

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DESPORTO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

**NOTAS DE AULA PRÁTICA DE
ELETRÔNICA BÁSICA**

Prof. Wilian Soares Lacerda

Lavras, agosto de 2001

SUMÁRIO

Esta apostila de Notas de Aula Prática contém a descrição das experiências de laboratório da disciplina de Eletrônica Básica do curso de Ciência da Computação. Nela, o aluno do curso poderá acompanhar todo o desenvolvimento prático da disciplina, aplicando os conhecimentos adquiridos nas aulas teóricas.

Inicialmente, as experiências utilizam os teoremas básicos de eletricidade, de fundamental importância para aprender eletrônica. O aluno tem a oportunidade de comprovar algumas leis através de experimentos simples, além de aprender a utilizar instrumentos reais de medição.

O dispositivo semiconductor diodo é utilizado nas próximas experiências, onde o estudante tem a oportunidade de aplicá-lo em circuitos simples, inclusive na construção de portas lógicas, fundamentais na construção de computadores digitais.

Em seguida, algumas experiências com transistor bipolar são realizadas, constatando a possibilidade de utilizar este componente como chave estática, e a sua importância no projeto de circuitos digitais.

Finalmente, o amplificador operacional é utilizado em experiências com algumas de suas principais aplicações.

Em anexo, são apresentados os principais componentes eletrônicos utilizados nas experiências (dados do fabricante), bem como os manuais dos instrumentos disponíveis.

Este material está em constante aprimoramento e, por isso, qualquer contribuição que venha melhorá-lo será bem vinda.

Prof. Wilian Soares Lacerda

<http://www.comp.ufla.br/~lacerda>

e-mail: lacerda@ufla.br

ÍNDICE

1º RELATÓRIO	5
Resistores, Voltímetros e Amperímetros	
2º RELATÓRIO	8
Teoremas de circuitos elétricos	
3º RELATÓRIO	12
Teorema de Thevenin	
4º RELATÓRIO	16
Diodo semiconductor	
5º RELATÓRIO	19
Osciloscópio e gerador de funções	
6º RELATÓRIO	23
Portas Lógicas com Diodo	
7º RELATÓRIO	26
Diodo Zener	
8º RELATÓRIO	29
Transistor bipolar	
9º RELATÓRIO	32
Porta lógica com diodo e transistor bipolar	
10º RELATÓRIO	36
Polarização do transistor bipolar	
11º RELATÓRIO	40
Aplicações Lineares do Amplificador Operacional	
12º RELATÓRIO	45
Aplicações Não Lineares do Amplificador Operacional	

Anexos:

- Catálogo diodo 1N4007
- Catálogo transistor BC548
- Catálogo amplificador operacional 741
- Manual multímetro Minipa
- Manual multímetro UNI-T
- Manual gerador de funções Minipa
- Manual osciloscópio Minipa
- Relação de resistências
- Laboratório para confecção de placa de circuito impresso
- Código de cores para resistências
- Como fazer uma placa de circuito impresso
- Código de cores para capacitores

1º RELATÓRIO

Título: Resistores, Voltímetros e Amperímetros

Objetivo:

- Conhecer o código de cores dos resistores de carvão
- Aplicar o código de cores para identificar o valor de um resistor
- Aprender como usar o voltímetro e amperímetro

Teoria:

Código de cor

As listras de cor existentes no corpo do resistor de carvão fornecem seu valor em Ohms. Cada cor representa um número, como mostrado na tabela abaixo.

Cor	1º dígito	2º dígito	Potência de 10	Tolerância
Preto	0	0	1	-
Marrom	1	1	10	1%
Vermelho	2	2	100	-
Laranja	3	3	1.000	-
Amarelo	4	4	10.000	-
Verde	5	5	100.000	-
Azul	6	6	1.000.000	-
Violeta	7	7	10.000.000	-
Cinza	8	8	100.000.000	-
Branco	9	9	1.000.000.000	-
Ouro	-	-	0,1	5%
Prata	-	-	0,01	10%

A primeira e a segunda listras, num extremo do resistor, representam o primeiro e o segundo dígitos do valor. A terceira listra representa a potência de 10 pela qual deve ser multiplicado o valor. A quarta listra fornece a tolerância. Geralmente o valor é lido utilizando-se unidades Ohms (Ω), kilo Ohms ($k\Omega$), ou mega Ohms ($M\Omega$). A potência que o resistor pode dissipar depende do seu tamanho, sendo comuns as potências (em Watts): 1/8W, 1/4W, 1/2W, 1W, 2W, 5W.

Voltímetros e Amperímetros

São instrumentos de dois terminais que servem para medição de tensão (diferença de potencial) em volts e corrente elétrica em amperes. O voltímetro é conectado em paralelo com o circuito que se deseja medir e devido a sua alta impedância de entrada (circuito aberto), não interfere no funcionamento do circuito (ideal). O amperímetro é conectado em série com o circuito que se deseja medir, e devido a sua baixa impedância de entrada (curto circuito), não interfere no funcionamento do circuito em medição (ideal).

Prática:

1 - Para cada sequência de cores de resistores abaixo, identifique seu valor em ohms:

1ª cor	2ª cor	3ª cor	4ª cor	Valor
Marrom	Verde	Laranja	Prata	
Laranja	Laranja	Marrom	Ouro	
Marrom	Preto	Vermelho	Marrom	
Amarelo	Violeta	Amarelo	Ouro	
Verde	Azul	Verde	Prata	

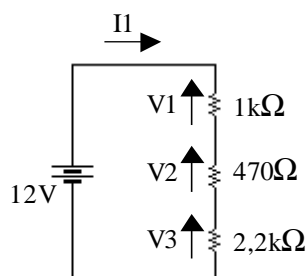
2 – Anote as cores das listras de 5 resistores na tabela abaixo, e identifique o seu valor em ohms:

1ª cor	2ª cor	3ª cor	4ª cor	Valor

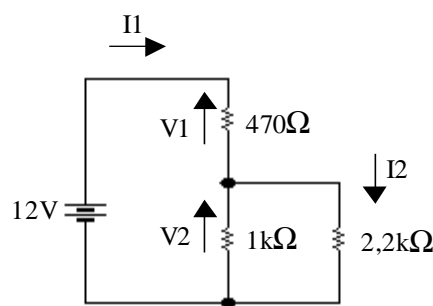
3 – Complete a frase com a palavra correta:

- a) O voltímetro é usado para medir _____, e é ligado em _____ com o circuito que se deseja medir.
- b) O amperímetro é usado para medir _____, e é ligado em _____ com o circuito que se deseja medir.

4 – Redesenhe os circuitos abaixo, indicando como conectar voltímetros e amperímetros para medição das grandezas indicadas.



Circuito 1



Circuito 2

Solução:

5 – Conclusões:

2º RELATÓRIO

Título: Teoremas de circuitos elétricos

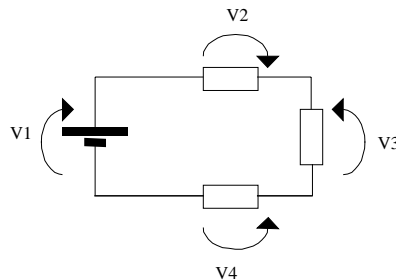
Objetivo:

- Aplicar o resistor em um circuito divisor de tensão e corrente
- Rever teoremas básicos de eletricidade
- Utilizar o voltímetro e amperímetro

Teoria:

Lei da Tensão de Kirchhoff

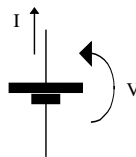
Em um circuito fechado, a soma algébrica das tensões é igual a zero.



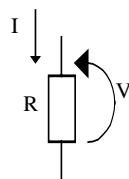
$$V1 + V2 - V3 - V4 = 0$$

$$V1 + V2 = V3 + V4$$

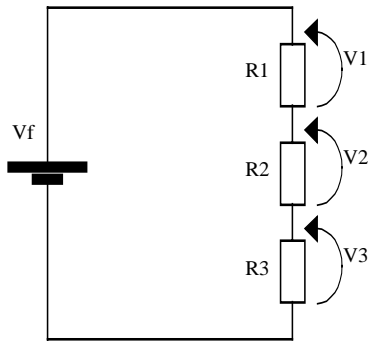
Em uma fonte de tensão, a tensão e corrente em seus terminais são consideradas positivas quando adota-se a polaridade indicada na figura:



Em uma carga, a tensão e corrente em seus terminais são consideradas positivas quando adota-se a polaridade indicada na figura:



Divisor de Tensão



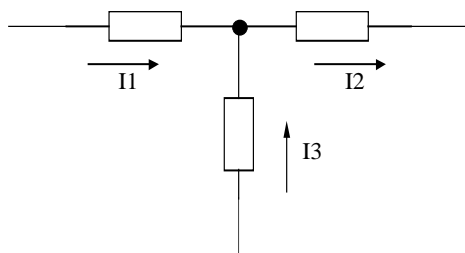
$$V1 = \frac{R1}{R1 + R2 + R3} \cdot Vf$$

$$V2 = \frac{R2}{R1 + R2 + R3} \cdot Vf$$

$$V3 = \frac{R3}{R1 + R2 + R3} \cdot Vf$$

Lei dos Nós ou Lei de Corrente de Kirchhoff

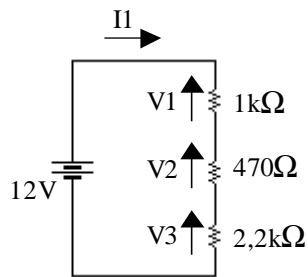
A soma das correntes que entram em um nó é igual a soma das correntes que saem do nó.



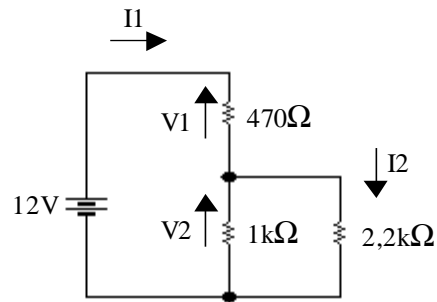
$$I1 + I3 = I2$$

Prática:

1 – Montar os circuitos abaixo no protoboard e medir as seguintes tensões e correntes indicadas:



Circuito 1



Circuito 2

2 – Calcular as tensões e correntes do circuito anterior e comparar com os resultados medidos.

Circuito 1:

	Medido	Calculado
V1		
V2		
V3		
I1		

Circuito 2:

	Medido	Calculado
V1		
V2		
I1		
I2		

3 – Conclusões:

3º RELATÓRIO

Título: Teorema de Thevenin

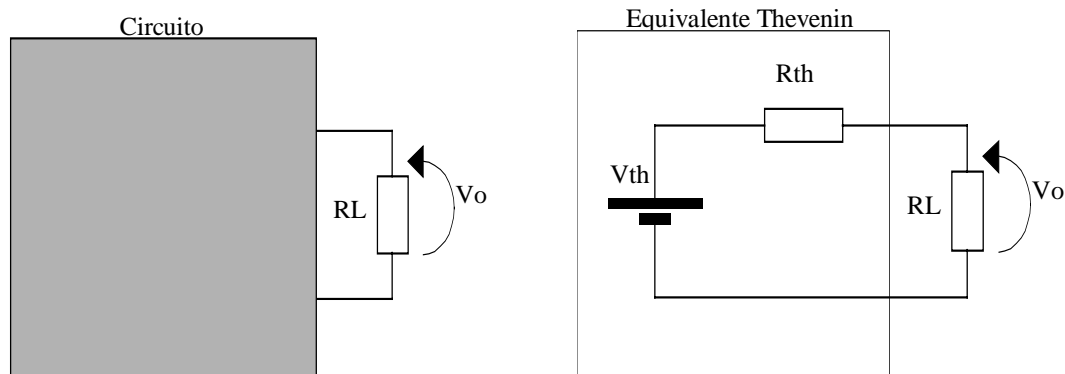
Objetivo:

- Comprovar a lei de Thevenin e sua utilidade
- Utilizar instrumentos de medição
- Comprovar dados calculados com medidos

Teoria:

Teorema de Thevenin

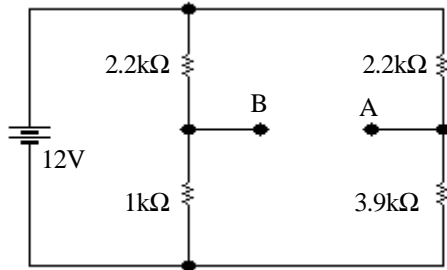
Um circuito linear (que obedece a lei de ohm) e bilateral (a corrente pode fluir nos dois sentidos) pode ser substituído pelo seu equivalente Thevenin, consistindo em uma fonte de tensão e um resistor em série.



- Para medir o equivalente Thevenin deve-se:
 - 1º – Retirar a carga do circuito.
 - 2º – Medir a tensão nos terminais de saída do circuito sem a carga. Esta é a tensão V_{th} .
 - 3º – Substituir as fontes de tensão por curto-circuitos e, através de um ohmímetro, medir a resistência nos terminais de saída. Esta é a resistência R_{th} .
 - 4º – Desenhar o equivalente Thevenin com os valores de V_{th} e R_{th} medidos.
- Para calcular o equivalente Thevenin deve-se:
 - 1º – Retirar a carga do circuito.
 - 2º – Calcular a tensão nos terminais de saída do circuito sem a carga. Esta é a tensão V_{th} .
 - 3º – Substituir as fontes de tensão por curto-circuitos e calcular a resistência vista pelos terminais de saída. Esta é a resistência R_{th} .
 - 4º – Desenhar o equivalente Thevenin com os valores de V_{th} e R_{th} calculados.

Prática:

1 - Calcular o equivalente Thevenin do seguinte circuito (A e B são os terminais de saída sem a carga):



2 - Montar o circuito do item 1 e medir V_{th} (com voltímetro) e R_{th} (com ohmímetro). Comparar os valores medidos com os valores calculados no item 1. Justificar os valores.

	V_{th}	R_{th}
Calculado		
Medido		

3 - Colocar um resistor de carga (R_L) de $1k\Omega$ nos terminais de saída (A – B) do circuito. Calcular a corrente da carga (I_L) usando o equivalente Thevenin.

4 - Retirar o resistor de carga de $1K\Omega$ e repetir o item 3 com um resistor de carga de 560Ω .

5 - Medir (com amperímetro) a corrente (**IL**) da carga de $1\text{k}\Omega$ e de 560Ω no circuito montado e comparar com o valor calculado. Justificar os valores.

	RL	
	1kΩ	560Ω
IL calculado		
IL medido		

6 - Conclusões:

4º RELATÓRIO

Título: Diodo semicondutor

Objetivo:

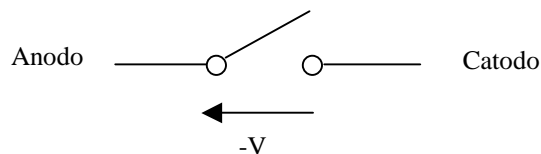
- Conhecer o dispositivo diodo
- Consultar folha de dados de um diodo comercial
- Utilizar o diodo em circuito
- Comparar o diodo como uma chave

Teoria:

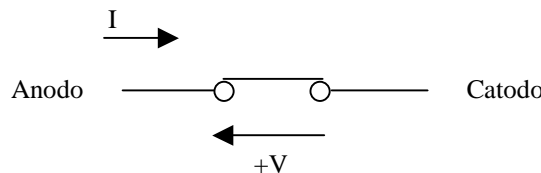
Diodo

É um dispositivo eletrônico de dois terminais que se comporta como uma chave fechada quando diretamente polarizado (anodo com potencial maior que catodo), e como uma chave aberta quando inversamente polarizado (modelo ideal).

Polarização reversa:

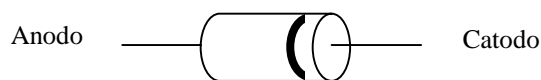


Polarização direta:



Diodo semicondutor real

Aspecto Físico:



Símbolo:



- Na polarização direta, apresenta queda de tensão nos seus terminais de 0,1V à 0,6V para diodos de germânio (Ge), e 0,6 à 1,1V para os de silício (Si).
- Na polarização inversa, apresenta uma pequena corrente de fuga da ordem de nanoamperes.

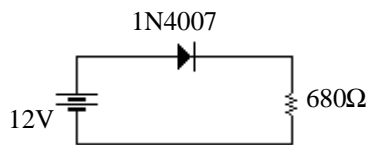
Prática:

1 - Consultar a folha de especificações do diodo 1N4007, no anexo, e preencher a tabela:

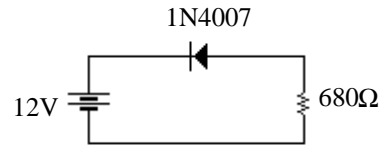
Tensão direta a corrente máxima (VF)	
Corrente média direta máxima - IF(AV)	
Máxima tensão reversa de pico repetitiva (VRRM)	

2 - Calcular a corrente (I_d) e tensão (V_d) nos terminais do diodo dos seguintes circuitos (considerar diodo ideal):

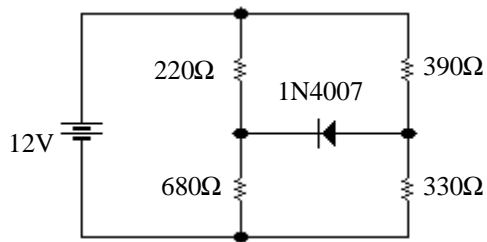
Circuito 1



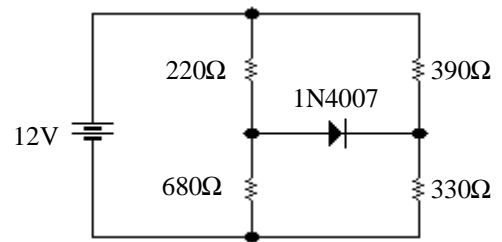
Circuito 2



Circuito 3



Circuito 4



3 – Montar os circuitos do item 2 e medir a tensão (V_d) e corrente (I_d) no diodo. Comparar com os valores calculados.

Circuito	Medido		Calculado	
	V_d	I_d	V_d	I_d
1				
2				
3				
4				

4 – Conclusões:

5º RELATÓRIO

Título: Osciloscópio e gerador de funções

Objetivo:

- Capacitar o aluno a utilizar o osciloscópio e o gerador de funções
- Utilizar o osciloscópio para medições de tensão e corrente
- Utilizar o osciloscópio para observação de formas de onda

Teoria:

O osciloscópio é um instrumento de medição utilizado principalmente para observar formas de onda de tensão. O sinal de tensão a ser observado é acoplado a entrada vertical do osciloscópio. Através de ajuste do ganho do amplificador de entrada vertical, conseguimos amplificar o sinal de entrada a um nível apropriado para observação. Para se determinar o valor da tensão medida, multiplica-se o número de divisões que o traço se movimentou (na vertical em relação a um referencial) pelo valor indicado pela posição da chave seletora de ganho vertical.

A aplicação mais comum de osciloscópio é na observação de sinais alternados. Existem diversas formas de sinais alternados, muitos deles com forma bastante complexa. Os sinais senoidais ou cossenoidais, entretanto, possuem algumas características de fácil análise. Basicamente são três as características deste tipo de sinal: amplitude, frequência e fase.

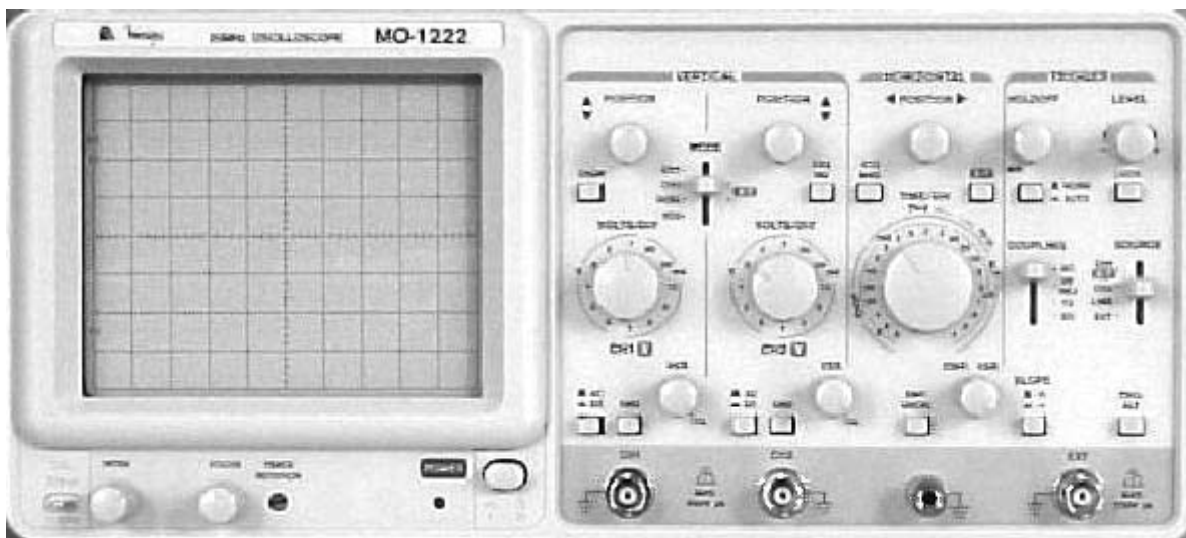
O eixo horizontal do Osciloscópio é denominado de "eixo dos tempos" porque através de suas divisões pode-se determinar o período de formas de ondas alternada (o valor de cada divisão horizontal é dado pela chave seletora de base de tempo). Ajustando-se a base de tempo horizontal, conseguimos ajustar o intervalo de tempo de observação do sinal. Com a onda alternada projetada na tela deve-se então estabelecer um ponto na figura que será considerado como início do ciclo e posicioná-lo exatamente sobre uma das divisões do eixo horizontal. Com o início do ciclo posicionado, verifica-se o número de divisões do eixo horizontal ocupado pelo ciclo completo. Conhecendo-se o tempo de cada divisão horizontal e o número de divisões horizontais ocupados por um ciclo da onda alternada, pode-se então determinar o seu período.

Através do gerador de funções é possível obter formas de onda periódicas (senoidal, triangular, quadrada) com amplitude e frequência determinadas. Estes sinais são úteis para aplicações em eletrônica como: clock de circuitos digitais, sinais de entrada de circuitos, teste de equipamentos, etc.

Prática:

1 - Identifique os controles e entradas do osciloscópio listados abaixo:

- a - chave liga-desliga;
- b - controle de brilho;
- c - controle de foco;
- d - entrada(s) vertical(ais);
- e - chaves(s) de seleção do modo de entrada;
- f - chaves(s) seletora(s) de ganho vertical;
- g - controle(s) de posição;
- h - chave seletora da base de tempo;
- i - ajuste fino da base de tempo;
- j - controle(s) de posição horizontal;
- l - entrada de sincronismo externo;
- m - controles de sincronismo.



2 – Prepare o osciloscópio para uso:

- Posicione a chave seletora de base de tempo em 1ms/div;
- Coloque o controle de posição horizontal na metade do curso;
- Selecione REDE (ou LINE) na chave seletora de sincronismo;
- Selecione DUAL (ou CHOPPER) na seletora de modo vertical;
- Posicione os controles verticais dos dois canais na metade do cursor;
- Ligue o osciloscópio e ajuste os controles de intensidade e de foco até obter um traço fino;
- Movimente o controle de posição horizontal e observe o que acontece na tela;
- Mude a posição da chave seletora de base de tempo no sentido anti-horário e observe o que acontece com o traço na tela;
- Movimente o controle vertical do canal 1 e observe o que ocorre;
- Movimente o controle vertical do canal 2 e observe a tela;
- Passa a chave seletora de modo de operação vertical para CH1 e observe o que ocorre a tela.

OBS: quando se seleciona CH1 ou CH2 temos osciloscópio traço simples.

3 – Medição de um tensão contínua:

Selecione AUTO na chave de fonte de sincronismo;
 Ajuste a chave de base de tempo para 1ms/div;
 Ajuste o traço no centro da tela (será a referência);
 Coloque a atenuação da ponta de prova em x10.
 Conecte a ponta de prova em um dos canais (CH1 ou CH2) e posicione a chave CA-O-DC em DC, no canal selecionado;
 Posicione a chave de ganho vertical em 0.5V/div;
 Ligue a fonte de tensão contínua;
 Conecte a ponta de prova do osciloscópio nos bornes de saída da fonte de modo que agarra de terra seja conectada ao borne de terra (0V);
 Faça a leitura da tensão no osciloscópio.

Obs:

$V_{in} = (n^{\circ} \text{ de divisões}) \times (\text{pos. da chave sel. de ganho vert.}) \times (\text{atenuação da ponta de prova})$

$$V = \text{_____} \times \text{_____} \times \text{_____} = \text{_____} \text{ V}$$

Mude o seletor de ganho vertical para 20V/div, 10V/div, 2V/div, 1V/div.

OBS: dependendo do valor a se medir, existe uma posição da chave seletora de ganho vertical em que se torna mais fácil a leitura. Sempre que se for realizar alguma leitura de tensão deve-se procurar colocar a chave seletora de ganho vertical em um valor mais alto e depois ir ajustando até que a leitura se torne mais fácil de realizar. Este cuidado é válido para todos os instrumentos sob risco de se danificar o aparelho.

4 – Medição de uma tensão alternada:

Selecione AUTO na chave de fonte de sincronismo;
 Posicione a chave seletora de base de tempo em 5ms/div;
 Coloque a atenuação da ponta de prova em x10;
 Conecte a ponta de prova no canal selecionado;
 Posicione a chave seletora de modo de entrada para a posição AC;
 Passe a chave seletora de ganho vertical para 0,5V/div;
 Selecione CH1 ou CH2 (conforme o canal selecionado) na chave de sincronismo;
 Ligue o gerador de sinais;
 Conecte a ponta de prova aos bornes do gerador de sinais de modo que o terra da ponta de prova fique ligado ao terra do gerador;
 Ajuste o gerador para fornecer uma forma de onda senoidal, 60Hz, 10V de pico.

Determine a tensão de pico a pico (V_{pp}) e a tensão de pico (V_p) na tela.

$$V_{pp} = \text{_____} \text{ V}; V_p = \text{_____} \text{ V};$$

5 – Determinação da frequência com osciloscópio.

Posicione a chave seletora de ganho vertical em $0,5 \text{ V/div}$;
 Posicione a chave de modo de sincronismo em CH1;
 Posicione a chave de modo de entrada em DC;
 Coloque a atenuação da ponta de prova em $\times 10$;
 Conecte a ponta de prova do canal selecionado ao gerador de funções;
 Ajuste no gerador de funções uma frequência de 1 kHz, senoidal;
 Atue na chave seletora de base de tempo até conseguir o menor número possível de ciclos;
 Atuando no controle horizontal, estabeleça um ponto que será considerado como início do ciclo da figura projetada na tela (o ponto deverá estar exatamente sobre a linha horizontal);
 Conte quantas divisões horizontais ocupa um ciclo da forma de onda na tela;
 Verifique qual a posição da chave seletora de base de tempo;
 Calcule o período da onda projetada na tela:

$$T = \text{_____} \text{ s}$$

Calcule a frequência:

$$f = \text{_____} \text{ Hz} \quad f = 1/T$$

Ajuste as frequências abaixo pelo osciloscópio e confira com o mostrador do gerador de funções.

Período (com osciloscópio)	Frequência (com osciloscópio)	Frequência do gerador de funções
	800 Hz	
	2000 Hz	
	25000 Hz	
	15 Hz	
	150 Hz	
	180 Hz	

6 – Desligamento do osciloscópio

Desligue todos os equipamentos;
 Desconecte a ponta de prova;
 Desconecte a tomada.

6º RELATÓRIO

Título: Portas Lógicas com Diodo

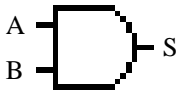
Objetivo:

- Conhecer portas lógicas
- Montar circuitos com diodos
- Utilizar diodos para montagem de portas lógicas

Teoria:

Portas lógicas são circuitos eletrônicos que implementam uma função lógica, segundo a álgebra de Boole. As funções lógicas básicas são: AND, OR, NOT. Os símbolos das portas que implementam estas funções e a correspondente tabela verdade é mostrado abaixo:

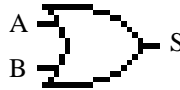
Porta AND:



B	A	S
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

$$S = A \cdot B$$

Porta OR:



B	A	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

$$S = A + B$$

Porta NOT:



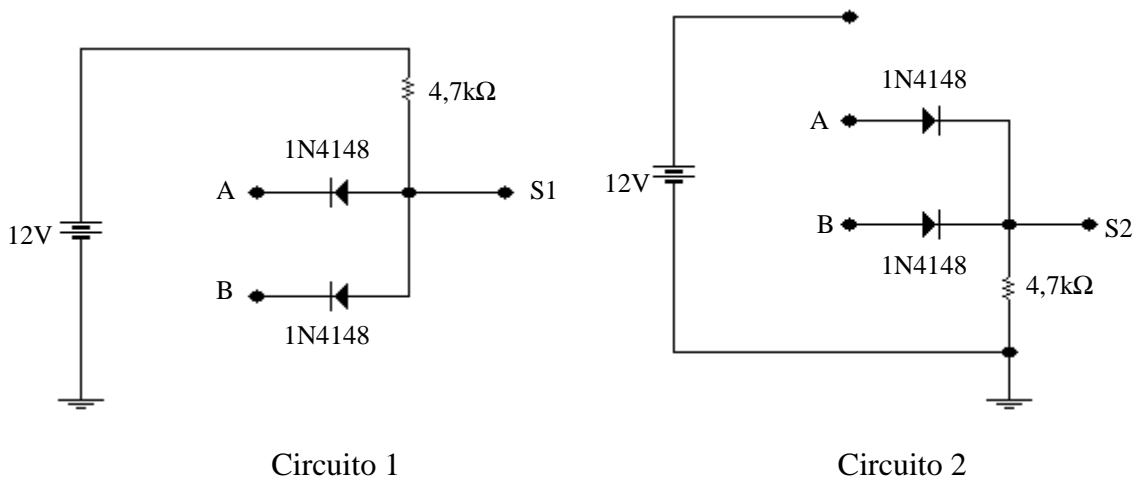
A	S
0	1
1	0

$$S = \bar{A}$$

Prática:

1 - Montar os circuitos abaixo e medir a tensão na saída (S1, S2), variando os valores da tensão de entrada (A, B) de acordo com a tabela abaixo:

Entradas		Saídas	
A	B	S1	S2
0V	0V		
0V	12V		
12V	0V		
12V	12V		



2 – Explique, com suas próprias palavras, como funciona cada circuito anterior.

Circuito 1:

Circuito 2:

3 – Conclusões:

7º RELATÓRIO

Título: Diodo Zener

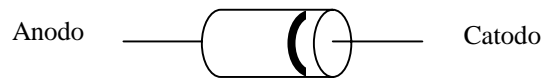
Objetivo:

- Conhecer o diodo zener
- Montar circuitos com diodo zener
- Observar formas de onda com osciloscópio

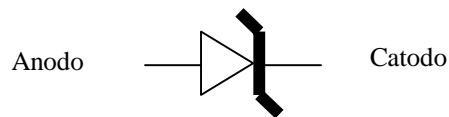
Teoria:

Diodo zener

Aspecto físico:



Símbolo:



A curva característica $I \times V$ de um diodo zener é a mesma de um diodo comum.

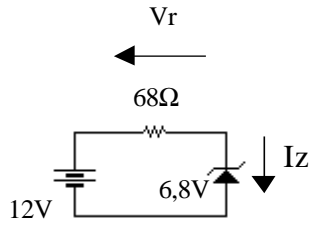
Quando uma tensão inversa é aplicada a um diodo ocorrerá a ruptura da junção a uma tensão específica (tensão zener). O diodo zener é projetado com condições de dissipação para trabalhar nesta região da curva característica.

Na região zener a tensão permanece aproximadamente constante para uma grande variação de corrente através do diodo. Esta propriedade é muito utilizada em dispositivos reguladores de tensão.

Para uma condição de boa utilização do diodo zener deve-se limitar a corrente inversa sobre ele a um valor obtido através da potência máxima de dissipação, normalmente fornecida pelo fabricante.

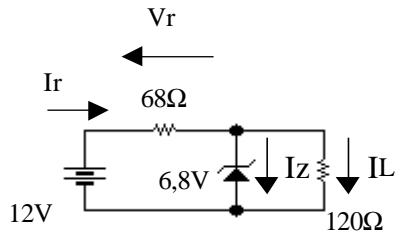
Prática:

1 – Calcular as correntes e tensões indicadas no circuito abaixo:



Circuito 1

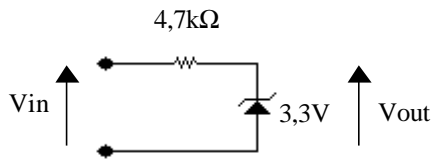
2 – Colocar uma carga resistiva de 120Ω na saída do circuito e recalculer as tensões e correntes.



Circuito 2

3 – Montar no protoboard os circuitos dos itens 1 e 2. Medir as tensões e correntes. Comparar com os valores calculados.

4 – Montar o circuito abaixo no protoboard. Aplicar na entrada do circuito uma forma de onda senoidal de 10Vpp, 60Hz. Observar a forma de onda na saída com o osciloscópio. Desenhar a forma de onda.



Circuito 3

5 – Conclusões:

8º RELATÓRIO

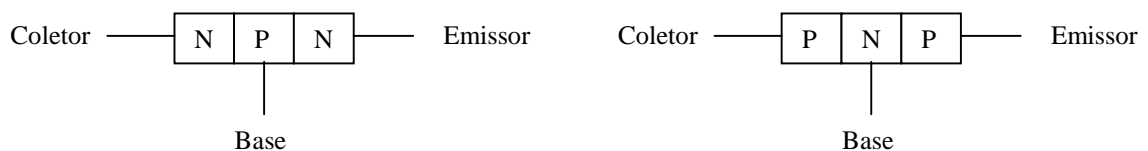
Título: Transistor bipolar

Objetivo:

- Capacitar o aluno a identificar os terminais de um transistor
- Identificar as características de um transistor
- Consultar a folha de dados de um transistor
- Ligar o transistor em um circuito eletrônico
- Levantar a curva característica de um transistor

Teoria:

O transistor bipolar é um dispositivo de três terminais (base, coletor, emissor) constituído de duas junções semicondutoras PN. Há basicamente dois tipos de transistores: NPN e PNP.



Símbolo:

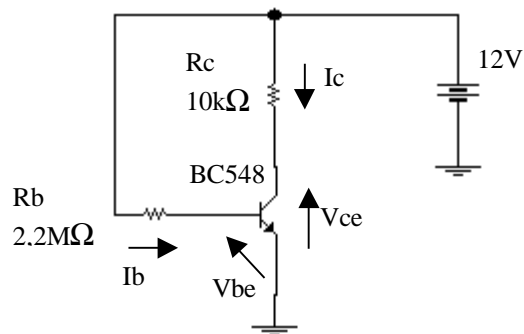


As junções semicondutoras são encapsuladas em invólucros de plástico ou metal, sendo o material semicondutor acessível eletricamente através de terminais.

O transistor tem a característica de que uma pequena corrente de base pode controlar uma grande corrente de coletor. Por isso, é utilizado principalmente como uma chave controlada por corrente.

Prática:

1 - Montar o circuito abaixo no protoboard e ligar a alimentação:



2 - Levantar a curva característica do transistor. Variar os valores de R_b e R_c conforme tabela abaixo. Medir os valores das correntes I_b e I_c , e os valores das tensões V_{ce} e V_{be} . Completar a tabela com os valores medidos:

Circuito de entrada			Circuito de saída		
R_b (Ω)	I_b (μA)	V_{be} (Volts)	R_c (Ω)	V_{ce} (Volts)	I_c (mA)
2,2M Ω			10k Ω		
			4,7k Ω		
			2,7k Ω		
1M Ω			4,7k Ω		
			2,7k Ω		
			1,5k Ω		
680k Ω			2,7k Ω		
			1,5k Ω		
			1k Ω		

3 - Desenhar o gráfico da curva característica do transistor (I_c x V_{ce}) com os dados medidos no item 2.

4 - Qual é o valor aproximado do ganho de corrente (β) do transistor utilizado?

5 - Consultando a folha de dados do transistor BC548, dê o valor de:

Máxima tensão coletor-emissor	
Máxima corrente de coletor	
Máxima dissipação de potência	
Corrente de fuga de coletor	
Máxima tensão base-emissor	
Máxima tensão de saturação coletor-emissor	
Máximo ganho de corrente	

6 - Conclusões:

9º RELATÓRIO

Título: Porta lógica com diodo e transistor bipolar

Objetivo:

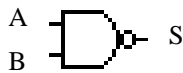
- Capacitar o aluno a montar circuitos que utilizam transistor e diodo
- Construir portas lógicas com transistor e diodo
- Entender o funcionamento de portas lógicas

Teoria:

Portas lógicas são circuitos eletrônicos que implementam uma função lógica, segundo a álgebra de Boole. As funções lógicas básicas são: AND, OR, NOT, NAND, NOR. As portas lógicas podem ser construídas a partir de diodos e transistores. As portas lógicas contêm uma ou mais entradas de tensão, e uma saída de tensão. São definidos dois níveis de tensão (0V e 12V, 0V e 5V por exemplo) que correspondem aos níveis lógicos 0 e 1. As portas lógicas podem ser interligadas de forma a implementarem funções lógicas complexas. Os símbolos das portas que implementam algumas destas funções e a correspondente tabela verdade é mostrado abaixo:

Porta NAND:

$$S = (A \cdot B)$$



B	A	S
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Porta NOR:

$$S = (A + B)$$



B	A	S
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Porta NOT:

$$S = \overline{A}$$

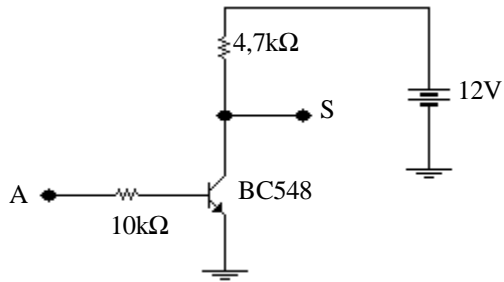


A	S
0	1
1	0

Prática:

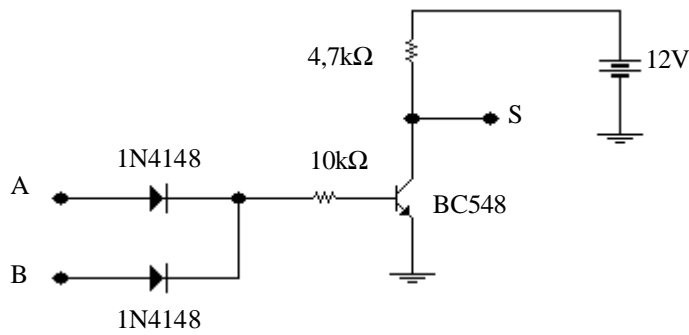
1 – Montar os seguintes circuitos eletrônicos no protoboard. Variar as tensões das entradas (A e B) conforme as tabelas e medir as tensões de saída (S) com um voltímetro. Completar as tabelas.

Circuito 1:



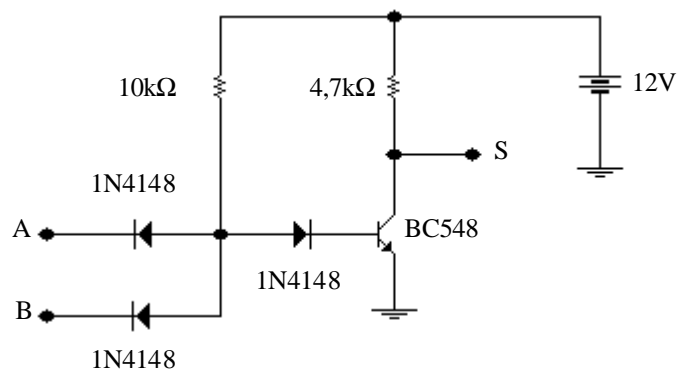
A	S
0V	
12V	

Circuito 2:



B	A	S
0V	0V	
0V	12V	
12V	0V	
12V	12V	

Circuito 3:



B	A	S
0V	0V	
0V	12V	
12V	0V	
12V	12V	

2 – Identificar em cada circuito anterior, qual é a porta lógica implementada. Justifique.

3 – Explique como funciona, resumidamente, cada circuito do item 1.

Circuito 1:

Circuito 2:

Circuito 3:

4 – Como é possível implementar outras portas lógicas? Dê exemplos.

5 – Conclusões:

10º RELATÓRIO

Título: Polarização do transistor bipolar

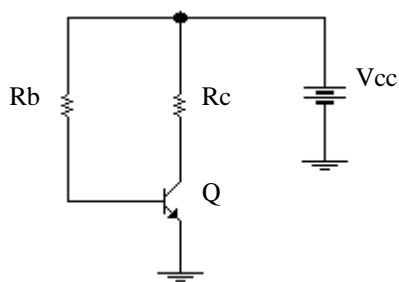
Objetivo:

- Capacitar o aluno a simular circuitos que utilizam transistor
- Entender o funcionamento dos circuitos de polarização de transistores
- Calcular as grandezas elétricas em circuitos de polarização de transistor

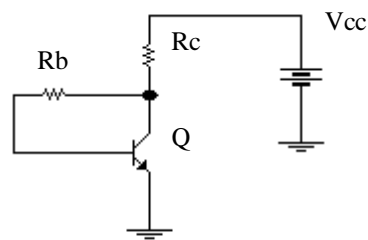
Teoria:

Os transistores bipolares devem ser previamente alimentados por uma fonte de tensão e polarizados corretamente para funcionarem. Existem os seguintes métodos de polarização de transistor comumente utilizados:

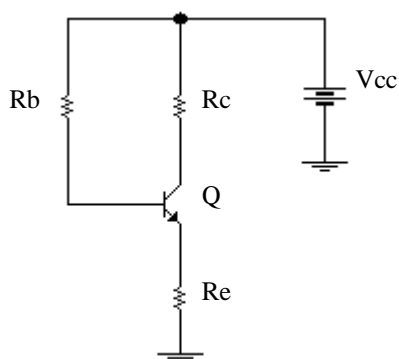
Polarização fixa:



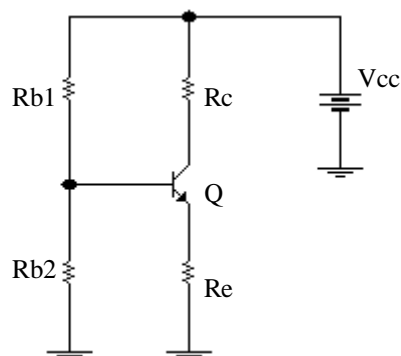
Polarização com realimentação de coletor (autopolarização):



Polarização com realimentação de emissor:

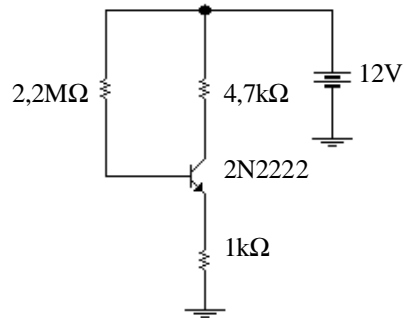
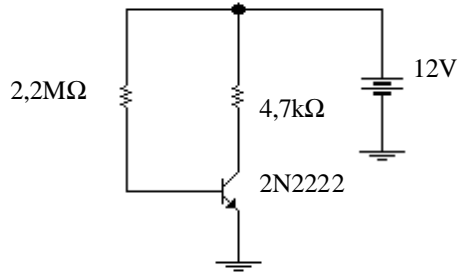


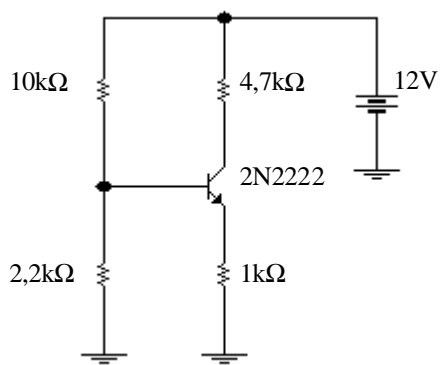
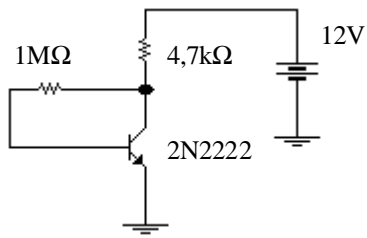
Polarização por divisor de tensão (polarização universal):



Prática:

1 – Para cada circuito abaixo, identifique qual é o tipo de polarização utilizada. Calcule a corrente de base (I_b), corrente de coletor (I_c), tensão coletor-emissor (V_{ce}), e tensão no resistor de coletor (V_{R_c}) em cada circuito (considere transistor com $\beta=220$).





2 – Desenhar os circuitos do item 1 no EWB - MULTISIM e simular. Medir e anotar os valores das correntes e tensões calculadas no item 1 em cada circuito.

3 – Comparar os valores calculados e medidos nos itens 1 e 2. Justificar as discrepâncias.

4 – Conclusões:

11º RELATÓRIO

Título: Aplicações Lineares do Amplificador Operacional

Objetivo:

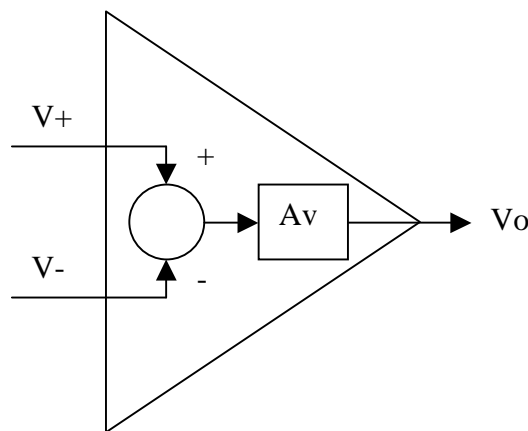
- Entender o funcionamento de circuitos com amplificadores operacionais
- Conhecer as principais aplicações de amplificadores operacionais
- Usar o osciloscópio para observar e medir formas de onda
- Consultar folha de dados de um amplificador operacional

Teoria:

O amplificador operacional é um elemento ativo integrado cujas características são:

- alto ganho
- alta impedância de entrada
- baixa impedância de saída
- entradas inversora e não inversora
- larga faixa de frequência

O amplificador operacional pode ser modelizado como:



Onde:

V_+ é a entrada não inversora.

V_- é a entrada inversora.

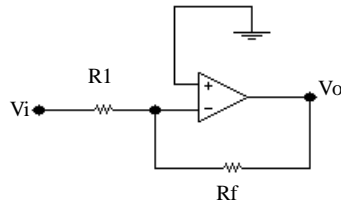
A_v é o ganho de tensão. Ideal: $A_v = \infty$.

V_o é a saída.

Os amplificadores operacionais possuem como principais aplicações lineares:

Amplificador inversor:

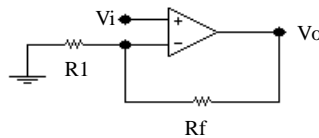
O sinal de saída (V_o) é invertido em relação ao sinal de entrada (V_i) com um ganho (V_o/V_i) dado por R_f/R_1 .



$$V_o = -\frac{R_f}{R_1} \cdot V_i$$

Amplificador não inversor:

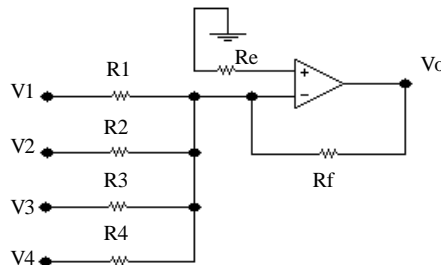
O sinal de saída (V_o) é igual ao sinal de entrada (V_i), porém com um ganho (V_o/V_i) dado por $R_f/R_1 + 1$.



$$V_o = \left(\frac{R_f}{R_1} + 1 \right) \cdot V_i$$

Somador inversor:

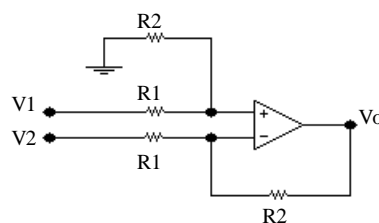
Nesta configuração, a saída é invertida e igual a soma dos sinais de entrada, multiplicados por um ganho.



$$V_o = -R_f \left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} + \frac{V_4}{R_4} \right)$$

Subtrator:

O amplificador operacional é utilizado nesta configuração para subtrair dois sinais e fornecer o resultado em sua saída multiplicado por um ganho (R_2/R_1).



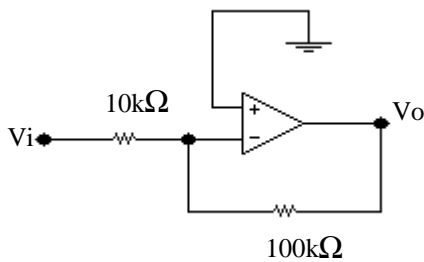
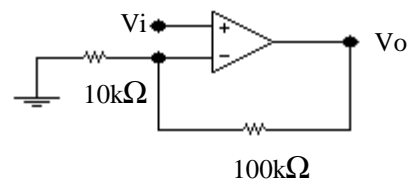
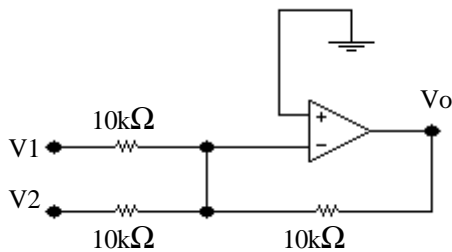
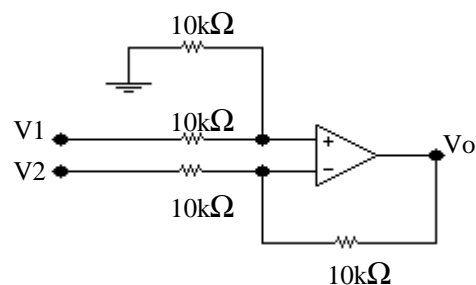
$$V_o = \frac{R_2}{R_1} \cdot (V_1 - V_2)$$

Prática:

1 – Consultar a folha de dados do amplificador operacional 741 e anotar as seguintes características:

Ganho em malha aberta	
Impedância de saída	
Impedância de entrada	
Razão de rejeição de modo comum	
Tensão diferencial de entrada máxima	
Corrente de saída máxima	
Tensão de offset de entrada	
Corrente offset de entrada	
Tensão de alimentação máxima	
Potência máxima de dissipação	

2 – Montar os seguintes circuitos utilizando o amplificador operacional 741. Consultar a folha de dados para identificação das pinagens do C.I. Alimentar os circuitos com tensão de +/- 12V.

Circuito 1:Circuito 2:Circuito 3:Circuito 4:

3 – Observar e medir com o osciloscópio as formas de onda de saída (V_o) para os circuitos do item 1, considerando os seguintes sinais de tensão de entrada para cada circuito. Utilizar o gerador de sinais. Desenhar as formas de onda de entrada e saída.

Circuito 1:

V_i = onda senoidal, 1Vp, 1kHz

Circuito 2:

V_i = onda senoidal, 0,5Vp, 1kHz

Circuito 3:

V_1 = onda triangular, 2Vp, 60Hz

V_2 = tensão contínua 5V

Circuito 4:

V_1 = onda quadrada, 3Vp, 200Hz

V_2 = tensão contínua 5V

4 - Simular os circuitos do item 1, considerando as mesmas formas de onda de tensão de entrada para cada circuito. Observar as formas de onda de entrada e saída com o osciloscópio e anexar a simulação ao relatório.

5 – Conclusões:

12º RELATÓRIO

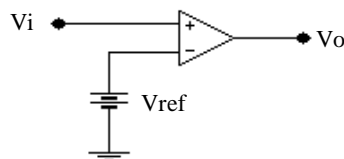
Título: Aplicações Não Lineares do Amplificador Operacional

Objetivo:

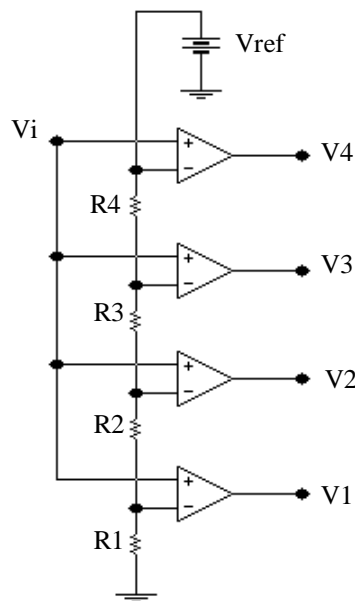
- Capacitar o aluno a simular circuitos que utilizam amplificador operacional
- Entender o funcionamento de circuitos com amplificadores operacionais
- Conhecer as principais aplicações de amplificadores operacionais
- Usar o osciloscópio para observar e medir formas de onda

Teoria:

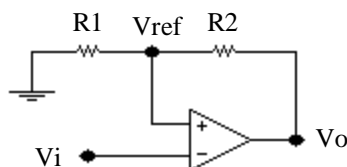
Comparador:



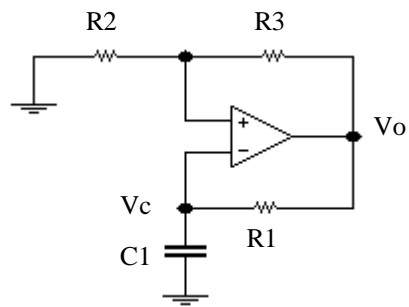
Conversor Analógico/Digital:



Comparador com histerese:



$$V_{ref} = \pm \left(\frac{R1}{R1 + R2} \right) \cdot V_{cc}$$

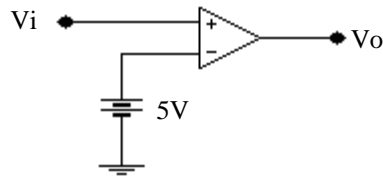
Oscilador de onda quadrada:

$$T = \frac{1}{f} = 2 \cdot R1 \cdot C1 \cdot \ln\left(1 + \frac{2 \cdot R2}{R3}\right)$$

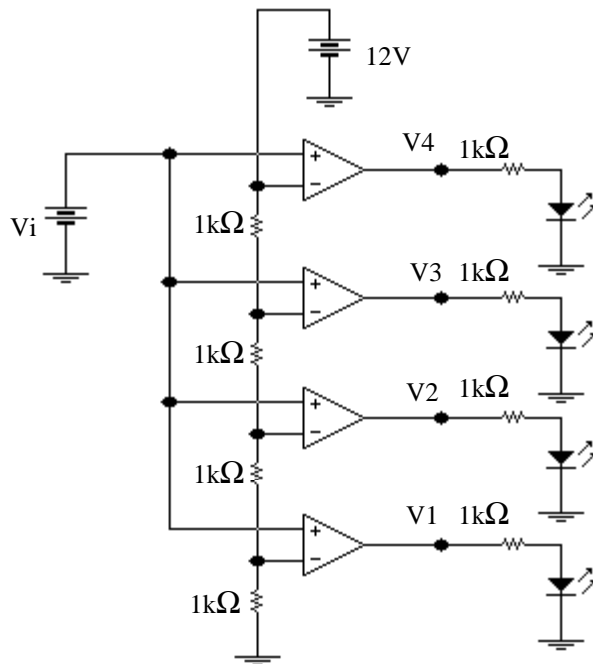
Prática:

1 – Desenhar, usando o programa EWB - MULTISIM, os seguintes circuitos eletrônicos (utilize o amplificador operacional 741 com alimentação +/-20V):

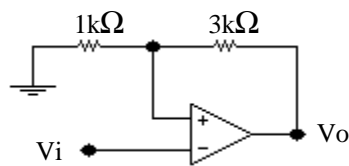
Circuito 1:



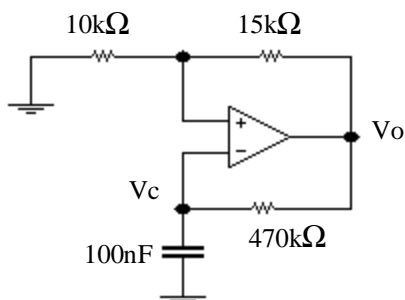
Circuito 2:



Circuito 3:



Circuito 4:



2 – Simular o circuito 1 do item 1, considerando os seguintes níveis de tensão contínua de entrada (V_i) para o circuito. Medir com o voltímetro a tensão de saída e completar a tabela.

Circuito 1:

V_i	V_o (Simulado)
-5V	
0V	
4,9V	
5,1V	
10V	

3 - Simular o circuito 1 do item 1, considerando forma de onda senoidal (1kHz, 6Vpico) para a entrada (V_i). Observar a saída (V_o) e entrada (V_i) com o osciloscópio e anotar as formas de onda.

Circuito 1:

4 - Simular o circuito 2 do item 1, considerando os seguintes níveis de tensão contínua de entrada (V_i) para o circuito. Medir com o voltímetro as tensões de saída (V_1 , V_2 , V_3 , V_4) para cada valor de V_i e completar a tabela.

Circuito 2:

V_i	V_1	V_2	V_3	V_4
0V				
2,9V				
3,1V				
5,9V				
6,1V				
8,9V				
9,1V				
11,9V				
12,1V				
15V				

5 - Simular o circuito 2 do item 1, considerando forma de onda senoidal (10Hz, 15Vpico) na entrada (V_i). Observar e anotar o que acontece.

6 - Simular o circuito 3 do item 1, considerando forma de onda senoidal (10Hz, 10Vpico) na entrada (V_i). Observar a saída (V_o) e entrada (V_i) com o osciloscópio e anotar as formas de onda. Traçar o gráfico V_o x V_i .

Circuito 3:

7 – Simular o circuito 4 do item 1. Observar a forma de onda de saída (V_o) e a forma de onda no capacitor (V_c) com o osciloscópio. Anotar as formas de onda.

Circuito 4:

8 – Calcular e medir com o osciloscópio (simulação) a frequência da forma de onda quadrada de saída do circuito 4 do item 1.

Calculado: _____

Medido: _____

9 – Conclusões:

ANEXOS