

# 20

# posts

# Bonus



Este é um bônus especial para os leitores do livro Eletrônica para Estudantes, Hobistas e Inventores formado por 20 artigos que foram publicados no meu site desde 2010.

A coletânea não seguiu nenhuma ordem cronológica ou didática, ou seja, os artigos foram pinçados aleatoriamente, mas servirão de complemento para o livro à medida que você queira se aprofundar em algum assunto.

A maioria deles tem um olhar mais voltado para o técnico reparador e mesmo que este não seja o seu caso, talvez valha a pena ler.

Muita coisa importante não está nos livros e sim nas revistas técnicas que são importantes para a boa formação do profissional.

Aprendi muito nas páginas da Revista Antenna e outras similares que já não existem mais.

Há anos tento, com meu trabalho, preencher esta lacuna não só para os que estão começando, mas também para aqueles que já estão na profissão e por razões diversas não tiveram oportunidade de ter uma boa formação técnica.

Meu lema é não esconder o jogo e passar adiante tudo que aprendi ao longo da vida, não só na eletrônica, mas de um modo geral. Não vim ao mundo a passeio e seria desonesto não compartilhar com o outro o que recebi da vida e na vida.

Meus livros são baratos porque o meu objetivo é divulgar conhecimento para o maior número de pessoas.

Comungo o pensamento de Karl Max que dizia "o escritor não deve escrever para viver e sim, viver para escrever".

## SUMÁRIO

(1) Medindo resistores de baixo valor ôhmico.....	03
(2) Como descobrir a tensão de um diodo Zener .....	09
(3) Medindo tensões e correntes .....	15
(4) Os estranhos códigos dos transistores asiáticos.....	27
(5) Transistores digitais .....	31
(6) Você sabe o que está medindo? .....	39
(7) Como você compra um ferro de soldar: pela potência ou pelo preço? .....	46
(8) Leis de Kirchhoff e Sistemas de Eqs. Lineares .....	56
(9) Transformadores: - entendendo as correntes no primário e secundário .....	65
(10) Fontes Chaveadas para principiantes - Parte I .....	70
(11) Fontes Chaveadas para principiantes - Parte II .....	84
(12) Fontes Chaveadas para principiantes - Parte III/A.....	93
(13) Como simular uma carga para testar uma fonte .....	103
(14) Lâmpada Série no século XXI .....	111
(15) Testando Transistores Bipolares e digitais no circuito! ..	119
(16) ESR - Você sabe o que é isto? .....	125
(17) Verificando diodos rápidos e ultra rápidos .....	131
(18) Como ligar um transformador 110/220V sem identificação dos fios .....	140
(19) Os resistores de cinco e seis faixas .....	151
(20) Como descobrir a frequência de uma forma de onda no osciloscópio .....	155

## (1) Medindo resistores de baixo valor ôhmico

Medir resistores de baixo valor ôhmico, da ordem de 1 ohm ou menores, mesmo com um bom multímetro digital pode nos dar um resultado enganoso, pois as próprias pontes já poderão introduzir uma resistência indesejável na medida.

Aliás, já que falamos em pontes, é uma questão para a qual o técnico deve estar sempre atento e formar o hábito de verificá-las regularmente. Para isso, coloque o multímetro na menor escala de resistência e uma as pontas para verificar se a leitura é o mais próximo de zero possível e se não for é hora de trocar de pontes.

Após esta dica, às vezes esquecida, voltemos ao tema do post: os resistores de óxido metálico de baixo valor ôhmico que são comumente encontrados em fontes chaveadas e inversores, e que pela sua construção costumam sofrer alteração de valor para maior.

Por outro lado os resistores de óxido metálico, quando alterados, podem apresentar uma resistência a "frio" diferente daquela que realmente terão quando uma corrente estiver circulando por eles o que fará com o que o técnico descarte, erroneamente, a possibilidade de que o resistor esteja defeituoso e acabe "passando batido" pelo defeito.

Se o resistor estiver "moreninho de praia", mesmo que ao medir ele apresente o valor "correto", a melhor opção é trocá-lo, caso você não queira realizar o procedimento que será descrito a seguir.



Entretanto, é importante utilizar na substituição um de mesmas características, principalmente se no esquema (ou na PCI) aparecer o símbolo de uma exclamação dentro de um triângulo que identifica componente crítico.

Jamais utilize resistor de fio no lugar de um de óxido metálico, pois os resistores de fio, pela sua construção, são indutivos o que pode provocar distúrbios em circuito de fontes chaveadas.

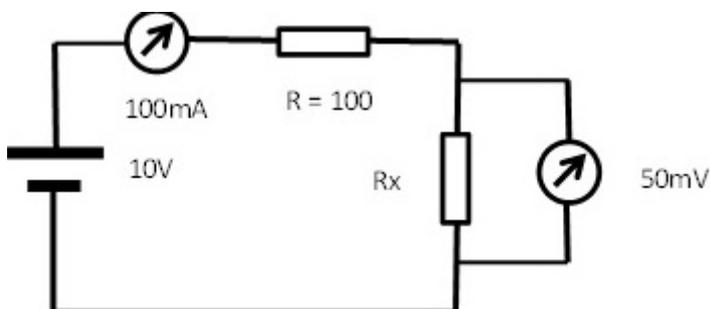
### Medindo o resistor ou usando a Lei de Ohm na prática

Uma maneira relativamente simples de encontrar o valor da resistência o mais preciso possível é utilizando a [Lei de Ohm](#).

Se você não tem "intimidade" com esta Lei sugiro que clique no link acima para rever os conceitos.

Em linhas gerais esta lei nos diz que a queda de tensão em um resistor ôhmico é igual ao produto de sua resistência pela corrente que está circulando por ele, isto é,  $E_R = R \times I$ .

Agora imaginemos dois resistores em série onde o valor da resistência de um deles é conhecido com razoável precisão a qual chamaremos de R e o outro, o que queremos medir, chamaremos de Rx. Montemos o seguinte circuito.



Suponhamos, para exemplificar, que a fonte fornece 10 V e que R é de 100 ohms.

Se o valor de  $R_x$  for muito menor que o de  $R$  pode ignorá-lo uma vez que  $R + R_x$  será praticamente igual a  $R$ .

Por exemplo, se  $R = 100$  ohms e  $R_x = 0,5$  ohms o valor da resistência equivalente será  $100,5$  que é aproximadamente  $100$  ohms para efeitos práticos.

Sendo assim a corrente no circuito (desprezando-se  $R_x$ ), de acordo com a Lei de Ohm, será  $10V / 100$  ohms =  $0,1$  A ou  $100$  mA.

Colocando-se o  $R_x$  no circuito, cujo valor de sua resistência é muito menor que a de  $R$ , e mantendo-se a fonte em  $10V$  notaremos que a corrente no circuito continuará aproximadamente igual a  $100$  mA.

A seguir medimos a queda de tensão em  $R_x$  e suponhamos que encontramos  $50$  mV.

O valor de  $R_x$ , ainda segundo a Lei de Ohm, será dado pela queda tensão em  $R_x$  que foi  $50$  mV dividido pela corrente no circuito que foi  $100$  mA, ou seja,  $0,5$  ohms.

O grande macete neste caso é trabalhar sempre com uma corrente de  $100$ mA, pois aí bastará dividir o valor da tensão medida em milivolts por  $100$  e teremos o valor de  $R_x$  ( $50 / 100 = 0,5$ )

Um fato que devemos levar em consideração neste caso é que  $R_x$  seja, pelo menos,  $100$  vezes menor que  $R$  e neste caso era  $200$  vezes menor.

### **"Construindo" um Ohmímetro para resistências de baixo valor**

Para "construir" este utilíssimo medidor de resistores de baixo valor ôhmico você irá necessitar apenas de uma fonte que forneça, preferencialmente, uma tensão DC entre  $20$  e  $30V$  e

capaz de fornecer uma corrente de 100 mA (no mínimo), um resistor variável entre 200 e 500 ohms para 3W (no mínimo) além de um multímetro digital, pelo menos. Se tiver dois, melhor ainda, pois um será usado para medir tensões da ordem de milivolts sobre o resistor "desconhecido" com a melhor precisão possível e outro para medir a corrente no circuito que será ajustada em 100mA no potenciômetro de fio.

Não é necessário que este resistor conhecido tenha um valor preciso, já veremos porque, mas deve ter entre 200 e 300 ohms e este valor dependerá da fonte utilizada. Por exemplo, se a fonte for de 20V o resistor deverá ser de 200 ohms, se for 25V devemos usar 250 ohm, e assim por diante de modo que se obtenha sempre uma corrente de 100mA.

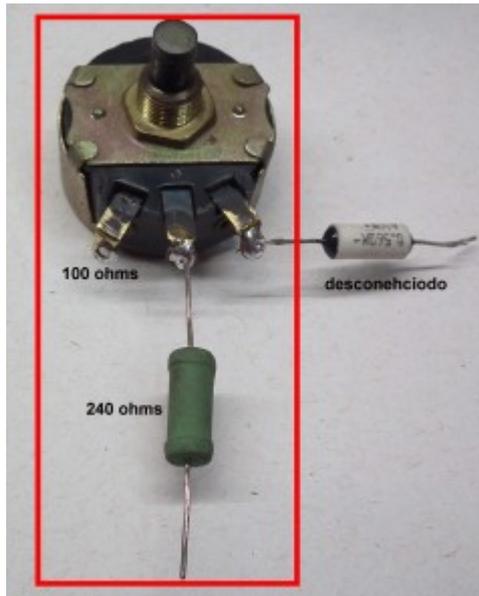
Eu utilizei um módulo de fonte de uma impressora sucateada que fornecia 30V logo o resistor teria que ser de 300 ohms.

Mas não podemos esquecer-nos da potência que será dissipada neste resistor.

O cálculo da potência dissipada no resistor pode ser feito de diversas maneiras. Optei por multiplicar o valor da resistência pela corrente nele elevada ao quadrado ( $P = R \times I^2$ ) que é um "mix" obtido da fórmula "mãe" para o cálculo da potência ( $P = V \times I$ ) com a Lei de Ohm ( $V = R \times I$ ).

Então para  $R = 300$  ohms e  $I = 100$  mA teremos  $P = 300 \times (0,1)^2$  que nos dará 3 watts.

Se você não entendeu porque eu usei 0,1 para fazer as contas, a resposta é simples:  $100\text{mA} = 0,1\text{A}$  e para obtermos o resultado em watts temos que trabalhar com a corrente em ampères.



Meu resistor "conhecido" foi obtido com um velho potenciômetro de fio de 100 ohms - 4 watts das minha sucata em série com um resistor de 240 ohms que iria dissipar 2,4 watts, portanto usei um de 3 watts também da sucata.

O conjunto potenciômetro + resistor dá 340 ohms o que permite, ajustar com tranquilidade, para uma corrente de 100mA.

A seguir coloca-se o resistor a ser medido em série com o conjunto e providencia-se um ajuste fino no potenciômetro para que a corrente se mantenha em 100mA.

O próximo passo será medir a queda de tensão em milivolts sobre o resistor cujo valor queremos determinar e dividindo este valor por 100 teremos o valor de sua resistência.

Por exemplo, suponhamos que medimos 52mV, logo a resistência é de 0,52 ohms. Assim, se no corpo dele o valor indicado é 0,47ohms tudo indica que ele está alterado.

A vantagem do método é que mede-se a resistência do resistor com ele submetido a uma corrente de 100mA circulando por ele.

Mas esta corrente não vai queimar o resistor?

Vamos fazer as contas. Lembra da fórmula?  $P = R \times I^2$ , o que nos dá para este exemplo o seguinte valor  $P = 0,52 \times 0,1^2 = 0,0052$  watts ou 5,2mW.

Acho que você já deve ter concluído que não queimará, pois certamente o resistor que você está medindo deve suportar uma potência maior que 5,2mW!

Você pode achar estranho ter que fazer uma "manobra" destas para medir um simples e resistor, afinal nunca precisei fazer isso.

E quantas vezes você se deparou com resistores de óxido metálico de valor inferior a 1 ohm que não estavam visivelmente queimados?

Novos tempos meu amigo exigem novas soluções, pense nisto!

Exemplo mostrando a medição de um resistor de 0,1 ohm.



## (2) Como descobrir a tensão de um diodo Zener

A maneira mais fácil e óbvia de descobrir a tensão de um diodo Zener é olhar o código impresso ou as faixas coloridas no corpo do mesmo e consultar a Internet.

Simple demais, não é mesmo?

Agora passemos às dificuldades de usar este método.

A primeira delas é que o código pode estar apagado ou ter uma letra tão miudinha que você irá precisar de uma super lupa para enxergá-lo.

Supondo que você conseguiu ver o que está escrito no corpo do diodo, com seu olho biônico, o próximo passo é sair à cata dele na Internet, nem sempre uma tarefa tão simples, principalmente, para quem está fora dos grandes centros e o acesso à rede deixa a desejar (e muito) aqui no Brasil (e o precinho oh!).

Há muito que eu vinha pensando em construir algo simples e que permitisse "ver" a tensão do diodo com um voltímetro até porque nem sempre o valor informado é "verdadeiro" dependendo da procedência do componente.

A motivação final para o projeto veio quando eu ganhei um saco de diodos Zener com tudo "junto e misturado".

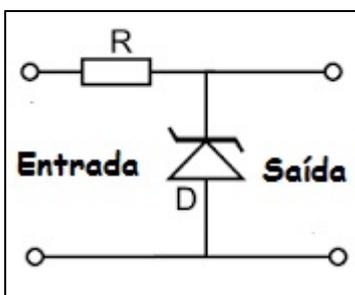
Resolvi então que era tempo de perder uma hora montando a trapizonga, que vou descrever a seguir, mas valeu a pena.

### Um pouco de teoria antes de começar

Para quem é novo na eletrônica ou está "um pouco esquecido" lembremos que a principal característica do **diodo Zener** é que **ele deverá ser polarizado inversamente** e apresentará em seus terminais uma tensão constante dentro da faixa de corrente para a qual ele foi fabricado.

Em geral, os diodos Zener são usados como tensão de referência quando não precisamos de muita precisão no valor desta tensão uma vez que eles têm tolerância que pode variar de 5 a 10% nos tipos mais comuns.

Repare que eu disse "em geral" porque existe outra aplicação, que não costuma ser mencionada nos livros didáticos de eletrônica, que é a **proteção de circuitos** para sobre tensão e sobre a qual falarei mais adiante.



Quando o Zener é usado como tensão de referência ele colocado em série com um resistor como vemos na figura.

Zener como tensão de referência

Não tratarei do cálculo deste resistor porque não é objetivo principal deste artigo.

### **O Zener como proteção de sobre tensão**

Esta é uma aplicação do diodo Zener bastante útil e, como já foi dito aqui, não costuma ser mencionada nos livros.

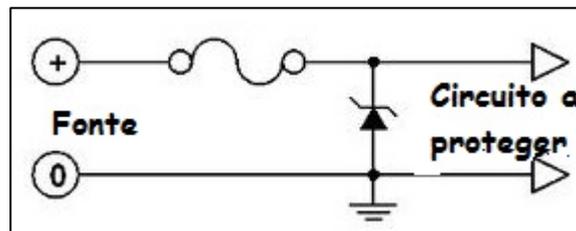
Repare que no circuito acima foi colocado um resistor em série com o Zener. Este resistor é obrigatório, pois é sobre ele ficará a tensão excedente àquela cujo Zener irá estabilizar de acordo com o valor para o qual foi projetado.

Se não colocarmos o resistor e a tensão de entrada for superior a tensão de Zener ele entrará em curto imediatamente.

Porém, é esta condição que a princípio parece ruim que poderá ser aproveitada para servir de proteção, por exemplo, na alimentação de um CI. Vejamos como funciona.

Imagine que estamos alimentando um processador com 5V proveniente de uma fontes de 5V, é claro. E se a fonte falhar e mandar mais do 5V para processador? A consequência é óbvia: era uma vez um processador!

Agora vamos colocar um Zener de 5V no pino de alimentação do processador de modo que a tensão da fonte chegue até ele através de um fusível ou um fusistor como mostra a figura.



Zener usado como circuito de proteção

Se a tensão da fonte ultrapassar 5V o Zener entrará em curto e o fusível ou fusistor abrirá ficando, assim protegido o processador.

Quando eu tinha oficina, por mais de uma vez, deparei com uma situação destas em um VCR de uma marca famosa onde os 5V para alimentação de um determinado processador era extraído de uma fonte de 18V. O "bacalhau" que o projetista fez para baixar os 18 para 5 costumava "apodrecer" e todo mundo sabe qual é o cheiro de bacalhau podre, no caso do VCR, cheiro de queimado e um processador SMD indo para o espaço.

Seria um mau projeto ou obsolescência programada?

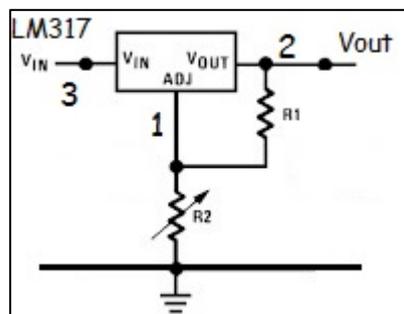
Por via das dúvidas, para evitar o retorno, e eu ter que arcar com o ônus da garantia, sempre incluía o Zener e o fusistor no "projeto" mesmo que o defeito original fosse outro.

### Finalmente o circuito de identificação da tensão de Zener

Desde que comecei a pensar neste projeto a ideia era fazer algo bem simples e com material fácil de encontrar e até mesmo retirado de sucata.

O "estalo" ocorreu quando estava montando uma pequena fonte de tensão variável utilizando o regulador LM317.

Este é um regulador de três terminais, portanto bastante simples de usar e que permite que se obtenha uma tensão de saída que pode ser ajustada entre 1,25 e 37V através de um resistor ou potenciômetro entre o pino de ajuste e o terra .



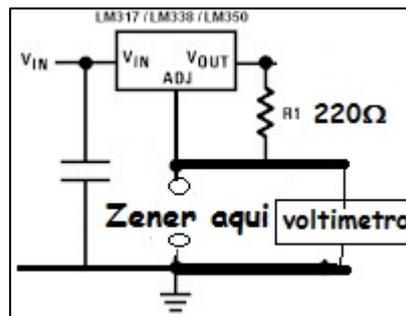
Circuito básico de aplicação do LM317

O circuito básico é mostrado ao lado. A tensão de saída variará de acordo com a posição de R2 que cria junto com R1 a tensão de referência para o pino de ajuste do CI.

Se você quiser saber mais sobre o LM317 leia artigo que eu publiquei aqui o site.

Para fazer o identificador da tensão de Zener eu retirei o resistor R2 e em seu lugar coloquei duas garras jacaré para colocar o Zener desconhecido e acrescentei mais dois terminais

em paralelo onde é colocado um voltímetro que medirá a tensão do Zener. Simples e eficiente.



Modificação para o circuito identificador da tensão se Zener

### Qual a tensão máxima de Zener que podemos medir?

Isto dependerá da fonte que irá alimentar o LM317. Como a tensão máxima permitida na entrada do LM317 é de 40V não conseguiremos avaliar diodos cuja tensão seja igual ou maior a este valor.

Entretanto, isto não chega a ser um problema, pois na prática a maioria deles não passa de 33V.

Para simplificar o projeto usei um transformador de 24V (12+12) ligado ao um circuito em ponte o que me deu uma tensão DC de 36V aproximadamente para alimentar o LM317.

### Lista de material

Transformador 110/220V para 12+12V para 200mA serve (usei um de 500mA que eu já tinha)

Ponte retificadora ou quatro diodos (1N4001/2/.../7) ou similar

Capacitor eletrolítico 470uF/50 ou 63V

LM317

Resistor 220ohms 1/8W

Led e resistor de 1kohm (opcional)

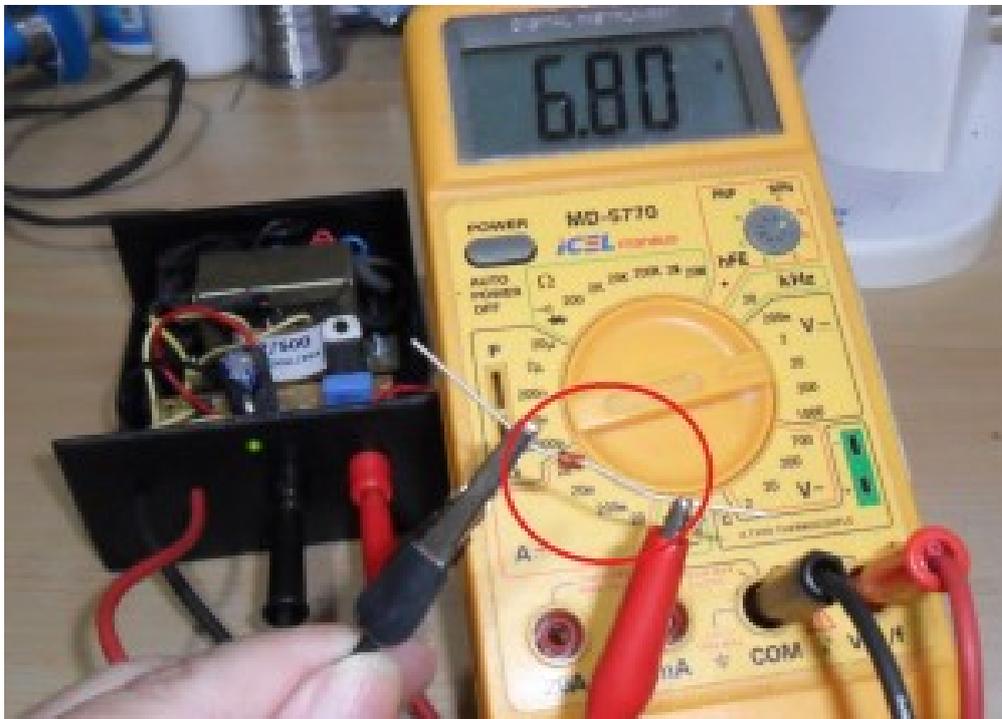
Garras jacaré (preta e vermelha)

Terminais para ligar o multímetro (preto e vermelho)

Placa para montagem, cabo de força, fusível, etc

### Finalmente a montagem

A montagem final pode ser vista na foto abaixo onde temos um Zener de 6,8V sendo medido.



Montagem do Identificador de Zener

Os valores obtidos, muitas vezes, serão ligeiramente diferentes dos valores nominais o que é aceitável dentro de uma tolerância de 5% da maioria dos Zener encontrados no comércio.

É importante salientar que o objetivo do aparelhinho não é verificar se o diodo está em curto ou aberto, o que deve ser feito antes, da maneira usual e sim descobrir o valor da tensão de Zener.

### (3) Medindo tensões e correntes

Nos primórdios da Eletrônica só existiam os multímetros analógicos popularmente chamados de "ponteiro" ou também conhecidos naquela época pela sigla VOM (Volt/Ohm Meter). Eu comecei com eles lá por 1965 medindo tensões, correntes e resistências nos equipamentos que reparava e que se resumiam a rádios valvulados.

Graças aos analógicos aprendi teórica e praticamente o que se estava realmente fazendo quando se media uma tensão, uma corrente ou uma resistência, fato que hoje parece ficar esquecido e não ser mais ensinado aos futuros profissionais. Aliás, muita coisa não é mais ensinada nem aprendida.

Julgo importante que o técnico saiba como funciona um multímetro e começar pelo analógico, a meu juízo, seria a melhor opção, entretanto o ensino "fast food" de hoje em dia não permite mais espaço para "pratos finos".

Já que não dá pra aprender na escola, tenho tentado escrever meus artigos aqui no *site* objetivando alcançar àqueles que têm vontade de ir além.

#### **Analógicos versus digitais**

O método de medição de um analógico e um digital tem uma diferença conceitual básica: os analógicos são, por construção, medidores de corrente, enquanto os digitais são medidores de tensão.

Ficou confuso com esta afirmação?

Como assim, se é um voltímetro como é que ele mede corrente e se é um amperímetro como é que ele mede tensão?

Já vou explicar.

A corrente elétrica é uma consequência da tensão. Eu costumo brincar dizendo que a corrente elétrica fez um declaração de amor à tensão e disse "eu não existo sem você".

### Como funciona o "reloginho" (galvanômetro) dos analógicos

A tensão é "criada" por um gerador que pode ser uma bateria, por exemplo. Quando a tensão é aplicada a uma bobina ela produz uma corrente na bobina que por sua vez produz um campo magnético e este campo magnético varia de acordo com a intensidade da corrente que por sua vez depende do valor da tensão aplicada ou como se diz por aí, "uma coisa puxa a outra" (e dá-lhe lava jato!).

Entretanto, não podemos esquecer que uma bobina também possui uma resistência a qual vai interferir na intensidade da corrente que passa por ela.

Um analógico quando está medindo uma tensão, na verdade está medindo a intensidade de uma corrente produzida por uma determinada tensão.

Por outro lado o digital embora indique um valor em ampères ou miliampères em seu *display*, quando sua chave seletora está na posição de medir corrente, ele está na verdade medindo a queda de tensão desenvolvida pela corrente ao passar por um resistor, dentro do multímetro o qual é denominado *shunt*.



Esta queda de tensão é levada à entrada de um circuito comparador de tensão o qual levará os valores obtidos na sua saída para um conversor analógico digital.

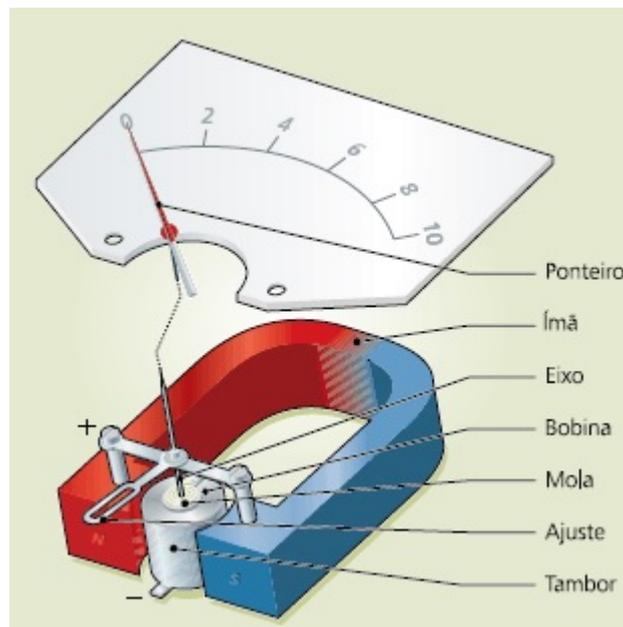
Em última análise, pode se dizer que houve uma "conversão" de corrente em tensão.

### O coração do multímetro analógico

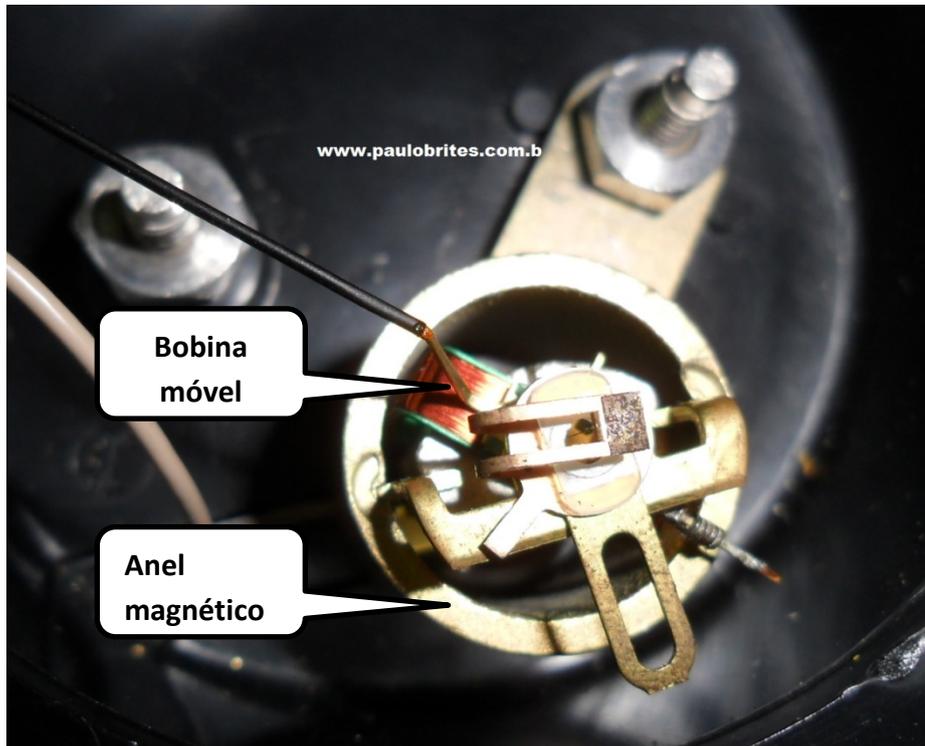
Quem já teve a curiosidade, como eu, de desmontar um (ou vários) galvanômetro que é o coração de todo multímetro analógico, viu que ele é composto por uma bobina e um campo magnético.

Podemos encontrar dois tipos de galvanômetros: com bobina móvel ou com ferro móvel.

No caso de bobina móvel, que é o mais usado nos multímetros, o campo magnético é fixo e a bobina se movimenta dentro dele tendo presa a ela um ponteiro.



Estes instrumentos são mais caros, porém mais sensíveis sendo necessário, ou melhor, obrigatório obedecer à polaridade na alimentação da bobina. Apresentam boa precisão na leitura e a escalar é linear.



Obviamente que no ferro móvel a situação se inverte, ou seja, temos uma peça magnética onde está preso um ponteiro e é esta peça que se movimenta dentro de uma bobina.



Uma das principais características do galvanômetro ferro móvel é que não precisamos nos preocupar com a polaridade na hora fazermos uma corrente passar pela bobina, portanto estes instrumentos podem ser alimentados com AC ou DC indiferentemente.

As desvantagens é que não apresentam boa sensibilidade o que resulta em medidas menos precisas, além de que sua escala não é linear como nos de bobina móvel e sim quadrática.

Estes instrumentos, geralmente, são utilizados em painéis industriais.

### **Voltando aos analógicos**

Vamos conversar um pouco mais sobre galvanômetros analógicos, mais precisamente sobre os de bobina móvel, embora eles sejam quase uma espécie em extinção.

Se você observar a foto onde é mostrada as "entranhas" de um instrumentos destes perceberá que a bobina é bem pequena e feita de fio bem fino o que significa que ela deve suportar uma corrente bem pequena.

E quanto menor esta corrente melhor será a qualidade, ou sensibilidade, do instrumento.

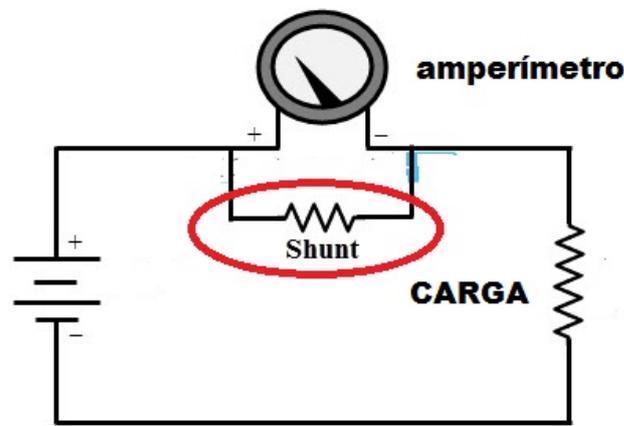
O galvanômetro do clássico Sanwa 320X, por exemplo, suporta apenas,  $20\mu A$  o que faz dele um dos melhores instrumentos da categoria.

Mas como um instrumento que suporta uma corrente tão pequena poderá medir corrente e tensões mais altas?

Aqui vamos separar a questão em duas partes. Primeiro analisaremos a medição da corrente, depois a tensão.

### Medindo corrente com um amperímetro analógico

Para fazer com que o instrumento possa medir correntes maiores que sua bobina suporta, usamos o artifício de colocar uma resistência em paralelo com o galvanômetro como vemos na figura.



A corrente chegará à carga passando por dois caminhos, uma parte passará pelo amperímetro e outra pelo *shunt* que está em paralelo com ele.

Calcula-se o valor do *shunt* de modo que pelo amperímetro passe no máximo a corrente que ele suporta e o restante passe pelo *shunt*.

Por exemplo, se que queremos medir 100mA e nosso amperímetro suporta no máximo 50 $\mu$ A temos que calcular o shunt de modo que por ele passe 99,95mA.

Já deu para perceber o grau de precisão necessário para o resistor *shunt*, não é mesmo?

## Medindo tensão com um amperímetro analógico

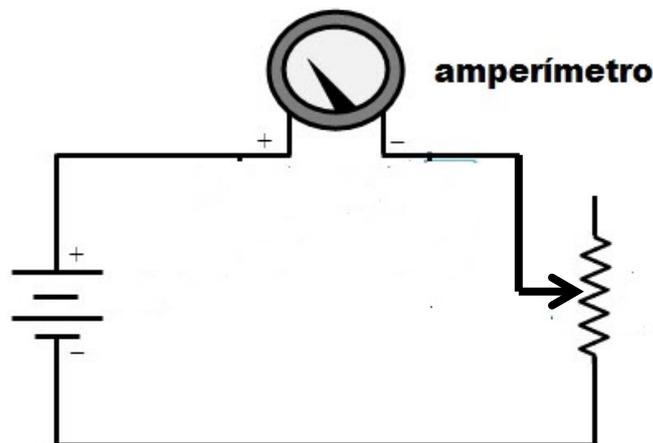
É bom saber primeiro qual a resistência ôhmica do nosso amperímetro.

Em princípio poderia se pensar que bastaria medir a resistência ôhmica da bobina, mas esta não é melhor maneira.

O que devemos fazer é aplicar uma tensão variável aos terminais do amperímetro e ajustar o valor desta tensão até obter a deflexão máxima do ponteiro que costuma ser chamada de fundo de escala e depois medimos com um bom voltímetro, de preferência digital, o valor desta tensão.

Dividindo-se esta tensão pelo valor da corrente de fundo de escala descobrimos o valor da resistência do nosso amperímetro.

É claro que esta tensão deve ser bem baixa, então a sugestão é usar pilha de 1,5V em série com um potenciômetro que pode começar com um valor como  $10K\Omega$ .



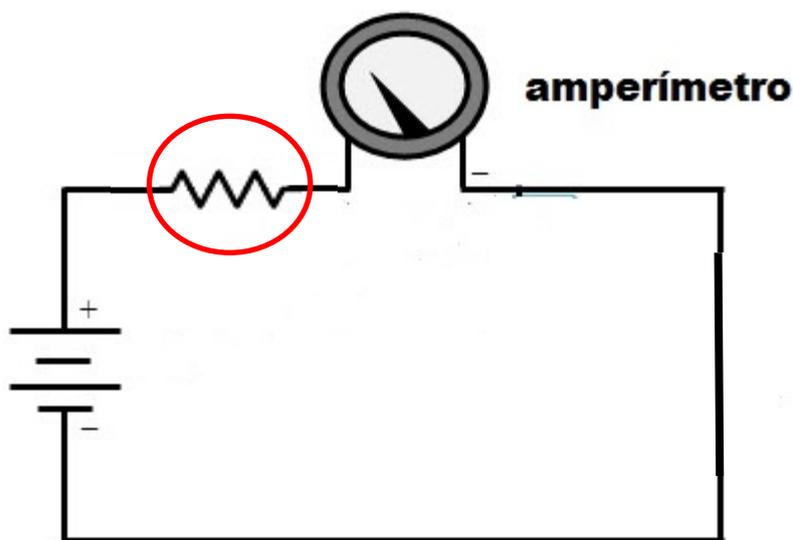
Agora que sabemos a tensão nos terminais do nosso amperímetro que é capaz de produzir a deflexão máxima ou fundo de escala, bem como a resistência da bobina podemos construir nosso

voltímetro com o circuito mostrado abaixo que consiste em colocar uma resistência em série com ele.

Esta resistência deve ser calculada de modo que a corrente de fundo de escala ao passar por ela produza uma queda de tensão tal que todo o "excesso" de tensão fique sobre ela.

Por exemplo, suponhamos que a corrente de fundo de escala de nosso amperímetro seja 1mA e que a resistência da bobina foi medida e nos forneceu  $100\Omega$ .

Se quisermos medir uma tensão de 100V sabemos que isto corresponde a uma resistência total de  $100K\Omega$  para produzir 1mA, logo o valor do resistor colocado em série com o amperímetro deverá ser de  $99.900\Omega$ .



Com este "truque" do resistor em série transformamos em voltímetro um instrumento que por construção só mede corrente, ou seja, um amperímetro "virou" voltímetro.

**E se em vez de analógico tivermos um instrumento digital?**

Como foi dito lá atrás o instrumento digital é um voltímetro por construção, então como podemos fazê-lo medir correntes?

Usando o truque de medir a queda de tensão sobre uma resistência de valor bem baixo colocada em série com o circuito cuja corrente queremos medir.

Nós não iremos colocar esta resistência, pois ela já está dentro do multímetro.

Quando colocamos a chave seletora na função amperímetro esta resistência já é automaticamente colocada em série e o instrumento mede a queda de tensão sobre ela, mas o *display* mostra um valor de corrente graças às contas que são feitas no *chip* do multímetro.

### **Transformando um voltímetro digital de painel num amperímetro**

Instrumentos como o PM-438 se tornaram comuns atualmente e fáceis de ser comprados no Brasil pelo Mercado Livre.

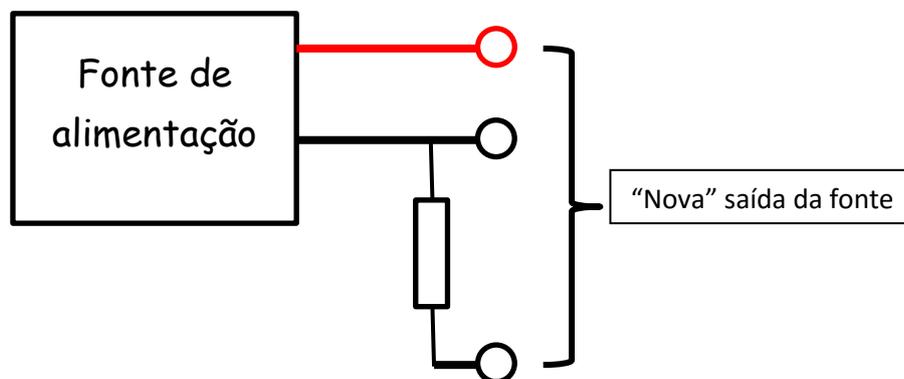


Estes instrumentos são milivoltímetros, por construção, como todos os digitais.

O fundo de escala de todos eles é 199mV e para medir tensões maiores usa-se um divisor de tensão.

Mas o que está me interessando no momento é mostrar o que podemos fazer para medir correntes utilizando um instrumento deste tipo quando ele é aplicado a uma fonte de bancada, por exemplo.

O que se faz é colocar um resistor de valor ôhmico bem baixo como 0,1ohm, por exemplo, entre o negativo da fonte e um "novo terra" como mostra o diagrama abaixo.

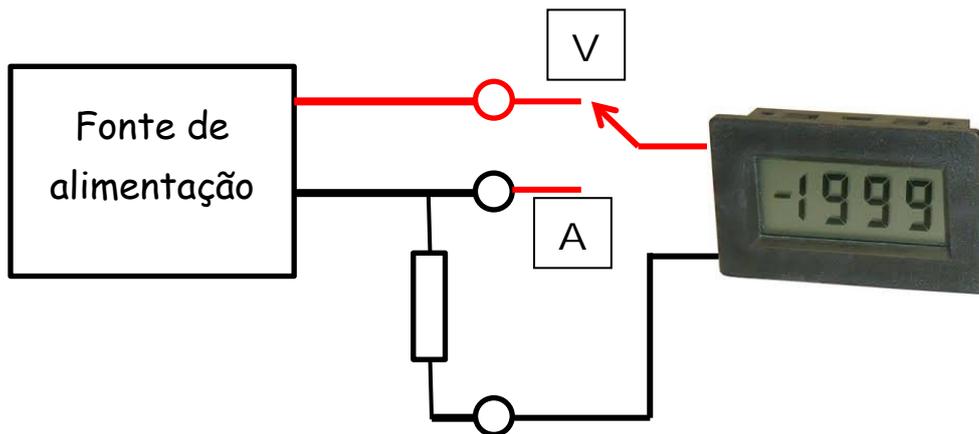


Desta forma toda corrente da carga terá que passar pelo resistor que foi acrescentado.

É importante que este resistor tenha um valor bem baixo para que ele não produza uma queda de tensão acentuada na tensão de saída.

Há que haver um compromisso entre o valor do resistor e a corrente máxima que a fonte pode fornecer de modo que a queda de tensão sobre ele seja de 199mV. Devemos cuidar também da potência deste resistor.

## Medindo a corrente



Para medir a corrente na carga utilizando um instrumento deste tipo faremos uso de uma chave de um polo duas posições como mostrado na figura.

Note que haverá um pequeno erro na leitura de tensão por causa da queda do resistor que foi colocado entre o terra "verdadeiro" da fonte e o terra que será utilizado e é por isso, que este resistor, chamado *shunt*, deve ter um valor bem baixo para que a queda tensão produzida nele seja desprezível.

### O resistor shunt

Observe que quanto maior a corrente que se deseja medir menor deverá ser o valor da resistência do *shunt*, pois de acordo com a Lei de Ohm  $V = R \times I$ , então se  $I$  aumenta  $R$  deve diminuir para que se mantenha o valor da queda tensão no *shunt* bem baixo (199mV).

Já reparei algumas fontes de *slot car* em que foi usado um resistor de 0,01ohm para 10watts que para uma corrente de 20A dá uma queda de 200mV.

Uma observação importantíssima é o que *shunt* deve ter resistência que seja submúltiplo da unidade para que o valor de tensão medido sobre ele seja numericamente igual a corrente.

Por exemplo, se usarmos 0,05ohms com 20A teremos 100mV no voltímetro, então precisaremos multiplicar a leitura por 2 o que nem sempre é muito prático.

Se você tiver interesse em se aprofundar sobre este tema sugiro a leitura do artigo [Uma "nova" aplicação para o YB-VA27](#) que eu publiquei aqui no site.

Este instrumento incorpora duas escalas, uma para tensão e outra para corrente, mas é preciso saber como utilizá-lo e você entenderá isto lendo o artigo.

Finalmente para quem acha que teoria é só coisa para engenheiro eu contesto dizendo que teoria se for levada a sério evitará que as ciclovias caiam porque esqueceram que o mar existe e de vez em quando ele fica de ressaca (como muita gente)!

#### (4) Os códigos dos transistores asiáticos

Durante muitos anos a indústria japonesa predominou na fabricação de semicondutores até que os coreanos também entraram no "clube" e entender os códigos dos transistores asiáticos pode ser de grande valia para o técnico reparador.

Japoneses e coreanos usam prefixos bem definidos nos códigos de seus transistores e entender a "lógica" deles pode ajudar o técnico a identificar preliminarmente, por exemplo, se um determinado transistor é bipolar ou FET e também se se trata de um NPN ou PNP, no caso dos BJT (Bipolar Junction Transistor) ou qual o canal do FET ou Mosfet.

Neste *post* darei algumas dicas sobre os códigos dos transistores asiáticos e de outros semicondutores. Vamos a elas.

Talvez a primeira delas seja identificar a logomarca estampada no corpo do transistor para descobrir quem é o fabricante e ter certeza que não é uma "verdade chinesa" como diz música do saudoso Emílio Santiago.

Identificado quem é "o pai da criança" seguimos para o *part number* que no caso de todos os semicondutores japoneses é registrado no EIIA (Electronic Industry Association of Japan).

Por exemplo, se a Toshiba "inventa" o 2SD1555 este código pertence exclusivamente a Toshiba.

Quando vemos marcado D1555 (num transistor originalmente criado pela Toshiba) significa que este transistor não foi registrado na EIIA como acontece com os "clones" chineses, por exemplo, e não deve ser fabricado por ela o que não significa que não possa ter características "iguais" ao original.

Uma boa comparação seria dizer que o 2SD1555 é "de marca" e o D1555 é genérico que deve ter o mesmo "princípio ativo".

Podemos afirmar que este transistor (ou remédio genérico) é ruim?

A resposta é - não sei, mas que não é original, com certeza não é.

Existem Chineses e chineses (com letra maiúscula e minúscula).

A maioria dos japoneses e coreanos são identificados com as letras A, B, C, D, J, H ou K usadas como prefixos seguidas por números (*part number*).

Todos os transistores japoneses têm o prefixo 2S ou 3S embora, dependendo do tipo de encapsulamento, isto não talvez não esteja estampado no corpo do transistor. Os coreanos utilizam KS ou KT (Samsung ou KEC).

Então se um transistor está marcado com C2316 não significa que ele seja um 2SC2316 fabricado originalmente pela Sanken, pois a Samsung também marca o KSC2316 como C2316 e um transistor é completamente diferente do outro, pois o da Sanken é um BJT NPN enquanto o da Samsung é um MOSFET Canal N como se pode concluir examinando o *data sheet* de cada um.

E como descobrir se o "Manuel" é japonês e o "Joaquim" é coreano ou vice-versa?

Neste caso a logomarca pode ajudar, se ela não estiver falsificada.

## A organização dos japoneses

Há um princípio básico da administração que diz "a organização é metade da execução" que, obviamente, os estudantes brasileiros aprendem na faculdade, mas não seguem.

Aqui o lema é "quanto mais bagunçado melhor, por se ganha mais dinheiro".

Mas, voltando aos japoneses veja como é fácil descobrir se um transistor japonês é PNP ou NPN ou ainda se é FET e qual o canal.

Veja a tabela abaixo.

2SA	PNP
2SB	
2SC	NPN
2SD	
2SJ	FET - N
2SK	
3SK	FET - P

Muitas vezes pensamos que comprar um componente numa loja autorizada de determinada marca é garantia que estamos comprando um produto confiável, mas infelizmente no Brasil nem sempre isto é verdade não por culpa da loja e sim porque, às vezes, o produto já chegou a eles por meio de um distribuidor do fabricante do semiconductor e no meio do caminho "coisas" podem acontecer.

Alguns transistores são os favoritos dos piratas por serem bastante procurados.

Aliás, não só transistores, mas também circuitos integrados "mais fáceis" de serem "fabricado" no fundo do quintal com é o caso de alguns amplificadores de áudio da família STK originalmente da Sanken.

Esta talvez muitas vezes seja a parte mais difícil do reparo, encontrar o componente verdadeiro.

Eu desisti de procurar aqui no Brasil. O último reduto confiável era a Farnell que desistiu da gente.

Eu já relatei aqui no blog situações em que eu só resolvi o problema quando o cliente aceitou comprar os transistores na Mouser nos Estados Unidos.

Quem pretende trabalhar com amplificadores e *receivers* de qualidade já deve informar previamente ao cliente destas dificuldades para não se meter em encrenca.

Eu faço assim, se o cliente quiser muito bem, se não quiser "beijinho e tchau-tchau"!

## (5) Transistores Digitais

Este artigo foi publicado originalmente em setembro de 2004 com o título "Transistores digitais: - o que são, como funcionam e como testá-los" como uma colaboração do Prof. Max Durend no Boletim Técnico nº7 da *Áudio & Vídeo Brites* que era editado por mim.

Passado mais de dez anos o tema ainda é "novidade" para muita gente e por isso, resolvi republicá-lo novamente.

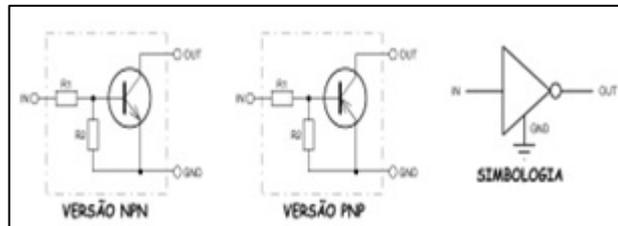
Criado na década de 90 devido, principalmente, a necessidade de uma maior densidade de componentes em espaços físicos cada vez menores, os chamados "transistores digitais" podem ser encontrados em grande variedade de equipamentos eletrônicos de consumo e de uso industrial porém, ainda tem gente por aí que não entendeu como são construídos e para que servem estes dispositivos dentro de um circuito eletrônico.

O termo "transistor digital" é utilizado para designar um transistor que possui no mesmo invólucro resistores de polarização.

Estes resistores colocam o transistor funcionando nos pontos de corte e saturação, ou seja, atuam como uma chave que só deve assumir dois estados: ligada (transistor saturado) ou desligada (transistor no corte).

Esta condição de funcionamento em dois estados permite que este dispositivo seja utilizado em uma grande quantidade de aplicações que vão desde chaveamento de pequenas cargas, tais como relé e led's, até promover a inversão de níveis lógicos em determinados pontos do circuito.

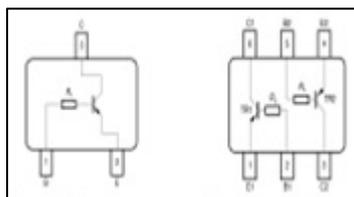
Na figura 1, temos os diagramas internos de um transistor digital NPN e outro PNP. Em alguns casos, estes transistores podem ser representados como uma porta lógica inversora.



Os valores de R1 e R2 são tipicamente de 47 k ohms, porém isso não é regra geral. Para conhecermos o arranjo interno dos resistores com seus respectivos valores precisamos consultar o *datasheet* correspondente ao transistor sobre análise.

Um detalhe importante é que este arranjo interno também pode utilizar um único resistor na base do transistor. Podemos ainda, ter vários transistores em um único invólucro.

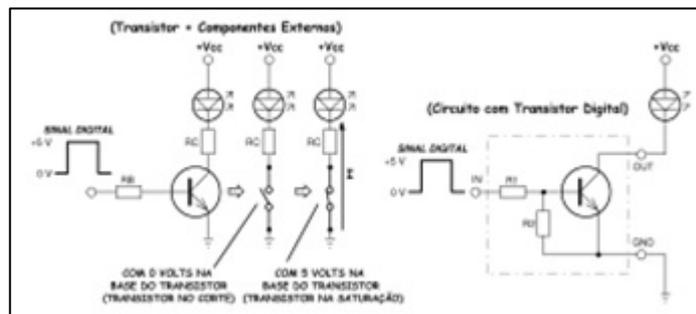
Eles costumam ser chamados de *transistor arrays* que você na figura 2



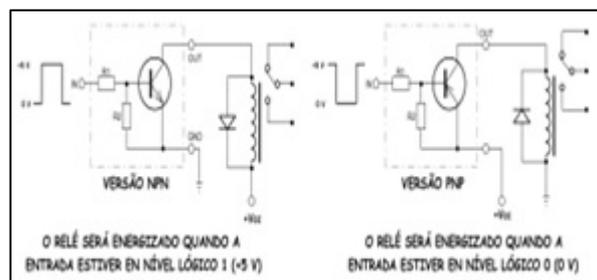
Conforme já citamos, estes transistores **só podem atuar** nos estados de corte e saturação, ou seja, ligando e desligando uma carga ou chaveando pontos do circuito.

Na figura 3 temos uma aplicação para estes arranjos, primeiramente utilizando um transistor com resistores externos e a seguir, utilizando o transistor digital. Observe a economia de espaço obtida será significativa

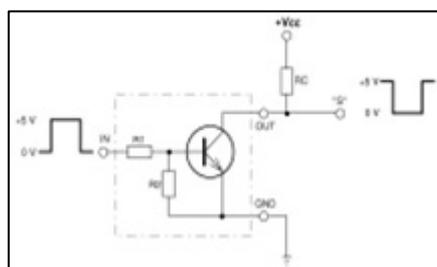
mesmo que sejam apenas dois resistores para se "pendurar" por fora do transistor.



No lugar do LED poderíamos ter um relé utilizado para acionar outras cargas de maior corrente ou chavear entradas de sinais. Observe a figura 4, onde temos ambos os tipos de transistores digitais acionando relés.



Outra aplicação para o transistor digital (bastante usual) seria na inversão de sinais digitais, ou seja, entra nível lógico 1 (+5V, por exemplo) e sai nível lógico baixo (~ 0V) e vice-versa. Observe a figura 5.



Nela temos o circuito que realiza esta operação lógica. Note que no lugar do LED temos somente um resistor de coletor.

Quando o transistor está com a entrada em 0 volts, o mesmo encontra-se no estado de corte. Com isso, a corrente de coletor é zero e não irá produzir nenhuma queda de tensão sobre este resistor. Assim, os +5V presentes na linha de +Vcc estarão presentes no terminal de coletor do transistor o que corresponde a corresponde ao nível lógico alto.

Ao aplicarmos +5V na entrada do transistor, este entrará em saturação.

Neste estado, a resistência dinâmica entre emissor e coletor diminui drasticamente, fazendo com que o terminal OUT do transistor fique, praticamente, "curto-circuitado" com o terminal GND. Desta forma, a tensão no extremo inferior do resistor (ponto de saída) fica próxima de 0 volts, o que corresponde ao nível lógico baixo. Temos, portanto, uma porta inversora ou porta NOT.

Como saber se o transistor está ou não defeituoso sem retirá-lo do circuito?

Testar um transistor digital se torna uma tarefa mais trabalhosa do que testar um transistor bipolar convencional pelo fato de termos, embutido no mesmo invólucro, resistores que podem ser de diversos valores e nas mais variadas combinações.

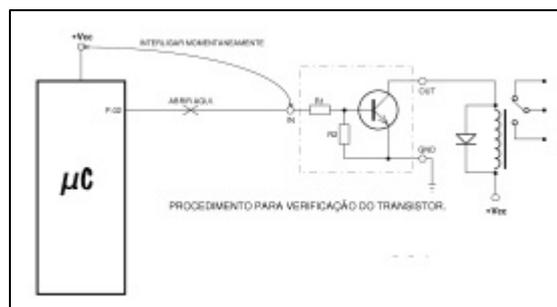
Assim, ao se suspeitar da "integridade" de um transistor digital, podemos tomar dois rumos: tentar soltá-lo do circuito para testá-lo com o ohmímetro ou analisar o comportamento do mesmo dentro do circuito de forma dinâmica.

Eu, particularmente **não sugiro** a primeira opção, por dois grandes motivos:

1) Estes componentes são normalmente SMD.

2) Não obteremos a leitura usual das junções com o ohmímetro, devido aos resistores internos associados as mesmas.

Então, a melhor opção será analisá-los dentro do circuito. Mas não se apavore, pois essa tarefa é relativamente simples. Vamos pegar como exemplo a figura 6.



Nela temos um dos pinos de saída do micro controlador atuando na entrada de um transistor digital para que o mesmo acione um relé. Para certificar-se que o transistor encontra-se em perfeito funcionamento faça o seguinte:

- 1) Abra a linha referente ao pino do microprocessador deixando a entrada do transistor desligada do restante do circuito.
- 2) Interligue momentaneamente, com um pedacinho de fio, o + Vcc do micro controlador à base do transistor.

Isso deverá fazer o relé armar.

Ao desfazer a "ligação provisória" o relé deverá desarmar.

Caso esta situação não ocorra podemos concluir duas coisas: ou o transistor encontra-se danificado ou o transistor pode

ser do tipo PNP fazendo o relé ser acionado por nível lógico 0.

Para eliminar esta dúvida interligue a entrada do transistor com o terra do circuito; se o relé armar, este transistor está bom e é do tipo PNP. Caso contrário, é muito provável que o transistor esteja aberto.

Tomando como referência o mesmo circuito da figura 6, podemos analisar outra situação que poderia ocorrer:- o relé poderia estar sendo acionado o tempo todo. Neste caso, poderíamos suspeitar de duas possíveis falhas: ou o transistor está em curto ou temos um nível lógico constante na entrada do transistor mantendo-o sempre conduzindo.

Para tirarmos a dúvida, basta fazermos o seguinte procedimento:

- 1) Abra a linha referente a entrada do transistor, ou seja, desligue este terminal do circuito.
- 2) Observe o que ocorre. Se o relé desarmar, provavelmente, o problema era causado por uma excitação constante no terminal de entrada do transistor, ou seja, o mesmo não está em curto circuito. Porém, se ao desligarmos a entrada do transistor o relé continuar energizado, certamente o transistor encontra-se em curto (certamente, entre emissor e coletor).

Viu como é fácil!

### **Construindo um transistor digital**

A grande economia de espaço gerada pela utilização destes transistores também é consequência dos mesmos serem

normalmente, encapsulados em SMD (montagem de superfície).

Porém, o que aparentemente é uma vantagem para o fabricante, é muitas vezes, uma dor de cabeça para o reparador.

E, certamente, a maior dor de cabeça é encontrar componentes SMD no mercado de componentes eletrônicos.

Mas não desanime, pois como vimos estes transistores só trabalham ligando e desligando, ou seja, no corte e na saturação.

Fazer um transistor de uso geral, tal como um BC547 ou outro similar, operar neste dois estados é relativamente simples. Basta que você "construa" um transistor digital com componentes externos.

Com um pouco de habilidade, você será capaz de substituir o transistor original por um arranjo "feito à mão" que certamente, funcionará tão bem quanto o "produto industrial". Somente uma observação é importante, verifique sempre o *datasheet* do transistor original para se certificar que ao substituí-lo por um BC "genérico" você o fez dentro dos limites de tensão, corrente e hfe necessários ao funcionamento do circuito.

Para concluir sugerimos que você visite os sites abaixo onde encontrará os *data sheets* de transistores com prefixos DTA, DTB, DTC e DTD bastante comuns atualmente.

Estes transistores, algumas vezes, não são identificados como transistores digitais, mas sim, por siglas, tais como:

RET (Resistor Equipped Transistor) e BRT (Built-in Resistor Transistor).

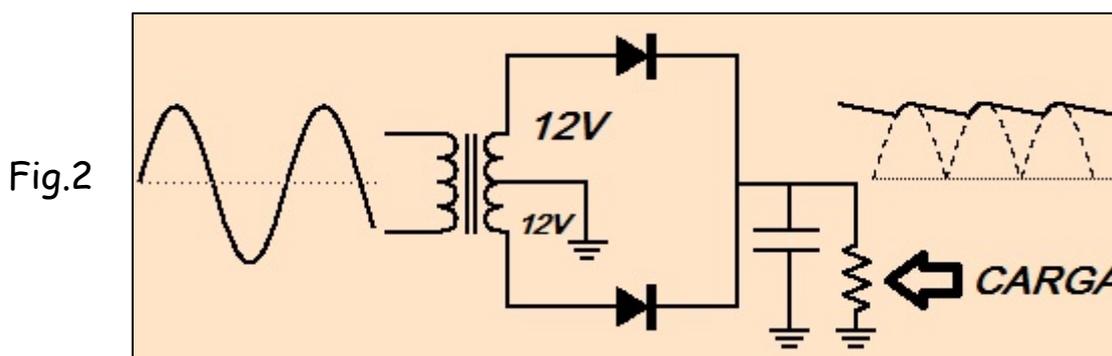
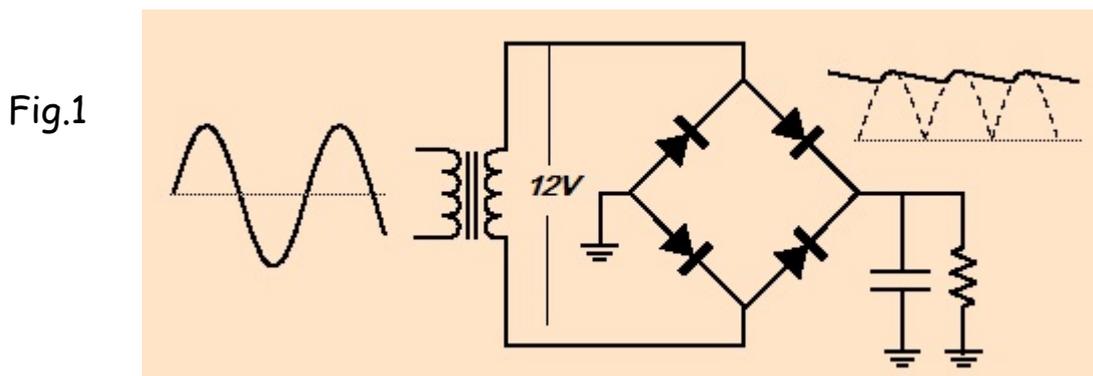
Assim, ao acessar os sites procure por estas siglas e, certamente, você achará os *datasheets* destes dispositivos.

Espero ter contribuído para ajudar no trabalho daqueles que, de uma forma ou de outra, estão sempre esbarrando com estes dispositivos e ainda se sentiam confusos e sem saber o que fazer.

Este foi o texto do Prof. Max Durend "encomendado" por mim e publicado no boletim da *Áudio & Vídeo Brites* em 2004, mas que continua atual.

## (6) Você sabe o que está medindo?

Imagine um circuito bem simples com uma retificação de onda completa que tanto pode ser em ponte (fig.1) ou meia ponte (fig.2), tanto faz, e um capacitor de filtro alimentando uma carga qualquer que será representada aqui por uma resistência.



A "desvantagem", se assim podemos dizer, da retificação em meia ponte é que obrigatoriamente temos que usar um transformador com derivação central no secundário e por isso, ela nunca é usada em fontes chaveadas, mas afóra este detalhe as medidas são basicamente as mesmas.

Suponhamos que você está diante de uma fonte, não tem esquema e muito menos informação sobre a tensão no capacitor de filtro, mas conseguiu medir a tensão nos dois enrolamentos do secundário do transformador ou nas extremidades da ponte (fig.1) e encontrou 12VAC.

Com apenas está informação você saberia dizer qual o **valor máximo da tensão DC** que deverá aparecer sobre o capacitor de filtro (não confundir com a tensão de isolamento do capacitor)?

Se você respondeu que o **valor máximo da tensão DC** medida com um **voltímetro** digital ou analógico deveria ser, tchan, tchan, tchan, 16,92VDC, então meus parabéns. Até aqui você está indo bem.

Voltando à leitura apresentada no voltímetro (16,92V neste exemplo), se você está querendo perguntar "de que cartola saiu este coelho", eu, embora não seja mágico, respondo que basta multiplicar por 1,41 os 12V **AC** medidos que vai dar 16,92. Faça a conta e comprove.

Na verdade, na hora de medir você vai achar um pouquinho menos porque tem que descontar cerca de 0,7V da queda de tensão no diodo se o circuito for meia ponte e 1,4V se ponte com quatro diodos.

Se você está querendo saber de onde saiu este 1,41 eu explicarei depois. Por ora vamos ficar com a explicação de que o capacitor de filtro se carrega com o **valor de pico da tensão senoidal** aplicada ao retificador e manterá este valor em seus terminais, se não houver nenhum consumo de corrente, ou seja, se não estiver alimentando nenhuma carga e para encontrar o valor de pico devemos multiplicar o valor RMS da tensão senoidal por 1,41.

Isto porque os voltímetros "comuns" não indicam o valor de pico da onda senoidal e sim um valor "próximo" ao RMS. Mais adiante falarei do RMS e porque usei a expressão "próximo" quando me referi ao RMS.

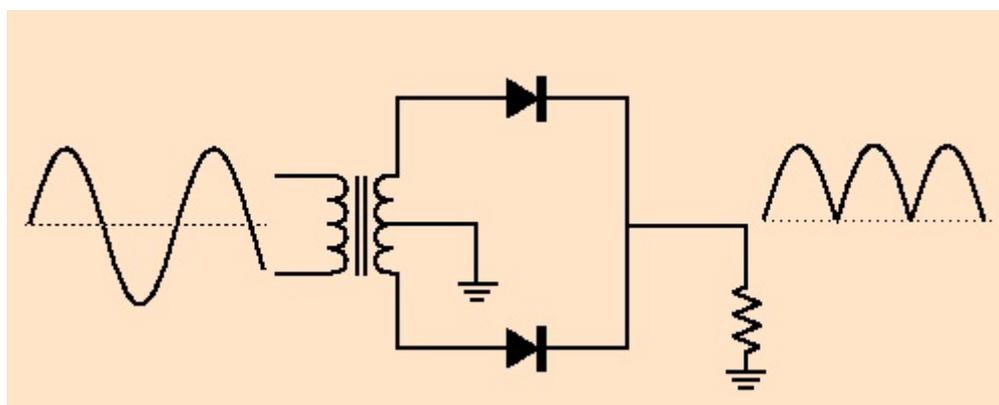
Aqui vale uma observação importante. O fator 1,41 só pode ser empregado para determinarmos o valor de pico se a onda for senoidal que é o caso da tensão da rede elétrica mesmo que ela tenha passado por um transformador.

Em outras palavras, se tivéssemos uma onda triangular, por exemplo, que não é o caso, não poderíamos usar 1,41.

Na prática o valor medido será um pouco menor a depender da corrente drenada pela carga que fará com o que capacitor se descarregue um pouquinho entre dois semiciclos daí eu ter dito, lá atrás, que era o "**valor máximo**".

E se o circuito fosse o mostrado na figura 3 onde não temos o capacitor de filtro (suponhamos que ele esteja sem capacitância) qual seria o valor medido na carga ainda usando o voltímetro na escala DC?

Fig.3



Como agora não temos mais o capacitor de filtro para se carregar nós iremos medir o **valor médio** da tensão pulsante de onda completa que aparece sobre o resistor de carga.

E como calculamos este valor?

Simples, basta multiplicar o valor de pico da senóide por 0,636 e obteremos para o nosso exemplo o valor de 10,76V DC ou cerca de 10V se considerarmos a queda no diodo.

Vale ressaltar que os resultados seriam os mesmos se o circuito retificador fosse em ponte como o da figura 2, salvo o desconto de 1,4V em vez de 0,7V, porque a forma de onda na carga seria mesma nos dois casos.

Neste caso não temos nem uma tensão alternada nem uma tensão contínua e sim uma onda pulsante, mas sempre positiva e se usarmos um voltímetro DC ele medirá a **média aritmética** de todos os valores da onda que é calculado multiplicando-se o valor de pico por 0,636. Mais adiante vou tentar explicar como se chega a este fator.

Para simplificar nossa sofrida vida de técnico reparador podemos fazer uma conta mais simples, multiplicando o valor RMS da tensão oferecida pelo transformador por 0,9 (que é o resultado aproximado de 1,41 multiplicado por 0,636) e também obteremos o valor médio DC.

### Dúvidas prováveis

Se você é um sujeito curioso deve estar querendo saber:

- 1) O que é valor RMS?
- 2) De onde surgiu 1,41?
- 3) De onde surgiu 0,636?

Como você sabe (ou deveria saber) a forma da onda da tensão que é fornecida pelas concessionárias de energia elétrica é **sempre** senoidal e varia ciclicamente a taxa de 60 vezes por segundo (aqui no Brasil) conforme vemos na figura 4.

Fig.4



Por causa da "velocidade" com que os valores que a tensão assume a cada 16,6 mseg (um ciclo completo) o voltímetro comum não consegue mostrar cada um dos valores assumidos (só o osciloscópio) e por isso, foi necessário "inventar" uma maneira de medir e mostrar a média dos valores a qual recebe o nome de RMS que são as iniciais de Root Mean Square ou Raiz Média Quadrática que também é chamado de **valor eficaz** e este termo expressa, a meu ver, o significado do valor RMS.

O que se pretende com o valor RMS é encontrar um valor de tensão/corrente alternada que aplicada a uma carga puramente resistiva produza a mesma quantidade de potência que uma tensão ou corrente contínua, portanto constante produziria no mesmo intervalo de tempo, ou seja, com a mesma **eficiência** ou **eficácia** que a alternada que é variável e daí surgiu o termo valor eficaz (menos usado) como "sinônimo" para valor RMS.

Eu diria que a expressão valor eficaz expressa a ideia conceitual enquanto o RMS relaciona-se ao processo de cálculo.

O valor RMS é obtido através de uma média dos valores da tensão/corrente alternada, entretanto não podemos fazer uma média aritmética porque o resultado seria nulo uma vez que uma vez que numa senoide cada ciclo é composto de dois semiciclos simétricos.

Por outro lado como o valor eficaz ou RMS de uma senóide é aquele que produzirá a mesma potência que uma tensão/corrente contínua e na fórmula do cálculo da potência tanto a tensão ou a corrente aparecem elevadas ao quadrado, daí surge o Valor Médio Quadrático ou Root Means Square.

Não irei fazer o tratamento matemático aqui por fugir um pouco ao propósito deste artigo, mas apenas informar que é a partir destes cálculos matemáticos que surge o fator 1,41 (que nada mais é que a raiz quadrada do número 2) e por isso que para encontrar o valor de pico da senóide precisamos multiplicar por 1,41 o valor medido pelo voltímetro (digital ou analógico) que é RMS para se chegar ao valor de pico.

Um ponto importante que volto a enfatizar é que este fator 1,41 (que costuma ser chamado de **fator de crista**) só se aplica a senóide pura.

Vejam agora o que significa o valor 0,636 que foi citado anteriormente sem entrar na matemática envolvida para se chegar a ele.

Este valor surge da média aritmética "verdadeira" dos valores da forma de onda retificada em onda completa e representa um valor DC, por isso ele aparecerá ao medirmos a tensão sobre a carga no circuito da figura 3 onde não temos o capacitor de filtro.

Os multímetros "comuns" quando na escala de AC utilizam este valor que multiplicado por 1,1 para chegar ao valor "próximo" ao RMS e isto só é verdade se a onda senoidal for pura, ou seja, sem distorções.

Se tivermos cargas reativas, por exemplo, teremos uma "deformação" na senóide e maneira de ter uma medida AC confiável é utilizando um voltímetro TRUE-RMS.

Estes multímetros são muito importantes para eletrotécnicos, mas não chegam a ser indispensáveis no caso da maioria dos reparos de aparelhos eletrônicos a prioridade é a medição de tensões contínuas.

Finalmente se em vez de uma onda completa tivéssemos um circuito de meia onda como na figura 5, você seria capaz de dizer por qual fator que deveríamos multiplicar a tensão de pico para se encontrar o valor médio DC da forma de onda sobre o resistor (sem capacitor de filtro)?

É só pensar um pouquinho. Na figura 5 temos a metade da forma de onda afinal é uma retificação de meia onda, logo o fator deverá ser a metade de 0,636 ou 0,318.

**Para que você precisa saber estas coisas?**

Eu acho que a resposta mais simples é que a partir destes conhecimentos você saberá interpretar os resultados das medidas e concluir o que deve estar errado e porque o circuito não está funcionando corretamente.

Lembre-se de Maxwell: "Nada mais prático que uma boa teoria".

Até 2016, ou melhor, até sempre.

## (7) Como você compra um ferro de soldar: pela potência ou pelo preço?



Nos primórdios da Eletrônica, ainda no tempo das válvulas, era comum comprar-se um ferro de solda referindo-se a potência em watts, assim como se fazia (e ainda se

faz) quando compramos lâmpadas.

Os tempos mudaram os equipamentos e as lâmpadas evoluíram, mas este **conceito impreciso** de que watts expressa exatamente a temperatura de um ferro de soldar ou a luminosidade oferecida por uma lâmpada permaneceram.

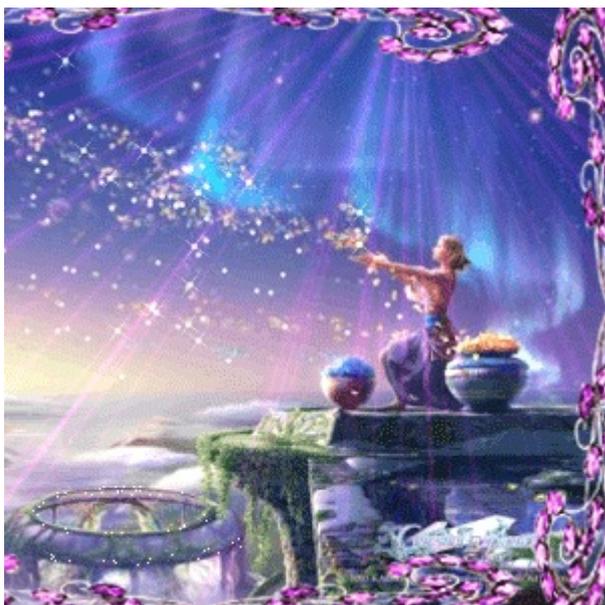
É hora de revermos estes "conceitos antigos" ao comprarmos um ferro de soldar ou uma lâmpada.

Vou começar com uma pergunta bem simples: o que é watt?

Para início de conversa "watt" é a unidade utilizada no Sistema Internacional (SI) para potência e no caso do ferro de soldar, em particular, não exprime exatamente o calor, que é o que interessa, embora esteja diretamente relacionado com ele como veremos mais adiante, nem tão pouco nos informa a "quantidade" de luz que iremos receber, se estivermos falando de lâmpadas.

E potência, o que é?

Existem duas "potências": útil e dissipada. O que nos interessa é a quantidade de energia fornecida durante um intervalo de tempo, ou seja, a potência útil.



O conceito de energia é um conceito complicado. Fala-se, às vezes, por exemplo, em energia psíquica ou expressões como "este ambiente está cheio de energia negativa (ou positiva)" e por aí vai.

Expressões como estas são meramente intuitivas e, sob o ponto da física, não querem dizer nada, simplesmente porque não podem ser medidas, pois não existe um parâmetro para referência.

Para os físicos "energia é a capacidade de realizar trabalho".

E aqui enveredamos em outro caminho. Existem dois "tipos" de trabalho. Aquele do mundo social e da economia e o do mundo da física.



A confusão talvez exista porque em português a mesma palavra (trabalho) significa a mesma coisa num caso ou no outro. Em inglês temos "work" e "job".

Então, para os físicos "energia é a capacidade de realizar **work**" e não é medida em watts e sim em joules (ou calorias,

unidade de energia mais utilizada da área de saúde, 1 cal = 4,186 joules, veja os rótulos de alimentos e refrigerantes).

E a potência? Bem, a potência é a relação entre a energia, que neste caso é a energia térmica ou calor, e o tempo, então **watt** é igual a **joule por segundo**.

Existem varias formas de energia e uma se transforma em outra, logo podemos falar, por exemplo, em energia mecânica, energia elétrica, energia solar, energia térmica, só para citar algumas formas mais conhecidas ("energia psíquica, não!").

Concentremo-nos na energia térmica que, nosso caso particular do ferro de soldar, produzirá a transformação da energia elétrica em energia térmica ou calor.

Aqui aparece outro conceito, o calor, que popularmente é confundido com temperatura.



A temperatura mede o grau de agitação das moléculas de um corpo e suas unidades mais usuais são o grau Celsius e o Fahrenheit, enquanto o calor ou energia térmica que é medido em joules expressa a energia em transito de um corpo "mais quente" para outro "mais frio".

Se você acha que eu estou divagando muito falando de coisas tão teóricas para dizer como escolher um ferro de soldar sugiro que não desista, pois você já vai ver onde eu quero chegar.

E agora, que tal uma perguntinha para você pensar um pouquinho?



Quando você vai tomar um café com leite no bar e o sujeito traz aquele copo fumegando de queimar a mão você pede para ele trocar de copo, não é mesmo?

Mas por que quando foi feita a troca de copo o café com leite ficou mais frio? Será que ficou mesmo mais frio?

O que ocorreu neste caso é que o novo copo ficou mais quente ao receber calor do café com leite, ou melhor, houve uma transferência de calor do café com leite que estava mais quente para o novo copo que estava mais frio.

Estamos quase chagando no ferro de solda (depois de acabar de beber o café com leite!).

E o que você acha que aconteceria se o segundo copo em vez de ser de vidro fosse, por exemplo, de aço inoxidável ou mesmo sendo de vidro fosse bem maior que o primeiro?

Será que o café com leite "esfriaria" mais depressa?

Intuitivamente você talvez responda que se o copo fosse de aço ou mesmo de vidro, porém maior o café esfriaria mais rapidamente.

Se a sua intuição ainda não funcionou, então vamos a outro exemplo.



Num dia de verão e Sol escaldante a gente percebe que a areia está muito mais quente que a água do mar embora ambas recebam a mesma quantidade de energia térmica (calor) proveniente do Sol, não

é mesmo?

A principal razão para que isso aconteça é que a **capacidade** da areia **de absorver calor** é maior que a da água e também a quantidade de água é muito maior que a de areia.

Aqui entra o conceito de **capacidade térmica** que determina a quantidade de calor que um corpo precisa receber para alterar sua temperatura e isto irá variar de um material para outro (areia e água, no nosso exemplo) e da "quantidade de material" (massa) se for o mesmo material.

Esta característica do material é denominada **calor específico**.

**Até que enfim, o ferro de soldar.**

Ah! Então o material do qual é feita a ponta do ferro de soldar é importante, você concorda?

Porque em última análise a ponta do ferro é que será responsável pela transferência do calor recebido pela resistência aquecida pela passagem por ela da corrente elétrica.

Você pode argumentar que quanto maior a potência em watts maior será a transformação da energia elétrica em energia térmica.

Concordo plenamente, mas de nada vai adiantar alta temperatura na resistência se absorção do calor pela ponta for baixa.

O que é importante saber na verdade é quantos graus Celsius (ou Fahrenheit) teremos efetivamente na ponta do ferro, ou seja, a potência útil.

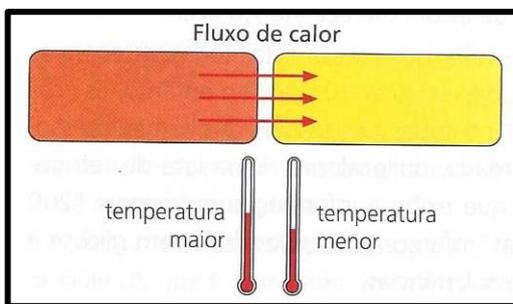
Então dois ferros de soldar de "mesma potência" podem apresentar resultados completamente diferentes na hora de soldar por conta da potência dissipada fazendo com que potência útil seja menor.

Os fabricantes, em geral, não informam as perdas.

Como você descobre então? Bem, o preço pode ser um bom indicativo.

E o que acontece na hora que vamos soldar alguma coisa?

Aqui vale relembrar a experiência do copo de café com leite.



Lembra que o café com leite "esfriou" porque o copo esquentou, ou seja, houve transferência de calor de onde estava mais quente (café com leite) para onde estava mais frio

(copo).

Na hora de soldar acontecerá a mesma coisa. A ponta do ferro vai transferir o seu calor para a peça ou o local onde iremos soldar fazendo com que a ponta do ferro perca calor (esfrie), a menos que o ferro de soldar seja capaz de "perceber" que a temperatura na ponta está diminuindo e "dê um jeito" de

umentar a temperatura para compensar esta perda de calor por transferência térmica.

Outra questão que certamente os técnicos experientes percebem é que mais difícil soldar áreas muito grandes ou componentes com terminais muito grossos.

Agora você já sabe por que isto acontece, é só rever a experiência da praia que eu citei lá atrás.

### Ferro de soldar versus estação de solda.



Ferros de soldar comuns não são "inteligentes" para "perceber" que o local que está sendo soldado está "roubando" calor de sua ponta e é preciso "dar um jeito" de

umentar a temperatura para compensar esta transferência de calor.

Se o ferro for de boa qualidade (e aqui estou me referindo à potência útil e não ao número de watts propriamente dito) ele até poderá fazer uma boa solda dependendo do que está sendo soldado.

Vale a pena abrir um parêntese aqui para dizer uma coisa que muita gente desconhece.

Quem vai efetivamente derreter a solda não é o ferro de soldar e sim a peça que está sendo soldada que ao receber o calor da ponta do ferro se aquece e derrete a solda.

Por isso, soldar áreas maiores exige uma ponta com melhor capacidade de absorver o calor (o que nem sempre tem muito a ver com potência do ferro).

Para resolver o problema de "aumentar" a temperatura da ponta do ferro à medida que ela tende a esfriar porque a peça a ser solda está roubando calor dela, temos as estações de solda que têm sensores de temperatura e até um display indicando este valor, que pode ser ajustado de acordo com o que e onde vai ser soldado.

### Não compre gato por lebre



Vale ressaltar que nem tudo que é vendido no mercado como "estação de solda" é verdade. Alguns fabricantes oferecem um ferro de soldar com uma base acoplada onde a um potenciômetro para "ajuste de temperatura", mas não há nenhum display mostrando o valor desta temperatura.

Isto não é efetivamente uma estação de solda e sim um ferro de soldar controlado por um *dimmer* do tipo destes que se usa para controlar a velocidade de ventiladores de teto. Uma embromação para falar o português claro. Se o preço for muito menor do que uma estação de verdade, desconfie.

## E a qualidade da solda?

Este é um ponto tão importante quanto a qualidade do ferro de soldar.

Mesmo que você esteja usando uma estação de solda "decente" seu trabalho de soldagem deixará a desejar se a solda for ruim.

A solda convencional usada em eletrônica deve ser, no mínimo, do tipo 60/40 onde o primeiro número indica a porcentagem de estanho e o segundo a porcentagem de chumbo. Quanto mais estanho melhor. Entretanto, como o estanho é muito mais caro que o chumbo, você já pode imaginar o que acontece por aí.

Atualmente a indústria está utilizando um tipo de solda chamado *lead free* (sem chumbo) que exige temperatura mais alta.

Outra questão que ajuda muito na soldagem é uso de "fluxo" que não deve ser confundido com aquelas pastas de soldar dos anos 50.

Há quem possa argumentar que uma boa estação de solda custa muito caro, no que eu sou obrigado a concordar, mas a questão é os novos componentes são "mais exigentes" do que os antigos.

Se você está começando a estudar eletrônica ou é um hobista, um bom ferro de solda pode resolver seus problemas.

Mas eu disse "bom" e, portanto não estou me referindo àquelas coisas terríveis vendidas em camelôs.

É uma ideia falsa de que para quem está começando qualquer coisa serve, ledô engano. O principiante tem uma dificuldade natural pela falta de prática e se a ferramenta for de má

qualidade o trabalho também será e resultará numa frustração total achando que a culpa é só dele. Pense nisso.

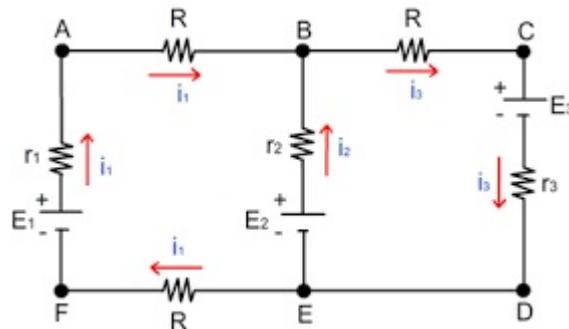
Deixo aqui meu agradecimento ao amigo e professor Cesar Bastos que pacientemente leu o texto e me sugeriu algumas sugestões para tornar mais precisos os conceitos da física aqui abordados e a meu ver fundamentais para a formação de um bom técnico.

Aprendi com o meu inesquecível professor de matemática do curso técnico, o PBO, que devemos "informar sem mutilar" e esta é e será sempre a minha linha didática, embora um ou outro leitor me critique por isso. Sou adepto fervoroso da boa formação, não só técnica, mas também de caráter.

Até sempre

## (8) Leis de Kirchhoff e Sistemas de Equações Lineares

Um dos tópicos de eletricidade que costuma causar pânico aos estudantes e que, quase sempre, aparece nas provas de concursos, são os circuitos elétricos envolvendo resistores e fontes de tensão como o da figura abaixo.



Vários são os métodos para resolução destes circuitos e um deles, que servirá de "gancho" para este post, utiliza as Leis de Kirchhoff.

Na verdade não irei tratar do método de Kirchhoff propriamente para obter o sistema de equações lineares dele decorrente e que nos permitirá encontrar as correntes no circuito, o que me interessa mesmo é mostrar como se pode simplificar a resolução dos sistemas de equações lineares quando temos três ou mais equações.

Vale lembrar que o que vai ser apresentado aqui, obviamente, não se aplica apenas ao caso particular das malhas de Kirchhoff e pode ser utilizado em que qualquer situação que se necessite resolver sistemas de equações lineares.

Quando o sistema tem apenas duas equações e duas incógnitas a sua resolução é bem simples, podendo se utilizar os chamados

métodos de adição ou substituição, e por isso a "mágica" que eu vou apresentar não vale muito a pena nestes casos.

O que interessa mesmo é simplificar a resolução de sistemas com três equações e três incógnitas ou mais.

Os livros de matemática costumam recomendar o uso de determinantes da matriz obtida a partir do sistema, um pouco trabalhoso, mas atende a quem é afeito a decorebas.

O bicho pega mesmo é a partir de quatro equações e quatro incógnitas e no meio de tantas regrinhas de simplificação de determinantes o estudante acaba "entrando em curto".

### **O fabuloso "método" de Gauss**

Aprendi a resolver sistemas de equações lineares por este método, que tecnicamente é o que se chama em matemática de algoritmo, através do meu inesquecível professor Paulo Baptista de Oliveira, o PBO, lá no meu curso técnico.

Nunca o tinha visto antes e confesso que nunca vi, até hoje, nenhum livro explicando-o.

Por que será que não ensinam coisas úteis e práticas?

Nas linhas a seguir vou apresentar o passo a passo para resolução de um sistema com quatro equações e quatro incógnitas aqui designadas por  $i_1$  até  $i_4$  porque surgiram da aplicação das Leis de Kirchhoff em algum circuito (não o do exemplo dado) que não interessa aqui mostrar.

Se você é um estudante de ensino médio ou está tentando resolver sistemas deste tipo, comuns também em álgebra linear, as letras  $i_1$  até  $i_4$  aparecerão como  $x$ ,  $y$ ,  $w$  e  $z$ . Dá no mesmo.

Vamos a um exemplo.

Suponhamos que ao analisar uma malha resistiva de um circuito, Kirchoff nos deu as seguintes equações:

$$i_1 - 2 i_2 = 3 i_3 - 4i_4 - 4$$

$$3 i_1 - i_3 + 2 i_4 - 16 = 0$$

$$5 i_2 + 2 i_3 = 3 i_4 + 20$$

$$i_2 - 7 i_4 - 10 = - i_2 - 4 i_1$$

Para aplicar o método devemos seguir os três passos abaixo.

Arrume o sistema da seguinte maneira:

- 1) Coloque todos os termos que possuem as incógnitas do lado esquerdo do sinal de igualdade e os termos constantes do lado direito;
- 2) Faça a arrumação de modo que as mesmas incógnitas fiquem alinhadas na mesma coluna;
- 3) Se faltar uma incógnita complete sua coluna com coeficiente zero e se "não tiver" coeficiente, significa que é um.

$$1 i_1 - 2 i_2 - 3 i_3 + 4i_4 = - 4 \quad \text{equação 1}$$

$$3 i_1 + 0 i_2 - 1 i_3 + 2 i_4 = 16 \quad \text{equação 2}$$

$$0 i_1 + 5 i_2 + 2 i_3 - 3 i_4 = 20 \quad \text{equação 3}$$

$$4 i_1 + 1 i_2 + 0 i_3 - 7 i_4 = 10 \quad \text{equação 4}$$

Até aqui nada de novo. Seja lá o método que se queira utilizar, esta arrumação "na casa" é sempre muito útil.

Lembre-se: - a organização é metade da execução!

Uma vez arrumado todo o sistema construa o seguinte quadro:

	$i_1$	$i_2$	$i_3$	$i_4$	constante
Eq. 1	1	-2	-3	4	-4
Eq. 2	3	0	-1	2	16
Eq. 3	0	5	2	-3	20
Eq. 4	4	1	0	-7	10

Uma vez montado o quadro acima (que repito abaixo) faça as operações mostradas a seguir considerando **SEMPRE** as linhas e colunas da Eq.1 como referência

	$i_1$	$i_2$	$i_3$	$i_4$	constante
Eq. 1	1	-2	-3	4	-4
Eq. 2	3	0	-1	2	16
Eq. 3	0	5	2	-3	20
Eq. 4	4	1	0	-7	10
		6	8	-10	28

Repare que no primeiro cálculo trabalhamos com a primeira e a segunda linha, bem como primeira e segunda coluna.

Veja no destaque abaixo.

	$i_1$	$i_2$	$i_3$	$i_4$	constante	
Eq. 1	1	-2	-3	4	-4	$(1 \times 0) - (3 \times (-2)) = 6$
Eq. 2	3	0	-1	2	16	
Eq. 3	0	5	2	-3	20	
Eq. 4	4	1	0	-7	10	

Guarde este resultado por enquanto

É importante respeitar esta ordem na multiplicação e COLOCAR O SINAL - na frente da segunda multiplicação.

Vamos passar para o próximo cálculo e você já vai pegar o jeito.

	$i_1$	$i_2$	$i_3$	$i_4$	constante
Eq. 1	1	-2	-3	4	-4
Eq. 2	3	0	-1	2	16
Eq. 3	0	5	2	-3	20
Eq. 4	4	1	0	-7	10
		6	8	-10	28

$1 \times (-1) - (-3) \times 3 = -1 + 9 = 8$

O resultado da conta anterior foi colocado aqui!

Repare na figura acima que agora eu "pulei" a segunda coluna e trabalhei com a primeira e a terceira colunas.

Repare onde foi colocado o "6" do cálculo anterior.

Criei uma nova linha abaixo da Eq.4, mas sem a primeira coluna e "8" da conta da segunda conta, agora foi colocado ao lado do "6".

Você seria capaz de descobrir como surgiu o "-10" que aparece do lado do "8"?

É assim, "pulei a segunda e terceira coluna e trabalhei com a primeira e quarta:  $1 \times 2 - 4 \times 3 = 2 - 12 = -10$ .

E o 28? Experimente fazer primeira coluna com a quinta:

$$1 \times 16 - (3 \times (-4)) = 16 + 12 = 28.$$

Com este procedimento "elimina-se" a primeira coluna.

O próximo passo será fazer cálculos parecidos, mas trabalhando com a primeira e terceira linha do sistema original. Veja a figura.

	$i_1$	$i_2$	$i_3$	$i_4$	constante
Eq. 1	1	-2	-3	4	-4
Eq. 2	3	0	-1	2	16
Eq. 3	0	5	2	-3	20
Eq. 4	4	1	0	-7	10
	6	8	-10	28	
	5	2	-3	20	

$1 \times 5 - ((-2) \times 0) = 5$

O próximo passo você já deve ter desconfiado que será trabalhar com a primeira e quarta colunas e o resultado fica do jeito mostrado abaixo.

	$i_1$	$i_2$	$i_3$	$i_4$	constante
Eq. 1	1	-2	-3	4	-4
Eq. 2	3	0	-1	2	16
Eq. 3	0	5	2	-3	20
Eq. 4	4	1	0	-7	10
	6	8	-10	28	
	5	2	-3	20	
	9	12	-23	26	

$1 \times 1 - (-2) \times 4 = 9$   
 $1 \times 0 - (-3) \times 4 = 12$   
 $1 \times (-7) - 4 \times 4 = -23$   
 $1 \times 10 - (-4) \times 4 = 26$

Reparou que nosso sistema foi reduzido de quatro equações com quatro incógnitas para um "novo" sistema de três equações com três incógnitas e só tivemos trabalho "braçal" para fazer isso. Não precisamos "pensar"!

E agora, se aplicarmos o método ao "novo" sistema "três por três" dá pra desconfiar que obteremos um sistema "dois por dois"?

Em outras palavras, a ideia é ir reduzindo o número de equações e o número de incógnitas até chegar a uma equação com uma incógnita.

Veja como vai ficar.

	$i_1$	$i_2$	$i_3$	$i_4$	constante	
Eq. 1	1	-2	-3	4	-4	$1 \times 1 - (-2) \times 4 = 9$
Eq. 2	3	0	-1	2	16	$1 \times 0 - (-3) \times 4 = 12$
Eq. 3	0	5	2	-3	20	$1 \times (-7) - 4 \times 4 = -23$
Eq. 4	4	1	0	-7	10	$1 \times 10 - (-4) \times 4 = 26$
Eq. 5	6	8	-10	28		Repita o mesmo procedimento com as 3 equações que sobraram (Eq. 5, 6 e 7) e passará a ter apenas 2 equações
Eq. 6	5	2	-3	20		
Eq. 7	9	12	-23	26		
Eq. 8			-28	32	-20	$6 \times 2 - 8 \times 5 = -28$
Eq. 9			0	-48	-96	$6 \times (-3) - (-10) \times 5 = 32$
Eq. 8			-7	8	-5	$6 \times 20 - 28 \times 5 = -20$
Eq. 9			0	-8	-16	$6 \times 12 - 8 \times 9 = 0$
Eq. 10				56	112	$6 \times (-23) - (-10) \times 9 = -48$
						$6 \times 26 - 28 \times 9 = -96$

Antes de prosseguir observe que os dois membros da Eq. 8 é divisível por 4 e a Eq. 9 é divisível por 6. Vale a pena fazer a simplificação para trabalhar com números menores.

$(-7) \times (-8) - 8 \times 0 = 56$

$(-7) \times (-16) - (-5) \times 0 = 112$

A Eq. 10 nos dá  $i_4 = 112/56 = 2$

Acabamos de descobrir o valor de  $i_4$ .

Se você olhar as equações 8 e 9 do quadro acima verá que só temos  $i_3$  e  $i_4$  e o valor desta última já sabemos que é igual a 2.

Antes, porém vale a pena observar que neste caso podemos dividir por quatro todos os números da eq.8 e assim, teremos números menores o que, sem dúvida, facilita as contas.

A equação 8, após a simplificação, nos dá  $-7 i_3 + 8 i_4 = -5$  e portanto, se substituirmos  $i_4$  por 2 teremos  $-7 i_3 + 8 \times 2 = -5$  ou finalmente  $i_3 = 3$ .

Pronto já encontramos o valor de mais uma incógnita,  $i_3$ . A fila está andando!

Já desconfiou qual será o próximo passo?

Espero que tenha dito que é encontrar o valor de  $i_2$  e para tal vou escolher as equações 5, 6 ou 7.

Aí fica a gosto do freguês, se tiver uma "mais barata", isto é, com números menores, vamos nessa.

Neste caso parece que tanto faz, então vou pegar a equação 5 mesmo:  $6 i_2 + 8 i_3 - 10 i_4 = 28$  e fazer  $i_3 = 3$  e  $i_4 = 2$ .

Vamos às contas:  $6 i_2 + 8 \times 3 - 10 \times 2 = 28$  o que nos dará  $i_2 = 4$ .

"Matamos" mais uma incógnita e só falta  $i_1$ .

Podemos escolher qualquer uma das quatro equações originais e substituir os valores já "descobertos" de  $i_2$ ,  $i_3$  e  $i_4$  para achar  $i_1$ .

Uni, dune, tê, eq.1 a escolhida foi vo....CÊ.

E a luta continua:  $i_1 - 2 \times 4 - 3 \times 3 + 4 \times 2 = -4$  e tchan, tchan, tchan ...  $i_1 = 5$ .

Gostou, então vou deixar um sistema para você praticar e postar as respostas nos comentários.

$$\left\{ \begin{array}{l} x - 2y - 3z + 4w + 4 = 0 \\ 3x + 2w - z - 16 = 0 \\ -3w + 5y + 2z = 20 \\ 4x - 7w + y = 10 \end{array} \right.$$

Divirta-se, vai ser emocionante!

## (9) Transformadores: - entendendo as correntes no primário e secundário

Parece não ser novidade para ninguém que a tensão de saída ( $V_s$ ) de um transformador está diretamente relacionada a tensão ( $V_p$ ) aplicada ao primário através da relação entre o número de espiras ( $N_p$ ) do primário e ( $N_s$ ) do secundário o que matematicamente se expressa por

Desta forma se a relação de espiras  $N_s/N_p$  for, por exemplo, igual a 10 basta fazer  $V_s/V_p = 10$  e concluiremos que a tensão no secundário será 10 vezes maior que a tensão que aplicada ao primário. Neste caso trata-se de um transformador chamado "elevador de tensão".

Suponhamos que o transformador com a relação de espiras do exemplo acima foi projetado para receber 220V no primário. Então, teríamos 2200V no secundário ( $220 \times 10$ ). Por outro lado se aplicarmos apenas 110V ao primário, ou seja, a metade de 220V a tensão no secundário também será a metade de 2200V ou 1100V.

Até aqui creio que não haja dúvidas, se você conhece minimamente como um transformador funciona.

Entretanto, o que dizer sobre a corrente?

Em outras palavras, se o transformador do exemplo foi projetado para fornecer à carga, digamos 2A, quando alimentado com 220V o que acontecerá se o alimentarmos com metade da tensão, por exemplo. Ele poderá fornecer a carga também somente da metade da corrente, isto é, 1A ou continuará podendo fornecer os mesmos 2A?

Está é uma questão interessante sobre a qual me questionaram dia desses e como não gosto de responder sem explicar os porquês das coisas, resolvi escrever este artigo para esclarecer esta dúvida.

Sabe-se que o funcionamento de um transformador baseia-se na transferência da energia do primário para o secundário. Assim, se considerarmos um transformador ideal, onde não há perdas de energia, temos que a potência do primário será igual a do secundário o que matematicamente se escreve:

$$P_p = P_s$$

Uma das maneiras de se calcular a potência em um circuito é multiplicando-se a corrente no circuito pela tensão aplicada a ele.

Antes de prosseguir é importante lembrar que neste caso a potência deve ser expressa em volt-ampère (VA), pois trata-se de um circuito de corrente alternada aplicada a uma bobina, portanto não devemos (ou não podemos) expressar a potência em watts (W) como é tão comum se ver por aí.

Então, no caso de um transformador (ideal) temos:

$$V_p \times I_p = V_s \times I_s.$$

Uma arrumação matemática na igualdade acima nos permite reescrever a expressão acima como:

Agora observe atentamente as equações 1 e 2 e note que a relação de espiras entre primário e secundário para as correntes é o inverso do que acontece com as tensões.

Vou colocar as duas equações lado a lado para facilitar a observação.

Vamos colocar números para ajudá-lo a entender melhor o que estou querendo dizer. Usemos o nosso transformador do exemplo em que relação de espiras entre secundário e primário é 10.

Suponhamos que este transformador foi fabricado para alimentar uma carga que consome 2A.

Qual será a corrente no primário?

Para responder a esta pergunta basta usar as equações 1 e 2 combinadas:

$$\text{Como } \frac{N_s}{N_p} = 10 \text{ teremos } 10 = \frac{I_p}{2} \text{ logo } I_p = 20A$$

Agora suponhamos que o primário do mesmo transformador seja alimentado com 110V em vez de 220V, mas que a carga no secundário seja alterada de modo que a corrente no secundário seja mantida em 2A.

Repare que embora tenhamos mudado a tensão de alimentação a relação de espiras não foi alterada, pois isto é uma característica da construção do transformador e, portanto esta relação continua sendo 10.

Ora, dá para perceber facilmente que a corrente no primário não mudará, isto é, continuará sendo 20A embora a tensão no secundário tenha caído para a metade.

E se não tivéssemos alterado a carga no secundário de modo a manter a corrente anterior em 2A.

Bem, neste caso como a tensão no secundário caiu para a metade a corrente também caiu de 2A para 1A, acarretando um corrente no primário de 10A em vez de 20A.

Até aqui creio que você já convenceu que as correntes no primário e secundário também dependem da relação de espiras e não da tensão aplicada ao primário.

Vejam agora outra situação.

Suponhamos que você tem um transformador projetado para receber apenas 120V no primário e fornecer 12V no secundário sob uma carga máxima de 1A.

Neste caso a relação de espiras  $N_s/N_p$  será  $12/120 = 0,1$ , pois trata-se um transformador abaixador e a corrente no primário será 100mA quando o transformador estiver fornecendo à carga o máximo de corrente para o qual foi projetado.

Se aplicarmos ao primário apenas 60V em vez de 120V a tensão de saída obviamente cairá para 6V, mas a corrente máxima permitida na carga continuará sendo 1A e não a metade, como algumas pessoas pensam.

### **Uma questão de concurso**

Antes de encerrar vou mostrar uma questão sobre o tema que caiu no concurso da UERJ realizado no dia 25/08/2015.

Uma boa prática para se resolver um problema é começar fazendo um pequeno resumo de todos os dados relevantes que foram fornecidos e que é pedido.

Neste caso temos:  $N_p = 100$   $N_s = 200$   $V_E = 120$  e  $R_L = 15\Omega$

Pede-se a corrente do primário que foi designada por  $I_E$  e na nossa equação 2 chamamos de  $I_p$ .

Começamos calculando a tensão no secundário com auxílio da equação 1:  $120/V_s = 100/200$  e encontraremos  $V_s = 240V$  trata-

se, portanto de um transformador elevador o que está coerente com a relação de espiras.

De posse de  $V_s$  podemos calcular  $I_s$  usando a Lei de Ohm:  $I_s = 240V/15\Omega = 16A$ .

Agora usaremos a equação 2 para encontrar a corrente do primário:  $200/100 = I_p/16$  logo  $I_p = 32A$ .

Ops! Não existe esta opção nas respostas.

É, parece que "alguém" na banca cochilou nesta questão!

**Moral da história:** o que "manda" no transformador é a relação de espiras entre os enrolamentos e obviamente a bitola dos fios utilizados nos enrolamentos, sendo que a bitola do fio do primário será função da corrente estabelecida para a carga no secundário.

## (10) Fontes Chaveadas para principiantes - Parte I

Resolvi escrever uma série com alguns artigos sobre fontes chaveadas com um olhar voltado para a reparação, mas desde já aviso que não serão artigos do tipo receita de bolo "ensinando" (!) qual o componente trocar para que a fonte funcione.

Os leitores que me acompanham sabem que não sou a favor de simplesmente ir trocando peças até ver se a coisa funciona e sim, tentar descobrir a falha apoiado no princípio de funcionamento do circuito e será assim que trabalharei nestes artigos.

### **Que tal um pouco de nostalgia numa hora dessas?**

Os mais antigos hão de lembrar e os que estão chegando agora deveriam ser informados como eram as fontes de alimentação desde os primórdios da eletrônica até, mais ou menos, os anos 80.

Se precisássemos obter tensões contínuas maiores ou menores que os valores fornecidos pela rede elétrica o principal recurso era lançar mão de um transformador, geralmente, "bem dotado" seguido de um circuito retificador e um capacitor de filtro, também bastante "espaçoso".

Circuitos reguladores e estabilizadores de tensão, proteção de curto circuito e sobre corrente, embora pudessem ser conseguidos com válvulas eram muito complicados e raramente usados, só começando a entrar em cena quando os transistores começaram a "botar as unha de fora", mas ainda assim os transformadores continuaram onipresentes em praticamente todas as fontes por muito tempo.

**O que faz uma fonte de alimentação, chaveada ou não.**

O objetivo de uma fonte de alimentação, qualquer que seja a sua aplicação, é "transformar" uma tensão alternada (AC) em uma tensão contínua (DC) obrigatória e com valores adequados à alimentação de todos os componentes ativos de um circuito eletrônico, desde os primitivos valvulados aos atuais circuitos integrados SMD.

A tensão DC pode ser obtida com pilhas ou baterias, mas esta solução nem sempre pode ser usada e, portanto a fonte de alimentação parece ter seu lugar garantido na eletrônica até o "fim dos tempos".

Por outro lado, na maioria das vezes, precisamos de valores de tensão DC maiores ou menores que os valores AC fornecidos pela concessionária de energia elétrica. Em outras palavras, além de transformar AC em DC precisamos alterar seu valor e uma das maneiras mais simples e eficientes para se conseguir isso é através de transformador, ou melhor, era porque hoje existem outras opções.

Para transformar a tensão alternada em contínua o primeiro passo é utilizar um circuito a base de diodos e chamado de circuito retificador.

Não sei quem teve a ideia de utilizar este nome e eu, particularmente, não gosto muito do termo. Afinal "retificar" dá ideia de transformar alguma coisa curva numa reta e isto o circuito retificador não faz, apenas dá uma ajudinha.

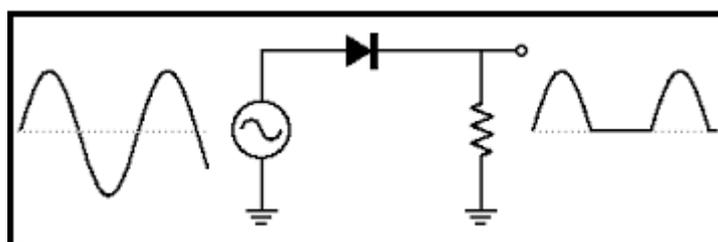
O que um "circuito retificador" realmente faz é "ceifar" um pedaço da onda alternada.

Aliás, o termo circuito ceifador é utilizado em eletrônica em outras situações que não a das fontes de alimentação e "por acaso" também usa diodos, mas isto é outra história.

Se simplesmente ceifarmos um dos semiciclos (positivo ou negativo) da onda senoidal da tensão alternada fornecida pela concessionária teremos como "sobra" apenas meia onda.

Basta um diodo (semicondutor ou uma válvula!) e conseguimos isto como vemos na figura 1.

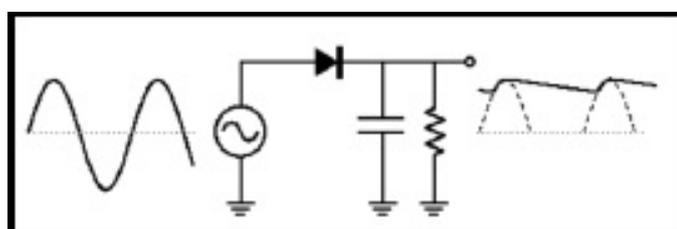
Fig.1



Mas esta ainda não é uma tensão contínua, embora estejamos a meio caminho (sem trocadilho) para conseguir obter a desejada tensão contínua.

Para preencher o "vazio" entre cada semiciclo, deixado pelo ceifamento de um dos semiciclos (no exemplo os negativos), basta colocar um capacitor em paralelo com a carga como aparece na figura 2.

Fig.2



Mesmo assim o espaço entre cada semiciclo tem uma pequena ondulação e não é uma linha reta como uma tensão continua "pura" obtida de uma bateria.

Esta ondulação, que poderá ser maior ou menor dependendo do tamanho do capacitor e do consumo da carga, costuma ser chamada de *ripple* e tem o formato de uma onda quase triangular.

Uma melhoria nessa onda pode ser conseguida, preenchendo-se o espaço entre cada semiciclo positivo com o semiciclo negativo (neste caso) que foi ceifado pelo diodo, se conseguirmos dar uma "cambalhota" nele e fazê-lo passar para cima.

A "cambalhota" é conseguida construindo um circuito que passará ser chamado de retificador de onda completa.

Este circuito pode ser construído de duas maneiras diferentes, mas que produzem o mesmo resultado final, como veremos nas figuras 3 e 4 .

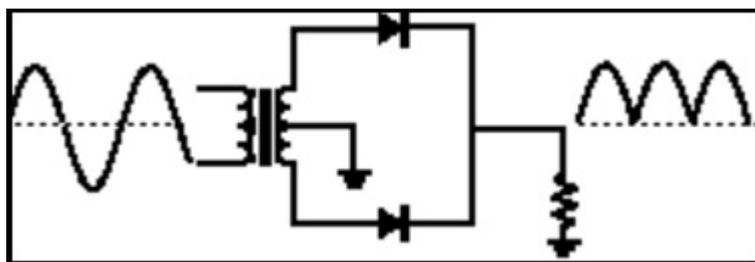
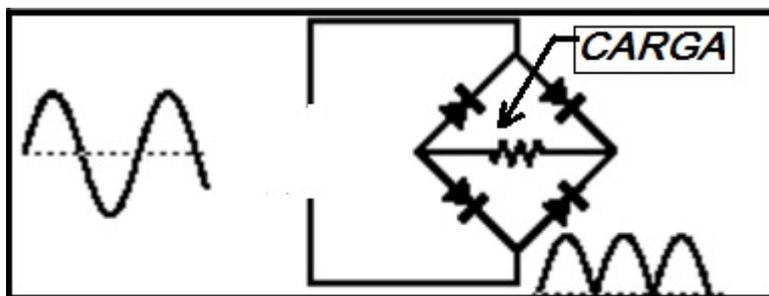


Fig. 3

Fig.4



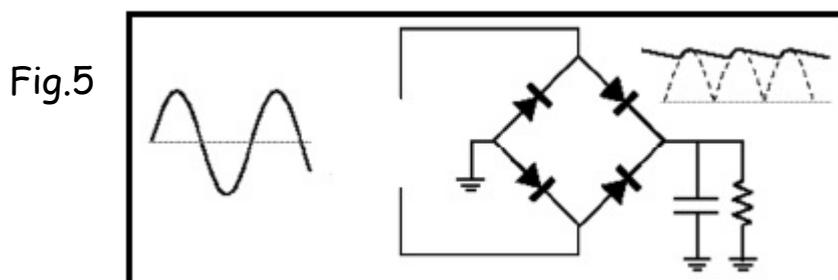
Em ambos os casos a forma de onda na carga é a mesma, entretanto há uma diferença importante entre os dois circuitos, na verdade duas diferenças.

A mais importante é que no circuito da figura 4, que é denominado retificação em ponte, não foi preciso usar um transformador, enquanto no circuito da figura 3 o transformador é obrigatório.

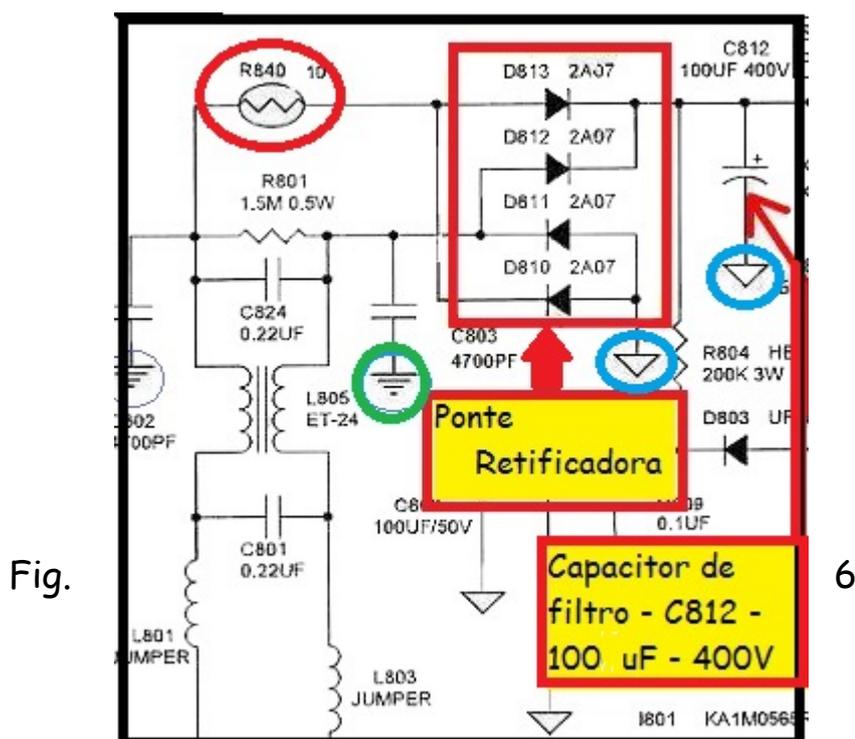
Ora, como um dos principais objetivos da fonte chaveada é permitir nos livrarmos do transformador pesadão, o retificador em ponte é o queridinho de todas as fontes chaveadas do mundo e o circuito da figura 3 nunca será usada nelas.

O mais importante, seja no circuito da figura 3 ou 4, é que ao acrescentarmos um capacitor em paralelo com a carga, a forma de onda sobre ela se aproximará bem mais de uma tensão contínua do que na retificação de meia onda como vemos na figura 5.

O motivo é óbvio. O tempo que o capacitor terá que esperar para se recarregar cai para a metade.



Sendo assim, toda fonte chaveada terá como circuito de entrada uma retificação em ponte como se vê na figura 6 (diodos D810 a D813 e C812).



### Outras "coisinhas" no circuito de entrada.

Vamos fazer um *pit stop* por aqui e dar uma olhadinha mais atenta no circuito da figura 6.

Observe que existem duas simbologias de "terra", uma circulada em verde e a outra em azul.

O "terra" que está com círculo em verde é o terceiro pino da rede elétrica (fio verde ou verde/amarelo da instalação) por isso, é importante que a instalação elétrica esteja feita corretamente e se não for possível colocar o "terra de verdade" na tomada este terceiro pino jamais deve ser ligado ao pino que corresponde ao neutro (neutro não é terra).

O "terra" circulado em azul é o negativo da tensão DC que ora será o polo vivo da rede e ora o polo neutro de acordo com o par de diodos que estiver conduzindo em cada semiciclo.

Em outras palavras este circuito não está isolado da rede e o "terra azul" pode dar choque.

O componente marcado como R840 ligado entre a rede elétrica e os diodos da ponte é um *termistor* PTC (coeficiente de variação de resistência com a temperatura positivo, isto é, a resistência aumenta com o aumento da temperatura) cuja finalidade é reduzir a corrente de pico nos diodos quando o capacitor C812 é carregado toda vez que a fonte é ligada à tomada.

Os demais componentes ligados à entrada funcionam como filtro de linha e de acordo com a qualidade (e o preço) do equipamento este circuito pode ser mais elaborado como o que vemos na figura 7.

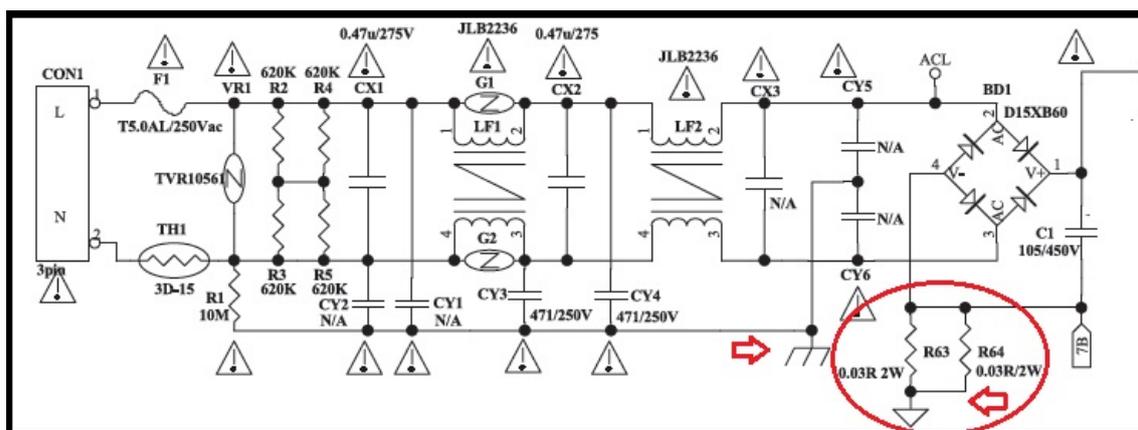


Fig. 7



Repare, por exemplo, a presença do componente TVR1 ligado entre fase e neutro. Trata-se de um *varistor* (fig.8), também conhecido como MOV (Metal Oxide Varistor) e que tem uma função importante na proteção dos componentes da fonte. No caso de um pico de tensão da rede de curta duração (milissegundos) o *varistor* entra em curto imediatamente o que

provoca a "queima" do fusível e, assim não deixa que o surto de tensão atinja os demais componentes da fonte.

### Dicas de manutenção (para qualquer fonte)

Quando encontramos um fusível aberto (ou queimado, como dizem por aí) e enegrecido isto nos dá uma forte suspeita de que houve um pico de tensão da rede elétrica.

Se o circuito possui varistor, ele, certamente, estará em curto e com um aspecto parecido ao que se vê na figura 8.

Retire o varistor, troque o fusível e ligue o equipamento **usando uma lâmpada em série** de potência adequada, por precaução.

Provavelmente funcionará. Agora é só colocar outro varistor no lugar e está pronto, mas jamais deixe de colocar um novo varistor.

Se a fonte que você está tentando reparar não tem varistor e o fusível estiver aberto, a primeira coisa é trocar o fusível e **ligar a fonte através de uma lâmpada série adequada (nunca ligue direto à rede)**.

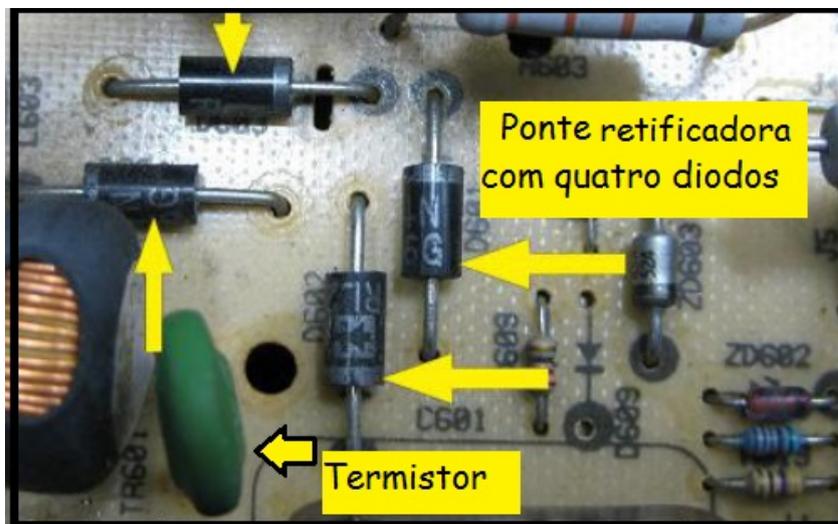
Um fusível aberto não necessariamente indica que há alguma coisa em curto no aparelho, por isso antes de se desesperar e ficar procurando chifres em cabeça de burro vale a pena ligar e ver o que acontece, mas obrigatoriamente sempre através da lâmpada série.

Se a lâmpada acendeu com brilho total aí sim, definitivamente hoje não é seu dia de sorte e você terá que arregañar as mangas e colocar seus neurônios preguiçosos em ação.

O primeiro suspeito causador deste curto é a ponte retificadora, então **desligue** o aparelho da tomada (eu disse da tomada) e comece verificando a ponte. Você ainda tem uma segunda chance de ser seu dia de sorte.

Se a ponte for feita com diodos discretos, como no exemplo da figura 9, você pode testar os diodos na própria placa (você seguiu minha orientação e desligou da tomada, claro!).

Fig. 9



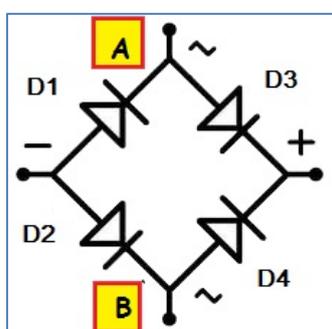
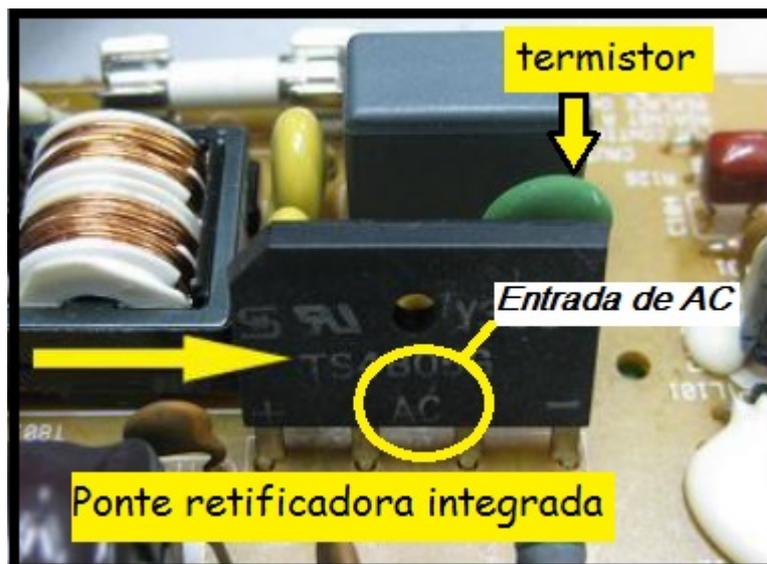
Em alguns equipamentos mais elaborados podemos encontrar capacitores cerâmicos em paralelo com cada um dos diodos da fonte. Neste caso estes capacitores passam para a categoria de suspeito número 1, às vezes, apenas com um olhar atento descobre-se o "criminoso".

Retire os capacitores e ligue a fonte, com a lâmpada em série é claro. Funcionou? Seu dia de sorte é hoje!

Troque os capacitores, geralmente, de isolamento 1kV (troque todos, deixe de ser mão de vaca) e corra para o abraço.

E se a ponte retificadora for do tipo "circuito integrado" como a que vemos na figura 10, por exemplo, como testá-la?

Fig.10



Neste caso você deve ter a mão o circuito interno da fonte que é mostrado na figura 11 e seguir os seguintes passos:

- (1) Usando um multímetro digital na escala de diodos coloque a ponteira vermelha no terminal "-" (junção dos diodos D1 e D2) e alterne a ponteira preta entre os terminais A e B. Desta forma você mede a condução dos diodos D1 e D2 e descobre se algum deles está em curto ou aberto.
- (2) Coloque a ponteira preta no terminal "+" (junção dos diodos D3 e D4) e alterne a ponteira vermelha entre os terminais A e B. Desta forma descobre se diodos D3 e/ou D4 estão em curto ou aberto.

Apenas com estas quatro medidas você já poderá tirar conclusões sobre o estado dos diodos internos da ponte e saber se ela está boa ou não.

### Voltando à fonte chaveada

É possível que você esteja querendo argumentar que embora a proposta do artigo seja falar sobre funcionamento e reparo de

fontes chaveadas, até aqui só tratamos de circuitos retificadores.

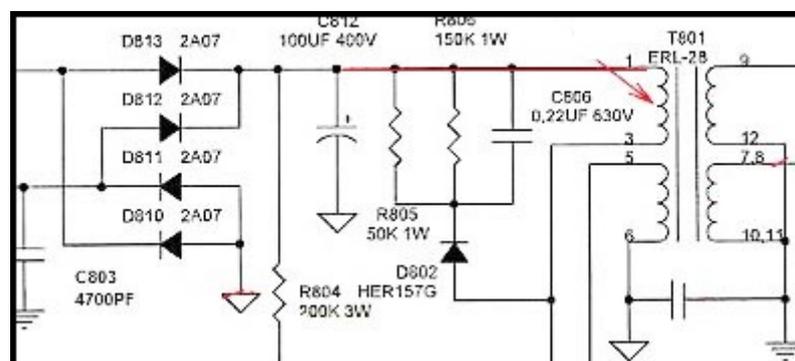
Pois é, mas isto foi feito porque toda fonte chaveada começa por aí, então achei que valia a pena uma rápida revisão sobre o assunto e, agora sim vamos começar a tratar do princípio de funcionamento das fontes chaveadas.

Vale lembrar que principal objetivo de uma fonte chaveada é reduzir o tamanho e o peso das fontes e o maior vilão nesta história, como sabemos, é o transformador e depois dele, o capacitor de filtro.

Uma pergunta que deveria surgir na cabeça de um iniciante de eletrônica é porque uma fonte linear usa transformadores grandes e as fontes chaveadas fazem a mesma coisa com transformadores bem menores?

Uma resposta, curta e grossa, é que se você reparar bem um lado do enrolamento do "transformador" da fonte chaveada não está ligado à rede elétrica como nas fontes lineares e sim à tensão DC obtida após a retificação e filtragem como aparece na figura 13.

Fig. 13



Ops! Um transformador pode ser ligado a uma tensão continua?

O que você acha, sim ou não?

Se você acha que sim, está na hora de rever seus conceitos e sugiro fortemente que faça a experiência que eu vou propor a seguir, agora se tem certeza que **um transformador não funciona com tensão contínua** e sabe por que, então está dispensado da experiência.

### Ligando um transformador a uma tensão contínua

Pegue um transformador qualquer ligue o secundário a uma bateria de 9 volts, por exemplo, e ligue ao primário um voltímetro analógico (digital não serve) na menor escala de AC.

Ah! Não deixe a bateria ligada muito tempo porque ela irá esquentar e ficará inutilizada.

Conseguiu medir alguma coisa?

Não conseguiu? Que bom, estamos no caminho certo.

Agora refaça a experiência colocando uma chave tipo *push-bottom* entre um terminal da bateria e o transformador como mostrado na figura 14.



Fig.14

Se você ficar ligando e desligando a bateria freneticamente através da chave irá notar um pequeno deslocamento do ponteiro do voltímetro analógico (digital não serve) que deve estar selecionado para a menor escala de tensão AC.

Parabéns! Com esta experiência você acabou de "descobrir" o princípio da fonte chaveada?

Na verdade o transformador que no caso das fontes chaveadas é chamado de *chopper* (não tem nada a ver com cerveja) não está ligado diretamente à tensão DC, mas através de transistor que fará o papel da chave *push bottom* do nosso experimento, acionada pelo seu dedo. Veja a figura 15.

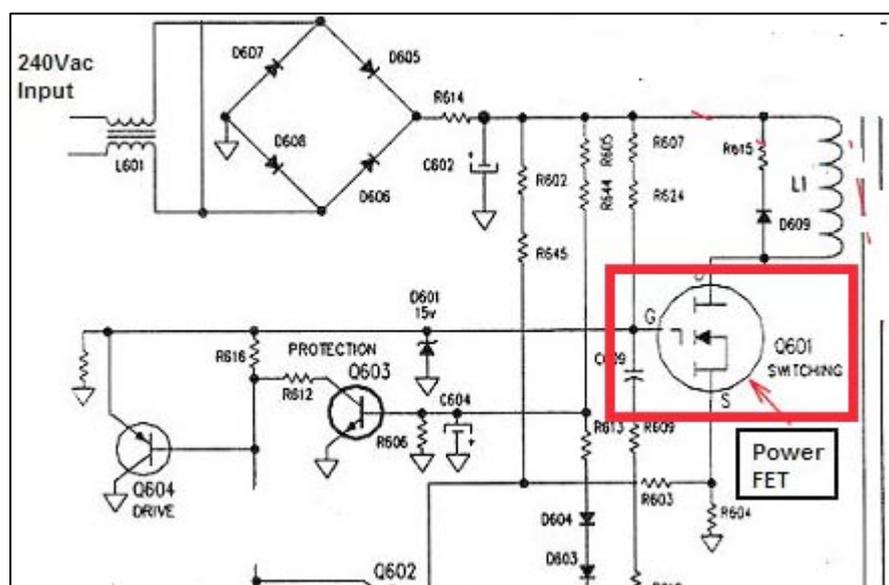


Fig. 15

E qual a vantagem de se fazer isso?

Quando trabalhamos com a rede elétrica diretamente ficamos limitados a frequência de 50 ou 60Hz, mas usando o artifício de chavear a tensão DC que vai ao primário do transformador (*chopper*) podemos trabalhar com frequências muito mais

altas, ordem de 100kHz ou mais, dependendo, principalmente, da capacidade do transistor operar nestas frequências.

Na verdade a ideia não é tão nova assim, o princípio é o mesmo utilizado na bobina de ignição dos automóveis ou nos flybacks dos televisores de tubo.

E por que não se usava isto antigamente?

Bem se tivermos falando de válvulas a resposta é óbvia, mas mesmo com os transistores primitivos eles não eram capazes de operar em alta velocidade o que tornava o projeto inviável do ponto de vista prático.

Entretanto, sempre que juntamos frequência alta com correntes altas as coisas complicam o que faz com que as fontes chaveadas sejam tão exigentes com relação a qualidade dos componentes e também do material usado para a placa de circuito impresso.

À medida que a tecnologia dos semicondutores foi avançando os projetos de fontes chaveadas puderam sair do papel para a prática.

Na segunda parte deste artigo vamos analisar os blocos de uma fonte chaveada genérica e ver como pesquisar defeitos.

Enquanto isso sugiro que você comece a dar uma olhada em esquemas de fontes chaveadas e tente descobrir o papel de cada componente, principalmente os semicondutores.

Este exercício do olhar será muito útil.

## (11) Fontes Chaveadas para principiantes - Parte II

Na primeira parte do artigo Fontes Chaveadas para principiantes eu fiz uma rápida revisão geral sobre alguns conceitos importantes sobre fontes de um modo geral e apenas introduzi superficialmente o princípio de funcionamento das fontes chaveadas.

Na segunda parte pretendo aprofundar mais um pouco a parte conceitual e tratar das medidas básicas que o técnico precisa fazer ao tentar reparar uma fonte chaveada.

Vou me prender, pelo menos por enquanto, no tipo de fonte mais usada atualmente que é o tipo *flyback*.

Ao ver a palavra *flyback* o técnico menos avisado pode pensar logo naquela peça usada para gerar a alta tensão nos televisores CRT.

Então, que fique logo bem claro que "*flyback*" não é a peça, cujo nome correto é **transformador de saída horizontal**, e sim um conceito de funcionamento de um circuito.

Se você parar para pensar um pouquinho verá que o circuito de saída horizontal de um televisor com CRT e a maioria das fontes chaveadas têm muito em comum no que tange ao princípio de funcionamento de ambos.

Que tal uma comparação?

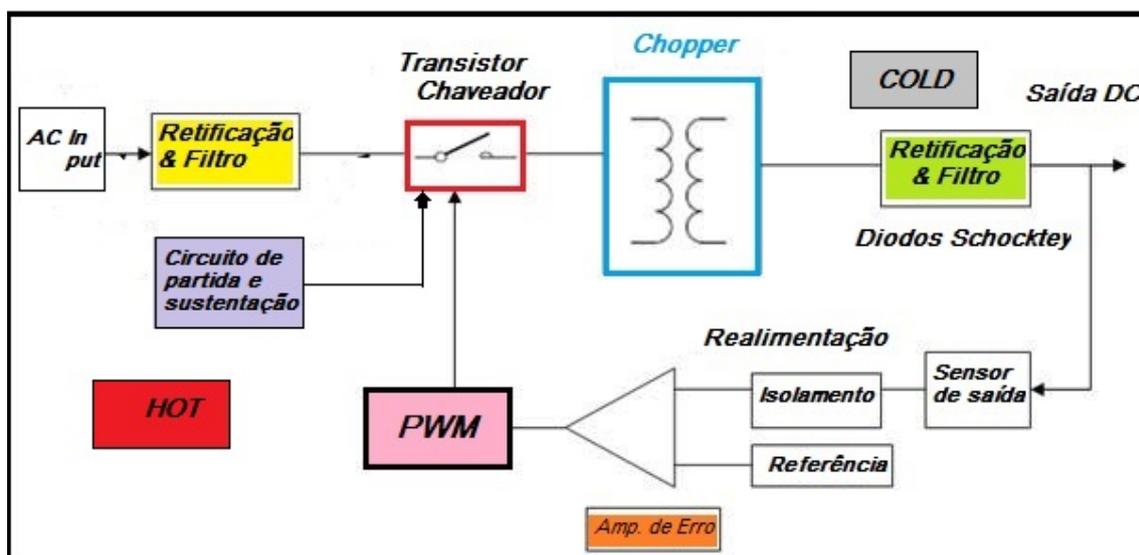
Vou deixar para você como lição de casa. Pegue um esquema qualquer de um televisor de CRT e dê uma olhada no estágio de saída horizontal e tente perceber o que tem de comum entre ele e alguns circuitos de fontes chaveadas, isso talvez ajude a você perder o trauma sobre elas.

## O diagrama em blocos

No meu ponto de vista a melhor maneira de se começar a estudar e entender o funcionamento de um circuito é através de seu diagrama em blocos.

A partir dele podemos identificar no circuito completo qual a função de cada componente e a partir daí associar sua função com a falha que o circuito está apresentando (se é que realmente tem uma falha).

Este é, a meu ver, o melhor método de reparo. Começar pela análise antes de pegar o multímetro e o ferro de solda e sair destruindo a placa de circuito impresso.



Vamos olhar o diagrama em blocos da figura 1 e começar por entender o que significam as expressões "HOT" e "COLD" que aparecem no diagrama da figura 1.

O lado esquerdo dentro do retângulo vermelho é chamado HOT ("quente") porque está do lado da rede elétrica e, portanto não

está isolado, já o lado direito, dentro do retângulo cinza é chamado de COLD ("frio") e está isolado da rede.

O reparador deve estar sempre atento a isto na hora de colocar o negativo do voltímetro para fazer medições na fonte.

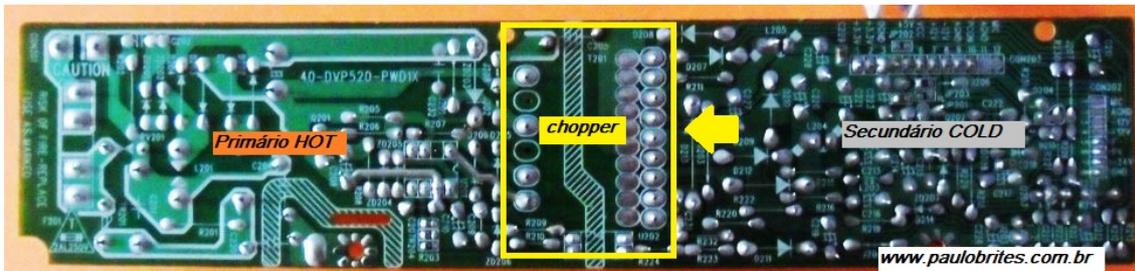


Fig.2

As medições do lado HOT devem ser feitas colocando-se o negativo do voltímetro no terminal do capacitor de filtro ligado à ponte retificadora.



Fig.3

Jamais faça medições do lado COLD usando o "ground" do lado HOT ou vice-versa, pois além dos valores encontrados estarem errados, em alguns, você poderá destruir o instrumento, principalmente ser for do tipo analógico.

Para as medições do lado COLD qualquer ponto como blindagens ou "terras" de conectores RCA, por exemplo, pode ser usado para colocar a ponteira negativa.

### Uma recomendação importante

Os técnicos antigos (como eu) aprenderam que devia se descarregar os capacitores pelo "método da centelha". Fechar um curto entre os terminais do capacitor e aí é claro que ele descarregava a tensão armazenada nele à custa de uma bela faísca e, às vezes, até fundindo parte da chave.



Fig.4

Não sei quem foi o "gênio" que teve esta ideia na época, mas era assim que era ensinado.

Nos aparelhos "queixo duro" do tempo das válvulas e até mesmo dos primórdios dos transistores, embora a prática não fosse muito "saudável" até não trazia, em geral, grandes consequências, mas no tempo dos digitais você pode estar arrumando encrenca onde não existia se fizer uma atrocidade destas.

A maneira correta de se descarregar um capacitor destes é colocando um resistor em paralelo com os terminais do capacitor.

Sugiro que você tenha na sua bancada um resistor de 20kohms com uma dissipação de, no mínimo, 20W com duas garras jacaré para esta missão como se vê na figura 5.

Fig. 5



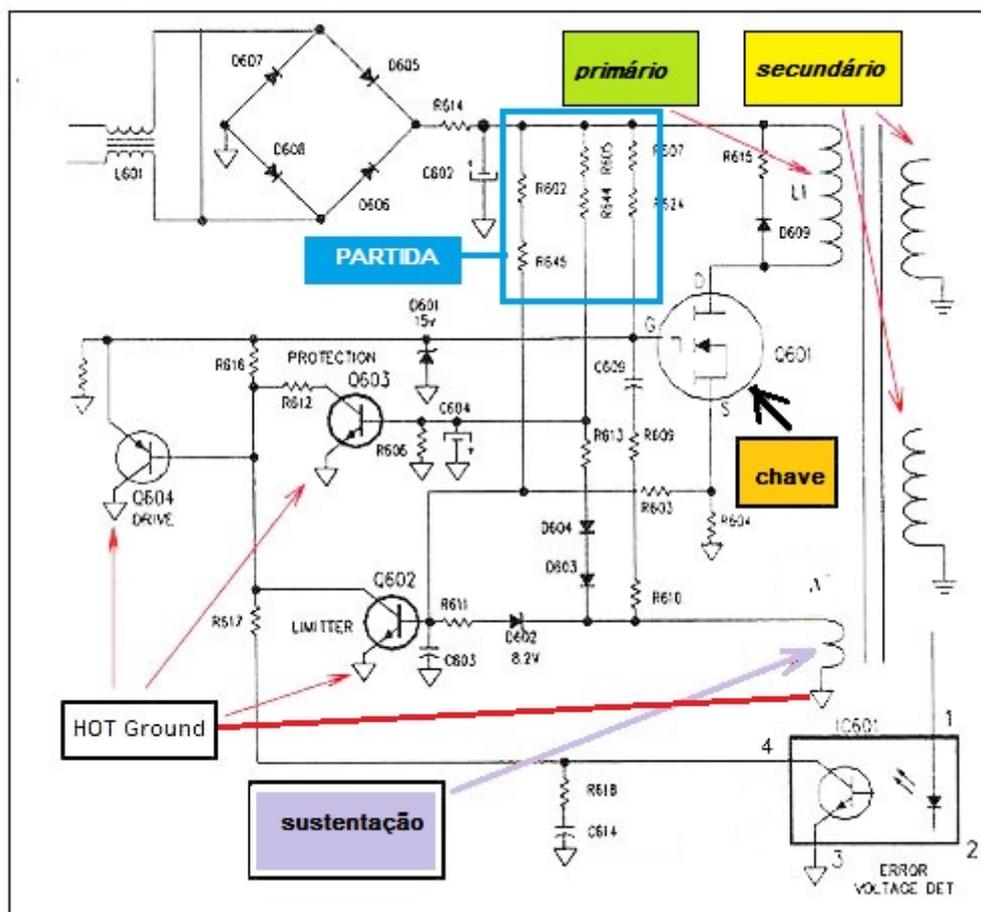
Pode-se usar também uma lâmpada incandescente para 220V, mas mesmo assim é preciso um pouco de cuidado. Se a rede elétrica for de 220V a tensão armazenada no capacitor pode chegar a 310V e aí até uma lâmpada para 220V pode não resistir a "tortura".

### **Voltando ao funcionamento do circuito**

Depois desta paradinha para tratar de algumas dicas e cuidados preliminares sobre reparação, que se aplicam a qualquer tipo de fonte, retornemos ao nosso tema principal que é entender o funcionamento de uma fonte chaveada destrinchando a função de cada bloco do diagrama da figura 1.

Ligado entre o primário do *chopper* e o capacitor de filtro temos o transistor chaveador e o bloco que costumo denominar de "partida e sustentação".

Para que o chaveamento do transistor comece é preciso que ele receba uma polarização no *gate*. Lembre-se que FETs são polarizados com tensão. No circuito da figura 6 quem faz isto são os resistores que estão no retângulo azul.



Se um destes resistores estiver aberto ou alterado para maior o circuito não parte, ou seja, o chaveamento não começa.

Supondo que o circuito partiu e o transistor está chaveando, agora precisamos manter ou sustentar este chaveamento.

E quem vai fazer isto é o próprio circuito. Na figura 6, isto é feito com o auxílio do enrolamento do primário do *chopper* que está identificado pelo retângulo na cor violeta e os componentes a ele associado.

## Como saber se está havendo o chaveamento?

Supondo que você já constatou que não há nenhum curto, pois ao ligar a fonte através da lâmpada série esta não acendeu com brilho intenso, então talvez seja hora de descobrir se está havendo o chaveamento.

A melhor maneira de ver isto, sem dúvida, é com o osciloscópio, mas não fique triste se você ainda não tem um. Vamos improvisar.

Com um voltímetro digital ou analógico da escala DC meça a tensão no terminal do enrolamento primário do *chopper* que está ligado ao capacitor de filtro.

Você já sabe que neste momento deve usar o "hot ground" com negativo do voltímetro.

Dependendo de a rede elétrica ser 127 ou 220V você deverá encontrar algo próximo de 179 ou 310VDC, respectivamente.

Estes valores dependerão da rede, portanto é melhor primeiro medir a rede (AC) e multiplicar por 1,41 para descobrir qual o valor DC que você deverá encontrar.

Lembre-se que mesmo que exista algum valor no esquema, ele poderá ser diferente, pois ele depende do valor da rede elétrica que está alimentando o aparelho.

Agora tente medir a tensão no outro terminal do *chopper* que está ligado ao coletor ou dreno do transistor *chaveador*.

Se você mediu o mesmo valor que o medido anteriormente no pino do *chopper* que vai ao capacitor e filtro, então está tudo bem.

**E-R-R-A-D-O!**

Isto indica que está tudo mal, pois o transistor não está chaveando.

Se o transistor estivesse chaveando o voltímetro digital ia ficar doidinho e não conseguiria medir nada por causa da frequência alta.

Um voltímetro analógico talvez até ameace um movimento no ponteiro.

E osciloscópio?

Bem, o osciloscópio irá mostrar uma onda quadrada um pouco deformada, caso o transistor esteja chaveando.

**Descobri que o transistor não está chaveando, e agora o que eu faço?**

Neste caso existem duas possibilidades: - a fonte está com defeito ou não!

Como assim, "pode não estar com defeito"?

Simples.

A maioria (ou todas) das fontes chaveadas têm sistemas de proteção que fazem com que o transistor pare de chavear quando há um curto na carga que ela está alimentando, por isso antes de procurar o defeito uma boa ideia é desligar as cargas para ver se a fonte passa a funcionar.

Entretanto, as fontes, em geral, precisam receber um comando que vem do micro controlador do equipamento para que TODAS as suas tensões de saída sejam liberadas.

Reparou que eu coloquei "todas" com letra maiúscula?

Pelo menos uma tensão tem que existir antes mesmo que a fonte receba o pulso de *start* do micro, ou seja, a tensão que alimenta o próprio micro que é 5V ou 3,3V.

Neste ponto podemos tomar as seguintes ações:

- 1) Retiramos as cargas da fonte.
- 2) Verificamos se a tensão de 5V ou 3,3V aparece.
- 3) Se aparecer isto indica que a fonte está chaveando, pelo menos parcialmente e, portanto os circuitos de partida e sustentação parecem estar funcionando.

O próximo passo é descobrir onde entra o pulso que vem do micro para liberar as outras tensões da fonte.

Este pulso pode ser nível alto (5V ou 3,3V) ou baixo (*cold ground*).

Por exemplo, nas fontes de PC aterramos o pino 20 do conector para a fonte partir.

Suponhamos que a fonte partiu quando desligamos a carga. Ainda assim não podemos afirmar que a carga está em curto. Talvez seja hora de usar cargas "artificiais".

O defeito pode estar no circuito de realimentação que colhe uma amostra da tensão de saída e leva para o PWM a fim de controlar o chaveamento da fonte.

Mas isto vai ser assunto da parte III.

Aguarde.

## (12) Fontes Chaveadas para principiantes - Parte III

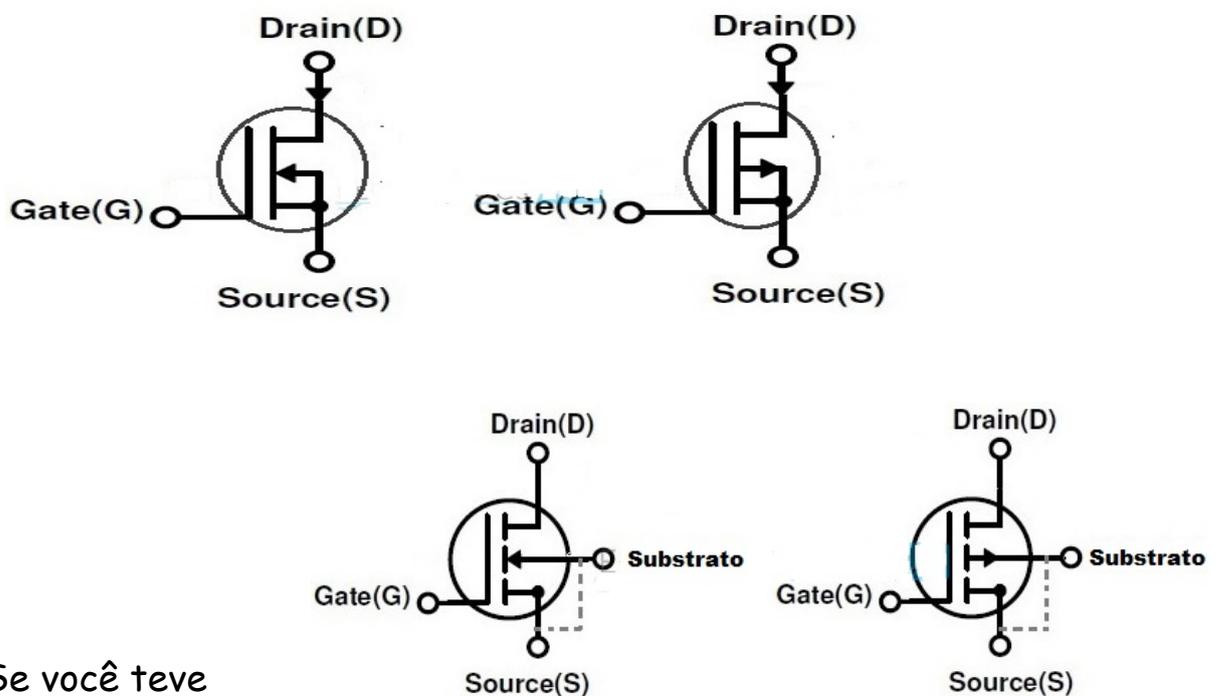
Dando continuidade ao *post* anterior, da série Fontes Chaveadas para principiantes, vou tratar agora dos MOSFET, como prometido.

Se você trabalha com reparação de produtos eletrônicos já sabe que os MOSFETs há muito tempo são os "queridinhos" dos projetistas de fontes chaveadas.

E aqui eu abro um parêntese para uma primeira pergunta: por que será que os MOSFETs e não os JFETs, estudados na parte A, são os "carros-chefes" das Fontes Chaveadas?

Enquanto você pensa na resposta eu já vou colocando no ar a segunda pergunta.

Para respondê-la veja as figuras 1 e 2.



Se você teve infância e

brincou do joguinho dos sete erros deve ter percebido que há uma diferença sutil, mas importante, entre elas.

Se não brincou, nunca é tarde e pode começar agora e para isso eu vou lhe dar uma ajudinha.

Claro que não estou me referindo ao sentido da seta que representa o *gate*, pois esta embora não deva ser novidade para você vale a pena usar o velho ditado "recordar é viver".

Então, seta para dentro significa que Canal N e seta para fora é Canal P. Cuidado para não se confundir com os BJTs onde seta para fora é NPN e a seta para dentro é PNP.

E aí, já fez o joguinho dos sete erros?

Notou que na figura 1 a linha que representa o *gate* é continua enquanto na figura 2 é pontilhada.

Não pense que neste caso foi um erro de um desenhista descuidado, isso é feito de propósito porque os MOSFETs além de serem fabricados como Canal N ou Canal P como os JFETs, podem operar em dois modos diferentes os quais são denominado depleção ou enriquecido ou intensificado que é uma tradução aproximada para o termo *enhancement* que aparece nos *data sheets*.

Aliás, por falar em *data sheet*, às vezes, eles aparecerão assim: d-MOSFET e e-MOSFET. Claro que você já desconfiou o que o "d" e o "e" pretendem informar.

Antes de explicarmos qual a diferença no funcionamento de um modo ou do outro vamos logo adiantando que a simbologia da figura 1, com traço contínuo, refere-se ao modo depleção e,

portanto qualquer gênio conclui que a figura 2 (traço pontilhado) só pode ser *enhancement*.

E daí, qual a importância de um simples mortal reparador de eletroeletrônicos saber esta diferença?

Dê uma olhadinha na figura 3 onde aparece um pedaço de um esquema de uma fonte chaveada de um TV LCD.

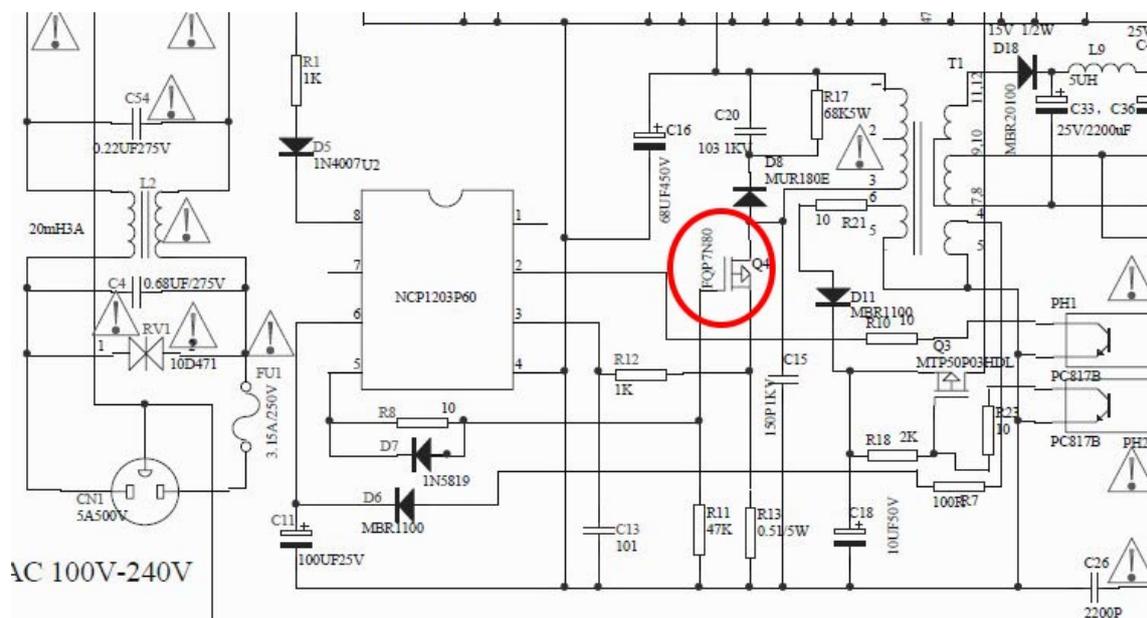


FIG3

No destaque em vermelho vemos o desenho do transistor chaveador que neste caso é o [FQP7N80](#) da Fairchild.

Pois bem, neste caso o desenhista "cochilou" e colocou um MOSFET Canal P (seta para fora) e modo depleção.

Se você se der ao trabalho para clicar no link acima verá que tem dois erros no desenho. Descobriu quais?

Aqui vai a cola: o primeiro e pior de todos é que deveria ser canal N e o segundo é que não poderia ser modo depleção como está lá e sim, *enhancement*.

Você seria capaz de dizer por que eu descobri que estava errado?

Simples. Porque eu sei como os MOSFETs funcionam.

E qual a importância de perceber este erro no caso de uma reparação?

Provavelmente não encontraremos o transistor original para substituir e teremos que recorrer a um substituto e a melhor forma de fazer isto, a meu ver, é a partir das características do original e procurar o que existe no mercado que melhor se encaixe nelas, mas para tal precisamos começar procurando um MOSFET Canal N modo *enhancement* que não é o que está no desenho.

Então, para que está na hora de entender qual a diferença entre um JFET e um MOSFET e também e esta história de *depleção* e *enhancement*, não é mesmo?

### **JFET versus MOSFET**

A principal e mais importante diferença entre estes dois tipos de FETs é que o primeiro tem sua construção baseada numa junção p-n e o segundo tem a porta (*gate*) isolada do substrato o que faz aumentar consideravelmente a impedância de entrada que pode ficar entre  $10^{10}$  e  $10^{15}$  ohms.

Esta questão da altíssima impedância é um ponto para o qual o reparador deve estar muito atento porque torna o MOSFET altamente suscetível a "destruição" por uma descarga eletrostática proveniente dos seus dedinhos carregados eletricamente.

O problema da ESD é que ela é invisível, mas seu efeito pode ser devastador e eu ousaria dizer que pode ela ser a causa de muitos problemas durante a reparação naqueles conhecidos casos "estava funcionando, eu não fiz nada e agora não funciona mais".

Por isso, quero deixar aqui duas recomendações muito importantes.

A primeira é quanto ao manuseio dos MOSFETs, o que já pode ser um problema na hora que você compra, pois o vendedor, muitas vezes, nem sabe que história é esta de ESD (pode até achar que você está falando de algum tipo de AIDS!).

A segunda recomendação diz respeito aos cuidados que devem ser tomados na hora de soldar o transistor:

- Usar pulseira antiestática,
- Ferro de solda isolado da rede elétrica,
- Começar a soldagem SEMPRE pelo terminal aterrado que, geralmente, é o supridor (*source*).

Pode parecer um exagero da minha parte, mas prefiro ficar com os ditos populares que dizem "o seguro morreu de velhice e o desconfiado ainda está vivo" e "é melhor prevenir que remediar".

Finalmente ainda falando das diferenças, o fato de ter a porta isolada do substrato faz com que os MOSFETs sejam dispositivos "mais interessantes" para aplicações digitais que "seus primos" mais velhos, os JFETs como veremos mais a frente.

### Modo depleção versus enriquecido ou intensificado

Outra questão que precisa ser esclarecida sobre os MOSFETs é que, diferentemente dos JFETs, eles podem operar em dois modos diferentes como já foi mencionado de passagem anteriormente e agora será mais detalhado.

Afora o fato dos MOSFETs terem a porta isolada eles podem apresentar ou não uma construção parecida com os JFETs no que se refere à formação do canal entre dreno e supridor.

Se a construção do MOSFET for similar a de um JFET com um canal "físico" entre o dreno e o supridor o MOSFET será dito operar no modo depleção.

Entretanto, alguns MOSFETs são construídos de modo que o canal será formado apenas graças a uma polarização aplicada entre *gate* e supridor.

Grosso modo poderíamos dizer que o canal "não existe" até que se aplique uma tensão entre o *gate* e o supridor e neste caso o MOSFET é dito operar no modo enriquecido ou intensificado.

E que diferença isto faz na prática?

Se o MOSFET operar no modo depleção, mesmo que não apliquemos nenhuma tensão entre porta e supridor, ou seja, mesmo com  $V_{GS} = 0$  volt ainda assim teremos alguma corrente circulando entre dreno e supridor e para levar o dispositivo ao corte precisaremos aplicar uma tensão entre porta e supridor de modo a estreitar o canal. Por outro se invertemos a polaridade da tensão aplicada entre a porta e o supridor a corrente  $I_D$  poderá ser aumentada.

Observe que as curvas do MOSFET no modo depleção se assemelham a dos JFETs.

Acompanhe na figura 4.

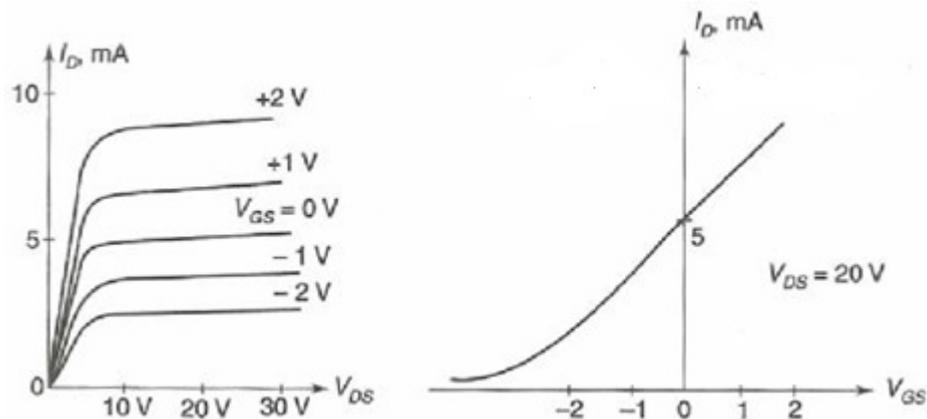


Fig.4

Se olharmos atentamente a curva de transferência (a direita) notaremos que para  $V_{GS} = 0V$  temos uma corrente de dreno de 5mA e que para cortar o MOSFET precisaremos aplicar uma tensão entre gate e suprimento maior que 6 volts e mesmo assim ainda continuará uma pequena corrente de dreno.

Vejamos agora a curva da figura 5 para um MOSFET operando no modo *enhancement*.

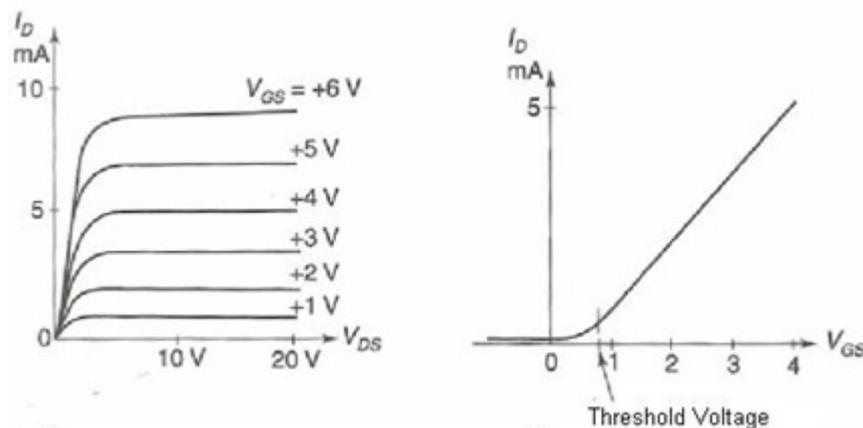


Fig.5

A esta altura do campeonato acho que você já se tornou um aficionado do joguinho dos sete erros como eu (isso deveria fazer parte do currículo das escolas) e está percebendo que o e-MOSFET já "nasce" cortado, ou seja, para que ele comece a conduzir será preciso aplicar uma tensão entre *gate* e *supridor*.

Será que isto explica porque os projetistas preferem o e-MOSFET para fazer o papel de chaveador das fontes?

Vou dar uma dica.

Uma das características do "bom" chaveador é que quando ele está cortado não deixa passar nenhuma corrente (ou quase nenhuma) e para conduzir precisa de uma ajudinha que neste caso será a tensão aplicada entre *gate* e *supridor* e neste caso o "prêmio" vai para o e-MOSFET.

Voltando a simbologia acho que agora você pode entender por que nos e-MOSFETs o canal é representado por uma linha pontilhada e nos d-MOSFETs por uma linha contínua, não é mesmo?

### **Resumo da ópera (até aqui)**

Os d-MOSFETs se comportam como uma chave normalmente fechada e necessitam de uma polarização  $V_{GS}$  para abrir independentemente de ser canal N ou canal P.

Enquanto os e-MOSFETs se comportam de maneira oposta como acabamos de ver.

Tem mais uma coisinha interessante para se falar por aqui.

Os d-MOSFET podem operar no modo *enhancement* e isso pode ser percebido se olharmos novamente a figura 4, portanto não é

impossível que se encontre alguns deles numa fonte chaveada, mas uma coisa é certa isso dependerá de como o projetista trabalhou a questão da polarização do *gate* e você não deve colocar um d-MOSFET onde originalmente havia um e-MOSFET, a menos que você altere o projeto original (o que eu não aconselho).

### **Dois parâmetros importantes e negligenciados nos MOSFETs**

Em geral, quando um reparador precisa substituir um transistor seja lá de que tipo for sua primeira preocupação é o olhar tensão e corrente de cada um.

É claro que estes não deixam de ser parâmetros importantes, mas existem pelo menos mais dois parâmetros que não podem ser negligenciados na hora da pesquisa para encontrar um "substituto" digno de cumprir o seu papel.

No caso particular dos MOSFETs que estamos estudando precisamos estar atentos a resistência entre dreno e supridor ( $R_{DS}$ ) e a capacitância de entrada, geralmente, expressa por  $C_{iss}$ .

Se o papel dos MOSFET é trabalhar como chave, então quanto menor a  $R_{DS}$  melhor.

Por outro lado a capacitância de entrada irá influenciar na velocidade de chaveamento do transistor.

Se usarmos um substituto com valor de  $C_{iss}$  maior do que o original o circuito poderá até funcionar, porém com uma "velocidade" de chaveamento maior o que implicará em maior aquecimento e, no mínimo, seria preciso aumentar o tamanho do dissipador de calor para "quebrar o galho".

Certamente as abordagens feitas neste artigo não costumam fazer parte dos treinamentos de reparos de fontes chaveadas.

A princípio talvez nem sejam necessárias se o papel do técnico reparador fosse apenas trocar peças e ver "que bicho vai dar".

Os que me seguem há alguns anos sabem que não sou adepto desta linha, ainda mais vivendo num país (ou num mundo) em que encontrar a peça original e honesta é mais difícil, às vezes, do que encontrar agulha num palheiro e, portanto o técnico precisa "dar seu jeito" o que implica em possuir uma razoável base teórica.

É possível que alguma coisa tenha sido esquecida nesta abordagem que ora encerro sobre os MOSFETs, assim se alguém encontrar alguma coisa a mais, por favor, comente.

Até sempre

### (13) Como simular uma carga para testar uma fonte

Dia destes me perguntaram: - preciso testar uma fonte, qual o valor do resistor que devo usar como carga?

Esta é uma questão que deveria ser bem conhecida pelos técnicos porque, muitas vezes, precisamos eliminar a dúvida se o defeito está realmente na fonte ou na carga que ela está alimentando, ou seja, o circuito propriamente dito.

Por outro lado, se simplesmente desligarmos a fonte ele poderá funcionar embora esteja com defeito.

Como funcionar se está com defeito?

Isso parece que não faz sentido! Então...

As fontes chaveadas têm diversos circuitos de proteção e dentre eles um que faz a monitoração da corrente de carga para manter a fonte estabilizada quando a carga varia.

Assim, se houver uma falha neste circuito de monitoração, ao desconectarmos-la das placas que ela alimenta a fonte funcionará normalmente o que nos levará a falsa conclusão de que ela está funcionando corretamente.

Se você tem outro equipamento igual funcionando pode optar pelo troca-troca para determinar onde realmente está o defeito, entretanto este é um procedimento que eu, particularmente, não recomendo muito.

A razão é simples. Se você tem um equipamento funcionando é melhor não fazê-lo de cobaia por que, vai que a bruxa esteja solta!

A melhor opção é testar a fonte com uma carga simulada e para isso você precisa saber o valor da carga.

Esta carga "fantasma" é definida por dois valores: resistência e potência.

Para definir estes valores você terá que se fazer duas continhas muito simples: uma de dividir e outra de multiplicar.

Na verdade o que se se tem que fazer é uma aplicação prática da primeira Lei de Ohm que é ensinada na física do ensino médio (não sei pra quê!).

Em geral, muitos alunos (com toda razão) não entendem para que serve aquilo, principalmente se ele está pretendendo estudar direito, jornalismo ou qualquer coisa que não tenha nada a ver com tecnologia. Mas está é outra história.

Comecemos pelo valor da tal resistência da carga "fantasma".

Para encontrar este valor é preciso saber o valor da tensão da fonte e da corrente consumida pelo circuito "pendurado" nela, ou seja, vamos aplicar a tal Lei de Ohm.

Não se desespere. Prometo que não vai doer nada.

Vamos a um exemplo. Suponhamos que a tensão da nossa fonte em análise seja 5V e que ela deva fornecer 2A para a carga.

Vamos resumir isto assim:  $V = 5$  volt (algumas pessoas também escrevem E ou U no lugar do V) e  $I = 2$  ampère.

Dividindo o valor da tensão (V) pela corrente (I) obtemos  $5/2 = 2,5$ ohms.

Não se assuste com o valor tão baixo para resistência. É Isto mesmo um valor bem baixo, porque a corrente é alta. Quanto **maior a corrente menor será o valor da resistência.**

Matematicamente diz-se que grandezas que tem este comportamento são **inversamente proporcionais**, ou seja, quando uma aumenta a outra desce e vice-versa.

Então a corrente num circuito é inversamente proporcional a resistência.

Quem descobriu isto foi um alemão (tinha que ser!) chamado Georg Simon Ohm lá por volta de 1826 (caramba, há quanto tempo!), mas ele só ficou famoso a partir de 1841(antes de derrotar o Brasil por 7 a 1!). Por isso, é que a Lei tem o nome dele. Muito justo, não é mesmo?

Mas vamos continuar com o teste de carga da nossa fonte.

É muito importante também saber a potência que vai ser dissipada no resistor "fantasma" para que possamos usar um que "agente" a corrente, senão ele queima rapidinho.

Para encontrar a potência basta multiplicar a tensão pela corrente, ou seja,  $P = V \times I$  que nosso exemplo será:  $5V \times 2A = 10W$ .

O "W" é o símbolo de watt que é a unidade utilizada para potência.

Reparou que quando **a corrente aumenta a potência também aumenta.** Neste caso temos grandezas **diretamente proporcionais.**

Na prática é melhor colocar um resistor que suporte uma potência entre 20 a 50% maior. Como o cálculo nos deu 10W podemos colocar algo, no mínimo, entre 12 e 15W (se for mais não têm importância).

Vamos entender bem isso.

O valor da resistência calculada é "imexível". Neste exemplo tem que ser 2,5ohms e não se discute.

Já a potência **para a escolha do resistor** pode e deve ser maior que a calculada.

Quando se fala em potência de um resistor, ou seja, os "watts" não significa que ele "produza" aquela potência e sim que está apto a suportá-la, ou melhor, dissipá-la. Em outras palavras, ele aguenta a corrente que vai produzir aquela potência.

Entretanto, quando se fala na potência de uma lâmpada estamos dizendo que quando ela receber a tensão para a qual foi especificada ela irá "fornecer" a quantidade de watts que está especificada e corresponderá a uma determinada luminosidade.

É importante entender bem este conceito caso queira usar lâmpadas como carga fantasma em lugar de resistores como algumas pessoas fazem.

Mas fique atento que neste caso (da lâmpada) não podemos pensar no valor da resistência da lâmpada e sim na potência.

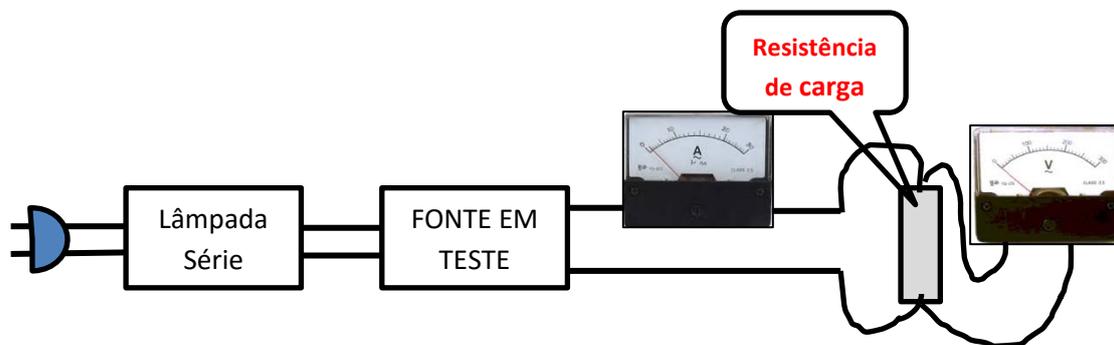
Voltemos ao nosso exemplo de carga fantasma de 2A para uma fonte de 5V cujo valor da resistência já calculamos e nos deu 2,5 ohms.

Podemos colocar, por exemplo, quatro resistores de 10 ohms/10W em paralelo onde teremos 2,5ohms ( $10/4$ ) com capacidade e dissipar até 40W ( $10 \times 4$ ) o que nos dá uma boa margem de dissipação evitando que os resistores queimem.

### Como realizar o teste

A primeira providência deve ser ligar a fonte através de uma lâmpada série de potência adequada. E se você não sabe qual a "potência adequada" sugiro que leia meu *post* sobre isso.

A seguir monte o seguinte "esquema" ou *set up*



Obs. Embora no desenho eu tenha representado instrumentos analógicos e claro que você poderá utilizar os digitais.

### Algumas considerações sobre o *set up* de teste

Embora na figura tenham sido mostrados instrumentos analógicos, você poderá utilizar multímetros digitais, sendo, obviamente, necessários dois aparelhos. Um para medir corrente e outro para medir tensão.

É extremamente útil o uso do amperímetro para verificar se a corrente na carga fantasma está dentro do valor esperado.

Por outro lado o voltímetro indicará se a fonte está fornecendo a tensão correta quando está sob carga.

A partir das leituras obtidas você poderá tirar algumas conclusões sobre o funcionamento e saber se ela está ou não funcionando corretamente.

### Para quem quer saber mais sobre a Lei de Ohm

Esta Lei é, sem dúvida, uma das mais importantes da eletricidade e, por conseguinte também da eletrônica. Na verdade o "alemão" descobriu duas leis importantes para a eletricidade.

Uma delas, chamada de segunda lei, estabelece o valor da resistência em função de três grandezas: o tipo do material condutor (cobre, ferro, alumínio, etc) o comprimento do fio e a "grossura" dele, tecnicamente chamada de área da secção reta.

A outra lei, a primeira, que nos interessa no momento estabelece a relação entre a tensão, a corrente e a resistência.

Uma maneira simples de visualizarmos e nos lembrarmos da relação entre estas três grandezas (V, R e I) estabelecida pela Lei de Ohm é usando o triângulo mostrado abaixo.

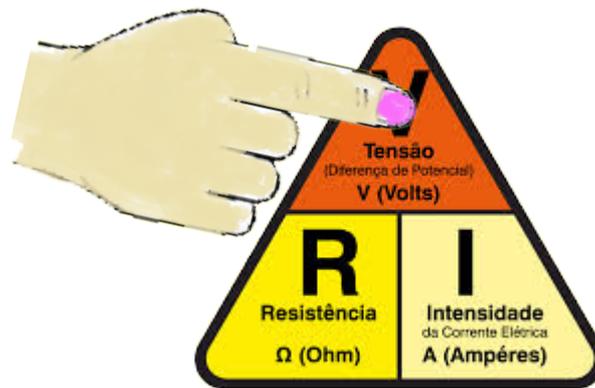


Vejamos como utilizar este "triângulo".

Se a intenção for **encontrar o valor da corrente I** basta "esconder" o I e você percebe que terá V dividido por R.

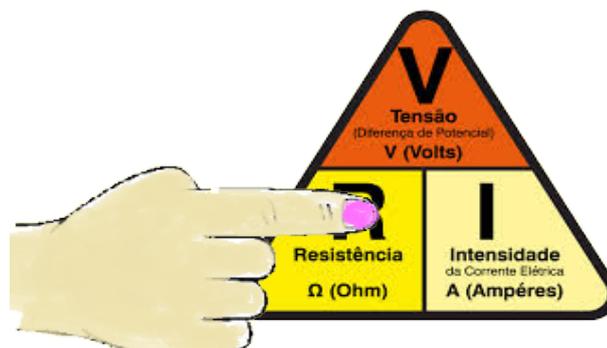


Entretanto, se você **quer saber o valor da tensão V** desenvolvida em um resistor de resistência R onde passa uma corrente I basta "esconder" o V e terá  $V = R \times I$ .



E finalmente pode ser que você conheça a tensão V e a corrente I, como no exemplo da nossa carga fantasma, e precisa saber o valor da R a ser utilizada.

Então, você "esconde" o R e descobre que deverá dividir V por I.



### **Comprovando os resultados com um simulador virtual**

Para entender definitivamente a Lei de Ohm sugiro que você vá ao link da Universidade do Colorado onde há um simulador para você brincar virtualmente com a Lei de Ohm.

[http://phet.colorado.edu/sims/ohms-law/ohms-law\\_pt\\_BR.html](http://phet.colorado.edu/sims/ohms-law/ohms-law_pt_BR.html)

Você tem dois cursores onde pode variar o valor da tensão ou da resistência e o simulador calculará automaticamente a corrente no circuito. Experimente você vai gostar.

Até sempre.

## (14) Lâmpada Série no século XXI

Não é de hoje que eu escrevo sobre este assunto e estou convencido que, de vez em quando, é preciso reativá-lo na cabeça dos técnicos; por isso, mesmo correndo o risco de ser chamado de velho razinza que repete sempre a mesma ladainha, volto a tratar dele no meu *blog*.

Quero aproveitar também para dar uma dica e resolver o problema surgido com a descontinuidade de fabricação das lâmpadas incandescentes que constituem o "coração" da nossa imprescindível lâmpada série na bancada.

### **Como era antigamente?**

A turma da velha guarda foi treinada a usar lâmpada série, e os técnicos de *old times* sempre tinham em suas bancadas um soquete com uma lâmpada de 100 ou 150 W para ligar amplificadores e televisores "queimadores" de fusíveis que chegavam para conserto.

De repente, não sei por que, parece que à medida que os aparelhos foram ficando mais modernos, a "gloriosa" lâmpada série (como diria certo apresentador de TV) parece que também foi ficando *démodé* e alguns técnicos começaram a alegar: - não uso porque não funciona nos televisores com fonte chaveada!

E de onde saiu este mito?

Certamente da falta de conhecimento teórico, isto é, fazer as coisas pela prática (leia-se *chutômetro*), mas sem saber por que está fazendo.

Talvez aqui caiba uma pergunta: - você sabe como funciona uma lâmpada série?

Em princípio, poderíamos dizer que a lâmpada série é uma espécie de fusível que não queima.

Como assim, fusível que não queima! Que história é essa?

Todo mundo sabe que o fusível (não confundir com fuzil) é aquele "carinha" que fica logo na entrada do circuito de modo que toda a corrente do aparelho tem que passar por ele, ou seja, ele fica **em série** com o circuito, quer seja no aparelho ou na casa da gente (aí costuma ser chamado de *disjuntor*).

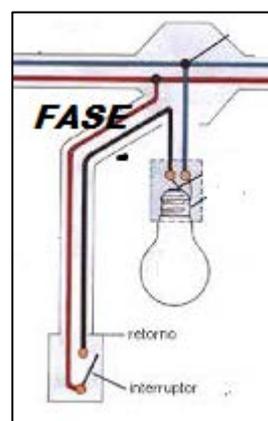
Ele é dimensionado para suportar uma determinada corrente e se esta corrente for maior que o previsto pelo projetista ele se romperá por aquecimento (ainda bem).

Vale a pena lembrar aos novatos (só aos novatos mesmo?) que **nunca, jamais, em tempo algum** se deve trocar um fusível "teimoso" que "insiste" em queimar sempre por outro "mais forte" (a menos que você esteja fazendo treinamento para incendiário!).

Considerando que o fusível que "queimou" estava com o seu valor em ampères igual ao especificado pelo fabricante significa que os "ampères" (corrente) que passaram por ele estavam acima do normal, ou seja, há uma sobrecarga ou curto circuito no aparelho.

E se ligarmos o aparelho através de uma lâmpada em série?

Bem, lâmpadas foram feitas para acender quando ligadas na rede e acionamos o interruptor que tem o papel de fechar o circuito entre a fase da rede elétrica e a lâmpada.



Agora vamos "substituir" o interruptor por uma tomada onde será ligado o aparelho sob suspeita.

Se o aparelho estiver em curto irá fazer o papel do interruptor e a lâmpada acenderá com seu brilho normal. Até aí tudo bem, o fusível não queimou.

Antes de prosseguir que tal pensarmos um pouquinho

**Qual a diferença entre curto circuito e sobre corrente (over current) ?**

Bem, um curto circuito é circuito curto (sem trocadilhos), ou seja, um circuito de resistência **zero** (aquilo que você tem no bolso no final do mês) o que faz a corrente tender a um valor muitíssimo alto (as contas a pagar).

Uma sobre corrente (*over current*) ocorre quando a resistência do circuito fica abaixo do normal, mas não é zero e, portanto a corrente ficará **mais alta** que o especificado, mas, não necessariamente, se tornará muitíssimo alta de repente.

É comum ouvirmos nos noticiários - o incêndio pode ter sido provocado por um curto circuito que começou no aparelho de ar condicionado e blá, blá, blá. E aí cabe uma perguntinha: e o disjuntor não desarmou imediatamente por quê?

Para ficar mais fácil de entender, o curto circuito é um infarto fulminante, enquanto a sobre corrente provocada por uma sobre carga é aquela doença "invisível" que mata devagar.

**E como a lâmpada série pode ajudar no reparo de aparelhos eletrônicos?**

Se ao ligarmos o aparelho através da lâmpada série e ela acender com seu brilho normal significa que há um curto e obviamente você deverá procurá-lo antes de ligar o aparelho diretamente à rede (a menos que você seja acionista da fábrica de fusíveis).

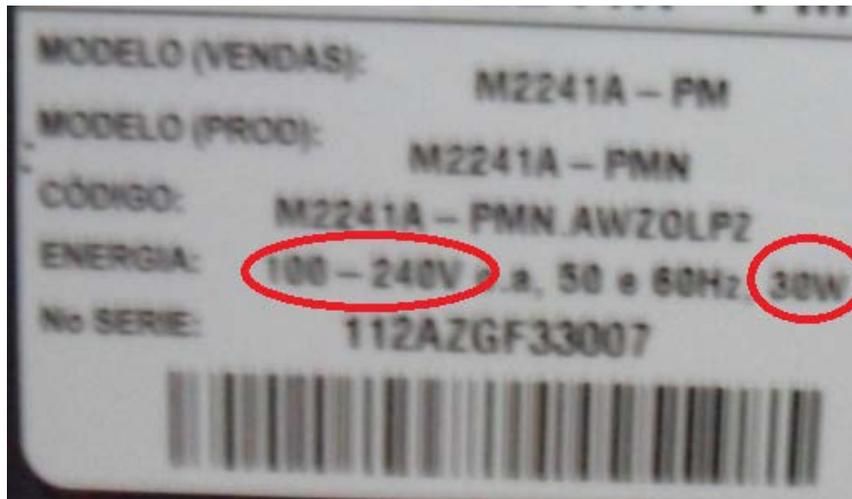
Há casos, porém que a lâmpada acende com brilho reduzido inicialmente e este vai aumentando gradualmente após algum tempo. Uma das possibilidades é que se tenha uma sobre corrente provocada por algum componente que não está em curto, mas à medida que a corrente passa por ele sua resistência vai diminuindo (tendendo a entrar em curto) o que vai fazer a corrente aumentar permitindo que a lâmpada série passe a acender cada vez com mais brilho.

### **Mas por que dizem que a lâmpada série não funciona com fontes chaveadas?**

Será que é intriga da oposição? Eu afirmo que não, e sim falta de conhecimento teórico mesmo.

Vejamos o seguinte, quando você liga um aparelho através de uma lâmpada série e ele não está em curto ou apresentando uma sobre corrente significa que sua resistência não é nula nem muito baixa, ou seja, que ele está consumindo a potência para o qual foi projetado.

Por exemplo, um televisor cujo consumo é de 100 W se estiver funcionando corretamente irá consumir no máximo 100 W (é óbvio).

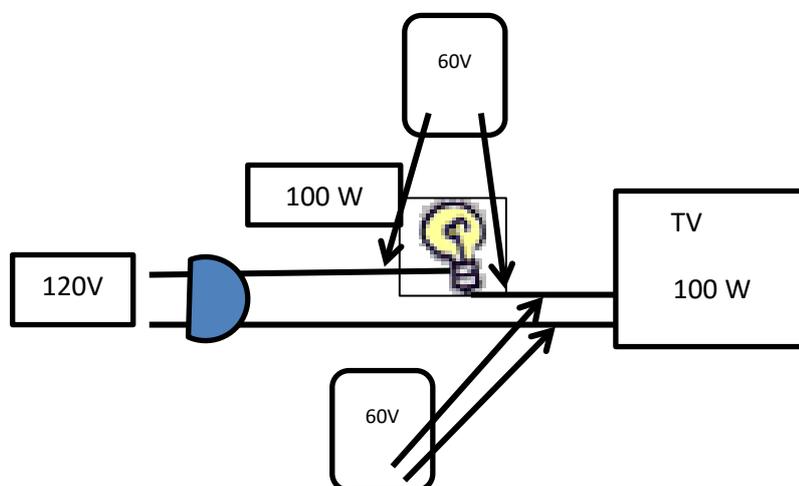


Um circuito série se caracteriza por duas regrinhas básicas:

- 1) A corrente é a mesma em todos os elementos do circuito;
- 2) A soma das tensões sobre cada elemento (lâmpada, televisor, ventilador, etc.) do circuito é igual à tensão aplicada a ele.

Se os dois elementos consumirem a mesma potência significa que têm a mesma resistência e se forem ligados em série cada um ficará com a metade da tensão (porque neste caso são dois).

Assim, se ligarmos um televisor (funcionando) que consome 100 W em série com uma lâmpada também de 100 W a uma rede de 120 V teremos 60 V sobre cada um (metade de 120).



E é aí que está encrenca que faz com que a lâmpada série "não funcione" com fontes chaveadas.

Estas fontes precisam de uma tensão mínima para começar a funcionar.

Nos aparelhos modernos esta tensão mínima costuma ser 90 ou 100 V, logo com 60 V, como no exemplo acima, a fonte não vai partir.

Entendeu agora porque a lâmpada série não funcionou?

E como resolver isso?

Muito simples.

### **A regra de ouro da lâmpada série**

Basta usarmos uma lâmpada série com potência cerca três vezes a potência do aparelho para conseguirmos que cerca de 80% da tensão rede alimente o aparelho o que deve ser suficiente para a fonte partir (80% de 127 V nos dá 101 V).

Assim, no nosso exemplo a potência da lâmpada deveria ser de 300 W o que fará com que apareça mais tensão sobre a carga (televisor) e menos tensão na lâmpada que praticamente não deverá acender se o aparelho estiver funcionando corretamente.

### **Uma dúvida que quase todo mundo tem**

No parágrafo acima foi dito que se o televisor consumir 100 W e for ligado em série com uma lâmpada de 300 W teremos "mais tensão no televisor e menos lâmpada". Você entendeu bem isso?

Quanto maior a potência da lâmpada menor será a sua resistência e como a lâmpada está em série com o aparelho em teste a corrente que circulará na lâmpada será a mesma que

circulará no aparelho. Como consequência **quanto menor a resistência menor a tensão desenvolvida.**

É por isso que a potência da lâmpada, no caso de fontes chaveadas, tem que ser três vezes maior que a potência do aparelho.

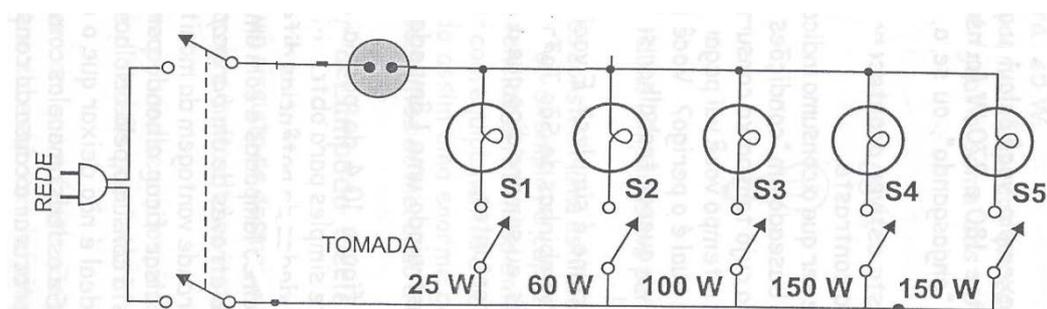
### Construindo uma lâmpada série multi potências

Para não ficar tirando e colocando lâmpadas para tocar de potência (queimando a mão e xingando a mãe de quem inventou isso) basta montar um circuito simples com cinco lâmpadas apenas com as seguintes potências (uma sugestão): 25 W, 60 W, 100 W e duas de 150 W.

Com o circuito apresentado abaixo você tem como conseguir 21 potências diferentes entre 25 e 485 W dependendo da combinação de chaves que você fechar e abrir.

Por exemplo, com S2 e S3 fechadas e a outras abertas você terá uma potência equivalente a 160 W, ou seja, 60 + 100 porque potências em paralelo se somam (em série não).

Escreva embaixo de cada chave a potência da lâmpada que ela está acionando.



**E se não conseguir comprar lâmpadas incandescentes?**



As lâmpadas incandescentes estão descontinuadas, ou seja, não são mais fabricadas, portanto corra para comprar onde ainda tem estoque antigo e faça as suas reservas.

Outra opção é utilizar **lâmpadas hológenas** com soquete E27 filamento funcionam de modo similar às incandescentes, pois ambas têm

filamento resistivo e isso é que importa no caso da lâmpada série.

Um cuidado especial é quanto à potência destas lâmpadas.

Encontrei dois tipos da marca OSRAM com indicações 42 W = 60 W e 70 W = 100 W.

Considere as os valores mais baixo de potência (42 e 70 W) e não os valores mais altos. O que fabricante está querendo dizer é que uma lâmpada halógena de 42 W, por exemplo, equivale em termos de iluminação a uma incandescente de 60 W.

A oferta de potências destas lâmpadas não é tão grande como a das incandescentes, mas é possível, usando um número maior de lâmpadas, construir um conjunto similar ao mostrado no esquema.

Outra questão que você deve ficar atento é quanto a tensão das lâmpadas que deve ser compatível com a da rede elétrica da sua cidade (127 ou 220V).

Agora é com você. Construa sua lâmpada série e pare de queimar fusíveis, transistores e etc. ou então, confie no seu "anjo da guarda" e se ele estiver ocupado e lhe deixar na mão vá se queixar ao bispo.

## (15) Testando Transistores Bipolares e digitais: - no circuito!

Todo técnico reparador está careca de saber testar transistores bipolares com um multímetro digital, nem sempre confiável para esta aplicação, ou com um **bom** analógico (espécime em extinção).

Sendo assim, não pretendo tratar neste *post* destas técnicas utilizadas que, certamente, já estão na veia do técnico (ou deveriam estar).

Entretanto, estas técnicas (antigas) podem funcionar se o "bichinho" puder ser retirado do circuito, caso contrário, as medidas obtidas poderão atrapalhar mais do que ajudar.

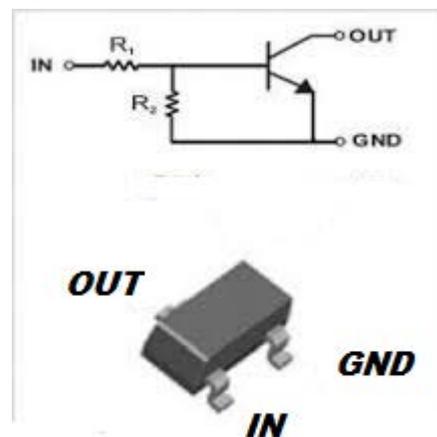
Eu sempre faço o seguinte: executo as medidas pelo método (convencional) das resistências das junções, seja com o digital (escala de diodos) ou analógico (escalas ôhmicas), se elas me derem os resultados previstos, até prova em contrário, eu acredito neles.

E se não derem os resultado previstos?

Bem, aí o bicho pega e o jeito é tirar o "suspeito" da PCI e testá-lo fora da "contaminação" dos demais componentes do circuito.

Muito fácil, se não se tratar de um famigerado espécime SMD, pois aí o risco de destruí-lo antes de consegui medir se torna bem grande e neste caso você acabou de destruir a "prova" que até então era apenas circunstancial.

Outra situação muito comum atualmente é que o transistor, além de SMD, pode ser do tipo conhecido como **transistor digital** que contém internamente



resistores de polarização.

Repare que neste caso não se tem acesso direto a junção base-emissor e, portanto a medição pelo método convencional fica comprometida.

### Como testar transistores bipolares (não digitais) sem retirá-los da PCI

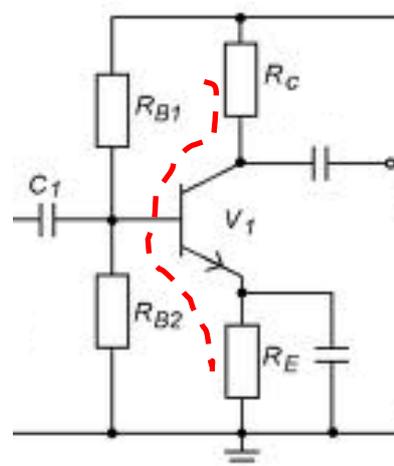
Primeiramente será necessário que a placa esteja energizada, ou seja, em vez de medidas resistivas, faremos medidas de tensão.

Antes que você argumente que não tem o esquema ou que o mesmo não apresenta valores de tensão vou contra argumentar dizendo que se soubermos como um transistor funciona seremos capazes de chegar a algumas conclusões mesmo sem estas informações.

Começemos analisando os casos dos transistores bipolares "convencionais" e numa segunda etapa trataremos dos digitais.

#### 1º caso: Uma falha muito comum nos bipolares - Fuga na junção base-coletor

Se houver uma fuga entre a junção base-coletor teremos uma corrente **indesejável** fluindo através desta junção a qual irá fluir também na junção base-emissor que provocará um aumento na corrente de coletor e que não foi previsto originalmente no projeto.



Se a corrente de coletor aumenta temos uma queda de tensão maior no resistor  $R_C$  fazendo com que a tensão entre coletor e terra diminua tendendo a levar o transistor à saturação e a consequente distorção do sinal amplificado o que pode ser verificado com um osciloscópio.

Para comprovar que esta fuga podemos proceder da seguinte maneira:

1) Medimos a **queda de tensão sobre o resistor** no coletor ( $R_C$ ).

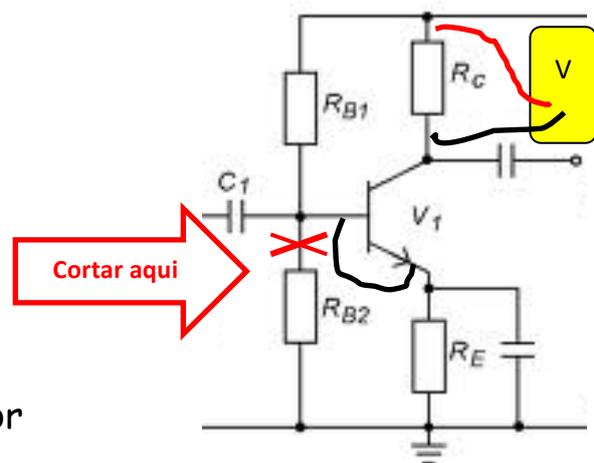
Cuidado: Não é para medir a tensão entre coletor e terra e sim sobre o resistor no coletor.

2) O próximo passo será interromper a ligação do resistor  $R_{B2}$  junto a base e provocar um curto entre base e emissor o que deverá levar o transistor ao corte e por conseguinte a corrente de coletor deverá ir a zero e a tensão sobre  $R_C$  também deverá ser zero.

Se a tensão sobre  $R_C$  não cair a zero significa que há uma corrente fluindo pelo resistor e só pode ser uma corrente de fuga da junção coletor-base uma vez que forçamos o transistor a ir para o corte

quando colocamos a junção base-emissor em curto.

Se dividirmos o valor da tensão medida sobre  $R_C$  pelo valor do resistor obteremos o valor da corrente de fuga. Em condições



normais (sem fuga) esta corrente deverá ser da ordem de micro ampères.

### **2º caso: Junção coletor-emissor em curto**

Se a junção coletor-emissor estiver em curto o transistor se comportará como se estivesse saturado e neste caso a tensão entre coletor e emissor deverá ser próxima de zero volt.

Portanto, se aplicarmos um curto entre base e emissor, como sugerido no procedimento anterior, e não percebemos alteração na tensão medida entre coletor e emissor significa que a junção base-emissor (ou algum capacitor em paralelo) deve estar em curto.

### **3º caso: Junção base-emissor aberta**

Agora passamos a medir a queda de tensão no resistor  $R_{B1}$  e se não obtivermos nenhuma medida podemos concluir que a junção base-emissor deve estar aberta.

### **4º caso: Junção coletor-base aberta**

Em condições normais a tensão base-emissor deve ficar em torno de 0,6V.

Entretanto, se medirmos este valor de tensão, e mesmo assim a queda de tensão sobre o resistor  $R_C$  for muito baixa isto indica não há corrente de coletor e, portanto a junção base-coletor deve estar aberta.

Com estes procedimentos podemos tirar conclusões sobre o estado de "saúde" do transistor, nunca descartando os problemas "colaterais" como trilhas partidas, solda fria, capacitores ou cola "assassina" sob os componentes.

Passemos agora, como prometido, ao caso dos transistores digitais.

A primeira coisa que devemos ter em mente é que neste caso não faz sentido falar em base e sim, em entrada ou *input*.

Então, pra não fugir do nosso principio de que saber a teoria é importante: - qual a função de um transistor digital?

Se você não lembra (ou não sabe) aqui vai resposta: - funcionar como uma chave aberta ou fechada.

Portanto, se temos nível alto na entrada o transistor estará saturado e devemos ter zero volt na saída indicando chave está fechada.

Por outro lado, se temos nível baixo na entrada o transistor fica cortado não havendo corrente de coletor e a tensão na saída deverá ser muito próxima da tensão da fonte que alimenta o circuito, ou seja, chave aberta.

Suponhamos que você mediu 5 V na entrada do transistor (nível alto) e zero volt (ou quase) na saída (nível baixo). Agora, provoque um curto entre a entrada e o terra e se o transistor estiver funcionando como manda o figurino a tensão na saída deverá subir indicando que o transistor chaveou e, portanto está bom.

Mas, e se a entrada já estiver em nível baixo?

Neste caso, primeiro verifique se saída está em nível alto. Se estiver, bom sinal.

Entretanto, para confirmar o funcionamento do transistor precisamos abrir o circuito na entrada (colocar em nível alto) e

verificar se a saída vai a zero. Se a saída for a zero, o transistor está funcionando como uma chave digital.

### **Conclusão**

Se pararmos para pensar friamente trabalhar com PCIs com transistores SMD é até bem melhor que com as antigas placas, pois não precisam ficar virando de um lado para o outro para seguir trilhas e fazer medições uma vez que está tudo de um lado só.

Na vida é assim. Se você tem um limão é melhor fazer uma limonada que ficar reclamando que é azedo.

Até sempre.

## (16) ESR - Você sabe o que é isto?

Começamos falando de ESR pela sigla **E**quivalent **S**erie **R**esistance, ou melhor, Resistência em Série Equivalente.

Creio que eu fui um dos primeiros no Brasil a começar a tratar deste parâmetro dos capacitores, até então desconhecido por aqui, lá pelos idos de 2002, nos meus artigos no Jornal Ícone, no Boletim Técnico da Áudio & Vídeo Brites e nos cursos que ministrei até 2005.

Resolvi trazê-lo à tona no blog para reativar a memória da velha guarda e chamar a atenção daqueles que estão chegando agora.

Está mais do que provado que a ESR é um parâmetro importantíssimo dos capacitores que, infelizmente, ainda parece pouco valorizado pela maioria dos técnicos.

Quem tem mais de 18 anos (muito mais!!!), como eu, deve se lembrar como se testavam capacitores antes da chegada (a preço de banana) dos capacitômetro digitais.

Usava-se o multímetro analógico (e ainda se usa) nas escalas ôhmicas e "media-se" a carga e a descarga no "olhometro".

A única certeza que podíamos ter era se o capacitor estava em curto ou com alguma fuga.

Entretanto, naquela época, a maior preocupação era com os eletrolíticos que atuavam como filtros das fontes e apresentavam diminuição da capacitância ou ficam "secos" como se usava dizer.

Capacitores de papel e a óleo entravam em curto direto ou apresentavam elevados níveis de fuga que podiam ser descobertos com qualquer "VOM" da época. E assim, íamos vivendo. Éramos felizes e não sabíamos!

## Por que os capacitores não tinham a tal da ESR e agora têm?

Na verdade a ESR sempre "acompanhou" os capacitores. Não só a ESR como a EPR - Resistência em Paralelo Equivalente, sendo que esta última, mesmo hoje, "incomoda" menos.

A preocupação com a ESR surgiu com os capacitores eletrolíticos nas fontes chaveadas e no estágio horizontal dos televisores e monitores com CRT, basicamente, por dois motivos.

O primeiro deles é que as fontes chaveadas, diferentes das lineares, trabalham com frequências elevadas, que podem chegar a mais de 100kHz. No caso dos monitores, à medida que as resoluções de tela foram aumentando, a frequência do horizontal também foi ficando acima dos clássicos 15 kHz dos televisores.

O segundo motivo que colocou a ESR "no podium" foi a diminuição drástica no tamanho dos capacitores, e com ela a qualidade dos mesmos.

Sim, e daí?

Entendendo o significa a ESR você descobrirá a resposta.

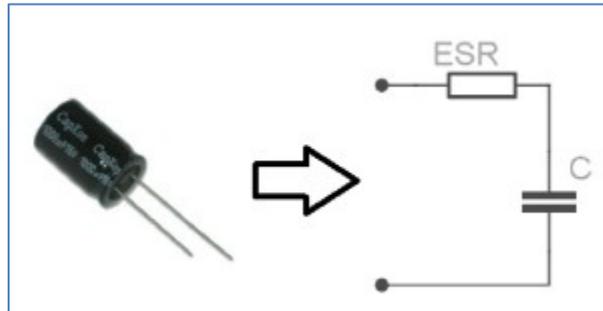
### O efeito do ESR na prática

A ESR ou Resistência Série Equivalente não é uma resistência física que foi colocada dentro do capacitor de propósito só pra encher o saco e sim uma resistência que "nasce" dentro dele porque todo componente elétrico tem resistências "embutidas" por construção (e indutâncias também).

Por outro lado quando um capacitor é submetido a um regime de tensão oscilante ou pulsante e de frequência relativamente alta, como nas fontes chaveadas, por exemplo, ele apresenta uma **reatância capacitiva** que é uma "espécie de resistência variável" que diminui quando a frequência aumenta e vice-versa.

Se levarmos em conta a ESR do capacitor veremos que ela ficará em série com a reatância capacitiva que costuma ser representado por  $X_C$ . O conjunto ESR +  $X_C$  produz um efeito chamado impedância ( $Z$ ). Se a ESR for baixa esta impedância fica praticamente igual a reatância o que seria o ideal.

Um capacitor "por dentro"



Para ter uma ideia dos valores da ESR veja a tabela abaixo.

	10V	16V	25V	35V	63V	160V	250V
4.7 $\mu$ F	>20 $\Omega$	>20 $\Omega$	>20 $\Omega$	>20 $\Omega$	19.0 $\Omega$	16.0 $\Omega$	13.0 $\Omega$
10 $\mu$ F	20.0 $\Omega$	16.0 $\Omega$	14.0 $\Omega$	11.0 $\Omega$	9.3 $\Omega$	7.7 $\Omega$	6.3 $\Omega$
22 $\mu$ F	9.0 $\Omega$	7.5 $\Omega$	6.2 $\Omega$	5.1 $\Omega$	4.2 $\Omega$	3.5 $\Omega$	2.9 $\Omega$
47 $\mu$ F	4.2 $\Omega$	3.5 $\Omega$	2.9 $\Omega$	2.4 $\Omega$	2.0 $\Omega$	1.60 $\Omega$	1.40 $\Omega$
100 $\mu$ F	2.0 $\Omega$	1.60 $\Omega$	1.40 $\Omega$	1.10 $\Omega$	0.93 $\Omega$	0.77 $\Omega$	0.63 $\Omega$
220 $\mu$ F	0.90 $\Omega$	0.75 $\Omega$	0.62 $\Omega$	0.51 $\Omega$	0.42 $\Omega$	0.35 $\Omega$	0.29 $\Omega$
470 $\mu$ F	0.42 $\Omega$	0.35 $\Omega$	0.29 $\Omega$	0.24 $\Omega$	0.20 $\Omega$	0.16 $\Omega$	0.13 $\Omega$
1000 $\mu$ F	0.20 $\Omega$	0.16 $\Omega$	0.14 $\Omega$	0.11 $\Omega$	0.09 $\Omega$	0.08 $\Omega$	0.06 $\Omega$
2,200 $\mu$ F	0.09 $\Omega$	0.07 $\Omega$	0.06 $\Omega$	0.05 $\Omega$	0.04 $\Omega$	0.03 $\Omega$	0.03 $\Omega$
4,700 $\mu$ F	0.04 $\Omega$	0.03 $\Omega$	0.03 $\Omega$	0.02 $\Omega$	0.02 $\Omega$	0.02 $\Omega$	0.01 $\Omega$
10,000 $\mu$ F	0.02 $\Omega$	0.02 $\Omega$	0.01 $\Omega$				

Tabela com valores de ESR

Estes valores não são fixos e dependem de diversos fatores, dentre eles a qualidade do capacitor, mas servem para termos uma ideia do que se deve esperar de um capacitor em bom estado.

O problema é que à medida que o capacitor (principalmente os eletrolíticos) vai envelhecendo a sua ESR (de "nascença") tende a aumentar fazendo com que impedância oferecida pelo capacitor seja maior que a reatância original e provocando ainda, de quebra, uma defasagem no sinal.

Numa fonte chaveada, por exemplo, dá pra imaginar a bagunça que esta alteração vai provocar fazendo com que a mesma deixe de funcionar e não se encontre "nada" com defeito.

Em casos mais drásticos esta alteração da ESR pode provocar a queima de algum semicondutor do circuito.

Moral da história, precisamos nos preocupar com a ESR.

### **E o capacitômetro, serve para quê?**

Com a chegada do capacitômetro digital, mais barato que uma dúzia de bananas (o capacitômetro está barato ou é a banana que está cara?) os técnicos acharam que seus problemas com os capacitores haviam acabado e passaram a confiar cegamente no que aparecia no *display* do dito cujo.

Confesso que eu também caí neste canto da sereia, ou melhor, do capacitômetro, por algum tempo.

Mediam-se os capacitores eletrolíticos no "poderoso" capacitômetro digital e se a capacitância "batia" com a nominal achávamos que estava tudo bem. Verificava-se se tudo na fonte e nada parecia errado. No desespero, trocava-se alguns eletrolíticos e .... Bingo, a fonte voltava ao mundo dos vivos.

A pergunta que surgia era: onde foi que eu errei ou o que está errado com o meu capacitômetro?

Desde 1998 eu assinava uma revista americana (que acabou) chamada *Electronic & Servicing Magazine* e lá começaram a aparecer artigos sobre ESR.

Estudando atentamente estas matérias eu compreendi o que estava acontecendo.

Em primeiro lugar precisamos entender como os capacitômetros, a preço de banana, funcionam.

No fundo eles são um frequencímetro que medem a frequência de um oscilador interno do capacitímetro cuja frequência irá variar de acordo com o capacitor colocado externamente para ser medido.

Em vez de mostrarem o resultado em Hz ou kHz eles estão calibrados em micro farads ou pico farads já que a frequência produzida pelo oscilador depende do valor do capacitor.

Um artifício interessante e que até funciona. O problema é que o oscilador interno do capacitímetro trabalha em frequência baixa (400 Hz ou 1kHz).

Lembre-se que a reatância capacitiva depende de frequência e que esta reatância estará em série com a ESR do capacitor.

Num capacitor bom a ESR deve ter um valor bem baixo como podemos ver na tabela, mas quando ele envelhece (fica igual a gente) a ESR mais alta que a "de nascença".

E é aí que o bicho pega.

O capacitímetro é bobinho e não "percebe" isto porque trabalha em frequência baixa, mas a fonte chaveada, que trabalha com frequência alta, "percebe" e não funciona.

Aí está a resposta de por que o capacitímetro mede "errado".

Ele não leva em conta a ESR, este é o "seu" (dele) problema.

Ele pode até ser útil para outros tipos de capacitores como os cerâmicos e os de poliéster, por exemplo, mas não para os eletrolíticos.

**Abaixo o capacitímetro, viva o medidor de ESR**

Também não é bem assim. Não precisamos ser tão radicais.

O capacímetro pode ser útil em certas situações e não devemos "expulsá-lo" sumariamente de nossa bancada.

Precisamos sim, acrescentar mais uma "arma" na batalha contra os capacitores, principalmente os eletrolíticos que, hoje em dia, se tornaram os maiores vilões dos circuitos (às vezes, "amigos" do técnico!).

Na busca de um eletrolítico "problemático" o medidor de ESR é quase imbatível e traz uma grande vantagem, o capacitor suspeito pode ser verificado no circuito (desligado é claro!).

### Onde comprar um medidor de ESR?

#### Medidor de ESR Dick Schimit



Se você já se convenceu de que a ESR é a grande vilã que pode estar tirando o seu sono deve estar querendo comprar um medidor desses para poder dormir o sono dos justos.

Quando eu descobri isso lá por volta de 98 ou 99 corri à cata de uma arma poderosa como esta.

Encontrei um kit na Austrália chamado ESR Meter Mk.2 que, se não me engano, custou \$50.

Mandei vir, montei e está comigo até hoje.

Estou falando de 1998. Hoje temos outros fabricantes por aí e vários circuitos na Internet mostrando como montar um medidor desses.

Basta procurar com cuidado que você acha.

## (17) Verificando diodos rápidos e ultra rápidos

Recentemente publiquei aqui no *site* um artigo tratando dos parâmetros dos diodos rápidos e ultra rápidos.

O objetivo naquele momento foi alertar os técnicos sobre questões relativas a transistores e diodos utilizados em circuitos de chaveamento para os quais muitos talvez não estejam bem informados.

Foi um artigo de caráter teórico, mas cujo tema abordado todo "Técnico" (com 'T' maiúsculo) precisa e deve estar atento.

Vale lembrar que foi-se o tempo em que para se testar um diodo bastava um multímetro analógico na escala ôhmica: conduziu para um lado e não conduziu para outro, então o diodo estava bom e não se fala mais nisso.

As outras possibilidades são: não conduz de jeito nenhum ou conduz sempre e neste caso manda-se o "infeliz" para o lixo e coloca-se outro no lugar.

Não encontrou o original? "Então era só procurar algum "similar"" numa tabela de equivalentes para a mesma tensão e mesma corrente e estamos conversados!

Aqui cabe uma observação neste tipo de teste que os americanos chamam de *go-no-go* se "deu ruim", como dizem por aí, então é ótimo. O pior é quando o diodo ou transistor se apresenta como "bom" nas medições com o multímetro, mas na prática não é bem assim. Aí devemos ficar com "um pé atrás", pois estas medidas são estáticas e a "coisa" pode mudar de figura na hora do "vamos ver" quando o bichinho estiver realmente submetido às tensões e correntes do circuito.

Minha regra no caso de medições em semicondutores é: "deu ruim" então tá bom, mas se "deu bom" fico na dúvida.

Mas não é exatamente sobre este tipo de teste que quero falar hoje sobre o qual, mal ou bem, todo muito já está acostumado.

### **Avaliando diodos rápidos**

Quero tratar da questão relativa à avaliação da velocidade de chaveamento dos diodos.

Com fontes chaveadas trabalhando em frequências de 100kHz ou mais e com ondas não senoidais as coisas mudaram e **MUITO**, portanto deve-se tomar bastante cuidado quando se necessitar substituir algum diodo em fontes chaveadas, *inverters* de LCD ou na saída horizontal de TVs e monitores.

Volto a dizer que se o teste indicar que o diodo está em curto ou aberto você pode confiar no seu multímetro e partir para troca do dito cujo, sem deixar, é claro, de pesquisar se houve uma *causa mortis* plausível ou foi um mero caso de "diodo desiludido" que optou pelo suicídio.

Por outro lado se você ficou feliz pela desgraça do diodo achando que já está na hora de faturar o *dindin* do seu cliente, digo-lhe, mesmo correndo o risco de me tornar um "estraga prazeres", para não ficar tão alegre porque talvez não seja tão simples assim. Agora é que começarão os seus problemas, ou seja, trocar o diodo sim, mas por qual diodo, eis a questão.

Se você está reparando uma fonte chaveada, um *inverter* de LCD ou uma etapa de horizontal, todo o cuidado é pouco. Não basta se preocupar com valores de tensão e corrente como nos velhos tempos e espero você já esteja consciente sobre isto após a leitura do artigo que recomendei no início.

Talvez se o componente foi comprado numa **autorizada** e tenha vindo embaladinho corretamente é **possível** que ele seja um diodo de primeira linha .

Não estou afirmando aqui que as autorizadas também fazem mutreta, todos nós estamos sujeitos a sermos ludibriados e por isso, vale a regra "confiar desconfiando" por via das duvidas.

Mas se o diodo foi comprado na lojinha da esquina, mesmo que traga impresso no corpo o mesmo código que você procura e a aparência não seja de algo remarcado ou falsificado (tão comum desde os tempos do BU2008, só que hoje com mais "profissionalismo" depois que os chineses chegarem ao mercado), eu, se fosse você, não poria a mão no fogo por este diodo. Você pode se queimar (quando explodir na sua cara)!

Há uma grande chance de que o material que vai parar no mercado paralelo, até seja realmente original, mas faça parte de um lote que não passou no controle de qualidade, ou seja, uma adaptação asiática moderna da Lei de Lavoisier - na produção nada se perde tudo se vende (para América do Sul de preferência)! Usar um diodo original fora de especificação pode ser tão ruim quanto usar 1N4007 que ao passar por uma "metamorfose asiática" tenha se "transformado" em um *fast diode* 1N4937, cujo *recovery time* é da ordem de 200 ns e, portanto não tem nada a ver com um retificador comum.

Um diodo rápido que, por uma falha de produção, não atende as características que deveria ter, e foi utilizado como se as tivesse, certamente trará problemas e o pior, às vezes, não de imediato, porém certamente, mais cedo ou mais tarde. Isso não é um diodo, é uma bomba relógio! Ele pode ser, por exemplo, a causa daquele aparelho que você conserta, entrega e volta a apresentar o "mesmo defeito" num curto (sem trocadilho) espaço de tempo que pode variar de algumas horas ou dias.

Outra situação muito comum com a qual o técnico se depara hoje em dia é não encontrar de jeito nenhum o diodo que necessita. E aí, o que fazer numa hora dessas? Sentar e chorar, não vale!

No passado isto se resolvia com auxílio das famosas tabelas de equivalência que atualmente ficaram fora de moda.

É preciso estar atento que dentro da categoria dos chamados "diodos rápidos" temos, basicamente três grupos a saber:

- Diodos de média velocidade
- Diodos rápidos (*Fast Diodes*)
- Diodos ultra rápidos ou Schottky (*Ultra Fast Diodes*).

Quando se fala da "velocidade" de um diodo estamos nos referindo ao tempo de comutação que nos *data sheets* costuma aparecer como *recovery time* (já leu o artigo que escrevi sobre isso?).

Por exemplo, se o diodo estava retificando uma onda de 50 kHz, o período da mesma é 200  $\mu$ s e, portanto quando cortado o diodo tem que se "livrar" dos elétrons em, no máximo, 100  $\mu$ s caso contrário, ao cabo de algum tempo o aquecimento produzido na junção irá destruir o pobrezinho.

Embora a faixa de *recovery time* que enquadra cada uma das três categorias de diodos citadas acima não seja muito bem definida podemos trabalhar, na prática, com os seguintes valores:

- Entre 50 e 500 ns ficam os diodos rápidos (*fast*)
- Acima de 500 até 1000 ns ficam os diodos de média velocidade
- Abaixo de 50 ns temos os Ultra Rápidos (*ultra fast*) ou Schottky

- Os retificadores convencionais estão na casa dos  $10 \mu\text{s}$

Outra questão que muda quando trabalhamos com cada um destes diodos é a sua barreira de potencial que é aquele valor que aparece na leitura do seu multímetro digital na posição para medir diodo.

Como exemplo podemos citar um retificador comum como 1N4007

(que é completamente diferente do UF 4007) que apresenta uma leitura da ordem de  $0,6\text{xxV}$ , enquanto um diodo Schottky como o SB 340 apresenta uma barreira de potencial mais baixa, da ordem de  $0,180\text{V}$ .

Mas de todo este papo o que, certamente, você deve estar querendo saber é como solucionar a questão, ou seja, ter certeza que o seu diodo "especial" está ou não dentro dos padrões.

Uma possibilidade é retirá-lo de um aparelho que virou sucata e que possua um diodo igual e original. Mas nem sempre temos uma sucata à mão para fazer o canibalismo. E aí?

Ai você acaba comprando um diodo que o vendedor lhe garante que é substituto que vai funcionar.

E você acredita? Se for em dezembro tudo bem, foi o Papai Noel que trouxe de presente pra você!

No desespero você pode até comprar, mas deverá comprovar que se trata mesmo de um diodo rápido ou ultra rápido como você deseja e precisa. E como fazer isso?

## Como avaliar a velocidade de comutação de um diodo?

Uma ideia simples seria colocá-lo para retificar uma onda **retangular** com uma frequência da ordem de 50 kHz ou mais e ver como o dito cujo se comportará numa situação destas.

Tá achando complicado?

### Resolvendo o problema

Nas minhas navegações *internáuticas* encontrei um projeto simples no livro *Instrumentos Especiales* do Eng. Alberto Picerno ([www.yoreparo.com](http://www.yoreparo.com)) que faz exatamente o que foi dito acima e isso é que nos ajudará a identificar se um diodo é rápido ou não. A ideia me pareceu boa. Resolvi testar e gostei.

Como não sou egoísta vou passar a vocês os resultados que obtive começando com a apresentação do circuito que usa apenas um CI fácil de achar que é o CD 40106. Montá-lo é também uma boa oportunidade para quem está querendo praticar circuitos de eletrônica digital.

O "aparelhinho" não tem a intenção de medir o *recovery time* dos diodos, mas servirá para identificarmos como o diodo se comporta quando retifica uma onda de frequência alta.

Na figura 1 temos o circuito sugerido cuja montagem é extremamente simples.

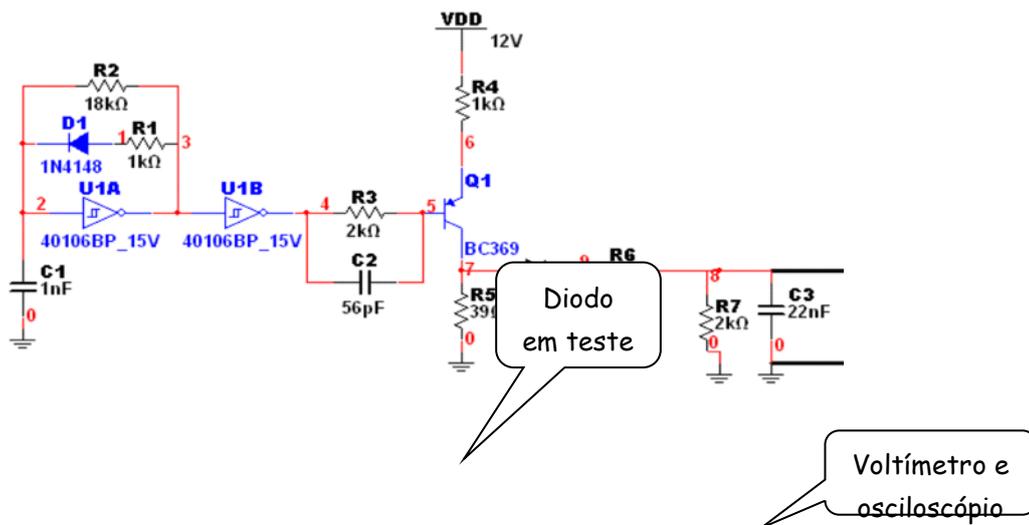


Figura 1 - Circuito para teste da velocidade de um diodo

### Como avaliar um diodo?

Antes de tudo é importante chamar atenção de que o objetivo deste "instrumento" não é testar o diodo para verificar se o mesmo está bom ou não. Para isto você continuará usando o multímetro seja analógico ou digital, da maneira como sempre fez até hoje.

O que se requer agora, depois do velho teste "conduz - não conduz", é saber se o diodo que compramos como um diodo rápido realmente se enquadra nesta categoria.

Após alimentar a plaquinha do testador com uma fonte de 12 V DC colocamos o diodo que queremos testar nos terminais indicados e um voltímetro DC nos outros dois bornes destinados a ele como se vê na figura 2. Se você possui um osciloscópio poderá ligá-lo em paralelo com o voltímetro ajustando-o na escala de 5  $\mu\text{seg/div}$ .



Se observarmos as formas de onda num osciloscópio, usando nosso "testador de velocidade de diodos" veremos a diferença radical entre a onda fornecida por um diodo comum e um diodo rápido.

Nas figuras 3 e 4 temos respectivamente as duas formas de onda, sendo uma para o 1N4007 e a outra para o 31GF4 que é um diodo *Ultra Fast* com *recovery time* de 30 ns.

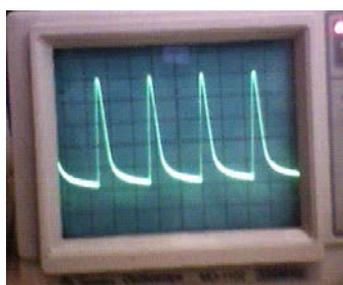


Figura 3 - Forma de onda para diodo comum

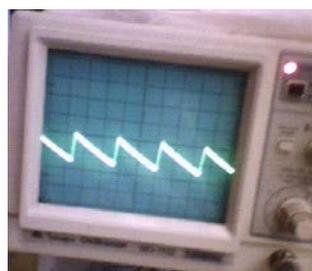


Figura 4 -  
Forma de onda para diodo rápido

Repare que o diodo rápido (fig 4) fornece um dente de serra perfeito, enquanto no diodo comum (fig 3) temos um pico com uma descida exponencial.

Quem **AINDA** não tem osciloscópio pode utilizar um voltímetro digital na escala de tensão DC e observará que no caso do diodo rápido, irá medir um valor médio maior para os diodos rápidos do que para os diodos comuns.

No exemplo obtivemos 2,86 V o 1N4007 e 8,68 V o 31GF4.

Obs. No momento de fechar esta matéria eu não tinha em mãos um UF4007 para comparar com o 1N4007. Fica a sugestão para o leitor fazer o teste e acreditar que, assim como focinho de porco não é tomada, 1N4007 NÃO é igual a UF4007 (pra quem não acredita).

## Conclusões

Para se habituar a utilizar o aparelhinho sugiro que você pegue alguns diodos rápidos confiáveis e realize medições com o voltímetro e construa uma tabela com os valores obtidos para futuras comparações com um diodo que você venha a comprar.

Fazendo isso, mesmo que lhe vendam gato por lebre você não vai mais usar um diodo falsificado e esperar ele fazer miau dentro do TV que você está consertando.

Fique atento, pois vivemos num mundo da banalização da ética e dos princípios em que se falsifica até remédio, então porque não falsificar diodos e transistores?

Esta foi mais uma contribuição para os técnicos que pretendem continuar na, cada vez mais árdua, profissão de reparador e que precisam estar se conscientizar de uma vez por todas que têm que estar se atualizando permanentemente.

Até sempre

## (18) Como ligar um transformador 110/220V sem identificação dos fios

Resolvi escrever um artigo sobre **como ligar um transformador 110/220V sem identificação dos fios** porque já vi muita gente queimando transformadores por não saber alguns conceitos básicos que levam o incauto a fazer a ligação dos fios do primário de qualquer maneira e, em geral, como "manda" a Lei de Murphy, de forma errada.

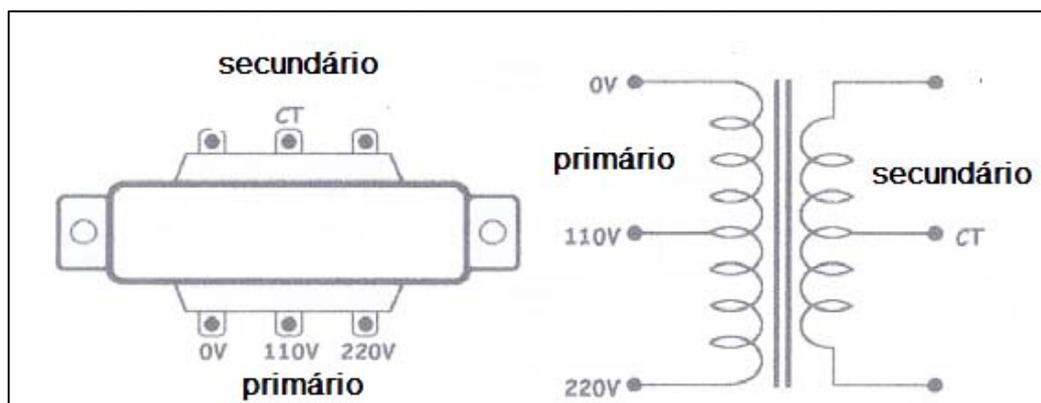
Felizmente, para quem não sabe como ligar corretamente um transformador a maioria dos que são vendidos hoje no comércio não traz mais este problema porque só têm três fios, o que simplifica muito.

Entretanto, transformadores mais antigos costumam ter quatro fios no primário de forma que se pode ligar os enrolamentos em série para permitir a entrada de 220V ou em paralelo para 110V ou, mais corretamente, 127V .

No caso do transformadores de quatro fios a ligação série ou paralelo tem alguns "segredos" e é sobre eles que tratarei neste artigo.

### **Ligando um transformador com primário de três fios**

Quando o transformador tem um primário com três fios, como mostrado na figura abaixo, mesmo que não tenhamos a identificação dos fios é fácil descobrir com o auxílio de um ohmímetro como veremos a seguir.



Imagine que não haja marcação de qual enrolamento corresponde ao primário e ao secundário o primeiro passo deve ser quem é um e outro.

### Identificando primário e secundário

Começamos fazendo a medida da resistência entre os terminais extremos de cada lado.

Você notará que um lado apresentará resistência bem mais baixa que o outro.

Pronto, já identificamos o secundário, cuja resistência é a que apresentar menor valor, porque o fio é mais grosso e tem menos espiras que o primário, considerando-se que se trata de um transformador abaixador de tensão. No nosso exemplo, apenas dois ohms fazendo-se a medida entre os dois fios extremos.



Já para o primário vamos fazer três medidas sendo uma entre os extremos e as outras duas entre os dois enrolamentos.





Acompanhe nas três figuras acima.

A medida entre os extremos (vermelho e preto) deu 86,3 ohms

A seguir entre azul e vermelho obtivemos 42,5 ohms.

E finalmente entre azul e preto obteve-se 44,5 ohms.

Você deve ter observado que as duas medidas não deram o mesmo valor, ou seja, o fio azul não está exatamente no centro do enrolamento.

Você saberia dizer por quê?

Vamos entender.

Olhando a etiqueta vemos que os fios preto e azul corresponde a ligação para 120V (deveria ser 127V, mas deixa pra lá!) e mediu 44,5 ohms, isto é, um pouquinho mais que a medida entre azul e vermelho que deu 42,5 ohms justamente porque 220V não é duas vezes 110V, como muita gente pensa.

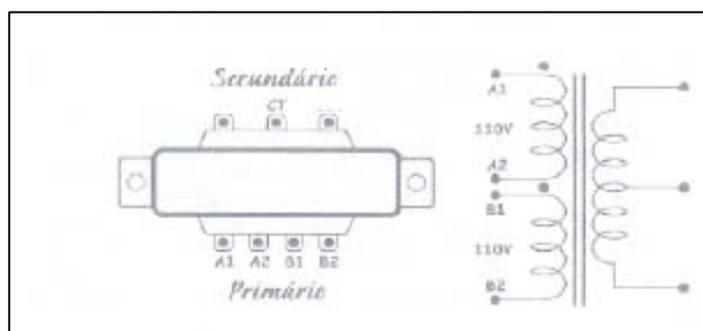
Se nós ligarmos os 127V entre os fios vermelho e azul o transformador vai funcionar, mas ficará sobrecarregado porque este enrolamento foi calculado para receber uma tensão um pouco menor que 127V ( $220V = 127 \times 1,73$ ).

Então, se o transformador é de três fios, mas não temos a indicação de onde ligar o 127 e o 220V devemos medir as resistências dos dois enrolamentos para ligar o 127V no enrolamento de maior resistência.

### Ligando um transformador de quatro fios no primário

Como eu disse no início do artigo este tipo de transformador não está mais sendo comercializado e ao final do artigo você entenderá por que.

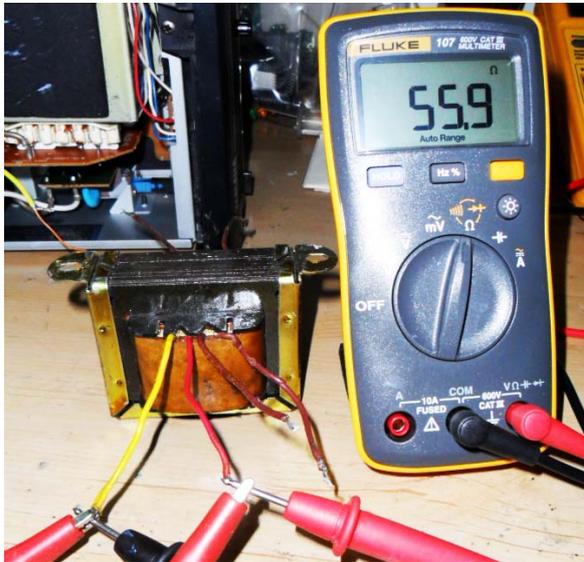
Entretanto, pode ser que você tenha algum deles perdido na sucata e deseje aproveitar (a Natureza agradece).



O procedimento para descobrir os enrolamentos primário e secundário é o mesmo que vimos para o transformador de três fios e, portanto não irei repetir.

Uma vez identificados os dois enrolamentos que compõe o primário a ideia é ligá-los em série para 220V e em paralelo para 127V.

O transformador que eu usei para teste tem um enrolamento com fios vermelho e amarelo e outro com dois fios marrons com vemos nas figuras.



Observe que as resistências dos dois enrolamentos são diferentes, o que já é um problema e eles não deveriam ser ligados em paralelo (como é a prática comum). O enrolamento amarelo-vermelho, de maior resistência deveria ser ligado em 127V e o marrom-marrom "deveria" ficar desligado neste momento.

Mas este não é o maior problema como veremos a seguir.

Ligar duas bobinas em série ou em paralelo não é a mesma coisa que ligar dois resistores, precisamos **saber o sentido dos enrolamentos**.

Se você olhar a figura onde mostramos o desenho referente ao transformador de quatro fios verá que existe um pontinho ao lado do terminal A1 e outro ao lado do terminal B1. Estes

pontinhos, não estão ali por acaso nem são um coco de mosca, eles têm a finalidade de mostrar onde cada enrolamento começa.

E por que isto é importante?

Quando vamos ligar dois enrolamentos em série, por exemplo, temos que ligar o término de um enrolamento, no caso A2, ao início do outro (B1).

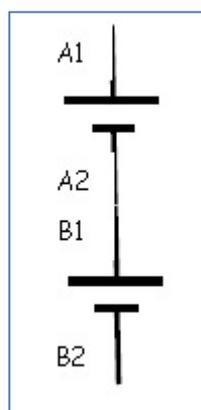
E se ligarmos A1 com B1 ou A2 com B2 para colocarmos os dois em série o que acontecerá?

O transformador vai esquentar (até queimar se insistirmos em mantê-lo ligado) e não irá aparecer tensão alguma no secundário.

Você saberia dizer por quê?

A resposta é: os enrolamentos foram colocados em curto por inversão de fase porque a senóide está subindo numa ponta do enrolamento (A1, por exemplo) estará descendo na outra (B2).

Podemos fazer uma simulação com baterias para ajudar a entender o que acontece.



Agora repare que se ligarmos A1 com B2 estaremos colocando as baterias em oposição e uma anulará a outra.

No transformador do exemplo a coisa até fica facilitada pela posição dos fios e embora tenhamos dois marrons em um enrolamento o desconfiômetro nos diz que o fio marrom mais próximo do vermelho "deve" ser o final daquele enrolamento e o vermelho o final do enrolamento amarelo-vermelho.

Entretanto, eu já peguei transformadores em que os quatro fios eram todos da mesma cor e foram torcidos internamente, assim o desconfiômetro acaba falhando.

### **E na prática como é que fica?**

Na prática não sabemos onde começa nem onde termina cada enrolamento, pois não temos os "pontinhos" que aparecem no esquema. Se não tivermos a indicação das cores dos fios e de como devem ser ligados fornecida pelo fabricante do transformador teremos que ir pelo método da tentativa e erro.

E é aí que mora o perigo, porque a Lei de Murphy "garante" que iremos errar antes de acertar, a menos que usemos um truque.

### **Entra em cena a lâmpada série.**

A solução é ligar de qualquer jeito e ver que bicho vai dar, **mas tendo o cuidado de usar a boa e velha lâmpada série, anjo da guarda do técnico precavido. Pode ser de 40 ou 60W.**

**Se a ligação estiver correta a lâmpada ficará apagada e se estiver errada acenderá intensamente e aí é só fazer outra tentativa.**

Veja na figura abaixo primeiro a ligação errada para o caso de colocarmos os enrolamentos em série, preparando o transformador para receber 220V. Observe que o voltímetro que

está ligado ao secundário mostra apenas um pequeno valor de tensão próximo de zero volt.

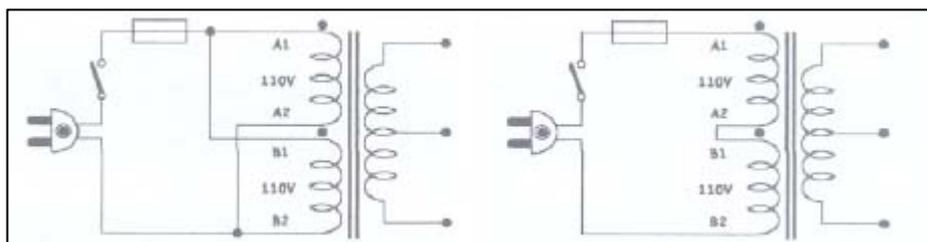


A seguir temos a mesma ligação série feita de forma correta onde a lâmpada série aparece apagada e a tensão no secundário é 18,79V



Com este procedimento rápido e simples conseguimos determinar com segurança como ligar os enrolamentos em série.

O próximo passo será determinar a ligação em paralelo para o que o transformador possa ser ligado em 127V e que eu deixo como "dever de casa" para o leitor fazer por sua conta (vale nota e cai na prova kkkkk).



O esquema acima mostra as duas ligações.

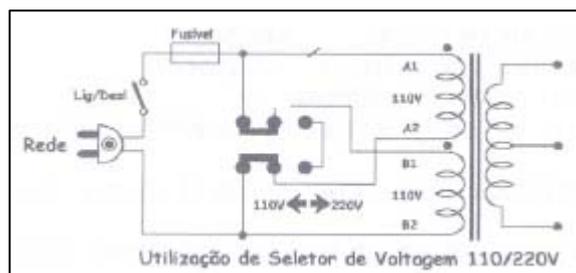
### Montando a chavezinha 110/220

Existem duas maneiras de ligar a chavezinha seletora tensão 110/220V.

A primeira mostrada a seguir é a mais simples utilizada no caso do transformador de três fios.



Se o transformador for do tipo quatro fios a ligação da chave seletora exige mais atenção como vemos na figura abaixo.



## Considerações finais

Espero que o artigo tenha sido útil e se você gostou compartilhe e curta no *facebook*.

Quando eu dava aula de eletrônica em cursos técnicos sempre incluía este assunto nas minhas aulas por considerá-lo de primordial importância para o técnico.

O tema deveria ser abordado em eletricidade ou eletrotécnica, mas infelizmente a maioria dos professores insiste em perder tempos intermináveis resolvendo imensas malhas por Kirchoff, por exemplo, que nunca mais o estudante irá utilizar. Só servem para cair nas provas de concursos.

## (19) Os resistores de cinco e seis faixas

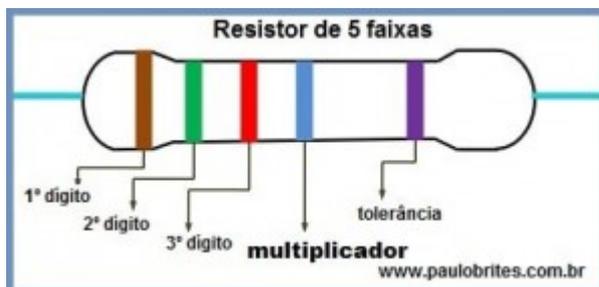
À medida que os circuitos eletrônicos foram ficando mais sofisticados surgiu também a necessidade de componentes mais precisos e um deles é o sempre presente resistor que não se limita mais a apenas quatro faixas coloridas para indicar seu valor.

Os resistores de cinco e seis faixas passaram a ser triviais em muitos circuitos, em especial em fontes chaveadas onde resistores de baixo valor exigem muita precisão.

O técnico reparador precisa estar muito atento a isto, ou corre o risco de encontrar um resistor aberto ou alterado e por ter dificuldade em ler seu valor ou não encontrá-lo no comércio colocar "qualquer coisa parecida" e defeito persistir ou, o que é pior, se tornar mais complicado e virar uma "metástase" alastrando-se pelo aparelho até torná-lo "inconsertável".

Tentando dar uma mãozinha aos novatos no ramo ou mesmo os mais antigos, às vezes, um pouco "fora de forma" resolvi escrever este post sobre resistores de cinco e seis faixas cada dia mais presentes.

### Os resistores de cinco faixas



Resistor de 5 faixas

A tabela de cores não muda, é aquela nossa velha conhecida que todo técnico que se presa deve, ou melhor, tem que saber "de cabeça".

Só que no caso dos resistores de cinco faixas as três primeiras faixas correspondem aos três primeiros dígitos enquanto a quarta faixa é o fator multiplicador.

E aqui começa a primeira diferença em relação aos resistores de quatro faixas onde a terceira faixa é o fator multiplicador.

Suponhamos um resistor de cinco faixas com as seguintes cores: marrom, vermelho, vermelho, laranja e marrom.

Se fosse um resistor de apenas quatro faixas onde as três primeiras fossem marrom, vermelho e vermelho este resistor seria de 1200 ohms.

Entretanto, para um resistor de cinco faixas as quatro primeiras nos dá 122.103ohms = 122.000 ohms (no popular, 122k que é bem diferente de 1k2) e a quinta faixa, marrom, no exemplo, corresponde a 1% de tolerância.

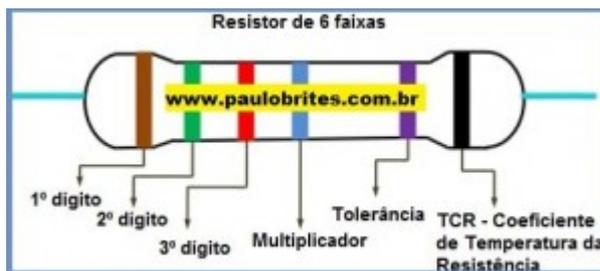
Acompanhe na tabela a seguir.

COR	1º Dígito	2º Dígito	3º Dígito	Multiplicador	Tolerância
Black	0	0	0	$10^0$	
Brown	1	1	1	$10^1$	1% (F)
Red	2	2	2	$10^2$	2% (G)
Orange	3	3	3	$10^3$	
Yellow	4	4	4	$10^4$	
Green	5	5	5	$10^5$	0.5% (D)
Blue	6	6	6	$10^6$	0.25% (C)
Violet	7	7	7	$10^7$	0.10% (B)
Gray	8	8	8	$10^8$	0.05%
White	9	9	9	$10^9$	
Gold				$10^{-1}$	5% (J)
Silver				$10^{-2}$	10% (K)

Código de cores para resistores de 5 faixas

Observe que no resistor de cinco faixas além de termos muito mais valores que os fornecidos pelos de quatro faixas temos ainda outras cores para tolerância além de ouro e prata podendo-se chegar a "absurda" precisão de 0,05% como é o caso do cinza, enquanto num resistor de quatro faixas ficamos com apenas 5%, na melhor das hipóteses.

### Os resistores de seis faixas



Resistor de 6 faixas

A única diferença entre os resistores de cinco faixas e os de seis faixas é que a sexta faixa nos dá um parâmetro designado como TCR que significa Coeficiente de Temperatura da Resistência cuja unidade de medida é ppm/k que se lê como "parte por milhão por grau Kelvin".

Por que é preciso saber isto?

Você há de convir que um resistor de cinco ou seis faixas não é barato e, portanto o fabricante não os coloca no seu produto porque estava a fim de gastar mais, não é mesmo.

cor	1º dígito	2º dígito	3º dígito	multiplicador	Tolerância	TCR ppm/k
Black	0	0	0	$10^0$		
Brown	1	1	1	$10^1$	1% (F)	100
Red	2	2	2	$10^2$	2% (G)	50
Orange	3	3	3	$10^3$		15
Yellow	4	4	4	$10^4$		25
Green	5	5	5	$10^5$	0.5% (D)	
Blue	6	6	6	$10^6$	0.25% (C)	10
Violet	7	7	7	$10^7$	0.10% (B)	5
Gray	8	8	8	$10^8$	0.05%	
White	9	9	9	$10^9$		
Gold				$10^{-1}$	5% (J)	
Silver				$10^{-2}$	10% (K)	

Código de cores para resistores de 6 faixas

Logo a minha sugestão é que ao encontrar um resistor deste tipo defeituoso não o substitua por qualquer resistor Ching Lin ou as coisas podem se complicar.

Você pode argumentar, mas onde encontrar estas "moscas brancas" para comprar?

Bem, aqui no Brasil eu sinceramente não sei.

O objetivo do post foi alertar para o problema e não dizer como resolvê-lo.

Como diz o ditado "o pior cego é aquele que não quer ver", então abra bem os olhos antes de sair trocando resistores de qualquer jeito.

Para finalizar este post com chave de ouro clique em [Código de cores de resistores](#) é ganhe um post para colocar na parede da sua oficina.

## (20) Como descobrir a frequência de uma forma de onda no osciloscópio

Um dos principais traumas de alguns técnicos com relação ao uso do osciloscópio é como descobrir a frequência de uma forma de onda.

Todo problema reside numa questão básica: - o osciloscópio é um instrumento que mostra as formas de onda no domínio do tempo e não da frequência.

Como é que é isso "domínio do tempo, domínio da frequência"?

Que historia é essa?

Se você não sabe então está na hora, ou melhor, já passou da hora de aprender e eu sugiro que continue lendo o artigo.

Prometo que não vai doer nem um pouquinho.

Acho que vou começar fazendo uma perguntar.

### O que significa Hertz?

Se você respondeu que é o nome de um cientista e que costuma vir nas etiquetas dos equipamentos eletro eletrônicos, então está no caminho certo.

*O hertz é nomeado em homenagem ao físico alemão [Heinrich Rudolf Hertz](#), que fez grandes contribuições científicas na área do [eletromagnetismo](#). O nome da unidade de frequência foi estabelecido na Comissão Eletrotécnica Internacional (International Electrotechnical Commission) em 1930 e foi adotado na Conferência Geral de Pesos e Medidas (Conférence générale des*

*poids et mesures) em 1960 substituindo, assim, o nome 'ciclos por segundo' (c/s ou CPS), juntamente com seus múltiplos, quilo ciclos por segundo (kc/s), mega ciclos por segundo (Mc/s) e assim por diante. O termo ciclos por segundo foi amplamente substituído por "hertz" apenas na década de 1970.*

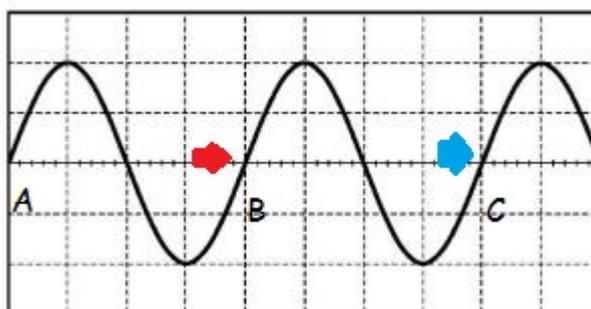
<http://pt.wikipedia.org/wiki/Hertz>

Como você percebeu lendo o texto acima o Hertz ou Hz nada mais é que **ciclos por segundo** (c/s) que a turma mais antiga conhece bem.

Eu particularmente preferia a "forma" primitiva (nada pessoal contra o Sr. Heinrich Rudolf HERTZ) - **ciclos por segundo** - e suas variações como quilo ciclos (kc/s) e mega ciclos (Mc/s), pois a partir dela fica bem mais fácil entender os conceitos de **período e frequência**.

**Período e frequência? Dá pra explicar melhor?**

Todas as pessoas que sabem um pouquinho de eletricidade também sabem que a onda senoidal, que é a base de todo sinal elétrico, se repete periodicamente, ou seja, ao término de um determinado **tempo**, que nós vamos chamar de **período**, a onda começa a se repetir. Vamos acompanhar na figura.



Repare que o "formato" da onda entre A e B se repete entre B e C. Quando isto acontece diz-se que a onda é periódica e o **período é o tempo** que ela leva para ir de A até B ou de B até C e assim por diante que neste caso foi de quatro quadradinhos.

Digamos que a base de cada quadradinho valha 1 segundo então o período, neste caso, será de quatro segundos.

Em outras palavras pode-se dizer também que quando a onda foi de A até B ela completou **um ciclo**.

Então o **período** que nós vamos representar daqui por diante por T (maiúsculo) **é o tempo que a onda gasta para completar um ciclo**.

Por isso, dizemos que a onda da figura está representada no **domínio do tempo**.

E onde entra a frequência nesta história?

Muito simples. A frequência é o número de ciclo que são completados por segundo.

No exemplo da figura se a onda repetisse mesmo padrão de A até B em 10 vezes em segundos em vez de 1 segundo a frequência passaria a ser 10 ciclos por segundo que atualmente se diz 10Hz.

Você seria capaz de dizer qual é o período da onda do exemplo acima?

Pense um pouquinho. Se em um segundo ela faz dez ciclos, então ela levará apenas um décimo de segundo para completar um ciclo, não é? Neste caso a base do quadradinho passou a valer 0,1segundo.

Mas, como já foi dito lá atrás, o **tempo** que uma onda "gasta" **para completar um ciclo chama-se período (T)** logo o período da nossa onda será 0,1 segundos (1 dividido por 10).

Resumindo: uma onda de frequência  $f = 10\text{Hz}$  (10 c/s) tem um período  $T = 1/10 = 0,1\text{s}$ .

Podemos concluir que o **período é o inverso da frequência** ou que a **frequência é o inverso do período** o que pode ser escrito simbolicamente assim:

$$T = \frac{1}{f} \quad \text{ou} \quad f = \frac{1}{T}$$

Você seria capaz de dizer qual é o período de uma onda de 1kHz?

Vai pensando aí que no final do *post* eu dou resposta (colar não vale e muito menos ir direto até o final para vera resposta!).

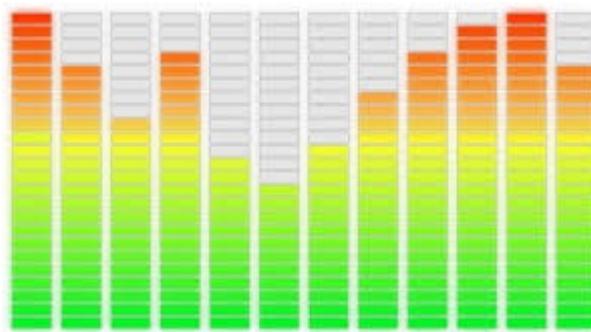
**Por que o osciloscópio trabalha no domínio do tempo e não da frequência?**

Vou responder esta pergunta com outra pergunta.

Como ficaria a representação de uma onda se em vez de tempo ou período (segundos, mili segundos, micro segundos, etc) nosso eixo horizontal estivesse calibrado em frequência (hertz, quilo hertz, mega hertz, etc)?

Mais uma pergunta.

Você já viu aqueles *bargraphs* que aparecem em alguns aparelhos de som com umas barrinhas verticais que ficam subindo e descendo enquanto a música fica tocando?



Se você reparar bem, em alguns aparelhos, aparece um valor de frequência em baixo de cada coluna de leds.

Isto é uma representação no domínio da frequência que nos mostra, por exemplo, em que frequência houve um pico maior (parte vermelha) ou "normal" (verde) e serve para que equalizemos a música afim de que não haja saturação em determinadas frequências.

Entretanto, nós não conseguimos ver como está a onda que sob ponto da reparação costuma ser mais importante.

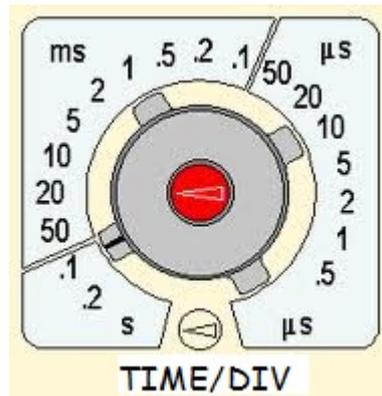
O equipamento que trabalha no domínio da frequência chama-se analisador de espectro e é muito útil em estúdios de som.

E agora como prometido a reposta do período da onda de 1kHz é 1ms (um mili segundo), ou seja, 1 dividido por 1000.

### **Duas maneiras de ajustar a base de tempo do osciloscópio**

Para que você visualize uma onda na tela do osciloscópio é preciso ajustar a base de tempo no botão chamado "time/div" para um valor próximo ao período da onda que você quer examinar.

O valor da base de tempo escolhida que aparece o lado do botão TIME/DIV corresponderá à base do quadradinho na tela do osciloscópio.



Por exemplo, se você quer ver uma onda senoidal de 1kHz você deve colocar o TIME/DIV em 1ms e verá um ciclo completo na tela.

Ah! Então toda vez que queremos ver uma onda de determinada frequência precisamos fazer aquela continha mostrada lá atrás para encontrar o período que corresponderá ao melhor valor do TIME/DIV a ser escolhido?

Sim e não.

Se você fizer a continha já vai "na boa", mas se não fizer é só ir rodando o botão TIME/DIV pra esquerda e pra direita que em algum momento a onda aparece. É o famoso método da tentativa e erro, também conhecido como *chutômetro*!