

Sumário

Introdução	5
Amplificação de sinais elétricos	6
Amplificador e estágio amplificador	8
Ganho de um estágio amplificador	9
Tipos de estágios amplificadores	10
Amplificador de som	11
Estágio amplificador a transistor na configuração emissor comum	12
Princípio de funcionamento	12
Acoplamento de sinais	16
Desacoplamento do emissor	19
Parâmetros do estágio amplificador	21
Ganho de corrente	21
Ganho de tensão	22
Impedância de entrada	22
Impedância de saída	24
Apêndice	26
Questionário	26
Bibliografia	27



Espaço SENAI

Missão do Sistema *SENAI*

Contribuir para o fortalecimento da indústria e o desenvolvimento pleno e sustentável do País, promovendo a educação para o trabalho e a cidadania, a assistência técnica e tecnológica, a produção e disseminação de informação e a adequação, geração e difusão de tecnologia.

Introdução

A partir deste fascículo inicia-se uma fase importante no estudo da Eletrônica, com a introdução dos circuitos amplificadores. A importância desse estudo se deve a ampla utilização de estágios amplificadores na quase totalidade de equipamentos eletrônicos em uso hoje em dia, tais como aqueles utilizados em sistemas de áudio e de vídeo, em sistemas de comunicação etc.

Os tópicos introduzidos neste fascículo fornecem uma perspectiva mais detalhada de como os elementos de circuito devem ser combinados com o transistor para a construção de amplificadores simples. Esses tópicos incluem uma breve introdução às características de sinais elétricos. Em seguida são descritas as características básicas de estágios amplificadores e a forma de implementação desses dispositivos com o emprego do transistor. São também analisadas as técnicas comumente empregadas para a realização do acoplamento entre estágios amplificadores distintos. Os parâmetros utilizados para caracterizar o desempenho de um estágio amplificador são descritos no final do fascículo.



Para a boa compreensão do conteúdo e desenvolvimento das atividades contidas neste fascículo, o leitor deverá estar familiarizado com os conceitos relativos a:

- Transistor bipolar: ponto de operação.

Amplificação de sinais elétricos

Denomina-se **sinal elétrico** qualquer variação de tensão ou corrente através da qual seja possível transferir informação. Uma representação gráfica de um sinal elétrico arbitrário está mostrada na **Fig.1**.

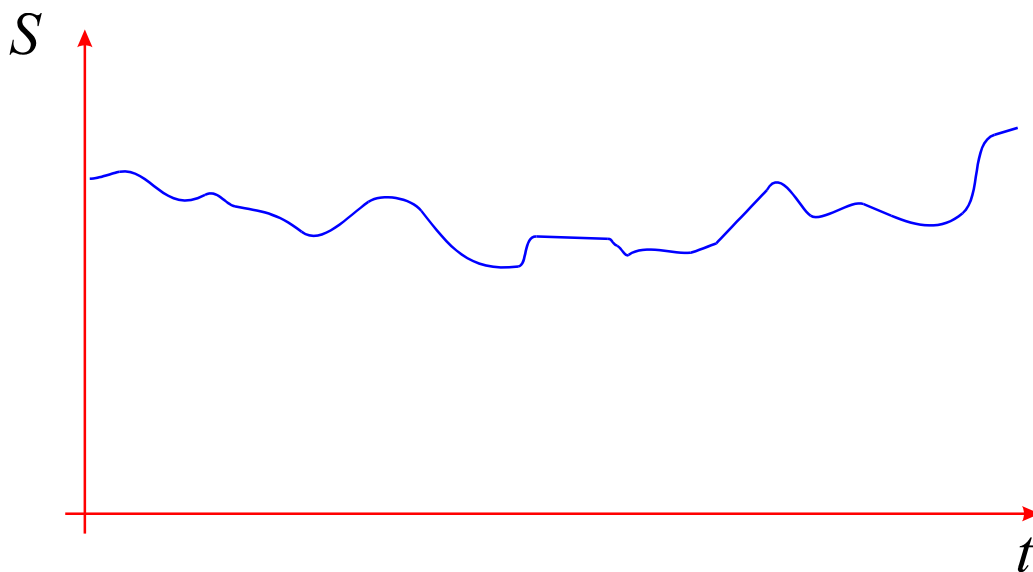


Fig.1 Representação gráfica de um sinal elétrico.

Os sinais elétricos podem apresentar-se como variações de tensão ou de corrente medidas com respeito a uma referência nula ou não dessas grandezas, conforme ilustrado na **Fig.2**.

O sinal de televisão, por exemplo, constitui-se de variações de tensão que fornecem uma "versão elétrica" das imagens captadas pela câmara. A música, reproduzida por um alto falante corresponde a um sinal elétrico transformado em som pelo alto-falante.

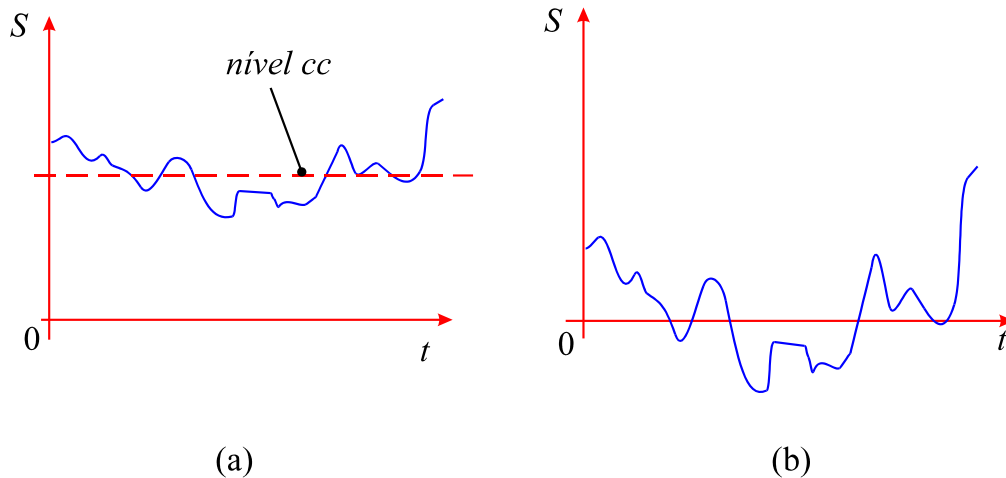


Fig.2 (a) Variação absoluta de um sinal elétrico.(b) Variação relativa de um sinal elétrico.



Sinais elétricos são variações de tensão ou corrente que transportam informação.

Dependendo da aplicação a que se destinam, os sinais elétricos podem ser de grande ou pequena intensidade. Por exemplo, para movimentar os alto-falantes de um estádio de futebol necessita-se que o sinal elétrico a ser reproduzido tenha uma grande intensidade, enquanto que um sinal de pequena intensidade é suficiente para movimentar os fones de ouvido de um rádio ou gravador.

Para possibilitar a transformação de um sinal de pequena intensidade em outro de maior intensidade, faz-se uso de um processo denominado de **amplificação** que permite manter a frequência e a forma do sinal original inalteradas, conforme ilustrado na **Fig.3**.

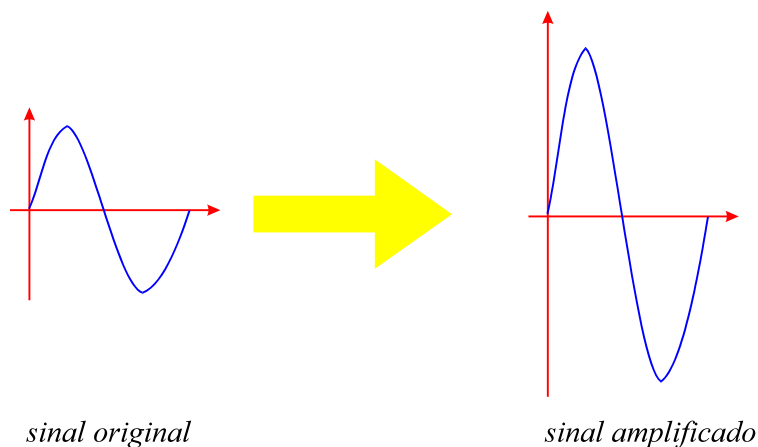


Fig.3 Efeito da amplificação em um sinal elétrico.

AMPLIFICADOR E ESTÁGIO AMPLIFICADOR

O termo **amplificador** refere-se a todo um conjunto de componentes e circuitos que realizam a amplificação de um sinal. O amplificador é geralmente representado em diagramas de circuito pelo bloco triangular mostrado na **Fig.4**.

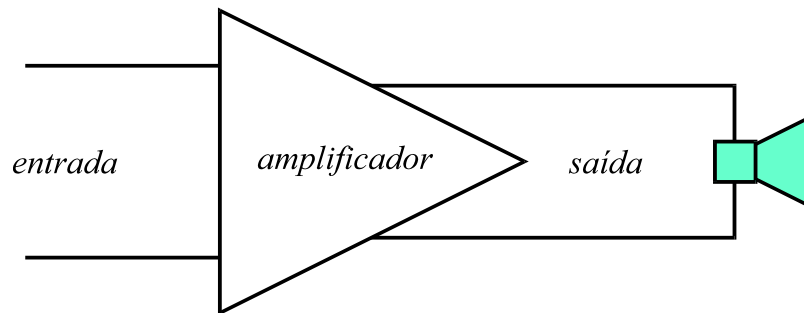


Fig.4 Representação simplificada de um amplificador.

O amplificador de um toca-discos, por exemplo, é composto de uma série de pequenos circuitos que, no conjunto, amplificam por mais de 1.000 vezes o sinal de entrada, gerado pelos movimentos verticais da agulha, de forma a permitir o funcionamento adequado do alto-falante.

Fatores de amplificação da ordem de 1.000 a 2.000 são empregados constantemente em circuitos de rádio, televisão e em equipamentos de controle industrial. Entretanto, devido a limitações de ordem prática, não é sempre possível atingir aqueles altos fatores com o uso de apenas um amplificador. Para contornar esse tipo de limitação, a amplificação é feita parceladamente, através de uma série de circuitos, ou **estágios amplificadores**, que realizam amplificações sucessivas do sinal, conforme ilustrado na **Fig.5**.

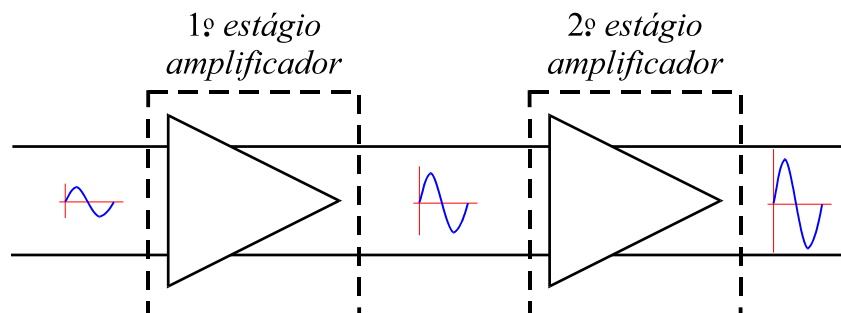


Fig.5 Estágios amplificadores utilizados para aumentar o fator de amplificação.

GANHO DE UM ESTÁGIO AMPLIFICADOR

O fator de amplificação de um estágio amplificador é denominado de **ganho**. Este parâmetro define portanto quantas vezes o sinal é amplificado pelo estágio.

Admitindo que o sinal de entrada de um estágio amplificador seja senoidal, conforme ilustrado na **Fig.6**, pode-se calcular o **ganho de amplitude** pela expressão

$$G = \frac{S_{pp2}}{S_{pp1}} \quad (1)$$

onde:

- S_{pp2} = amplitude do sinal de saída, medida de pico a pico.
- S_{pp1} = amplitude do sinal de entrada, medida de pico a pico.

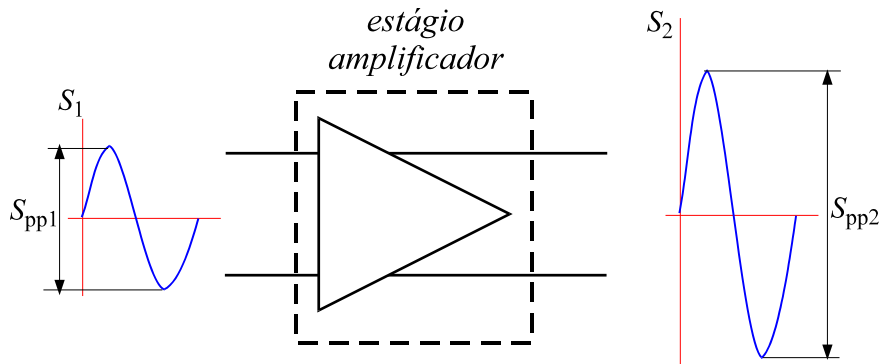


Fig.6 Parâmetros utilizados na definição do ganho de amplitude de um estágio amplificador.

Na **Eq.(1)** a amplitude do sinal pode ser a tensão ou corrente a ele associada. Pode-se também definir um ganho de potência para um estágio amplificador como a relação entre a potência de saída e a potência de entrada, como descrito a seguir.

TIPOS DE ESTÁGIOS AMPLIFICADORES

Os estágios amplificadores podem ser de três tipos:

- Estágio amplificador de tensão.
- Estágio amplificador de corrente.
- Estágio amplificador de potência.

Estágio amplificador de tensão

Esse tipo de estágio é utilizado para aumentar a amplitude de tensão do sinal de entrada que se situa tipicamente na faixa de microvolts a milivolts, propiciando um ganho típico da ordem de 100.

Os estágios amplificadores de tensão funcionam com correntes pequenas não podendo ser utilizados para acionar, por exemplo, um alto-falante que necessita de correntes elevadas.

Estágio amplificador de corrente

Como o nome sugere, esse tipo de estágio amplificador destina-se a fornecer grandes variações de corrente de saída a partir de pequenas variações na corrente de entrada do estágio.

Estágio amplificador de potência

Esse tipo de estágio tem um pequeno ganho de tensão, usualmente inferior a 10, podendo propiciar simultaneamente um ganho de corrente. Destina-se ao acionamento de cargas, como por exemplo, alto-falantes, relés etc.

Como descrito anteriormente, o ganho dos estágios de potência é normalmente definido pela relação

$$G_p = \frac{P_{saída}}{P_{ent}} \quad (2)$$

onde:

- $P_{saída}$ = potência de saída.
- P_{ent} = potência de entrada.

Um estágio amplificador de potência pode liberar para a carga uma potência de alguns Watts para uma potência de entrada de alguns miliwatts.

AMPLIFICADOR DE SOM

O amplificador de som é composto de alguns estágios amplificadores de tensão e de um estágio amplificador de potência na saída, como ilustrado na Fig.7.

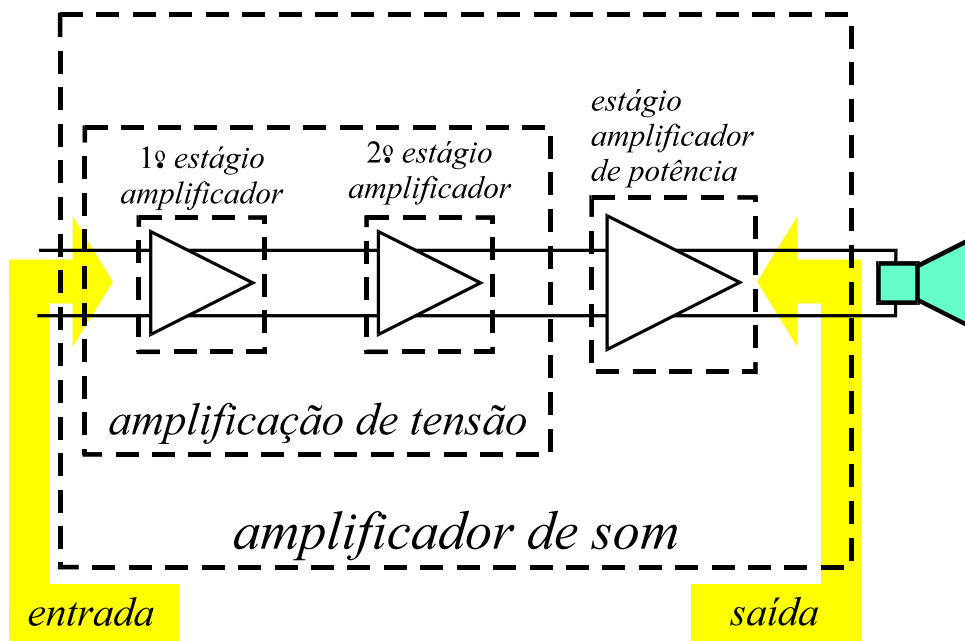


Fig.7 Diagrama representativo de um amplificador de som.

No diagrama mostrado na **Fig.7** os estágios amplificadores de tensão têm por finalidade amplificar o sinal de entrada até que a amplitude da tensão seja suficiente para maximizar o rendimento do amplificador de potência. Quando utilizados com esse fim, os estágios amplificadores de tensão são também denominados de **pré-amplificadores**.

O estágio amplificador de potência, após receber o sinal pré-amplificado, libera a potência necessária para acionar os alto-falantes do sistema de som.

ESTÁGIO AMPLIFICADOR A TRANSISTOR NA CONFIGURAÇÃO EMISSOR COMUM

O estágio amplificador que utiliza um transistor na configuração emissor comum, ilustrada na **Fig.8**, proporciona um alto ganho de tensão e de corrente. Isso permite que essa configuração seja largamente empregada na construção de amplificadores de potência.

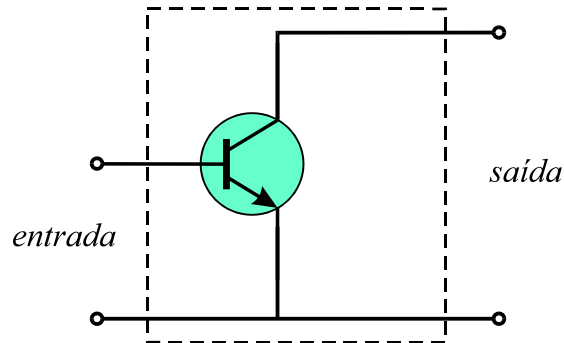


Fig.8 Estágio amplificador com transistor na configuração emissor comum.

PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

O princípio de funcionamento do estágio amplificador na configuração emissor comum pode ser analisado com base na **Fig.9**.

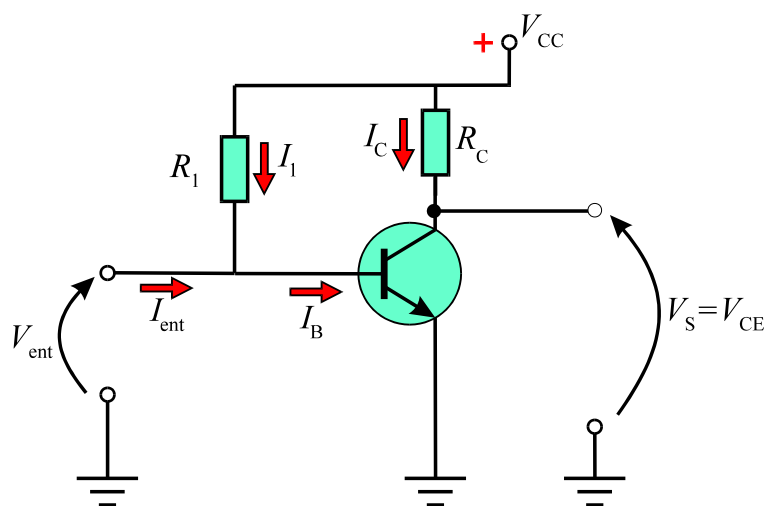


Fig.9 Circuito de um estágio amplificador na configuração emissor comum.

De acordo com a **Fig.9**, a corrente de base pode ser obtida da expressão

$$I_B = I_1 + I_{ent} \quad (3)$$

onde I_{ent} é a corrente associada ao sinal de entrada e I_1 é a corrente no resistor R_1 da **Fig.9**.

Com a entrada em aberto, ou seja, com $I_{ent} = 0$, o transistor opera no ponto quiescente Q mostrado na **Fig.10**. Os parâmetros quiescentes, obtidos da **Fig.10**, são:

- Corrente de base $I_{BQ} = I_1$.
- Tensão coletor-emissor V_{CEQ} .
- Corrente de coletor I_{CQ} .

Para uma variação senoidal da corrente de entrada, a corrente de base pode ser obtida pela soma dada pela **Eq.(3)**. Essa soma está indicada graficamente na **Fig.11**. Como pode ser aí observado, a corrente de base varia senoidalmente em torno do valor quiescente $I_{BQ} = I_1$.

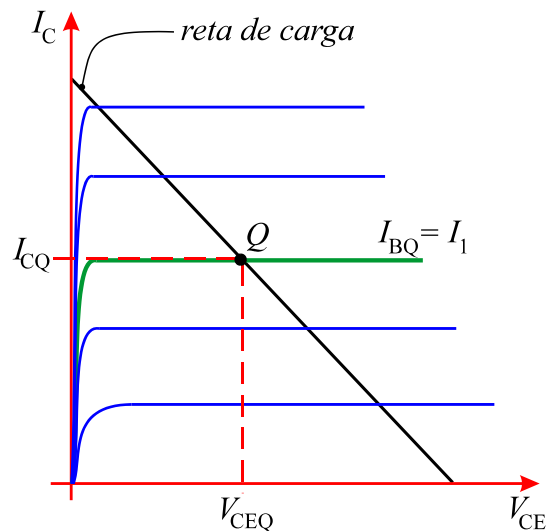


Fig.10 Ponto quiescente para o circuito da **Fig.9** na ausência de um sinal de entrada.

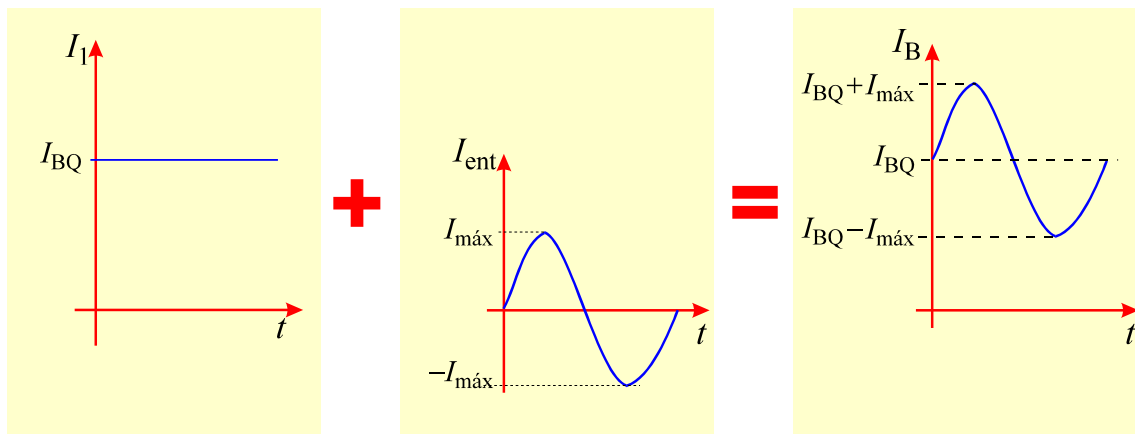


Fig.11 Componentes da corrente de base para uma corrente de entrada senoidal.

No semiciclo em que a corrente de entrada é positiva, a corrente de base excede o valor quiescente I_1 . Isso faz que o ponto de operação se mova sobre a reta de carga, conforme indicado na **Fig.12**, ou seja, com a corrente de coletor aumentando e a tensão coletor-emissor diminuindo. Esse aumento na corrente de coletor prossegue até o instante de tempo em que a corrente de entrada atinge seu valor máximo $I_{máx}$.

Esse instante de tempo define um novo ponto quiescente Q' , indicado na **Fig.12**. De acordo com a **Eq.(3)**, nesse novo ponto de operação a corrente de base assume o valor máximo

$$I_{BQ'} = I_1 + I_{máx} = I_{BQ} + I_{máx}$$

correspondente a uma corrente de coletor máxima $I_{CQ'}$ e uma tensão coletor-emissor mínima $V_{CEQ'}$.

Quando a corrente de entrada retorna ao valor nulo o ponto de operação do circuito retorna a sua posição inicial Q . A partir desse momento a corrente de entrada passa a se tornar negativa, fazendo que o ponto de operação se mova como indicado na **Fig.13**, ou seja, com a corrente de coletor diminuindo e a tensão coletor-emissor aumentando.

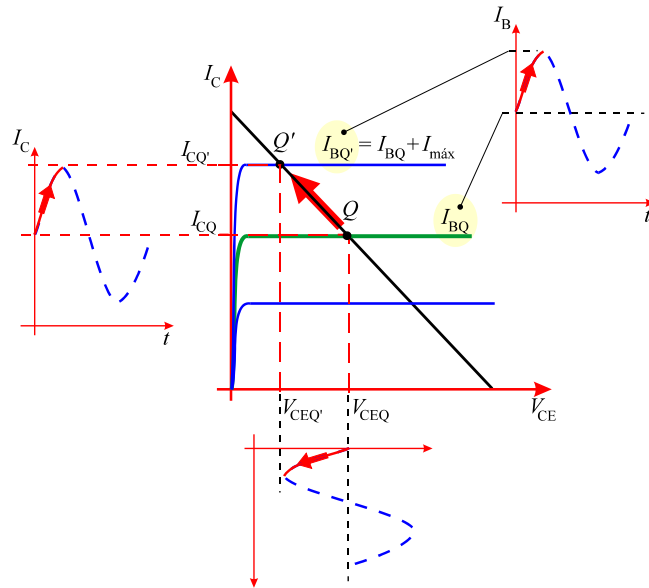


Fig.12 Alteração no ponto de operação durante o aumento da corrente de entrada no semiciclo positivo.

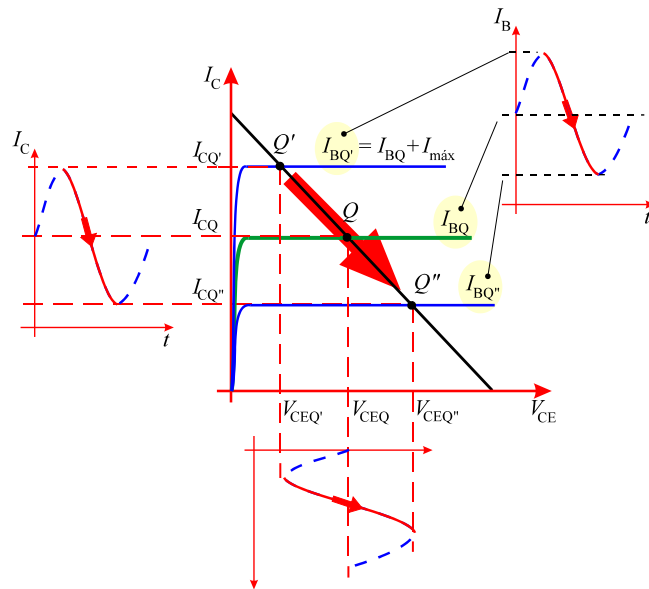


Fig.13 Alteração no ponto de operação durante o período de decréscimo da corrente de entrada.

No instante de tempo em que a corrente de entrada atinge o seu valor mínimo ($-I_{\text{máx}}$), o ponto de operação do circuito fica localizado em Q'' , como indicado na **Fig.13**. Nessa condição, a corrente de base assume o valor mínimo

$$I_{BQ''} = I_{BQ} - I_{\text{máx}}$$

No novo ponto quiescente, a corrente de coletor assume seu valor mínimo $I_{CQ''}$ e a tensão coletor-emissor, o seu valor máximo $V_{CEQ''}$.

A partir do ponto Q'' a corrente de entrada torna a aumentar e o ponto de operação do circuito retorna a condição inicial definida pelo ponto de operação Q , conforme mostrado na **Fig.14**, completando o ciclo.

A partir dessa análise conclui-se que as correntes de base e de coletor, bem como a tensão coletor-emissor assumem uma forma senoidal, como mostrado na **Fig.15**.

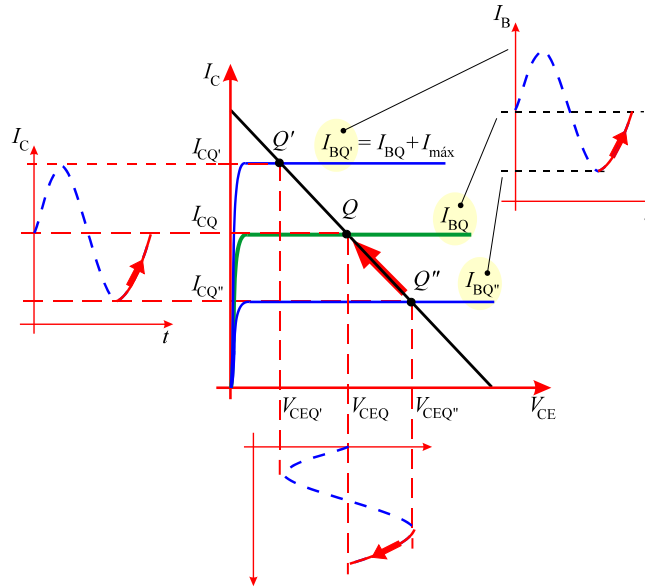


Fig.14 Alteração no ponto de operação durante o aumento da corrente de entrada, no semiciclo negativo.

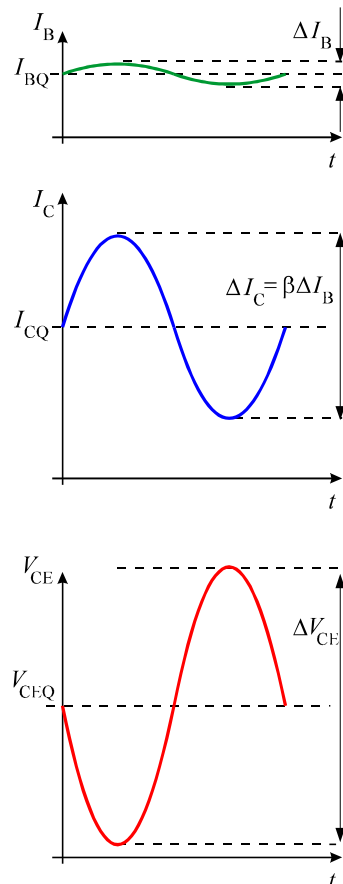


Fig.15 Variação no tempo das grandezas do circuito mostrado na **Fig.9**.

Como se pode observar na **Fig.15**, as grandezas do circuito da **Fig.9** exibem as seguintes características:

- A corrente de coletor é amplificada por um fator β , correspondente ao ganho de corrente do transistor em relação à corrente de entrada.
- A tensão de coletor, ou equivalentemente, a tensão de saída, é também uma versão amplificada da tensão de entrada. Existe no entanto um deslocamento no tempo de um semiciclo entre aquelas duas grandezas.

ACOPLAMENTO DE SINAIS

Um sinal elétrico existente em um circuito eletrônico pode ter um valor médio não nulo, ou seja, contendo uma componente ou nível *cc*, conforme ilustrado na **Fig.16**.

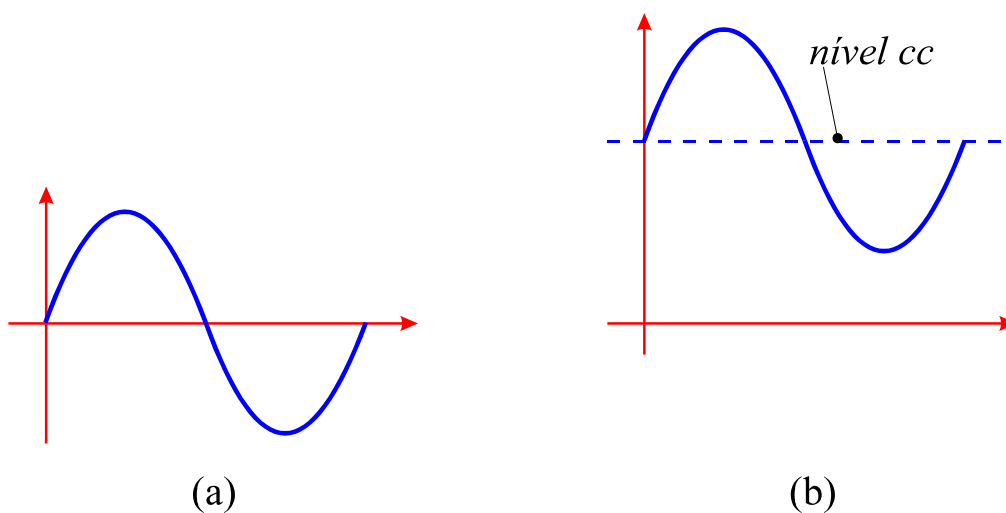


Fig.16 (a) Sinal com média temporal nula. **(b)** Sinal com média temporal não nula.

Como a informação transportada pelo sinal é relacionada apenas às suas variações no tempo, não é de interesse que a componente *cc* nele presente seja transferida entre os diversos estágios que compõem um circuito eletrônico, pois aquela componente, além de não conter nenhuma informação, pode alterar significativamente o ponto de operação do circuito na ausência do sinal.

Como ilustrado na **Fig.17**, o emprego de um capacitor ou de um transformador interconectando estágios sucessivos de um circuito eletrônico,

bloqueia a componente cc , permitindo apenas a passagem da porção variável do sinal.

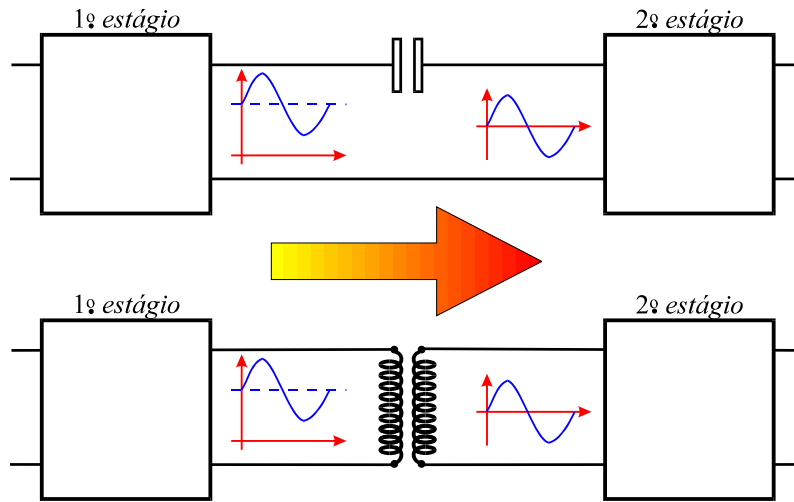


Fig.17 Técnicas de bloqueio da componente cc do sinal entre estágios de um circuito eletrônico.

O princípio ilustrado na **Fig.17** é utilizado frequentemente em estágios amplificadores. Esses estágios estão sempre acompanhados na entrada e na saída de um capacitor ou de um transformador.

A **Fig.18** mostra um amplificador transistorizado com capacitores série de entrada e saída. Como pode ser aí observado, o circuito amplificador propriamente dito recebe apenas a parte variável do sinal. A fonte cc , utilizada para polarizar o transistor, introduz uma componente cc no sinal amplificado que também é bloqueada pelo capacitor de saída.

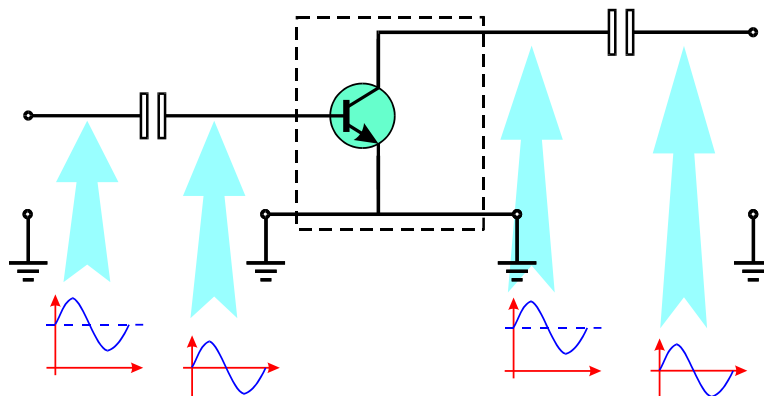


Fig.18 Arranjo série de um amplificador com dois capacitores para eliminação das componentes cc presentes nos sinais de entrada e de saída.

Nos estágios amplificadores transistorizados para operação em frequências de áudio (20 Hz a 20 kHz), os capacitores de entrada e saída são, geralmente, eletrolíticos.

Em resumo, o circuito amplificador a transistor na configuração emissor comum é composto, fundamentalmente, de dois grupos de elementos:

- Elementos de polarização.
- Elementos de bloqueio da componente *cc* do sinal.

Os elementos de polarização são aqueles que têm por finalidade estabelecer o ponto de operação do transistor, e incluem os resistores de coletor, de base e de emissor, como indicado na **Fig.19**.

Os elementos de bloqueio da componente *cc* do sinal são denominados de **acopladores** e são os transformadores ou os capacitores de entrada e saída mostrados na **Fig.19**.

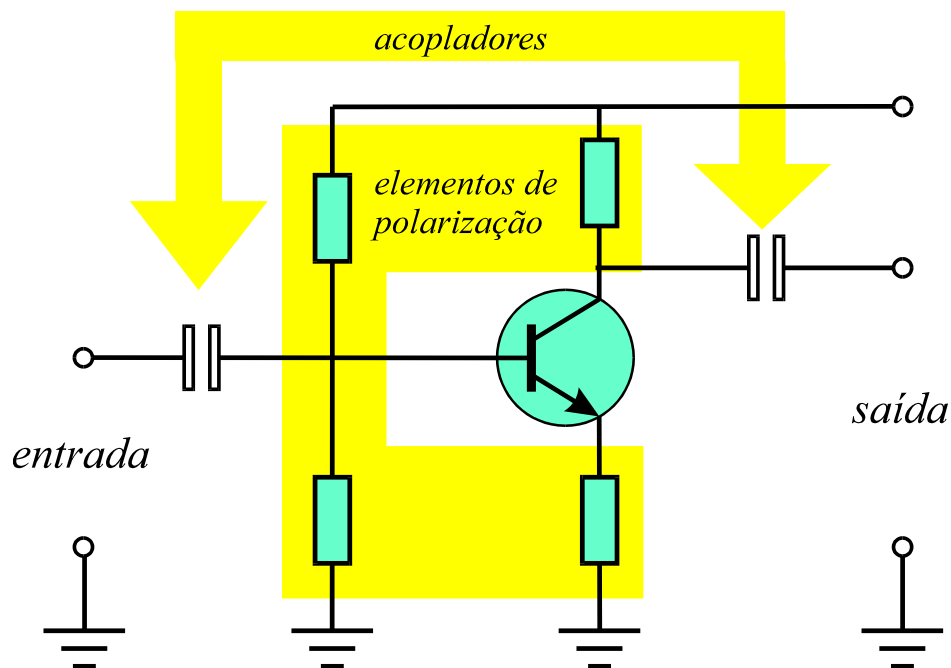


Fig.19 Elementos de um amplificador a transistor na configuração emissor comum.

DESACOPLAMENTO DO EMISSOR

Nos estágios amplificadores em que o emissor está conectado diretamente ao terra, como mostrado na **Fig.20**, o ganho é elevado, geralmente maior do que 50. Como desvantagem, aquele tipo de circuito tem baixa estabilidade térmica, sendo adequado para estágios amplificadores que não estejam sujeitos a variações muito amplas de temperatura. Por outro lado, o resistor de emissor, quando incluído no circuito, reduz sensivelmente o seu ganho, que passa a se situar tipicamente em um valor próximo a 10.

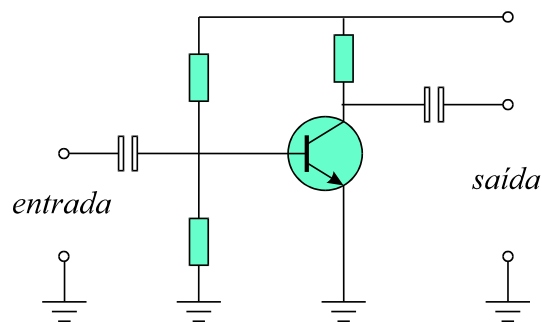



Fig.20 Amplificador com o emissor do transistor conectado ao terra.

 **Em um estágio amplificador polarizado por divisor de tensão a estabilidade térmica pode ser melhorada acrescentando-se um resistor de emissor ao circuito. Por outro lado, essa modificação reduz o ganho do estágio.**

Para otimizar o desempenho do amplificador, utiliza-se um **capacitor de desacoplamento** conectado em paralelo com o resistor de emissor, conforme indicado na **Fig.21**, que permite a obtenção de um estágio amplificador termicamente estável e com ganho elevado.

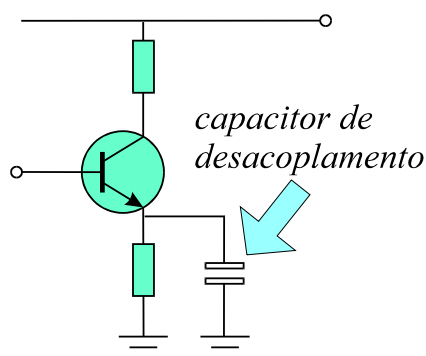


Fig.21 Amplificador com capacitor de desacoplamento conectado em paralelo com o resistor de emissor.

Se o capacitor de desacoplamento tiver uma reatância muito baixa, ele atuará como um curto-circuito apenas em relação à componente variável do sinal amplificado.

Como ilustrado na **Fig.22**, na ausência de um sinal de entrada o capacitor comporta-se como um circuito aberto, não alterando as tensões de polarização, e portanto o ponto de operação do circuito.

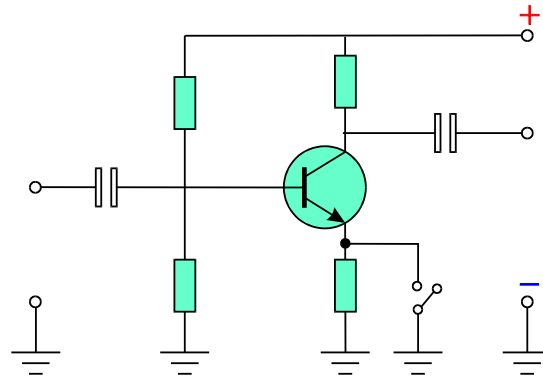


Fig.22 Atuação do capacitor de desacoplamento na ausência de um sinal na entrada do circuito amplificador.

Aplicando-se um sinal na entrada do amplificador, o capacitor comporta-se idealmente como um curto-circuito em relação à parcela variável da tensão do emissor, como ilustrado na **Fig.23**. Do ponto de vista da parcela variável da tensão do emissor, tudo se passa como se o emissor estivesse ligado diretamente ao terra. Dessa forma pode-se obter um estágio amplificador com ganho da ordem de 50 e com boa estabilidade térmica.

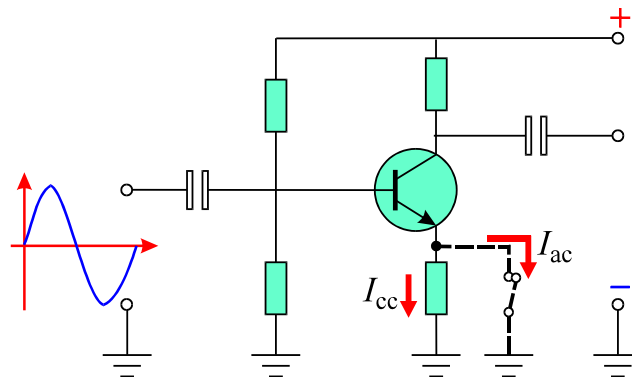


Fig.23 Atuação do capacitor de desacoplamento na presença de um sinal na entrada do circuito amplificador.

Para que o capacitor realize o desacoplamento adequado, sua reatância deve ser pequena. Na prática, na menor frequência de operação do amplificador, o valor da reatância deve ser pelo menos 10 vezes menor do que a resistência do resistor de emissor. Por essa razão, capacitores de desacoplamento utilizados em amplificadores, são do tipo eletrolítico com capacitâncias entre $1\mu\text{F}$ e $50\mu\text{F}$.

A **Fig.24** mostra um estágio amplificador completo, com os elementos de polarização, de acoplamento e de desacoplamento.

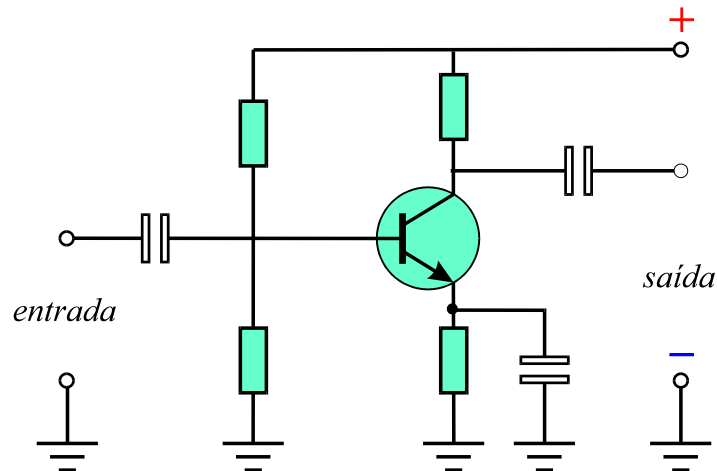


Fig.24 Estágio amplificador completo.

PARÂMETROS DO ESTÁGIO AMPLIFICADOR

Os parâmetros comumente utilizados na caracterização de um estágio amplificador são os seguintes:

- Ganho de corrente.
- Ganho de tensão.
- Impedância de entrada.
- Impedância de saída.

GANHO DE CORRENTE

O ganho de corrente de um estágio amplificador, representado pelo parâmetro A_I , é definido como sendo a relação entre as variações das correntes de saída ΔI_S , e de entrada ΔI_{ent} , ou equivalentemente

$$A_I = \frac{\Delta I_S}{\Delta I_{ent}} \quad (4)$$

O ganho de corrente do estágio amplificador na configuração emissor comum equivale ao próprio ganho de corrente do transistor β , e pode ser considerado genericamente como alto, com um fator de algumas dezenas.

GANHO DE TENSÃO

O ganho de tensão de um estágio amplificador é definido pela relação

$$A_v = \frac{\Delta V_s}{\Delta V_{ent}} \quad (5)$$

Na configuração emissor comum o ganho de tensão é fortemente dependente dos valores dos elementos polarizadores e das correntes de polarização, dificultando a determinação analítica desse parâmetro. Entretanto, o ganho de tensão pode ser obtido diretamente, medindo-se as tensões de saída e de entrada com um osciloscópio.

Em termos de classificação genérica, o ganho de tensão na configuração emissor comum também pode ser considerado como alto, tendo um fator típico de algumas dezenas.

IMPEDÂNCIA DE ENTRADA

A impedância de entrada Z_i é a resistência oferecida pelos terminais de entrada do amplificador à passagem da corrente associada ao sinal, como ilustrado na **Fig.25**.

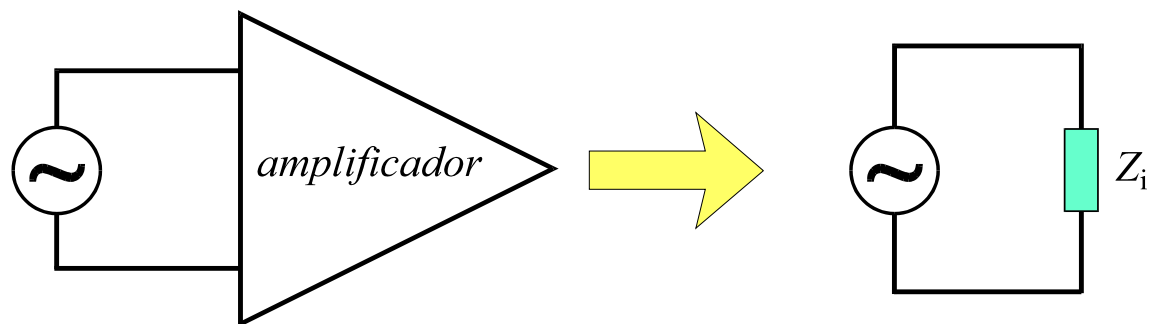


Fig.25 Impedância de entrada de um amplificador.

A impedância de entrada de amplificadores na configuração emissor comum é geralmente de algumas centenas de ohms, sendo classificada genericamente como média.

A determinação teórica da impedância de entrada requer a manipulação matemática das equações do circuito amplificador. Para evitar as complicações envolvidas no tratamento analítico, pode utilizar-se uma técnica simples de medição desse parâmetro. A técnica requer o emprego de um potenciômetro conectado em série a um dos terminais de entrada do estágio amplificador, como mostrado na **Fig.26**.

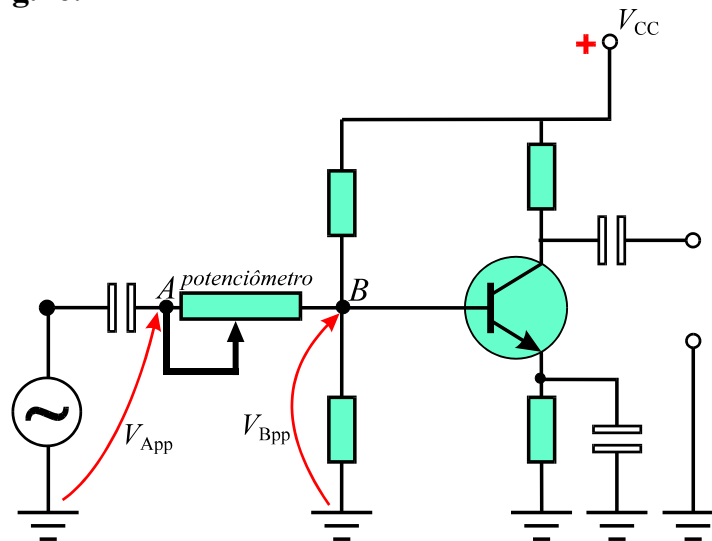


Fig.26 Técnica de medição da impedância de entrada de um amplificador.

A técnica de medição consiste na execução dos seguintes passos:

- Selecionando um valor nulo para a resistência do potenciômetro mostrado na **Fig.25**, ajusta-se a tensão pico a pico no ponto *A* para um valor pré-definido V_{App} .
- Ajusta-se então o potenciômetro até que a tensão no ponto *B*, V_{Bpp} diminua para a metade da tensão aplicada ao ponto *A*, ou seja, na condição

$$V_{Bpp} = \frac{V_{App}}{2}$$

Quando essa condição for atingida, a resistência do potenciômetro torna-se igual à impedância de entrada do estágio, pois metade da tensão é aplicada entre os terminais do potenciômetro, com a outra metade residindo entre os terminais de entrada do circuito equivalente mostrado na **Fig.25**. Pode-se, então, desconectar o potenciômetro do circuito, sem alterar a posição do cursor, e medir a sua resistência que fornece o parâmetro Z_i do amplificador.

O conhecimento da impedância de entrada de um amplificador é importante para a obtenção do correto casamento de impedâncias na conexão com uma fonte de sinal.

IMPEDÂNCIA DE SAÍDA

O conhecimento da impedância de saída de um amplificador, representada pelo parâmetro Z_o , também é importante para a conexão adequada da saída do estágio com outro circuito. O valor da impedância de saída pode ser determinado analiticamente, a partir de um tratamento matemático das equações do circuito. Entretanto, o valor pode também ser medido de uma forma simples, utilizando-se um potenciômetro na saída do circuito, conforme indicado na Fig.27.

A técnica de medição consiste na execução dos seguintes passos:

- Com a chave do circuito da Fig.27 desligada, mede-se a tensão pico a pico V_{App} do sinal presente no ponto A .
- Liga-se a chave e ajusta-se então o potenciômetro até que a tensão V_{App} diminua para a metade de seu valor inicial

Quando essa condição for atingida, a resistência do potenciômetro tem o mesmo valor da impedância de saída do estágio.

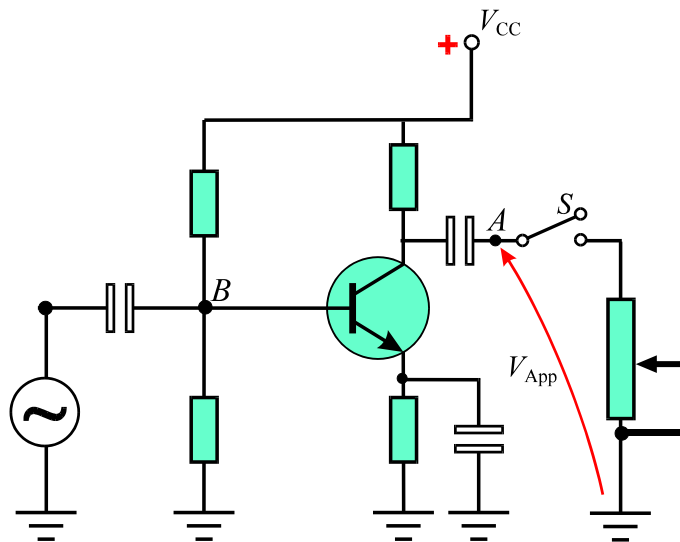


Fig.27 Técnica de medição da impedância de saída de um amplificador.



Nos processos de medição dos parâmetros Z_i e Z_o , o gerador de sinais deve ser ajustado de forma a não distorcer o sinal de saída, evitando assim a obtenção de valores incorretos para aqueles parâmetros.

Os estágios amplificadores em emissor comum têm uma impedância de saída que pode ser classificada como alta, podendo atingir alguns milhares de ohms.

As características principais de um amplificador na configuração emissor comum estão sumarizadas na **Tabela 1**.

Tabela 1 Ordens de grandeza dos parâmetros de um amplificador na configuração emissor comum.

Parâmetro	Ordem de grandeza
A_I	Alto (dezenas de vezes)
A_V	Alto (dezenas de vezes)
Z_i	Média (centenas de ohms)
Z_o	Alta (centenas a milhares de ohms)

Apêndice

QUESTIONÁRIO

1. O que se entende por sinal elétrico?
2. Que característica de um sinal senoidal é modificada após sua amplificação e quais características permanecem inalteradas?
3. Quais são os tipos de estágios amplificadores e quais são os seus ganhos típicos?
4. Quais são as características principais de um estágio amplificador na configuração emissor comum?
5. Em um estágio amplificador na configuração emissor comum, quais as relações de fase entre a corrente e tensão de coletor e a tensão de entrada?
6. Como pode ser realizado o bloqueio da componente cc de um sinal entre estágios amplificadores?
7. Que efeitos são produzidos pela adição de um resistor de emissor em um amplificador na configuração emissor comum?
8. A que propósito serve o capacitor de desacoplamento da **Fig.21**?
9. Quais são os parâmetros representativos e seus valores típicos em um amplificador na configuração emissor comum?

BIBLIOGRAFIA

CIPELLI, Antônio Marco Vicari & SANDRINI, Valdir João. Teoria e desenvolvimento de projetos de circuitos eletrônicos. 7.ed. São Paulo, Érica, 1983 580p.

MILLMAN, Jacob & HALKIAS, Chrisots C. Eletrônica: dispositivos e circuitos. Trad.. Elédio José Robalinho e Paulo Elyot Meirelles Villela. São Paulo, McGraw Hill do Brasil. 1981. il. v.2

SENAI/DN. Reparador de circuitos Eletrônicos; Eletrônica básica I. Rio de Janeiro. (Coleção básica SENAI. Módulo 1)