

ELETRÔNICA  
ANALÓGICA  
E DIGITAL  
APLICADA À

*aprendendo de  
maneira  
descomplicada*

IoT

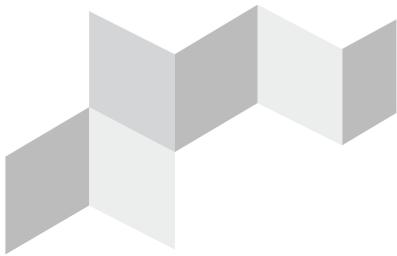
CAP.

CAP. DE AMOSTRA



# Parte 1

INTRODUÇÃO  
À ELETRÔNICA  
ANALÓGICA



Você já pensou em montar circuitos eletrônicos e fazer reparos em placas? Já teve a curiosidade de saber como é possível sair som ou imagem de um aparelho?

Já se imaginou ligando componentes em uma bancada e vendo seus projetos funcionarem? Ou então manuseando ferramentas como alicates, chaves de fenda, ferro de solda, multímetros, osciloscópio e ferramentas típicas da área? Ainda, já imaginou a sensação de se sentir capaz e ver o seu trabalho finalizado para que você e outras pessoas possam usufruir?

Legal!

O “fazer com as mãos” concede essa sensação, e além de os recursos da eletrônica serem bem atraentes.

Porém as perguntas que você fez a si mesmo certamente foram:

Como é possível fazer sair som de um alto-falante?

Como uma lâmpada pode acender e, depois de um tempo programado, apagar?

Qual é a função do capacitor?

Qual é a função do transistor?

O que as “pecinhas” coloridas de uma placa eletrônica representam para que tenhamos a tecnologia atual?

Todas essas perguntas serão respondidas, através de imagens, exemplos práticos e conceitos que envolvem a eletrônica analógica.

Inicialmente, neste capítulo, você vai aprender a montar circuitos transistorizados, fontes de alimentação, sinalizadores e de som.

Quanto ao conhecimento relacionado aos circuitos integrados (chips) e lógicos, serão abordados na Parte 2, sobre os conceitos de ELETRÔNICA DIGITAL.

# FONTE 01 RETIFICADORA

O primeiro capítulo vai apresentar os principais componentes e o circuito de um dispositivo presente em todos os equipamentos eletrônicos, por mais simples que sejam, e na bancada do profissional de eletrônica.

Serão priorizados todos os elementos físicos e conceituais para o entendimento deste circuito e sua montagem, envolvendo transformação de tensão, retificação e estabilização. O foco neste capítulo é levar o leitor ao conhecimento referente ao processo de retificação da tensão alternada, tornando-a contínua e sem variação senoidal.

## COMPONENTES TÍPICOS

A partir de agora, você vai conhecer os componentes para essa montagem.

Serão correlacionados os componentes, suas características e funções no circuito de forma sucinta.

Em um primeiro momento, o circuito apresentado neste capítulo deverá trazer o uso e a função dos componentes. Em seguida, os mostrará como diagramas, para que você consiga montá-los e, assim, conheça a função dos pinos de ligação e das conexões entre todos os seus componentes da maneira mais prática possível. Dentre eles, podemos citar:

- LED
- Capacitor eletrolítico
- Diodo zener
- Diodo retificador
- Regulador de tensão
- Resistor

- Varistor
- Transformador
- Fusível
- Chave HH

## COMPONENTES E GRANDEZAS ELÉTRICAS ENVOLVIDAS NO FUNCIONAMENTO

- Fonte
- Protetor de surto

Vamos começar imaginando uma situação muito comum: você procurando o carregador de seu celular para carregar a bateria, que está quase acabando.

Você com certeza está procurando uma fonte retificadora. Os aparelhos celulares são dispositivos digitais e, pelo fato de serem armazenadores de informação, trabalham com valores de tensão fixos e sem oscilação, já que seria impossível armazenar dados em celulares ou computadores utilizando a tensão da tomada diretamente, sem retificação.

O processo de retificação consiste em orientar o sentido das cargas elétricas para que se obtenha polaridade constante e, dessa forma, determinados componentes eletrônicos possam funcionar corretamente.

Vamos descrever, a partir de agora, os componentes empregados na construção desse dispositivo, bem como demonstrar cada um deles em imagens.

### FONTES

A abordagem, neste momento, será quanto aos componentes envolvidos na fonte e o princípio de funcionamento destes e as grandezas elétricas que estarão envolvidas.

Sobre o tópico, teremos o tratamento dos assuntos relacionados à transformação, retificação, correção da ondulação da tensão e estabilização dos valores de saída da fonte.

- Transformadores
- Chave HH
- Diodos retificadores
- Capacitor eletrolítico
- Regulador de tensão

## Transformador

O transformador, conhecido também como *trafo* (Figura 1.1), tem a função de abaixar a tensão da rede para os valores de 12V ou 24V.

Para o uso nos circuitos eletrônicos, a tensão das tomadas é muito alta. Por isso, é preciso transformar ou reduzir o valor de 127V ou 220V para o valor 12V, que será o caso da nossa fonte.

É muito importante que você conheça algumas coisas em relação à eletricidade, que traz elementos decisivos na eletrônica, como é o caso da tensão. Essa pode ser alternada ou contínua, e na eletrônica é esta última que predomina, com valores em torno de 5V, 12V ou 24V.

Tensão é a força que faz com que os elétrons se movimentem e produzam os efeitos práticos que observamos no cotidiano, como o acendimento do LED, a movimentação do diafragma do alto-falante para a saída de som e o funcionamento de sistemas automatizados providos da mais alta sofisticação.

Para que a tensão seja gerada, é preciso que ocorra uma reação física nos materiais condutores.

Todo material é constituído por moléculas, e essas moléculas são formadas por átomos, que, por sua vez, possuem elétrons em sua órbita.

Pois é, e no caso do material de cobre, os elétrons da órbita do átomo são livres, o que permite que sejam movimentados pelo material.

Quando ocorrem os deslocamentos desses elétrons sobre o material, eles acabam se reunindo em grupos em determinado ponto. Esses grupos são chamados de cargas elétricas, e o acúmulo de cargas é denominado de *diferença de potencial* ou *tensão*, sendo medida em volts e abreviada pela letra V.

Legal!

FIGURA 1.1  
Transformador.

Fonte: Acervo dos  
autores.



O transformador é formado por duas bobinas, que são enrolamentos de fios de cobre envoltos em chapas de ferro que auxiliarão na formação do campo magnético.

O campo magnético é uma força gerada pelo movimento dos elétrons sobre fios de cobre enrolados em círculo sobre algum tipo de material, que recebe o nome de núcleo.

O ferro é o tipo de material que produz maior magnetismo nessa aplicação e, ao ser magnetizado, passa a ter a capacidade de transferir esse campo para outros materiais.

Essa propriedade de fazer a transferência das linhas de campo magnético é conhecida como indução.

No caso do nosso transformador da Figura 1.1, uma dessas bobinas é conhecida como primário, e a outra, como secundário. O primário possui aproximadamente dez vezes mais voltas de fio de cobre em relação ao secundário.

Dessa forma, ao ser ligado na tomada, o primário será alimentado com energia elétrica e deverá formar um campo magnético e induzi-lo no secundário, ou seja, transferi-lo, porém, com apenas 1/10 dessa tensão, já que no secundário a relação de voltas de fio de cobre é 12 vezes menor.

O campo magnético remanescente se perde no próprio ar, ficando apenas a parcela estabelecida pelo número de voltas do secundário.

A parcela de campo magnético é, então, revertida em forma de tensão nos terminais do secundário.

Concluindo, se ligarmos 127V no primário do trafo, teremos 12,7V no secundário.

### *Chave HH*

Para que o usuário possa escolher a tensão em que a fonte será ligada, a chave HH (Figura 1.2) pode ser muito útil. Essa peça é um interruptor que tem duas posições.

O terminal do centro se interliga com o terminal marcado como 127 ou com o marcado como 220.

No terminal do centro, você vai ligar o fio comum do trafo, ou seja, aquele que é usado tanto quando forem 127V ou 220V.

Os terminais das extremidades servem para ligar a ponta de cada tensão de entrada do trafo. O fio comum, a ponte 127 e a 220 ficam marcados no próprio trafo.

Os fios devem ser soldados nos terminais da chave HH para evitar mau contato.

A chave HH é considerada um interruptor, ou seja, um liga e desliga. Internamente, existem dois contatos formados por material condutor que se encostam ou desencostam mediante a ação sobre a alavanca externa. Podemos citar o interruptor que comanda as luzes de uma residência como exemplo.

Quando os contatos estão encostados, a corrente elétrica flui sobre o material ou, em caso contrário, cessa seu movimento, desligando o circuito.

FIGURA 1.2  
Chave HH.

Fonte: Acervo dos  
autores.



## CURIOSIDADES

Como falamos anteriormente, o acúmulo de cargas elétricas dá origem à tensão. Quando utilizamos a tensão, como é o caso das tomadas, usamos as cargas elétricas originadas pela ação do gerador de tensão de uma usina hidrelétrica.

Quando ligamos algum equipamento na tomada, as cargas elétricas (elétrons em grande quantidade) deverão se movimentar pelos condutores.

Esse movimento de elétrons recebe o nome de corrente elétrica, sendo sua unidade de medida o *ampere*, abreviado pela letra A.

### *Diodo retificador*

Quando a tensão é gerada em uma hidrelétrica, ela é alternada, ou seja, tem variação constante do ciclo no intervalo de tempo.

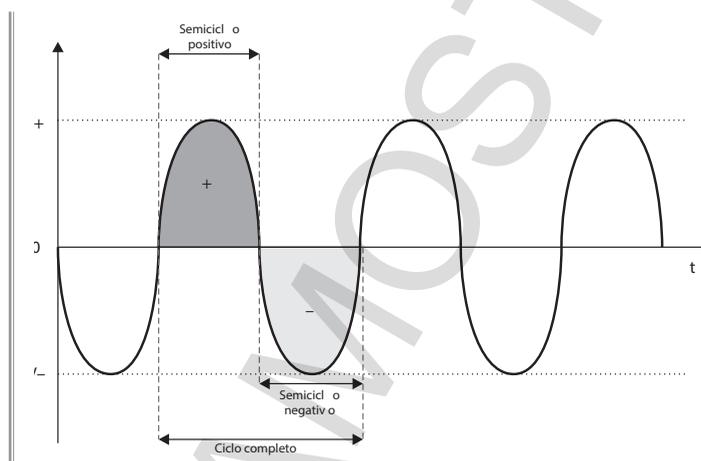
Essa variação faz com que sua polaridade sofra alterações, trocando o polo positivo pelo negativo, 60 vezes no intervalo de 1 segundo. Dizemos que a tensão é senoidal, conforme a Figura 1.3.

Por isso, vemos em muitos aparelhos a informação “60Hz”, que representa a frequência em que a polaridade foi invertida por segundo.

Temos, assim, nos fios da tomada, tal variação, impedindo que exista constância de polaridade e que determinado ponto ou fio seja definitivamente o positivo ou negativo.

FIGURA 1.3  
Forma de onda  
senoidal da  
tensão.

Fonte: Acervo dos  
autores.



O diodo retificador (Figura 1.4) tem a capacidade de bloquear as cargas positivas (semiciclo positivo) e conduzir as cargas negativas (semiciclo negativo) ou vice-versa.

Podemos dizer que o componente atua como um orientador dos elétrons, pois, em determinada posição no circuito, ele bloqueia ou libera sua passagem. Esse conceito pode ser entendido como a ação de uma válvula de ar ou de água que permite a passagem desses elementos em apenas um sentido.



## PARA RELEMBRAR

As cargas elétricas negativas são os elétrons que giram em torno do átomo, já as cargas positivas são aquelas que se encontram no interior do átomo, conhecidas como prótons.

O diodo é feito de um material semicondutor, como o silício. Esses materiais recebem uma dopagem de impurezas, ou seja, uma mistura de outros tipos de materiais para que possam conduzir corrente elétrica.

O componente é constituído por duas regiões, sendo uma dopada com falta de elétrons, ou positiva, conhecida como região P, e outra, com excesso de elétrons, ou negativa, que recebe o nome de região N.

Se ligarmos o terminal do diodo da região P em um terminal do trafo, somente as cargas positivas deverão “passar” para o outro terminal, ficando as negativas bloqueadas, e o processo ocorre da mesma maneira no caso da região N.

Vamos pensar no funcionamento da fonte.

Os circuitos eletrônicos não aceitam tensão alternada, isto é, aquela tensão presente nas tomadas. Com isso, além de ter que usar o transformador para abaixar a tensão, é preciso corrigir suas oscilações.

Os componentes devem receber uma tensão com polaridade fixa, sendo, assim, um polo positivo e o outro, negativo.

Portanto os diodos são ligados nos fios de saída do transformador com a finalidade de orientar as cargas elétricas, conduzindo as positivas para o terminal + da fonte e as negativas para o terminal –.

Essa definição e orientação das cargas negativas e positivas recebe o nome de *retificação da tensão alternada*.

FIGURA 1.4  
Diodo  
retificador.

Fonte: Acervo dos  
autores.



### Capacitor eletrolítico

O capacitor eletrolítico (Figura 1.5) tem a propriedade de armazenar tensão.

Na fonte que estamos estudando, ele terá o importante papel de corrigir algumas variações de tensão. Vejamos como isso será possível:

FIGURA 1.5  
Capacitor  
eletrolítico.

Fonte: Acervo dos  
autores.

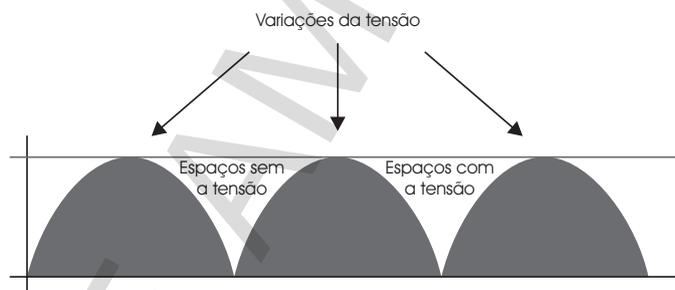


Após a retificação da tensão alternada, ela já não apresenta oscilações de polaridade, mas ainda varia (Figura 1.6), não apresentando um valor fixo de tensão, porém o semiciclo negativo não existe mais.

A tensão de 12V não apresenta uma constância, mas aumenta e diminui do mínimo positivo até ao máximo positivo em frações de segundos.

FIGURA 1.6  
Variação da  
tensão.

Fonte: Acervo dos  
autores.



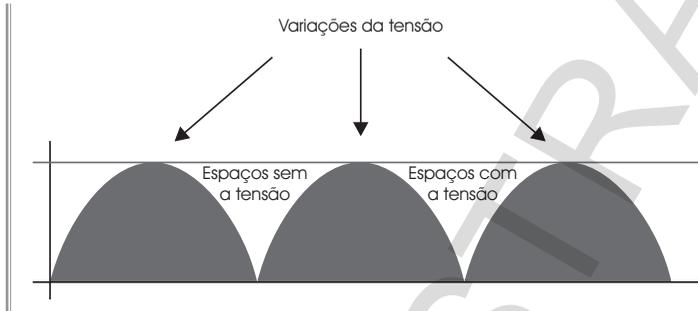
Ainda que essa variação não seja perceptível visualmente, quando colocada em operação nos componentes, o circuito vai apresentar comportamentos indesejados.

Portanto o capacitor resolve este problema!

O componente é ligado no terminal de saída dos diodos e permanece armazenando a tensão para que, quando houver a diminuição, o capacitor possa suprir essa falta utilizando a tensão que armazenou, conforme a Figura 1.7.

FIGURA 1.7  
Ação do capacitor.

Fonte: Acervo dos autores.



Dessa forma, a variação praticamente desaparece, pois enquanto a tensão do circuito está no valor mais alto, o capacitor “guarda para si” esses valores, e quando o valor começa a “despencar”, ele deposita no circuito o que armazenou.

Esse processo exercido pelo capacitor é chamado tecnicamente de *ripple*, que em português significa ondulação.

Quanto às características construtivas do capacitor, ele é formado por armadura e dielétrico. As armaduras são metálicas, e o dielétrico é feito de materiais isolantes, ao contrário do cobre e do alumínio, por exemplo.

Os isolantes não conduzem corrente elétrica, podendo citar papel, mica e óleo. Por esse fato é que o capacitor consegue desempenhar sua função, é capaz de armazenar cargas elétricas e, conseqüentemente, a tensão.

Quando a tensão do trafo é aplicada em seus terminais que internamente representam as armaduras, o material dielétrico isola a passagem de corrente entre as armaduras, e, assim, a tensão da fonte vai se acumulando nas armaduras, ficando estagnada ali até que seja descarregada.

Existem várias aplicações em que se faz necessário o uso desse componente, e ainda podemos encontrar vários tipos como os de poliéster, cerâmica e, no caso da fonte, os eletrolíticos.

A capacidade que um capacitor tem de armazenar tensão é conhecida como *farad*, abreviada pela letra F. Porém, o farad é subdividido em submúltiplos como milifarad (mF), microfarad ( $\mu$ F) e picofarad (pF).

### Regulador de tensão

Após a correção oferecida pelo capacitor sobre a tensão, restam ainda pequenas variações que serão prejudiciais ao funcionamento dos componentes eletrônicos.

Vale salientar que os circuitos analógicos e digitais necessitam de uma alimentação puramente contínua; não sendo assim, apresentarão instabilidades.

Portanto a etapa final de uma fonte de tensão contínua consiste no seu ajuste minucioso para que, de fato, ela não apresente nenhuma variação.

O regulador de tensão (Figura 1.8) é um componente digital, ou seja, um invólucro formado por um circuito complexo com uma variedade enorme de componentes e efeitos que terminam na realização da estabilização total do valor de tensão.

Esse componente filtra todo ruído ou variação presente na tensão para que a mesma seja utilizada em circuitos eletrônicos.

FIGURA 1.8  
Regulador ou estabilizador de tensão.

Fonte: Acervo dos autores.



---

## CURIOSIDADES

Os reguladores de tensão são encontrados com a nomenclatura 78XX para tensões positivas e 79XX para as tensões negativas.

Na nossa fonte, a tensão será positiva, o que ocorre na maioria dos circuitos eletrônicos, pois somente em alguns casos existem aplicações de fontes simétricas com valores positivos e abaixo de 0V.

Os reguladores são encontrados com indicações para vários valores de tensão de estabilização, incluindo no final da especificação o valor de tensão no qual será estabilizado, como: 7.812, 7.824 e 7.805.

---

## PROTEÇÃO DA FONTE

Todos os equipamentos eletrônicos requerem proteção quanto às descargas atmosféricas (raios e relâmpagos) e oscilações da rede que possam danificar seus componentes eletrônicos.

Com isso, alguns elementos devem fazer parte do circuito da fonte para preservá-la:

- Varistor
- Fusível
- LED
- Resistor
- Diodo zener

Estando a fonte pronta para fornecer tensão contínua, ela precisa de proteção contra surtos na rede elétrica.

Um tipo de surto muito conhecido e que traz prejuízo ao consumidor são as descargas atmosféricas, mais popularmente conhecidas como raios e relâmpagos.

Alguns componentes podem ser ligados na entrada da fonte no intuito de proteger os demais dos surtos de qualquer natureza.

### *Varistor*

O varistor (Figura 1.9) é conhecido por sua propriedade de variar a sua resistência quando a tensão em seus terminais for mais alta do que a especificada no componente.

Normalmente, o valor nominal do componente está atrelado ao valor nominal da rede, podendo ser 127V ou 220V.

A resistência interna do varistor é uma propriedade muito comum na eletroeletrônica, tendo em vista que se caracteriza pela dificuldade ou oposição à passagem da corrente elétrica.

Se a resistência do varistor estiver com valor alto, então a corrente que passa por ele será de valor muito pequeno.

Caso a resistência do varistor diminua em função do aumento da tensão da rede, a corrente que fluirá pelo varistor será alta.

Com essa combinação de resultados, temos um indicador de aumento de tensão na entrada da fonte a partir da rede, através da corrente elétrica. Será justamente esse indicador que deverá atuar sobre o fusível.

A resistência elétrica é a oposição à passagem da corrente elétrica, sendo esse fator de grande importância na eletroeletrônica.

Podemos citar o chuveiro elétrico, que tem no seu interior um fio de níquel cromo enrolado e, ao ser percorrido pela corrente elétrica, se aquece graças à propriedade que tal material possui de oferecer dificuldade à passagem da corrente elétrica.

Essa dificuldade proporcionada depende de cada tipo de material e é conhecida como resistividade. A resistividade do cobre é muito menor do que a do tungstênio (material empregado no filamento das lâmpadas incandescentes) e do níquel cromo e, por esse motivo, o cobre é o tipo de material mais empregado nos condutores de eletricidade.

Quando a corrente elétrica passa por um material que oferece resistência, a oposição tende a dissipar calor e reter uma parcela da tensão sobre esse material.

A unidade de medida da resistência elétrica é o ohm, abreviado pela letra grega  $\Omega$ .

FIGURA 1.9  
Varistor.

Fonte: Acervo dos  
autores.



### Fusível

O fusível é o elemento de sacrifício da fonte e, em caso de corrente elevada, ele rompe o elo interno e desconecta o circuito. Existem diversos valores de fusíveis, que são indicados em ampere, portanto quando se requer proteção de alta sensibilidade, é necessário utilizar um fusível com valor nominal de corrente elétrica menor.

Na fonte que estamos estudando, o fusível será de 0,25A (250mA), tendo em vista a capacidade do transformador que não pode fornecer corrente superior a esse valor, devido às suas características construtivas.

Estando bom, o fusível mantém o circuito fechado, pois o elo fusível (pedaço de fio muito fino) permite a passagem de corrente elétrica. Caso o valor de corrente se eleve, o elo rompe e o circuito desliga.

O fusível (Figura 1.10) é ligado na entrada da fonte.

Temos, então, uma combinação perfeita. Vejamos:

A tensão da rede aumenta por causa dos raios nos dias de chuva. Em seguida, o varistor diminui sua resistência interna; assim, a corrente aumenta, e o fusível se queima.

Viu como a eletrônica funciona?

FIGURA 1.10  
Fusível.

Fonte: Acervo dos  
autores.



---

## OUTRAS APLICAÇÕES

### Proteção de Curto-circuito

O fusível também pode ser aplicado em outras situações. Por exemplo, na proteção de saída de alguns circuitos, funcionando como limitador de corrente ou protegendo em caso de “curto-circuito”.

Como você viu anteriormente, a resistência elétrica é a capacidade que um material tem de oferecer oposição à passagem da corrente elétrica.

Vamos pensar na hipótese de que os fios positivo e negativo da fonte se encostem; nesse caso, não existe consumo de corrente, ou podemos dizer que não existe resistência.

Dessa forma, a tensão será aplicada, não havendo limitação para o valor de corrente elétrica, permitindo que esta alcance valores máximos, provocando a queima de componentes e até acidentes com pessoas.

Esse fenômeno físico é conhecido como curto-circuito!

O fusível, nesse caso, pode ser ligado na saída das fontes para que elas rompam, nessa situação, devido ao aumento excessivo de corrente.

---

## LED

É importante ter um elemento na fonte que sinalize quando ela estiver ligada. O componente mais utilizado para essa e outras finalidades é o LED, feito de material semicondutor e que tem o filamento construído com um material conhecido como arsenieto de gálio.

Quando é aplicada a tensão nesse componente, ele produz uma quantidade de luz significativa.

A vantagem do uso do LED (Figura 1.11) está ligada à sua capacidade de produzir luz com pouco consumo de energia, podendo se acender com apenas 20 miliamperes (20mA) de corrente elétrica e com o valor de tensão na ordem de 2V a 3V.

A durabilidade dos LEDs é grande, e eles são pequenos, podendo ser adaptados em caixas plásticas ou em qualquer dispositivo, como no caso da caixa na qual será acomodado o circuito eletrônico da fonte.

Os LEDs são encontrados em várias cores, como azul, verde, vermelho, laranja, violeta etc.

FIGURA 1.11  
LED.

Fonte: Acervo dos  
autores.



## Diodo zener

Para fazer o LED funcionar, a tensão sobre ele deve ser igual a 2,2V, aproximadamente. Como o valor fornecido pela fonte será de 12V, vamos precisar garantir que a tensão sobre o LED não ultrapasse o valor que ele suporta, evitando a danificação e perda do componente.

Para solucionar isso, vamos conhecer o *diodo zener*.

Esse diodo (Figura 1.12) tem a função de estabilizar a tensão, mesmo que haja variação desta sobre ele. Se o valor nominal do diodo zener for de 2,2V,

mesmo que seja ligado à tensão de 12V, por exemplo, ele deverá manter a tensão nominal (2,2V) estabilizada sobre o LED.

FIGURA 1.12  
Diodo zener.

Fonte: Acervo dos autores.



O zener tem a capacidade de autoajuste da resistência interna, controlando a corrente e garantindo que o valor da tensão permaneça fiel ao especificado na tabela do fabricante.

Abaixo temos a Tabela 1.1 com alguns valores de zener:

CÓDIGO	VALOR DA TENSÃO	CÓDIGO	VALOR DA TENSÃO
1N4614	1,8	1N4626	5,6
1N4616	2,2	1N4627	6,2
1N4620	3,3	1N46100	7,5
1N4624	4,7	1N46106	12

### Resistor

O diodo zener não atua sozinho na estabilização, mas necessita do auxílio do resistor. A tensão da fonte será aplicada no resistor e no diodo zener. O diodo vai buscar manter sobre ele a tensão de 2,2V para ser aplicada sobre o LED, e o resistor ficará encarregado de dissipar o restante.

O resistor (Figura 1.13) é conhecido pela sua característica de se opor à passagem da corrente elétrica, segundo as características da resistência que estudamos anteriormente. Dessa forma, quando ocorre essa oposição ou resistência propriamente dita, acaba ocorrendo o efeito de “retenção de tensão” sobre o componente.

Assim, o resistor tem a capacidade de tomar para si uma parte da tensão da fonte, efeito conhecido como queda de tensão sobre o resistor.

FIGURA 1.13  
Resistor.

Fonte: Acervo dos autores.



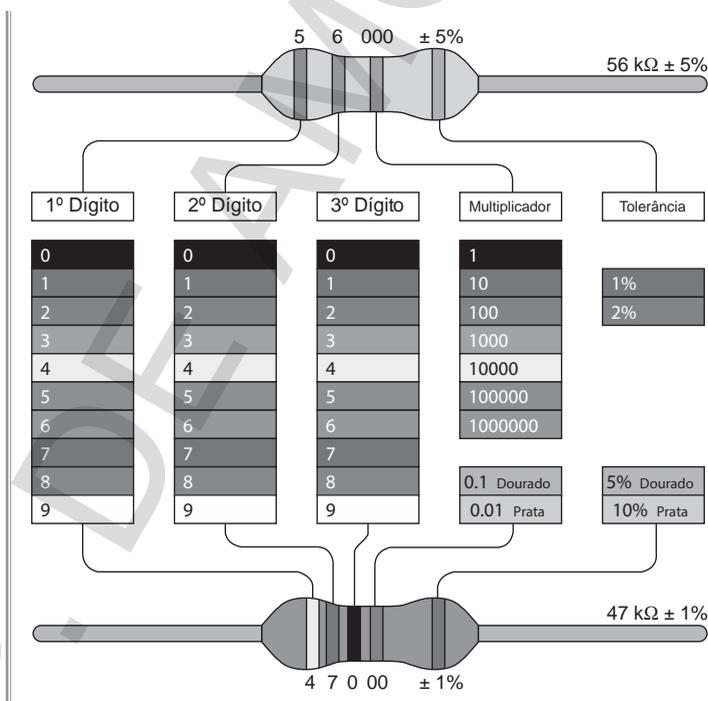
Eles são identificados pelas faixas coloridas encontradas no próprio componente.

As duas primeiras faixas coloridas indicam os algarismos iniciais, e a terceira, a quantidade de zeros a serem acrescentados.

O exemplo da Figura 1.14 é de um resistor de  $56.000\Omega$  ou  $56K\Omega$ . A letra K representa o quilo ou 1.000.

FIGURA 1.14  
Identificação dos resistores.

Fonte: Acervo dos autores.



Vamos pensar em outro exemplo, seguindo a tabela de código de cores da Figura 1.15.

Um resistor marrom, preto e vermelho representa 1.000Ω.

Marrom = 1

Preto = 0

Vermelho = acrescenta dois zeros.

A quarta faixa indica a tolerância do resistor, ou o quanto ele pode variar para mais ou menos em relação ao valor que, no exemplo, é de 1.000Ω.

Caso a quarta faixa seja na cor dourada, significa que pode haver uma variação de 5%.

Calculando, o resistor pode ter entre 950Ω e 1.050Ω.

Entendeu?

De 1.000, 5% equivale a 50, assim, pode apresentar 50 a mais ou a menos.

FIGURA 1.15  
Tabela de código de cores.

Fonte: Acervo dos autores.

Cor	1ª banda	2ª banda	3ª banda	Multiplicador	Tolerância
Preto	0	0	0	1Ω	
Marrom	1	1	1	10Ω	± 1% (F)
Vermelho	2	2	2	100Ω	± 2% (G)
Laranja	3	3	3	1KΩ	
Amarelo	4	4	4	10KΩ	
Verde	5	5	5	100KΩ	± 0,5% (D)
Azul	6	6	6	1MΩ	± 0,25% (C)
Violeta	7	7	7	10MΩ	± 0,1% (B)
Cinza	8	8	8		± 0,05%
Branco	9	9	9		
Dourado				0,1	± 5% (J)
Prateado				0,01	± 10% (K)

## MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Para que um equipamento eletrônico funcione, é preciso que cada componente seja inserido em sua posição de acordo com a sua aplicação e a função que vai exercer.

Portanto é preciso, além da observação dos diagramas, considerar a polaridade e a posição dos terminais.

- Fonte de 12V
- Proteção contra surto
- Descrição dos materiais e componentes

## FORNECEDOR DE 12V

Vamos iniciar pelo circuito da fonte que pode ser visto nas Figuras 1.16 e 1.17, incluindo o transformador, os diodos, o capacitor e o regulador de tensão.

Nas duas figuras, temos o mesmo circuito, porém, uma demonstra a ligação do aspecto físico do componente e do circuito, e a outra, o diagrama técnico com a apresentação da simbologia padrão.

Os componentes são interligados com traços que representam fios, mas essas conexões podem ser feitas na placa padrão seguindo a mesma lógica.

A tensão alternada da rede é ligada na chave HH, na qual o usuário da fonte poderá selecionar a tensão de 127V ou 220V.

A saída do trafo tem dois fios que liberam 12V em tensão alternada, sendo ligados no terminal positivo dos diodos D1 e D2. O terminal positivo não tem identificação; o negativo possui apenas uma faixa branca.



---

### NOTA

Como você já sabe, se ligarmos o terminal positivo do diodo no fio do trafo, somente as cargas positivas serão liberadas para circular, enquanto as negativas ficarão bloqueadas.

Nesse processo em que definimos uma polaridade fixa, devemos colocar o diodo na configuração conhecida como “diretamente polarizada”, situação que ocorre na maioria das vezes.

---

Na saída dos diodos, a tensão já está polarizada com carga positiva, e é interligada e depois conectada ao positivo (+) do capacitor. O condutor comum (cm) que sai do trafo é ligado no terminal negativo (-) do capacitor. Esse terminal é indicado também por uma faixa branca existente no corpo do componente.

Como vimos anteriormente, o capacitor corrige a variação da tensão deixada pelos diodos, armazenando tensão para que, no instante em que o efeito da variação levar a tensão a atingir o valor mínimo, a parte que está depositada no capacitor possa ser aplicada no circuito para suprir a falta.

Com o efeito capacitivo, a tensão deixa de oscilar, mas ainda não está totalmente estabilizada, restando um pouco de variação.

Então a tensão positiva é aplicada na entrada do estabilizador 7.812 no pino 1; o pino 2 é ligado no negativo ou comum (cm), que já foi ligado no negativo do capacitor eletrolítico.

Finalmente a tensão chega ao processo final, ou seja, totalmente retificada e estabilizada, já que o pino 3 do estabilizador é a saída do componente.

Agora a tensão que saiu da rede alternada está pronta para o uso nos componentes eletrônicos. Na Figura 1.16 temos o mesmo circuito, porém com o diagrama em que aparece a simbologia padronizada dos componentes.

FIGURA 1.16  
Diagrama convencional da fonte.

Fonte: Acervo dos autores.

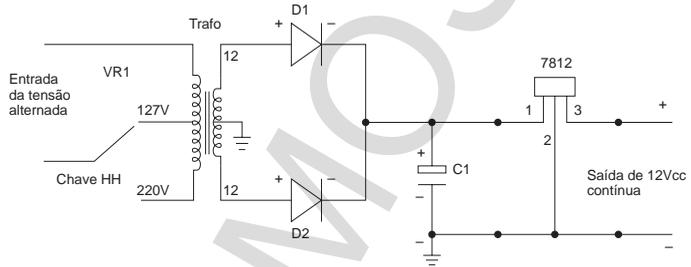
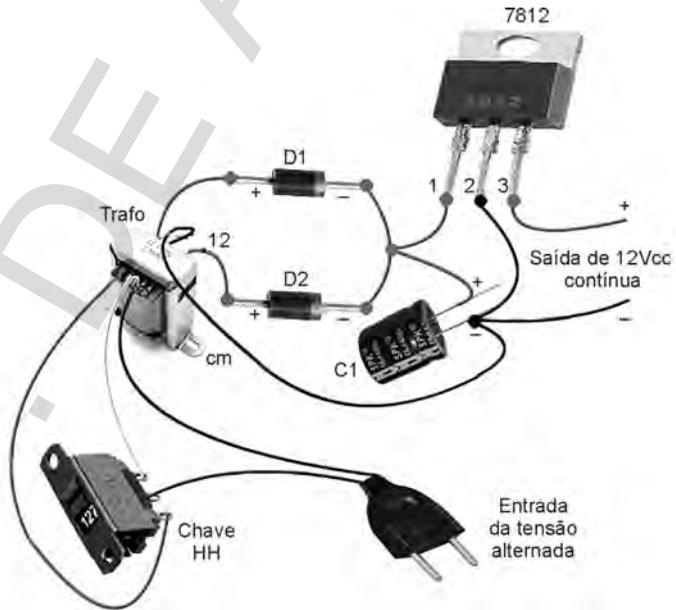


FIGURA 1.17  
Circuito da fonte.

Fonte: Acervo dos autores.



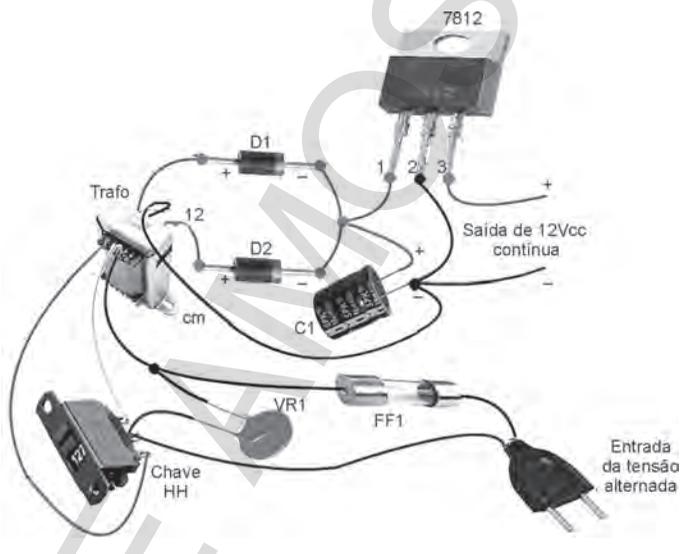
**PROTEÇÃO DE SURTO**

Os dois fios da rede são ligados no varistor VR1, que, ao detectar o aumento (Figura 1.18) da tensão, atua diminuindo a resistência e, com isso, elevando a corrente na entrada.

A elevação da corrente queima o fusível FF1 que está dimensionado para 250mA e desliga o circuito, evitando a queima dos demais componentes.

**FIGURA 1.18**  
Circuito da fonte com proteção de surto.

Fonte: Acervo dos autores.

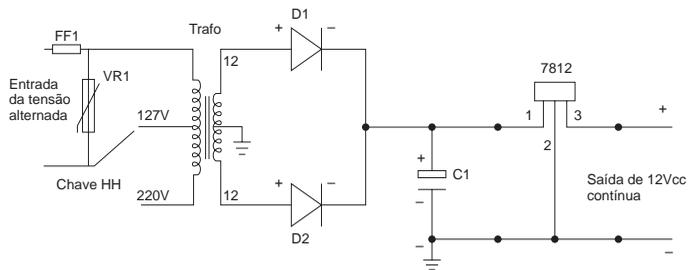


O diagrama com a simbologia é visto na Figura 1.19, e o posicionamento do varistor e do fusível, na entrada da tensão da rede.

O fusível protege a fonte, mas limita o seu uso, impedindo que equipamentos com potência superior à nominal possam funcionar.

**FIGURA 1.19**  
Diagrama convencional da fonte com proteção de surto.

Fonte: Acervo dos autores.



A potência nominal da fonte se refere à sua capacidade, que é dada em watts, unidade de medida da potência elétrica.

A potência, nesse caso, está limitada ao transformador, que é de 1,5A. Para descobrir o valor da potência, é necessário multiplicar o valor da tensão de saída da fonte pela corrente nominal do trafo, sendo  $12 \times 1,5$ , que corresponde a 18W.

Para indicar que a fonte está ligada, é importante ligar um LED para sinalizar seu funcionamento.

Na saída de 12V da fonte (Figura 1.20) é ligado um resistor de  $470\Omega$  em série com o diodo zener. A ligação em série consiste na conexão entre dois componentes de forma que o terminal de um seja ligado no terminal do outro, seguidamente, formando uma fileira, permitindo que a corrente elétrica tenha apenas um caminho para percorrer sem haver, nesse caso, a possibilidade de derivação em algum ponto. Essa forma de ligação é conhecida como *circuito série*.

O LED é ligado em paralelo com o zener ou, para ficar mais fácil de entender, é conectado aos dois terminais do zener.

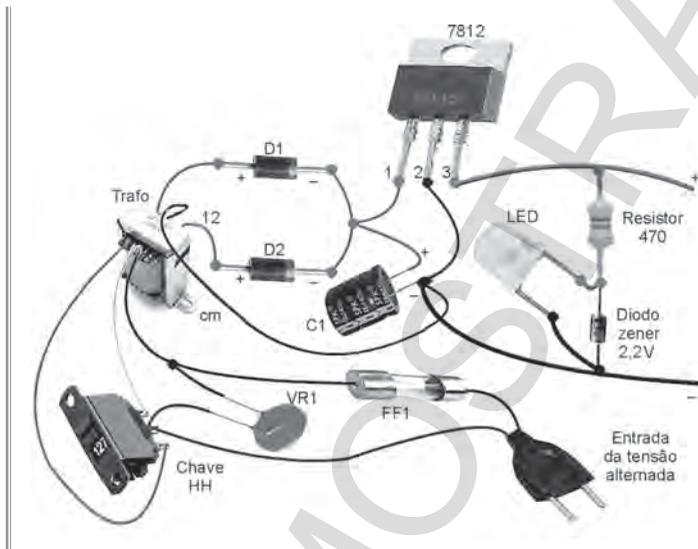
Pensemos assim: o zener e o resistor dividem a tensão de 12V entre eles. O zener fica com 2,2V e o resistor com o restante, ou seja, com 9,8V ( $12 - 2,2 = 9,8V$ ).

O zener vai garantir sempre essa tensão de 2,2V em seus terminais, assegurando que o LED não fique vulnerável à queima na hipótese de um aumento de tensão causado por uma possível variação ou oscilação da rede.

Quando a fonte for energizada, o LED vai acender e permanecer assim durante todo o tempo em que ela estiver ligada.

FIGURA 1.20  
Circuito da fonte com proteção de surto e LED para indicação de ligado ou desligado.

Fonte: Acervo dos autores.



Na Figura 1.21, é possível notar no diagrama que o diodo zener está invertido, tendo o terminal positivo conectado ao negativo do circuito e o negativo do componente no resistor que, por sua vez, está ligado no positivo da fonte.

Essa ligação em que a polaridade do diodo se inverte é conhecida como “diodo reversamente polarizado”.

Nessa configuração, o zener atua como regulador da tensão, mantendo em seus terminais a tensão nominal para a qual ele foi projetado.



## CURIOSIDADES

A grande diferença entre os dois tipos de diodo é justamente esta: o retificador é ligado diretamente polarizado, já o zener é ligado reversamente polarizado.

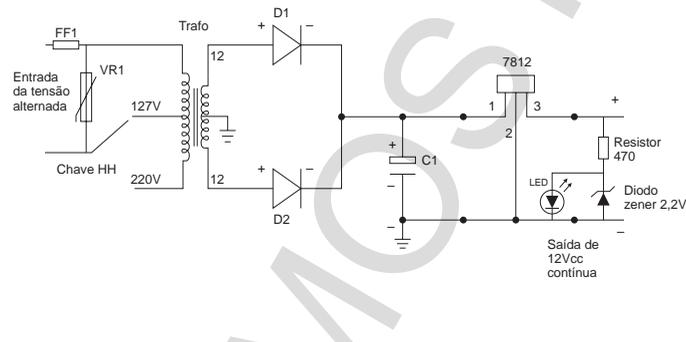
Na Figura 1.21, é possível constatar a simbologia de todos os componentes da fonte completa.

Observe que a simbologia do diodo zener é diferente do diodo retificador.

O LED possui simbologia semelhante à dos diodos, com a diferença de que aparecem duas setas indicando a incidência de luz.

FIGURA 1.21  
Diagrama convencional da fonte com proteção de surto e LED para indicação de ligado ou desligado.

Fonte: Acervo dos autores.



### Descrição técnica dos componentes

É importante atentar para a descrição comercial dos componentes, na qual alguns termos que devem ser empregados no momento da compra deles fogem dos técnicos. Segue a lista completa com essas especificações:

- 1 transformador com entrada bivolt e saída 12 + 12 com derivação central
- 1 chave HH
- 2 diodos retificadores 1N4008
- 1 regulador de tensão 7812
- 1 capacitor eletrolítico 1000 $\mu$ F/25V
- 1 plug macho para extensão
- 1 varistor para 240V
- 1 fusível 1,5A
- 1 LED
- 1 resistor de 470 $\Omega$
- 1 diodo zener de 2,2V

## CONCEITOS E CÁLCULOS DO VALOR SENOIDAL DA TENSÃO

- Tensão eficaz
- Tensão de pico
- Tensão de pico a pico
- Tensão de ondulação

Para montar a fonte, não basta escolher os componentes aleatoriamente; é preciso realizar alguns cálculos com base em determinados conceitos apresentados a seguir.

### TENSÃO EFICAZ

Ao medir o secundário do transformador, temos 12V em corrente alternada, sendo que esse valor é realmente útil na aplicação de qualquer circuito.

Como o próprio nome diz, é o valor de tensão que será eficaz, já descontando as perdas por variações, porém não é contínua.

Os multímetros são usados para aferir a tensão eficaz.

### TENSÃO DE PICO DA ONDA

A tensão de pico é a tensão máxima apresentada pelo gerador quando o valor de um semiciclo chega no topo da onda, conforme mostrado na Figura 1.22.

Embora esse valor não tenha muita utilidade prática na construção da fonte, é essencial para servir como base para calcular o capacitor de *ripple*.

A tensão de pico  $V_p$  é calculada utilizando raiz quadrada de 2:

$$\sqrt{2} = 1,41$$

$$\text{Em que: } V_p = \sqrt{2} \times V_{\text{eficaz}}$$

$$V_p = 1,41 \times 12 = 16,92V_p$$

### TENSÃO DE PICO A PICO

Outro valor que está presente na forma de onda é o de tensão de pico a pico, utilizado para calcular a tensão média ( $V_m$ ), ou seja, aquele valor que estará próximo ao resultado final do processo de retificação, sendo a tensão contínua  $V_{cc}$ .

Na Figura 1.22, é mostrado o valor de  $V_{pp}$ , sendo, na verdade, a onda completa ou os dois semiciclos.

Para esse cálculo, vamos utilizar a constante  $\pi$ .

$$\pi = 3,14$$

$$\text{Em que: } V_m = 2V_P/\pi$$

$$V_m = 2 \times 16,92 / 3,14 = 10,77V_m$$

#### CALCULANDO O CAPACITOR DE RIPPLE

O valor de ondulação, ou *ripple*, é corrigido com a aplicação do capacitor eletrolítico. Porém, é preciso calcular seu valor, considerando a corrente que vai circular pela fonte, a tolerância à variação da tensão que pode existir e o período da onda.

No caso da tensão alternada, a frequência padronizada nacionalmente é de 60 hertz, sendo essa unidade de medida abreviada como Hz.

A frequência da onda representa a quantidade de vezes que a variação da tensão acontece no período de 1 segundo, portanto temos  $1/60 = 0,016$  segundos.

Esse será o tempo que os semiciclos positivo e negativo levarão para ocorrer, conforme visto na Figura 1.22.

Outro ponto importante no cálculo do capacitor é a tolerância permitida para a variação, conhecida como *vond* ou tensão de ondulação (*ripple*), que pode variar em até 20%.

A fórmula é a seguinte:

$$C = \frac{T \times I_c}{v_{\text{ond}}}$$

Na qual:

C = capacitor

T = período da frequência da rede elétrica

$$T = \frac{1}{60\text{Hz}}$$

$I_c$  = corrente nominal da fonte

$v_{\text{ond}}$  = tensão de mínima de ondulação

$$C = (0,0166 \times 0,25) / (16,92 \times 0,20)$$

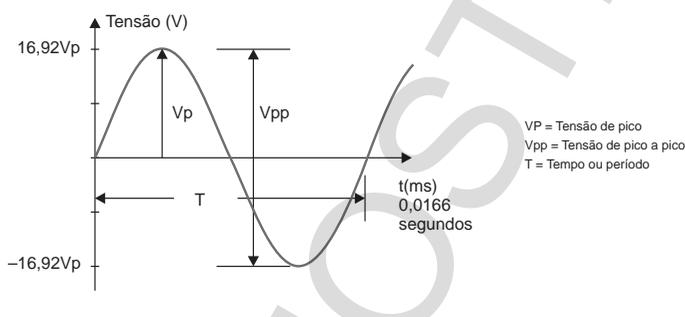
$$C = 0,00415 / 3,384 = 0,001226$$

Podemos considerar como  $1226\mu\text{F}$

Porém, o valor comercial mais próximo será de  $1000\mu\text{F}$ .

FIGURA 1.22  
Forma de onda senoidal da tensão alternada representando valor de pico e de pico a pico.

Fonte: Acervo dos autores.



## APLICANDO AS GRANDEZAS ELÉTRICAS

- Tensão
- Corrente elétrica
- Resistência elétrica
- Potência elétrica

Mário decidiu montar uma fonte para alimentar um motor de “ventoinha” que havia retirado de um computador antigo para que, enfim, fosse utilizado como miniventilador na sua escrivaninha.

Lendo as descrições impressas no próprio corpo do motor, constatou que se tratava de um dispositivo com tensão nominal de 12V e potência elétrica de 15W.

Sua dúvida inicial era a potência que a fonte poderia fornecer. Como descobrir se a fonte que havia acabado de montar com 12Vcc e 250mA era capaz de fornecer energia suficiente para o motor?

Vamos calcular!

Para saber a potência, é preciso multiplicar a tensão pela corrente elétrica, sendo:

$$P = V \times I$$

$$P = 12 \times 0,250 = 3\text{W}$$

Assim, a fonte somente poderia fornecer 3W, sendo impossível alimentar o motor, já que este exigiria 15W.

Para solucionar tudo isso, foi preciso recalculer o valor do transformador da fonte.

Primeiro devemos saber a corrente que o motor “solicitará” da fonte. Para isso:

$$I = P/V$$

$$I = 15/12 = 1,25A$$

Portanto o trafo utilizado precisa ter 12V da mesma forma, mas a corrente deverá ser bem maior, entre 1,25 e 1,5A.

Com isso, fica evidenciada a diferença dessas três grandezas. Mas, embora sejam distintas, elas se relacionam entre si e uma depende da outra no circuito.

Outra grandeza que está diretamente ligada a essas três do exemplo é a resistência, que também pode ser calculada.

Vejamos:

Se no exemplo anterior fosse ligada uma lâmpada em vez do motor e esta estivesse com a descrição do valor de potência apagada, apresentando apenas o de tensão (12V), bastaria medir o valor da resistência.

Com o valor medido, podemos calcular a corrente:

$$I = V/R$$

$$I = 12/*25\Omega = 0,48\Omega \text{ ou } 480m\Omega$$

$$*\text{Valor medido} = 25\Omega$$




---

## EXPLICAÇÕES ADICIONAIS

Medindo a resistência

Outro recurso do multímetro é a escala de resistência, que pode ser usada para a medição de resistores ou outros componentes que apresentem valores característicos.

FIGURA 1.23  
Medição do  
resistor.

Fonte: Acervo dos  
autores.



De acordo com a Figura 1.23, as pontas de prova precisam estar conectadas aos dois terminais do resistor.

Para essa medição você deverá selecionar a escala de resistência do multímetro, indicada pelo símbolo  $\Omega$ .

O multímetro tem várias opções para diferentes medições de grandezas, como tensão, corrente, continuidade e capacitância, que veremos nos próximos capítulos.

---

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

---

- 1 O que significa tensão de pico?
- 2 O que significa tensão média?
- 3 O que significa tensão eficaz?
- 4 Calcule um capacitor para uma fonte com tensão  $V_{ca} = 15V$  e corrente máxima de  $500mA$ , com tolerância para a tensão de *ripple* igual a  $17\%V_p$ .
- 5 Diferencie a aplicação dos dois tipos de diodos existentes quanto ao uso na fonte.
- 6 Qual a importância do capacitor na fonte, sua unidade de medida e seus submúltiplos?

- 7 Qual a importância do regulador de tensão?
- 8 Calcule a resistência de um resistor que, ao ser ligado na fonte de 12V, apresentou 300mA.
- 9 Qual a potência do cordão de LED que, ao ser ligado em 12V, constatou uma corrente igual a 1,4A?

Para uma melhor compreensão do conteúdo apresentado, acesse e acompanhe os vídeos<sup>1</sup> referentes a este capítulo. Entre no site da Alta Books ([www.altabooks.com.br](http://www.altabooks.com.br)) e procure pelo título ou ISBN da obra.

---

<sup>1</sup> Vídeos produzidos e editados pelos autores. A editora Alta Books não se responsabiliza pelos conteúdos oferecidos e/ou disponibilizados nesta obra.