



UFU 45 ANOS

Amplificadores Operacionais

Sistemas de Controle

Leonardo Vecchi Meirelles

12011ECP002

Setembro 2023

Sumário

Amplificadores Ideais	1
Seguidor de Tensão.....	3
Aplicações de seguidores de tensão.....	4
Amplificadores Subtratores.....	6
Características Principais.....	7
Aplicações.....	7
Amplificadores Ideais e Não Ideais.....	9

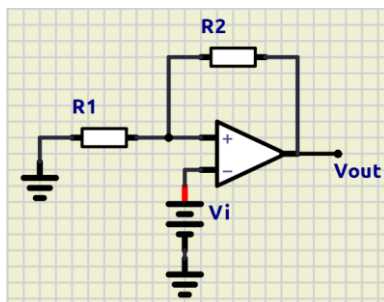
Amplificadores Ideais

Amplificadores ideais são dispositivos eletrônicos teóricos que servem para amplificar sinais com a máxima precisão e sem introduzir distorções ou ruídos. Embora amplificadores ideais não existam na realidade, eles servem como uma referência valiosa para a compreensão das características e objetivos essenciais da amplificação. Aqui estão as principais características dos amplificadores ideais:

- **Ganho:** Os amplificadores ideais têm ganho infinito, o que significa que podem aumentar a intensidade de um sinal de entrada em uma quantidade arbitrária, sem qualquer limite. Em termos práticos, isto implica que um amplificador ideal pode tornar um sinal fraco muito mais forte, amplificando-o para qualquer nível desejado sem distorção.
- **Linearidade:** Amplificadores ideais exibem linearidade perfeita. Isso significa que o sinal de saída é uma réplica exata em escala do sinal de entrada e a relação entre entrada e saída é uma linha reta com inclinação constante. Em termos matemáticos, isto é descrito como uma função de transferência linear.
- **Ruído Zero:** Em um amplificador ideal, não há ruído introduzido durante o processo de amplificação. Na realidade, todos os amplificadores introduzem algum grau de ruído, mas o amplificador ideal é totalmente livre de ruído, garantindo que o sinal de saída seja uma reprodução pura e fiel da entrada.
- **Impedância de entrada infinita:** Os amplificadores ideais apresentam impedância de entrada infinita, o que significa que não consomem corrente da fonte à qual estão conectados. Esta característica garante que não sobrecarreguem a fonte, permitindo a máxima transferência de sinal sem alterar o comportamento da fonte.
- **Impedância de saída zero:** Os amplificadores ideais oferecem impedância de saída zero, garantindo que possam acionar qualquer carga (por exemplo, alto-falantes ou outros circuitos) sem afetar a qualidade do sinal de saída. Na prática, os amplificadores podem ter impedância de saída baixa, mas não zero.

- **Ampla resposta de frequência:** Os amplificadores ideais têm largura de banda infinita, o que significa que podem amplificar sinais em uma faixa extremamente ampla de frequências sem distorção. Na realidade, os amplificadores têm largura de banda limitada e o seu desempenho pode degradar-se em frequências mais altas.
- **Resposta Instantânea:** Amplificadores ideais respondem instantaneamente às mudanças no sinal de entrada. Não há atraso ou mudança de fase entre os sinais de entrada e saída. Amplificadores do mundo real podem apresentar mudanças de fase e tempos de resposta finitos.
- **Perfeitamente Isotrópico:** Os amplificadores ideais são omnidirecionais, o que significa que amplificam os sinais uniformemente em todas as direções. Eles não exibem efeitos direcionais ou sensibilidade à orientação de entrada do sinal.
- **Faixa dinâmica de entrada infinita:** Amplificadores ideais podem lidar com sinais de entrada de qualquer magnitude sem saturação ou corte. Na prática, amplificadores reais possuem faixas dinâmicas de entrada finitas.
- **Sem distorção:** Um amplificador ideal não introduz distorção no sinal amplificado. Distorções como distorção harmônica, distorção de intermodulação e corte estão ausentes em amplificadores ideais.

Embora os amplificadores ideais sejam uma construção teórica e não possam ser alcançados na prática devido a limitações físicas, os engenheiros pretendem projetar amplificadores que se aproximem o máximo possível dessas características ideais, considerando compensações e restrições impostas por componentes e tecnologias do mundo real. Essas características servem como referência para avaliar e melhorar o desempenho do amplificador em diversas aplicações, desde amplificação de áudio até amplificação de radiofrequência e muito mais.



Seguidor de Tensão

Um seguidor de tensão, também conhecido como amplificador de ganho unitário ou amplificador de buffer, é um circuito eletrônico fundamental usado para replicar uma tensão de entrada em sua saída com a mesma magnitude, mas com ganho ou perda mínimo de corrente. Possui um ganho de aproximadamente um (unidade), o que significa que a tensão de saída segue de perto a tensão de entrada. Neste guia, nos aprofundaremos no funcionamento de um seguidor de tensão e exploraremos suas diversas aplicações.

Um seguidor de tensão normalmente é construído usando um amplificador operacional e alguns componentes passivos como resistores.

Ele funciona da seguinte maneira:

- **Terminal de entrada (inversor ou não inversor):** A tensão de entrada é aplicada a um dos terminais de entrada do amplificador operacional (inversor ou não inversor), dependendo da polaridade desejada da saída.
- **Loop de feedback:** Um resistor conecta a saída do amplificador operacional de volta à sua entrada. Isso cria um loop de feedback responsável por manter a tensão de saída igual à tensão de entrada.
- **Terminal de saída:** A tensão de saída, que é uma réplica da tensão de entrada, é obtida do outro terminal do amplificador operacional.

A operação de um seguidor de tensão pode ser explicada em termos das características ideais do amplificador operacional:

- **Alta impedância de entrada:** Os amplificadores operacionais têm impedância de entrada muito alta, o que significa que consomem corrente mínima da fonte, isolando efetivamente a entrada do circuito de saída.
- **Baixa impedância de saída:** O amplificador operacional tem impedância de saída muito baixa, permitindo acionar cargas de baixa impedância sem queda de tensão significativa.
- **Ganho unitário:** O ganho do seguidor de tensão é definido como unitário ($\text{ganho} = 1$), o que significa que a tensão de saída é igual à tensão de entrada, independentemente da frequência ou amplitude do sinal de entrada.

Aplicações de seguidores de tensão

Os seguidores de tensão têm inúmeras aplicações devido às suas características únicas e capacidade de manter níveis de tensão durante a interface entre diferentes partes de um circuito eletrônico. Aqui estão algumas aplicações comuns:

1. Correspondência de Impedância

Os seguidores de tensão são usados para combinar a impedância entre uma fonte de alta impedância (por exemplo, um sensor ou um captador de guitarra) e uma carga de baixa impedância (por exemplo, um amplificador ou ADC). Isso evita a degradação do sinal e garante a máxima transferência de energia.

2. Isolamento

Nos casos em que é essencial isolar eletricamente duas partes de um circuito, um seguidor de tensão pode ser empregado. Isola a entrada da saída, evitando qualquer interferência ou efeitos de carga.

3. Buffer

Os seguidores de tensão atuam como buffers para evitar efeitos de carregamento. Ao conduzir uma carga pesada com uma fonte de baixa impedância de saída (por exemplo, microcontroladores), um seguidor de tensão garante queda de tensão e distorção de sinal mínimas.

4. Amplificadores de Instrumentação

Os seguidores de tensão podem fazer parte das configurações do amplificador de instrumentação para manter uma impedância de entrada estável e, ao mesmo tempo, fornecer ganho para aplicações de medição precisas.

5. Filtros ativos

Seguidores de tensão são incorporados em projetos de filtros ativos para manter um nível de sinal consistente durante todo o processo de filtragem.

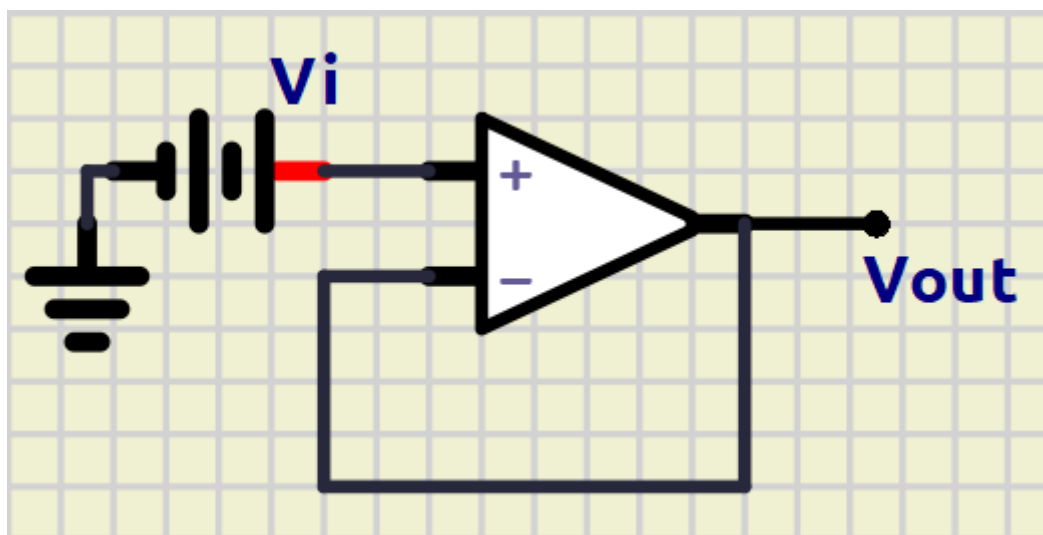
6. Isolando Circuitos Sensíveis

Ao conectar um circuito sensível (por exemplo, equipamento de medição) a um ponto de teste, um seguidor de tensão isola o circuito de possíveis danos ou ruídos no ponto de teste.

7. Aplicativos de áudio

Em sistemas de áudio, seguidores de tensão são usados para combinar a impedância entre fontes de áudio (por exemplo, um captador de guitarra) e amplificadores, garantindo uma transmissão de sinal eficiente.

Em resumo, o seguidor de tensão é um elemento de circuito versátil e essencial em eletrônica. Sua capacidade de replicar fielmente uma tensão de entrada com ganho unitário, ao mesmo tempo que oferece casamento de impedância e isolamento, o torna uma ferramenta valiosa em uma ampla gama de aplicações em vários setores. Seja no processamento de sinais analógicos ou na interface de diferentes componentes, o seguidor de tensão desempenha um papel crucial na manutenção da integridade do sinal e na garantia de uma transferência eficiente do sinal.



Amplificadores Subtratores

Amplificadores subtratores, também conhecidos como amplificadores diferenciais ou amplificadores diferenciais, são um tipo de configuração de circuito amplificador operacional (amplificador operacional) usado em sistemas eletrônicos analógicos. Eles são projetados especificamente para subtrair uma tensão de entrada de outra, fornecendo uma tensão de saída que representa a diferença entre os dois sinais de entrada. Os amplificadores subtratores encontram aplicações em uma ampla variedade de campos, incluindo processamento de sinal, instrumentação, processamento de áudio e sistemas de controle. Neste relatório, exploraremos a teoria, operação e aplicações de amplificadores subtratores.

Um circuito amplificador subtrator normalmente consiste em um amplificador operacional (amplificador operacional) e vários resistores. Os dois sinais de entrada, frequentemente chamados de V_1 e V_2 , são conectados aos terminais inversores (-) e não inversores (+) do amplificador operacional, respectivamente. A tensão de saída (V_{out}) é obtida do terminal de saída do amplificador operacional.

A chave para a operação de um amplificador subtrator é a escolha dos valores dos resistores no circuito. Selecionando cuidadosamente os valores do resistor, você pode criar um circuito que subtrai V_2 de V_1 e fornece a tensão de saída desejada. A equação básica do amplificador subtrator é a seguinte:

$$V_{OUT} = \left(\frac{R_f}{R_1} \right) \cdot (V_1 - V_2)$$

Onde:

- V_{OUT} é a tensão de saída.
- R_f é o resistor de realimentação.
- R_1 é o resistor de entrada conectado a V_1 .
- V_1 é a tensão no terminal de entrada inversora.
- V_2 é a tensão no terminal de entrada não inversor.

Características Principais

- **Amplificação Diferencial:** Os amplificadores subtratores são excelentes em amplificar a diferença entre duas tensões de entrada enquanto rejeitam sinais de modo comum. Sinais de modo comum são aqueles que estão presentes em ambas as entradas e são efetivamente cancelados pelo processo de subtração.
- **Alta impedância de entrada, baixa impedância de saída:** Os amplificadores operacionais fornecem inerentemente uma alta impedância de entrada, o que significa que não carregam as fontes de entrada. Isto é crucial ao lidar com sensores sensíveis ou sinais de baixa potência. A baixa impedância de saída permite uma fácil interface com os estágios subsequentes de um circuito.
- **Controle de ganho:** O ganho de um amplificador subtrator pode ser ajustado variando os valores do resistor de entrada (R_1) e do resistor de feedback (R_f). Isso permite flexibilidade no condicionamento de sinal.
- **Precisão:** Quando projetados e implementados corretamente, os amplificadores subtratores podem fornecer alta precisão e exatidão na subtração de sinais de entrada.

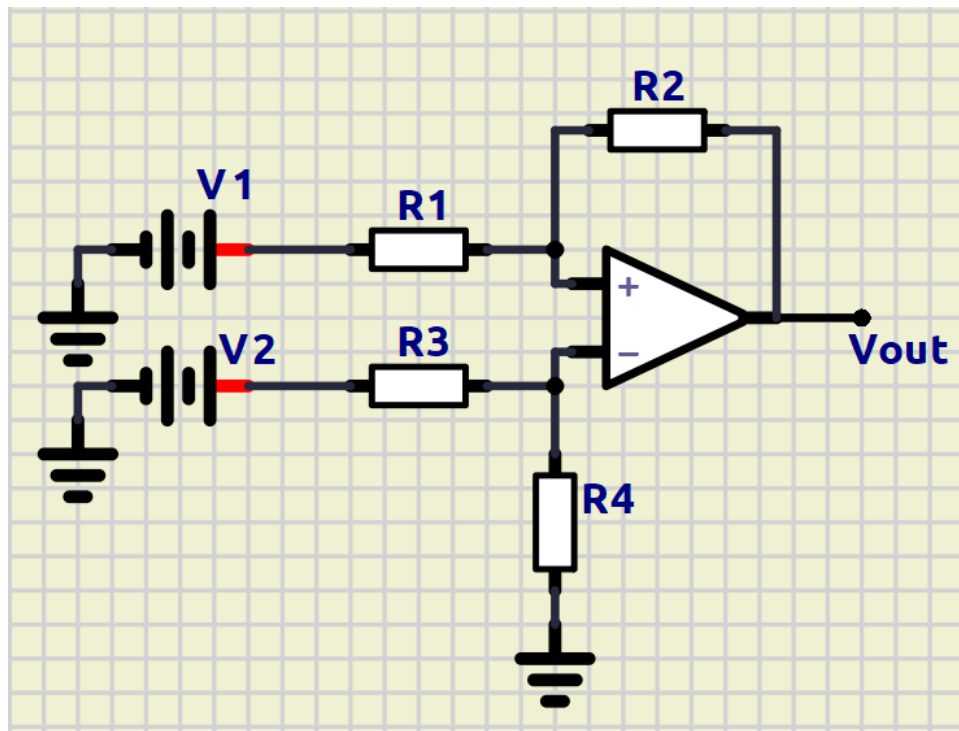
Aplicações

Amplificadores subtratores são amplamente utilizados em diversas aplicações, incluindo:

- **Instrumentação:** São utilizados em sistemas de medição e controle para calcular com precisão a diferença entre as tensões dos sensores, fornecendo leituras precisas.
- **Processamento de áudio:** Amplificadores subtratores são empregados em mixers e equalizadores de áudio para ajustar os níveis de áudio e realizar processamento diferencial de sinais.
- **Sistemas de Controle:** Em sistemas de controle, podem ser utilizados para calcular sinais de erro para malhas de controle de feedback, permitindo controle preciso de processos e sistemas.
- **Processamento de sinal:** Amplificadores subtratores podem ser usados para filtrar o ruído de modo comum dos sinais, melhorando a relação sinal-ruído em aplicações sensíveis.

- **Sensoriamento Diferencial:** Eles são usados em aplicações como sensoriamento de corrente em eletrônica de potência para medir a diferença de corrente entre dois pontos em um circuito.

Amplificadores subtratores são uma configuração de circuito fundamental na eletrônica analógica, proporcionando a capacidade de subtrair uma tensão de outra com precisão e exatidão. Sua versatilidade e ampla gama de aplicações os tornam indispensáveis em diversos setores, incluindo instrumentação, áudio e sistemas de controle. Compreender a teoria e a operação dos amplificadores subtratores é essencial para engenheiros e projetistas que trabalham com circuitos analógicos para obter processamento e controle precisos de sinais.



Amplificadores Ideais e Não Ideais

Amplificadores operacionais são componentes essenciais em circuitos eletrônicos, conhecidos por sua versatilidade na amplificação e processamento de sinais. Amplificadores operacionais ideais e não ideais exibem características e comportamentos distintos, que são importantes para entender para projetar e analisar circuitos eletrônicos. Aqui está um resumo detalhado das diferenças entre amplificadores operacionais ideais e não ideais:

Amplificador Operacional Ideal:

- **Ganho infinito (A):** Os amplificadores operacionais ideais têm um ganho de tensão infinito, o que significa que podem amplificar sinais de entrada para qualquer nível desejado sem distorção.
- **Impedância de entrada infinita:** A impedância de entrada de um amplificador operacional ideal é infinitamente alta, efetivamente não apresentando carga para a fonte conectada às suas entradas. Isso permite um fluxo mínimo de corrente no amplificador operacional, evitando a degradação do sinal.
- **Impedância de saída zero:** A impedância de saída é zero, o que significa que o amplificador operacional ideal pode acionar qualquer carga sem afetar a tensão de saída. Pode fornecer corrente ilimitada à carga.
- **Largura de banda infinita:** Os amplificadores operacionais ideais têm largura de banda infinita, permitindo-lhes amplificar sinais de qualquer frequência sem distorção.
- **Tensão de deslocamento zero:** Não há tensão de deslocamento em amplificadores operacionais ideais. Isso significa que a tensão de saída é precisamente proporcional à diferença entre as tensões nas entradas inversoras e não inversoras.
- **Taxa de variação infinita:** O amplificador operacional ideal tem uma taxa de variação infinita, o que significa que pode responder instantaneamente às mudanças no sinal de entrada sem qualquer atraso.
- **Sem ruído:** Os amplificadores operacionais ideais não introduzem nenhum ruído no sinal.

Amplificador Operacional Não Ideal:

- **Ganho Finito (A):** Amplificadores operacionais não ideais têm um ganho finito, que normalmente é muito alto, mas não infinito. Isto significa que eles não podem amplificar sinais a um nível arbitrário sem distorção.
- **Impedância de entrada finita:** A impedância de entrada de amplificadores operacionais não ideais é finita, o que pode carregar a fonte e afetar o sinal se não for alto o suficiente.
- **Impedância de saída diferente de zero:** Os amplificadores operacionais não ideais têm uma impedância de saída finita, o que pode causar quedas de tensão e afetar a saída ao acionar cargas de baixa impedância.
- **Largura de banda limitada:** Os amplificadores operacionais não ideais têm uma largura de banda limitada, o que significa que podem não ser capazes de amplificar sinais de alta frequência de forma eficaz.
- **Tensão de deslocamento:** Os amplificadores operacionais não ideais têm uma tensão de deslocamento, uma pequena diferença de tensão que existe entre as entradas inversoras e não inversoras, mesmo quando a entrada é zero. Este deslocamento pode levar a erros em aplicações de precisão.
- **Taxa de variação:** Os amplificadores operacionais não ideais têm uma taxa de variação finita, o que limita sua capacidade de responder rapidamente a mudanças rápidas no sinal de entrada. Os sinais de alta frequência podem ser distorcidos devido às limitações da taxa de variação.
- **Ruído:** Amplificadores operacionais não ideais introduzem ruído no sinal devido ao ruído térmico, ruído de oscilação e outras fontes. Este ruído pode afetar a qualidade do sinal de saída, especialmente em aplicações de baixo nível.