

Sumário

Introdução	5
Amplificador em coletor comum	6
Princípio de funcionamento	7
Parâmetros do estágio amplificador em coletor comum	10
Ganho de tensão	10
Ganho de corrente	10
Impedância de entrada	10
Impedância de saída	11
Aplicações	12
Etapa de saída em fontes reguladas	13
Etapa de potência em amplificadores de áudio	14
Apêndice	16
Questionário	16
Bibliografia	16



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

Os transistores podem ser utilizados na construção de estágios amplificadores, como por exemplo, aqueles na configuração emissor e base comum, já descritas anteriormente. A terceira possibilidade de confecção de um amplificador utiliza o transistor conectado ao circuito na configuração coletor comum.

Este fascículo trata do estágio amplificador na configuração coletor comum, fornecendo uma descrição de suas características e propriedades principais.



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: relação entre parâmetros de circuito.
- Amplificador na configuração emissor comum.
- Amplificador na configuração base comum.

Amplificador em coletor comum

Um transistor com terminais conectados na configuração coletor comum, mostrada na **Fig.1**, permite confeccionar amplificadores de alto ganho de corrente, com um ganho de tensão praticamente unitário.

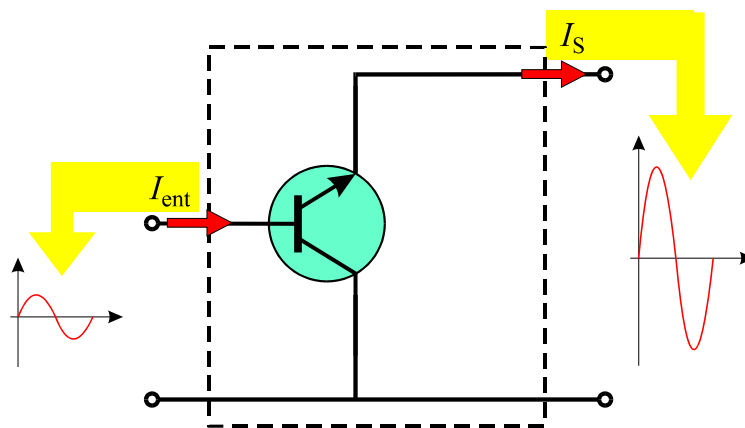


Fig.1 Transistor na configuração coletor comum.

Os amplificadores em coletor comum são empregados geralmente como estágios amplificadores de potência em fontes reguladas e em amplificadores de som.

Um diagrama de circuito típico para esse tipo do estágio amplificador é mostrado na **Fig.2**.

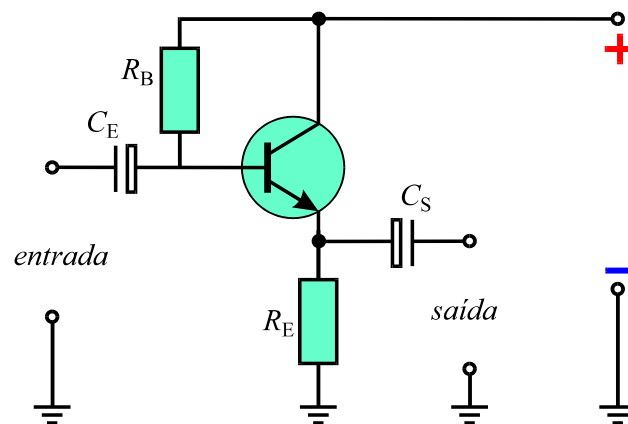


Fig.2 Circuito amplificador com transistor na configuração coletor comum.

Como mostrado na **Fig.2**, o terminal do coletor do transistor fica conectado diretamente à fonte de alimentação e a carga do circuito é conectada ao terminal do emissor. São os seguintes os elementos de circuito mostrados na **Fig.2**:

- R_B : resistor de polarização da base do transistor.
- R_E : resistor de carga do transistor.
- C_E : capacitor de acoplamento de entrada.
- C_S : capacitor de acoplamento de saída.

O terminal do coletor é considerado terminal comum pois a fonte apresenta uma impedância baixíssima na presença de sinais *ca*. Dessa forma, sempre que o circuito amplifica um sinal, o coletor pode ser considerado como estando aterrado, equivalendo portanto a um terminal comum à entrada e à saída do sinal.

PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

O princípio de funcionamento do circuito da **Fig.2** pode ser descrito considerando inicialmente que o estágio amplificador esteja polarizado no ponto de operação, com as tensões e correntes indicadas na **Fig.3**.

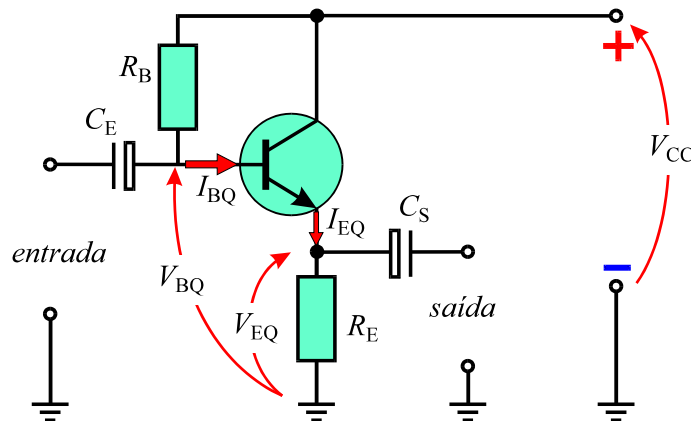


Fig.3 Parâmetros elétricos do amplificador em coletor comum na ausência de um sinal de entrada.

Quando um sinal positivo é aplicado à entrada do circuito, conforme ilustrado na **Fig.4**, ocorre um aumento na tensão de polarização da base, de acordo com a relação

$$V_B = V_{BQ} + V_{ent}$$

onde V_{BQ} é o valor quiescente da tensão no terminal da base.

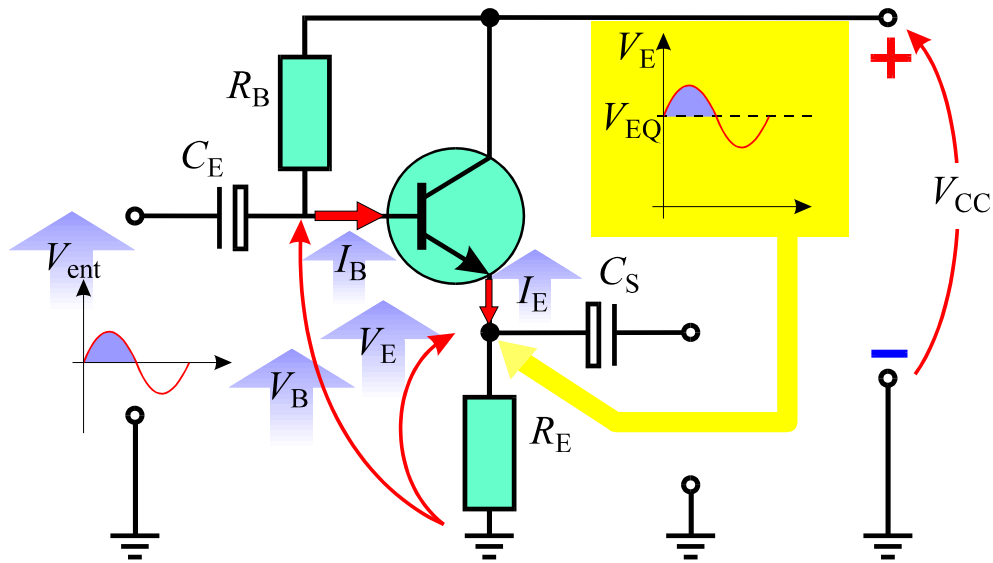


Fig.4 Seqüência de eventos decorrentes da aplicação de um sinal positivo na entrada do amplificador.

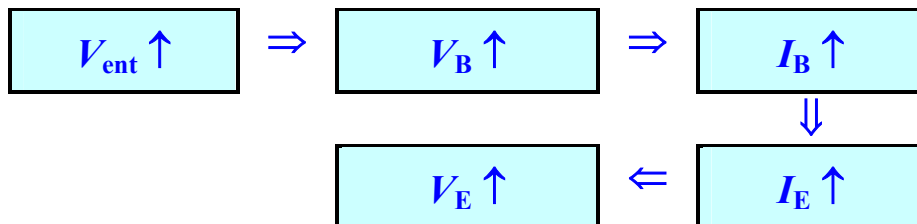
Como indicado na **Fig.4**, o aumento na tensão de base produz um aumento na tensão V_{BE} entre base e emissor, provocando uma elevação na corrente de base I_B . Isso produz um aumento nas correntes de coletor e de emissor do transistor, elevando a queda de tensão no resistor de emissor.

Deve-se observar no entanto que a corrente de emissor aumenta até um valor tal que a tensão no terminal de emissor seja bem próxima à tensão no terminal da base, com a diferença sendo determinada pela tensão de polarização direta da junção base-emissor, ou seja,

$$V_E = V_B - V_{BE}$$

Verifica-se dessa forma que a queda de tensão sobre o resistor de emissor tem a mesma fase do sinal de entrada com uma diferença de amplitude igual a V_{BE} , que para transistores de silício é da ordem de 0,7 V.

A seqüência de eventos ilustrada na **Fig.4** pode ser representada de acordo com o diagrama:



Utilizando uma análise semelhante àquela conduzida anteriormente, a existência de um sinal negativo na entrada do circuito amplificador, produz a seqüência de eventos ilustrada na **Fig.5**.

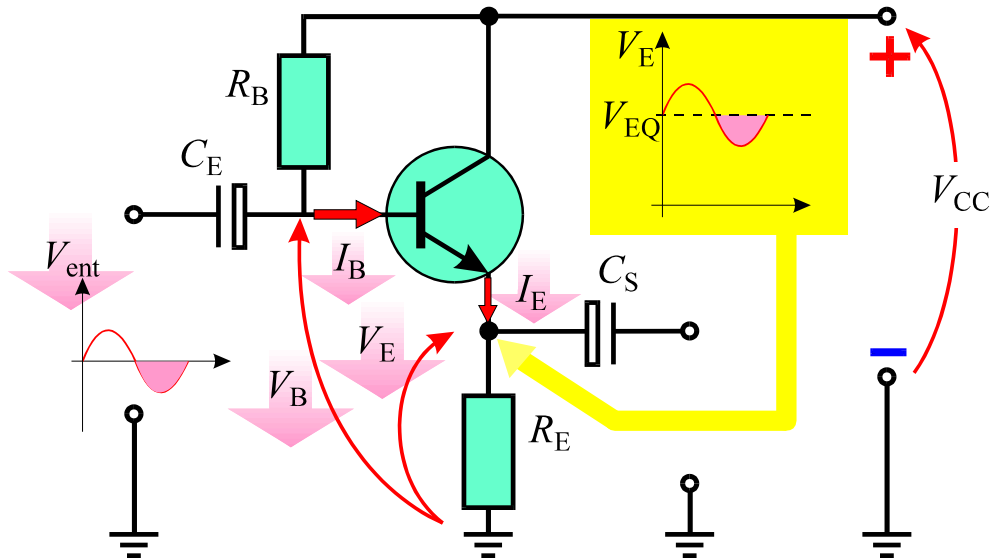
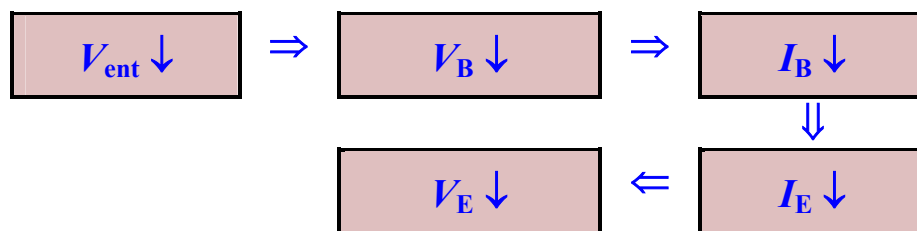


Fig.5 Seqüência de eventos decorrentes da aplicação de um sinal negativo na entrada do amplificador.

A seqüência de eventos ilustrada na **Fig.5** está representada no diagrama a seguir:



Devido ao fato de a tensão do emissor seguir a tensão da base, o estágio amplificador com transistor na configuração coletor comum é também denominado de **estágio seguidor de emissor**.

PARÂMETROS DO ESTÁGIO AMPLIFICADOR EM COLETOR COMUM

GANHO DE TENSÃO

Considerando que a variação na tensão de saída é praticamente igual à variação na tensão de entrada, conclui-se que o ganho de tensão do estágio amplificador em coletor comum pode ser considerado unitário, ou seja,

$$A_V \approx 1$$

GANHO DE CORRENTE

Para que se desenvolva sobre o resistor de emissor, que é normalmente de baixa resistência, uma tensão de amplitude praticamente igual àquela da base, a corrente de emissor do transistor tende a assumir valores altos, quando comparada com a corrente de base. Isso significa que o circuito apresenta uma amplificação de corrente elevada entre base e emissor.

Como a corrente de coletor é aproximadamente igual à corrente de emissor, o ganho de corrente do circuito amplificador em coletor comum iguala aproximadamente ao ganho de corrente do transistor, ou seja,

$$A_I = \frac{\Delta I_E}{\Delta I_B} \approx \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = \beta \Rightarrow A_I = \beta$$

Em geral o ganho de corrente dos estágios amplificadores em coletor comum pode ser considerado como **alto**.

IMPEDÂNCIA DE ENTRADA

Como em qualquer estágio amplificador, a impedância de entrada depende não apenas do transistor, como também de todos os componentes externos de polarização e acoplamento. Isso torna complexa a sua determinação matemática.

De forma genérica pode-se dizer que a impedância de entrada dos estágios em coletor comum é **alta**, situando-se tipicamente na faixa de algumas centenas de ohms a alguns milhares de ohms.

A impedância de entrada pode também ser medida com o emprego de um potenciômetro como ilustrado na **Fig.6**, seguindo os mesmos princípios já descritos anteriormente para a medição daquele parâmetro no estágio amplificador em emissor e base comum.

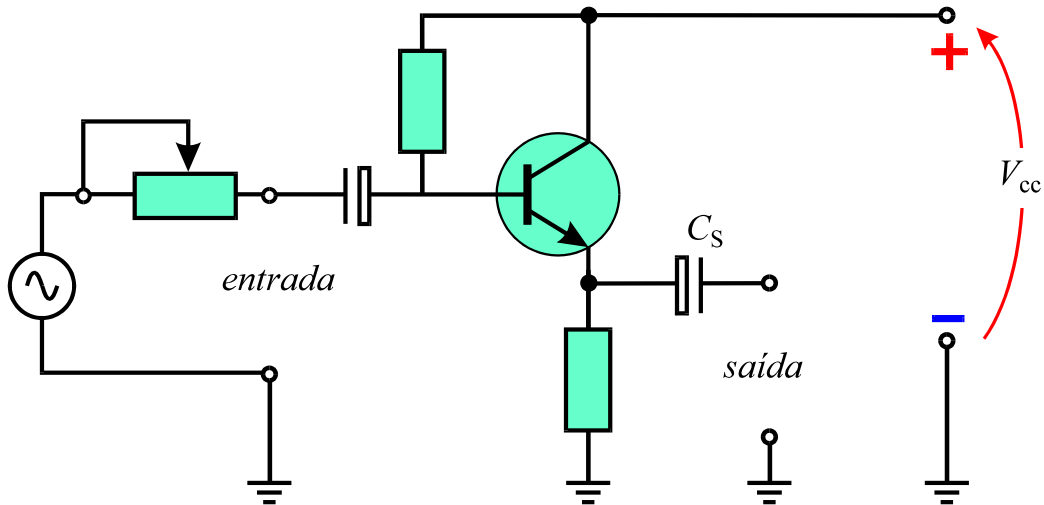


Fig.6 Técnica utilizada para medição da impedância de entrada de um amplificador em base comum.

IMPEDÂNCIA DE SAÍDA

A impedância de saída do estágio amplificador em coletor comum depende de uma série de fatores, incluindo:

- A impedância interna do gerador (ou estágio ligado à entrada).
- Resistor de emissor.
- Corrente de emissor.

De forma geral, a impedância de saída está relacionada à corrente de emissor de acordo com as faixas de valores exibidas na **Tabela 1**.

Tabela 1 Relação aproximada entre a impedância de saída e a corrente de emissor.

Corrente de emissor, I_E	Z_o (valores aproximados)
1 mA	25 Ω
de 1 mA a 100 mA	de 25 Ω a 0,25 Ω
de 100 mA a 1 A	de 0,25 Ω a 0,025 Ω

As faixas de valores aproximados listadas na **Tabela 1** mostram que, mesmo em baixas correntes, o valor da impedância de saída é sempre menor que algumas dezenas de ohms.

Considerando ainda que esse tipo de estágio é dificilmente operado com correntes inferiores a 100 mA, a impedância de saída pode ser considerada na prática sempre inferior a 1Ω .

Com base nessas considerações a impedância de saída de um estágio em coletor comum pode ser classificada como **muito baixa**.

Apesar de ser possível medir a impedância de saída do estágio amplificador em coletor comum, essa tarefa requer técnicas sensíveis de medição, tendo em vista os altos valores de corrente no circuito, que impossibilitam o uso de potenciômetros. Adicione-se a isso as dificuldades associadas à medição de resistências inferiores a 1Ω .

A **Tabela 2** resume as principais características de um estágio amplificador a transistor na configuração coletor comum.

Tabela 2 Amplificador em coletor comum: características principais.

Parâmetro	Valor ou faixa de valores típicos
A_V	≈ 1
A_I	alto ($A_I \approx \beta$)
Z_i	alta (centenas a milhares de ohms)
Z_o	muito baixa ($< 1\Omega$)

APLICAÇÕES

Existem fundamentalmente três aplicações para os estágios seguidores de emissor:

- Etapa de saída em fontes reguladas.
- Etapa de potência em amplificadores.
- Casamento de impedâncias.

Dessas aplicações, as duas primeiras correspondem àquelas de utilização mais freqüente, razão pela qual merecem uma análise mais detalhada.

ETAPA DE SAÍDA EM FONTES REGULADAS

As características mais importantes em uma fonte são:

- Tensão de saída.
- Impedância interna.

A primeira característica é importante por motivos óbvios. A segunda característica, impedância ou resistência interna, é importante devido à queda de tensão que surge na fonte quando esta fornece corrente a uma carga.

A **Fig.7** mostra dois gráficos que permitem comparar o desempenho de uma fonte para resistências internas distintas. Como pode ser aí observado, a fonte de menor resistência interna mantém a tensão terminal V_0 mais próxima de seu valor nominal, quando a corrente de carga I_0 aumenta. Isso leva a concluir que, quanto menor for a impedância ou resistência interna de uma fonte, melhor será o seu desempenho.

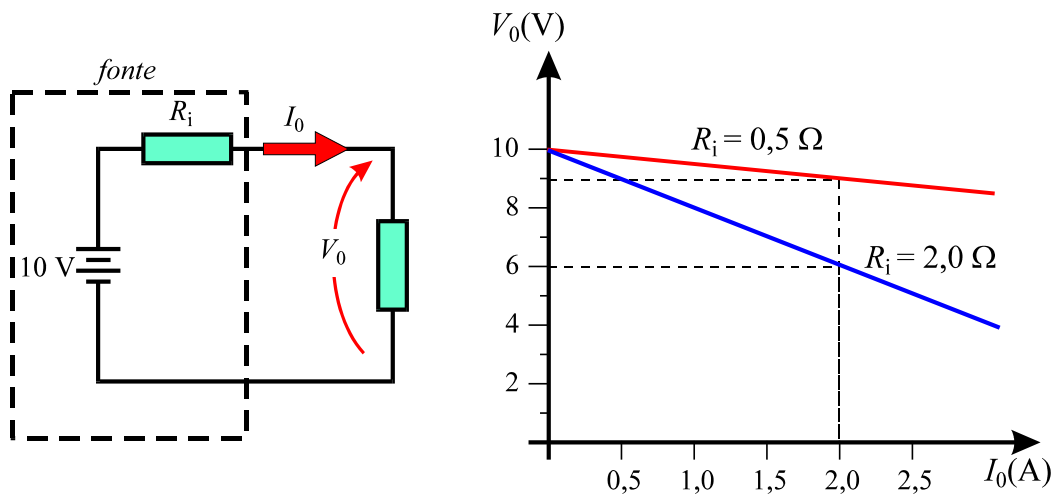


Fig.7 Desempenho de duas fontes de impedâncias distintas perante variações na corrente de carga.

Os estágios amplificadores em coletor comum, que apresentam baixíssima impedância de saída podem portanto ser utilizados como estágios reguladores de tensão em fontes de alimentação.

A **Fig.8** mostra um estágio regulador de tensão a transistor já estudado anteriormente. Esse estágio regulador nada mais é do que um estágio

amplificador em coletor comum em que a tensão no terminal da base é mantida constante pela ação do diodo Zener.

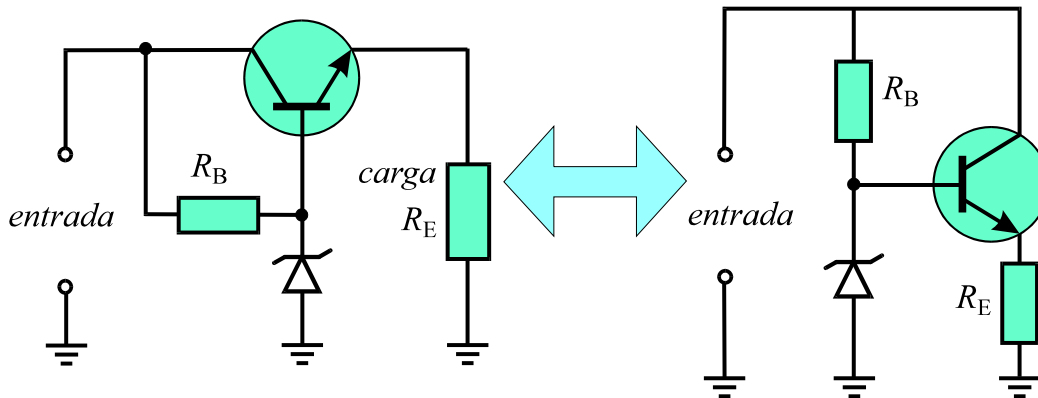


Fig.8 Estágio regulador de tensão e seu equivalente na configuração coletor comum.

ETAPA DE POTÊNCIA EM AMPLIFICADORES DE ÁUDIO

Uma das aplicações mais utilizadas para os amplificadores em coletor comum é na construção de estágios amplificadores de potência para sinais de áudio.

A **Fig.9** mostra o diagrama simplificado de um estágio de potência, também denominado de estágio de classe B, utilizando os transistores T_2 e T_3 , ambos na configuração coletor comum.

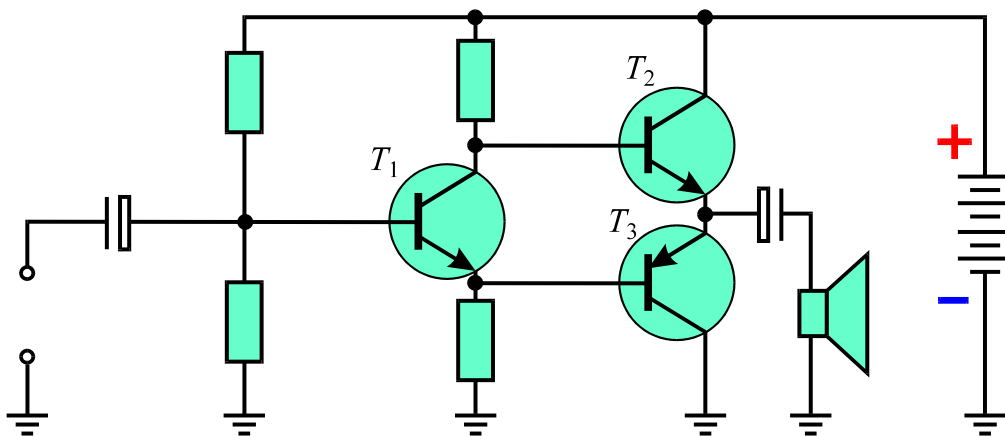


Fig.9 Diagrama simplificado de um estágio de potência.

Considerando inicialmente que um sinal de áudio esteja sendo amplificado, o capacitor em série com o alto-falante pode ser considerado como um curto-circuito, como mostrado na **Fig.10**.

Dessa forma, toda vez que um sinal é amplificado, o alto-falante funciona como carga, estando ligado ao emissor de ambos os transistores. Portanto, a ação isolada de cada transistor conectado ao alto-falante equivale àquela de um estágio amplificador na configuração coletor comum.

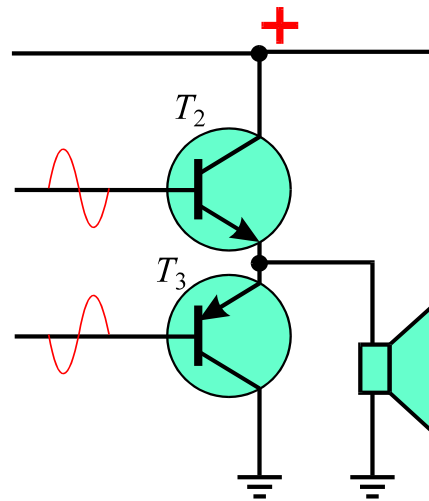


Fig.10 Porção do circuito da **Fig.9**.

Essa configuração do estágio de potência é adequada para conexão direta com o alto-falante por exibir uma baixa impedância de saída, proporcionando assim uma boa transferência de potência. Por essa razão esse tipo de estágio de potência é muito utilizado em aparelhos portáteis, tais como rádios e gravadores.

Apêndice

QUESTIONÁRIO

1. Faça o desenho de um transistor na configuração coletor comum.
2. Quais são as faixas de valores típicas dos parâmetros associados ao amplificador na configuração coletor comum?
3. Cite algumas aplicações que fazem uso do amplificador na configuração coletor comum.

BIBLIOGRAFIA

MALVINO, Albert Paul. Eletrônica São Paulo, McGraw Hill, 1986. 520p. il.

SENAI/DN. Reparador de Circuitos Eletrônicos; Eletrônica Básica II. Rio de Janeiro. (Coleção Básica SENAI, Módulo 2)

SENAI/DN. Transistores, por Antônio Abel Correia Villela. Rio de Janeiro, Divisão de Recursos Humanos, 1977. 81p. (Publicações Técnicas, 7)