



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Docente: Rildo Afonso de Almeida

Dispositivos Eletrônicos



O Amplificador Operacional

Breve Histórico

- ❖ Os OPAMPs surgiram na década de 1940 e eram valvulados;
- ❖ O primeiro OPAMP monolítico transistorizado foi criado pela Fairchild em 1963 e se chamava μ A702, bastante precário;
- ❖ Em 1965 a equipe chefiada por Robert Widlar na mesma Fairchild criou o μ A709, considerado o primeiro OPAMP realmente confiável disponível no mercado;
- ❖ A equipe de Widlar também é a responsável por criar o consagrado μ A741 em 1968, até hoje considerado um padrão industrial.
- ❖ A construção interna do 741 se dá por transistores bipolares de junção.
- ❖ Siglas comumente utilizadas para fazer referência a um “Amplificador Operacional”: AMPOP, AOP, OPAMP.



O Amplificador Operacional

Definição

Amplificador operacional consiste em um amplificador com entrada diferencial e vários estágios, que tem características muito próximas de um amplificador ideal:

- - Impedância de entrada muito alta;
- - Impedância de saída muito baixa;
- - Ganho muito elevado;
- - Resposta em frequência em banda larga;
- - Pouca sensibilidade à temperatura.

O Amplificador Operacional

Estágios de um OPAMP típico

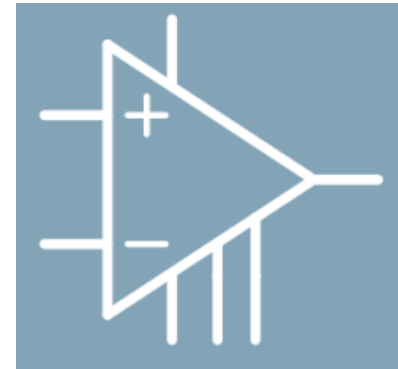
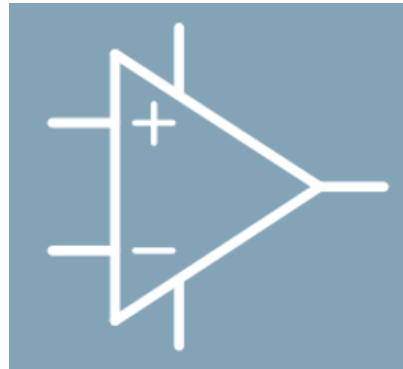
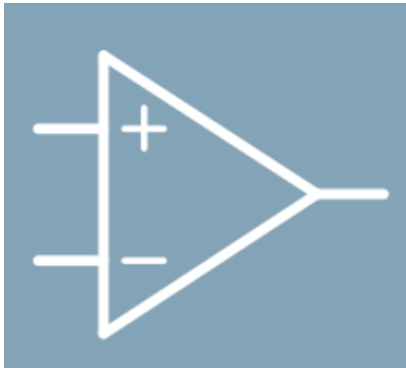


O Amplificador Operacional

Símbolo esquemático

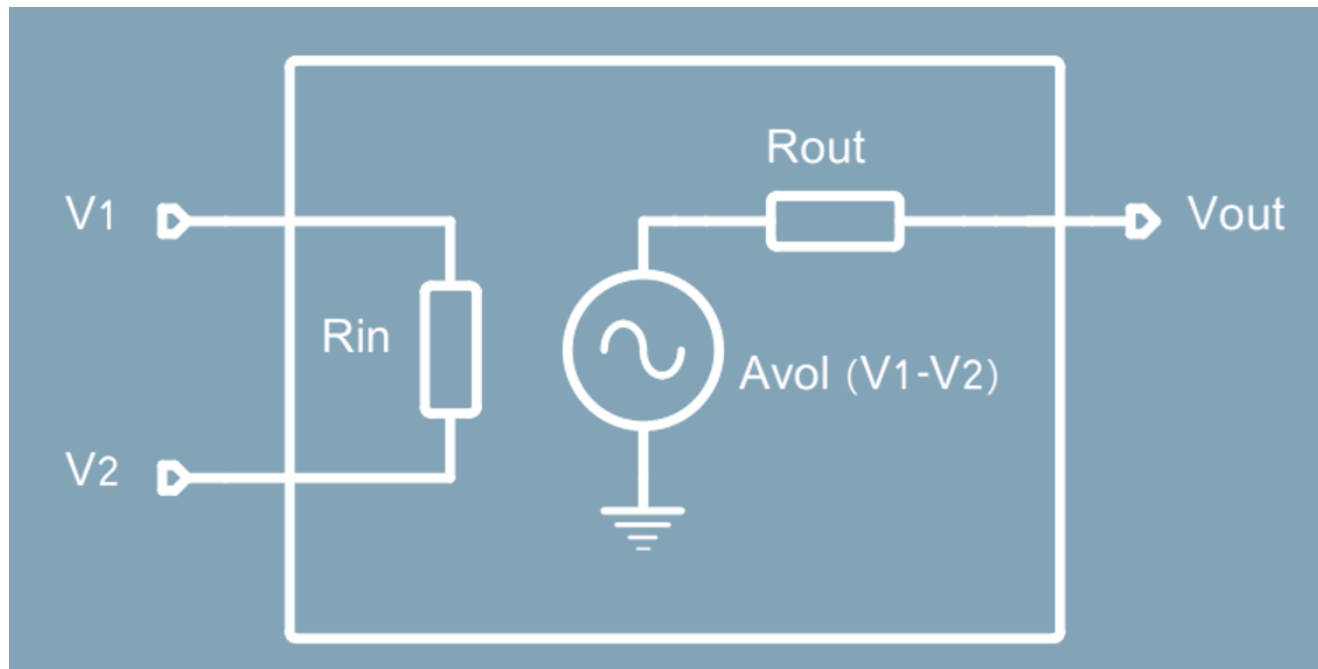
Apresenta o símbolo conforme as figuras abaixo.

- 3 terminais principais: entrada não inversora, entrada inversora e saída.
- Além dos pinos de alimentação, podem existir pinos de ajuste de offset.



O Amplificador Operacional

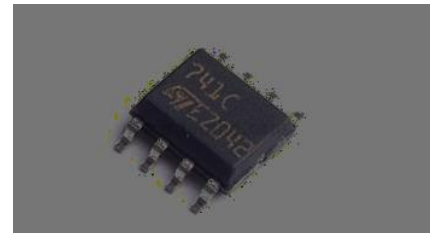
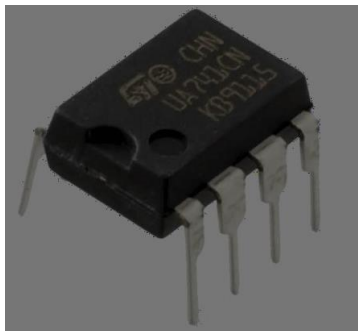
Circuito Equivalente



O Amplificador Operacional

Aspecto físico do componente

- ▶ Você pode consultar o datasheet do fabricante sempre que estiver na dúvida sobre os pinos do OPAMP que for utilizar no projeto.
- ▶ Ao lado, o 741. Existem modelos que contém 2 OPAMPs em um único CI de 8 pinos, como por exemplo o NE5532.
- ▶ Também existem CIs com mais pinos, contendo 4 ou mais OPAMPs.



O Amplificador Operacional

Letras antes do nome do OPAMP

- ▶ Por exemplo, todos os componentes a seguir são o mesmo 741:
- ▶ μ A741 (Fairchild);
- ▶ LM741 (National);
- ▶ MC741 (Motorola);
- ▶ CA741 (RCA);
- ▶ SN741 (Texas);
- ▶ AD741 (Analog Devices);
- ▶ SA741 (Signetics).

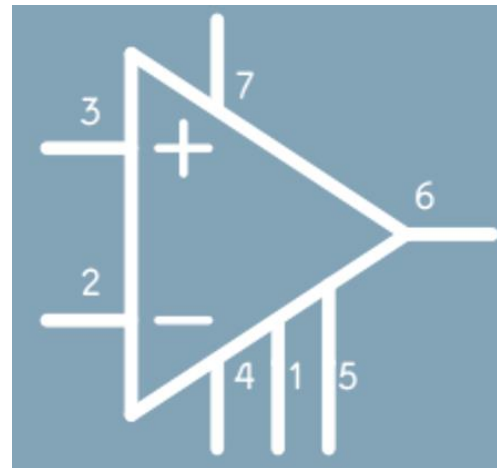


O Amplificador Operacional

Os pinos do 741

Conforme datasheet:

- ▶ 1: ajuste de offset
- ▶ 2: entrada inversora
- ▶ 3: entrada não inversora
- ▶ 4: alimentação negativa
- ▶ 5: ajuste de offset
- ▶ 6: saída
- ▶ 7: alimentação
- ▶ 8: sem conexão





O Amplificador Operacional

Características principais do 741

$$R_{IN} = 2M\Omega$$

$$R_{OUT} = 75\Omega$$

$$A_{VOL} = 100000$$

$$f_{unity} = 1MHz$$

$$CMRR = 90dB$$

(Taxa de rejeição do modo comum)



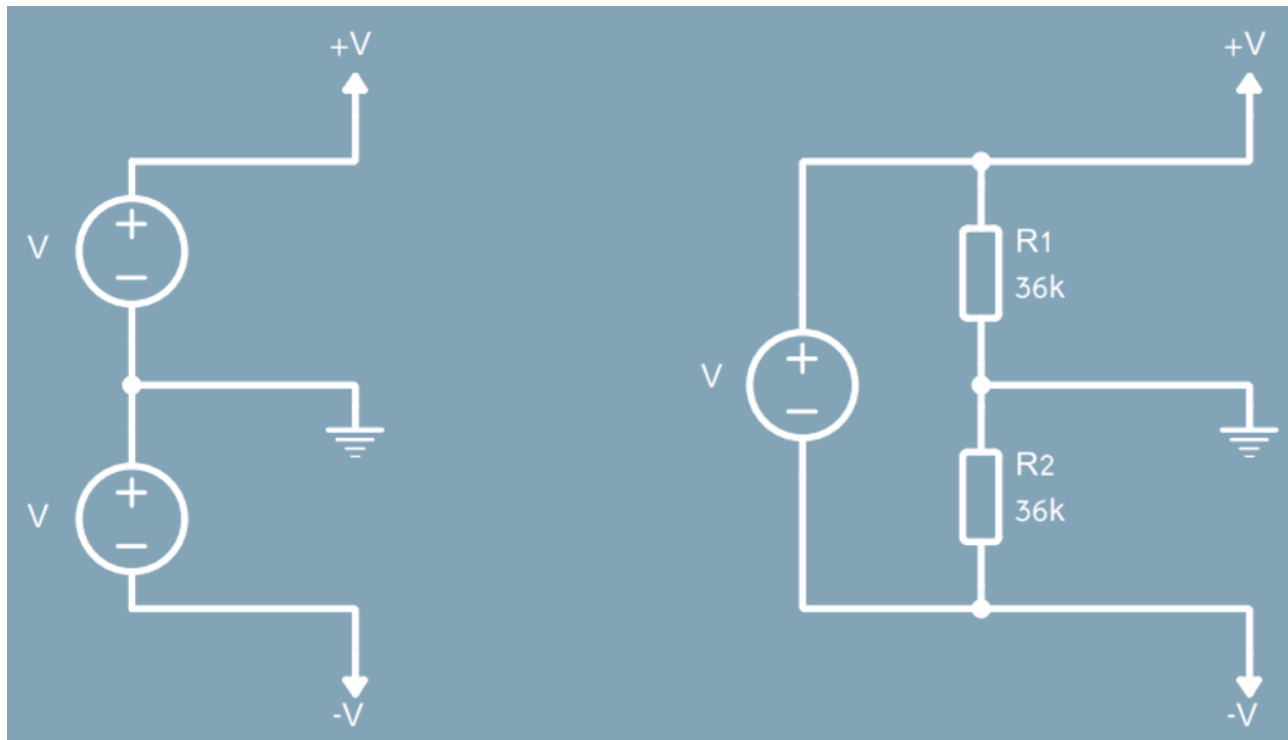
O Amplificador Operacional

Alimentação

- Em geral, os amplificadores operacionais funcionam com fonte simétrica, para poder excursionar os sinais nos ciclos positivos e negativos de tensão, dispensando o uso de capacitores de acoplamento no sinal.
- Existem modelos específicos para alimentação não simétrica e também alguns artifícios para utilizar um OPAMP convencional com fonte simples.
- Porém, em projetos sempre dê preferência para fonte simétrica, a menos que não seja necessário excursionar tensões negativas ou utilizar o amplificador no modo inversor.

O Amplificador Operacional

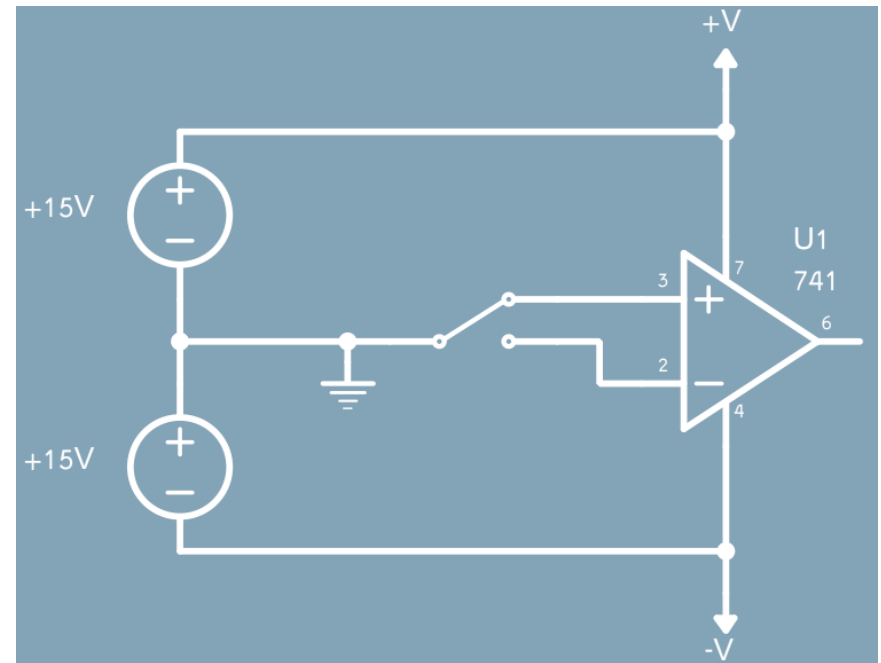
Duas opções de fonte simétrica



O Amplificador Operacional

Prática da Aula – Teste do 741

- Montar o circuito ao lado e verificar a resposta do 741 em malha aberta.
- Nesta condição o ganho deverá ser infinito*.
- *atingiremos o limite da tensão positiva ou negativa, que neste caso é de +/- 15V.
- Veremos que o amplificador não excursiona até o limite de tensão.





O Amplificador Buffer Realimentação Negativa

- ✓ Quando pegamos uma amostra de tensão da saída do OPAMP e inserimos na entrada inversora (que temos sinal de '-'), dizemos que o mesmo está com uma topologia em malha fechada e em realimentação negativa.
- ✓ Em outras palavras, existirá um caminho (seja por uma conexão direta, resistor ou outros componentes) entre a saída do OPAMP e a entrada inversora.
- ✓ Os modos de operação para amplificação de sinais, trabalham com realimentação negativa e na região linear.



O Amplificador Buffer

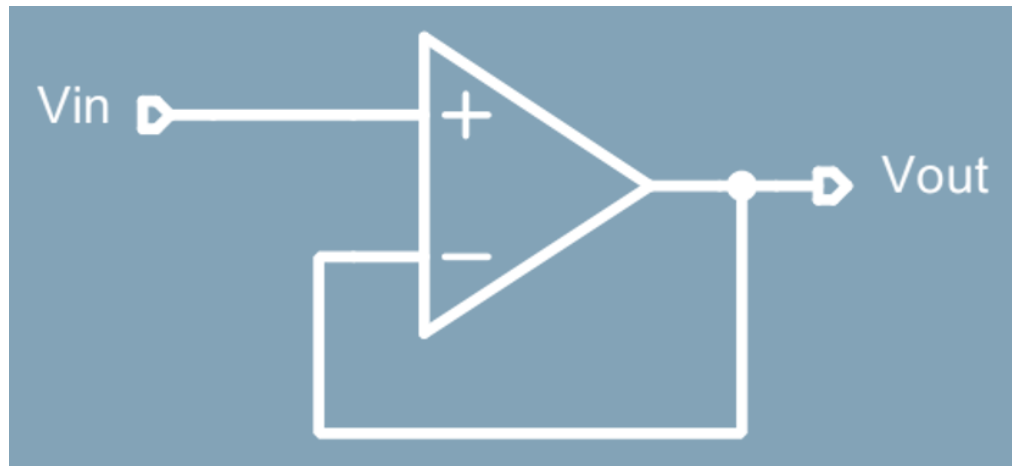
A Regra de Ouro para entender OPAMPs

Todo amplificador operacional que operar em malha fechada e realimentação negativa, estará fazendo todo o possível dentro dos seus limites para igualar a tensão em suas entradas.

O Amplificador Buffer

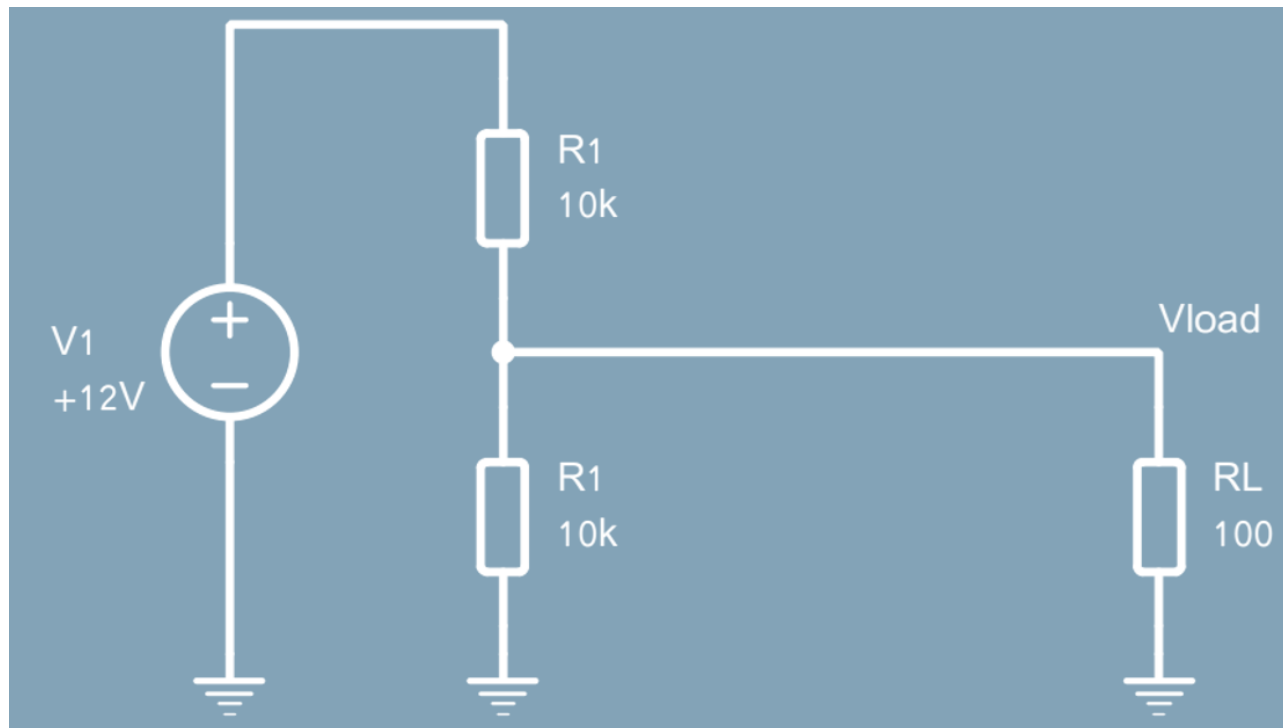
O Buffer Analógico (seguidor de tensão)

- ✓ Casamento impedância;
- ✓ Reforço de um sinal;
- ✓ Isolamento de estágios;
- ✓ Acionamento de cargas;
- ✓ Leitura de sensores.



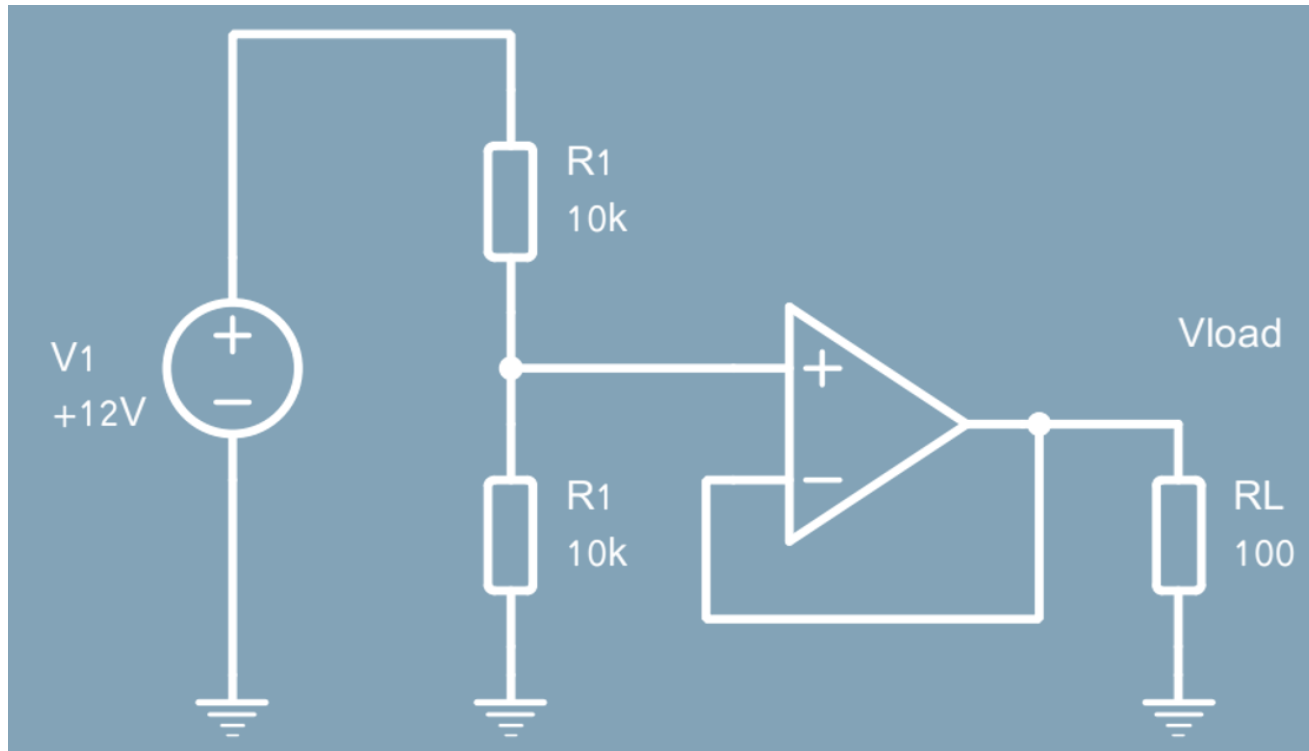
O Amplificador Buffer

Divisor de tensão com carga



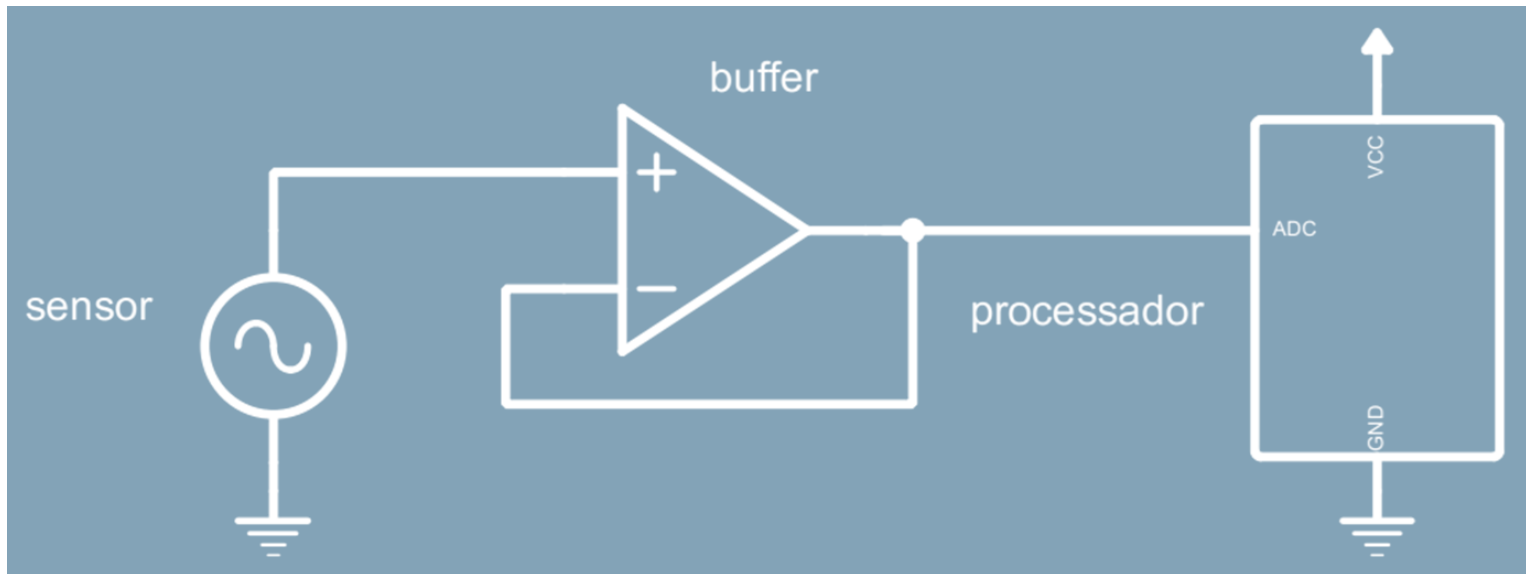
O Amplificador Buffer

Divisor de tensão com carga



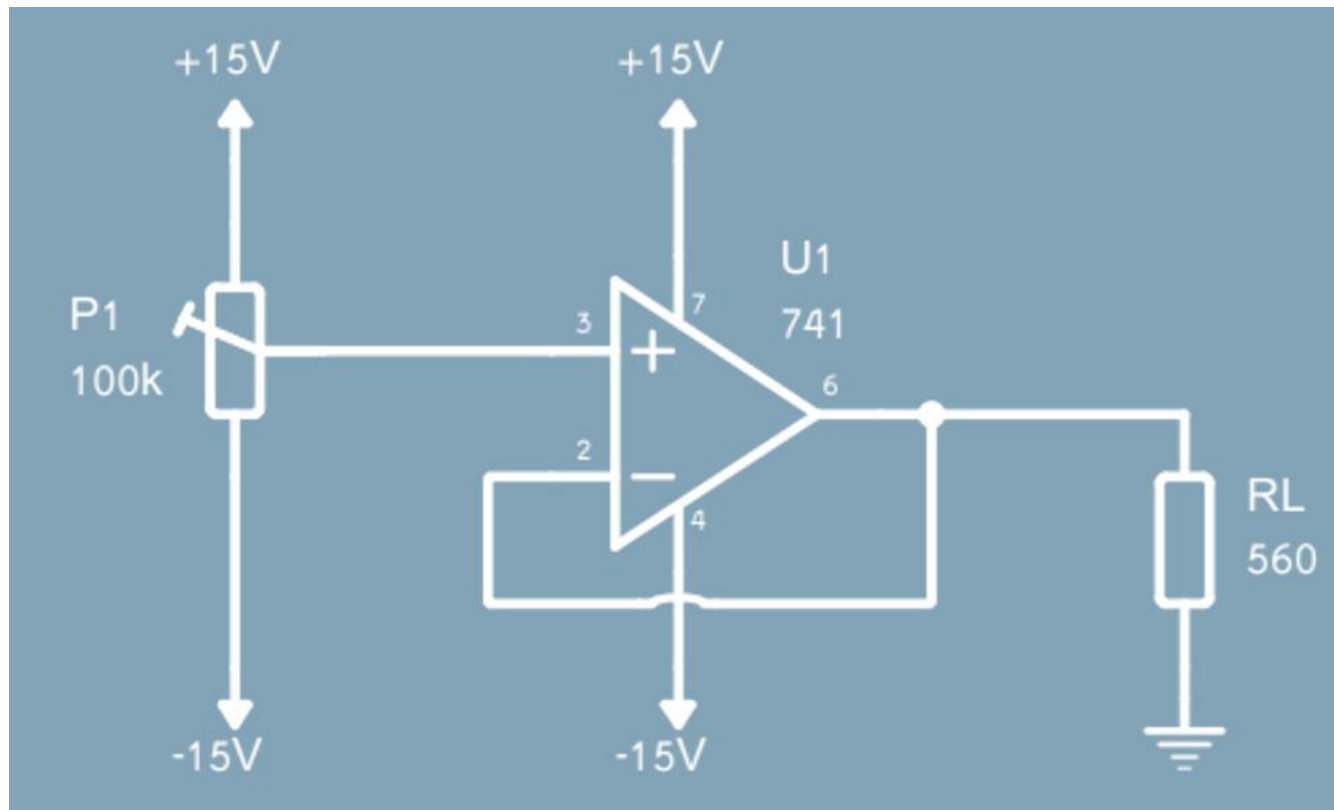
O Amplificador Buffer

Leitura de sensores



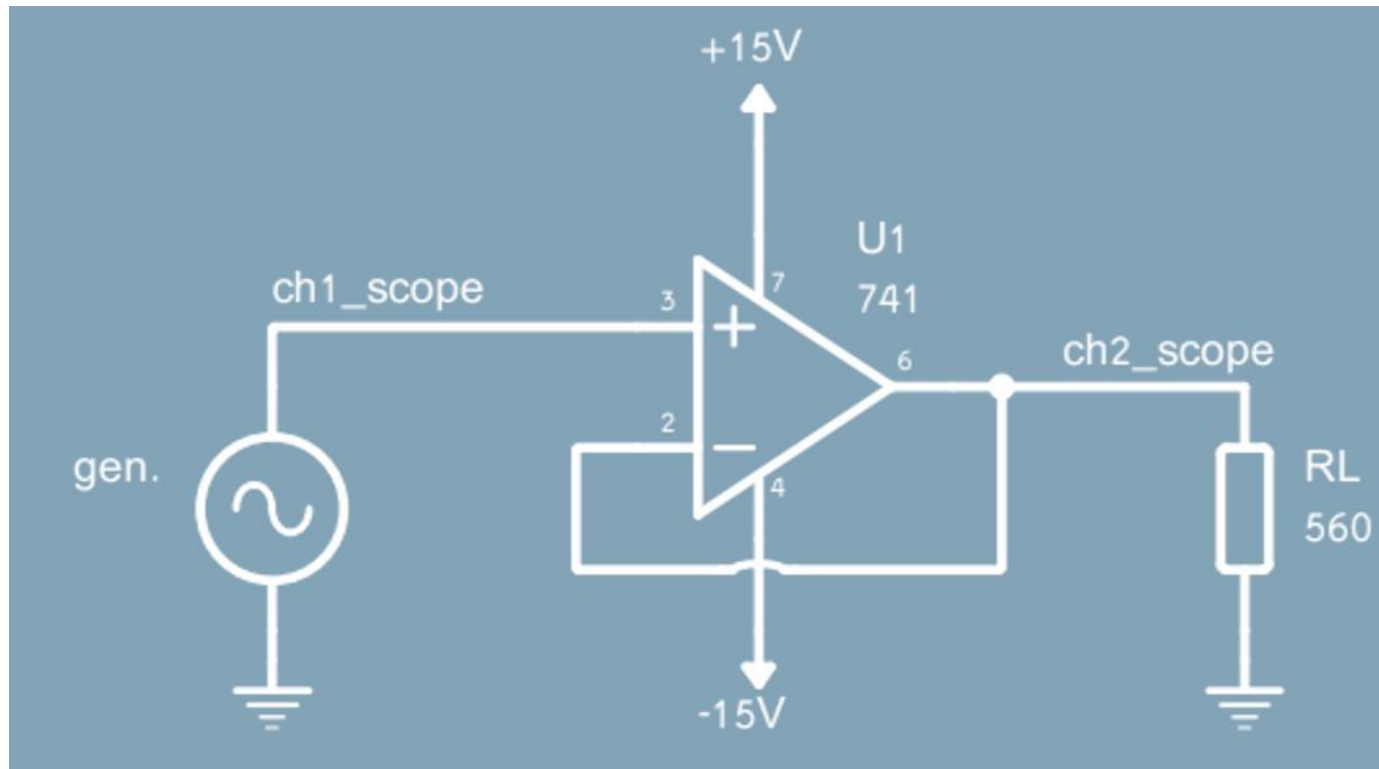
O Amplificador Buffer

Prática 1



O Amplificador Buffer

Prática 2





Bibliografia Básica

- 1-SEDRA, A.S. &SMITH, C. **Microeletrônica**, 4ª ed, Makron Books,2005.
- 2-MILLMAN, J. & HALKAIS, C.C, **Eletrônica**, 2ª ed, vol ½, McGrawHill do Brasil, 1981.
- 3-RASHID, M. H. **Power Electronics: Circuits, Devices and Applications**, 2ª ed, Prentice-Hall International, 1988.



Bibliografia Complementar

- 1-MALVINO, Albert Paul. **Electronic Principles with Simulation CD**. McGraw-Hill Professional. 7ª edição. 2006.
- 2-BOYLESTAD, Robert ; NASHELSKY, Louis. **Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos**. Prentice Hall. 8a edição. , 2007.
- 3-MOHAN, N.; UNDERLAND, T. M. & ROBBINS, W.P **Power Electronics: Converters, Applications and Design**, 2ª ed, John Wiley and Sons, 1995.
- 4-RESENDE, S. M. **A física de materiais e dispositivos eletrônicos**, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife, PE, Brasil, 1996