

Bancada: _____

Data: _____

Hora de início: _____

Nome	n. USP	Turma	Nota: Prova

PARTE B PRÁTICA

Traga a Parte B para a aula **impressa em papel**.

Nota: Relatório

- **Exercícios:** faça-os com antecedência antes da aula.
- **Anotações:** devem ser feitas durante a aula.
- : passos das atividades – para não se perder, **marque** depois de completá-las.
- Ligue o computador e os **dois monitores**.
- A unidade de disco **S:** permite acessar arquivos do servidor `\\ts02-00`. Copie do servidor a pasta abaixo e o seu conteúdo. Ajude-nos a manter o computador organizado: coloque os arquivos no lugar correto.
Pasta de origem: **S:\PMR3333\Exp4**
Destino: **D:\Public\PMR3333\Turma T**, onde *T* é o número da turma (1, 2, 3 ou 4)
SOBREESCREVA caso já existam para ter a versão mais recente.
- Abra arquivo **3333_Exp4_Roteiro.pdf**. Ele contém um roteiro resumido, com dicas e avisos importantes. Leia atentamente as instruções a seguir e veja o roteiro da atividade antes de montar ou testar o circuito.

Atividade 1 Ganho de Corrente

Vamos usar o circuito emissor comum da Figura 4.9 (parte A) para medir o ganho de corrente do transistor.

Exercício 1 a) Desenhe o diagrama do circuito, indicando as correntes e tensões I_C , I_B , V_{BE} e V_{CE} . Junto do transistor, anote seu código comercial. Anote os valores nominais junto dos resistores e da tensão de alimentação V_{CC} . b) Represente as saídas da fonte de alimentação e a conexão entre elas. c) Escreva o código de cores dos resistores.

Exercício 2 a) Anote os parâmetros adotados para o transistor: tensão V_{BE} de saturação, tensão V_{CE} de saturação e ganho de corrente. b) Determine a corrente I_C e tensão V_{BB} para que o transistor opere com $V_{CE} = 8$ V.

 I_C : _____ V_{BB} : _____

Exercício 3 Veja no *datasheet* do transistor 2N2222 os parâmetros a seguir. Considere a condição mais próxima aos valores nominais de I_C e V_{CE} desta atividade. Transcreva o valor mínimo, típico (Típ.) e máximo, as unidades, e as condições em que são válidos. Nos casos em que forem fornecidos apenas o mínimo e o máximo, anote o valor médio como típico. **NOTA:** o valor máximo de h_{FE} que é dado no *datasheet* é válido em todas as condições de teste.

	mín	Típ.	Máx	Unid.	Condições
V_{CE} de saturação (V_{CEsat})					
V_{BE} de saturação (V_{BEsat})					
Ganho de corrente (β, h_{FE})					

Anotação 1a Meça os resistores com o multímetro **antes de montar** o circuito e anote os valores.

R_B : _____ R_C : _____

- Monte o circuito no *protoboard*, inclusive os cabinhos de conexão com os bornes. Veja o **roteiro**.
- Configure a fonte de tensão para fornecer duas tensões positivas (V_{BB} e V_{CC}). Veja o **roteiro**. Interligue os bornes negativos (pretos) das duas saídas variáveis da fonte de alimentação. O negativo (comum) também será a referência de tensão (terra) do circuito.
- Ajuste as saídas da fonte ANTES de conectá-las ao circuito: $V_{BB} = 0$ V e $V_{CC} = 12$ V. Desligue a fonte.
- Conecte a fonte aos bornes da placa com cabos banana-banana DE CORES DIFERENTES: **preto** para 0 V, **vermelho** para V_{CC} uma **outra cor** para V_{BB} .
- Ligue a fonte e observe a tensão V_{CE} do transistor com o multímetro. Deve começar próximo a 12 V. Aumente V_{BB} **aos poucos**, fazendo V_{CE} cair até o primeiro valor da tabela a seguir (Anotação 1b).
- Meça a tensão V_{BE} do transistor e as tensões V_{RC} e V_{RB} sobre os resistores R_C e R_B .
- Repita para os demais valores da tabela. **CUIDADO: não deixe V_{BB} ultrapassar 12 V!**

Anotação 1b Anote as tensões medidas na tabela. Com V_{RC} e o valor medido R_C , calcule a corrente I_C (V_{RC}/R_C é claro). Repita com V_{RB} e R_B para calcular a corrente I_B . Calcule o ganho de corrente $\beta = I_C/I_B$.

V_{CE} (V)	V_{BB} (V)	V_{BE} (V)	V_{RC} (V)	V_{RB} (V)	I_C (mA)	I_B (mA)	β (A/A)
10,0							
8,0							
4,0							

- Passe para o professor o menor e o maior ganho encontrados para serem tabulados na lousa.

Anotação 1c Compare os valores do ponto quiescente (I_{CQ}, V_{CEQ}) e do ganho β previstos no pré-relatório e compare com os valores medidos para $V_{CE} = 8$ V. **Comente.**

Anotação 1d Dentre os β máximos lançados na lousa, anote o menor: _____ e o maior: _____. **RESPONDA:** por que o circuito emissor comum não é indicado para polarizar o transistor na região linear?

Anotação 1e Mostre as anotações e conclusões para o professor. Anote a hora: _____.

Visto:

Atividade 2 Corte e Saturação

Vamos montar o circuito acionador de led mostrado na Figura 4.11.

Exercício 4 a) Desenhe o diagrama do circuito, indicando as correntes e tensões I_B , I_D , V_{BE} e V_{CE} . Junto do transistor, anote seu código comercial. Anote os valores nominais junto dos resistores e da tensão de alimentação V_{CC} . b) Escreva o código de cores dos resistores.

Exercício 5 Determine: a) para $V_{BB} = 0$ V, a tensão V_{CE} e as correntes I_D e I_B ; b) para $V_{BB} = 5$ V, a tensão V_{CE} e as correntes I_D e I_B , o fator k de saturação forçada (I_C/I_B); c) a tensão V_{BBlim} que leva o transistor ao limiar de saturação.

a) ($V_{BB}=0$ V) V_{CE} : _____; I_B : _____; I_C : _____.

b) ($V_{BB}=5$ V) V_{CE} : _____; I_B : _____; I_C : _____; k : _____

c) V_{BBlim} : _____

Anotação 2a Meça os resistores com o multímetro **antes de montar** o circuito e anote os valores.

R_1 : _____ R_2 : _____

- Monte o circuito para acionar o led. Veja o **roteiro**. **Desligue** a fonte antes de mexer no circuito!
- Ligue a fonte e ajuste $V_{BB} = 5$ V (o led deve acender). Meça as tensões indicadas na tabela a seguir com o multímetro e preencha a tabela a seguir. Repita para $V_{BB} = 0$ V.
- Com V_{R1} e o valor medido R_1 , calcule a corrente I_C . Repita com V_{R2} e R_2 para calcular a corrente I_B . Calcule a relação I_C/I_B (em saturação ou corte, esta não reflete o ganho de corrente do transistor).

Anotação 2b Preencha a tabela com as tensões medidas e as correntes calculadas.

	V_{BB}	V_{CE} (V)	V_D (V)	V_{R1} (V)	V_{BE} (V)	V_{R2} (V)	I_C (mA)	I_B (mA)	I_C/I_B
Saturação	5 V	V_{CEsat} :					I_{Csat} :		
Corte	0 V								

REPARE: em corte, a corrente I_C é praticamente nula, mas a tensão V_{CE} do transistor *não é* igual a V_{CC} . A corrente I_C (ou mesmo a corrente drenada pelo multímetro), apesar de ser muito baixa, é suficiente para fazer o led se polarizar com V_F , mas sem acender.

Anotação 2c Compare os valores de V_D e V_{BE} na saturação com os previstos (V_F e V_{BESat}) e comente.

Anotação 2d Compare os valores de V_{CEsat} e I_{Csat} na saturação com os previstos no exercício e comente.

Anotação 2e Mostre o circuito funcionando para o professor. Anote a hora: _____.

Visto:

Atividade 3 Polarização de Emissor

Vamos testar inicialmente o circuito de polarização de emissor, indicado na Figura 4.12 (parte A).

Exercício 6 a) Desenhe o diagrama do circuito (omite C1, C2 e R3), indicando as correntes e tensões $I_1, I_2, I_B, I_C, I_E, V_B, V_E$ e V_{CE} . Junto do transistor, anote seu código comercial e o número dos pinos. Anote os valores nominais junto dos resistores e da tensão de alimentação V_{CC} . b) Escreva o código de cores dos resistores.

Desmonte o circuito anterior (mantenha apenas as conexões de alimentação). Separe os componentes para montar o circuito de polarização de emissor.

Anotação 3a Antes de montar o circuito, meça os resistores

R_1 : _____ R_2 : _____ R_C : _____ R_E : _____

Exercício 7 Determine o ponto quiescente de operação do transistor de forma aproximada (considere que o ganho de corrente seja infinito). a) As tensões V_B e V_E . b) As correntes I_E e I_C . c) A tensão coletor-emissor V_{CE} . d) A corrente I_B e verifique se I_B realmente pode ser desprezada (abaixo de 5% de I_1 ou I_2).

a) V_B : _____ V_E : _____ b) I_E : _____ I_C : _____
 c) V_{CE} : _____ d) I_B : _____ (I_B/I_1 : _____)

- Monte o circuito. Veja o **roteiro**.
- Alimente V_{CC} com uma das saídas variáveis da fonte de tensão - a outra não será usada.
- Meça com o multímetro as tensões V_B e V_E (com relação a 0 V!) e a tensão V_{CE} (entre C e E!).

Anotação 3b Anote as tensões: V_B : _____ V_E : _____ V_{CE} : _____
 Compare com as previstas no exercício e **comente**.

- Meça a tensão V_{RC} sobre o resistor R_C .

Anotação 3c Anote a tensão: V_{RC} : _____.
 Com a resistência medida R_C calcule as correntes I_C . Com a tensão V_E e o resistor R_E medidos, calcule I_E .
 Compare com as previstas no exercício e **comente** (note que I_C e I_E devem ser próximos).

I_C : _____ I_E : _____

Visto:

Anotação 3d Mostre o circuito funcionando para o professor. Anote a hora: _____.

Atividade 4 Ajuste do Osciloscópio e do Gerador de Funções

- Verifique a calibração das pontas de prova do osciloscópio. Veja o **roteiro**.

• Ajuste Inicial do Osciloscópio

- Ativação e seleção de canais:** botão “1” e botão “2”.
- Atenuação 10x para as duas pontas:** selecione o canal; o menu “Probe” deve mostrar “10X Voltage” – caso contrário, selecione o menu “Probe” e em seguida o menu “Attenuation” até ajustar em “10X”.
- Acoplamento DC nos dois canais:** selecione o canal e ajuste o menu “Coupling” para “DC”.
- Limite de banda nos dois canais:** selecione o canal e ajuste o menu “BW Limit” para “On 20MHz”.
- Configurações de Trigger:** aperte o botão “Trig Menu” e faça os seguintes ajustes
 - **Source:** CH1 – compara o sinal no canal 1 com o nível ajustado de *trigger* para gerar os disparos
 - **Type:** Edge – faz com que o instante de *trigger* seja uma das bordas do sinal *Source*
 - **Slope:** Rising – gera os disparos nas bordas de subida do sinal *Source*
 - **Mode:** Auto – gera disparos automaticamente caso o sinal *Source* não atinja o nível de *trigger*.
 - **Coupling:** DC – mantém o nível DC do sinal *Source* ao compará-lo com o nível ajustado de *trigger*.

• Ajuste Inicial do Gerador de Funções

ATENÇÃO: a tela do gerador mostra apenas uma *ilustração* da forma de onda .

O sinal efetivamente gerado deve ser **observado no osciloscópio!**

- Ligue o gerador e ajuste: sinal **senoidal**; frequência **10 kHz**, excursão **-0,2 V a 0,2 V** (veja o **roteiro**).
- Conecte o cabo BNC com duas minipinças (uma vermelha e outra preta) à saída “Output”.
- Conecte a pinça positiva (vermelha) na ponta do canal 1, e a pinça negativa (preta) na garra de terra.
- Ajuste o canal 1 do osciloscópio para visualizar bem o sinal: pelo menos **dois períodos** na horizontal e amplitude do sinal com **máxima excursão visível** na vertical.
Se o sinal não aparecer **ESTÁTICO** na tela, é necessário ajustar o nível de *trigger*.
- Função Average:** Caso o sinal esteja muito ruidoso, use o modo “Average” com média de 4 ou mais varreduras: botão “Acquire”, menu “Average” (sem s), e selecione o número de varreduras no menu “Averages” (com s...). Isso melhora a relação sinal/ruído, mas deixa o osciloscópio mais lento.

Anotação 4a Em caso de dúvida, peça para o professor conferir a forma de onda. Anote a hora:_____.

Atividade 5 Amplificador Classe A

Vamos completar a montagem e teste do amplificador classe A da Figura 4.12 (parte A).

Exercício 8 a) Desenhe o diagrama do circuito completo. Junto do transistor, anote seu código comercial. Anote os valores nominais junto dos resistores e da tensão de alimentação V_{CC} . b) Escreva o código de três dígitos do capacitor C1 (revise a apost. C07, se necessário) e o código de cores do resistor R3.

Exercício 9 Calcule o ganho de tensão g . Adote a temperatura igual a 25 °C para calcular a tensão V_T e r_{TR} .

- Complete o circuito do amplificador classe A, inserindo os capacitores C1, C2 e o resistor R3.
ATENÇÃO: não ligue o capacitor com a **polaridade invertida!** Veja o **roteiro**.
- Conecte o gerador de funções à entrada V_{in} do amplificador e observe no canal 1 do osciloscópio. Observe a saída V_{out} no canal 2. O canal 2 deve ser deixado em **acoplamento DC** para que você possa ver o sinal excursionando em torno da tensão V_{CC} do ponto quiescente.

NOTE: os sinais estão defasados de aproximadamente 180° (saída invertida com relação à entrada).

- Meça com o osciloscópio a amplitude A_{out} (pico a pico) do sinal de saída nas frequências indicadas na tabela. Em cada frequência, reajuste a amplitude de entrada A_{in} em 0,4 V pico a pico (Vpp).

Anotação 5a Preencha a tabela e **compare** o ganho g com o que foi previsto no pré-relatório.

f (kHz)	A_{in} (Vpp)	A_{out} (Vpp)	g (V/V)
5,0			
10,0			
100,0			

EXPERIMENTE: aumente a amplitude de V_{in} até causar a saturação de V_{out} . Verifique que a saída satura em V_{CC} (em cima) e em V_{EQ} (em baixo).

Visto:

Anotação 5b Mostre o circuito funcionando para o professor. Anote a hora: _____.

Atividade 6 Finalização

Deixe a bancada limpa e em ordem. Falhas nesse procedimento serão penalizadas.

- Remova os cabinhos e os componentes do *protoboard* **com cuidado**.
- Check list:* **VERIFIQUE** e **MARQUE** cada um dos itens abaixo.
 - Componentes** Guarde os componentes **no espaços “Exp. 4”** da caixa. Estão todos lá?
 - Cabinhos** Guarde todos os cabinhos na caixa. Há algum esquecido na mesa ou caído no chão?
 - Cabos (exceto pontas do osciloscópio)** Organizados no porta-cabos na lateral da bancada.
 - Placa de *protoboard*** Deixe-a no tampo superior da bancada. Ela está em ordem?
 - Equipamentos** Verifique se estão todos desligados, incluindo o **computador** e os **dois monitores**.
 - Osciloscópio** Desligue e ajeite as pontas de prova debaixo dele (**não desconecte as pontas!**).
 - Não deixe os monitores em *stand-by***. Desligue-os apertando o botão liga/desliga.
 - Multímetro** Deixe-o, **DESLIGADO** e com as pontas de prova arrumadas, sobre a **mesa da bancada** (parte de baixo), para podermos conferir facilmente.
 - Defeitos** Se encontrou algum defeito, preencha a Comunicação de Defeito e liste:

 - Perdidos** Confira se há cabinhos, componentes, *etc.* no chão ou esquecidos sobre a bancada.
 - Limpeza** Limpe a bancada.