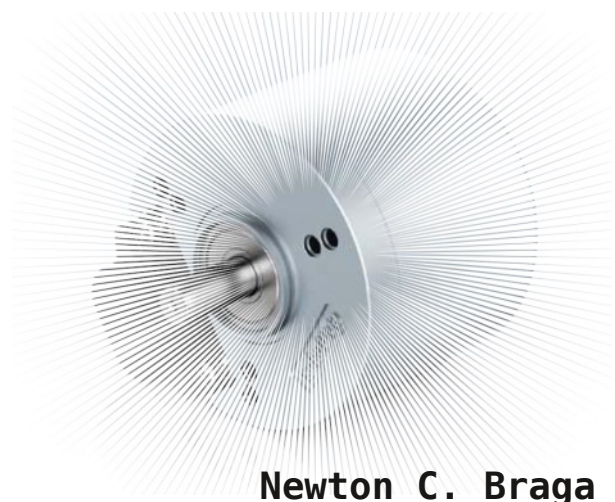
a AURESIDE difunde tecnologias, treina, forma profissionais e fomenta o mercado de Automação Residencial e Predial

***Conheça os benefícios exclusivos dos associados da AURESIDE***

- Treinamentos presenciais e a distância •
- Descontos em eventos • Divulgação de Produtos e Serviços • Comunicação e Imprensa
  - Estímulo à demanda de mercado
  - Representatividade • Participação •
- Base de dados cadastrais • Apoio Institucional •
- Rede de Contatos



# Coletânea de Shields para Motores



Newton C. Braga

Um dos complementos de maior importância nos projetos que fazem uso de microcontroladores e motores é o shield de acionamento de motor. Esta interface utiliza os sinais de menor intensidade disponíveis na saída de um microcontrolador para acionar cargas de maior potência, no caso os motores. Neste artigo temos uma coletânea de projetos simples de shields que você pode montar com componentes comuns.

Da mesma forma que uma variedade muito grande de microcontroladores se encontra para venda na internet e outras fontes, os shields dos mais diversos tipos também estão disponíveis e dentre eles, os shields de acionamento de motores.

Estas pequenas placas contêm os elementos para processar os níveis lógicos de saídas lógicas de um microcontrolador, aumentando sua intensidade de modo a permitir o acionamento de motores dos mais diversos tipos. São motores DC, motores de passo e mesmo sem escovas.

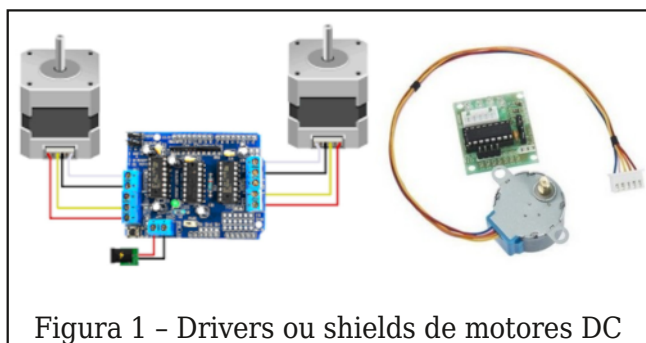


Figura 1 - Drivers ou shields de motores DC

No entanto, na falta de uma delas, ou se o leitor deseja simplesmente fazer testes usando componentes comuns, antes de partir para uma solução comercial, existem diversas alternativas que podem ser montadas em ponto tempo numa matriz de contato. Selecionamos algumas delas. No site, muitas outras podem ser encontradas tanto na seção Banco de Circuitos (CIR) como na seção de mecatrônica (MEC).

## O que deve ser observado

Mesmo que tentemos controlar um pequeno motor, dentro das especificações das saídas de um microcontrolador, precisamos tomar precauções adicionais para que tudo funcione corretamente.

Os motores de corrente contínua (CC ou DC) possuem escovas que geram transientes que podem afetar o próprio circuito de controle (microcontrolador) e, além disso, mudam de consumo conforme a carga.

Sob carga intensa a sua corrente aumenta facilmente para além da capacidade de fornecimento de um microcontrolador e isso pode significar sobrecargas tanto para o microcontrolador como para sua fonte.

Para usar circuitos adicionais (shields) que possam excitar motores DC a partir da saída de circuitos lógicos digitais ou microcontroladores devemos levar em conta os seguintes fatos:

- O motor não precisa ser necessariamente alimentado pela mesma fonte de controle ou microcontrolador. Pode ser usado um motor de tensão maior desde que a etapa de saída do circuito esteja de acordo com ele e a etapa de entrada de acordo com a lógica de controle. Podemos controlar um motor de 12 V a partir da lógica de 5 V da saída de um Arduino.
- A corrente do shield deve estar de acordo com o exigido pelo motor. Para os casos de motores de alto consumo ou ruidosos é interessante usar fonte separada para o shield.
- Deve-se considerar com o motor é uma carga fortemente indutiva. O shield deve prover isso com os componentes de proteção, normalmente um diodo em paralelo com o motor.
- O aterramento comum do shield e do microcontrolador deve ser bem-feito para que não sirva de percurso de realimente para transientes que possam afetar seu funcionamento.

### 1. Breakout board para reversão de motor DC

Para inverter a rotação de um motor com a troca de níveis de uma saída de um Arduino ou outro microcontrolador podemos usar um relé de 5 V conforme ligação mostrada abaixo. O motor tem alimentação independente. Para ligar e desligar o motor podemos usar um segundo relé. Para relés de maior tensão é conveniente usar uma etapa de excitação. circuito.

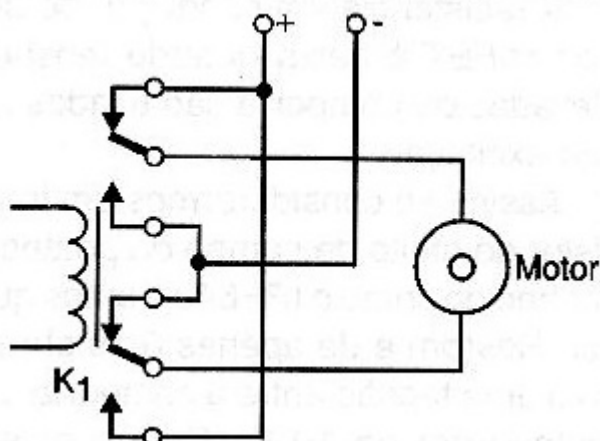


Figura 2 - Controle simples com relé sensível de 5V

### 2. Controle de movimento para motores DC

Um pouco mais complexo que o anterior, já podendo ser chamado de shield, este circuito pode ser usado no controle de movimento de um robô, atuando sobre o motor. Dois motores devem ser usados em controles semelhantes, havendo duas entradas lógicas de controle. O circuito pode ser facilmente adaptado para operar como um shield de microcontrolador utilizando-se relés sensíveis de 5 V.

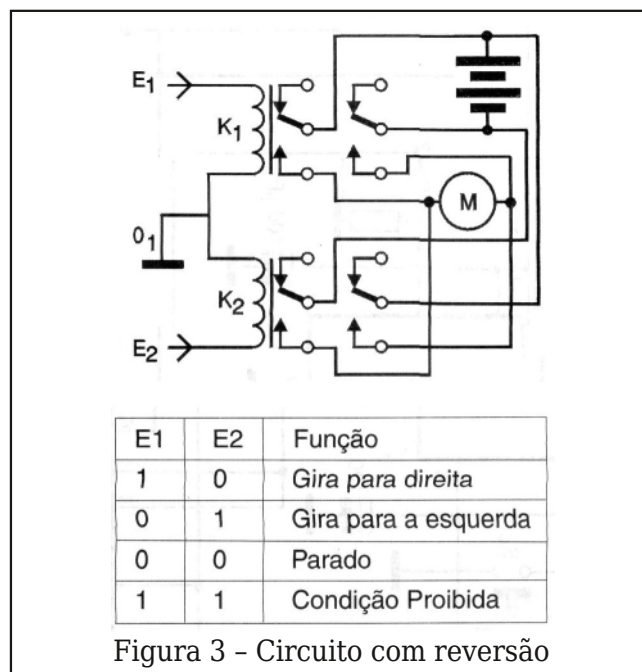


Figura 3 - Circuito com reversão

### 3. Shield isolado para Motores ou Relés

Para controlar relés ou motores DC de forma segura com um duplo isolamento pela porta paralela, sugerimos o circuito da figura. O isolador óptico isola o circuito do microprocessador ou do PC do circuito de acionamento dos relés, que pode operar com tensão diferente de 5 V. Na verdade, com o uso de relés de 12 V é possível obter melhor desempenho. Os relés de 12 V são mais fáceis de obter, mais sensíveis e com isso podem facilitar a montagem da interface. O resistor R1 deve ter seu valor escolhido de acordo com o tipo de acoplador óptico empregado de modo a se obter o ponto ideal de disparo com o sinal da porta no nível alto. Uma possibilidade para se encontrar o



melhor valor, consiste em se usar no desenvolvimento do projeto um trimpot e depois substituí-lo por um resistor fixo. Levando em conta que os relés de 12 V comuns são especificados para uma corrente de 50 mA, a fonte deve ser dimensionada prevendo-se os instantes em que todos eles estejam acionados. Assim, para uma interface em que as 8 saídas da porta paralela sejam usadas, a fonte deve ser capaz de fornecer os 400 mA exigidos.

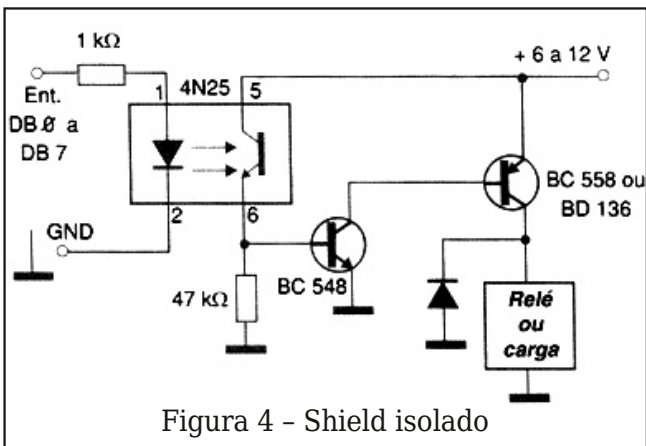


Figura 4 - Shield isolado

#### 4. Driver Para Motor DC

Este circuito pode servir de base para o projeto de pequenos robôs controlados por microcontroladores (shield de potência sem relé). O circuito pode controlar motores até 500 mA e com a troca dos transistores motores de potências maiores.

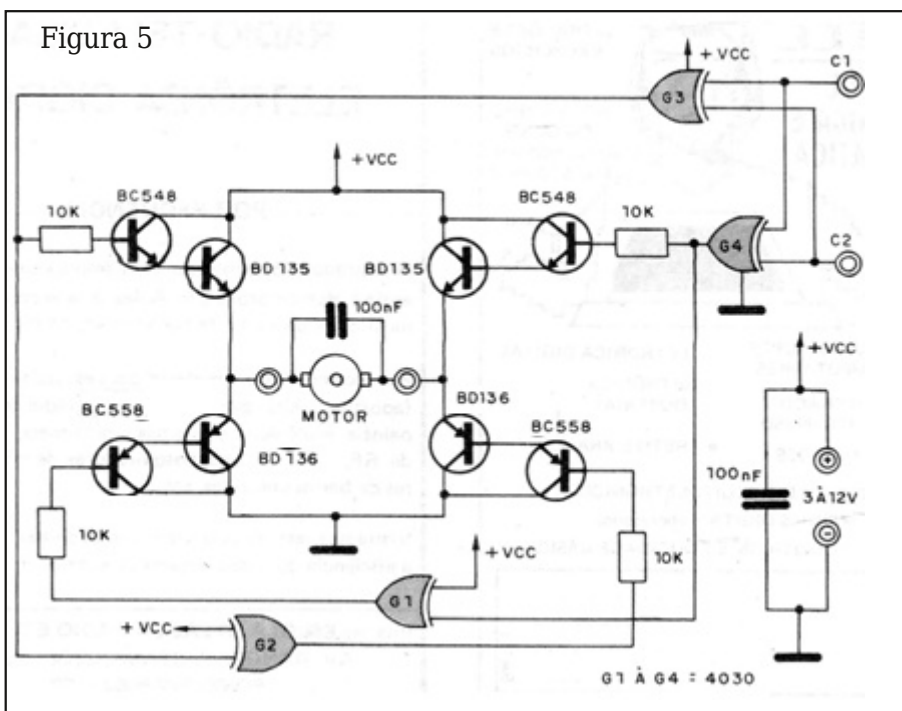


Figura 5

O circuito descrito pode ter as etapas lógicas alimentadas por 23,3 ou 5 V e a etapa de potência do motor com tensões maiores a partir de 5 V conforme o motor. Usando o TIP31 e TIP32 nas etapas de saída os motores podem chegar aos 2 A. Estes transistores devem ser dotados de dissipadores de calor.

Na tabela abaixo temos as condições dos motores em função dos sinais de entrada.

O diagrama completo do controle é mostrado na figura 5.

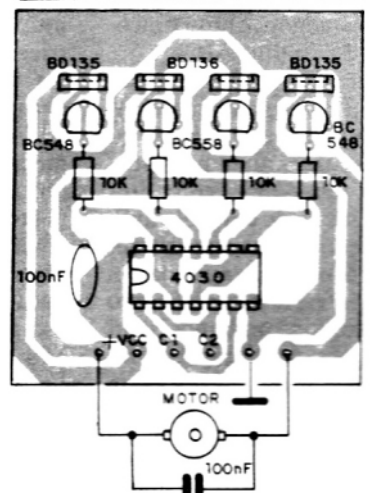
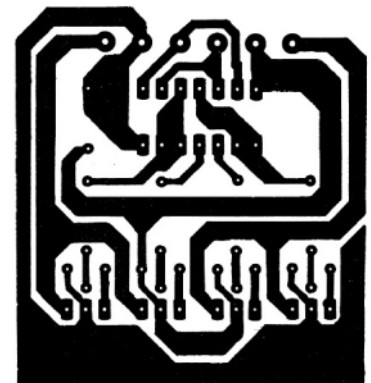
Uma placa de circuito impresso para a montagem é sugerida na figura 6.

O capacitor em paralelo com o motor eventualmente deve ser aumentado se for notada instabilidade de funcionamento devido ao ruído das escovas

#### 5. Interface Simples TTL

Este circuito pode ser usado como uma interface de saída para computadores pessoais que tenham a porta paralela (antigos) e também como shield para microcontroladores com as devidas adaptações. Os componentes usados são comuns. Este circuito de shield ou interface pode ser usa-

Figura 6 - Sugestão de placa



do com diversas finalidades para controlar o fluxo de dados entre um microcontrolador ou computador e um circuito controlado. A alimentação deve ser feita com tensão de 5 V e as saídas devem levar em conta a capacidade de corrente disponível, acionando eventualmente etapas de potência.

O diagrama completo da interface é dado na figura 7.. A placa de circuito impresso é mostrada na figura 8.

Na montagem devem ser observadas as posições dos circuitos integrados e as trilhas

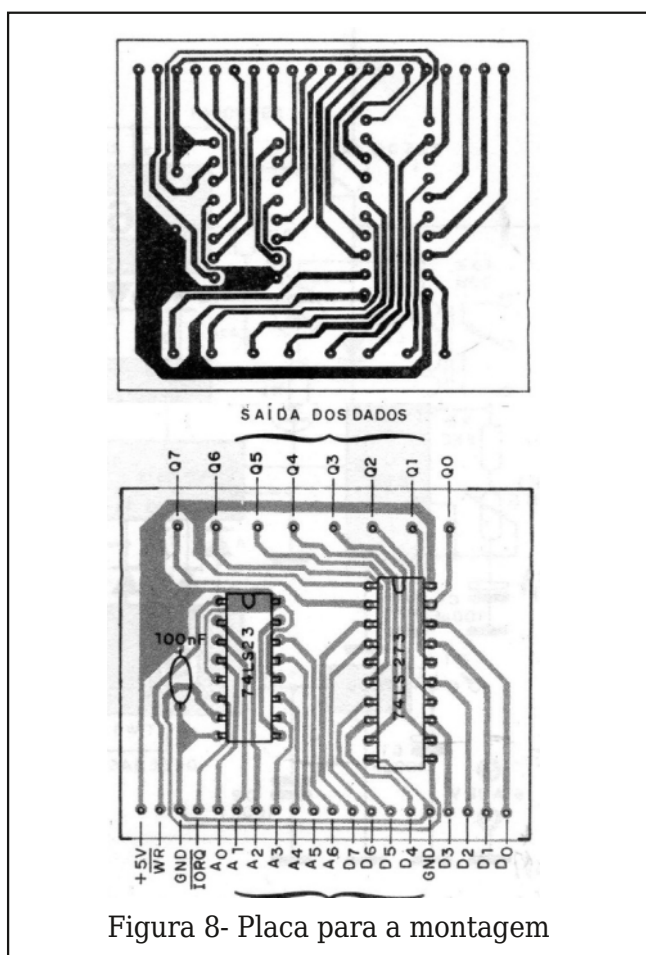
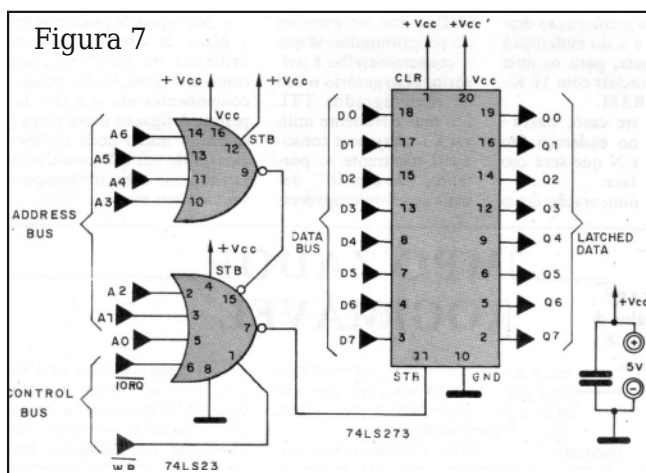


Figura 8- Placa para a montagem

deverem ser cuidadosamente verificadas para que não ocorram curtos.

### 6. Shield de Controle Bidirecional de Motor DC

O circuito mostrado na figura 8 é uma "meia ponte H" e sua finalidade é controlar o sentido de rotação de um motor de corrente contínua a partir da polaridade do sinal de entrada.

Com um sinal positivo o motor gira no sentido direto. Com um sinal negativo no sentido inverso. Sem sinal ou com uma tensão de 0 V o motor estará parado. Motores de até 2 A com tensões na faixa de 6 a 15 V de alimentação podem ser controlados por este circuito.

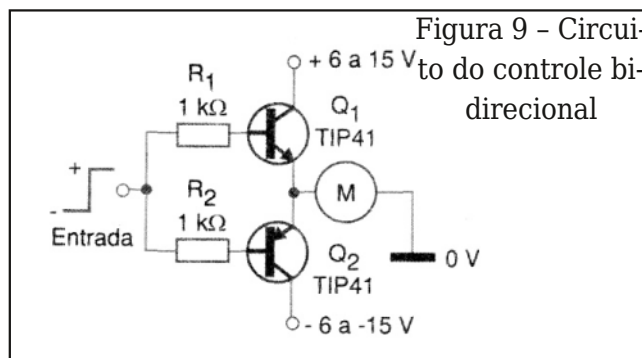


Figura 9 - Circuito do controle bidirecional

#### Utilidades:

- Controle lógico de motores em automatismos e projetos de mecatrônica a partir de sensores ligados à comparadores de tensão.
- Interfaceamento de motores com computadores usando circuito intermediário apropriado.
- Inversão do sentido de circulação em automatismos de corrente contínua como, por exemplo, solenoides.
- Controle de sentido de movimento em robôs e outros dispositivos móveis usando chaves como sensores.
- Implementação de controles PWM aplicando pulsos de frequência e polaridade apropriada, conforme sentido e velocidade desejada para os motores.

#### Detalhes Construtivos:

Os transistores de potência admitem equivalentes conforme a corrente do motor ou

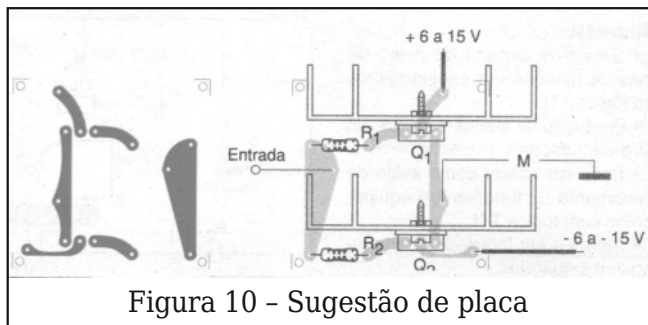
outra carga controlada. Esses transistores devem ser dotados de dissipadores de calor.

O circuito precisa de uma corrente de entrada de pelo menos 5 mA para acionamento de um motor de 500 mA com transistores de ganho 100.

Isso significa uma tensão da ordem de pelo menos 5 V na entrada, com polaridade que dependerá do sentido de rotação desejado.

Ganhos maiores podem ser obtidos com transistores Darlington de potência.

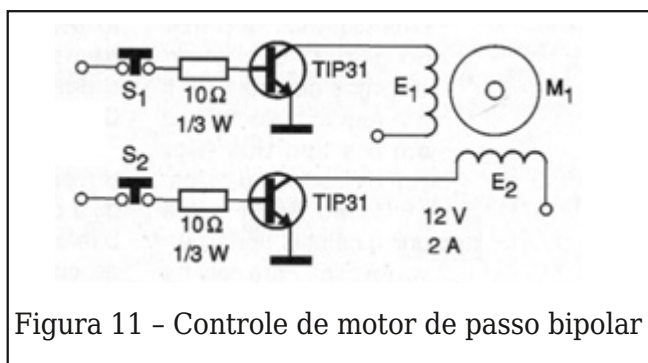
Na figura 10 temos uma sugestão de placa de circuito impresso, se bem que a configuração possa ser implementada na própria placa que contém o circuito completo de controle.



### 7. Shield experimental de motor de passo

Este circuito experimental para movimentar um motor de passo foi encontrado numa documentação de 2002.

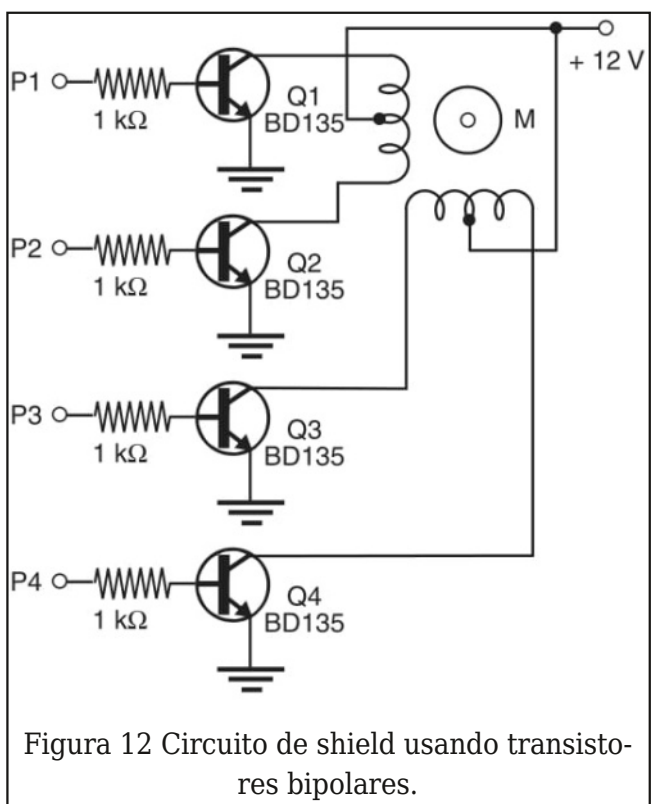
No entanto, dada a sensibilidade dos TIP31, a excitação pode ser feita com tensões a partir de 3 V o que permite usá-lo como shield para microcontroladores. Aplicando a sequência correta de pulsos nas entradas podemos movimentar o motor de muitas formas.



### 8. Shield padrão para motor de passo usando transistores NPN

Este circuito foi adaptado do meu livro *Robótica, Mecatrônica e Inteligência Artificial - Robotics, Mechatronics and Artificial Intelligence* (esgotado) publicado nos Estados Unidos. Ele pode ser usado como um escudo de controle para motores de passo em um projeto de mecatrônica ou robótica ou como um bloco de construção para projetos simples.

O shield mostrado na Figura 12 é um driver para o controle de motor de passo até 1 A. É apropriado para esta corrente se os transistores forem BD135 / BD17 ou BD139.



A sequência de pulsos para posicionar o motor é aplicada às entradas P1 a P4 para um tradutor apropriado (veja os seguintes blocos). O circuito precisa de cerca de 12 mA por entrada para acionar um motor de 500 mA, tornando-o compatível com a lógica TTL ou CMOS.

Os transistores podem ser substituídos por unidades mais potentes. Se transistores de baixo ganho forem usados, você provavelmente precisará de mais corrente na entrada. O próximo bloco, usando transistores Darlington, pode ser importante se forem



utilizados motores de passo de alta potência. Os transistores devem ser montados em dissipadores de calor.

### 9. Shield de motor de passo com MOSFETs

Este circuito foi adaptado do meu livro Robótica, Mecatrônica e Inteligência Artificial - Robotics, Mechatronics and Artificial Intelligence (esgotado) publicado nos Estados Unidos. Ele pode ser usado como um shield de controle para motores de passo em um projeto de mecatrônica ou robótica ou como um bloco de construção para projetos simples.

Os MOSFETs de potência podem ser usados para acionar motores de passo, como mostrado pela blindagem na Figura 1. A característica de entrada de alta impedância dos MOSFETs de potência os torna ideais para essa finalidade. Os MOSFETs de potência podem acionar motores com correntes de muitos amperes, dependendo do tipo. Este circuito pode ser acionado a partir de lógica TTL e CMOS e outros blocos. ©

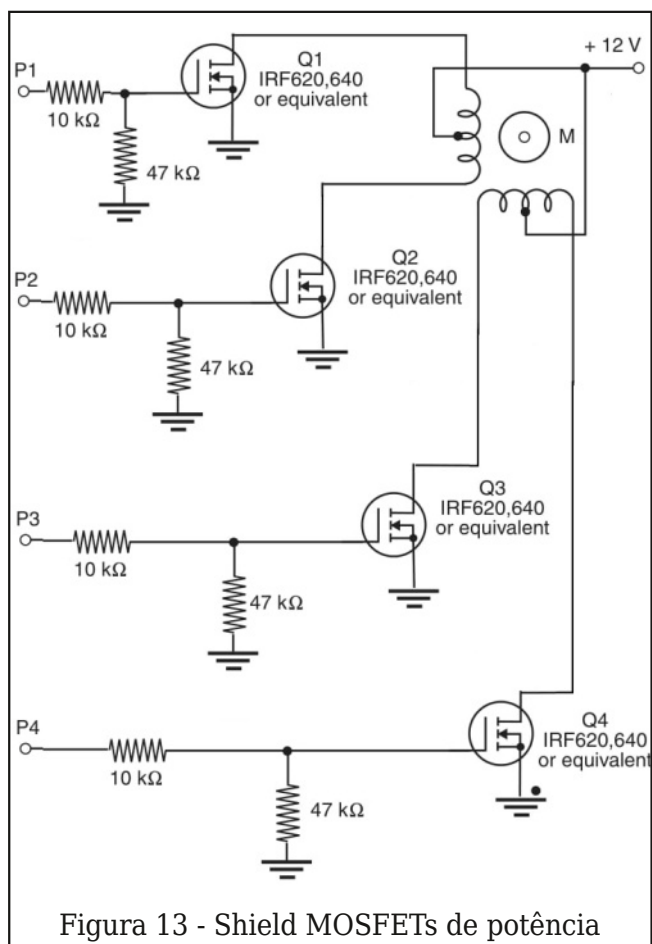


Figura 13 - Shield MOSFETs de potência

## LIVRO EM DESTAQUE

# Manual Maker – Vol 1

**Autor:** Newton C. Braga

**ISBN:** 9788595680616

**Número de páginas:** 238

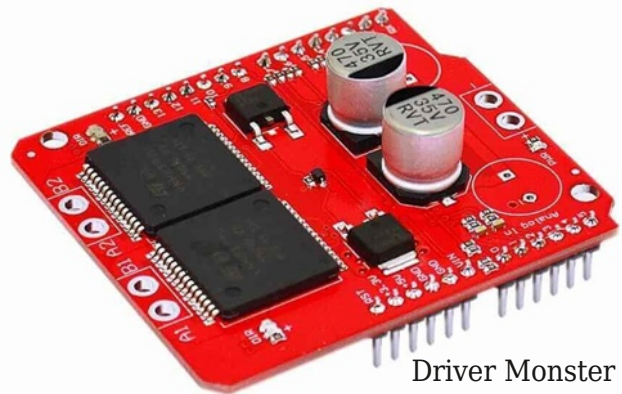


A palavra "maker" está em alta. Os fazedores de coisas, os inventores usando tecnologia avançada, os adeptos do DIY ou Do-it-Yourself (Faça-Você-Mesmo) estão aumentando em quantidade e a necessidade de ensinar tecnologia nas escolas, em oficinas, em fablabs e em todos os lugares é evidente (BNCC e STEM). Mas, como fazer tudo isso? Aproveitando sua experiência como maker há mais de 60 anos, com milhares de artigos e projetos publicados, o autor deste livro reúne num manual o que é preciso saber para ser um maker. Mais do que isso, o que é preciso fazer para montar uma fablab, para ensinar tecnologia nas escolas, para montar oficinas ou espaços em que todos podem se tornar makers e montar coisas incríveis usando tecnologia desde a mais simples com componentes de sucata até as mais avançadas com tecnologia do momento. Um livro que não deve faltar para os que desejam ser makers, para os que já são makers e precisam saber mais ou ainda para os que desejam ensinar tecnologia, nas escolas, nas comunidades, para seus amigos ou seus filhos.

**MAIS DETALHES  
Fotografe -->**



# Conheça o Driver de Motor VNH2SP30



Driver Monster Motor Shield

Um componente importante para aplicações de alta potência, com correntes até 30A é o Motor Drive VNH2SP30-E da STMicroelectronics. Com uma tensão máxima de operação de 41V ele já possui a ponte H integrada, o que facilita a sua utilização. Neste artigo, baseado no datasheet, focalizamos este componente e indicamos a compra de uma placa-shield completa.

O circuito integrado VNH2SP30 da STMicroelectronics consiste num drive com ponte H integrada de alta potência. A ponte faz uso de MOSFETs com apenas 19 mOhms de resistência de condução ( $R_{ds(on)}$ ) o que lhe garante esta enorme capacidade de corrente, sem a necessidade de dissipadores.

O VNH2SP30-E é fornecido em incólucro MultiPower SQ-30 com a pinagem mostrada na figura 1.

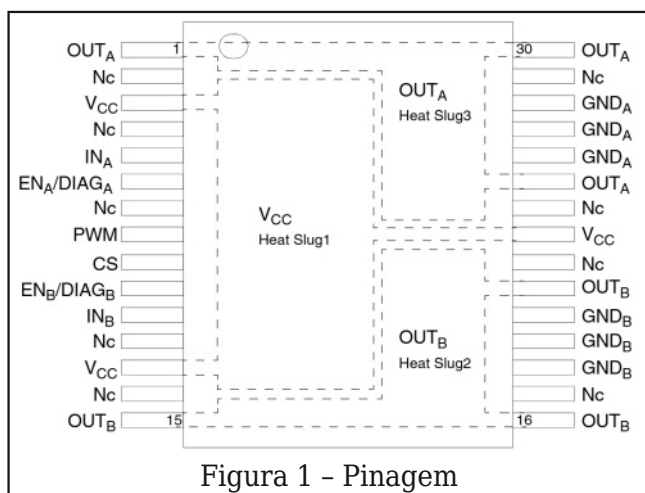


Figura 1 - Pinagem

O datasheet completo pode ser acessado diretamente no QRcode ao lado. Nele encontramos uma tabela com a identificação de cada pino e sua função. Podemos ter uma ideia de sua estrutura a partir do diagrama funcional mostrado na figura 2.

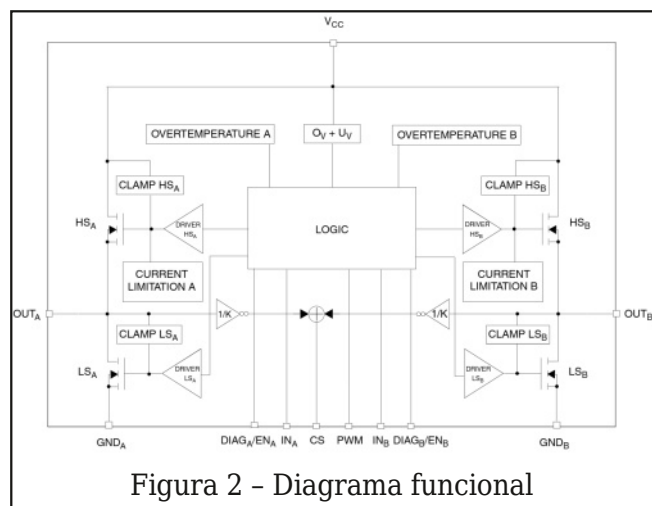


Figura 2 - Diagrama funcional

As entradas de controle são compatíveis com lógica de 5V e a operação no modo PWM vai até 20 kHz. Proteções diversas são agregadas para se obter maior segurança de funcionamento.

No datasheet de 33 páginas encontramos todas as informações necessárias a sua utilização. Incluem-se os máximos absolutos, as características elétricas, informações sobre os níveis lógicos de controla nas entra-

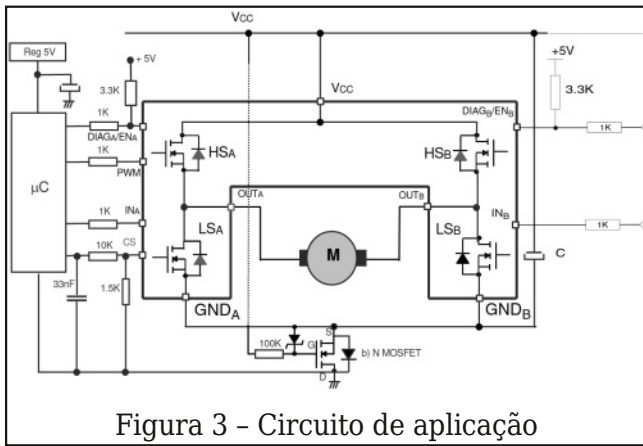


Figura 3 - Circuito de aplicação

das assim como gráficos, tabelas-verdade e formas de onda.

Na figura 3 temos um circuito de aplicação típico para um motor DC com controle PWM de 20 kHz.

O dispositivo possui recursos diagnóstico de falhas que podem ser consultados no da-

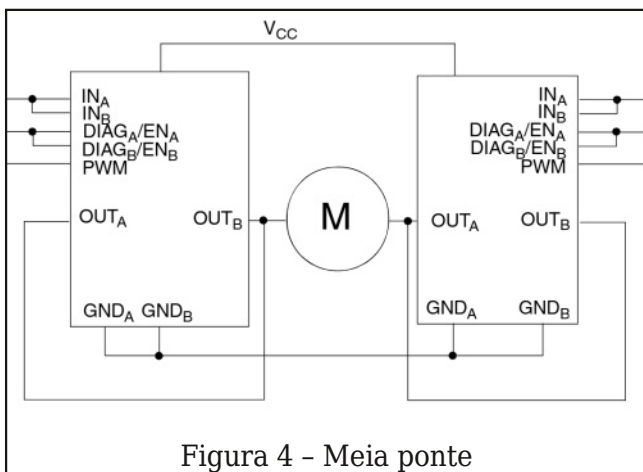


Figura 4 - Meia ponte

tasheet. Na figura 4 temos uma aplicação para a configuração de meia ponte.

Finalmente temos na figura 5 uma aplicação interessante para o desenvolvimento de aplicações que usam diversos motores. Trata-se de uma configuração que pode controlar 3 motores.

O datasheet também fornece informações para o layout de placas. No entanto, você pode adquirir a placa pronta na Curto-Circuito clicando ou fotografando o QrCode.

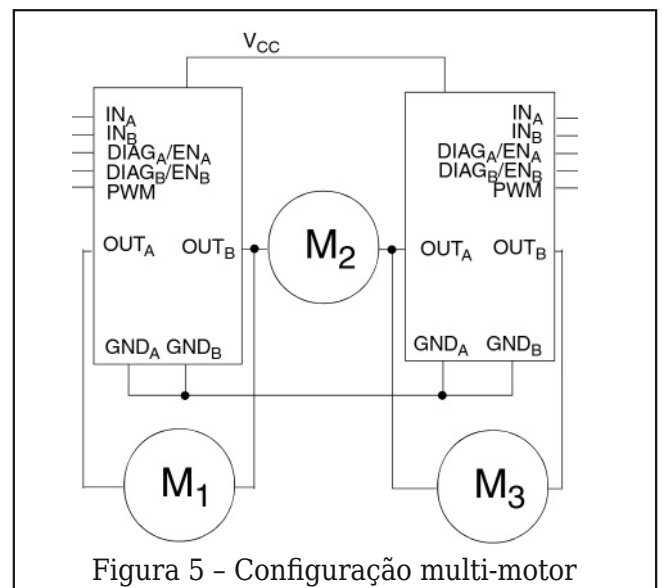


Figura 5 - Configuração multi-motor

**MANUAL DE MECATRÔNICA**  
AUTOMAÇÃO, ROBÓTICA E CONTROLE  
NEWTON C. BRAGA

## LIVRO EM DESTAQUE

### MANUAL DE MECATRÔNICA

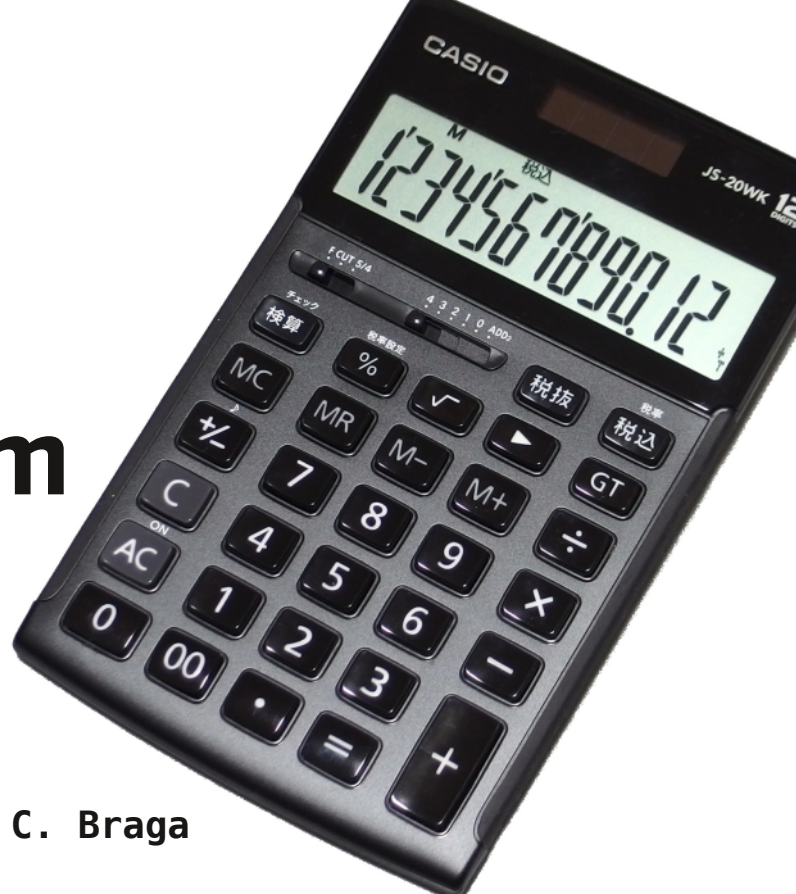
**Autor:** Newton C. Braga  
**Páginas:** 502  
**ISBN:** 9788565050609

Este é um livro especial elaborado para engenheiros, técnicos, professores e estudantes que trabalham na área de mecatrônica, com suas mais variadas denominações e ramificações como automação, controle robótica e incluindo a física, química, mecânica e muito mais.



# Calculando um Ohmímetro

Newton C. Braga



Este é um problema interessante que pode aparecer em concursos, em exames vestibulares como a FUVEST e mesmo em teste para vagas técnicas em empresas. Como calcular os resistores em série com um instrumento, em função da resistência e fundo de escala do instrumento e a tensão da pilha para se obter o seu funcionamento?

Um ohmímetro nada mais é do que um medidor de resistências. Ele já está incluído nos multímetros quando selecionamos as escalas de ohms (resistências).

Na aplicação tradicional para um instrumento analógico, que vamos aprender a calcular neste artigo, temos uma fonte de tensão (normalmente uma pilha), um resistor e um trimpot (para ajuste de fundo de escala ou zeramento) e o próprio instrumento medidor.

Assim, temos um circuito típico como o mostrado na figura 1.

Quando as pontas de prova estão unidas e, portanto, a resistência entre elas é 0 a corrente no instrumento é ajustada para o fundo de escala (máxima). Temos então o zero da escala.

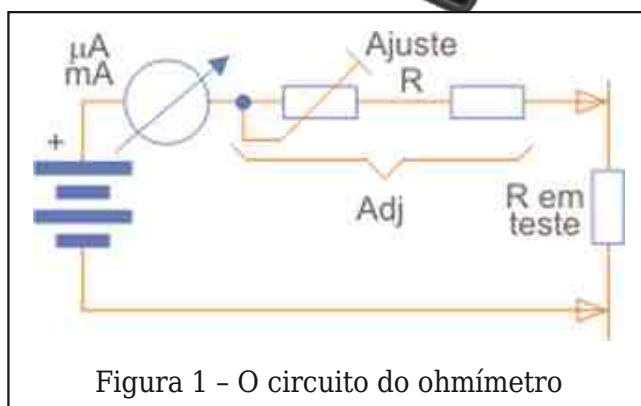


Figura 1 - O circuito do ohmímetro

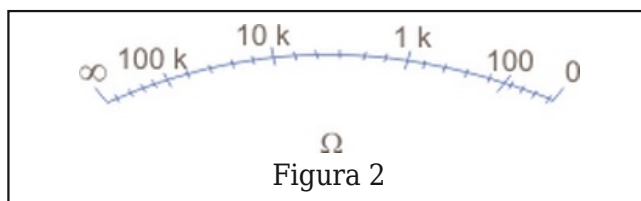


Figura 2

Quando as pontas de prova estão separadas, a corrente é nula o que corresponde ao início da escala, infinito. Para o meio da escala, a corrente é dada pela resistência de ajuste. Quando a resistência de ajuste é igual à resistência entre as pontas de prova, a corrente no instrumento será a metade do fundo de escala. Temos então para esse tipo de instrumento uma escala invertida não linear, conforme mostra a figura 2.

Para os valores intermediários podemos raciocinar da seguinte forma: supondo que o instrumento tomado como exemplo seja de 0-1 mA.

Nestas condições, se a tensão de alimentação for de 1,5 V (uma pilha), para a corrente total (fundo de escala), precisamos que o circuito tenha uma resistência total de 1 500 ohms. Se formos medir com este instrumento uma resistência do mesmo valor, ou seja, 1 500 ohms, ela será colocada em série com o circuito conforme mostra a figura 3.

A resistência total passará a ser a soma, ou seja, 3 000 ohms, de modo que a corrente indicada pelo instrumento será metade de 1 mA ou 0,5 mA (500  $\mu$ A). O instrumento terá sua agulha deslocada até o centro a escala. Neste instrumento, a escala poderá ser feita conforme mostra a figura 4 com uma resistência de 1 500 ohms no centro.

Para uma resistência de 15 000 ohms, por exemplo, o que corresponde à uma resistência externa de 13 500 ohms (1 500 ohms são do instrumento) teremos uma corrente de 1/10 do fundo de escala.

O ponto que causa 1/10 da deflexão corresponde, portanto, a 15 000 ohms. Veja que podemos ter com facilidade leituras na faixa central da escala que correspondem a mais ou menos 500 ohms a 5 000 ohms.

Observe que no instrumento básico a resistência é medida fazendo circular uma cor-

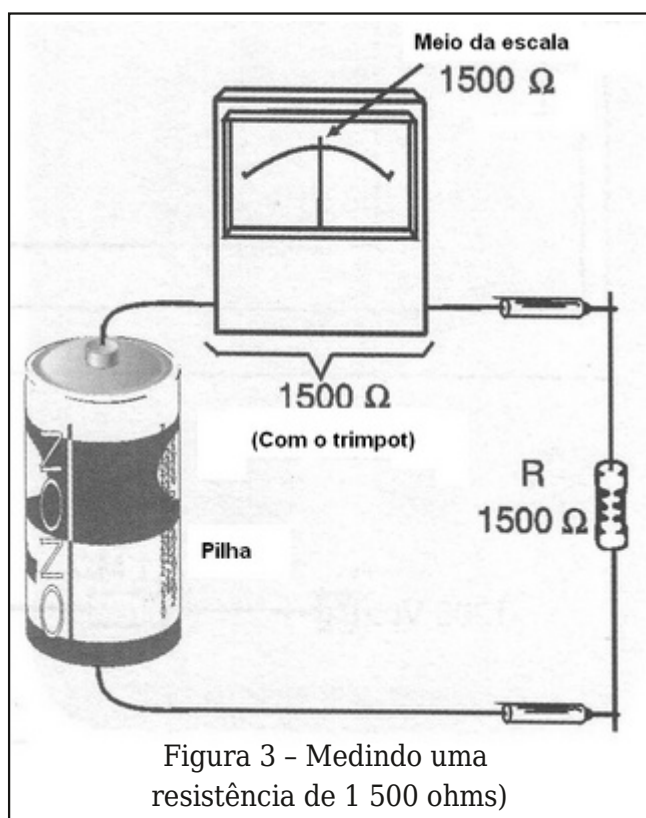


Figura 3 - Medindo uma resistência de 1 500 ohms)

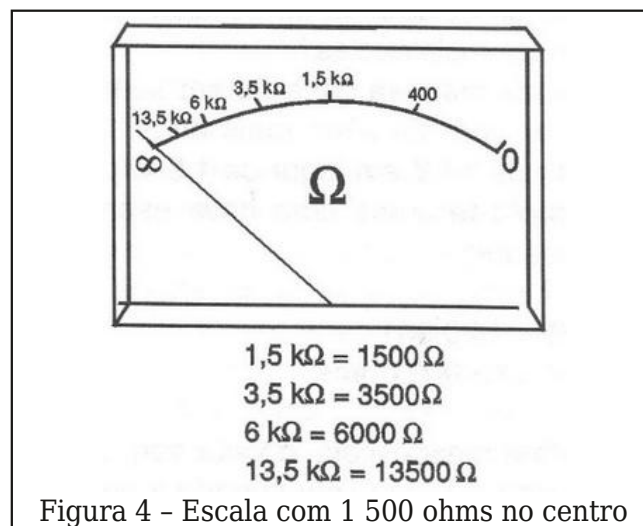


Figura 4 - Escala com 1 500 ohms no centro

rente pelo circuito em prova, o que exige o uso de uma bateria externa para seu funcionamento.

O trimpot de ajuste é importante, pois a tendência é de a corrente na medida diminuir com o desgaste da bateria, quando então não se consegue o zero ao se unir as pontas de prova. Pelo trimpot isso pode ser conseguido, ajustando-se assim o zero da escala.

Esse trimpot que encontramos nas escalas de resistência dos multímetros recebe o nome de “zero adj” ou “ajuste de nulo”.

### Como Calcular

Um problema típico que aparece em testes, exames, provas etc. é o de se calcular o valor de R, o resistor em série com o instrumento para se obter um ohmímetro, conforme dito na introdução.

Assim, temos dois tipos de problemas possíveis:

- Uso do instrumento diretamente
- Com shunt para ampliação de escala

Analisemos os dois casos:

#### a) Cálculo direto:

Neste caso temos o circuito básico da figura 5.

#### Neste caso temos:

V = Tensão da pilha usada na alimentação (1,5 V)

R<sub>i</sub> = Resistência interna do instrumento

R = Resistência do circuito de ajuste (a ser calculada)

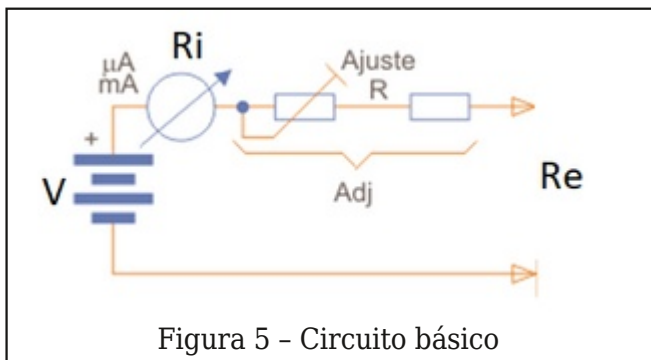


Figura 5 - Circuito básico

$R_e$  = resistência externa a ser medida  
 $I$  = corrente de fundo de escala do instrumento utilizado

Para o cálculo da resistência de ajuste  $R$ , inicialmente fazemos  $R_e = 0$ .

**Aplicamos então a fórmula:**

$$R = V/I - R_i \text{ onde (1)}$$

$V$  é a tensão da pilha

$I$  é a corrente de fundo de escala

$R_i$  é a resistência do instrumento (em alguns casos, o problema indica que ela pode ser desprezada).

Encontrado  $R$ , vemos que esse valor é a soma da resistência de ajuste com o resistor fixo em série.

Na prática, é interessante que a resistência calculada seja alcançada na metade do ajuste do trimpot para permitir uma compensação do valor da tensão da pilha, à medida que ela se desgasta.

Assim, se o valor calculado for  $R$ , usamos um trimpot desse valor com um resistor de metade de  $R$ , ou  $R/2$ . Assim, no máximo do ajuste temos  $1,5R$  e na metade do ajuste  $R/2$  o que dá uma gama de valores em torno do calculado para o zero.

**Vamos dar um exemplo prático:**

Calcular o valor do trimpot e do resistor em série (resistência de ajuste) para um ohmímetro que usa um miliamperímetro de 1 mA de fundo de escala, e é alimentado por uma pilha de 1,5 V. A resistência interna do instrumento indicador é de 300 ohms.

**Procedimento:**

Temos:

$$V = 1,5 \text{ V}$$

$$R_i = 300 \text{ ohms}$$

$$I = 0,001 \text{ A (1 mA)}$$

Fazendo  $R_e = 0$  podemos aplicar a fórmula (1)

$$R = V/I - R_i$$

$$R = 1,5/0,001 - 300$$

$$R = 1\,500 - 300$$

$$R = 1\,200 \text{ ohms}$$

Na prática, podemos usar um trimpot de 1k (valor comercial) com um resistor de 470 ohms ou 560 ohms em série (valores comerciais)

Uma vez que o trimpot tenha zerado o instrumento, quando unimos as pontas de prova, vemos que isso representa uma resistência de 1500 ohms (1 200 mais 300 da resistência interna). Isso fará com que a corrente seja a de fundo de escala: 1 mA.

Veja então que se esse instrumento for medir uma resistência de 1 500 ohms, a corrente será de 0,05 mA ou metade do fundo de escala, conforme mostra a figura 6.

Com isso, teremos uma escala conforme mostra a figura 7, onde outros valores podem ser inseridos.

**b) Usando shunt para ampliação da escala**

Observe que no exemplo dado, o meio da escala corresponde a uma resistência de 1500 ohms.

Como as escalas de resistência com esse tipo de indicação são logarítmicas, é fácil per-

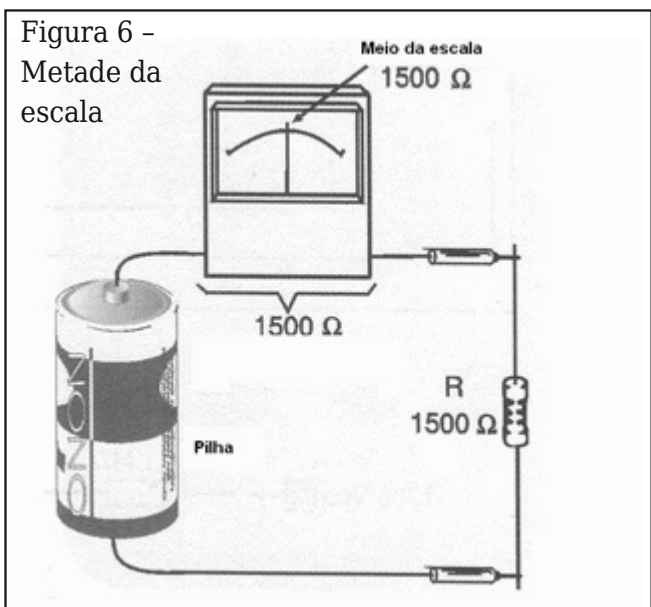


Figura 6 - Metade da escala



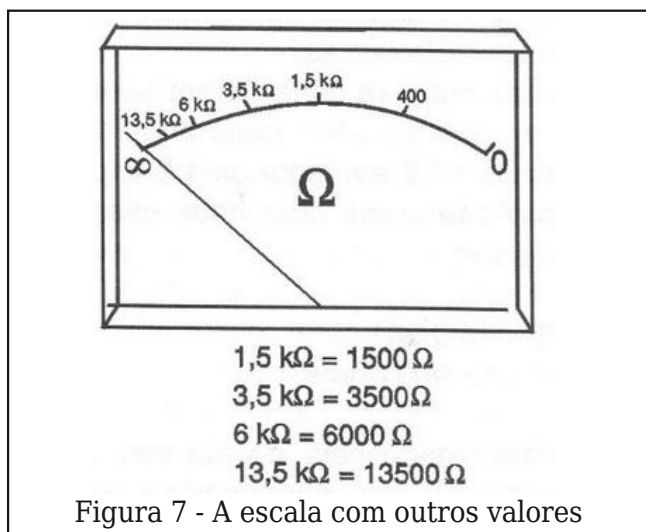


Figura 7 - A escala com outros valores

ceber que a precisão maior está entre um pouco mais 2/3 da escala e zero, ou seja, para a faixa de resistências menores.

Se quisermos ter leitores mais precisas, conforme a faixa de resistências, podemos mudar o meio de escala com a ajuda de um shunt, conforme mostra a figura 8.

Se for colocado no circuito um shunt que multiplique o alcance do instrumento por 10 de modo que, no exemplo, ele passe de 0-1 mA para 0-10 mA, já teremos outras condições para a medida de resistências.

Veja que, para uma tensão de alimentação de 1,5 V (que se mantém), a resistência total do instrumento passará a ser:

$$R = 1,5/0,01$$

$$R = 150 \text{ ohms}$$

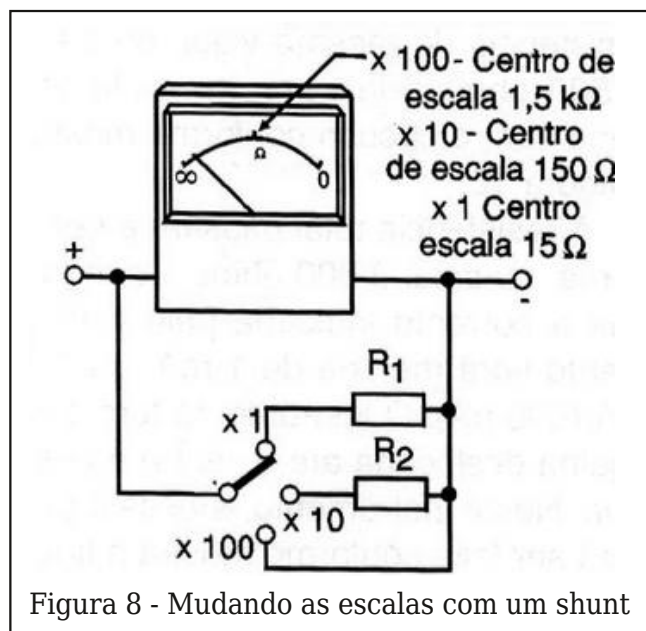


Figura 8 - Mudando as escalas com um shunt

Unindo as pontas de prova, a corrente de fundo de escala será obtida com uma resistência total de 150 ohms. O centro da escala será obtido igualmente quando tivermos o dobro desta resistência, o que significa agora uma resistência total de 300 ohms, ou mais 150 ohms entre as pontas de prova.

Na nova escala, o novo centro será de 150 ohms e ponto de 1/10 da deflexão também ficará dividido por 10 correspondendo, portanto, a 1350 ohms. Com mais uma multiplicação de corrente podemos chegar a um meio de escala de 15 ohms, mas isso não é conveniente, pois a corrente que será usada na prova será elevada podendo tanto sobrecarregar o circuito em prova como também provocar o desgaste rápido das pilhas.

E, se quisermos ter escalas mais altas de resistências?

Uma maneira consiste em se trabalhar com tensões mais altas. Se usarmos 15 V em lugar de 1,5 V, por exemplo, teremos uma nova escala básica de:

$$R = 15/0,001$$

$$R = 15 \text{ 000 ohms}$$

Para meia escala, o valor será 30 000 ohms, o que corresponde a uma resistência externa de 15 000 ohms.

Alguns instrumentos mais sensíveis que possuem escalas de resistências com centros de até 500 000 ohms utilizam duas baterias, uma de 1,5 V e outra de 15 V para suas escalas de resistências. A de 1,5 V é para escalas mais baixas e a outra, para escalas mais altas.

A combinação das escalas num único instrumento pode também ser feita por meio de chaves ou pela troca dos pinos em que as pontas de prova são ligadas. Chegamos então ao "multi-ohmímetro" um medidor de resistência com diversas escalas. Na figura 9 temos uma escala típica de um multi-ohmímetro com centros em 7,5k e 75k.

Essas configurações são adotadas nos multímetros analógicos comuns com diversas escalas de resistências. ©

# Utilizando o ADC do ESP32



Pedro Bertoleti

## Introdução

O ESP32 é, sem dúvidas, um dos preferidos na escolha de SoCs para protótipos e produtos em sistemas embarcados e/ou Internet das Coisas. Com uma ótima relação custo-benefício, rica documentação e com grande suporte da comunidade, trata-se da escolha número 1 de muitos projetistas e desenvolvedores no mundo todo.

Um requisito comum em qualquer sistema embarcado é a interação com o mundo externo, e como grande parte das grandezas que nos cercam são analógicas, os sistemas embarcados devem ser capazes de fazer tais leituras. Nesse quesito, o ESP32 pode ser também muito útil, pois contém 2 ADCs internos (chamados ADC1 e ADC2) e diversos canais de cada um deles, permitindo fazer múltiplas leituras analógicas com um só ESP32.

Este artigo irá explorar o uso dos ADCs nativos do ESP32, de forma a contextualizar você, leitor, em como utilizar os ADC internos do ESP32.

## O que são ADCs?

Um ADC (Analog-to-Digital Converter) é um recurso capaz de converter um valor de tensão analógico (amostrado de um sinal, por exemplo) em uma leitura digital, permitindo assim que um microcontrolador e/ou

microprocessador seja capaz de usar tais medições em algoritmos e rotinas diversas.

Os ADCs possuem como principal característica a resolução. A resolução de um ADC informa quantos bits estão disponíveis para quantificar tensões de 0V até a tensão de alimentação. Supondo um ADC de resolução de 10 bits, significa que existem  $2^{10} = 1024$  níveis de tensão para leitura de tensões indo de 0V até a tensão de alimentação. Logo, quanto maior a resolução, menor a tensão perceptível / possível de ser lida pelo ADC.

Visto que a leitura de grandezas analógicas é algo que praticamente 100% dos sistemas embarcados têm de lidar, os ADCs configuram portanto um recurso essencial para projetos de dispositivos eletrônicos. Por esta razão, grande parte dos microcontroladores do mercado possuem internamente um ou mais ADCs, como é o caso do ESP32.

## Os ADCs do ESP32

O ESP32 possui internamente 2 ADCs: ADC 1 e ADC 2. Ainda, cada versão de ESP32 (WROVER, WROOM-32, etc.) possui um determinado número de canais de cada um destes ADCs, permitindo ao projetista / desenvolvedor fazer múltiplas leituras analógicas com um só ESP32. Entretanto, há alguns pontos de atenção que o projetista / desen-

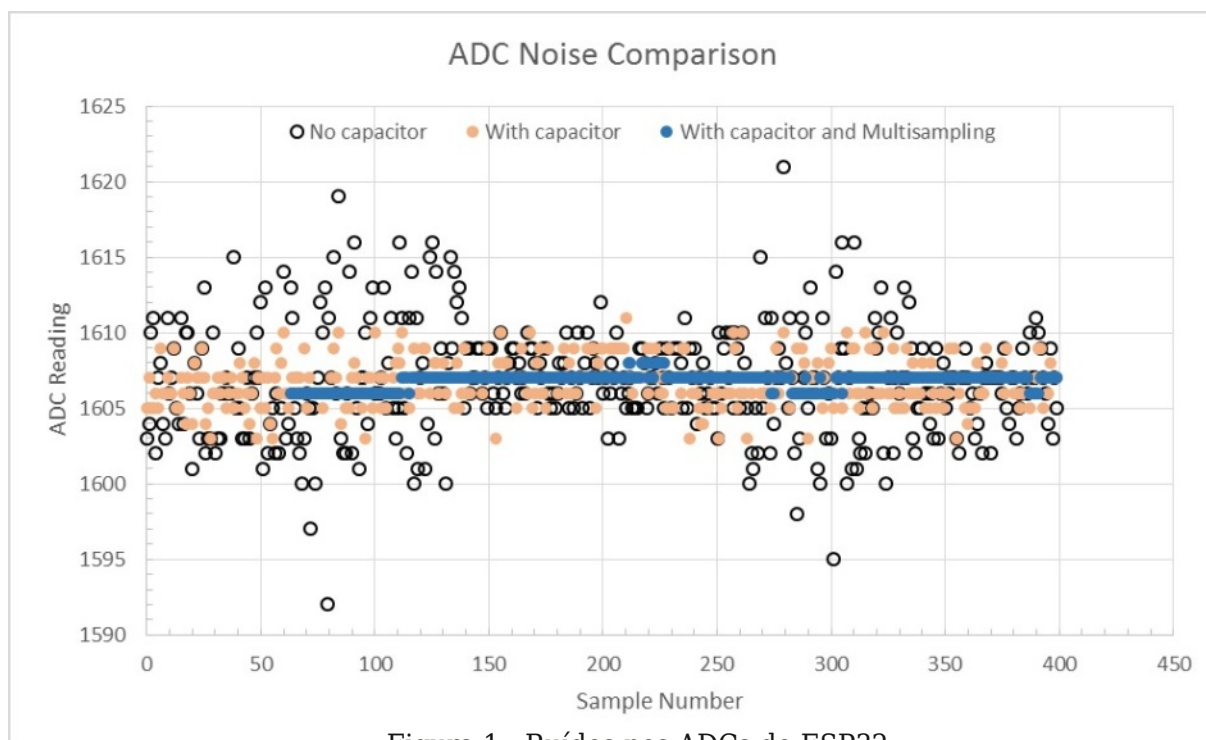


Figura 1 - Ruídos nos ADCs do ESP32

(fonte: <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/api-reference/peripherals/adc.html> )

volvedor deve considerar ao utilizar os ADCs disponíveis no ESP32:

- Não é possível utilizar o ADC2 e Wi-Fi ao mesmo tempo, uma vez que ambas funcionalidades compartilham recursos de hardware do ESP32. Portanto, enquanto usando o Wi-Fi, é possível fazer leituras analógicas usando apenas o ADC1.
- Apesar de haver rotinas de software da própria Espressif para melhoria da linearidade dos ADCs, a linearidade de ambos ADCs do ESP32 não é boa o suficiente para aplicações que exigem extrema exatidão (como é o caso de balanças ele-

trônicas, por exemplo). Além disso, sem o uso de um capacitor (tipicamente, de 0,1uF) ligado entre o canal do ADC e terra, as entradas podem ser muito susceptíveis a ruído. Logo, se o seu objetivo for fazer leituras com enorme exatidão, é altamente recomendável utilizar ADCs externos adequados para as medições a serem feitas.

Veja as figuras 1 e 2 que mostram, respectivamente, a susceptibilidade a ruídos dos ADCs do ESP32 e a linearidade dos mesmos.

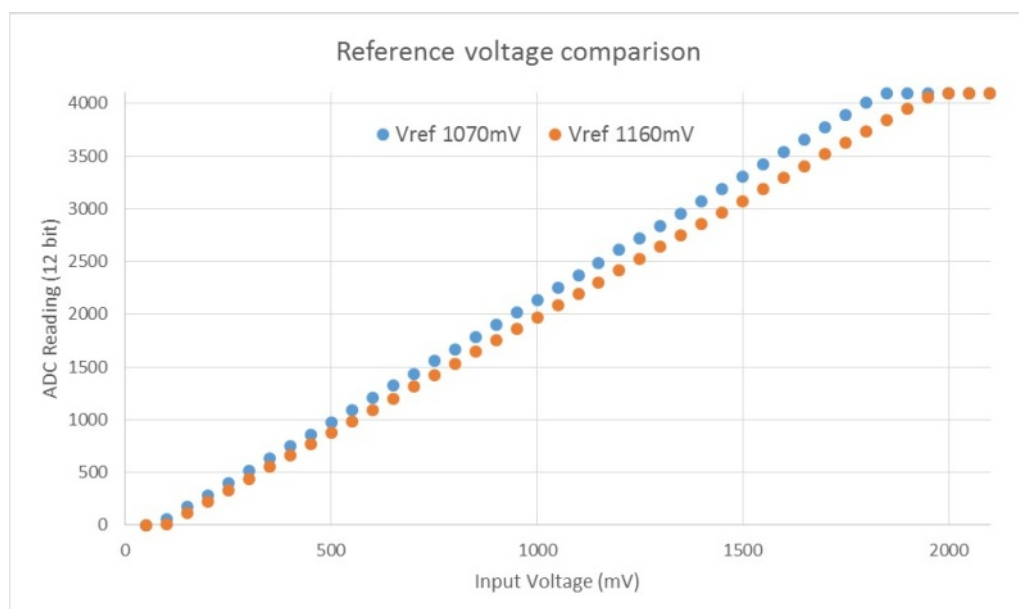


Figura 2 - linearidade dos ADCs do ESP32 (fonte: <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/api-reference/peripherals/adc.html> )



- Os ADCs do ESP32 também possuem como parametrização a atenuação da tensão de entrada. A tensão máxima de entrada suportada para cada opção de atenuação depende desta atenuação, conforme tabela ao lado.

Atenuação configurada	Tensão máxima de entrada no ADC
ADC_ATTEN_0db (0dB)	1,1V
ADC_ATTEN_2_5db (2,5dB)	1,5V
ADC_ATTEN_6db (6dB)	2,2V
ADC_ATTEN_11db (11dB)	3,9V

**Canais dos ADCs 1 e 2 no ESP32**

Observe em destaque na figura 3 os canais dos ADCs 1 e 2 disponíveis na placa de desenvolvimento ESP32 DevKit1.

**Como configurar e utilizar os ADCs do ESP32?**

Para configurar os ADCs do ESP32, as seguintes funções são disponibilizadas pelo ESP-IDF (framework oficial de desenvolvimento para o ESP32):

- Configuração da resolução (8 a 12 bits) para ADC1: `adc1_config_width()`
- Configuração da resolução (8 a 12 bits) para ADC2: a resolução entra como um dos parâmetros da função de leitura do ADC2.

- Configuração da atenuação do canal do ADC1 desejado: `adc1_config_channel_atten()`
- Configuração da atenuação do canal do ADC2 desejado: `adc2_config_channel_atten()`

Para fazer as leituras dos ADCs do ESP32, temos as funções pelo ESP-IDF:

- Leitura do valor bruto (counts) do ADC1, sem ajuste de linearidade: `adc1_get_raw()`
- Leitura do valor bruto (counts) do ADC2, sem ajuste de linearidade: `adc2_get_raw()`
- Conversão da leitura do valor bruto (counts) dos ADCs 1 e 2 em tensão (mV), aplicando o ajuste de linearidade: `esp_adc_cal_raw_to_voltage()`

## ESP32 DEVKIT V1 – DOIT

version with 36 GPIOs

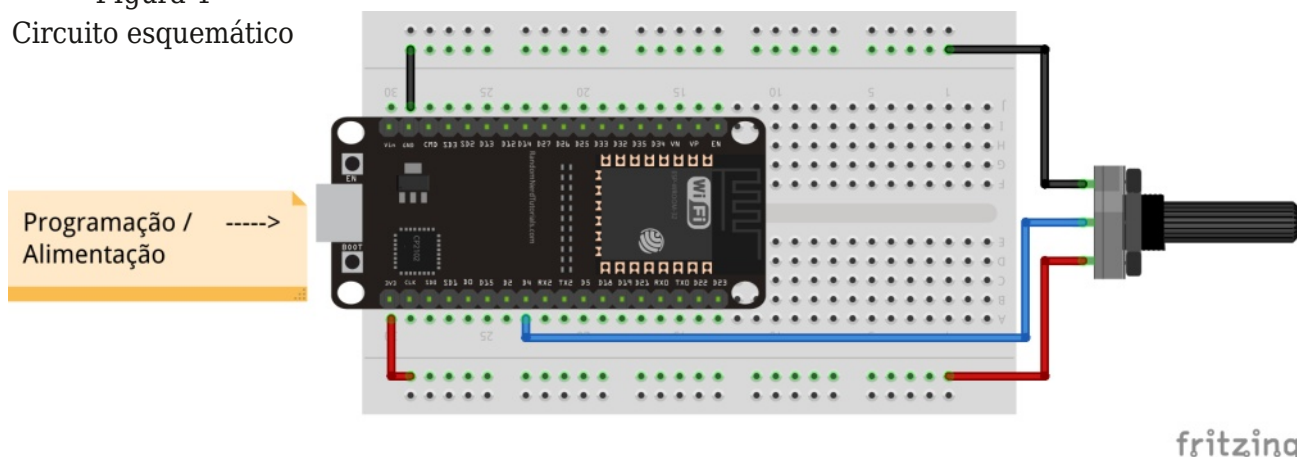
RandomNerdTutorials.com

\* Pins SCK/CLK, SDO/SD0, SDI/SD1, SHD/SD2, SWP/SD3 and CSCS/CMD, namely, GPIO6 to GPIO11 are connected to the integrated SPI flash integrated on ESP-WROOM-32 and are not recommended for other uses.

Figura 3 - Canais dos ADCs 1 e 2 disponíveis no kit ESP32 DevKit 1.

Fonte da imagem: <https://randomnerdtutorials.com/esp32-pinout-reference-gpios/>

Figura 4  
Circuito esquemático



### Circuito esquemático

Para ilustrar o uso do ADC no ESP32, faremos um pequeno projeto de leitura da tensão no terminal central de um potenciômetro linear de 100K, ponto este ligado ao canal 2 do ADC2 do ESP32 (o mesmo utilizado pelo GPIO4).

O circuito esquemático deste projeto se encontra na **figura 4**. Para este projeto, você precisará de uma placa de desenvolvimento ESP32 DevKit 1, um potenciômetro linear de 100K, um protoboard de 400 pontos e alguns jumpers.

### Código-fonte

O leitor poderá encontrar na próxima página, o código-fonte deste projeto, que pode ser inserido ou digitado diretamente no Arduino IDE.

### Conclusão

O ESP32 é um SoC completo para projetos em sistemas embarcados e/ou Internet das Coisas, contando com vários recursos já nativos, tais como o ADC tratado aqui neste artigo.

Com o conteúdo deste artigo você, leitor, será capaz de fazer leitura de grandezas analógicas do mundo externo a um microcontrolador (tensões, temperatura, etc.), algo imprescindível para desenvolvedores e projetistas de sistemas embarcados.

Na edição da revista INCB eletrônica número 2, encontrará o artigo "Utilizando o DAC do ESP32."



## CURSOS DE SISTEMAS EMBARCADOS

Sistemas Embarcados Profissionais - Imersão ao Assunto

IoT: Aprenda a fazer seu projeto do dispositivo à nuvem

Introdução ao LoRa

FreeRTOS com Arduino para iniciantes

Comece agora a aprender as tecnologias que são o presente e futuro do seu dia-a-dia profissional

ACESSE O QR CODE E SAIBA MAIS

SCAN ME

```

#include <driver/adc.h>
#include <esp_adc_cal.h>

/* Variável que manterá as informações de calibração do ADC */
esp_adc_cal_characteristics_t adc_cal;

/* Protótipos */
void configura_adc(void);
float le_tensao_bateria(void);

// Função: configura ADC para uso na leitura da tensão no terminal central do potenciômetro. - Parâmetros: nenhum - Retorno: nenhum
void configura_adc(void)
{
    /* Configuração do canal 0 do ADC2 com adetuação de 11dB (permite leitura de tensões até 3,9V */
    adc2_config_channel_atten(ADC2_CHANNEL_0,ADC_ATTEN_DB_11);

    /* Faz a leitura da tensão de referência do ADC2, considerando uso com 12 bits de resolução.
    Caso a tensão de referência não puder ser lida, esta será configurada a tensão de 1100mV */
    esp_adc_cal_value_t adc_type = esp_adc_cal_characterize(ADC_UNIT_2, ADC_ATTEN_DB_11,
ADC_WIDTH_BIT_12, 1100, &adc_cal);

    if (adc_type == ESP_ADC_CAL_VAL_EFUSE_VREF)
    {
        Serial.println("ADC CALV ref eFuse encontrado: ");
        Serial.print(adc_cal.vref);
        Serial.print("mV");
    }
    else if (adc_type == ESP_ADC_CAL_VAL_EFUSE_TP)
    {
        Serial.println("ADC CAL Two Point eFuse encontrado");
    }
    else
    {
        Serial.println("ADC CAL Nada encontrado, utilizando Vref padrao: ");
        Serial.print(adc_cal.vref);
        Serial.print("mV");
    }
}

/* Função: le tensão do terminal central do potenciômetro - Parâmetros: nenhum - Retorno: tensão lida (V) */
float le_tensao_bateria(void)
{
    int leitura_adc = 0;
    float tensao_adc = 0.0;

    //Faz leitura raw do ADC2 (canal 0), considerando resolução de 12 bits, o que significa 4096 níveis de leitura entre 0V e a tensão de alimentação
    if (adc2_get_raw(ADC2_CHANNEL_0, ADC_WIDTH_BIT_12, &leitura_adc) == ESP_OK)
    {
        tensao_adc = esp_adc_cal_raw_to_voltage(leitura_adc, &adc_cal); //unidade: mV
        tensao_adc = tensao_adc/1000.0; //unidade: V
    }
    return tensao_adc;
}

void setup()
{
    Serial.begin(115200);
    configura_adc(); // Configura ADC para uso (ADC2, canal 0)
}

void loop()
{
    Serial.print("Tensao lida: ");
    Serial.print(le_tensao_bateria());
    Serial.println("V");
    delay(1000);
}

```



Uma comparação que temos feito, e que muitos outros fazem, com o aparecimento no mercado de supercapacitores com mais de 10F é que, se fossem elaborados com a tecnologia convencional, seriam do tamanho da terra. Já recebemos até mensagens dizendo que isso é um exagero, e que não corresponde à realidade. Neste artigo vamos provar que um capacitor de 1F seria não apenas do tamanho da terra, mas muito maior.

**Newton C. Braga**

# Um capacitor do tamanho da terra

O ensino de física parte de princípios muito bem estabelecidos através de anos de estudos. É o caso da eletricidade estática que aprendemos no ensino fundamental pela eletrização de objetos e depois no ensino médio com cálculos envolvendo forças, campos e potenciais.

Nesses estudos, um ponto importante que serve para a eletrônica é o que trata das cargas armazenadas nos corpos e dos capacitores.



Figura 1 - Um capacitor esférico

Assim, aprendemos que um corpo pode ser eletrizado, ou seja, pode armazenar cargas elétricas e que arranjos especiais de condutores e isolantes podem aumentar essa capacidade de armazenamento, levando aos componentes que hoje conhecemos como capacitores.

Para que então possamos matar nossa curiosidade sobre os capacitores do tamanho da terra, vamos partir de uma esfera de metal. Um condutor montado sobre um pedestal e que é usado em muitos experimentos de física nas escolas do segundo grau, cursos técnicos e mesmo superiores.

Ao ser carregada esta esfera está armazenando cargas elétrica, ou seja, é um capacitor esférico.

Aprendemos que um capacitor precisa ter duas armaduras, uma positiva e uma negativa, o que levaria a ideia de que um capacitor esférico, por exemplo, seria formado por dois condutores concêntricos, separados por um dielétrico, conforme mostra a figura 2.

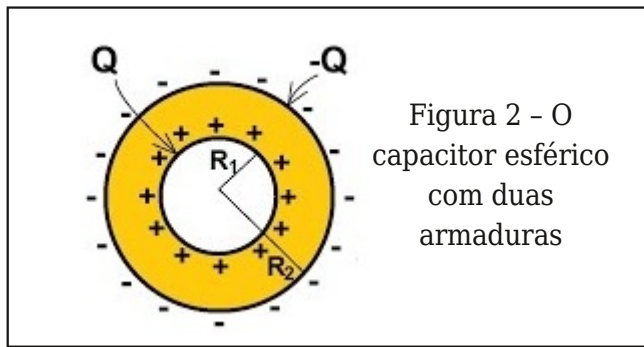


Figura 2 - O capacitor esférico com duas armaduras

No entanto, também podemos considerar uma única esfera se ela for uma das armaduras e a outra estiver no infinito. Assim, as linhas de força do campo elétrico saem radialmente da esfera, como estamos acostumados a representar. A carga dessa esfera é a carga do capacitor.

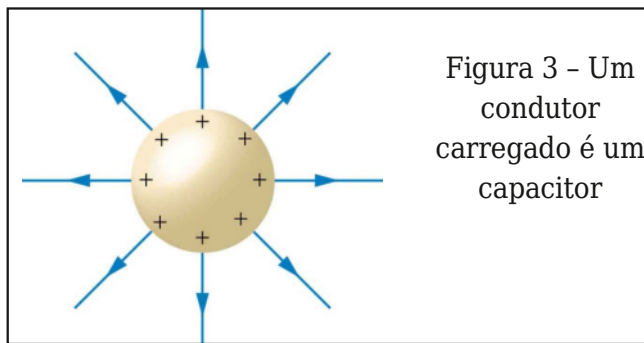


Figura 3 - Um condutor carregado é um capacitor

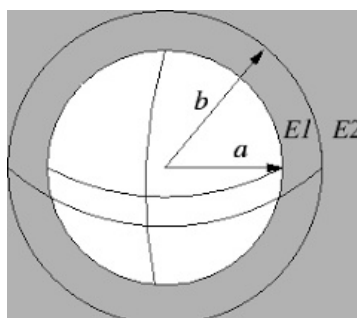
A quantidade de cargas armazenadas divididas pela tensão em que se encontram nos dá a capacitância, pela conhecida fórmula:

$$C = Q/V$$

Vemos que essa capacitância C depende do tamanho da esfera.

Mas, num capacitor esférico, como podemos calcular a capacitância em função do seu tamanho.

Podemos escrever uma fórmula que diz qual é a capacitância em função da distância entre as armaduras até o centro da esfera:



$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{4\pi\epsilon_0}{\left[\frac{1}{a} - \frac{1}{b}\right]}$$

Esta fórmula, por exemplo, pode levar em conta que a ionosfera é uma camada de nossa atmosfera condutora e poderia ser usada na fórmula.

Mas, podemos simplificar essa fórmula, levando em conta apenas uma esfera do tamanho da terra, ou seja, um condutor esférico carregado.

Com isso, o termo b da fórmula tenderia ao infinito e com isso poderíamos ter  $1/b = 0$ , eliminando esse termo. A fórmula ficaria:

$$C = 4\pi\epsilon_0 a$$

Tudo bem, sabemos que  $\pi$  vale 3,14, mas e esse fator esquisito  $\epsilon_0$ , do que se trata?

Trata-se de uma constante, algo muito comum nas fórmulas físicas.

Quando vamos quantificar algum fenômeno através de uma fórmula, fazemos experimentos e anotamos os resultados, usando unidades que estabelecemos. Por exemplo, medimos distâncias em metros, forças em Newtons etc.

No entanto, os resultados práticos nem sempre dão certo com valores que não correspondem à realidade que medimos. Assim, precisamos acrescentar nas fórmulas o fator que as adaptem às unidades usadas. Esse fator é um número que não muda.

O que sabemos é que, se não usamos essas constantes, a fórmula não funciona e se usarmos tudo fica de acordo com que observamos na prática. Na tabela da página seguinte que temos algumas constantes que são usadas nos cálculos de física.

Veja que uma delas é justamente o  $\epsilon_0$ . Trata-se da “constante dielétrica do vácuo” supondo que entre a terra e o infinito tenhamos mais vácuo do que atmosfera.

O valor foi obtido através de experimentações, sendo usado em qualquer cálculo que envolva capacitores, por exemplo, Seu valor:  $\epsilon_0 = 8,852 \times 10^{-12}$  (não vamos nos preocupar aqui com as unidades)

Assim, nos cálculos em que essa constante apareça, temos de substituí-la por esse valor.

Constante	Símbolo	Valor para cálculo	Valor + (incerteza) + unidade
Velocidade da luz no vácuo	$c$	$3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$	2,997 924 58 (exato)
Carga elementar	$e$	$1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	$1,602 177 33(49) \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Número de Avogadro	$N_A$	$6,02 \cdot 10^{23}$	$6,022 136 7(36) \cdot 10^{23}$
Constante da gravitação universal	$G$	$6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$	$6,672 59(85) \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$
Permeabilidade elétrica do vácuo	$\epsilon_0$	$8,8 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{Nm}^2}$	$8,854 187 817 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{Nm}^2}$ (exato)
Permeabilidade magnética do vácuo	$\mu_0$	$4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{T} \cdot \text{m}}{\text{A}}$	$4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{T} \cdot \text{m}}{\text{A}}$ (exato)
Constante eletrostática do vácuo ou Constante de Coulomb	$k_0$	$9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$	$8,987 551 787 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$ (exato)
Unidade de massa atômica	$u$	$1,66 \cdot 10^{-12} \text{ Kg}$	$1,660 540 2(10) \cdot 10^{-12} \text{ Kg}$
Constante dos gases	$R$	$8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$	$8,314 510(70) \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$
Constante de Planck	$h$	$6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$	$6,626 075(40)10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ (exato)

Chegamos então ao ponto que interessa. Que capacitância teria uma esfera de metal do tamanho da terra?

Vamos adotar um raio aproximado de 6 000 km para a terra, ou  $6 \times 10^6$  metros.

Temos então para nosso problema:

$C =$  queremos calcular

$\pi = 3,14$

$A = 6 \times 10^6$

$\epsilon_0 = 8,852 \times 10^{-12}$

Colocando na fórmula temos:

$$C = 4 \times 3,14 \times 8,852 \times 10^{-12} \times 6 \times 10^6$$

$$C = 0,67 \times 10^{-3} \text{ F}$$

$$C = 0,67 \text{ mF}$$

Bem pequeno o valor, comparado a um supercapacitor. ©

## Fórmulas e Cálculos para Eletricidade e Eletrônica

Volume I e II



Os leitores deste livro encontrarão um rico conteúdo para seu trabalho de projeto, determinação de características e dimensionamento de componentes e circuitos. Na prática, todos que realizam um projeto, devam fazer um trabalho para a escola ou ainda precisam determinar as características de um componente ou um circuito para uma aplicação, encontram como dificuldade principal encontrar a informação necessária. Colocando as principais fórmulas, tabelas num único lugar, o projetista, estudante ou professor podem encontrar a informação que precisa com muito mais facilidade. As tabelas, por outro lado, contém uma grande quantidade de informações importantes, tais como valores de constantes, propriedades físicas de circuitos e materiais, e mesmo valores já calculados para serem usados em procedimentos de projeto, economizando tempo e também evitando a possibilidade de um erro. Temos ainda neste livro leis e teoremas descrevendo as propriedades de certos circuitos e dispositivos, além de procedimentos que devem ser adotados quando se faz um trabalho prático.





# O Mais Simples dos Provadores

Este é um projeto extremamente simples, indicado para o ensino de tecnologia no seu nível mais baixo: iniciantes. Trata-se de um provador de continuidade, que serve para testar componentes e circuitos, construído totalmente com material “de sucata”.

Quando as pontas de prova são encostadas nos terminais dos componentes suspeitos, se houver continuidade, temos a movimentação da agulha feita com um pedaço de lata ou outro metal que tenha propriedades magnéticas.

Se não houver continuidade, a agulha não se movimenta.

Se a resistência do componente for baixa, o movimento é maior do que no caso de uma alta resistência.

Tudo é improvisado nesta montagem, desde o indicador de corrente até as pontas de prova. Com ela, o professor pode ensinar o que são condutores e isolantes, fazendo o teste com objetos, conforme explicamos no final do artigo.

O princípio de operação é o campo magnético criado pela bobina enrolada numa caixa de fósforos que atua sobre a pequena agulha de metal ferroso.

A alimentação do circuito pode ser feita com uma ou duas pilhas pequenas e só há consumo de corrente nos testes ou quando uma ponta de prova encosta na outra.

## Montagem

Na figura 1 temos o diagrama deste provador.

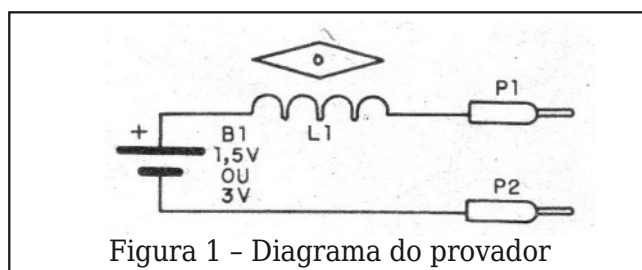


Figura 1 - Diagrama do provador

Na figura 2 temos a montagem que tem por base uma tabuinha de aproximadamente 10 x 12 cm.

O indicador é feito enrolando-se numa caixa de fósforos duas bobinas de pelo menos 50 voltas de fio cada uma. Ao enrolar, deve-se observar que uma bobina é continuação da outra, ou seja, os enrolamentos têm o mesmo sentido. Podemos usar um suporte para duas pilhas; mas se for empregada apenas uma pilha os fios podem ser soldados diretamente nos seus polos.

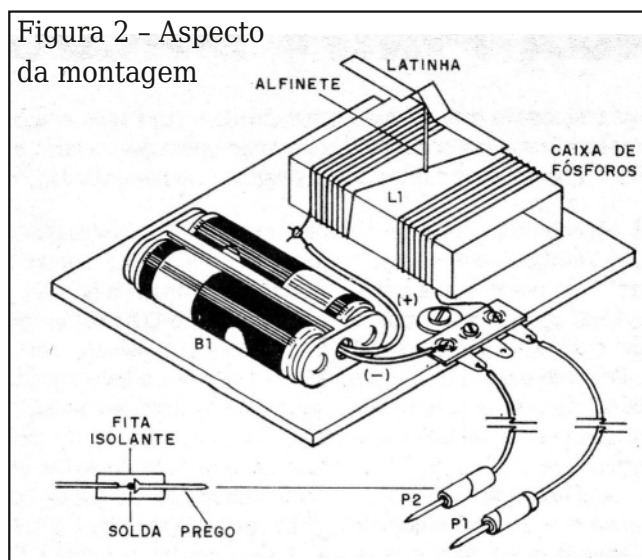


Figura 2 - Aspecto da montagem

Os pontos de conexão (solda) da bobina devem ser raspados para que a solda “pegue”.

As pontas de prova são feitas com dois pregos que depois são isolados com fita isolante comum. O fio de ligação das pontas de prova deve ter pelo menos 50 cm de comprimento para facilitar o uso do sistema.

A agulha é feita cortando-se uma tira de lata de 7 cm de comprimento por 0,5 cm de largura e fazendo-se uma dobra para apoiar no alfinete que atravessa a caixa de fósforos.

Este “ponteiro” deve ficar perfeitamente equilibrado no alfinete de modo a poder movimentar-se.

### Uso

Encostando uma ponta de prova na outra, a agulha deve movimentar-se indicando “continuidade”. Para usar é só encostar as pontas de prova nos terminais do componente.

Componentes como lâmpadas, fios, resistores, interruptores e diodos retificadores podem ser testados.

Numa aplicação no ensino de tecnologia, o professor explica o que são condutores e isolantes e fala também dos materiais “intermediários”. Explica que num condutor, a corrente pode fluir livremente enquanto num isolante não.

Assim, o aparelho montado permite verificar quando há a condução da corrente ou não, diferenciando condutores e isolantes.

Encostando uma ponta de prova na outra temos a passagem da corrente e testamos se o aparelho funciona.

O professor coloca diversos objetos na mesa como, cliques de metal, borracha, régua, moeda, canudinho de papel, pedaço de isopor, etc. pedindo para o aluno testar cada um e separar os condutores dos isolantes.

**Desafio:** testar um lápis preto (grafite) e explicar o que ocorre.

### Lista de Material

- L1 - Bobina indicadora - ver texto
- B1 - 1,5 ou 3 V - 1 ou 2 pilhas pequenas
- P1, P2 - pontas de prova (ver texto)
- Diversos: base de montagem, caixa de fósforos, pedaço de lata, alfinete, fio esmaltado fino (28 a 34), fios, solda etc.



APRENDA ELETRÔNICA COM OS LIVROS DO INCB

**1** CURSO DE ELETRÔNICA  
**ELETRÔNICA BÁSICA**

**2** CURSO DE ELETRÔNICA  
**ELETRÔNICA ANALÓGICA**

CONSERTE TUDO  
GUIA PRÁTICO DO REPARADOR ELETRÔNICO

MANUAL  
MAKER

O CIRCUITO INTEGRADO  
**555**  
MÁGICO

O CIRCUITO INTEGRADO  
**4093**  
PARA OS MAKERS

SÃO MAIS DE 160 LIVROS

ELETRÔNICA  
PARA  
ELETRICISTAS

PROJETOS  
EDUCACIONAIS  
EM MATRIZ DE  
CONTATOS

PROJETOS COM  
**ESP32**  
e **LoRa**

Introdução à  
Bionica com  
Projetos  
Eletrônicos

acesse agora

newtonbraga.com.br

Nos Formatos:  
Impresso e e-book

FÓRMULAS  
E CÁLCULOS  
PARA ELETRÔNICA  
E ELETRÔNICA

BRINCADEIRAS  
E EXPERIÊNCIAS  
COM  
ELETRÔNICA

PROJETOS ELETRÔNICOS  
PARA O MEIO AMBIENTE

COMO TESTAR  
COMPONENTES  
ELETRÔNICOS

<b>Ficha:</b> 007	<b>Defeito:</b> Imagem trêmula após algumas horas
<b>Marca:</b> Cromus	<b>Aparelho/Modelo:</b> Receptor Satélite CR-1500 Plus
<b>Relato:</b>	<b>Autor:</b> Alexandre J. Nário

Liguei o aparelho e observei que a imagem no televisor ficava trêmula após poucas horas de funcionamento. Em primeiro lugar suspeitei de algum capacitor eletrolítico com deficiência de filtragem devido a ripple. O ripple consiste em oscilações residuais na linha +B que causam flutuações na tensão DC. O osciloscópio é o instrumento mais indicado para analisar ripple. Quando o problema do receptor se manifestou, coloquei as pontas de prova do osciloscópio sobre o capacitor C3 (22uF/400V) e pude notar na tela do equipamento ondulações excessivas de tensão. Retirei o capacitor C3 do circuito e ao testá-lo com um capacitímetro, o mesmo estava com baixa capacitância, praticamente esgotado. Fiz a sua substituição, deixei o aparelho em teste por horas e o defeito não mais apareceu.

<b>Ficha:</b> 008	<b>Defeito:</b> Não funciona na rede 220V
<b>Marca:</b> Samsung	<b>Aparelho/Modelo:</b> TV LED LN32B530
<b>Relato:</b>	<b>Autor:</b> Alexandre J. Nário

Quando ligado na rede de 110V (através de um estabilizador de tensão) o funcionamento do televisor era perfeito, porém na rede de 220V o LED stand by ficava piscando e não ligava o aparelho. Com o televisor ligado na tomada, pude notar com o auxílio do osciloscópio, que mesmo sem acionar a tecla Power a tensão no catodo do diodo DP810 estava com pequenas ondulações. Ao fazer uma análise visual mais minuciosa, encontrei o capacitor eletrolítico CP815 (100uF/450V) com um leve estufamento. Fiz a sua troca, mesmo sem testar, e com isso, o aparelho voltou a funcionar normalmente na rede 220V.



<b>Ficha:</b> 009	<b>Defeito:</b> Funcionamento Intermitente
<b>Marca:</b> HP	<b>Aparelho/Modelo:</b> Monitor LCD VS17E
<b>Relato:</b>	<b>Autor:</b> Alexandre J. Nário

Os defeitos intermitentes são os mais difíceis de serem solucionados e as causas podem ser as mais diversas: trilhas interrompidas, soldas frias, mau contato, componentes com fugas ou com alterações das suas características, etc. Abri o aparelho e visualmente nada de anormal foi encontrado. Liguei o monitor e o mesmo não funcionou. Verifiquei em primeiro lugar as tensões de saída da fonte e estavam zeradas, significando que o primário não estava oscilando. Analisando a alimentação e os componentes de polarização, acoplamento e desacoplamento do integrado IC901 (gerador PWM), encontrei os capacitores C922 e C923 com fugas. Esses capacitores são os responsáveis pela alimentação inicial do integrado IC901 e

por trabalhar com frequências elevadas, ficam muito suscetíveis a falhas devido a alterações da ESR (resistência série equivalente). Feitas as trocas dos capacitores C922 e C923 (ambos 10uF/50V), a intermitência desapareceu.

<b>Ficha:</b> 010	<b>Defeito:</b> Forno de Microondas M-400
<b>Marca:</b> CCE	<b>Aparelho/Modelo:</b> Não Aquece
<b>Relato:</b>	<b>Autor:</b> Alexandre J. Nário

Observando o aparelho ligado, notei que o painel acendia, o motor do prato e a ventoinha funcionavam perfeitamente, porém o microondas não aquecia os alimentos. De início, constatei que as tensões da fonte (+5V e +12V) estavam normais. Prosseguindo nas análises, cheguei ao primário do transformador de alta tensão que alimenta o magnetron e a tensão nos seus terminais estava ausente. Suspeitei do relé RL01 (OMIF-S-112LM). Retirei-o do circuito e ao testá-lo, o mesmo apresentou problemas de acionamento. Troquei-o por outro novo e o microondas voltou ao seu estado normal.

<b>Ficha:</b> 011	<b>Defeito:</b> Função USB inoperante
<b>Marca:</b> Philco	<b>Aparelho/Modelo:</b> Mini System PH229N
<b>Relato:</b>	<b>Autor:</b> Alexandre J. Nário

De início troquei o conector da porta USB (USB401), pensando que a causa do problema estaria nesse componente, pois ele estava com mau contato e bastante desgastado. Mas não obtive êxito. Verificando a alimentação do conector CN407, não havia a tensão +5V no pino 4. Verifiquei as tensões de entrada e saída do integrado regulador IC408 (LM7805) estavam normais. Entre o integrado IC408 e o conector CN407 encontrei o transistor Q410 (S8550), responsável pelo chaveamento da tensão VCC da entrada USB e, ao testá-lo, ele estava com as junções abertas. Bastou fazer a sua troca para que o defeito fosse resolvido.

<b>Ficha:</b> 012	<b>Defeito:</b> Totalmente Inoperante
<b>Marca:</b> Philco	<b>Aparelho/Modelo:</b> Home Theater PHT670
<b>Relato:</b>	<b>Autor:</b> Alexandre J. Nário

Pela característica apresentada no defeito (inoperante e LED standby apagado), dava a entender que sua causa provável estaria no primário da fonte. Pesquisando com o multímetro os principais componentes suspeitos, encontrei-o resistor R7 (510KΩ) aberto.

Esse resistor, junto com R8 e R9, são os responsáveis pela tensão que alimenta o integrado IC2 (oscilador PWM). Substituindo o resistor R7 por outro de mesmo valor, o aparelho voltou a funcionar.

# DATASHEET

# 4017

## Decade Counter Divider With 10 Decoded Outputs

### Descrição:

Este dispositivo é um contador Johnson de 5 estágios, divisor por 10, com saídas decodificadas por e um bit de transferência. A saída decodificada vai para o nível lógico "1", permanecendo os outros no nível lógico "0".

### Nomes dos pinos:

Vdd - Tensão de alimentação positiva [3V a 15V]

Vss - Terra

OUT0 a OUT9 - Saídas decodificadas

RST - Reset

CLK - Entrada de clock ou sinal

CLK PT - Ativar clock

C / OUT - Transferência (vai um)

### Diagramas de tempo:

Em lugar da tabela verdade, a operação do 4017 pode ser esclarecida observando o diagrama de tempos mostrado no diagrama de tempo.

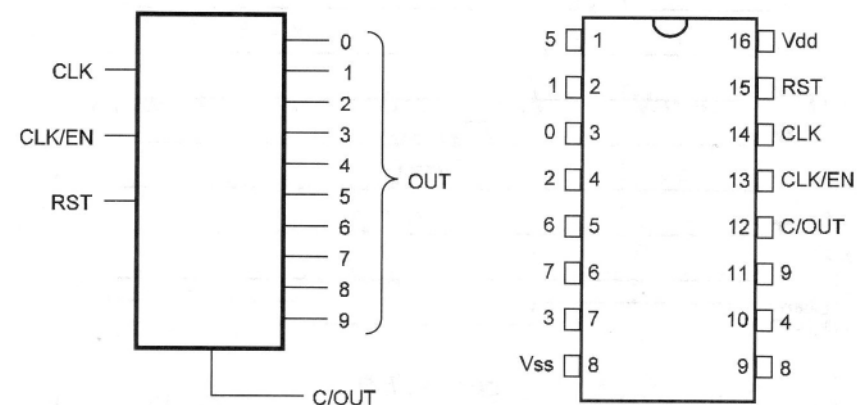
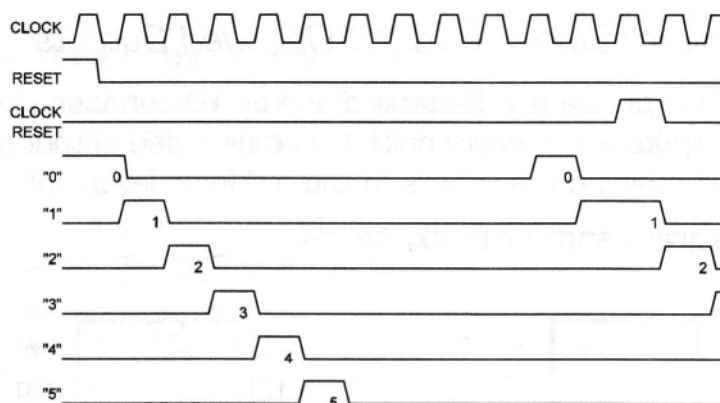


Diagrama e pinagem

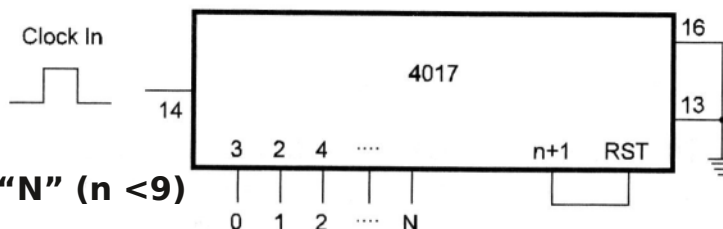
Diagramas de tempo:



### Modo de operação:

- Na operação normal, RST e CLK EN são mantidos aterrados [0] e os pulsos são aplicados à entrada CLK.
- O circuito avança uma unidade na transição positiva do pulso ou sinal do clock.
- O reset é feito colocando um "1" na entrada RST.
- Cada saída decodificada permanece no nível lógico "1"

### Contagem por "N" (n < 9)





# DATASHEET

# 4017

## Decade Counter Divider With 10 Decoded Outputs

durante o ciclo completo do relógio. As outras permanecem no nível lógico "0".

- O pulso de transferência é produzido no final da contagem completa.

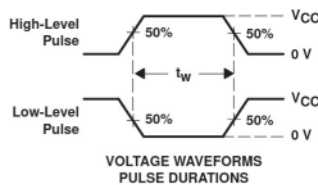
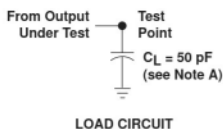
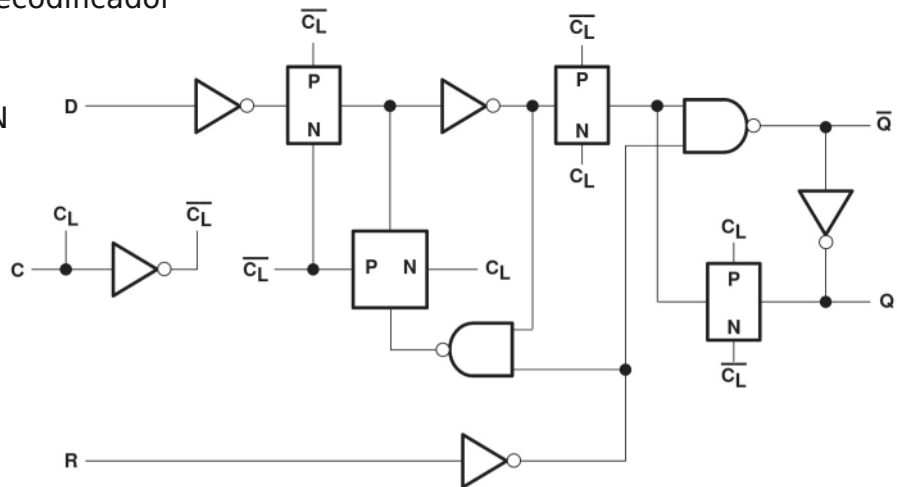
- O 4017 pode ser programado para contar até valores inferiores a 10 [2 e 9]. Para contar até N, basta conectar a saída n + 1 ao RST como mostrado na Figura 2.

Characteristic	Conditions (Vdd)	Value	Units
Drain/Source Current (typ)	5V	0.88	mA
	10V	2.25	mA
	15V	8.8	mA
Maximum Clock Frequency (typ)	5V	2	MHz
	10V	5	MHz
	15V	6	MHz
Quiescent Device Current (max)	5V	0.3	μA
	10V	0.5	μA
	15V	1.0	μA
Supply Voltage Range	3V to 15V		V

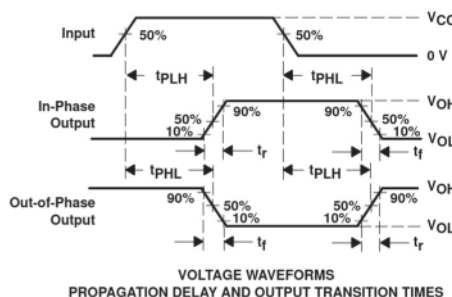
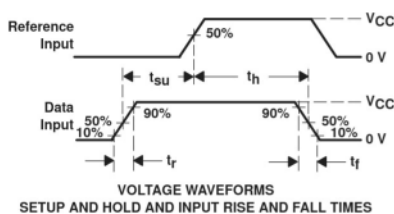
### Aplicações:

- Contadores de décadas [sequenciador]
- Contador binário com decodificador
- Divisores de frequência
- Temporizadores
- Contadores Dividir por N
- Shields

### Detalhe do Flip-Flop



### Parâmetros



### Indicação de Leitura



# Usando o Amperímetro tipo Alicate

Newton C. Braga

Um instrumento de grande utilidade para os que realizam a instalação e manutenção de eletroeletrônicos é o amperímetro tipo alicate ou alicate amperométrico, alicate amperímetro, como também é conhecido. Com este instrumento podemos medir o consumo de eletroeletrônicos de uma maneira muito mais segura e simples do que usando um multímetro comum. Veja neste artigo como usar este útil instrumento de medida.

A medida da corrente que circula por um circuito usando um multímetro comum apresenta algumas dificuldades e traz riscos para o próprio instrumento.

A primeira dificuldade está no fato de que a corrente no circuito tem de ser interrompida, pois ela deve passar através do instrumento, no caso o multímetro colocado na escala de correntes, conforme mostra a figura 1.

## Os problemas são patentes.

Em primeiro lugar nem sempre é possível interromper a corrente no local da medição, e mesmo que isso seja possível, por exem-

plo, com o corte do fio, temos depois de refazer a conexão o que exige um trabalho cuidadoso, principalmente no caso dos circuitos de alta corrente.

O segundo problema está na preservação da integridade do multímetro. Se houver um curto-circuito no circuito analisado com uma corrente mais elevada pela escala maior do multímetro, certamente ele se queimará. E, mesmo que a corrente esperada seja menor, se você escolher uma escala inicial inadequada, certamente seu multímetro se queimará com o excesso de corrente, ou pelo menos o seu fusível de proteção.

Uma solução ideal seria medir a intensidade da corrente sem precisar interromper o circuito ou, melhor ainda, sem precisar tocar diretamente com pontas de prova no circuito.

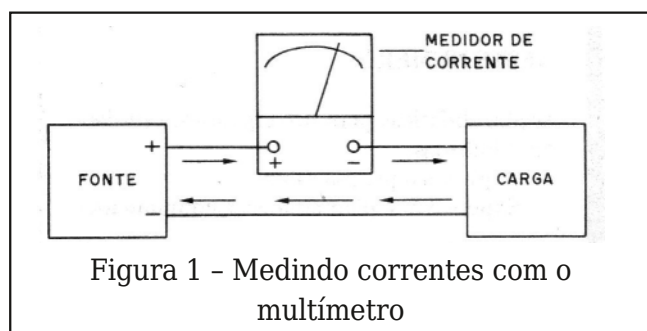
Isso é possível com o amperímetro alicate ou alicate amperométrico que vamos analisar agora.

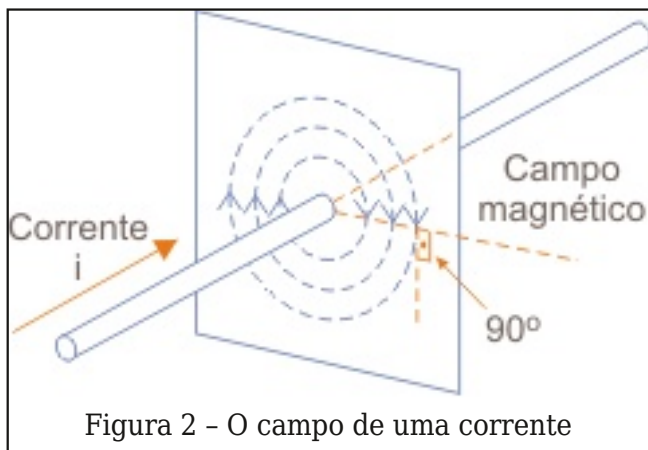
## Como Funciona

Partimos então do conhecido efeito magnético da corrente elétrica, descoberto por Oersted e que estudamos nos cursos básicos de eletrônica.

Assim, como mostra a figura 2, quando uma corrente elétrica percorre um condutor, ela cria em torno desse condutor um campo magnético cujas linhas de força são fechadas, envolvendo-o.

Oersted descobriu isso quando verificou que uma agulha imantada colocada nas proximidades de um fio, mudava de posição pela ação do campo criado, quando uma corrente era estabelecida.





Posteriormente, foi descoberto que um segundo condutor colocado nas proximidades de um condutor pelo qual passava uma corrente tinha uma tensão induzida pela sua ação.

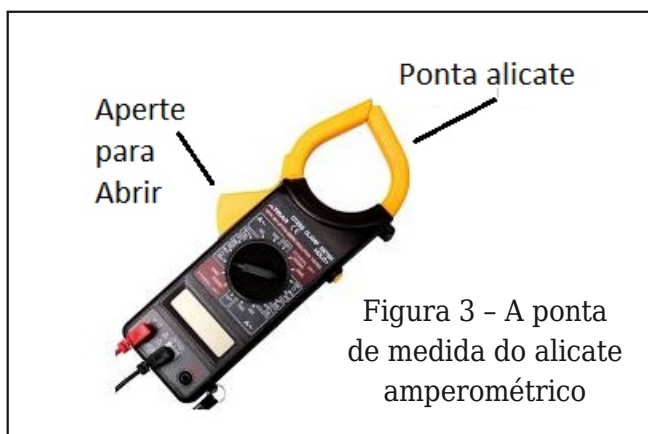
Veja que a indução é um fenômeno dinâmico, o que significa que só ocorre a indução de uma tensão de forma constante quando a corrente que circula é alternada.

Isso nos leva então a possibilidade de medir a intensidade da corrente num condutor pela intensidade do campo magnético que ela cria. Essa é justamente a ideia do amperímetro tipo alicate.

**0 amperímetro tipo alicate**

O que temos então é um instrumento que possui um alicate que pode ser aberto quando vamos medir a corrente num condutor, de modo que esse condutor possa ser envolvido, conforme mostra a figura 3.

Quando o fio por onde passa a corrente que desejamos medir está envolvido, a fecharmos as pontas do alicate, ela fecha o circuito, formando assim um elo ou espira que envolve o condutor.



Com isso, pode ocorrer a indução e nas pontas do circuito fechado pelo amperímetro aparece uma tensão que pode ser medida e apresentada por um circuito analógico (um mostrador com ponteiro), ou um mostrador digital. Veja que o fato da medida ser feita sem contato, e não precisamos desencapar os fios, pois a corrente é induzida também através de isolantes, temos segurança e a possibilidade de medir correntes extremamente intensas.

É comum também que os amperímetros tipo alicate também incluam a função de um multímetro comum com a medida de tensões e resistência, existindo então bornes para a conexão de pontas de prova.

Multímetros alicate ou amperímetros alicate comuns podem ter escalas de milhares de ampères, o que seria praticamente impossível de se medir com um multímetro comum.

Na figura 5 temos as escalas maiores de um multímetro analógico comum de baixo custo.

As faixas de corrente com fundo de 6 a 25A são as mais apropriadas para medir o consumo de eletrodomésticos comuns, indo de geladeiras, aquecedores de ambiente e aparelhos de ar-condicionado.

Na figura 6 temos um exemplo de medida da corrente drenada por um ar-condicionado tirada pelo autor com seu amperímetro analógico antigo, a partir da qual pode se calcular o consumo.



Digital

Analógico

Figura 4 - Amperímetros alicate digital e analógico





Figura 5 - As escalas

Para se obter o consumo basta aplicar a fórmula:

$$P = V \times I$$

onde:

P = potência em Watts (W)

V = tensão em volts (V)

I = corrente em amperes (I)

Assim, se medirmos 1,5 A em 220 V a potência será de:

$$P = 220 \times 1,5 = 330 \text{ W}$$

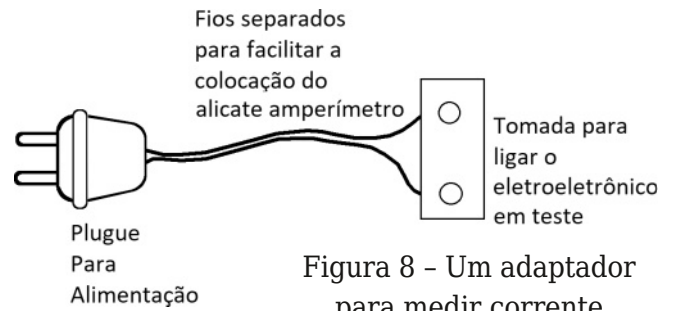


Figura 8 - Um adaptador para medir corrente

Mas, veja que o medidor deve envolver apenas um fio. Se os dois fios forem envolvidos, conforme mostra a figura 7. O instrumento não funciona.

Se os dois fios forem envolvidos, a corrente “de ida” cria um campo magnético que anula o campo criado pela corrente “de volta” e com isso a tensão induzida no instrumento é nula.

Para trabalhar numa oficina ou mesmo levar na maleta de serviço, o profissional de service pode criar um adaptador, conforme mostra a figura 8. O fio deve ser apropriado para a corrente. Fio de 2,5 mm para 20A ou 1,5 mm para 15A. (Conforme NBR5410). O



Figura 6 - Medindo o consumo de um aparelho de ar-condicionado



Figura 7 - Se os dois fios forem envolvidos nada é medido (00.0)

plugue e a tomada também devem ser de acordo com a corrente.

Assim, basta você plugar na tomada mais próxima, e ligar o eletrodoméstico em análise, medindo então sua corrente. ©

### Indicação de Leitura







CAÇÃO A SERVIÇO DA TECNOLOGIA

MERCADO  
Aquisição

**Eletrônica &  
Informática**

Mala Direta  
Endereçada  
02.243.572/0001-27 - DR/SPH  
REVISTAS IPE

[www.ipesi.com.br](http://www.ipesi.com.br)

VERSÃO IMPRESSA E DIGITAL

REVISTA  
**IPESI**

**ELETRÔNICA  
& INFORMÁTICA**

SUA EMPRESA  
PARA O SEU  
MERCADO DE  
MANEIRA DIRETA

CONSULENTES  
ESCOLHIDOS A DEDO.  
DIRETORES, GERENTES,  
COMPRADORES, TÉCNICOS,  
PROJETISTAS ELETRÔNICOS  
E PROFISSIONAIS COM  
PODER DE DECISÃO