



2023

13. Díodos

R2: SCRAPY Guide

Número do projeto: **2021-1-FR01-KA220-SCH-000031617**



 Co-funded by
the European Union

O apoio da Comissão Europeia à produção desta publicação não constitui um endosso do conteúdo, que reflete apenas as opiniões dos autores, e a Comissão não pode ser responsabilizada por qualquer uso que possa ser feito das informações nele contidas.

ECAM EPMI
30/04/2023

Índice

1 Introdução	2
2 Díodos ideais	2
3 Símbolo do circuito	3
4 Características reais do diodo	4
4.1 Relação Corrente-Tensão	5
4.2 Tensão de avanço	5
4.3 Tensão de rutura	6
4.4 Folhas de dados de diodo	6
5 Tipos de Díodos	8
5.1 Díodos de potência	9
5.2 Díodos emissores de luz (LEDs!)	9
5.3 Díodos Schottky	10
5.4 Díodos Zener	11
5.5 Fotodíodos	12
6. Aplicações de Diodos	12
6.1 Retificadores	13
6.2 Proteção contra corrente inversa	14
6.3 Portões Lógicos	15
7. Diodos flyback e supressão de picos de tensão	15
8 Conclusão	16

1 Introdução

Depois de se formar nos componentes simples e passivos que são resistores, capacitores e indutores, é hora de entrar no maravilhoso mundo dos semicondutores. Um dos componentes semicondutores mais utilizados é o díodo.

Díodo

Nesta lição, abordaremos:

- O que é um díodo!?
- Teoria do funcionamento dos díodos
- Propriedades importantes dos díodos
- Diferentes tipos de díodos
- Qual é o aspeto dos díodos
- Aplicações típicas de díodos

Alguns dos conceitos desta lição baseiam-se em conhecimentos prévios de eletrônica. Antes de saltar para este tutorial, considere ler (pelo menos skimming) estes primeiro:

- O que é um Circuito?
 - Todo projeto elétrico começa com um circuito. Não sabe o que é um circuito? Estamos aqui para ajudar.
- Tensão, Corrente, Resistência e Lei de Ohm
 - Conheça a Lei de Ohm, uma das equações mais fundamentais de toda a engenharia elétrica.
- O que é eletricidade?
 - Podemos ver a eletricidade em ação em nossos computadores, iluminando nossas casas, como raios em tempestades, mas o que é isso? Esta não é uma pergunta fácil, mas este tutorial irá lançar alguma luz sobre isso!
- Circuitos Paralelos e em Série
 - Uma introdução aos circuitos em série e paralelos.

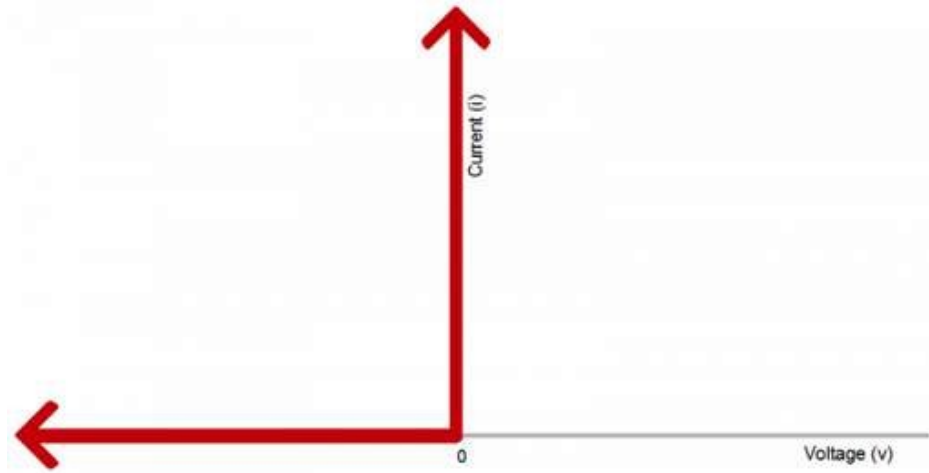
2 Díodos ideais

A principal função de um diodo ideal é controlar a direção do fluxo de corrente. A corrente que passa por um diodo só pode ir em uma direção, chamada de direção para frente. Atualmente tentando fluir na direção inversa está bloqueado. Eles são como a válvula unidirecional da eletrônica.

Se a tensão através de um díodo for negativa, nenhuma corrente pode fluir*, e o díodo ideal parece um circuito aberto. Em tal situação, diz-se que o díodo está desligado ou com tendência inversa.

Desde que a tensão através do diodo não seja negativa, ele "liga" e conduz a corrente. Idealmente* um diodo agiria como um curto-circuito (0V através dele) se estivesse

corrente condutora. Quando um diodo está conduzindo corrente ele é enviesado para a frente (jargão eletrônico para "on").



A relação corrente-tensão de um díodo ideal. Qualquer tensão negativa produz corrente zero - um circuito aberto. Desde que a tensão não seja negativa, o díodo parece um curto-circuito.

Características ideais do diodo

Modo de Operação	On (Enviesado para a frente)	Off (Enviesamento inverso)
Corrente Através	$I > 0$	$I = 0$
Tensão transversal	$V = 0$	$V < 0$
Diodo parece	Short circuit	Open circuit

3 Símbolo do circuito

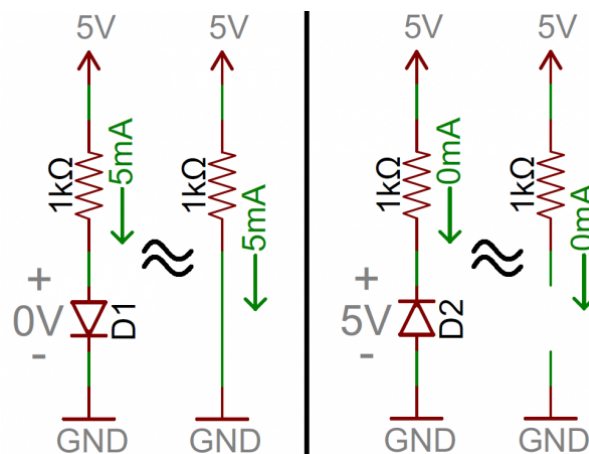
Cada diodo tem **dois terminais - conexões em cada extremidade do componente - e esses** terminais são polarizados, o que significa que os **dois terminais** são distintamente diferentes. É importante não misturar as conexões em um diodo para cima. A extremidade positiva de um diodo é chamada de ânodo, e a extremidade negativa é chamada de cátodo. A corrente pode fluir da extremidade do **ânodo** para o **cátodo**, mas não na outra direção. Se se esquecer de que forma a corrente flui através de um diodo, tente lembrar-se do ÁCIDO mnemônico: "corrente anódica em diodo" (também ânodo-cátodo é um diodo).

O símbolo do circuito de um diodo padrão é um triângulo que se encosta a uma linha. Como abordaremos mais adiante neste tutorial, há uma variedade de tipos de diodos, mas geralmente, seu símbolo de circuito será mais ou menos assim:



O símbolo dos díodos

O terminal que entra na borda plana do triângulo representa o ânodo. A corrente flui na direção em que o triângulo/seta está apontando, mas não pode ir para o outro lado.



Um exemplo simples de circuito de diodo

Acima estão alguns exemplos de circuitos de diodos simples. À esquerda, o diodo D1 é inclinado para a frente e permite que a corrente flua através do circuito. Parece um curto-circuito. À direita, o diodo D2 é de viés inverso. A corrente não pode fluir através do circuito, e parece um circuito aberto.

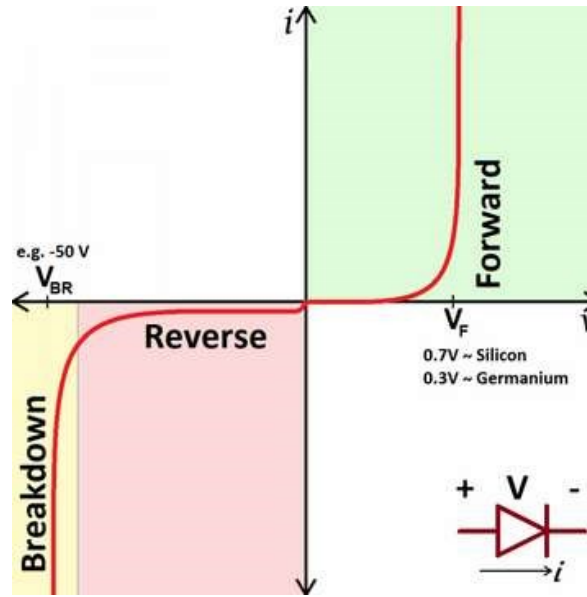
*Ressalva! Asterisk! Não é totalmente verdade... Infelizmente, não existe um diodo ideal. Mas não se preocupe! Os díodos são reais, têm apenas algumas características que os fazem operar um pouco menos do que o nosso modelo ideal...

4 Características reais do diodo

Idealmente, os díodos bloquearão qualquer corrente que flua no sentido inverso, ou apenas agirão como um curto-circuito se o fluxo de corrente estiver para a frente. Infelizmente, o comportamento real do diodo não é o ideal. Os díodos consomem alguma quantidade de energia ao conduzir corrente para a frente e não bloqueiam toda a corrente inversa. Os díodos do mundo real são um pouco mais complicados, e todos eles têm características únicas que definem como eles operam.

4.1 Relação Corrente-Tensão

A característica mais importante do diodo é a sua relação corrente-tensão (i-v). Isso define qual é a corrente que atravessa um componente, dada a tensão que é medida através dele. As resistências, por exemplo, têm uma relação i-v simples e linear...**Lei de Ohm**. A curva i-v de um diodo, no entanto, é totalmente não-linear. Tem a seguinte aparência:



A relação corrente-tensão de um diodo. Para exagerar alguns pontos importantes do gráfico, as escalas nas metades positiva e negativa não são iguais.

Dependendo da tensão aplicada através dele, um diodo irá operar em uma das três regiões:

1. Viés para a frente: Quando a tensão através do diodo é positiva, o diodo está "ligado" e a corrente pode passar. A tensão deve ser maior do que a tensão de avanço (V_F) para que a corrente seja algo significativo.
2. Viés inverso: Este é o modo "off" do diodo, onde a tensão é menor que V_F , mas maior que $-V_{BR}$. Neste modo, o fluxo de corrente é (principalmente) bloqueado e o diodo está desligado. Uma quantidade muito pequena de corrente (na ordem de nA) - chamada corrente de saturação reversa - pode fluir em sentido inverso através do diodo.
3. Avaria: Quando a tensão aplicada através do diodo é muito grande e negativa, muitas correntes serão capazes de fluir no sentido inverso, do cátodo ao ânodo.

4.2 Tensão de avanço

Para "ligar" e conduzir a corrente na direção da frente, um diodo requer uma certa quantidade de tensão positiva para ser aplicada através dele. A tensão típica necessária para ligar o diodo é chamada de tensão de avanço (V_F). Também pode ser chamada de tensão de corte ou on-voltage.

Como sabemos a partir da curva $i-v$, a corrente através e a tensão através de um diodo são interdependentes. Mais corrente significa mais tensão e menos tensão significa menos corrente. Uma vez que a tensão chega a cerca da tensão nominal de avanço, no entanto, grandes aumentos na corrente ainda devem significar apenas um aumento muito pequeno na tensão. Se um diodo estiver totalmente condutor, pode normalmente presumir-se que a tensão que o atravessa é a tensão nominal de avanço.



Um multímetro com um ajuste de diodo pode ser usado para medir (o mínimo de) queda de tensão direta de um diodo.

O VF de um diodo específico depende do material semiconductor de que é feito. Normalmente, um diodo de silício terá um VF de cerca de 0,6-1V. Um diodo à base de germânio pode ser menor, em torno de 0,3V. O tipo de diodo também tem alguma importância na definição da queda de tensão para a frente; Os diodos emissores de luz podem ter um VF muito maior, enquanto os diodos Schottky são projetados especificamente para ter uma tensão frontal muito menor do que o normal.

4.3 Tensão de rutura

Se uma tensão negativa suficientemente grande for aplicada ao diodo, este cederá e permitirá que a corrente flua no sentido inverso. Esta grande tensão negativa é chamada de tensão de rutura. Alguns diodos são projetados para operar na região de rutura, mas para a maioria dos diodos normais não é muito saudável para eles serem submetidos a grandes tensões negativas.

Para diodos normais, esta tensão de rutura é de cerca de -50V a -100V, ou ainda mais negativa.

4.4 Folhas de dados de diodo

Todas as características acima devem ser detalhadas na ficha técnica para cada diodo. Por exemplo, esta ficha técnica para um diodo 1N4148 lista a tensão de avanço máxima (1V) e a tensão de rutura (100V) (entre muitas outras informações):

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$, unless otherwise specified)						
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Forward voltage	$I_F = 10\text{ mA}$	V_F			1000	mV
Reverse current	$V_R = 20\text{ V}$	I_R			25	nA
	$V_R = 20\text{ V}, T_J = 150^{\circ}\text{C}$	I_R			50	μA
	$V_R = 75\text{ V}$	I_R			5	μA
Breakdown voltage	$I_R = 100\text{ }\mu\text{A}, t_p/T = 0.01, t_p = 0.3\text{ ms}$	$V_{(BR)}$	100			V
Diode capacitance	$V_R = 0\text{ V}, f = 1\text{ MHz}, V_{HF} = 50\text{ mV}$	C_D			4	pF
Rectification efficiency	$V_{HF} = 2\text{ V}, f = 100\text{ MHz}$	η_r	45			%
Reverse recovery time	$I_F = I_R = 10\text{ mA}, i_R = 1\text{ mA}$	t_{rr}			8	ns
	$I_F = 10\text{ mA}, V_R = 6\text{ V}, i_R = 0.1 \times I_R, R_L = 100\text{ }\Omega$	t_{rr}			4	ns
ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ($T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$, unless otherwise specified)						
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	VALUE	UNIT		
Repetitive peak reverse voltage		V_{RRM}	100	V		
Reverse voltage		V_R	75	V		
Peak forward surge current	$t_p = 1\text{ }\mu\text{s}$	I_{FSM}	2	A		
Repetitive peak forward current		I_{FRM}	500	mA		
Forward continuous current		I_F	300	mA		
Average forward current	$V_R = 0$	$I_{F(AV)}$	150	mA		
Power dissipation	$l = 4\text{ mm}, T_L = 45^{\circ}\text{C}$	P_{tot}	440	mW		
	$l = 4\text{ mm}, T_L \leq 25^{\circ}\text{C}$	P_{tot}	500	mW		

Uma folha de dados de díodos

Uma folha de dados pode até apresentar-lhe um gráfico de corrente-tensão de aparência muito familiar, para detalhar melhor como o diodo se comporta. Este gráfico da folha de dados do diodo amplia a parte curvilínea da região para frente da curva i-v. Observe como mais corrente requer mais tensão:

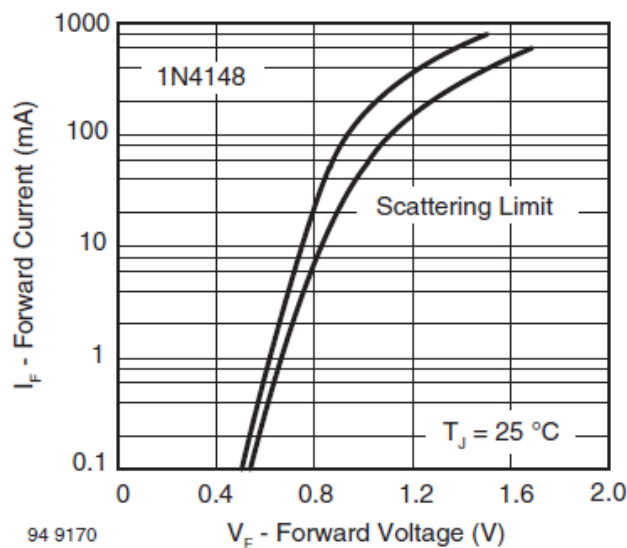


Fig. 2 - Forward Current vs. Forward Voltage

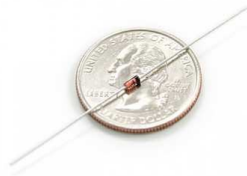
Gráfico de corrente-tensão

Esse gráfico aponta outra característica importante do diodo - a corrente máxima para frente. Tal como qualquer componente, os díodos só conseguem dissipar tanta energia antes de soprarem. Todos os díodos devem listar a corrente máxima, a tensão reversa e a dissipação de energia. Se um díodo estiver sujeito a mais tensão ou corrente do que aquela que consegue suportar, espere que aqueça (ou pior, derreta, fumaça,...). Alguns díodos são adequados para altas correntes -- 1A ou mais -- outros como o diodo de sinal pequeno 1N4148 mostrado acima podem ser adequados apenas para cerca de 200mA. Esse 1N4148 é apenas uma pequena amostra de todos os diferentes tipos de díodos que existem por aí. Em seguida, vamos explorar a incrível variedade de díodos que existem e para que serve cada tipo.

5 Tipos de Díodos

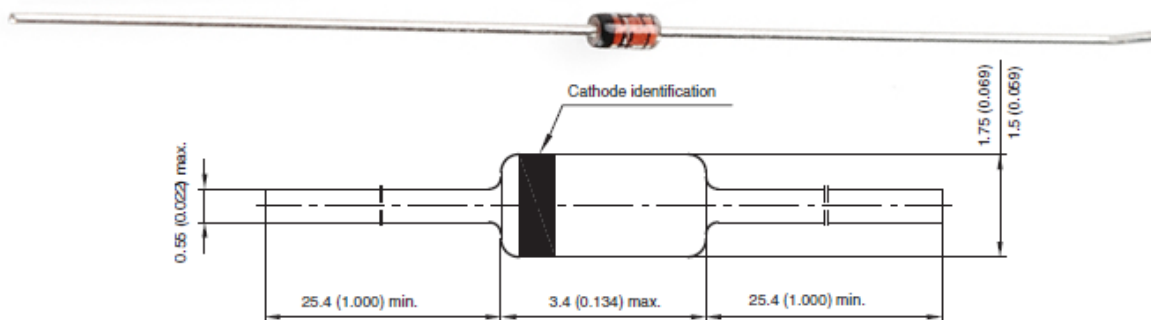
Díodos-Sinal Normais

Os díodos de sinal padrão estão entre os membros mais básicos, médios e sem frescura da família de díodos. Eles geralmente têm uma queda de tensão de avanço média-alta e uma baixa classificação de corrente máxima. Um exemplo comum de um diodo de sinal é o **1N4148**.



Díodos de sinal padrão

Uso muito geral, tem uma queda de tensão de avanço típica de 0,72V e uma classificação de corrente avançada máxima de 300mA.



Um díodo de sinal pequeno, o 1N4148. Observe o círculo preto em torno do diodo, que marca qual dos terminais é o cátodo.

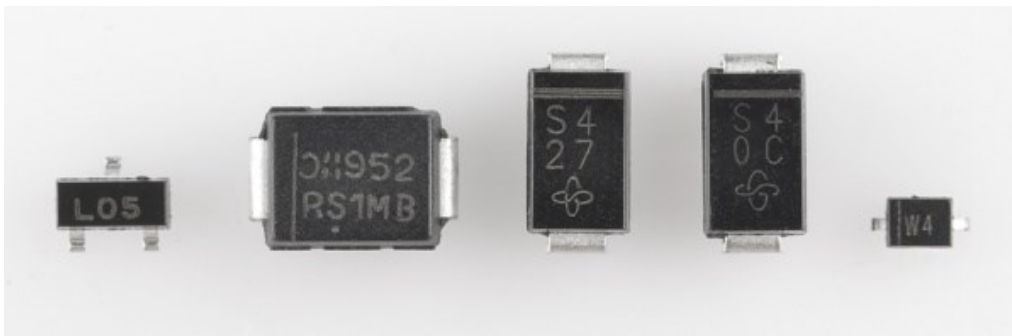
5.1 Díodos de potência

Um retificador ou diodo de potência é um diodo padrão com uma classificação de corrente máxima muito mais alta. Esta classificação de corrente mais alta geralmente vem ao custo de uma tensão de avanço maior. O 1N4001 é um exemplo de um diodo de potência.

O 1N4001 tem uma classificação de corrente de 1A e uma tensão de avanço de 1,1V.



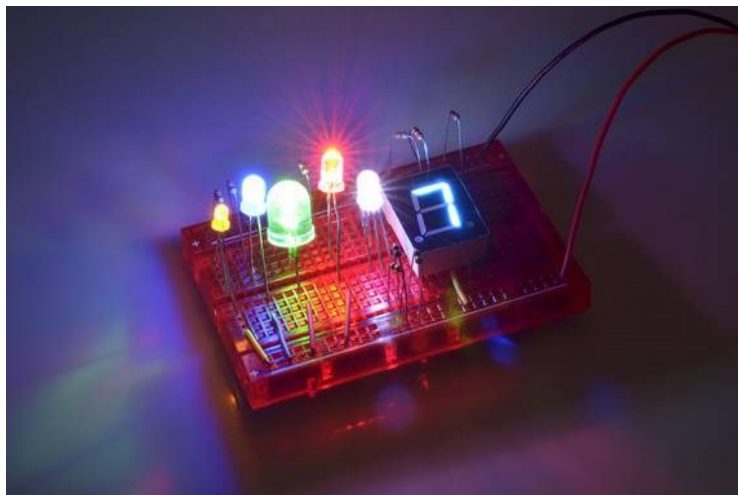
Um diodo PTH 1N4001.



Um diodo PTH 1N4001. Desta vez, uma faixa cinzenta indica qual o pino que é o cátodo.

5.2 Díodos emissores de luz (LEDs!)

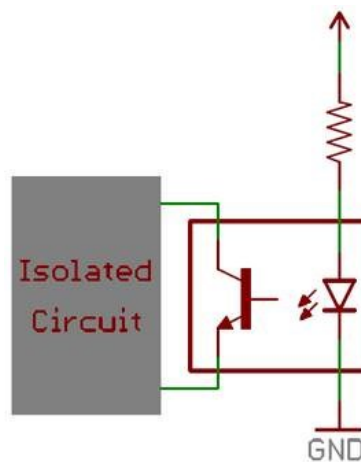
O membro mais vistoso da família de díodos deve ser o diodo emissor de luz (LED). Estes díodos acendem-se literalmente quando é aplicada uma tensão positiva.



Um punhado de LEDs através do buraco. Da esquerda para a direita: um amarelo 3mm, azul 5mm, verde 10mm, vermelho super-brilhante 5mm, um RGB 5mm e um LED azul de 7 segmentos.

Como os diodos normais, os LEDs só permitem corrente através de uma direção. Eles também têm uma tensão nominal de avanço, que é a tensão necessária para que eles se iluminem. A classificação VF de um LED é geralmente maior do que a de um diodo normal (1.2~3V), e depende da cor que o LED emite. Por exemplo, a tensão nominal de alimentação de um LED Super Bright Blue é de cerca de 3,3V, enquanto a de um LED Super Bright Red de tamanho igual é de apenas 2,2V.

Na maioria das vezes, você encontrará LEDs em aplicações de iluminação. Eles são chamativos e divertidos! Mas, mais do que isso, sua alta eficiência levou ao uso generalizado em postes de iluminação pública, displays, retroiluminação e muito mais. Outros LEDs emitem luz que não é visível ao olho humano, como os LEDs infravermelhos, que são a espinha dorsal da maioria dos controles remotos. Outro uso comum de LEDs é isolar opticamente um perigoso sistema de alta tensão de um circuito de baixa tensão. Os isoladores Opto emparelham um LED infravermelho com um fotossensor, que permite que a corrente flua quando detecta luz LED. Abaixo está um exemplo de circuito de um optoisolante. Observe como o símbolo esquemático para o diodo varia do diodo normal. Os símbolos LED adicionam algumas setas que se estendem para fora do símbolo.



Um optoisolador

5.3 Diodos Schottky

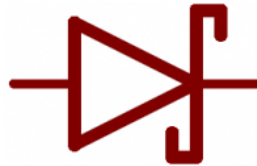
Outro diodo muito comum é o diodo Schottky.



Um diodo Schottky

A composição semicondutora de um diodo Schottky é ligeiramente diferente de um diodo normal, e isso resulta em uma **queda de tensão de avanço muito menor**, que geralmente está entre 0,15V e 0,45V. Eles ainda terão uma tensão de rutura muito grande.

Os diodos Schottky são especialmente úteis para limitar as perdas quando cada último bit de tensão *deve* ser poupado. Eles são únicos o suficiente para obter um símbolo de circuito próprio, com algumas curvas na extremidade da linha catódica.



Um símbolo de diodo Schottky

5.4 Díodos Zener

Os díodos Zener são os estranhos párias da família dos díodos. Eles geralmente são usados para conduzir intencionalmente correntes inversas.

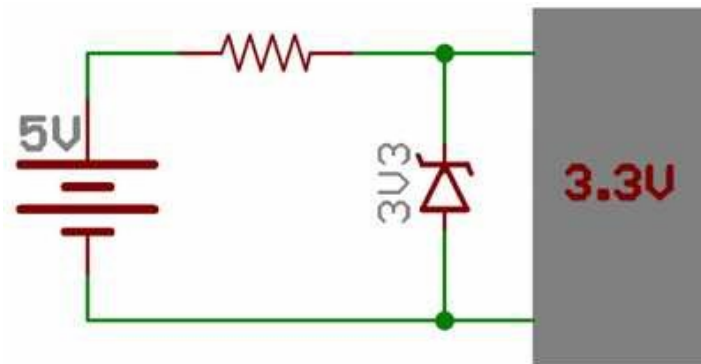


Um diodo Zener

Zener é projetado para ter uma tensão de rutura muito precisa, chamada de quebra Zener ou tensão Zener. Quando corrente suficiente corre em marcha-atrás através do Zener, a queda de tensão através dele irá manter-se estável na tensão de rutura.

Tirando partido da sua propriedade de avaria, os díodos Zener são frequentemente utilizados para criar uma tensão de referência conhecida exatamente na sua tensão Zener. Eles podem ser usados como um regulador de tensão para pequenas cargas, mas não são feitos para regular a tensão para circuitos que puxarão quantidades significativas de corrente.

Zener é especial o suficiente para obter seu símbolo de circuito, com extremidades onduladas na linha do cátodo. O símbolo pode até definir o que, exatamente, é a tensão Zener do diodo. Aqui está um diodo Zener de 3,3 V atuando para criar uma referência de tensão sólida de 3,3 V:



Diodo Zener de 3,3 V atuando para criar uma referência de tensão sólida de 3,3 V

5.5 Fotodiodos

Os fotodiodos são diodos especialmente construídos, que capturam energia de fótons de luz (ver Física, quântico) para gerar corrente elétrica. Tipo de funcionamento como um anti-LED.



Um fotodiodo BPW34 (não o quarto, a pequena coisa em cima disso). Obtenha-o sob o sol e ele pode gerar cerca de alguns μW de energia!

As células solares são o principal benfeitor da tecnologia de fotodiodos. Mas estes díodos também podem ser usados para detetar a luz, ou mesmo comunicar opticamente.

6. Aplicações de Diodos

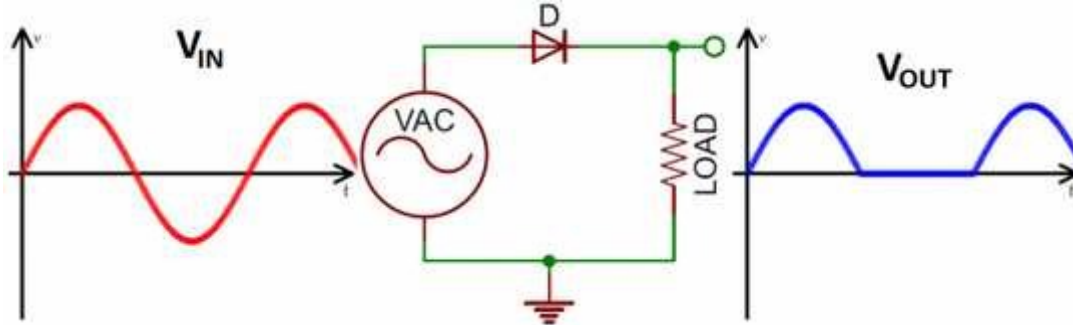
Para um componente tão simples, os diodos têm uma enorme gama de usos. Você encontrará um diodo de algum tipo em cerca de todos os circuitos. Eles podem ser apresentados em qualquer coisa, desde uma lógica digital de sinal pequeno até um circuito de conversão de energia de alta tensão. Vamos explorar algumas dessas aplicações.

6.1 Retificadores

Um retificador é um circuito que converte corrente alternada (CA) em corrente contínua (DC). Esta conversão é crítica para todos os tipos de eletrônicos domésticos. Os sinais AC saem das tomadas de parede da sua casa, mas DC é o que alimenta a maioria dos computadores e outros microeletrônicos.

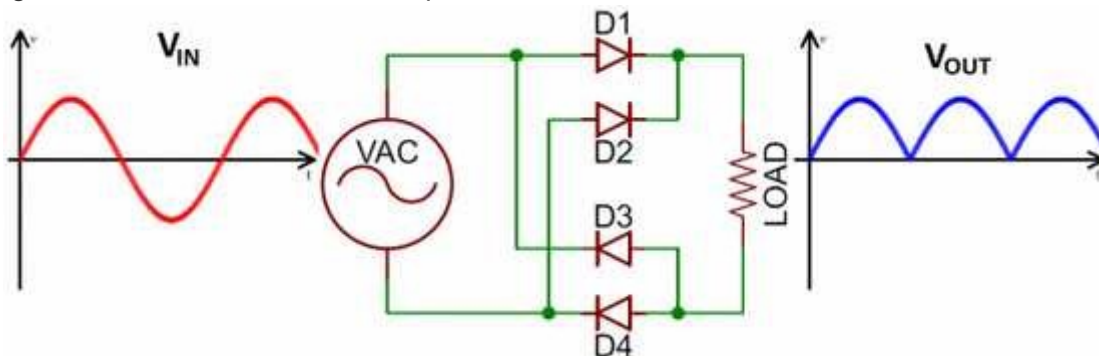
A corrente em circuitos CA alterna -- alterna rapidamente entre correr nas direções positiva e negativa -- mas a corrente em um sinal DC só corre em uma direção. Então, para converter de AC para DC você só precisa se certificar de que a corrente não pode ser executada na direção negativa. Parece um trabalho para DIODES!

Um retificador de meia onda pode ser feito de apenas um único diodo. Se um sinal CA, como uma onda senoidal por exemplo, é enviado através de um diodo, qualquer componente negativo para o sinal é cortado.



Formas de onda de tensão de entrada (vermelho/esquerda) e saída (azul/direita), depois de passar pelo circuito retificador de meia onda (meio).

Um retificador de ponte de onda completa usa quatro diodos para converter essas corcovas negativas no sinal CA em corcovas positivas.



O circuito retificador da ponte (meio) e a forma de onda de saída que cria (azul/direita).

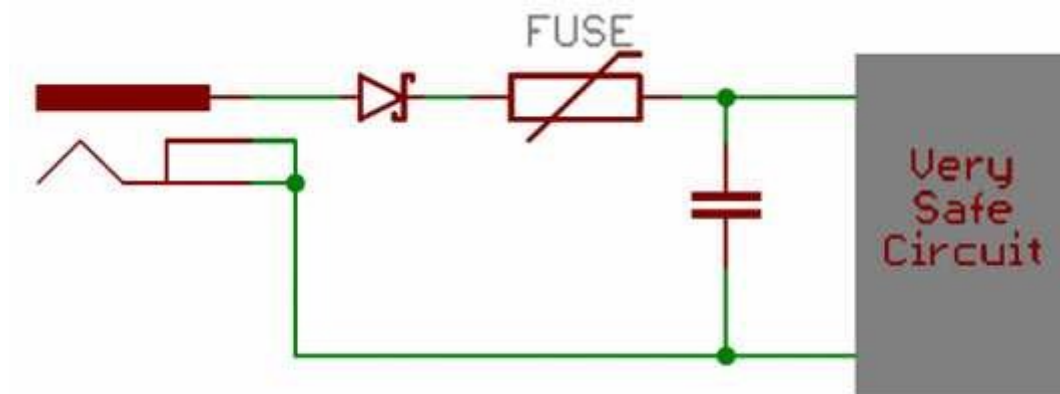
Estes circuitos são um componente crítico em fontes de alimentação AC-CC, que transformam o sinal de 120/240VAC da tomada de parede em sinais de 3.3V, 5V, 12V, etc. DC. Se você rasgasse uma verruga de parede, provavelmente veria um punhado de diodos lá, corrigindo-a.



Você consegue ver os quatro diodos fazendo um retificador de ponte nesta verruga de parede?

6.2 Proteção contra corrente inversa

Já alguma vez enfiou uma bateria de forma errada? Ou trocar os fios de energia vermelhos e pretos? Se assim for, um diodo pode ser para agradecer por seu circuito ainda estar vivo. Um diodo colocado em série com o lado positivo da fonte de alimentação é chamado de diodo de proteção reversa. Ele garante que a corrente só pode fluir na direção positiva, e a fonte de alimentação só aplica uma tensão positiva ao seu circuito.



Proteção de corrente reversa

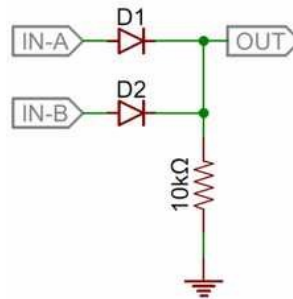
Esta aplicação de diodo é útil quando um conector de fonte de alimentação não está polarizado, tornando mais fácil bagunçar e conectar acidentalmente a fonte negativa ao positivo do circuito de entrada.

A desvantagem de um diodo de proteção reversa é que ele induzirá alguma perda de tensão por causa da queda de tensão para frente. Isto faz dos díodos Schottky uma excelente escolha para díodos de proteção inversa.

6.3 Portões Lógicos

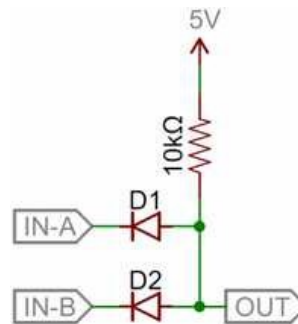
Esqueça os transístores! Portas lógicas digitais simples, como o AND ou o OR, podem ser construídas a partir de diodos.

Por exemplo, uma porta OR de duas entradas de diodo pode ser construída a partir de dois diodos com nós catódicos compartilhados. A saída do circuito lógico também está localizada nesse nó. Sempre que qualquer entrada (ou ambas) é uma lógica 1 (alta/5V) a saída torna-se uma lógica 1 também. Quando ambas as entradas são uma lógica 0 (baixo/0V), a saída é puxada para baixo através do resistor.



Diodo de duas entradas OU

Um portão AND é construído de forma semelhante. Os *ânodos* de ambos os diodos estão conectados, que é onde a saída do circuito está localizada. Ambas as entradas devem ser lógica 1 forçando a corrente a correr em direção ao pino de saída e puxando-o para o alto também. Se qualquer uma das entradas for baixa, a corrente da fonte de alimentação de 5V passa pelo diodo.



Diodo com portão AND

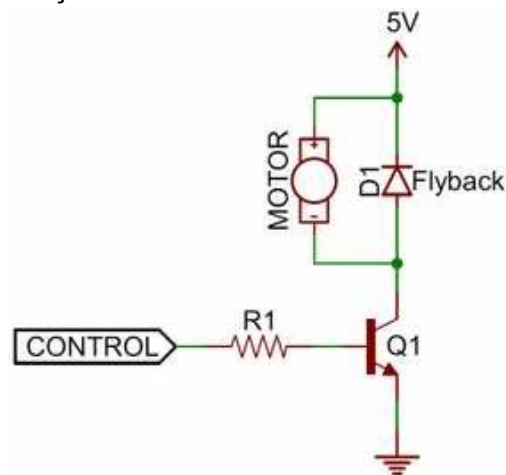
Para ambas as portas lógicas, mais entradas podem ser adicionadas adicionando apenas um único diodo.

7. Diodos flyback e supressão de picos de tensão

Os díodos são frequentemente utilizados para limitar os danos potenciais causados por grandes picos inesperados de tensão. Os díodos de supressão de tensão transitória (TVS) são díodos especiais, como díodos mais zen -- tensões de rutura (frequentemente

em torno de 20V) -- mas com potências muito grandes (muitas vezes na gama dos quilowatts). Eles são projetados para desviar correntes e absorver energia quando as tensões excedem sua tensão de ruptura.

Os diodos flyback fazem um trabalho semelhante de supressão de picos de tensão, especificamente aqueles induzidos por um componente indutivo, como um motor. Quando a corrente através de um indutor muda repentinamente, um pico de tensão é criado, possivelmente um pico negativo muito grande. Um diodo flyback colocado ao longo da carga indutiva dará a esse sinal de tensão negativa um caminho seguro para a descarga, na verdade fazendo looping repetidamente através do indutor e diodo até que ele eventualmente desapareça.



Diodo flyback

Isso é apenas um punhado de aplicações para este pequeno componente semicondutor incrível.

8 Conclusão

Agora que você já entendeu os diodos, gostaria de explorar mais os semicondutores:

- Transístores
- LEDs
- Ou aprenda sobre circuitos integrados, como:
 - 555 temporizadores
 - Amplificadores operacionais
 - Registos de turnos

Ou descubra alguns dos outros componentes eletrônicos comuns:

- Resistências
- Capacitores
- Indutores
- Reguladores de tensão