

PARTE B PRÁTICA

Arguição: _____

Relatório: _____

- **Exercícios:** podem ser feitos durante a aula, mas recomenda-se que sejam feitos COM ANTECEDÊNCIA.
- **Anotações:** devem ser feitas DURANTE A AULA.
- □ : passos das atividades – para não se perder, MARQUE-AS depois que completá-las

Nome: _____ n. USP: _____ Turma: _____

Colega de equipe (Nome / n. USP): _____

Bancada: _____ Data: _____ Hora de início: _____

Atividade 1 Inicialização do computador e configuração do osciloscópio

- Ligue o computador e os DOIS MONITORES.

Anotação 1a Preencha o cabeçalho do relatório.

- A unidade de disco **S:** permite acessar arquivos do servidor \\ts02-00. Copie do servidor a pasta abaixo e o seu conteúdo. Por favor, ajude-nos a manter o computador organizado: coloque os arquivos no lugar correto.

Pasta: **S:\PMR3333\Exp1**

Destino: **D:\Public\PMR3333\Turma T**, onde *T* é o número da turma (1, 2, 3, 4 ou 5)

SOBREESCREVA caso já existam

- Para fazer a experiência, abra e siga com atenção o arquivo **3333_E1_Roteiro.pdf** contido na pasta copiada

Calibração das pontas de prova

Antes de usar um osciloscópio, devemos sempre **calibrar** as pontas de prova. A indutância e capacitância do cabo das pontas formam um circuito ressonante que pode afetar o sinal medido.

- Ligue o osciloscópio e conecte as pontas dos canais 1 e 2 no terminal de calibração (“*Probe Comp*”) e a garra de referência (terra) da ponta do canal 1 no terminal inferior (GND).
- Aperte o botão “**Auto Set**” do osciloscópio

Você verá duas ondas quadradas de 5 V e 1 kHz. Se a ponta não estiver bem calibrada, ao contrário da borda do sinal, você verá um canto arredondado ou um sobressinal, como mostra a Figura 1.17. Para se calibrar uma ponta, ajusta-se o capacitor de compensação por um pequeno parafuso. **O parafuso é frágil!** NÃO MEXA sem chamar o professor. Havendo pouca distorção, não se preocupe – não precisaremos de alta precisão.

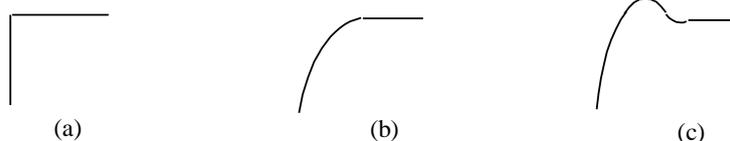


Figura 1.17 Bordas da onda quadrada (a) podem parecer amortecidas (b) ou com sobressinal (c), devido ao uso de pontas de prova descalibradas.

Ajuste inicial do osciloscópio

- 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”.
- 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*.

ATENÇÃO: a partir de agora, **NÃO aperte mais o botão AUTO SET!** Caso contrário, essas configurações se perderão e terão que ser refeitas.

Atividade 2 Tensão do secundário do transformador

Vamos medir a tensão de uma das metades do enrolamentos do secundário do transformador (veja a Figura 1.18).

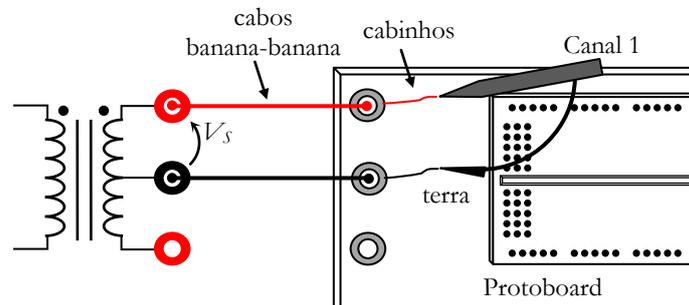


Figura 1.18 Conexão do trafo ao *protoboard*.

Exercício 1 Na Figura 1.5, o transformador tem o primário alimentado com tensão senoidal de 127 V **eficazes** e frequência 60 Hz e a relação de transformação ($N_1:N_2$) é de 8:1. Determine os seguintes parâmetros da tensão V_s do secundário: a) período T (em ms); b) valor eficaz (V_{ef}); c) o valor de pico (V_p) (lembre-se do “raiz de 2”!).

a) $T =$

b) $V_{ef} =$

c) $V_p =$

- Conecte as saídas do transformador aos bornes da placa de *protoboard* com cabos *banana-banana*.
- Conecte a ponta de prova nos bornes do *protoboard* por meio de cabinhos rígidos de CORES DIFERENTES: preto para o terminal de terra, vermelho para o outro.
- Conecte o plugue do transformador a uma tomada da bancada e ligue a chave do transformador.
- Observe a forma de onda da tensão V_s do secundário no canal 1 do osciloscópio. Deixe o canal 2 desligado.

Anotação 2a Para entender como o *trigger* funciona: aumente o nível de *trigger* aos poucos. O que acontece com o sinal mostrado na tela conforme se aumenta o nível de *trigger*? (Repare o indicador de disparo (“↓”) aponta sempre para um ponto do sinal com nível igual ao do *trigger*.)

Anotação 2b Aumente o nível de *trigger* até ficar ACIMA do sinal. O que se vê na tela? Por que isso acontece?

Vamos medir o período e a amplitude do sinal graficamente na tela do osciloscópio. Para melhorar a precisão das medidas, amplie bem o sinal.

- Ajuste as escalas horizontal e vertical para que um período completo da onda ocupe quase toda a tela.

Anotação 2c Meça o período **em divisões** da tela, anote a escala horizontal (ms/div) e calcule o período T (em ms). Para medir V_p com precisão: meça a amplitude pico a pico **em divisões**, anote a escala vertical (V/div) e calcule a amplitude (V_{pp}). Divida por 2 para ter a tensão de pico V_p .

Escala horizontal: _____

Escala vertical: _____

T (em div): _____ / (em ms): _____

V_{PP} (em div): _____ / (em V): _____

V_p (em V): _____

Anotação 2d Desligue o trafo. Anote o horário de término desta atividade: _____

Atividade 3 Retificador de meia onda

Vamos montar o retificador de meia onda da Figura 1.19. Como alimentação V_S , use os 16 V eficazes fornecidos por uma das metades do secundário do transformador.

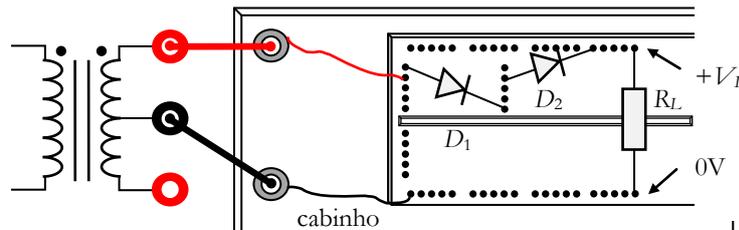


Figura 1.19 Montagem do retificador de meia onda

Usaremos diodos 1N4007, que são os que temos no laboratório. Repare que há **DOIS** diodos em série. Na prática, isso não é comum, mas faremos isso para ver melhor a tensão de limiar V_{D0} , que neste circuito é muito baixa com relação à tensão de pico da alimentação.

Use como carga R_L um resistor de **3,3 k Ω** , 5% de precisão (código de cores: laranja, laranja, vermelho, ouro) e 1/8 W de potência.

Exercício 2 Os diodos são de silício – considere $V_{D0} = 0,7$ V em cada um, e resistência de corpo desprezível. Determine os seguintes valores esperados nesta atividade: a) tensão de pico na carga (V_{pL}); b) ângulo de disparo α e o correspondente tempo t_α (em ms); c) ângulo de condução β e o correspondente tempo t_β (em ms). Lembre-se: usaremos DOIS diodos; $\alpha = \omega t_\alpha$ e $\beta = \omega t_\beta$.

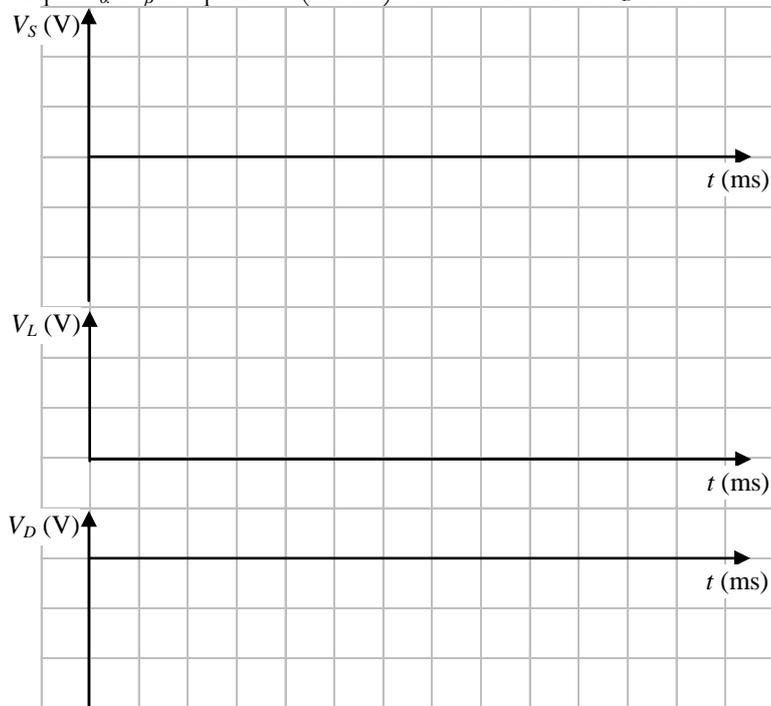
a) $V_{pL} =$ _____ b) $\alpha =$ _____ ; $t_\alpha =$ _____ c) $\beta =$ _____ ; $t_\beta =$ _____

- Monte o circuito no *protoboard* e ligue o trafo. Observe os sinais V_S e V_L no osciloscópio: V_S no canal 1 e V_L no canal 2. Como precisaremos medir o mínimo e o máximo de V_L , o canal 2 deve estar em **modo DC**
- No canal 1, note como o retificador distorce a forma de onda de V_S . Amplie para que o sinal ocupe o máximo possível da excursão vertical e se possa ver pelo menos 1 período na tela.
- No canal 2 observe a tensão V_L na mesma escala vertical do canal 1. Alinhe o nível de referência dos dois canais verticalmente na linha central da tela. Verifique se V_L se resume a semiciclos POSITIVOS de tensão. **ATENÇÃO:** se o canal 2 mostrar semiciclos NEGATIVOS, é porque você montou os diodos INVERTIDOS!
- Determine a tensão de pico V_{pS} do secundário. Para melhor precisão, meça a amplitude pico a pico V_{ppS} , ampliando bem na vertical, e depois divida por 2.
- Da tensão V_L sobre a carga, meça a tensão de pico (V_{pL}) e a tensão mínima: amplie e verifique se o mínimo é zero, como esperado.

Anotação 3a Anote a amplitude V_{ppS} e calcule a tensão de pico do secundário V_{pS} . Anote a tensão de pico V_{pL} sobre a carga. Calcule a tensão de limiar $2V_{D0}$ sobre os dois diodos pela diferença entre as tensões de pico, e divida para ter o valor médio de V_{D0} . **COMPARE** com o previsto no pré-relatório e **COMENTE**.

- Devido à distorção do sinal e por ser pequeno, o tempo de disparo t_α é difícil de se medir diretamente. Por isso, meça o tempo que a saída V_L permanece em 0 entre dois semiciclos. Isso corresponde ao ângulo elétrico $2\alpha + \pi$ (veja a Figura 1.5). Ou, em intervalo de tempo, a $2t_\alpha + T/2$.

Anotação 3b Meça e anote o tempo de condução dos diodos t_β (em ms). Meça e anote o tempo entre dois semiciclos $2t_\alpha + T/2$ e determine o tempo de disparo t_α (em ms). **COMPARE** com o previsto no pré-relatório e **COMENTE**. Desenhe um **ESBOÇO** de 2 períodos dos sinais V_S e de V_L de forma sincronizada (não é necessário copiar todos os detalhes, mas atente para a distorção harmônica de V_S). Indique as tensões mínimas e máximas, os tempos t_α e t_β e o período (em ms). O terceiro sinal V_D será desenhado depois.



Anotação 3c Anote a hora atual _____. Mostre o circuito funcionando e suas conclusões para o professor.

Atividade 4 Tensão sobre o diodo retificador

Vamos usar uma função muito útil do osciloscópio: soma/subtração entre canais. Com ela, observaremos a forma de onda da tensão V_D sobre os diodos.

- Coloque os dois canais na mesma escala vertical (V/div) e ative a função “Ch1 – Ch2” (botão MATH). Para ajustar a escala do sinal (Ch1 – Ch2), selecione o menu “Escala Vertical” pressionando o botão ao lado deste (na lateral direita da tela) e gire o knob de ajuste (a direita do topo da tela). Para ajustar a posição vertical desse sinal, selecione o menu “Posição” e ajuste pelo knob.

Anotação 4a Anote as tensões máxima e mínima de V_D . **COMPARE** com o previsto no pré-relatório.

Anotação 4b Complete o gráfico da atividade anterior: esboce o sinal observado de forma sincronizada com os demais. Indique as tensões mínimas e máximas de VD.

Anotação 4c Anote a hora atual: _____. Mostre o circuito funcionando e suas conclusões para o professor.

Atividade 5 Filtro capacitivo no retificador de meia onda

No laboratório, dispomos de apenas alguns valores para capacitores eletrolíticos (economia...). No retificador de meia onda, usaremos um capacitor **C** de **22 μ F**, eletrolítico, com **tensão de isolamento** no mínimo de 30 V.

Exercício 3 Considere a aproximação por retas mostrada na **Figura 1.11.a**. Para que os valores calculados a seguir fiquem próximos dos medidos no laboratório, adote como corrente nominal de saída o valor de pico da corrente na carga (ou seja, $I_{mL} = V_{pL}/R_L$). Dados os valores dos componentes e tensões a serem usados nesta atividade, estime: a) período da ondulação T_r (ms) e o correspondente ângulo τ_r (rad); b) amplitude de ondulação V_r ; c) ângulo β e o correspondente tempo de condução t_β (lembre-se: $\beta = \omega t_\beta$); d) a corrente de surto $I_{Dmáx}$ do diodo. Por fim, consulte o *datasheet* dos diodos da série 1N4000 e verifique se os diodos que usaremos é capaz de suportar V_R (tensão de pico reversa – nesta caso, com capacitor C), I_{mL} (corrente média na carga, que é igual a nos diodos) e $I_{Dmáx}$ calculados

a) $T_r =$ _____ ; $\tau_r =$ _____ b) $V_r =$ _____ c) $\beta =$ _____ ; $t_\beta =$ _____ d) $I_{Dmáx} =$ _____

ATENÇÃO: NÃO LIGUE O CAPACITOR COM A POLARIDADE INVERTIDA! Coloque o multímetro **em modo DC** e verifique a polaridade da tensão sobre o resistor R_L com o multímetro **ANTES** de conectar o capacitor.

- Desligue o trafo e conecte o capacitor em paralelo com o resistor de carga R_L .
- Ligue o trafo. Observe a tensão V_s de entrada no canal 1 do osciloscópio.
- Observe a tensão V_L na carga no canal 2 (o canal 2 deve estar em DC). Amplie o canal 2 e meça com precisão os valores máximo e mínimo de V_L .
- Em seguida meça com precisão a amplitude da ondulação V_r . Como agora estamos interessados na amplitude pico a pico, passe o canal 2 para **modo AC**. Amplie na vertical e na horizontal para ver em detalhes um período de V_L .

Anotação 5a Meça as tensões mínima e máxima de V_L e a amplitude da ondulação V_r . **COMPARE** com os valores previstos no pré-relatório e **COMENTE**.

Vamos aproveitar para entender quando é melhor usar modo AC ou DC de um canal. No momento, o canal 2 está em modo AC – bom para se medir amplitudes pico a pico, como você acabou de fazer.

- Coloque o canal 2 em modo DC e veja o que acontece: como V_L tem nível médio considerável, o sinal mostrado na tela tende a subir e sair do campo visível.

- Para voltar a vê-lo, reduza a amplificação vertical. Ou seja, use uma escala Volts/div maior.

Conclusão: em modo DC, é possível medir os valores máximo e mínimo de um sinal, mas é mais difícil ver detalhes de oscilações (a chamada *componente AC*) em sinais que tenham nível médio alto (o chamado *nível DC*).

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

Atividade 6 Retificador de onda completa com ponte de diodos

Vamos montar o retificador em ponte com quatro diodos e alimentá-lo com 16 V eficazes (desligue o trafo antes!). Conecte na saída o resistor de 3,3 k Ω .

Sugestão de montagem: mantenha o secundário do trafo conectado aos bornes do painel. Monte a ponte fazendo a trilha horizontal inferior ser o terra e a trilha superior a tensão V_L de saída (veja a Figura 1.20).

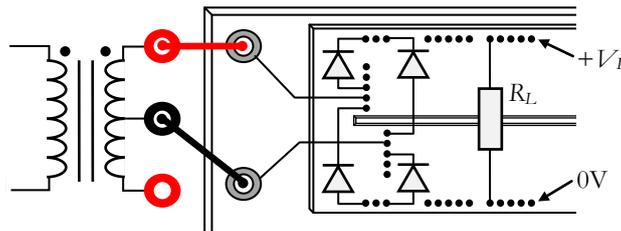


Figura 1.20 Sugestão de montagem do retificador com ponte de diodos

Exercício 4 Os diodos desta atividade são de silício – considere $V_{D0} = 0,7$ V e resistência de corpo desprezível. Determine os seguintes valores esperados nesta atividade: a) a tensão de pico na carga (V_{pL}); b) o período T da tensão na carga V_L .

a) $V_{pL} =$

b) $T =$

ATENÇÃO: Verifique a montagem da ponte antes de ligar o transformador

- Verifique a polaridade de TODOS os diodos
- NÃO CONECTE os terminais do secundário do transformador às trilhas horizontais de alimentação.
- NÃO CONECTE o terminal verde do transformador à trilha de 0 V

Complete a montagem e ligue o transformador.

- Observe a tensão de saída V_L sobre o resistor de carga R_L no canal 1 (o canal deve estar em **modo DC**).
- Neste circuito não podemos ver simultaneamente a tensão V_S de entrada no outro canal porque o terra do nosso osciloscópio é comum aos dois canais. Desligue o canal 2 e deixe a ponta dele desconectada do circuito.

Anotação 6a Meça na tensão sobre a carga V_L : o valor de pico V_{pL} e o período T . **COMPARE** com o previsto no pré-relatório e **COMENTE**.

Anotação 6b Anote a hora atual: _____. Mostre o circuito funcionando e suas conclusões para o professor.

Atividade 7 Filtro capacitivo no retificador em ponte

Neste circuito, acrescente o capacitor C de $22 \mu\text{F}$ em paralelo com o resistor R_L para filtrar a tensão retificada.

Exercício 5 Considere a aproximação por retas mostrada na **Figura 1.11.b**. Para que os valores calculados a seguir fiquem próximos dos medidos no laboratório, adote como corrente nominal de saída o valor de pico da corrente na carga (ou seja, $I_{mL} = V_{pL}/R_L$). Dados os valores dos componentes e tensões a serem usados nesta atividade, estime: a) o período da ondulação T_r ; b) a amplitude de ondulação V_r . LEMBRE-SE: neste caso o período de V_L é a metade do período de entrada, e portanto $\tau_r = \pi$.

a) $T_r =$

b) $V_r =$

ATENÇÃO: NÃO LIGUE O CAPACITOR COM A POLARIDADE INVERTIDA! Confirme a polaridade da tensão de saída com o multímetro em modo **DC** **ANTES** de conectar o capacitor.

- Desligue o trafo e conecte o capacitor escolhido em paralelo com a carga.
- Observe no canal 1 do osciloscópio a tensão V_L na carga. O canal deve estar em **modo DC**. Amplie e meça os valores máximo e mínimo de V_L .
- Meça a amplitude (pico a pico) da ondulação V_r . Passe o canal 1 para **modo AC**. Amplie na vertical e na horizontal para ver em detalhes um período de V_L .

Anotação 7a Meça na forma de onda de V_L as tensões mínimas e máximas, a amplitude (pico a pico) da ondulação V_r e o período da onda. **COMPARE** com os valores previstos no pré-relatório e **COMENTE**.

Anotação 7b Anote a hora atual: _____. Mostre o circuito funcionando e suas conclusões para o professor.

Atividade 8 Finalização

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

- Remova os componentes COM CUIDADO.
- Check list:* verifique cada um dos itens abaixo.
 - Componentes** Guarde os componentes **no espaços "EXP1"** da caixa. Estão todos lá?
 - Cabinhos** Guarde todos os cabinhos na caixa. Há algum esquecido na mesa ou caído no chão?
 - Placa de protoboard** Deixe-a sobre a caixa de componente. Ela está em ordem?
 - Equipamentos** Verifique se estão todos desligados.
 - Multímetro** Desligado e com os cabos das pontas de prova arrumados. Deixe-o no tampo inferior da bancada, para que possamos conferir facilmente se está desligado.
 - Empréstimos** Se usou alguma coisa de outra bancada, devolva e liste: _____
 - Defeitos** Se encontrou algum defeito, preencha a Comunicação de Defeito e liste:
- Limpeza** Limpe a bancada.
Entregue o pré-relatório e o relatório da experiência (Parte B da apostila).