

Escola SENAI "Prof. Dr. Euryclides de Jesus Zerbini"
Campinas/SP



2002

Eletrônica Analógica
Prática

Eletrônica Analógica – Atividades de Laboratório

© SENAI, Departamento Regional de São Paulo, 2002

Trabalho elaborado pela
Escola SENAI “Prof. Dr. Euryclides de Jesus Zerbini”

Coordenação Geral *Magno Díaz Gomes*

Equipe responsável

Coordenação *Geraldo Machado Barbosa*

Elaboração *Regina Célia Roland Novaes (DRD)*

Conteúdo técnico *Airton Almeida de Moraes (CFP 1.18)*
Júlio César Caetano (CFP 3.02)

Diagramação *Airton Almeida de Moraes (CFP 1.18)*

Ilustrações *José Luciano de Souza Filho (DRD)*
José Joaquim Pecegueiro (DRD)

Equipe responsável pela editoração

Coordenação *Luciano Marcelo Lucena da Silva*

Editoração *David Tadeu Cassini Manzoti*

Edmar Fernando Camargo

Edney Messias Soares

Eudenir Scheffer Junior

Fabício Monteiro Gonçalves Dias

Edição Preliminar

SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
Escola SENAI “Prof. Dr. Euryclides de Jesus Zerbini”
Avenida da Saudade, 125, Bairro Ponte Preta
CEP 13041-670 - Campinas, SP
senaizerbini@sp.senai.br

Sumário

Teste de diodos	5
Diodo em Condução	13
Curva Característica do diodo	17
Diodo Semicondutor	21
Circuitos retificadores monofásicos	25
Verificar o funcionamento de circuito retificador monofásico	45
Circuito retificador com filtro	57
Retificação e filtragem capacitiva	75
Verificar o funcionamento do LED	79
Diodo Zener	83
Verificar o funcionamento do diodo Zener	87
Curva Característica do diodo Zener	99
Diodo Zener como regulador de tensão	103
Testar transistor Bipolar	115
Características do transistor bipolar	119
Polarização de Transistor	133
Verificar o funcionamento do transistor Bipolar	143
Transistor como chave	153
Estabilizadores	161
Verificar o funcionamento de fonte regulada	167

Teste de diodos


Nas montagens e manutenções de circuitos eletrônicos muitas vezes é necessário testar componentes que estão sendo utilizados. Com instrumentos simples como o multímetro é possível a realização de alguns testes.

Neste capítulo, vamos tratar de uma forma prática de testes em diodos semicondutores e LEDs.

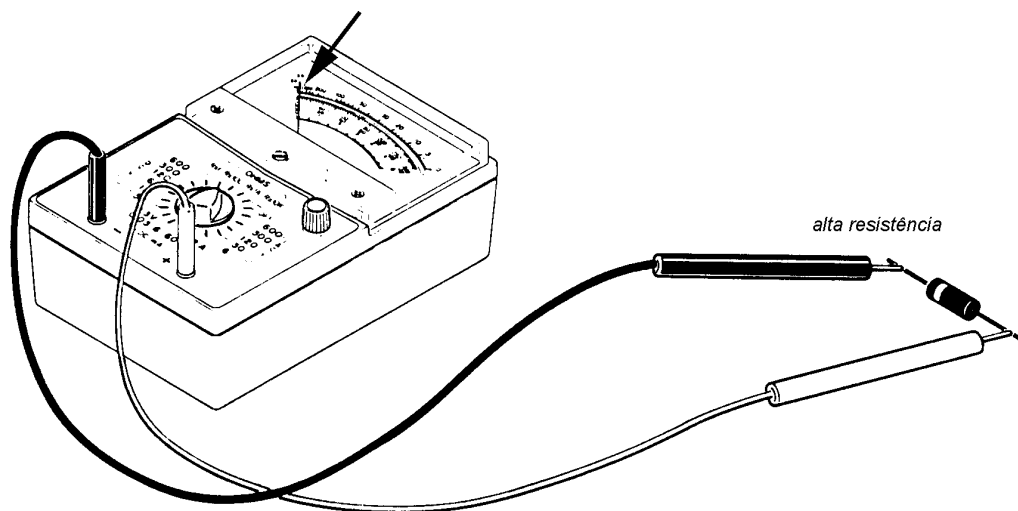
Para desenvolver os conteúdos e atividades aqui apresentados, você já deverá conhecer diodo semicondutor e diodo emissor de luz.

Testes de diodos

As condições de funcionamento de um diodo são verificadas pela medição de resistência através do multímetro. Esses testes se resumem na verificação da resistência do componente nos sentidos da condução e do bloqueio, utilizando a tensão fornecida pelas baterias do ohmímetro.

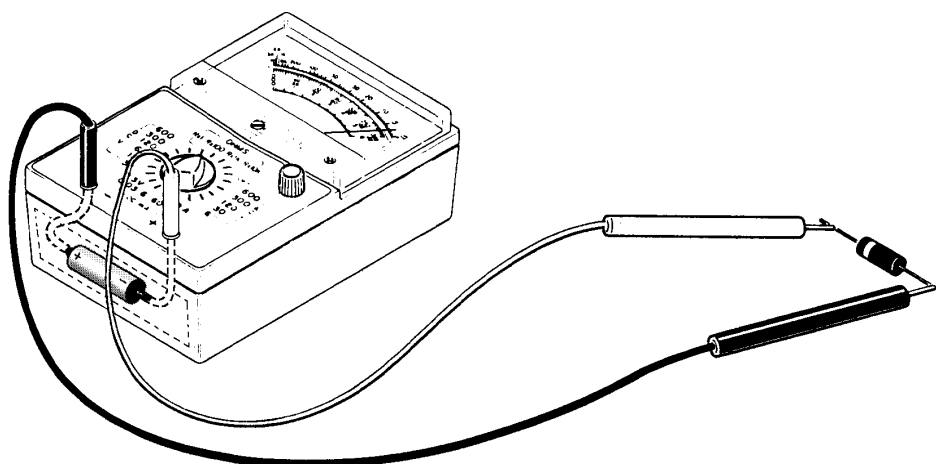
condução  \longrightarrow *baixa resistência interna (até 500 Ω)*

bloqueio  \longrightarrow *altíssima resistência interna (vários K Ω)*



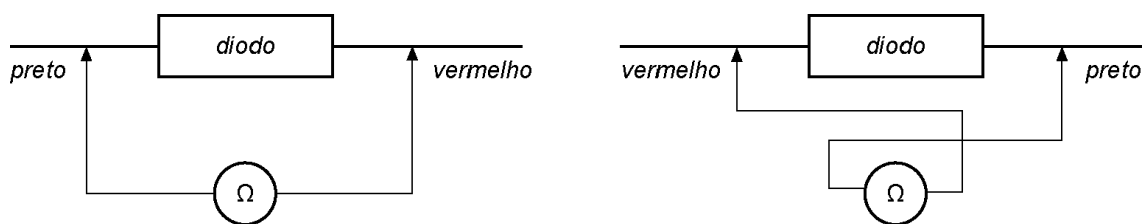
Teste com o multímetro analógico

Ao testar componentes semicondutores com um multímetro analógico portátil, deve-se levar em consideração o fato de que todos eles possuem as polaridades das baterias internas (polaridade real) inversas daquelas marcadas nos bornes de entrada do aparelho. Isso significa que o borne “+” é o **pólo negativo** da bateria interna e o borne “-” é o **positivo**.



Execução dos testes

Para determinar se o diodo está defeituoso, não é necessário identificar os terminais anodo e catodo. Deve-se apenas colocar as pontas de prova do multíteste sobre o diodo nos dois sentidos possíveis.



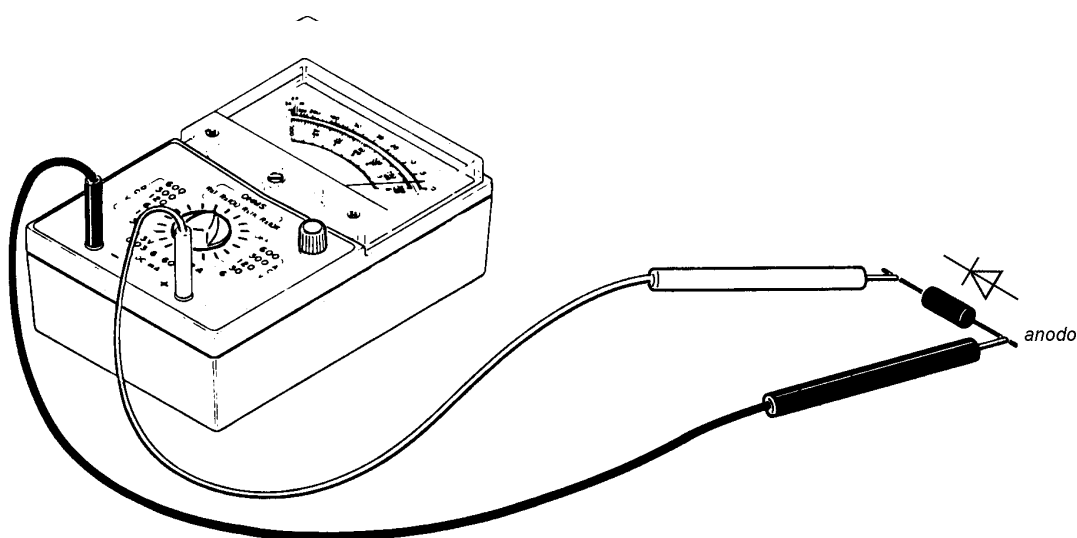
O diodo em boas condições deve apresentar em uma das medidas (ohmímetro em escala R x 10) baixa resistência e, ao inverter as pontas de prova, a outra medida deve apresentar alta resistência.

Se as duas leituras indicarem baixa resistência, o diodo está em curto, pois conduz a corrente elétrica nos dois sentidos.

Se as duas leituras indicarem alta resistência, o diodo está aberto (ou interrompido eletricamente), bloqueando a passagem da corrente elétrica nos dois sentidos.

Identificação do anodo e do catodo de um diodo

Muitas vezes, a barra de identificação do catodo no corpo de um diodo em perfeito estado se apaga. Quando isso acontece, é possível identificar os terminais com o auxílio do multímetro, testando-os com as pontas de prova nas duas posições possíveis. Quando o multímetro indicar baixa resistência, o anodo estará conectado com a ponta de prova com polaridade real positiva. O outro terminal, portanto, será o catodo.



Identificação de diodo retificador e Zener

A maior escala do ohmímetro fornece maior tensão da bateria do instrumento. Todavia, a corrente fornecida ao componente sob teste apresenta a menor intensidade, pois é limitada pela elevada resistência interna do aparelho nessa condição. É na maior escala que podemos identificar se um diodo é **retificador** ou **Zener**.

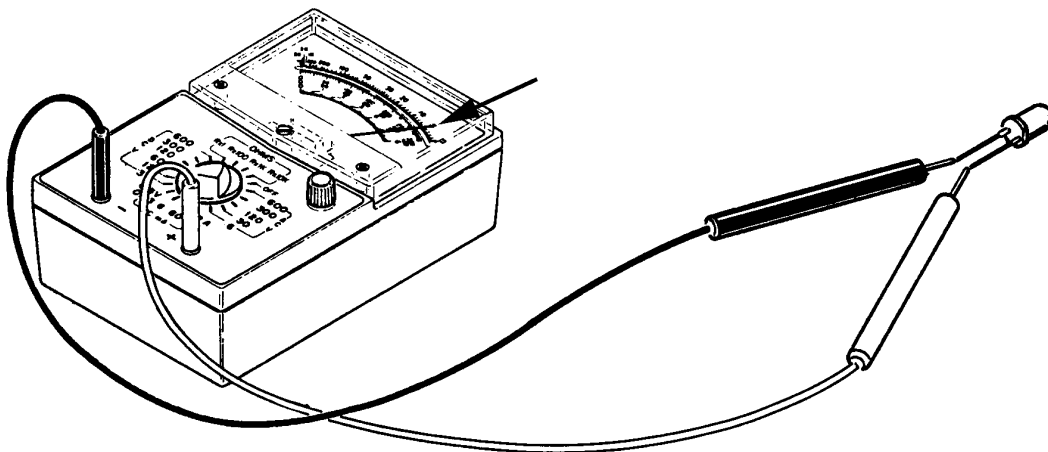
Quando o diodo polarizado inversamente e em perfeito estado é retificador, a resistência é elevadíssima (∞). Se ele for um Zener, isso não ocorre. A resistência será elevada, mas não infinita.

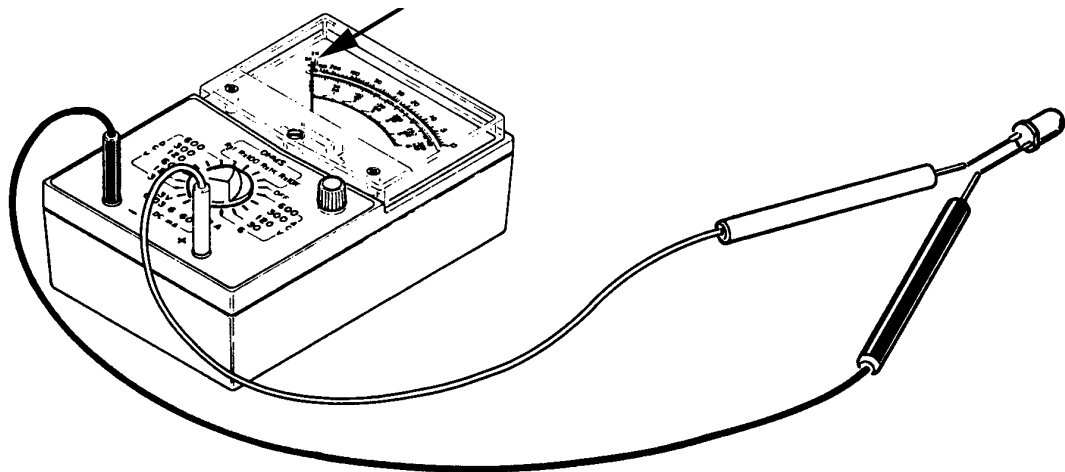
Observação

Para que essa identificação seja possível, é necessário que os componentes estejam em perfeito estado de funcionamento e que a tensão da bateria do ohmímetro seja maior que a tensão de Zener (V_Z).

Teste do LED

Os LEDs são testados como um diodo comum com o auxílio de um multímetro na escala de resistência. Em um sentido, o teste deve indicar baixa resistência e no outro, alta resistência.





Observação

Em alguns casos, dependendo do multímetro usado no teste e da escala selecionada, o LED acende durante o teste com polarização direta.

A identificação do anodo e do catodo também é feita com o multímetro, da mesma forma como o diodo comum, ou seja, testando-os com as pontas de prova nas duas posições possíveis.

Quando o multímetro indicar baixa resistência, o anodo estará conectado com a ponta de prova com polaridade real positiva. O outro terminal, portanto, será o catodo.

Exercícios

1. Responda às seguintes perguntas:

a) Antes de testar um diodo, o que deve ser observado no instrumento de medição?

b) Qual é a condição de um diodo que ao ser testado apresenta baixa resistência nas leituras das duas polarizações pelo multímetro?

c) Como é possível identificar um diodo interrompido eletricamente?

d) Qual é a forma prática de identificação dos terminais anodo e catodo de um diodo?

2. Responda:

- a) Se durante o teste de um led, por meio de multímetro, ele emitir luz pode-se admitir que está polarizado :
- () diretamente
 - () inversamente

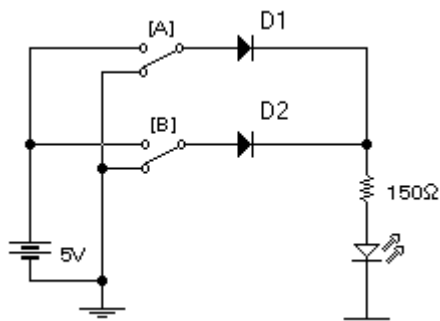
Verificar o comportamento do Diodo na condução

Objetivos:

- Visualizar a comportamento de diodos na condução.

Parte Experimental 1

1. Monte o circuito abaixo. Utilize “jumpers” para simular as chaves A e B.



2. Com as chaves A e B ligadas na fonte meça e anote as tensões em D_1 e D_2 .

V_{D1} : _____

V_{D2} : _____

Nesta situação os diodos estão polarizados direta ou reversamente?

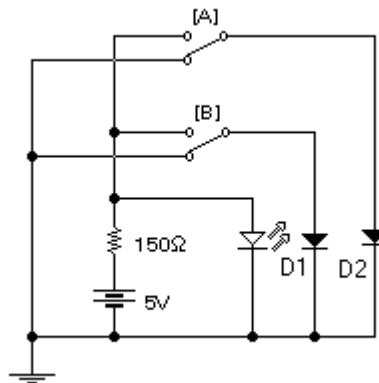
3. Sabendo que uma chave ligada à fonte representa nível lógico 1 na entrada e ligada ao terra nível lógico 0, bem como o LED aceso representa nível lógico 1 na saída e apagado nível lógico 0. Altere as posições das chaves de forma a completar a tabela verdade abaixo:

A	B	Saída
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

4. Com base na tabela verdade que você preencheu, qual porta lógica pode ser associada ao circuito?

Parte Experimental 2

1. Monte o circuito abaixo. Utilize “jumpers” para simular as chaves A e B.



2. Com as chaves A e B ligadas na fonte meça e anote as tensões em D₁ e D₂.

V_{D1} : _____

V_{D2} : _____

3. Os diodos estão polarizados direta ou reversamente?

4. Sabendo que uma chave ligada à fonte representa nível lógico 1 na entrada e ligada ao terra nível lógico 0, bem como o led aceso representa nível lógico 1 na saída e apagado nível lógico 0. Altere as posições das chaves de forma a completar a tabela verdade abaixo:

A	B	Saída
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

5. Com base na tabela verdade que você preencheu, qual porta lógica pode ser associada ao circuito?

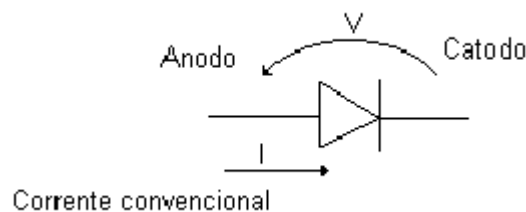
Verificar a curva característica de um diodo

Objetivos:

Levantar a curva característica de um diodo

Introdução

Diodos são dispositivos eletrônicos de dois terminais com a propriedade de permitir a passagem de corrente elétrica mais facilmente num sentido que em outro.



Se tentarmos polarizar positivamente o ânodo com relação ao cátodo, uma condição chamada polarização direta, o diodo apresenta resistência baixa, a corrente I é então limitada somente pelo circuito externo ao diodo. Este é chamado estado ON ou estado de polarização direta do diodo. Qualquer tensão no primeiro quadrante que tenda a tornar ON o diodo é então chamada tensão direta (V_F) e a corrente correspondente é a corrente direta (I_F). Temos que um diodo polarizado diretamente simula uma chave fechada.

Se V é uma quantidade negativa (ânodo negativo com relação ao cátodo), V é chamada tensão reversa (V_R) e I é correspondentemente negativa e chamada corrente reversa (I_R). Quando polarizado reversamente o diodo é tornado OFF e ele simula uma chave aberta, pois as correntes terão grande dificuldade de pode fluir no sentido inverso. Assim, na maioria das aplicações podemos considerar $I_R = 0$ para todos os valores de V_R ou $-V$.

Parte Experimental

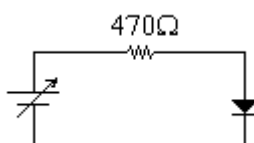
Material Experimental:

- Fonte variável
- Multímetro
- Resistor 470Ω
- Diodo

1. Meça com o ohmímetro e anote no quadro abaixo a resistência direta e reversa do diodo.

R_{direta}	
$R_{reversa}$	

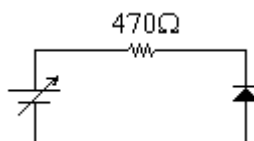
2. Monte o circuito da figura abaixo.



3. Ajuste a tensão da fonte, de tal forma a Ter no diodo os valores de tensão do quadro abaixo. Para cada caso, meça e anote a corrente no circuito.

$V_{D\ desejado} (V)$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
$V_{D\ obtido} (V)$									
$I_D (mA)$									

4. Inverta a polaridade do diodo conforme a figura abaixo.

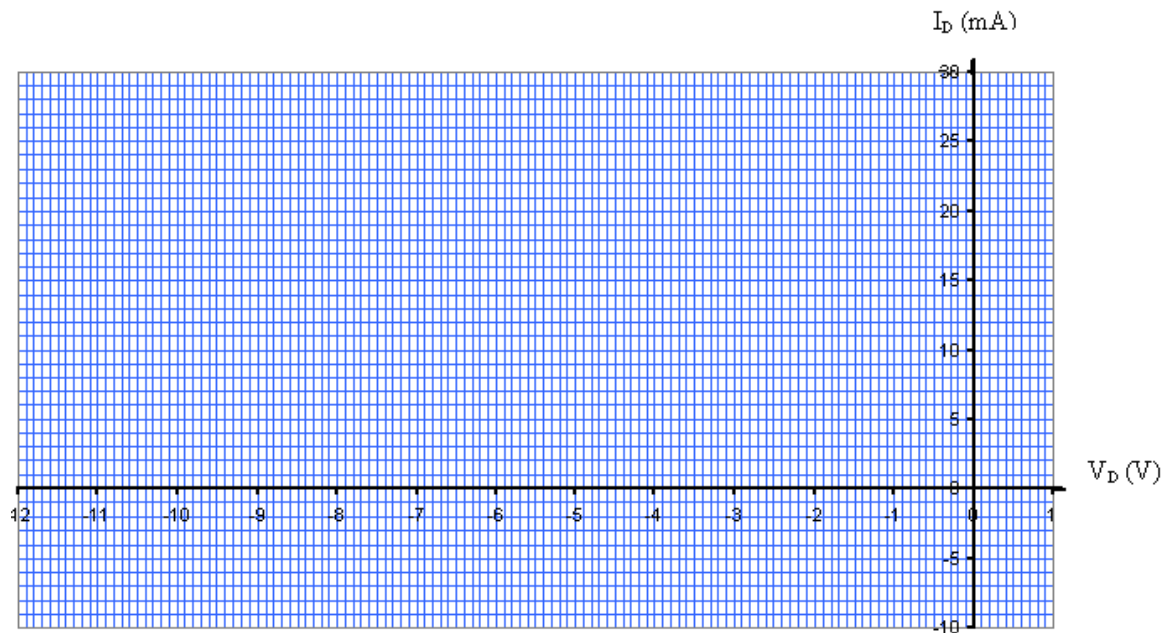


5. Ajuste a tensão da fonte, de tal forma a Ter no diodo os valores de tensão do quadro abaixo. Para cada caso, meça e anote a corrente no circuito.

V_D desejado (V)	0	2	4	6	8	10	12
V_D obtido (V)							
I_D (mA)							

Questões

1. Como você pode identificar os terminais de um diodo (anodo e catodo) com um ohmímetro?
2. A que conclusão você chega se, ao medir a resistência de um diodo, obtivesse um valor baixo tanto para a resistência direta como para a reversa?
3. Com os dados obtidos nos itens 3 e 5 construa a curva característica $I_D \times V_D$.



Diodo semicondutor

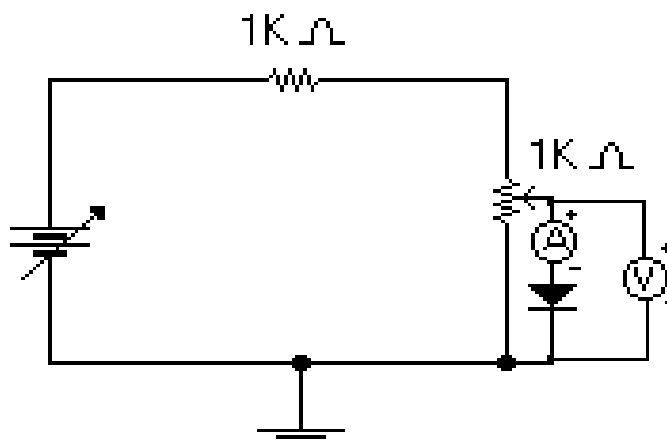
Diodos semicondutores são componentes que podem se comportar como condutores ou isolantes, dependendo da polaridade da tensão em seus terminais.

Neste ensaio, você vai verificar essas características levantando a curva característica do componente num sistema de eixos.

Equipamentos

- Fonte de alimentação CC;
- Multímetro digital;
- Matriz de Contato;
- Potenciômetro de $1K\Omega$;
- Resistor de $1K\Omega$;
- Diodo

1. Monte o circuito a seguir.

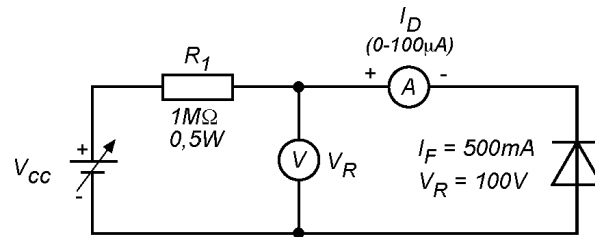


2. Ajuste o voltímetro na menor escala de tensão CC, para leituras entre 0 e 1 V.
3. Ajuste a tensão da fonte CC para 10V. Varie a posição do potenciômetro de forma a obter os valores de tensão no diodo conforme tabela que segue. Leia e anote os valores da corrente no diodo para os valores de tensão no diodo indicados na tabela a seguir.

Tensão no diodo - V_D (V)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Corrente no diodo - I_D (A)									

4. Desligue a fonte de alimentação.
5. O que você pode concluir da experiência acima?

1. Monte o circuito a seguir.

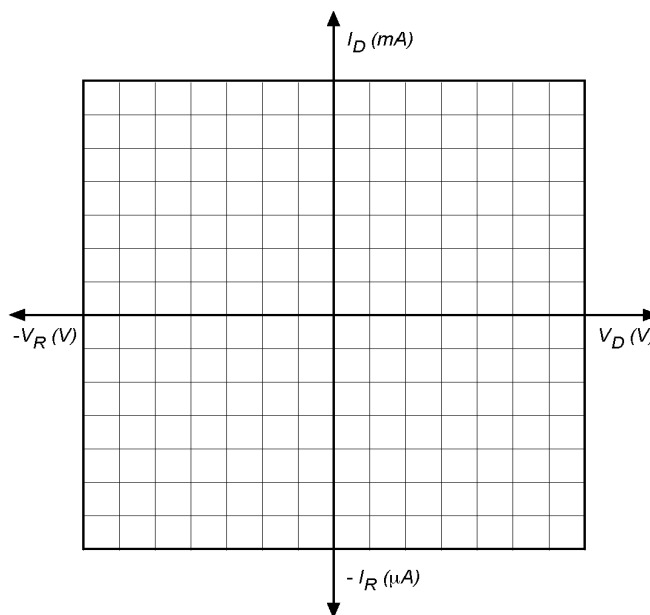


Observação: Posicione o seletor do multímetro para uma escala de 25 V_{CC} ou maior.

2. Ajuste a fonte de alimentação para tensão de saída 0 V e conecte-a na entrada do circuito.
3. Varie a tensão de entrada V_{CC} de forma a obter os valores de tensão no diodo conforme tabela que segue. Leia o valor da corrente inversa do diodo e anote o resultado na tabela a seguir.

Tensão inversa no diodo - V_R (V)	0	10	20	30	35	40	45	50
Corrente inversa no diodo - I_R (μA)								

4. Desligue a fonte de alimentação.
5. Coloque no gráfico a seguir os valores obtidos nas tabelas dos passos 4 e 9.



6. Como se comporta a corrente no diodo quando a tensão V_D (direta) atinge os valores em torno de 0,6 V?

7. Determine a resistência estática do diodo com tensão direta:

$$V_D = 0,5 \text{ V} \Rightarrow R = \dots\dots\dots\Omega$$

$$V_D = 0,7 \text{ V} \Rightarrow R = \dots\dots\dots\Omega$$

8. O que acontece com a resistência interna do diodo quando a tensão V_D aumenta?

8. Retire o diodo do circuito. Considerando que o levantamento da curva característica foi realizado com este diodo, pode-se afirmar que ele está em boas condições?

() Sim () Não

9. Teste o diodo nos dois sentidos, usando o multímetro analógico na escala R x 10. O teste confirma que o diodo está em boas condições?

() Sim () Não

10. Teste um grupo de cinco diodos (fornecidos pelo professor) e separe-os em três categorias: bons, em curto e abertos.

Circuitos retificadores monofásicos

Todos os aparelhos eletrônicos necessitam de corrente contínua para funcionar. Todavia, a rede elétrica que chega às nossas casas, nos fornece energia elétrica em forma de corrente alternada.

Assim, para que seja possível alimentar os aparelhos eletrônicos, é necessário um circuito que transforme corrente alternada em corrente contínua. Esse circuito é chamado de retificador.

Por seu largo emprego e importância, os circuitos retificadores serão o assunto deste capítulo. Para compreendê-lo com mais facilidade, é necessário conhecer corrente contínua, corrente alternada, diodo semiconductor e transformadores.

Retificação

Retificação é o processo de transformação de corrente alternada em corrente contínua, de modo a permitir que equipamentos de corrente contínua sejam alimentados por corrente alternada.

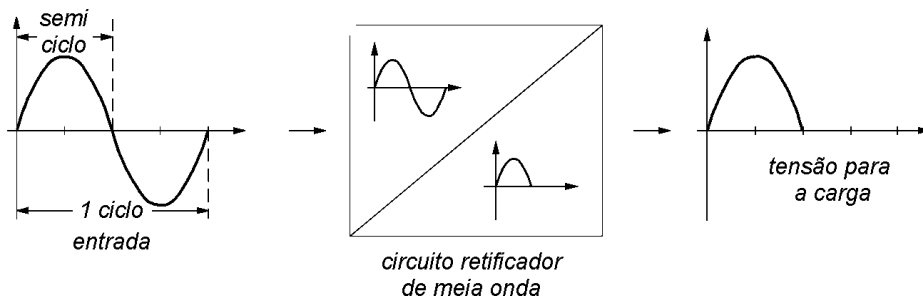
A retificação ocorre de duas formas:

- retificação de meia onda;
- retificação de onda completa.

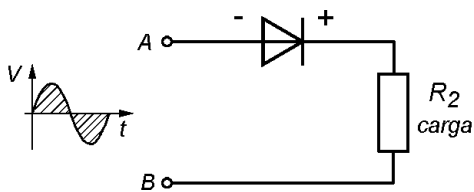
Retificação de meia-onda

De todos os circuitos retificadores que existem, o mais simples é o circuito retificador de meia-onda. Ele permite o aproveitamento de apenas um semiciclo da tensão de

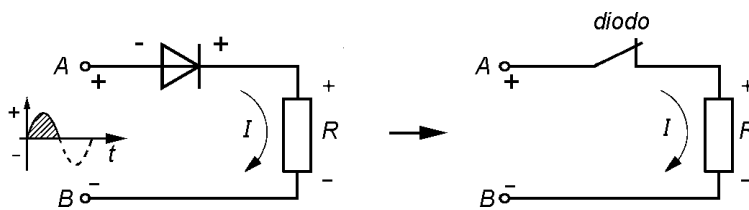
entrada de carga e é usado em equipamentos que não exigem tensão contínua pura, como os carregadores de bateria.



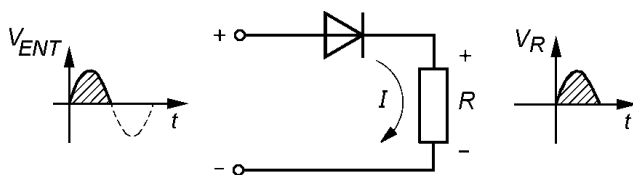
Esse circuito utiliza um diodo semiconductor pois suas características de condução e bloqueio são aproveitadas para a obtenção da retificação. Tomemos como exemplo o circuito retificador da figura a seguir.



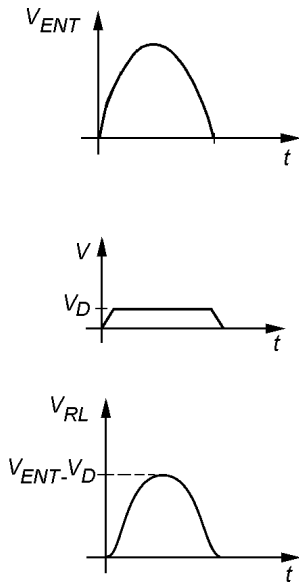
Durante o primeiro semiciclo, a tensão é positiva no ponto A e negativa em B. Essa polaridade da tensão de entrada coloca o diodo em condução e permite a circulação da corrente.



A tensão sobre a carga assume a mesma forma da tensão de entrada.



O valor do pico de tensão sobre a carga é menor que o valor do pico da tensão de entrada. Isso acontece porque o diodo durante a condução apresenta uma pequena queda de tensão.

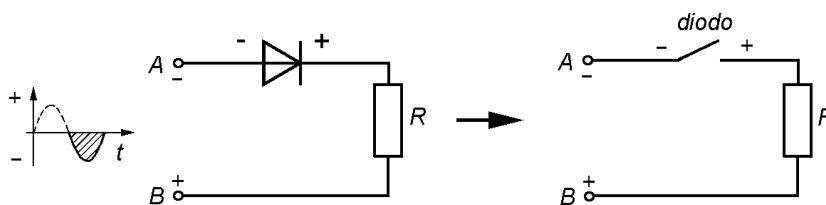


Observação

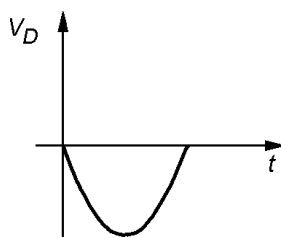
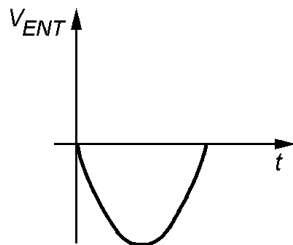
A queda de tensão (V_D) é de 0,7 V em circuitos com diodos de silício e 0,2 V em circuitos com diodos de germânio.

Na maioria dos casos, essa queda de tensão pode ser desprezada porque seu valor é muito pequeno em relação ao valor total do pico de tensão sobre a carga. Ela só deve ser considerada quando é aplicado no circuito retificador tensões de baixos valores, menores que 10 V.

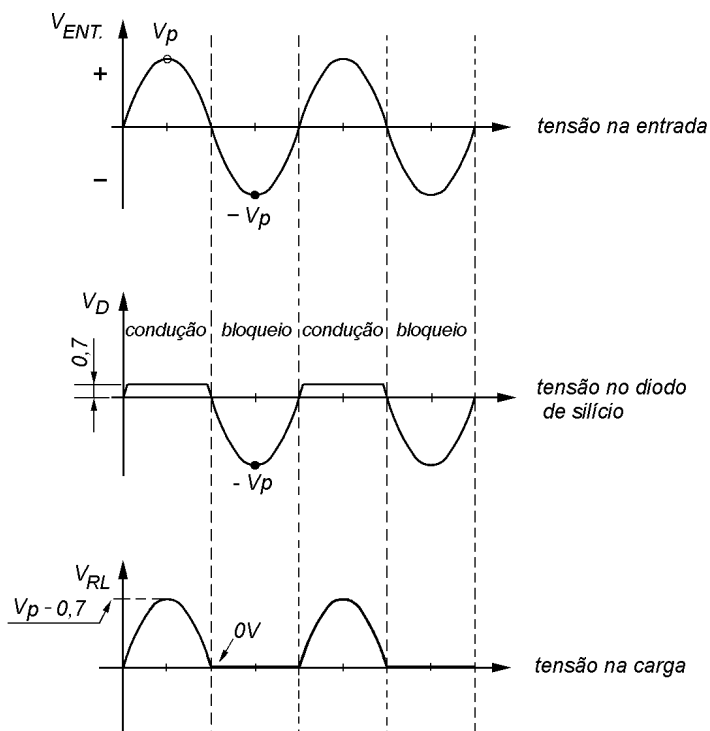
Durante o segundo semiciclo, a tensão de entrada é negativa no ponto A e positiva no ponto B. Nessa condição, o diodo está polarizado inversamente, em bloqueio, impedindo a circulação da corrente.



Com o bloqueio do diodo que está funcionando como um interruptor aberto, a tensão na carga é nula porque não há circulação de corrente



Os gráficos a seguir ilustram a evolução de um ciclo completo.

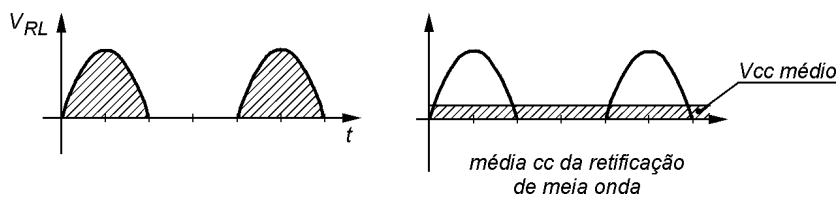


Pelos gráficos, é possível observar que a cada ciclo completo da tensão de entrada, apenas um semiciclo passa para a carga, enquanto o outro semiciclo fica sobre o diodo.

Tensão de saída

A tensão de saída de uma retificação de meia-onda é contínua, porém pulsante porque nela alternam-se períodos de existência e inexistência de tensão sobre a carga.

Assim, ao se conectar um voltímetro de CC na saída de um circuito retificador de meia-onda, a tensão indicada pelo instrumento será a média entre os períodos de existência e inexistência de tensão.



Por isso, o valor da tensão CC aplicada sobre a carga fica muito abaixo do valor efetivo da CA aplicada à entrada do circuito.

A tensão média na saída é dada pela equação:

$$V_{CC} = \frac{V_P - V_D}{\pi}$$

Onde V_{CC} é a tensão contínua média sobre a carga;

V_P é a tensão de pico da CA aplicada ao circuito ($V_P = V_{CA} \cdot \sqrt{2}$);

V_D é a queda de tensão típica do diodo (0,2 V ou 0,7 V).

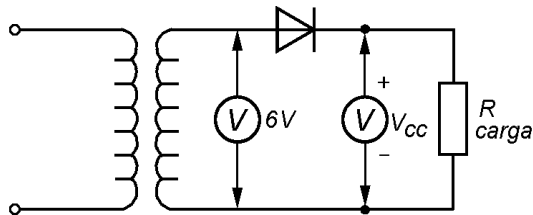
Quando as tensões de entrada (V_{CAef}) forem superiores a 10 V, pode-se eliminar a queda de tensão do diodo que se torna desprezível, rescrevendo a equação da seguinte maneira:

$$V_{CC} = \frac{V_P}{\pi} \quad \Rightarrow \quad V_{CC} = \frac{V_{CA} \cdot \sqrt{2}}{\pi}$$

Simplificando os termos , obtém-se 0,45. Logo,

$$V_{CC} = V_{CA} \cdot 0,45 \frac{\sqrt{2}}{\pi}$$

Exemplo



Dados:

$V_{CA} = 6 \text{ V}$ (menor que 10 V)

$D_1 =$ diodo retificador de silício

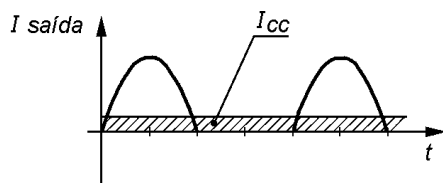
$$V_{CC} = \frac{V_P - V_D}{\pi} = \frac{(V_{CA} \cdot \sqrt{2}) - V_D}{\pi} = \frac{(6 \cdot 1,41) - 0,7}{3,14} = 2,47 \text{ V}$$

$V_{CC} = 2,47 \text{ V}$

Corrente de saída

Como na retificação de meia-onda a tensão sobre a carga é pulsante, a corrente de saída também é pulsante.

Assim, a corrente de saída é a média entre os períodos de existência e inexistência de corrente.



Esse valor é determinado a partir dos valores de tensão média e da resistência de carga, ou seja,

$$I_{CC} = \frac{V_{CC}}{R_L}$$

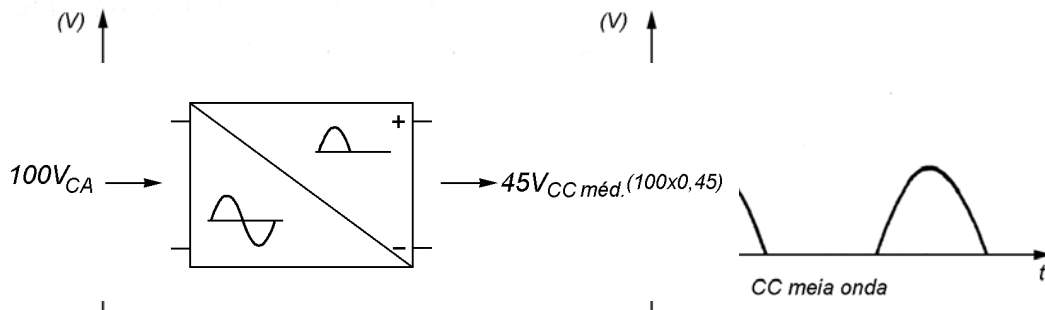
Observação

O cálculo da corrente média de saída determina os parâmetros para a escolha do diodo que será utilizado no circuito.

Inconvenientes

A retificação de meia-onda apresenta os seguintes inconvenientes:

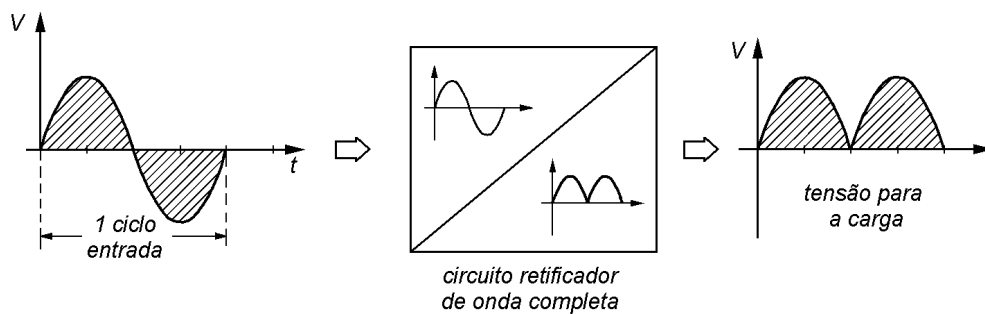
- tensão de saída pulsante;
- baixo rendimento em relação à tensão eficaz de entrada;



- mau aproveitamento da capacidade de transformação nas retificações com transformador porque a corrente circula em apenas um semiciclo;

Retificação de onda completa

A retificação de onda completa é o processo de conversão de corrente alternada em corrente contínua que aproveita os dois semiciclos da tensão de entrada.



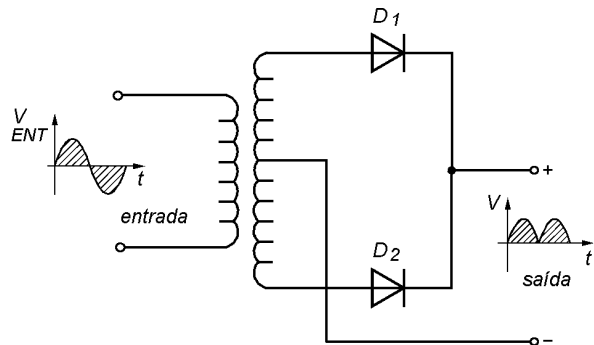
Esse tipo de retificação pode ser realizado de dois modos:

- por meio de um transformador com derivação central (C.T.) e dois diodos;

- por meio de quatro diodos ligados em ponte.

Retificação de onda completa com transformador

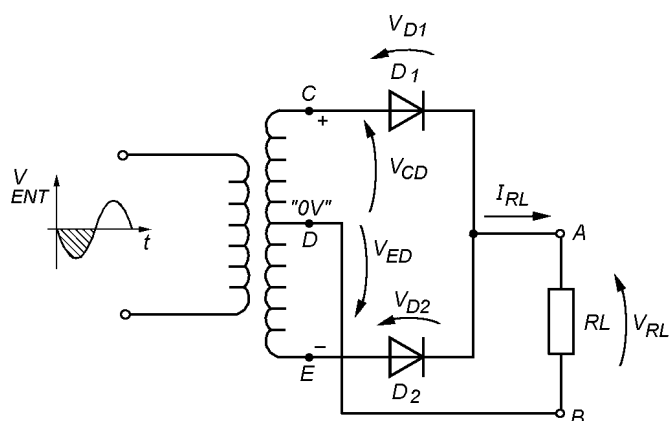
A retificação de onda completa com transformador é o processo de retificação realizado por meio de um circuito com dois diodos e um transformador **com derivação central** (ou "center tap").



Funcionamento

Para explicar o funcionamento desse circuito, vamos considerar separadamente cada semiciclo da tensão de entrada.

Inicialmente, considerando-se o terminal central do secundário do transformador como referência, observa-se a formação de duas polaridades opostas nas extremidades das bobinas.

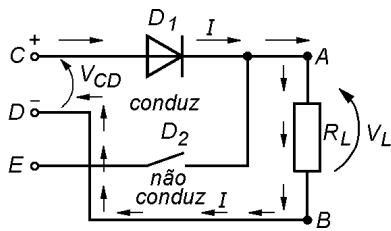


Em relação ao ponto neutro, as tensões V_{CD} e V_{ED} estão defasadas 180°

Durante o semiciclo positivo de V_{ENT} , entre os pontos C e E, o ponto C está positivo em relação ao ponto D. Nessa condição, o diodo D_1 está polarizado diretamente e, portanto, em condução.

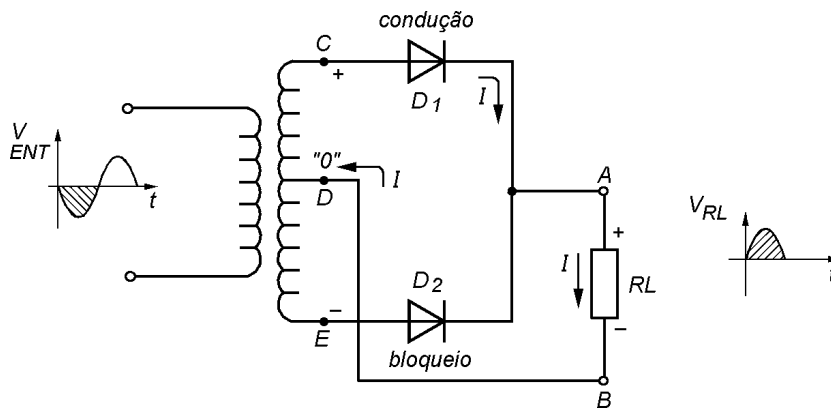
Por outro lado, o ponto D está positivo em relação a E. Nessa condição, o diodo D_2 está polarizado inversamente e, portanto, em corte.

No ponto A aparece uma tensão positiva de valor máximo igual a $V_{MÁX}$.

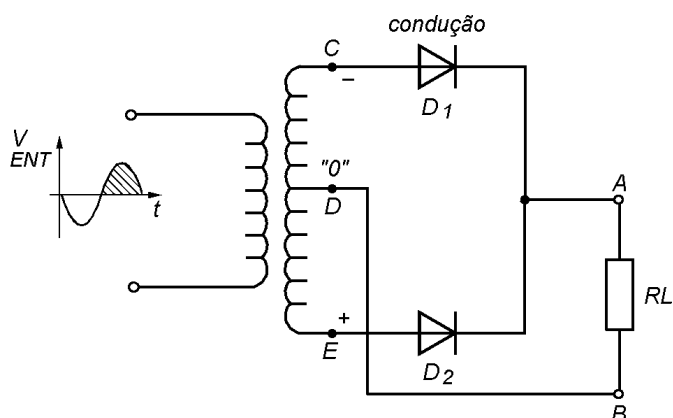


Observe que no circuito apresentado, a condição de condução de D_1 permite a circulação de corrente através da carga, do terminal positivo para o terminal negativo.

A tensão aplicada à carga é a tensão existente entre o terminal central do secundário e a extremidade superior do transformador (V_{S1}).

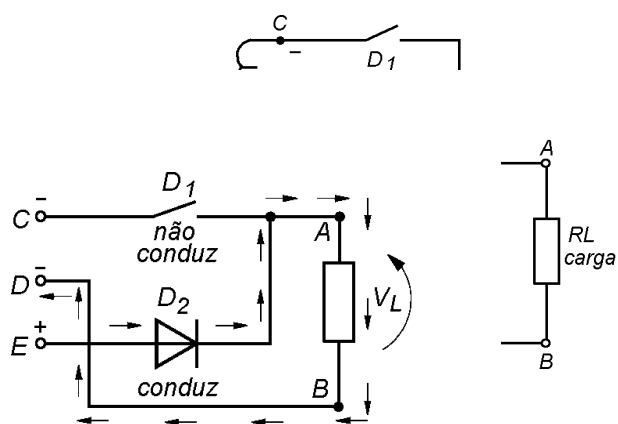


No segundo semiciclo, há uma inversão da polaridade no secundário do transformador.



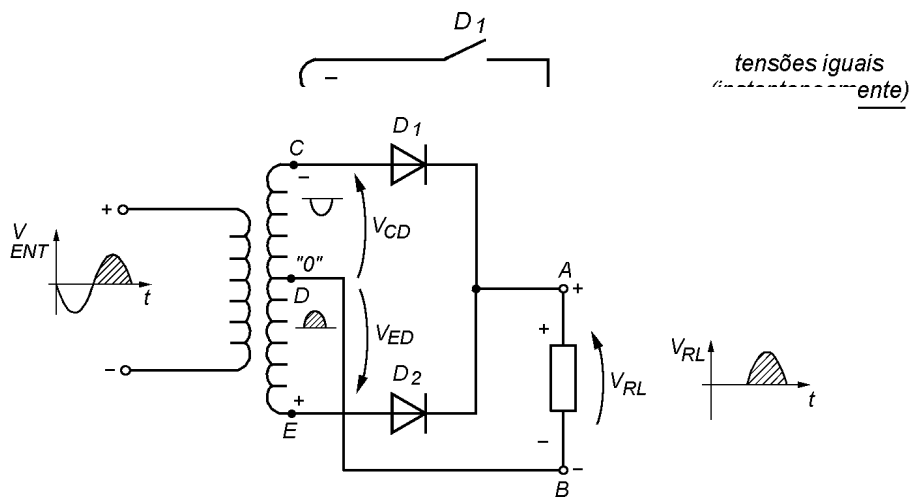
Assim, o ponto D está negativo em relação ao ponto E. Nessa condição, o diodo D_2 está polarizado diretamente e, portanto, em condução.

Por outro lado, o ponto D está positivo em relação a C. Nessa condição, o diodo D_1 está polarizado inversamente, e, portanto, em corte.



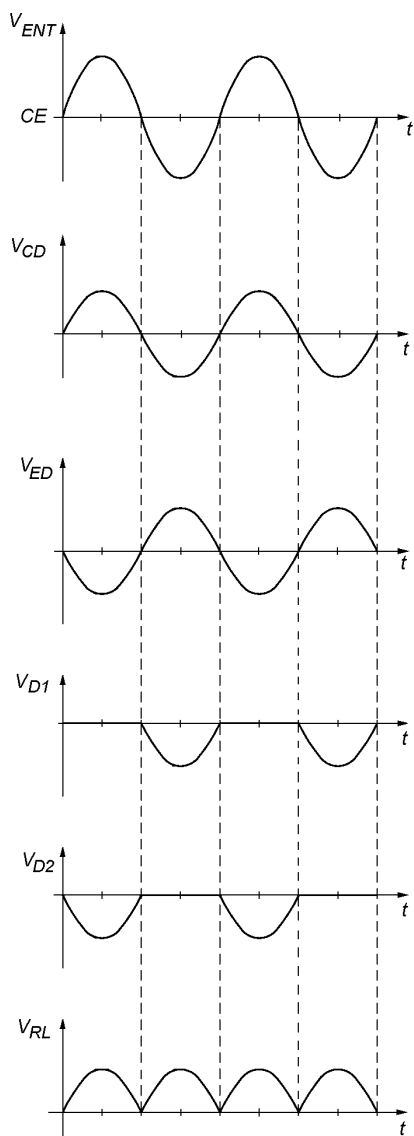
A corrente que passa por D_2 circula pela carga do mesmo sentido que circulou no primeiro semiciclo.

A tensão aplicada à carga é a tensão da bobina inferior do secundário do transformador (V_{S2}).

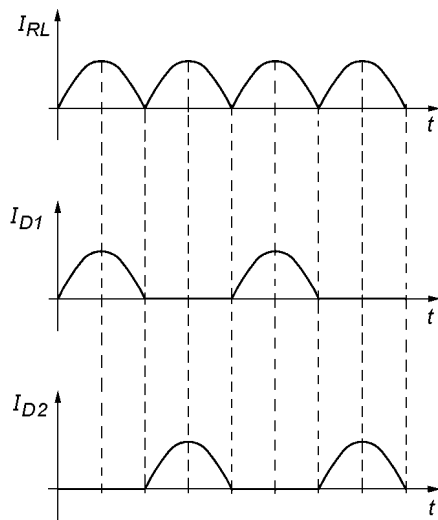


Durante todo semiciclo analisado, o diodo D_2 permanece em condução e a tensão na carga acompanha a tensão da parte inferior do secundário.

As formas de onda das tensões no circuito são mostradas nos gráficos a seguir.

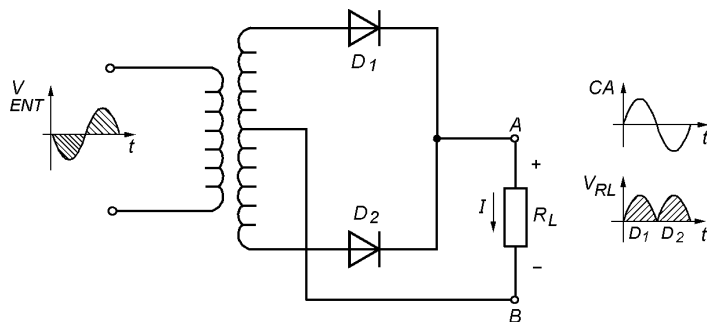


As formas de onda das correntes são:



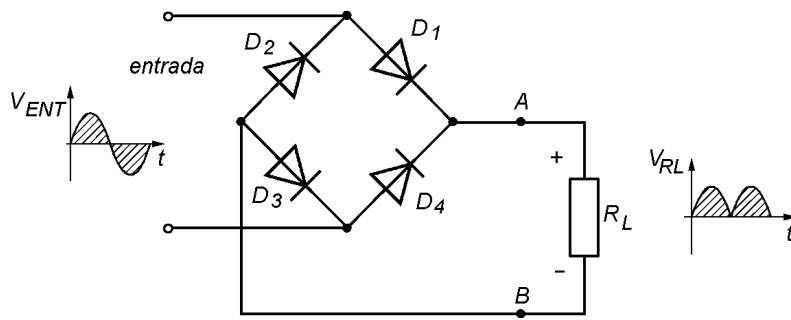
Analisando um ciclo completo da tensão de entrada, verifica-se que o circuito retificador entrega dois semiciclos de tensão sobre a carga:

- um semiciclo da extremidade superior do secundário através da condução de D_1 ;
- um semiciclo da extremidade inferior do secundário através da condução de D_2 .



Retificação de onda completa em ponte

A retificação de onda completa em ponte utiliza quatro diodos e entrega à carga uma onda completa sem que seja necessário utilizar um transformador de derivação central.

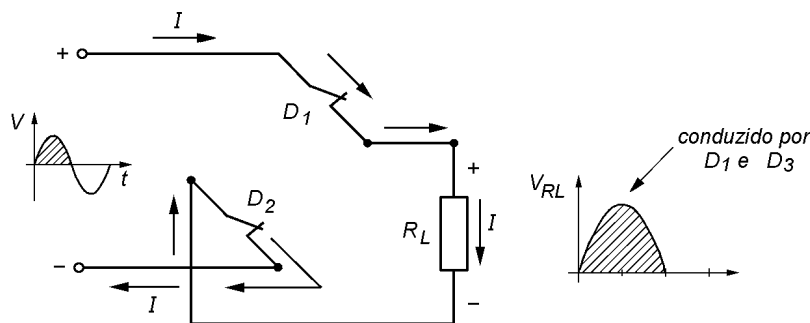


Funcionamento

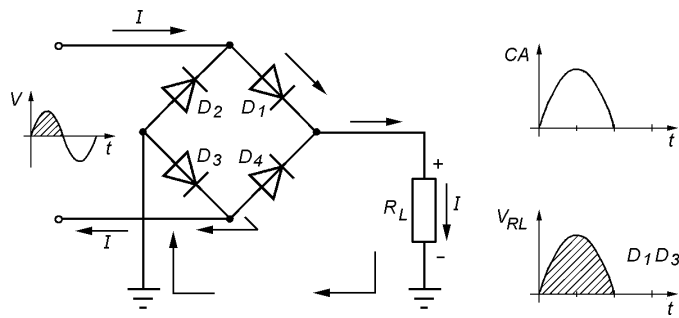
Considerando a tensão positiva (primeiro semiciclo) no terminal de entrada superior, teremos as seguintes condições de polarização dos diodos:

- $D_1 \Rightarrow$ anodo positivo em relação ao catodo (polarização direta) - **em condução**;
- $D_2 \Rightarrow$ catodo positivo em relação ao anodo (polarização inversa) - **em bloqueio**;
- $D_3 \Rightarrow$ catodo negativo em relação ao anodo (polarização direta) - **em condução**;
- $D_4 \Rightarrow$ anodo negativo em relação ao catodo (polarização inversa) - **em bloqueio**.

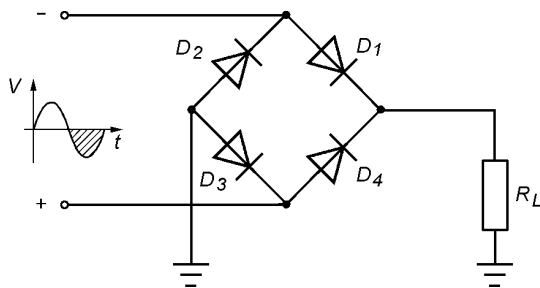
Eliminando-se os diodos em bloqueio, que não interferem no funcionamento, verifica-se que D_1 e D_3 (em condução) fecham o circuito elétrico, aplicando a tensão do primeiro semiciclo sobre a carga.



Observe no circuito a seguir, como a corrente flui no circuito no primeiro ciclo.



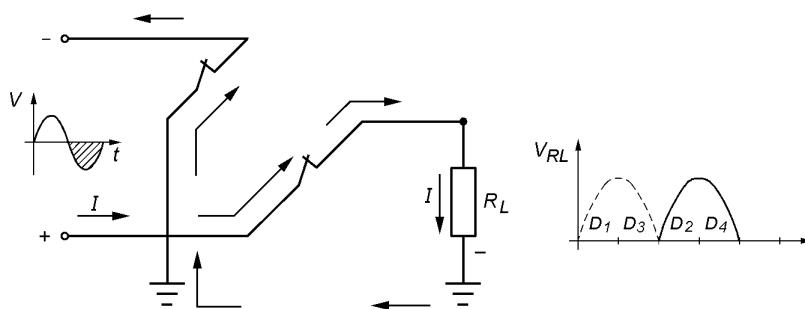
No segundo semiciclo, ocorre uma inversão da polaridade nos terminais de entrada do circuito.



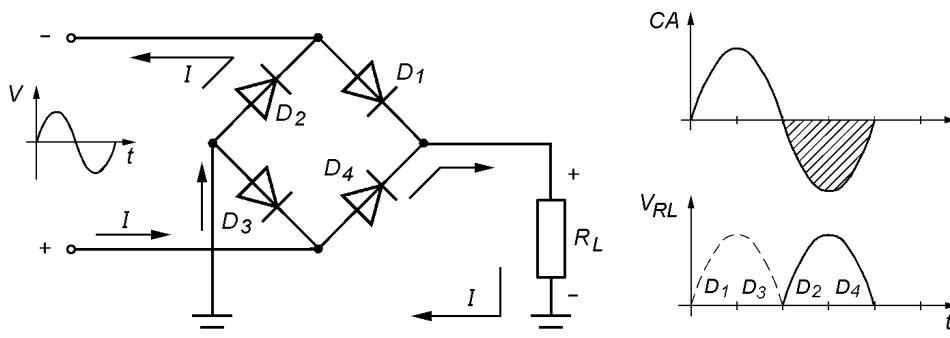
Nessa condição, a polaridade dos diodos apresenta a seguinte configuração:

- D_1 - anodo negativo em relação ao catodo (polarização inversa) - **em bloqueio**;
- D_2 - catodo negativo em relação ao anodo (polarização direta) - **em condução**;
- D_3 - catodo positivo em relação ao anodo (polarização inversa) - **em bloqueio**;
- D_4 - anodo positivo em relação ao catodo (polarização direta) - **em condução**.

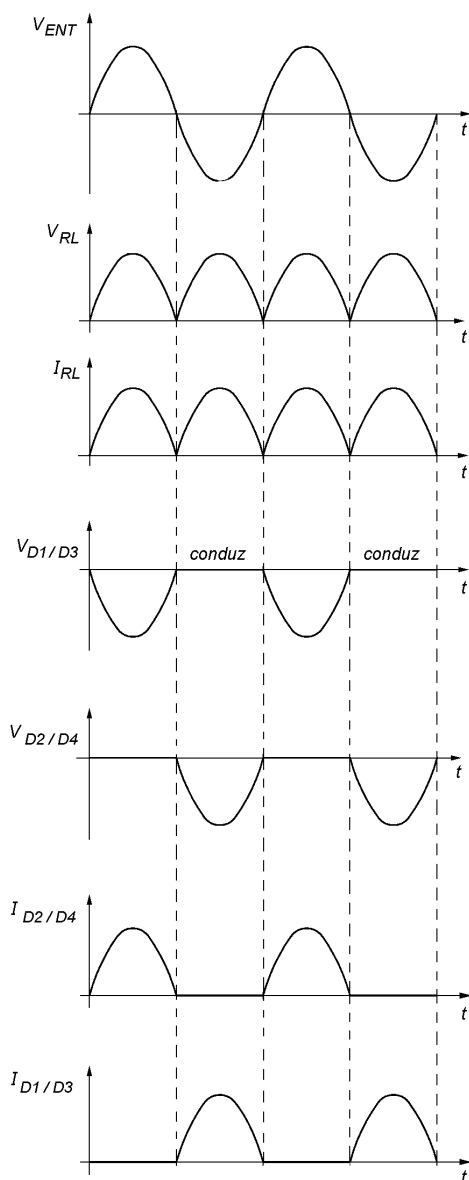
Eliminando-se os diodos em bloqueio e substituindo-se os diodos em condução por circuitos equivalentes ideais, obtém-se o circuito elétrico fechado por D_2 e D_4 que aplica a tensão de entrada sobre a carga. Isso faz a corrente circular na carga no mesmo sentido que no primeiro semiciclo.



Recolocando-se os diodos no circuito, observa-se a forma como a corrente circula.



Os gráficos a seguir mostram as formas de onda do circuito.



Fator de *ripple*

Como já vimos, a tensão contínua fornecida por um circuito retificador é pulsante, ou seja, não possui um nível constante no tempo. Isso acontece porque a tensão de saída é resultante da soma de uma componente contínua (V_{CC}) e uma componente alternada (V_{CA}) responsável pela ondulação do sinal.

Essa ondulação é denominada de fator de *ripple* (que significa “ondulação” em inglês). Ela corresponde a quantas vezes o valor eficaz da componente alternada é maior que a componente contínua sobre a carga.

Esse valor é dado por:

$$r = \frac{V_{CAef}}{V_{CC}}$$

Onde : r é o fator de *ripple*;

V_{CAef} é o valor da tensão alternada eficaz; e

V_{CC} é o valor da tensão contínua.

Para a retificação de meia-onda, o fator de *ripple* é:

$$r\% = 120\%$$

Para a retificação de onda completa, o fator de *ripple* é:

$$r\% = 48\%$$

Esses dados mostram que a porcentagem de ondulação é muito alta e esse é um dos grandes inconvenientes desse tipo de circuito.

Exercícios

1. Responda às seguintes perguntas:

a) O que é retificação?

b) Qual é a diferença entre a retificação de meia onda e a retificação de onda completa?

c) Qual é a diferença entre a retificação de meia onda e a retificação de onda completa.?

d) Em um retificador de meia onda o valor da tensão de pico retificada é igual ao valor da tensão de pico da tensão alternada? Justifique a resposta.

e) O que é fator de ripple?

2. Faça os esquemas dos circuitos:

a) Circuito retificador de meia onda.

b) Circuito retificador de onda completa com transformador.

c) Circuito retificador de onda completa em ponte.

3. Resolva os seguintes exercícios:

a) Faça o esquema e calcule a tensão V_{CC} na carga, alimentada por um retificador de meia onda. Sabe-se que a tensão alternada V_{CA} é de 9 V.

b) Qual o valor da tensão V_{CC} retificada por um retificador de meia onda. A tensão alternada tem um valor de pico de 4V.

