

LIVRO DIDÁTICO

Nome da Disciplina: Eletrônica Analógica I

Nome do Autor: Cleiton Lopes da Cunha

Mini Currículo: Técnico Eletrotécnico e Eletrônico, Tecnólogo em Processos Gerenciais, Pós-graduado em Engenharia Elétrica Industrial e Pós em Engenharia de Controle e Automação. Instrutor de Formação Profissional e Professor Autor.

SUMÁRIO

UNIDADE 1 **Semicondutores e retificadores.**

- Retificadores de meia onda.
- Retificadores de onda completa.
- Retificadores em ponte.

UNIDADE 2 **Diodos e Transistores Bipolares.**

- Diodos Semicondutores e Diodo Zener.
- Transistores Bipolares de Junção.
- Aplicações dos Diodos e dos Transistores Bipolares de junção.

UNIDADE 3 **Transistores de Efeito de campo e TBJ (Transistor Bipolar de Junção).**

- Transistores de Efeitos de Campo.
- Modelagem do Transistor TBJ.
- Aplicações dos Transistores de Efeito de Campo e TBJ.

UNIDADE 4 **Análise Transistores TBJ, FET e MOSFET.**

- Análise do TBJ, FET e MOSFET para Pequenos Sinais.
- Resposta em Frequência do TBJ e JFET.
- Análise de Sistemas - Efeito de RS e RL.

UNIDADE 5 **Componentes Eletrônicos – conceitos e aplicações.**

- Resistores.
- Capacitores.
- Indutores.

UNIDADE 6 **Fontes de Alimentação.**

- Fontes chaveadas.
- Tipos de Fontes.
- Aplicações das Fontes chaveadas.

MENU DE ÍCONES

Com o intuito de facilitar o seu estudo e uma melhor compreensão do conteúdo aplicado ao longo da apostila, você irá encontrar ícones ao lado dos textos. Eles são para chamar a sua atenção para determinado trecho do conteúdo, cada um com uma função específica, mostradas a seguir:



Fique Atento: são os conceitos, definições ou afirmações importantes nas quais você precisa ficar atento.



Busque por mais: são opções de links de vídeos, artigos ou sites, relacionados ao conteúdo apresentado na apostila, para completar os estudos.



Vamos pensar?: são para refletir sobre as questões citados, os associando com a sua ações seja no ambiente profissional ou cotidiana.



Fixando o conteúdo: são atividade de fixação sobre o conteúdo aplicado na apostila



Glossário: são para esclarecer os significados de um determinado termo ou palavras mostrada na apostila.



São para marcar citações de algum livro, artigo ou site que sustenta e reforça uma ideia.

UNIDADE
01

- Retificadores de meia onda.
- Retificadores de onda completa.
- Retificadores em ponte.

- Diodos Semicondutores e Diodo Zener.
- Transistores Bipolares de Junção.
- Aplicações dos Diodos e dos Transistores Bipolares de junção.

UNIDADE
02UNIDADE
03

- . Transistores de Efeitos de Campo.
- Modelagem do Transistor TBJ.
- Aplicações dos Transistores de Efeito de Campo e TBJ.

- Análise do TBJ, FET e MOSFET para Pequenos Sinais.
- Resposta em Frequência do TBJ e JFET.
- Análise de Sistemas - Efeito de RS e RL.

UNIDADE
04UNIDADE
05

- Resistores.
- Capacitores.
- Indutores.

- Fontes chaveadas.
- Tipos de Fontes.
- Aplicações das Fontes chaveadas.

UNIDADE
06

UNIDADE 1

1.1 Semicondutores e retificadores

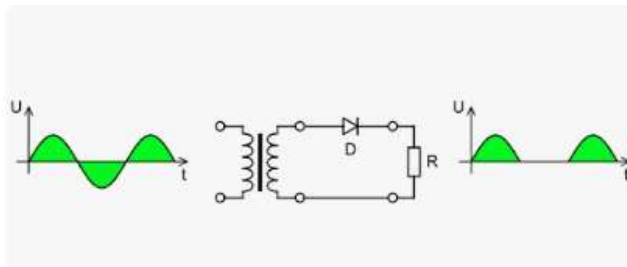
1.2 Retificadores de Meia Onda

Sabemos que o tipo de energia fornecida nas redes convencionais são CA (Corrente Alternada) e a maioria dos equipamentos de consumo utilizam corrente contínua. Em função disso surge a necessidade da aplicação e uso do retificador de corrente alternada. Ou seja, existe a necessidade de transformar a Corrente Alternada (CA) em Corrente Contínua (CC).

Os retificadores, sejam de meia onda ou de onda completa, como estudaremos mais adiante, são equipamentos eletrônicos auxiliares, utilizados para alimentar as cargas e possuem ampla aplicação comercial, residencial e industrial. Sejam como equipamentos isolados e independentes ou intrínsecos em diversos equipamentos.

Os retificadores de meia onda são amplamente utilizados em diversos circuitos eletrônicos. Eles possuem características peculiares que afetam o seu funcionamento e desempenho. Nesta seção, vamos explorar o funcionamento desses retificadores e analisar os cálculos da tensão média e eficaz nos componentes. Além disso, discutiremos as vantagens e desvantagens desse tipo de retificador, bem como suas aplicações práticas. (MALVINO, A. P. 1997).

Figura 1: Circuito retificador de meia onda



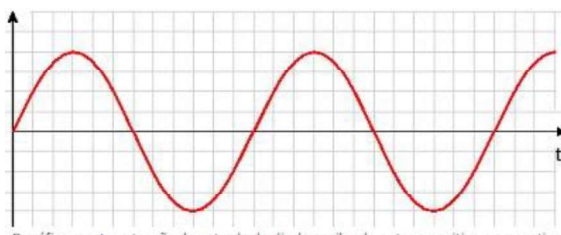
Fonte: Google imagens.

1.3 Características dos Retificadores de Meia Onda

Condução em apenas metade do ciclo

O diodo nesse tipo de circuito tem a função de retificar a corrente elétrica. Sabendo-se que a corrente fornecida pela rede elétrica é alternada numa frequência de 60 Hz.

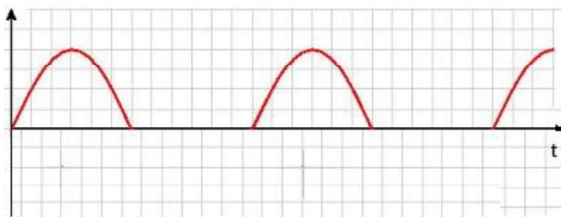
Gráfico 1: Forma de onda – Corrente Alternada.



Fonte: Google imagens.

Porém a maioria dos aparelhos que utilizamos, funciona com Corrente Contínua, por isso a necessidade de um componente para realizar a retificação, ou seja, transformar a corrente alternada em corrente contínua.

Gráfico 2: Forma de onda – Semiciclo Positivo.



Fonte: Google imagens.

Os retificadores de meia onda operam permitindo a passagem da corrente elétrica em apenas uma metade do ciclo da tensão de entrada.

Os diodos são construídos a partir de materiais semicondutores, como o Silício e o Germânio, que são fundidos para criar uma junção PN, sendo P a polaridade Positiva e N, a negativa. Sendo que a condução ou não do diodo vai depender da forma como ele é polarizado. Podendo ser de duas formas, direta ou inversa.

Direta: Nesse tipo de polarização, o polo positivo está conectado ao polo P do diodo. Assim o polo P do diodo ficará mais positivo e o polo N, mais negativo, fazendo com que as cargas elétricas consigam atravessar a barreira de potencial existente entre o lado P e o lado N do diodo, sendo assim haverá condução de corrente.

Indireta: O terminal P da alimentação é conectado ao terminal N da junção PN (diodo). Isso faz com que a barreira de potencial aumente. Nesse caso, a resistência do circuito é muito alta, e a corrente não consegue atravessar. Portanto, não há fluxo de corrente. (MALVINO, A. P. 1997).

Redução da tensão de saída

Devido à condução em apenas metade do ciclo, a tensão de saída dos retificadores de meia onda é aproximadamente metade da tensão de entrada.


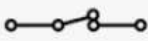


Alta eficiência

Devido à sua simplicidade, os retificadores de meia onda apresentam alta eficiência de conversão de energia.

1.4 Funcionamento dos Retificadores de Meia Onda

Os retificadores de meia onda funcionam utilizando um diodo para permitir a passagem da corrente elétrica em apenas uma metade do ciclo da tensão de entrada. Esse diodo atua como uma chave, que se fecha quando a tensão é positiva, permitindo a passagem da corrente para a carga, e se abre quando a tensão é negativa, bloqueando a passagem da corrente.

Figura 2: Chave equivalente - Diodo.

Estado	Polarização	Circuito equivalente
Condução		
Bloqueio		

Fonte: Google imagens.

Ele permite a passagem de corrente quando a tensão é positiva se for um diodo ideal. Caso seja considerada a tensão de joelho do diodo, ele só conduzirá se a tensão de alimentação for maior. E funcionará como chave aberta quando a tensão de alimentação for menor. (MALVINO, A. P. 1997).

1.5 Cálculo da Tensão Média e Eficaz nos Componentes

Tensão de Entrada

A tensão de entrada nos retificadores de meia onda pode ser calculada utilizando uma fórmula específica.

Tensão de Saída

A tensão de saída é aproximadamente metade da tensão de entrada devido à condução em apenas um dos semiciclos da onda. Ou seja, metade da tensão de pico de entrada.

Tabela 1: Fórmulas.

Parâmetro	Equação
Corrente Secundária	$I_2 = \frac{V_{m\acute{a}x}}{R_L}$
Tensão Eficaz no Secundário	$V_{ef} = \frac{V_{m\acute{a}x}}{\sqrt{2}}$
Tensão Média na Carga	$V_{m\acute{e}d} = \frac{V_{m\acute{a}x}}{\pi}$
Corrente Média na Carga	$I_{cc} = \frac{I_{m\acute{a}x}}{\pi} = \frac{V_{m\acute{a}x}}{R_L \cdot \pi}$

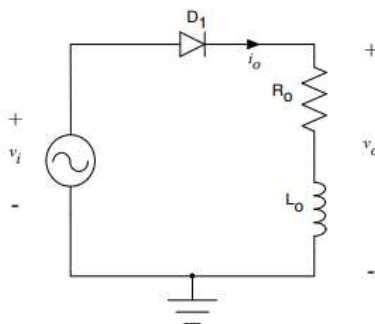
Fonte: Google imagens.

1.6 Análise de Circuitos Retificadores de Meia Onda

1.7 Circuito Simplificado

O circuito retificador de meia onda consiste em um diodo, uma fonte de tensão alternada de entrada e uma carga elétrica. A análise desse circuito envolve o estudo da corrente elétrica e da tensão em cada componente.

Figura 3: Retificador meia onda com indutor.



Fonte: Google imagens.

Quando falamos do comportamento da corrente elétrica no circuito, devemos levar em consideração os componentes inseridos no circuito e o efeito ou comportamento da corrente elétrica nos mesmos, como por exemplo a aplicação de resistores, capacitores ou indutores.

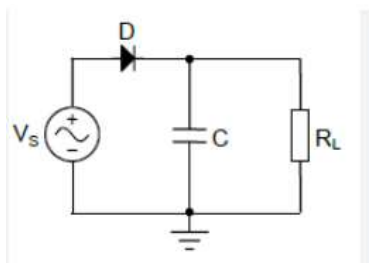
Nesse caso, a resistência (R) e o indutor (L) representam a carga RL. O semiciclo da tensão de entrada, $v_i > 0$, o diodo conduz e a tensão de entrada é aplicada na carga. A corrente flui da fonte para a carga, mas com atraso devido a presença da indutância.

No segundo semiciclo, negativo, $v_i < 0$, o diodo está bloqueado e a tensão na carga é zero. (KAUFMAN, M., Wilson, J. A. 1984).

1.8 Gráfico Característico

O gráfico característico dos retificadores de meia onda representa a relação entre a corrente e a tensão nos componentes. Ele permite analisar o comportamento do circuito em diferentes condições de operação.

Figura 4: Retificador de meia onda com capacitor.



Fonte: Google imagens.

No caso da aplicação do capacitor no circuito retificador, conforme a representação acima, tem como finalidade filtrar a Corrente Contínua pulsante. A colocação de um capacitor em paralelo com a carga, melhora o desempenho do circuito através da diminuição da tensão de ripple (flutuação da tensão).

Figura 5: Retificador (filtro e carga).



Fonte: Google imagens.

1.9 Vantagens e Desvantagens dos Retificadores de Meia Onda

Vantagens

1. Simplicidade de projeto e implementação
2. Alta eficiência
3. Menor custo de equipamentos.

Desvantagens

1. Tensão de saída pulsante
2. Menor capacidade de filtragem de tensão
3. Menor rendimento em comparação a outros retificadores

1.10 Aplicações Práticas dos Retificadores de Meia Onda

Carregadores de Bateria

Os retificadores de meia onda são amplamente utilizados em carregadores de bateria devido à sua simplicidade e eficiência.

Fontes de Alimentação

Esses retificadores são empregados em fontes de alimentação de baixa potência, onde a ondulação da tensão de saída não é crítica.

Uma fonte chaveada deve ser projetada e dimensionada levando-se em consideração as características e especificações da sua carga. E deve respeitar