

TELECOMUNICAÇÕES

# ELETRÔNICA DIGITAL



TELECOMUNICAÇÕES

# ELETRÔNICA DIGITAL



# SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO .....	04
BOAS VINDAS .....	05
INFORMAÇÕES INTRODUTÓRIAS .....	06
Organização curricular .....	06
Sistema de tutoria .....	06
Sistema de avaliação .....	06
VOCÊ E OS ESTUDOS À DISTÂNCIA .....	07
Organizando os estudos .....	07
Conhecendo o ambiente virtual de aprendizagem .....	08
INTRODUÇÃO .....	09
REPRESENTAÇÕES NUMÉRICAS .....	10
SISTEMAS DIGITAIS E ANALÓGICOS .....	12
VANTAGENS DAS TÉCNICAS DIGITAIS .....	13
LIMITAÇÕES DAS TÉCNICAS DIGITAIS .....	15
COMPORTAMENTO EM CIRCUITOS .....	17
A DOPAGEM DO DIODO SEMICONDUTOR E OS CRISTAIS P E N ..	19
Polarização do diodo .....	20
Testes com diodo .....	21
Usos .....	21
Tipos de diodos semicondutores .....	22
TRANSISTOR DE JUNÇÃO BIPOLAR, TJB (BJT) NPN .....	23
AMPLIFICADOR OPERACIONAL .....	26

# APRESENTAÇÃO

A **Escola Técnica Nossa Senhora Aparecida** com o intuito de se tornar referência em ensino técnico no Brasil, lança cursos técnicos em diversos eixos, de forma a atender uma demanda regional e estadual.

Por meio de um trabalho diferenciado o estudante é instigado ao seu autodesenvolvimento, aliando a pesquisa e a prática.

Essa competência e boa formação são os requisitos necessários para quem deseja estar preparado para enfrentar os desafios do mercado profissional. A escolha de um curso que aproxime teoria e prática e permita a realização de experiências contribui de maneira decisiva para a formação de um profissional comprometido com a qualidade e a inovação.

Ciente dessa importância a escola técnica Nossa Senhora Aparecida reuniu profissionais especialistas das áreas fins dos cursos propostos para fornecer cursos técnicos de qualidade para a comunidade da região.

Como escola de desenvolvimento tecnológico, na área de educação, através de um trabalho sério, realizado nos últimos anos no campo da educação básica, fortalece e amplia o seu programa de cursos, instituindo, em Goiás cursos técnicos de educação profissional.

Os cursos da Escola Técnica Nossa Senhora Aparecida são oferecidos na modalidade semipresencial, utilizando-se da plataforma Moodle ou Material Apostilado, mediado por professores formadores/tutores renomados. Além dos momentos presenciais, serão oferecidos no ambiente virtual: fórum de apresentação, fórum de notícias, slide com conteúdos pertinentes ao curso em questão, links de reportagens direcionadas, sistematização da aprendizagem.

# BOAS VINDAS

Bem vindo à Escola Técnica Nossa Senhora Aparecida!

Prezado (a) Cursista,

Que bom tê-lo (a) conosco!

Ao ter escolhido estudar na modalidade à distância, por meio de um ambiente virtual de aprendizagem, você optou por uma forma de aprender que requer habilidades e competências específicas por parte dos professores e estudantes. Em nossos cursos à distância, é você quem organiza a forma e o tempo de seus estudos, ou seja, é você o agente da sua aprendizagem. Estudar e aprender a distância exigirá disciplina.

Recomendamos que antes de acessar o espaço virtual de aprendizagem, faça uma leitura cuidadosa de todas as orientações para realização das atividades.

É importante que, ao iniciar o curso, você tenha uma compreensão clara de como será estruturada sua aprendizagem.

Uma orientação importante é que você crie uma conta de e-mail específica para receber informações do curso, seus exercícios corrigidos, comunicados e avisos. É de responsabilidade do estudante verificar também sua caixa de spam-lixo para ter acesso a todas as informações enviadas.

Desejamos um ótimo curso.

# INFORMAÇÕES INTRODUTÓRIAS

## **ORGANIZAÇÃO CURRICULAR**

Cada curso possui matriz curricular própria dividida em módulos de ensino semanais. O cronograma e planejamento de cada curso são modulados conforme as disposições dos professores e as atualizações dos conteúdos.

Os cursos têm apostilas de conteúdo para cada componente curricular, elaboradas por profissionais de referência em Goiás.

Os certificados serão emitidos pela Escola Nossa Senhora Aparecida até 90 dias após o término do curso, tendo em vista o trabalho de fechamento das notas e avaliação do curso.

## **SISTEMA DE TUTORIA**

O tutor será o profissional que estará mais próximo de você durante o período do curso, passando todos os comunicados e avisos, cobrando a entrega das atividades.

Conte com o tutor da sua turma para tirar suas dúvidas sejam elas do ambiente virtual, conteúdo do curso ou dúvida e questionamentos sobre os exercícios.

## **SISTEMA DE AVALIAÇÃO**

A avaliação será obtida através da participação e da avaliação do nível de conhecimento que o estudante demonstrar em chats, fóruns e exercícios.

Ao término do curso será informado para os estudantes de forma individualizada sobre sua aprovação e desempenho no curso.

# VOCÊ E OS ESTUDOS À DISTÂNCIA

## ORGANIZANDO OS ESTUDOS

O estudo por meio de um ambiente virtual de aprendizagem não é mais difícil e nem mais fácil do que num ambiente presencial. É apenas diferente. O estudo à distância exige muita disciplina. As orientações a seguir irão auxiliá-lo a criar hábitos de estudo.

- Elabore um horário semanal, considerando a carga horária do curso. Nesse plano, você deve prever o tempo a ser dedicado:
  - à leitura do conteúdo das aulas, incluindo seus links para leituras complementares, sites externos, glossário e referências bibliográficas;
  - à realização das atividades ao final de cada semana;
  - à participação nos chats;
  - à participação nos fóruns de discussão;
  - ao processo de interação com o professor e/ou com o tutor;
  - ao processo de interação com seus colegas de curso, por mensagem ou por chat.

Uma vez iniciados os seus estudos, faça o possível para manter um ritmo constante, procurando seguir o plano previamente elaborado. Na educação à distância, é você, que deve gerenciar o seu processo de aprendizagem.

Procure manter uma comunicação constante com seu tutor, com o intuito de tirar dúvidas sobre o conteúdo e/ou curso e trocar informações, experiências e outras questões pertinentes.

Explore ao máximo as ferramentas de comunicação disponíveis (mensageiro, fórum de discussão, chat).

É imprescindível sua participação nas atividades presenciais obrigatórias (aulas), elas são parte obrigatória para finalização do curso.

## **CONHECENDO O AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM**

No ambiente virtual de aprendizagem também necessitamos de uma organização para que ocorram os processos de ensino, de aprendizagem e principalmente a interação entre professor/tutor e estudantes.

O ambiente virtual de aprendizagem da Escola Nossa Senhora Aparecida é o Moodle.

Em sua sala de aula, você encontrará espaços de comunicação e interação: quadro de notícias, atividades recentes, informações sobre o professor e sobre seus colegas de turma, calendário, recurso para o envio da sistematização ao seu tutor e ferramentas de comunicação.

Sucesso no seu Curso!



# INTRODUÇÃO

Quando se ouve o termo “digital”, pensa-se imediatamente em “relógio digital” ou “calculadora digital”. Provavelmente, esta associação deve ser atribuída à popularidade que estas máquinas adquiriram devido à queda acentuada em seus preços, tornando-as acessíveis à grande maioria das pessoas. Apesar disso, é importante saber que as calculadoras e computadores representam apenas uma parcela do grande leque de aplicações dos circuitos digitais. Estes circuitos podem ser encontrados em produtos eletrônicos, como por exemplo, videogames, fornos de microondas, sistemas de controle automotivos e equipamentos de testes, como medidores, geradores e osciloscópios. As técnicas digitais vieram substituir alguns dos antigos “circuitos analógicos” usados em produtos de consumo, como rádios, TVs e equipamentos de áudio de alta fidelidade.

Vamos ver os princípios e técnicas que são comuns a todos os sistemas digitais. Inicialmente serão introduzidos alguns conceitos básicos vitais na Eletrônica Digital. Novas terminologias aparecerão no início de cada assunto, sempre que for preciso.

# REPRESENTAÇÕES NUMÉRICAS

Lidamos constantemente com quantidades, que são medidas, monitoradas, gravadas, manipuladas aritmeticamente e utilizadas na maioria dos sistemas físicos. Quando lidamos com determinadas quantidades, é de extrema importância o conhecimento de como representar seus valores de maneira eficiente e precisa. Basicamente, existem duas formas de representação dos valores numéricos das quantidades: a analógica e a digital.

- Representação Analógica

Analogicamente, uma quantidade é representada por outra que é proporcional à primeira. No velocímetro de um automóvel, a deflexão do ponteiro é proporcional à velocidade do veículo. A posição angular do ponteiro representa o valor da velocidade do veículo, e qualquer variação é imediatamente refletida por uma nova posição do ponteiro. Outro exemplo é o termômetro, em que a altura da faixa de mercúrio é proporcional à temperatura do ambiente. Quando ocorrem mudanças na temperatura, a altura da coluna de mercúrio também muda proporcionalmente.

Quantidades analógicas como as que acabamos de exemplificar têm uma característica importante: elas variam continuamente dentro de uma faixa de valores. A velocidade do automóvel pode assumir qualquer valor entre zero e, digamos, 100 km por hora.

- Representação Digital

Na representação digital, as quantidades são representadas por símbolos chamados dígitos, e não por valores proporcionais. Um exemplo clássico é o relógio digital, que apresenta as horas, minutos e às vezes os segundos, na

forma de dígitos decimais. Como se sabe, o tempo varia continuamente, mas o relógio digital não mostra as variações de maneira contínua; pelo contrário, o valor é apresentado em saltos de um em um segundo ou minuto.

Em virtude da natureza discreta da representação digital, as leituras neste sistema não apresentam problemas de ambigüidade, em contraposição ao sistema analógico, em que as leituras deixam margem à interpretação do observador.

# SISTEMAS DIGITAIS E ANALÓGICOS

Costuma-se dividir a Eletrônica em duas áreas: Eletrônica Analógica e Eletrônica Digital. Uma maneira bem simples para se entender o conceito das palavras Analógico e Digital, é a comparação de uma rampa com uma escada. Ao se analisar a rampa, percebe-se que uma pessoa poderá ocupar cada uma das infinitas posições existentes entre o início e o fim. No caso da escada, a pessoa poderá estar em apenas um dos seus degraus. Sendo assim, é correto dizer que a rampa pode representar um sistema analógico, enquanto que a escada pode representar um sistema digital.

No voltímetro analógico o ponteiro pode ocupar infinitas posições entre o maior e menor valor da escala, no voltímetro digital os valores mostrados no display são discretos, isto é, existe um número finito de valores entre o maior e o menor valor da escala. Outro exemplo pode ser encontrado no ajuste de volume de um televisor. Ajustando o volume do televisor através de um botão conectado a um potenciômetro, teremos infinitas posições para escolher dentro da escala permitida. Porém, no controle remoto observamos que a intensidade do som muda em pequenos saltos e, em alguns modelos, aparece no vídeo o valor selecionado em uma escala previamente definida.

Podemos dizer então que o “botão de volume” do televisor é uma entrada analógica, e que o ajuste de volume no controle remoto representa uma entrada digital. Podemos concluir que a Eletrônica Analógica processa sinais com funções contínuas e a Eletrônica Digital processa sinais com funções discretas.

# VANTAGENS DAS TÉCNICAS DIGITAIS

O grande crescimento da eletrônica está relacionado com o uso de técnicas digitais para implementar funções que eram realizadas usando-se os métodos analógicos. Os principais motivos da migração para a tecnologia digital são:

- Os sistemas digitais são mais fáceis de ser projetados. Isso porque os circuitos utilizados são circuitos de chaveamento, nos quais não importam os valores exatos de tensão ou corrente, mas apenas a faixa – Alta (High) ou Baixa (Low) – na qual eles se encontram.
- Fácil armazenamento de informação. Técnicas de armazenamento digitais podem armazenar bilhões de bits em um espaço físico relativamente pequeno. Já a capacidade de armazenamento de um sistema analógico é extremamente limitada.
- Maior precisão e exatidão. Nos sistemas analógicos, a precisão é limitada porque os valores de tensão e corrente são diretamente dependentes dos valores dos componentes do circuito, além de serem muito afetados por ruídos.
- As operações podem ser programadas. É relativamente fácil e conveniente desenvolver sistemas digitais cuja operação possa ser controlada por um conjunto de instruções previamente armazenadas, denominado programa. Os sistemas analógicos também podem ser programados, mas a variedade e a complexidade das operações envolvidas são bastante limitadas.
- Os circuitos digitais são menos afetados por ruídos. Flutuações espúrias na tensão (ruído) não são tão críticas em sistemas digitais, desde que o ruído não tenha amplitude suficiente que dificulte a distinção entre um nível Alto e um nível Baixo.
- Os circuitos digitais são mais adequados à integração. É verdade que o desenvolvimento da tecnologia de integração (CIs) também beneficiou os circuitos analógicos, mas a

sua relativa complexidade e o uso de dispositivos que não podem ser economicamente integrados (capacitores de grande capacitância, resistores de precisão, indutores, transformadores) não permitiram que os circuitos analógicos atingissem o mesmo grau de integração dos circuitos digitais.

# LIMITAÇÕES DAS TÉCNICAS DIGITAIS

Na verdade, há apenas uma grande desvantagem ao se utilizar as técnicas digitais: o mundo é quase totalmente analógico. Grandezas que comprovam isso são a temperatura, a pressão, a posição, a velocidade, o nível de um líquido e a vazão. Para obter as vantagens das técnicas digitais quando se trabalha com entradas e saídas analógicas, três passos devem ser seguidos:

- Converter as entradas analógicas do mundo real para o formato digital.
- Realizar o processamento da informação digital.
- Converter as saídas digitais de volta ao formato analógico.

Na Figura 1 a seguir é apresentado o diagrama de um sistema de controle de temperatura típico. Conforme o diagrama, a temperatura analógica é medida e o valor medido é em seguida convertido para digital. A informação digital é processada e convertida de volta para o formato analógico. Essa saída alimenta um controlador que comanda alguma ação para o ajuste da temperatura.

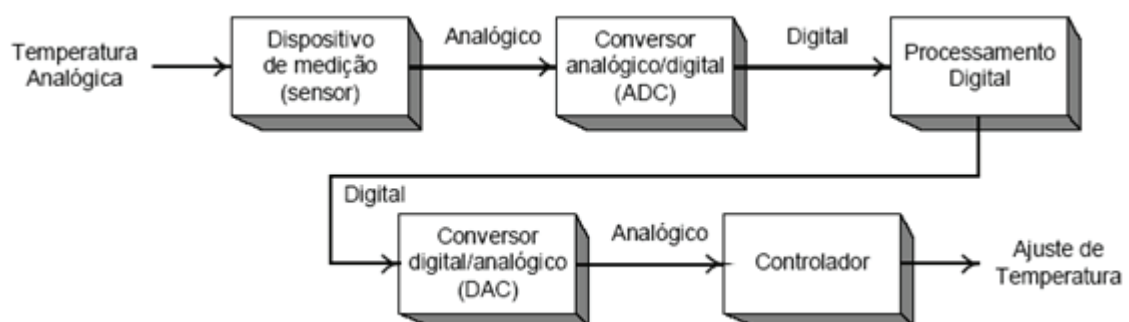


Fig. 1 - Sistema de Controle de Temperatura com Conversões Analógico-Digitais.

Para simplificar ainda mais o processamento de sinais digitais, utiliza-se a técnica de numeração binária, que usa apenas dois símbolos para a representação de números. Esse sistema de numeração será visto com maiores detalhes adiante. Se for utilizada a numeração binária, ter-se-á um Conjunto Universo com apenas dois elementos distintos para representar os sinais desejados. Isso quer dizer que num

dispositivo digital eletrônico teremos o processamento de elementos que se apresentam em apenas dois valores. A esses conjuntos dá-se o nome de BITS (Binary DigiT) e BYTES (conjunto de 8 bits). Ao se trabalhar com sistemas binários, são utilizadas abreviações para certas potências de dois, como detalhadas na Tabela 1 a seguir.

<b>Número de Bits</b>	<b>Valor</b>	<b>Abreviação</b>
10 Bits	$2^{10} = 1.024$	1 Kb (Kilobit)
16 Bits	$2^{16} = 65.536$	64 Kb (Kilobit)
20 Bits	$2^{20} = 1.048.576$	1 Mb (Megabit)
30 Bits	$2^{30} = 1.073.741.820$	1 Gb (Gigabit)

Tabela 1 – Abreviações utilizadas para potência de 2.

O sistema de numeração binário é o mais importante sistema de numeração em sistemas digitais. Porém, outros sistemas também são muito utilizados, sendo necessária uma maneira de se converter os valores de um sistema para outro.

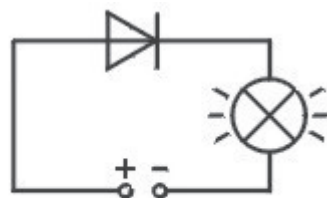


# COMPORTAMENTO EM CIRCUITOS

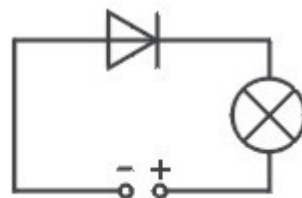
O diodo é um componente elétrico que permite que a corrente atravesse-o num sentido com muito mais facilidade do que no outro. O tipo mais comum de diodo é o diodo semicondutor, no entanto, existem outras tecnologias de diodo. Diodos semicondutores são simbolizados em diagramas esquemáticos como na figura abaixo. O termo “diodo” é habitualmente reservado a dispositivos para sinais baixos, com correntes iguais ou menores a 1A3 .



Quando colocado em um simples circuito bateria-lâmpada, o diodo permite ou impede corrente através da lâmpada, dependendo da polaridade da tensão aplicada, como nas duas figuras abaixo.



Polarização Direta



Polarização Inversa

Na imagem da esquerda o diodo está diretamente polarizado, há corrente e a lâmpada fica acesa. Na imagem da direita o diodo está inversamente polarizado, não há corrente, logo a lâmpada fica apagada.

O diodo funciona como uma chave de acionamento automático (fechada quando o diodo está diretamente polarizado e aberta quando o diodo está inversamente polarizado). A diferença mais substancial é que, quando diretamente polarizado, há uma queda de tensão no diodo muito maior do que aquela que geralmente se observa em chaves mecânicas (no caso do diodo de silício, 0,7 V). Assim, uma fonte de tensão de 10 V, polarizando diretamente um diodo em série

com uma resistência, faz com que haja uma queda de tensão de 9,3 V na resistência, pois 0,7 V ficam no diodo. Na polarização inversa, acontece o seguinte: o diodo faz papel de uma chave aberta, já que não circula corrente, não haverá tensão no resistor, a tensão fica toda retida no diodo, ou seja, nos terminais do diodo há uma tensão de 10 V.

A principal função de um diodo semicondutor, em circuitos retificadores de corrente, é transformar corrente alternada em corrente contínua pulsante. Como no semiciclo negativo de uma corrente alternada o diodo faz a função de uma chave aberta, não passa corrente elétrica no circuito (considerando o “sentido convencional de corrente”, do “positivo” para o “negativo”). A principal função de um diodo semicondutor, em circuitos de corrente contínua, é controlar o fluxo da corrente, permitindo que a corrente elétrica circule apenas em um sentido.

# A DOPAGEM DO DIODO SEMICONDUTOR E OS CRISTAIS P E N

A dopagem no diodo<sup>4</sup> é feita pela introdução de elementos dentro de cristais tetravalentes, normalmente feitos de silício e germânio. Dopando esses cristais com elementos trivalentes, obtêm-se átomos com sete elétrons na camada de valência, que necessitam de mais um elétron para a neutralização (cristal P). Para a formação do cristal P, utiliza-se principalmente o elemento índio. Dopando os cristais tetravalentes com elementos pentavalentes, obtêm-se átomos neutralizados (com oito elétrons na camada de valência) e um elétron excedente (cristal N).

Para a formação do cristal N, utiliza-se principalmente o elemento Fósforo. Quanto maior a intensidade da dopagem, maior a condutibilidade dos cristais, pois suas estruturas apresentam um número maior de portadores livres (lacunas e elétrons livres) e poucas impurezas que impedem a condução da corrente elétrica.

Outro fator que influencia na condução desses materiais é a temperatura. Quanto maior é a temperatura de um diodo, maior a condutibilidade, pelo fato de que a energia térmica tem a capacidade de quebrar algumas ligações covalentes da estrutura, acarretando no aparecimento de mais portadores livres para a condução de corrente elétrica.

Após dopadas, cada face dos dois tipos de cristais (P e N) tem uma determinada característica diferente da oposta, gerando regiões de condução do cristal, uma com excesso de elétrons, outra com falta destes (lacunas). Entre ambas, há uma região de equilíbrio por recombinação de cargas positivas e negativas, chamada de região de depleção (a qual possui uma barreira de potencial).

## POLARIZAÇÃO DO DIODO

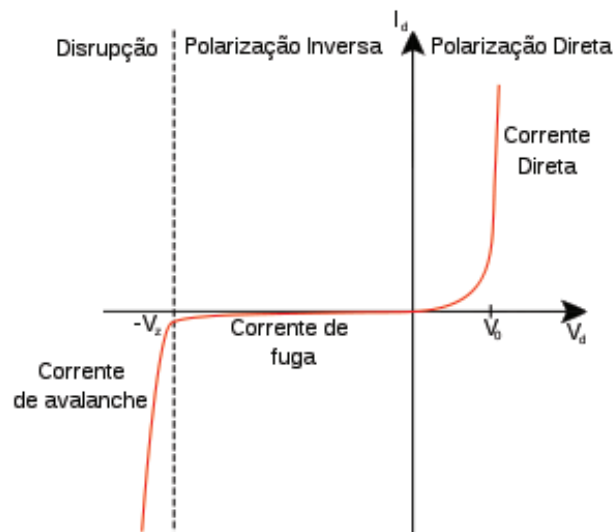


Gráfico mostra a curva característica do comportamento do diodo em sua polarização direta e inversa

A polarização do diodo é dependente da polarização da fonte geradora. A polarização é direta quando o pólo positivo da fonte geradora entra em contato com o lado do cristal P(chamado de anodo) e o pólo negativo da fonte geradora entra em contato com o lado do cristal N(chamado de cátodo).

Assim, se a tensão da fonte geradora for maior que a tensão interna do diodo, os portadores livres se repelirão por causa da polaridade da fonte geradora e conseguirão ultrapassar a junção P-N, movimentando-os e permitindo a passagem decorrente elétrica. A polarização é indireta quando o inverso ocorre. Assim, ocorrerá uma atração das lacunas do anodo(cristal P) pela polarização negativa da fonte geradora e uma atração dos elétrons livres do cátodo (cristal N) pela polarização positiva da fonte geradora, sem existir um fluxo de portadores livres na junção P-N, ocasionando no bloqueio da corrente elétrica.

Pelo fato de que os diodos fabricados não são ideais, a condução de corrente elétrica no diodo (polarização direta) sofre uma resistência menor que 1 ohm, que é quase desprezível. O bloqueio de corrente elétrica no diodo (polarização inversa) não é total devido novamente pela presença de impurezas, tendo uma pequena corrente que é conduzida na ordem de microampéres, chamada de corrente de fuga,

que também é quase desprezível.

## **TESTES COM O DIODO**

Os diodos, assim como qualquer componente eletrônico, operam em determinadas correntes elétricas que são especificadas em seu invólucro ou são dadas pelo fabricante em folhetos técnicos. Além da corrente, a tensão inversa (quando o diodo está polarizado inversamente) também é um fator que deve ser analisado para a montagem de um circuito e que tem suas especificações fornecidas pelo fabricante. Se ele for alimentado com uma corrente ou tensão inversa superior a que ele suporta, o diodo pode ser danificado, ficando em curto ou em aberto. Utilizando de um ohmímetro ou um multímetro com teste de diodo, pode-se verificar se ele está com defeito.

Colocando-se as pontas de prova desses aparelhos nas extremidades do diodo (cátodo e ânodo), verifica-se que existe condução quando se coloca a ponteira positiva no ânodo e a negativa no cátodo, além de indicar isolação quando ocorre o inverso. Assim o diodo está em perfeitas condições de operação e com isso é possível a localização do cátodo e do ânodo, porém se os aparelhos de medição indicarem condução dos dois caminhos do diodo, ele está defeituoso e em curto. Se os aparelhos de medição indicarem isolação nos dois caminhos, ele também está defeituoso e em aberto.

## **USOS**

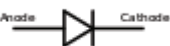





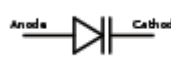

O fenômeno da condutividade em um só sentido é aproveitado como um chaveamento da corrente elétrica para a retificação de sinais senoidais<sup>5</sup>, portanto, este é o efeito diodo semicondutor tão usado na eletrônica, pois permite que a corrente flua entre seus terminais apenas numa direção. Esta propriedade é utilizada em grande número de circuitos eletrônicos e nos retificadores.

Os retificadores são circuitos elétricos que convertem a tensão CA (AC) em tensão CC (DC). CA vem de Corrente alternada, significa que os elétrons circulam em dois sentidos, CC (DC), Corrente contínua, isto é circula num só sentido.

A certa altura, o potencial  $U$ , formado a partir da junção n e p não deixa os eletrons e lacunas movimentarem-se, este processo dá-se devida assimetria de cargas existente.

## TIPOS DE DIODOS SEMICONDUTORES

Os diodos são projetados para assumir diferentes características: diodos retificadores são capazes de conduzir altas correntes elétricas em baixa frequência, diodos de sinal caracterizam-se por retificar sinais de alta frequência, diodos de chaveamento são indicados na condução de altas correntes em circuitos chaveados. Dependendo das características dos materiais e dopagem dos semicondutores há uma gama de dispositivos eletrônicos variantes do diodo:

			
Diodo	Diodo zener	Diodo Schottky	Diodo túnel
			
Diodo emissor de luz	Fotodiodo	Varicap	SCR

[http://pt.wikipedia.org/wiki/Diodo\\_semicondutor](http://pt.wikipedia.org/wiki/Diodo_semicondutor)

# TRANSISTOR DE JUNÇÃO BIPOLAR, TJB (BJT) NPN

## Como Funciona um Transistor de Junção Bipolar, TJB (BJT) npn

O Transistor de Junção Bipolar, TJB (BJT), é um dispositivo Semicondutor, composto por três Regiões de Semicondutores dopados (Base, Colector e Emissor), separadas por duas Junções p-n, Figura 1. A Junção p-n entre a Base e o Emissor tem uma Tensão de Barreira ( $V_0$ ) de 0,6 V, que é um parâmetro importante do TJB (BJT). Contrariamente ao Transistor de Efeito de Campo, TEC (FET), no qual a Corrente é produzida apenas por um único tipo de Portador de Cargas (Electrões ou Lacunas), no TJB (BJT) a Corrente é produzida por ambos os tipos de Portadores de Cargas (Electrões e Lacunas), daí a origem do nome Bipolar.

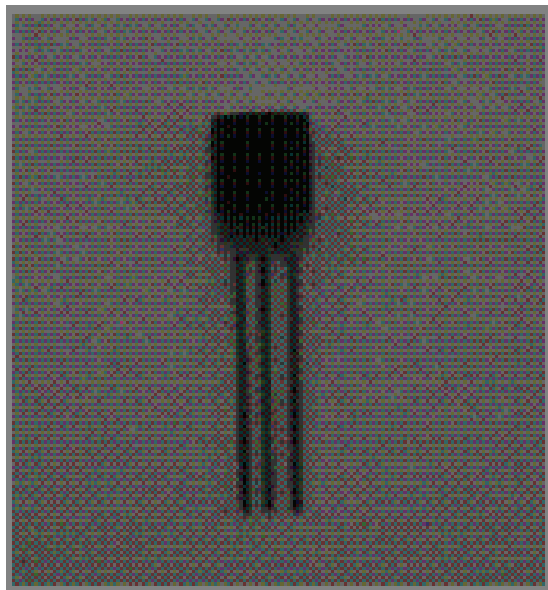


Figura 1: Transistor de Junção Bipolar

Existem dois Tipos de TsJB (BJTs): npn e pnp. O Tipo npn consiste em duas Regiões n separadas por uma Região p. O Tipo pnp consiste em duas Regiões p separadas por uma Região n. As Figuras 2 e 3 representam os seus respectivos símbolos esquemáticos. A explicação seguinte refere-se ao TJB (BJT) npn, que é utilizado nesta Demonstração.

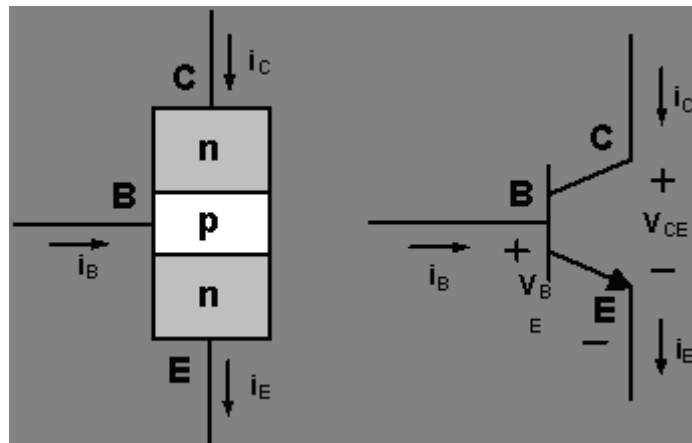


Figura 2: Símbolo esquemático de um TJB, npn

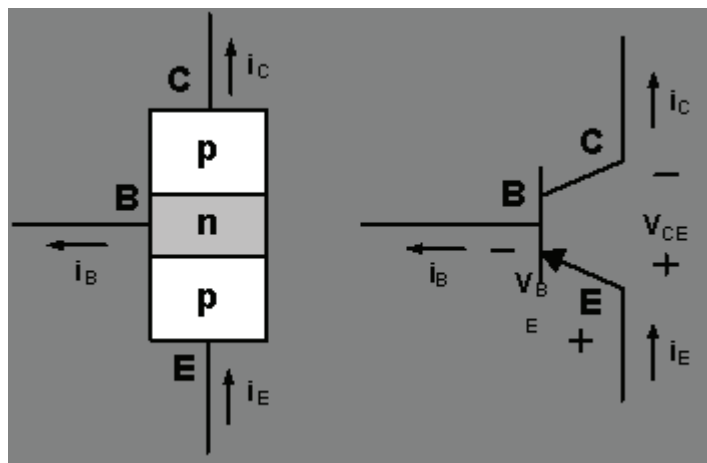


Figura 3: Símbolo esquemático de um TJB, pnp

O TJB (BJT) opera em três modos diferentes: modo de Corte, modo de Amplificação Linear e modo de Saturação, Figura 4. A Tabela 1 é um sumário dos três modos de operação do TJB (BJT) npn.

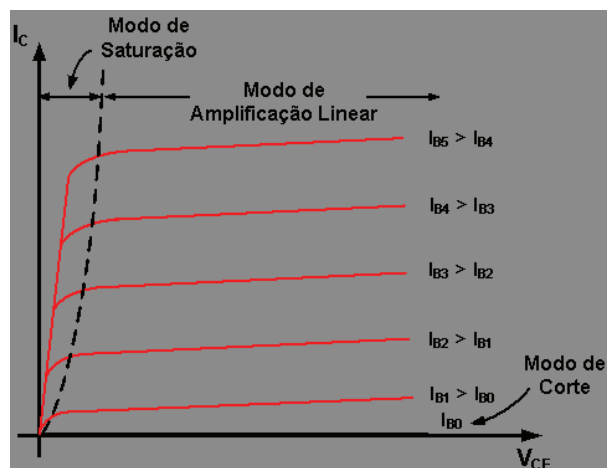


Figura 4: Curvas Características  $I_C$ - $V_{CE}$  de um TJB npn



Os TJB (BJT) são muito importantes no mundo da electrónica. São bastante utilizados em outras Demonstrações, especialmente como Amplificadores, nos circuitos analógicos, e como Interruptores Electrónicos, nos circuitos digitais.

# AMPLIFICADOR OPERACIONAL

Um amplificador operacional ou amp op é um amplificador com ganho muito elevado. Tem dois terminais de entrada: um terminal designado por terminal inversor(-) e o outro identificado por terminal não inversor(+). A tensão de saída é a diferença entre as entradas + e - , multiplicado pelo ganho em malha aberta:

$$V_{out} = (V_+ - V_-) \cdot G_{malhaaberta}$$

A saída do amplificador pode ser única ou diferencial, o que é menos comum. Os circuitos que utilizam amp ops frequentemente utilizam a realimentação negativa (negative feedback). Porque devido ao seu ganho elevado, o comportamento destes amplificadores é quase totalmente determinado pelos elementos de realimentação (feedback).

O amplificador operacional recebeu este nome porque foi projectado inicialmente para realizar operações matemáticas utilizando a tensão como uma analogia de uma outra quantidade. Esta é a base dos computadores analógicos onde os amp ops eram utilizados para realizar as operações matemáticas básicas (adição, subtração, integração, diferenciação, e outras). Neste sentido, um verdadeiro amplificador operacional é um elemento do circuito ideal. Os amplificadores reais utilizados, feitos de transístores, válvulas, ou outros componentes amplificadores, são aproximações deste modelo ideal.

Os amp ops foram desenvolvidos na era das válvulas termoiônicas, onde eles eram usados em computadores analógicos. Os amp op modernos são normalmente construídos em circuitos integrados, apesar de ocasionalmente serem feitos com transistores discretos, e geralmente possuem parâmetros uniformes com encapsulamentos e necessidades de alimentação padronizados, possuindo muitos usos

na eletrônica.

A maioria dos amp ops simples, duplos ou quadruplos disponíveis possuem uma pinagem padronizada que permite que um tipo seja substituído por outro sem mudanças na pinagem. Um amp op específico pode ser escolhido pelo seu ganho em malha aberta, largura de banda, nível de ruído, impedância de entrada, consumo da potência, ou uma combinação de alguns destes fatores. Historicamente, o primeiro amp op integrado a tornar-se largamente disponível foi o Fairchild UA-709, no final dos anos 60, porém isto foi rapidamente modificado pela performance superior do 741, que é mais fácil de utilizar, e provavelmente o mais conhecido da eletrônica - todos os principais fabricantes produzem uma versão deste chip clássico. O 741 possui transistores bipolares, e segundo os padrões modernos possui uma performance considerada média. Projectos melhorados baseados no transistor FET surgiram no final dos anos 70, e as versões com MOSFET no início dos anos 80. Há ainda os chamados amp ops Bi-FET, que combinam transistores bipolares e MOSFETs, e que aproveitam as melhores características de ambos. Bi-FETs típicos são os CA3130 e CA3140 da RCA.



Rua Leonice, Qd. 160, Lt. 12, Parque Estrela Dalva II, Luziânia-GO.