

CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA
CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR

EDITAL Nº 04/2016 – PROGRAD

PROVA ESCRITA

Área de concurso: _____

Número de Identificação do (a) Candidato (a): _____

Orientações Gerais

1. A prova escrita tem **caráter eliminatório e classificatório**;
2. A prova escrita **está sendo realizada simultaneamente** por todos os candidatos;
3. O horário de realização da prova escrita é das **8h às 12 h** (horário oficial do Acre);
4. O **candidato deverá permanecer obrigatoriamente** na sala de realização da prova escrita por, **no mínimo, uma hora** após o seu início;
5. Quando autorizado pelo Fiscal de Sala o candidato deverá preencher a área de concurso e o número de identificação do candidato na folha de rosto do caderno de resposta definitivo;
6. Será **anulada a prova que contiver assinatura**, rubrica, qualquer palavra ou marca que identifique o candidato, exceto o número de identificação fornecido pela Comissão Geral de Concurso no local indicado;
7. Nenhuma folha desta prova ou do rascunho poderá ser destacada, sob pena de desclassificação do candidato;
8. Utilize a (s) **folha (s) definitiva (s) de resposta** para responder a (s) questão (s) formuladas;
9. A prova escrita será feita pelo próprio candidato, à mão, em letra legível, com **caneta esferográfica de tinta de cor azul ou preta, fabricada em material transparente, em espaço destinado para tanto**;
10. As **anotações que estiverem em desconformidade** com este Edital ou com as instruções da prova escrita serão consideradas indevidas e não serão consideradas para efeito de correção;
11. O candidato **não deverá amassar, molhar, dobrar, rasgar, manchar** ou, de qualquer modo, **danificar a sua prova escrita**, sob pena de impossibilitar a leitura por parte dos membros da banca examinadora;
12. **Em hipótese alguma haverá substituição** da prova escrita por erro do candidato;
13. Não serão distribuídas folhas suplementares para transcrição das respostas definitivas ou para rascunho.
14. **Não serão permitidas consultas e a utilização de qualquer equipamento eletrônico, durante a realização da prova escrita**, exceto aquelas solicitadas pela banca examinadora e autorizadas pela Comissão Geral de Concurso, em edital específico, no endereço eletrônico <www.ufac.br>.
15. Será desclassificado o candidato que, durante a realização da prova escrita, for surpreendido portando, em local diverso do indicado pelos fiscais, equipamento eletrônico e/ou material de uso não autorizado, ainda que desligado.
16. De igual forma, será desclassificado o candidato cujo equipamento eletrônico e/ou material de uso não autorizado emitir qualquer tipo de ruído, alerta ou vibração, ainda que o mesmo esteja no local indicado pelos fiscais.
17. Após o término de sua prova, o candidato deverá entregar a (s) folha (a) definitiva (a) de resposta e as folhas de rascunho ao fiscal de sala.
18. O candidato que **entregar a prova não poderá retornar** ao local de sua realização em hipótese alguma;
19. Os **três últimos candidatos deverão permanecer na sala de prova** e somente poderão sair juntos do recinto, após acompanhar o lacre dos envelopes e apor em Ata suas respectivas assinaturas;
20. Os resultados da prova escrita serão publicados pela Comissão Geral de Concurso, no **dia 31 de maio de 2016**, em edital de resultado preliminar, juntamente com as chaves de correção das provas;

Questão 1: (2,5 pontos) **Retificadores não controlados**

No circuito da figura 1 considere que a tensão da bateria é $E=10V$, e sua capacidade é 200 Wh. A corrente média da carga deve ser $I_{cc}=5A$. Considere que a condutância de R_1 é infinita e, a tensão de entrada no primário é $V_p=220V$, 60 Hz, determine uma expressão para:

- Calcular o ângulo de condução δ do diodo.
- Calcular a resistência R de limitação de corrente.
- Calcular a potência dissipada pelo resistor R .
- Calcular a eficiência (ou razão de retificação) η .
- Calcular a tensão reversa máxima que o diodo deve suportar.

OBS: expresse suas respostas em função de variáveis.

Relações trigonométricas

$$\sin^2(x) = \frac{1}{2}(1 - \cos(2x))$$

$$\sin(a \pm b) = \sin(a) \cos(b) \pm \cos(a) \sin(b)$$

$$\cos^2(x) = \frac{1}{2}(1 + \cos(2x))$$

$$\cos(a \pm b) = \cos(a) \cos(b) \mp \sin(a) \sin(b)$$

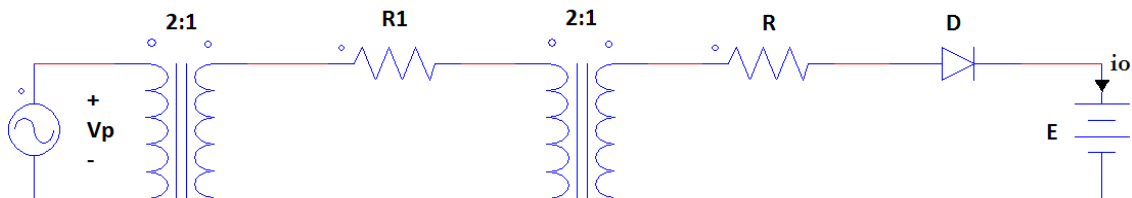


Figura 1. Retificador não controlado

Questão 2: (2,5 pontos) **Transistores Bipolares de Junção (TBJ)**

- Disserte sobre a operação dos transistores bipolares. Descreva as principais configurações, e explique as principais características de cada configuração.
- Considerando um circuito de polarização com realimentação do emissor, descreva uma sequência para o projeto/síntese do circuito de polarização.

Questão 3: (2,5 pontos) **Amplificadores Operacionais**

Disserte sobre os amplificadores operacionais e suas principais configurações. Na sua dissertação comente também sobre:

- As principais características dos amplificadores operacionais ideais.
- O amplificador de tensão na configuração inversora e não inversora e, determine passo a passo a razão entre a tensão de saída e a tensão de entrada ($\frac{V_o}{V_i}$) para ambas as configurações, utilizando o circuito equivalente do amplificador operacional.

Questão 4: (2,5 pontos) **Amplificadores de Potência**

Sobre os Amplificadores de Potência com operação em classe A, B, AB e classe C, responder os seguintes questionamentos:

- Definir cada um desses tipos de operação de amplificador.
- Definir os parâmetros característicos dos 4 tipos de amplificador.
- Com os parâmetros obtidos no item (b), realizar uma tabela comparativa dos 4 amplificadores operacionais.
- Finalmente descrever as áreas de aplicação de cada um dos 4 amplificadores .

CONCURSO PÚBLICO DE PROVAS E TÍTULOS PARA O CARGO EFETIVO DE PROFESSOR DA
CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR

EDITAL Nº 04/2016 - PROGRAD

GABARITO PROVA ESCRITA

Área de concurso: **ENGENHARIA ELÉTRICA: ÁREA DE ELETRÔNICA**

Questão 1: (2,5 pontos) Retificadores não controlados

No circuito da figura 1 considere que a tensão da bateria é $E=10V$, e sua capacidade é 200 Wh. A corrente média da carga deve ser $I_{cc}=5A$. Considere que a condutância de R_1 é infinita e, a tensão de entrada no primário é $V_p=220V$, 60 Hz, determine uma expressão para:

- Calcular o ângulo de condução δ do diodo.
- Calcular a resistência R de limitação de corrente.
- Calcular a potência dissipada pelo resistor R .
- Calcular a eficiência (ou razão de retificação) η .
- Calcular a tensão reversa máxima que o diodo deve suportar.

OBS: expresse suas respostas em função de variáveis.

Relações trigonométricas

$$\sin^2(x) = \frac{1}{2}(1 - \cos(2x))$$

$$\sin(a \pm b) = \sin(a) \cos(b) \pm \cos(a) \sin(b)$$

$$\cos^2(x) = \frac{1}{2}(1 + \cos(2x))$$

$$\cos(a \pm b) = \cos(a) \cos(b) \mp \sin(a) \sin(b)$$

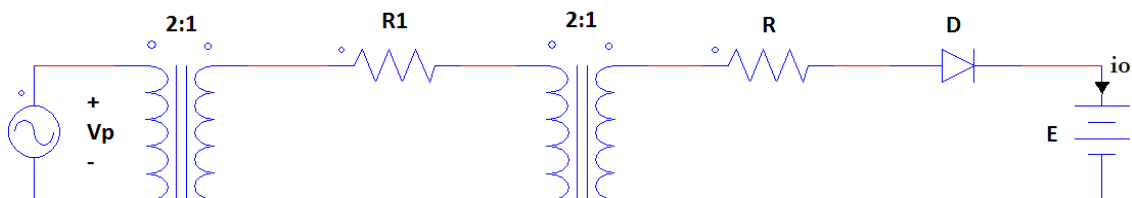
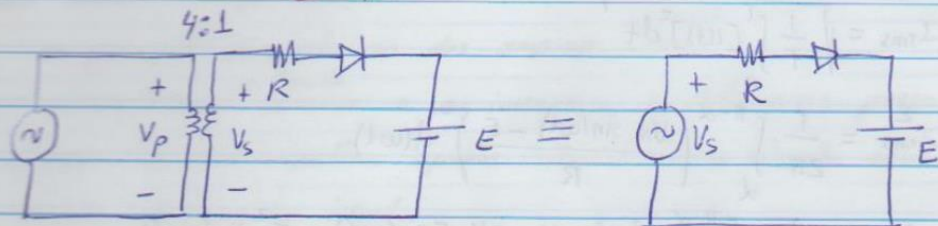
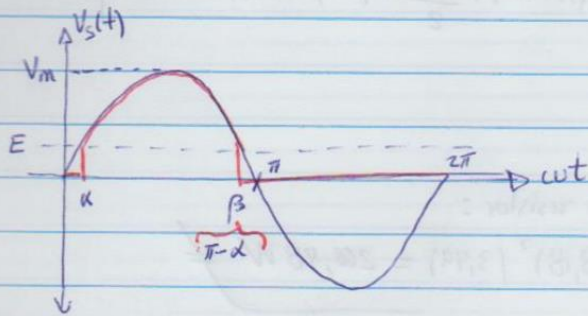


Figura 1. Retificador não controlado

Resolução Q1:

Solução



$$V_s = \frac{V_p}{4} = \frac{220}{4} \rightarrow \text{valor pico } V_m = \frac{220}{4} \sqrt{2} = 77,78 \text{ V}$$


a) $V_m \sin(\omega t) = E \rightarrow \omega t = \sin^{-1}\left(\frac{E}{V_m}\right) = 7,39^\circ$

$$\alpha = \omega t = 7,39^\circ$$

$$\beta = 180 - \alpha = 172,61^\circ$$

$$S = \beta - \alpha = 165,23^\circ$$

b) Sabe-se que a corrente média da carga é 5A, então:

$$I_{med} = \frac{1}{T} \int_0^T i(t) dt = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi-\alpha} \frac{V_m \sin(\omega t) - E}{R} d(\omega t)$$

$$= \frac{1}{2\pi} \left\{ -\frac{V_m \cos(\omega t)}{R} \Big|_{\alpha}^{\pi-\alpha} - \frac{E}{R} (\pi - 2\alpha) \right\}$$

$$= \frac{1}{2\pi R} \left\{ 2V_m \cos(\alpha) - E(\pi - 2\alpha) \right\}$$

$$\therefore R = \frac{1}{2\pi I_{med}} \left[2V_m \cos(\alpha) - E(\pi - 2\alpha) \right] = 3,99 \Omega$$

c) em primeiro lugar calcular a corrente eficaz

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [i(t)]^2 dt}$$

$$I_{rms}^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi-\alpha} \left(\frac{V_m \sin(\omega t) - E}{R} \right)^2 d(\omega t)$$

$$I_{rms}^2 = \frac{1}{2\pi R^2} \int_{\alpha}^{\pi-\alpha} (V_m^2 \sin^2(\omega t) - 2V_m E \sin(\omega t) + E^2) d(\omega t)$$

$$I_{rms}^2 = \frac{1}{2\pi R^2} \left\{ \left(\frac{V_m^2}{2} + E^2 \right) (\pi - 2\alpha) + \frac{V_m^2}{2} \sin(2\alpha) - 4V_m E \cos(\alpha) \right\}$$

$$I_{rms} = 8,18 A$$

A potência dissipada pelo resistor:

$$P_R = I_{rms}^2 \cdot R = (8,18)^2 (3,99) = 266,98 W \neq$$

d) $\eta = \frac{P_{cc}}{P_{cc} + P_R}$ ou $\eta = \frac{P_{cc}}{P_{ca}}$ $\eta = \text{eficiência}$

considerando que: $P_{cc} = E \cdot I_{cc} = (10)(5) = 50 W$

$$\eta = \frac{P_{cc}}{P_{cc} + P_R} = \frac{50}{50 + 266,98} = 15,77\% \neq$$

e) $V_{reversa, max} = E - (-V_m) = 10 + 77,78 = 87,78 V \neq$

Questão 2: (2,5 pontos) Transistores Bipolares de Junção (TBJ)

- Disserte sobre a operação dos transistores bipolares. Descreva as principais configurações, e explique as principais características de cada configuração.
- Considerando um circuito de polarização com realimentação do emissor, descreva uma sequência para o projeto/síntese do circuito de polarização.

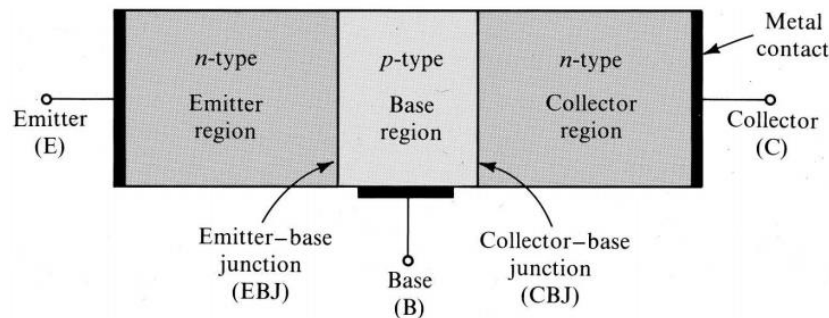
Resolução Q2:

a. Operação dos TBJs:

O princípio básico de operação é o uso de uma tensão entre dois terminais para controlar o fluxo de corrente no terceiro terminal.

O TBJ constitui-se de 3 regiões semicondutoras: o emissor (E), a base (B) e o coletor (C), cada um ligado a um terminal metálico para acesso externo.

O transistor consiste em duas junções pn: a *junção emissor-base* (JEB) e a *junção coletor-base* (JCB) como mostra a figura abaixo.



Dependendo da condição de polarização de cada junção, são obtidos diferentes modos de operação para o transistor como se mostra na tabela abaixo:

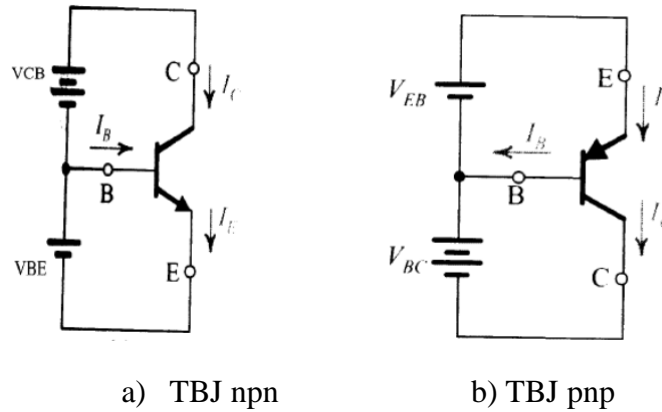
JEB	JCB	MODO
Reversa	Reversa	<i>CORTE</i>
Direta	Reversa	<i>ATIVO</i>
Direta	Direta	<i>SATURAÇÃO</i>

Aplicação segundo o modo de operação:

- Modo Ativo → Amplificadores
- Modo corte ou saturação → Interruptores, Portas Logicas, Circuitos TTL, etc.

Operação do transistor npn no modo ativo:

As correntes do transistor baseados na figura abaixo:



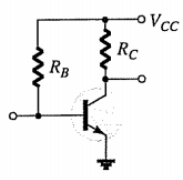
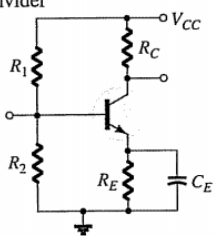
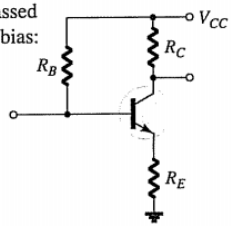
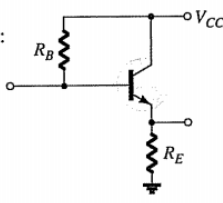
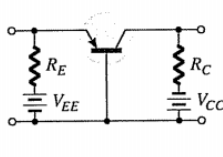
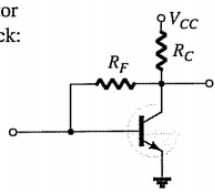
Por Kirchhoff:

Se $V_{BE} > 0, V_{CB} > 0$ (para npn) e $V_{EB} > 0, V_{BC} > 0$ (para pnp)

$$I_E = I_C + I_B, \beta = \frac{I_C}{I_B}, \alpha = \frac{I_C}{I_E}$$

Onde: I_E a corrente do emissor, I_C a corrente do coletor, I_B a corrente da base, β o ganho de corrente, α a relação entre corrente de emissor e coletor.

Principais configurações do TBJ:
TABLE 5.1
Unloaded BJT Transistor Amplifiers

Configuration	Z_i	Z_o	A_v	A_f
Fixed-bias: 	Medium (1 kΩ) $= R_B \parallel \beta r_e$ $\cong \beta r_e$ $(R_B \geq 10\beta r_e)$	Medium (2 kΩ) $= R_C \parallel r_o$ $\cong R_C$ $(r_o \geq 10R_C)$	High (-200) $= -\frac{(R_C \parallel r_o)}{r_e}$ $\cong -\frac{R_C}{r_e}$ $(r_o \geq 10R_C)$	High (100) $= \frac{\beta R_B r_o}{(r_o + R_C)(R_B + \beta r_e)}$ $\cong \beta$ $(r_o \geq 10R_C, R_B \geq 10\beta r_e)$
Voltage-divider bias: 	Medium (1 kΩ) $= R_1 \parallel R_2 \parallel \beta r_e$	Medium (2 kΩ) $= R_C \parallel r_o$ $\cong R_C$ $(r_o \geq 10R_C)$	High (-200) $= -\frac{R_C \parallel r_o}{r_e}$ $\cong -\frac{R_C}{r_e}$ $(r_o \geq 10R_C)$	High (50) $= \frac{\beta (R_1 \parallel R_2) r_o}{(r_o + R_C)(R_1 \parallel R_2 + \beta r_e)}$ $\cong \frac{\beta (R_1 \parallel R_2)}{R_1 \parallel R_2 + \beta r_e}$ $(r_o \geq 10R_C)$
Unbypassed emitter bias: 	High (100 kΩ) $= R_B \parallel Z_b$ $Z_b \cong \beta(r_e + R_E)$ $\cong R_B \parallel \beta R_E$ $(R_E \gg r_e)$	Medium (2 kΩ) $= R_C$ (any level of r_o)	Low (-5) $= -\frac{R_C}{r_e + R_E}$ $\cong -\frac{R_C}{R_E}$ $(R_E \gg r_e)$	High (50) $\cong -\frac{\beta R_B}{R_B + Z_b}$
Emitter-follower: 	High (100 kΩ) $= R_B \parallel Z_b$ $Z_b \cong \beta(r_e + R_E)$ $\cong R_B \parallel \beta R_E$ $(R_E \gg r_e)$	Low (20 Ω) $= R_E \parallel r_e$ $\cong r_e$ $(R_E \gg r_e)$	Low ($\cong 1$) $= \frac{R_E}{R_E + r_e}$ $\cong 1$	High (-50) $\cong -\frac{\beta R_B}{R_B + Z_b}$
Common-base: 	Low (20 Ω) $= R_E \parallel r_e$ $\cong r_e$ $(R_E \gg r_e)$	Medium (2 kΩ) $= R_C$	High (200) $\cong \frac{R_C}{r_e}$	Low (-1) $\cong -1$
Collector feedback: 	Medium (1 kΩ) $= \frac{r_e}{\frac{1}{\beta} + \frac{R_C}{R_F}}$ $(r_o \geq 10R_C)$	Medium (2 kΩ) $\cong R_C \parallel R_F$ $(r_o \geq 10R_C)$	High (-200) $\cong -\frac{R_C}{r_e}$ $(r_o \geq 10R_C, R_F \gg R_C)$	High (50) $= \frac{\beta R_F}{R_F + \beta R_C}$ $\cong \frac{R_F}{R_C}$

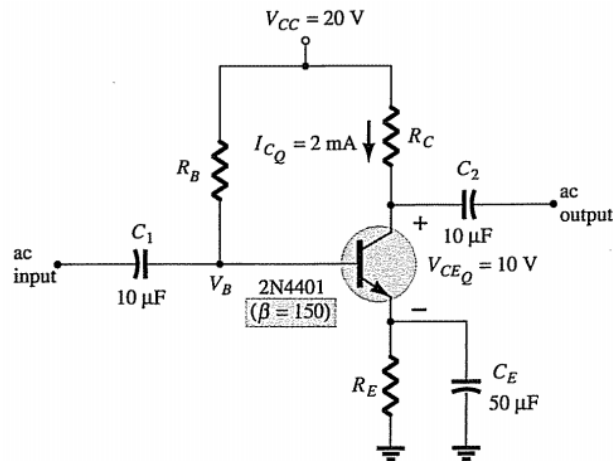
b. Critério para projeto de um circuito de polarização com realimentação do emissor

O processo de projeto é aquele quando a corrente ou tensão estão definidos e deverão ser determinados os elementos requeridos do circuito para estabelecer os níveis desejados.

Considerando a figura abaixo, o procedimento de projeto requer um claro entendimento das características de operação do dispositivo, das equações básicas da rede, leis de análise de circuitos (Lei de Ohm, lei de tensão de Kirchhoff, etc).

Se valores das tensões já foram especificados, apenas será necessário determinar o valor das resistências e selecionar os valores comerciais mais próximos.

1. Projetos de polarização cc.
2. A relação entre tensões do emissor e a tensão de alimentação: $V_{CC} = 10 * V_E$
3. Utilizando as leis de análise de circuitos calcular os resistores do circuito.



Questão 3: (2,5 pontos) Amplificadores Operacionais

Disserte sobre os amplificadores operacionais e suas principais configurações. Na sua dissertação comente também sobre:

- a. As principais características dos amplificadores operacionais ideais.
- b. O amplificador de tensão na configuração inversora e não inversora e, determine passo a passo a razão entre a tensão de saída e a tensão de entrada ($\frac{V_o}{V_i}$) para ambas as configurações, utilizando o circuito equivalente do amplificador operacional.

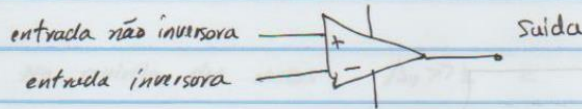
Resolução Q3:

Seleção

11

O amplificador operacional ou amp-op é um amplificador diferencial que amplifica sinais pequenos presentes nas suas duas entradas.

Na figura abaixo tem-se a representação de um amplificador básico



As principais características dos amplificadores operacionais são:

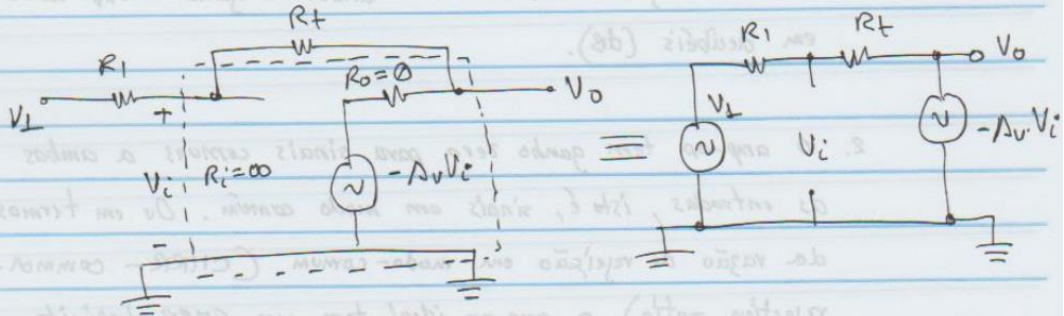
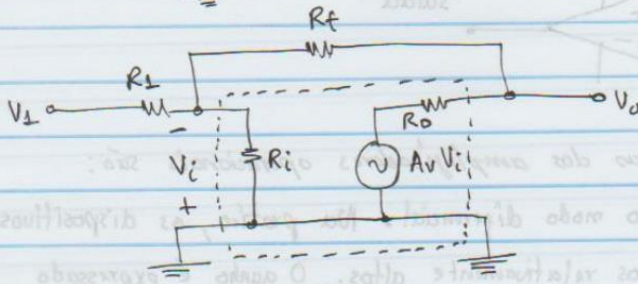
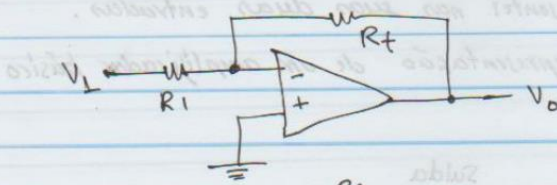
1. ganho infinito no modo diferencial. Na prática, os dispositivos reais têm ganhos relativamente altos. O ganho é expressado em decibéis (dB).
2. O amp-op tem ganho zero para sinais comuns a ambas as entradas, isto é, sinais em modo comum. Ou em termos da razão de rejeição em modo-comum (CMRR - common-mode rejection ratio) o amp-op ideal tem um CMRR infinito.
3. O amp-op ideal tem tensão e corrente de offset nulos. Nos dispositivos reais, o offset de tensão pode ser superior a 1uV ou menos.

A qte. tabela resume as características dos amp-op ideais

Características do amp-op ideal	Entrada do amp-op	Saída do amp-op
⊗ ganho diferencial infinito	⊗ alta impedância de entrada	⊗ baixa
⊗ ganho em modo comum nulo	⊗ corrente de bias baixo	⊗ impedância
⊗ tensão de offset nulo	⊗ responde a tensões de modo diferencial	⊗ da saída
⊗ corrente de offset nulo	⊗ ignora tensões no modo comum	

ⓐ AMPLIFICADOR INVERSOR

O amplificador inversor é mais amplamente utilizado por ter melhor estabilidade em frequência.



Utilizando sobreposição:

ⓐ Considerando unicamente a fonte de tensão V_L , calcular V_{iL} ($-A_v \cdot V_i = 0$)

$$V_{iL} = \frac{R_f}{R_1 + R_f} V_L$$

ⓑ Considerando unicamente a fonte de tensão $-A_v \cdot V_i$, calcular V_{i2} ($V_L = 0$)

$$V_{i2} = \frac{R_1}{R_1 + R_f} (-A_v \cdot V_i)$$

$$V_i = V_{iL} + V_{i2} = \frac{R_f}{R_1 + R_f} V_L + \frac{R_1}{R_1 + R_f} (-A_v \cdot V_i)$$

$$V_i \left(1 + \frac{A_v R_1}{R_1 + R_f} \right) = \frac{R_f}{R_1 + R_f} V_L$$

$$V_i \left(\frac{R_1 + R_f + A_v R_1}{R_1 + R_f} \right) = \frac{R_f}{R_1 + R_f} V_1$$

$$V_i = \frac{R_f}{R_1 + R_f + A_v R_1} V_1 = \frac{R_f}{R_f + (1 + A_v) R_1} \cdot V_1$$

na maioria dos casos $A_v \gg 1$ e $A_v R_1 \gg R_f$, então:

$$V_i = \frac{R_f}{A_v R_1} \cdot V_1$$

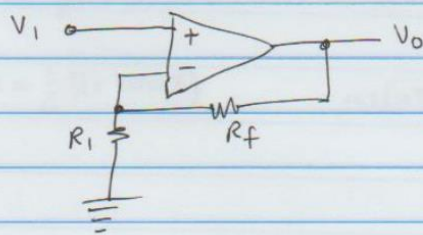
Calculando $\frac{V_o}{V_i}$, e considerando a relação anterior, tem-se:

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{-A_v V_i}{V_i} = \frac{-A_v}{V_i} \left(\frac{R_f V_1}{A_v R_1} \right) = - \frac{R_f}{R_1} \frac{V_1}{V_i}$$

$$\boxed{\frac{V_o}{V_1} = - \frac{R_f}{R_1} \neq}$$

② AMPLIFICADOR NÃO INVERSOR

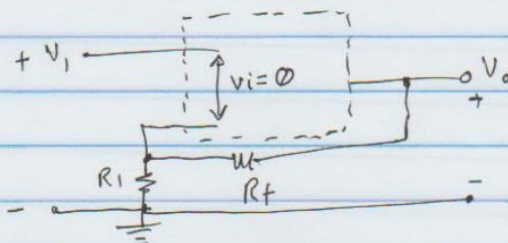
tem-se o circuito do amplificador não inversor.



② divisão de tensão

$$V_i = V_o \frac{R_1}{R_1 + R_f}$$

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



Questão 4: (2,5 pontos) **Amplificadores de Potência**

Sobre os Amplificadores de Potência com operação em classe A, B, AB e classe C, responder os seguintes questionamentos:

- Definir cada um desses tipos de operação de amplificador.
- Definir os parâmetros característicos dos 4 tipos de amplificador.
- Com os parâmetros obtidos no item (b), realizar uma tabela comparativa dos 4 amplificadores operacionais.
- Finalmente descrever as áreas de aplicação de cada um dos 4 amplificadores .

Resolução Q4:

- a) Um amplificador de potencia é simplesmente um amplificador com estágio de saída de alta potencia. Neste contexto, “alta potencia” significa geralmente acima de 1 watt.
- O estágio de saída classe A, utiliza uma configuração de seguidor de emissor. O transistor funciona na região ativa o tempo todo. O ponto Q de operação do transistor é situado próximo da metade da reta da carga. O sinal de saída varia por um ciclo completo de 360° do sinal de entrada.
 - O estágio de saída classe B, consiste em um par complementar de transistores (NPN e PNP) conectados de tal modo que nunca entrem em condução simultaneamente. A corrente no coletor circula por apenas metade do ciclo, com isto, cada transistor fornece um sinal de saída que varia 180° do sinal (metade do ciclo de entrada). O ponto Q de operação do transistor é situado no corte.
 - O estágio de saída classe AB utiliza polarização dos transistores complementares para eliminar a distorção de cruzamento dos amplificadores classe B. Na operação classe AB, a excursão do sinal ocorre entre 180° e 360° .
 - O estágio de saída classe C é polarizado para uma operação em menos de 180° do ciclo e opera apenas com um circuito sintonizado ressonante que fornece um ciclo completo de operação para a frequência de ressonância.
- b) Podem ser caracterizados pelo:
- Ciclo de operação: parte do período de excursão do sinal.
 - Eficiência: Potencia na carga dividida pela potencia na entrada.
 - Ponto Q de operação: Ponto de polarização do transistor
 - Distorção: Normalmente medido pela relação entre as harmônicas e a fundamental.

c)

Função	Classe A	Classe AB	Classe B	Classe C
Ciclo de Operação	360°	180° a 360°	180°	$< 180^\circ$
Eficiência em Potência	25% a 50%	25% a 78,5%	78,5%	Não é usado para transferir grandes quantidades de potência

Ponto Q	O transistor opera sempre na região ativa	O transistor conduz um pouco mais que um semiciclo na região ativa	O transistor opera metade do ciclo na região ativa	Não se aplica
Distorção	Muito baixa	Baixa	Média	Não se aplica

d) Áreas de aplicação:

Amplificador classe A: pre-amplificadores de microfones de estúdio profissional.

Amplificador classe B: Amplificadores de áudio para radio, TV, etc.

Amplificador classe AB: Amplificadores de áudio para radio, TV, etc.

Amplificador classe C: Amplificadores de Potencia de circuitos de radiofrequência.