

PROCOLOS
DAS
AULAS PRÁTICAS
DE
LABORATÓRIOS 1 - Física e circuitos

Conteúdo

P1 - Erro experimental.	3
P2 - Osciloscópio.	5
P3 - Divisor de tensão. Divisor de corrente.	13
P4 - Fonte de tensão. Resistência de saída.	14
P5 - Equivalente de Thévenin.	16
P6 - Indução electromagnética. O transformador.	17
P7 - Díodos.	19
P8 - Condensadores.	22
P9 - Circuitos RC e CR.	24
P10 - Fonte de tensão. Circuitos RLC. Rádio.	26

Laboratórios I - Física e circuitos

P1 - Erro experimental.

Objectivo

Avaliar os erros do aparelho e de medição. Executar uma análise estatística dos resultados experimentais obtidos. Calcular o valor da grandeza medida, assim como do erro experimental associado tendo em conta o número de algarismos significativos.

Material necessário

1 multímetro, 10 resistências de 1 K Ω , 1 máquina calculadora.

Procedimento experimental

Meça com o multímetro na função de ohmímetro, qual é a resistência eléctrica de cada uma das resistências. Escolha a escala mais sensível do aparelho de medição.

Avalie qual o erro do aparelho de medição na escala utilizada.

Cálculos

Junte aos seus resultados aqueles que foram obtidos por todos os grupos. Calcule:

- a média

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

- o desvio padrão

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

- o erro da medição

$$\mu = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$

Com base nos valores obtidos apresente o resultado final para a grandeza medida.

Análise gráfica

Construa um histograma a partir dos dados experimentais.

Avalie qual é a probabilidade de obter um novo valor de medição dentro do intervalo $[\bar{x}-\sigma, \bar{x}+\sigma]$.

Repita para os intervalos $[\bar{x}-2\sigma, \bar{x}+2\sigma]$ e $[\bar{x}-3\sigma, \bar{x}+3\sigma]$.

Compare com os resultados que esperava obter.



Laboratórios I - Física e circuitos

P2 - Osciloscópio.

Objectivo

Iniciação ao osciloscópio

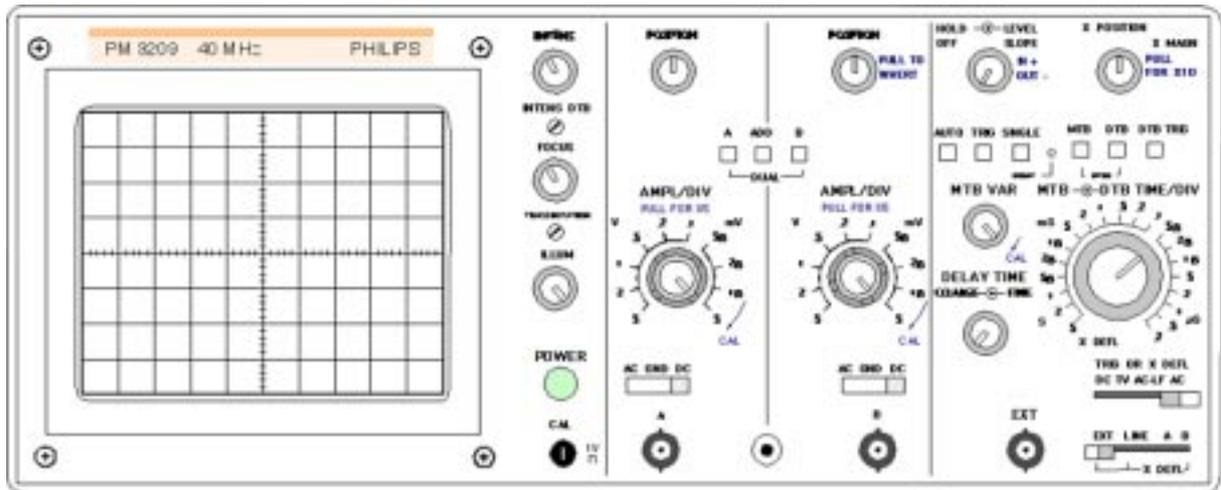
Material necessário

1 osciloscópio, 1 gerador de sinais, 1 fonte de tensão.

Procedimento experimental

Siga o procedimento para cada uma das alíneas. A alínea 3.1 deve ser feita com a supervisão do monitor.

Em cada página há uma imagem do osciloscópio que deve ser usada para anotar os controlos utilizados nessa parte.



1. Entradas

A - entrada BNC do canal A

B - entrada BNC do canal B

EXT - entrada para disparo com controlo externo

2. Saídas

ecran: - de 8 x 10 cm

- dividido em quadrados de 1 x 1 cm

- divisões menores nos eixos centrais da grelha de 0,2 cm

CAL - saída de sinal em onda quadrada com amplitude de 1 V

3. Controlos

3.1 Verificações iniciais

a - ligar a alimentação do osciloscópio (220 V - 50 Hz)

b - carregue no botão de POWER

c - rode todos os botões com a designação de CAL para o modo calibrado (CAL)

d - regule a tensão de entrada para 0 V para os canais A e B -> GND

e - regule o modo de disparo para AUTO

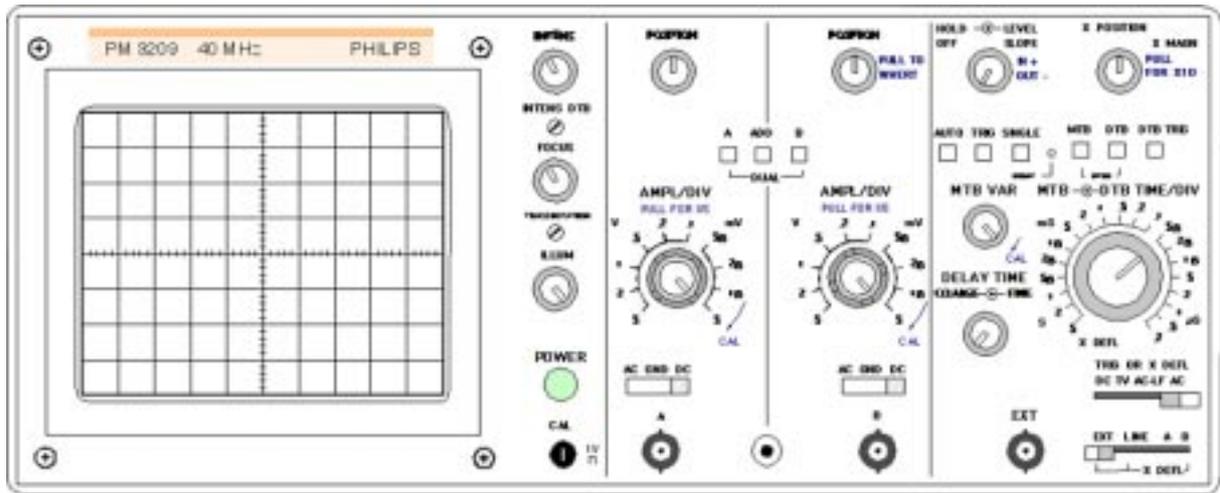
f - ajuste o parafuso de TRACE ROTATION até que a linha de varrimento fique paralela às linhas horizontais da grelha

g - ligue uma ponta de prova ao canal A

h - ligue a outra extremidade à saída CAL

i - seleccione o modo de entrada DC

j - verifique nas escalas apropriadas que a tensão medida coincide com a do sinal de calibração



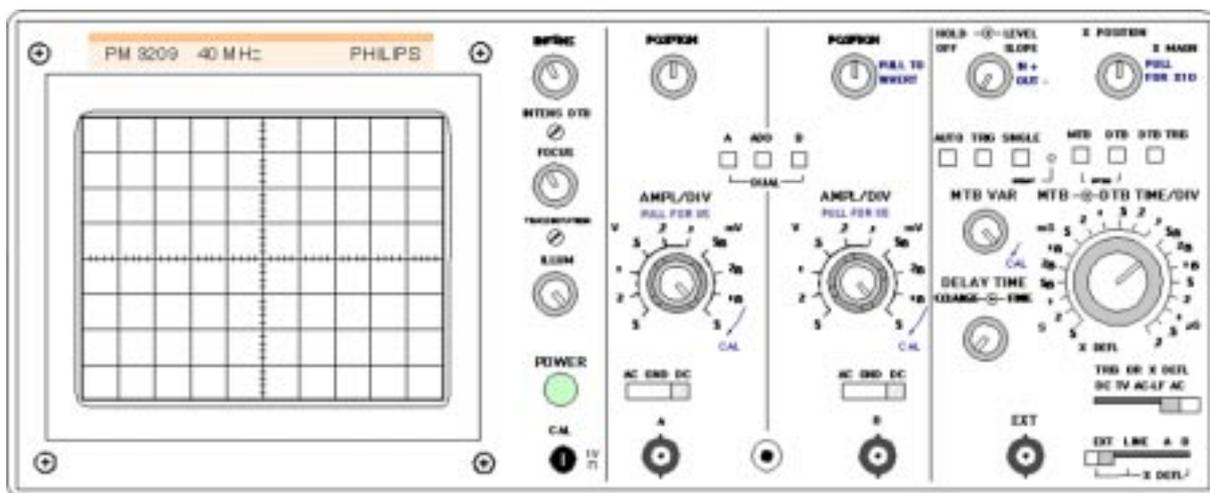
3.2 Controlos de ecran - teste cada um destes parâmetros e verifique a sua função:

INTENS - regula a intensidade luminosa do traço de varrimento no ecran

FOCUS - regula a convergência dos electrões incidentes sobre o ecran. Torna o traço de varrimento mais nítido

TRACE ROTATION - regula a direcção do traço de varrimento. Esta deve ser paralela às linhas horizontais da grelha.

ILLUM - permite iluminar a grelha do ecran. Deve ser usado para um ambiente escuro ou para fazer fotografias.



3.3 Controlo do desvio vertical: aplique ao canal A uma tensão constante à sua escolha e ao canal B outra tensão constante diferente. Para tal use as duas saídas da fonte de alimentação de que dispõe. Meça os valores das tensões aplicadas. Certifique-se que para uma tensão de 0 V à entrada mede 0 V no osciloscópio (ajuste do zero). Como pode fazer o ajuste do zero sem desligar a ponta de prova da fonte?

Teste cada um dos seguintes parâmetros (com excepção do DUAL que testará na próxima alínea):

AMP/DIV: - botão maior - selector do coeficiente de deflexão desde 5 mV/div a 5 V/div

- botão menor - recalibrador do coeficiente de deflexão. Quando se pretende usar a calibração de fábrica deve estar em CAL

- se o botão menor é puxado aumenta o coeficiente de deflexão por um factor de 5

POSITION - regula a posição segundo a vertical do traço de varrimento

AC GND DC - selector de ligação de entrada:

AC - neste modo toda a componente constante do sinal é bloqueada

DC - sinal de entrada está directamente ligado às placas de desvio

GND - entrada está ligada à terra

A ADD B - selector dos canais visíveis:

A - só o canal A é visível

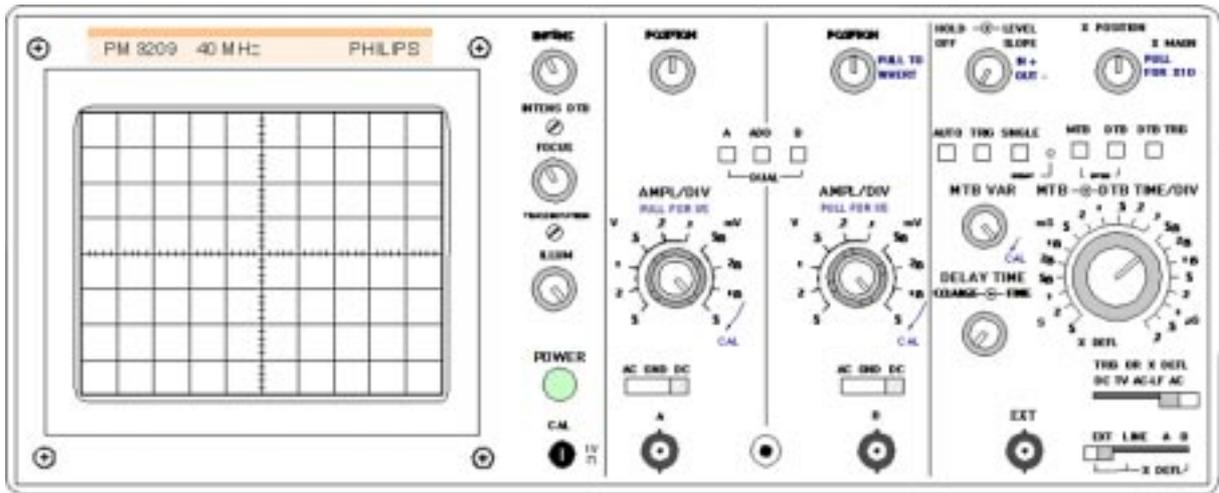
B - só o canal B é visível

DUAL - os canais A e B são ambos vistos no ecran

0,2 μ s/div - 0,5 ms/div - modo ALT

1 ms/div - 0,5 s/div - modo CHOP

ADD - apresenta A+B ou A-B



3.4 Controlo do desvio horizontal

MTB TIME/DIV - maior botão - selector do coeficiente de deflexão horizontal (velocidade de varrimento) da base de tempo principal
 0,2 μ s/div - 0,5 ms/div

MTB - botão que permite a utilização da base de tempo principal

X DEFL - com rotação completa do botão maior de MTB TIME/DIV passa para o modo X-Y

DTB TIME/DIV - menor botão - selector do coeficiente de deflexão horizontal (velocidade de varrimento) da base de tempo retardada
 0,2 μ s/div - 0,5 ms/div

serve para isolar e ampliar uma parte do sinal a observar

DTB - botão que permite a utilização da base de tempo retardada

MTB VAR - botão de recalibração da base de tempo principal.

DELAY TIME - selector da secção do sinal a observar no modo DTB

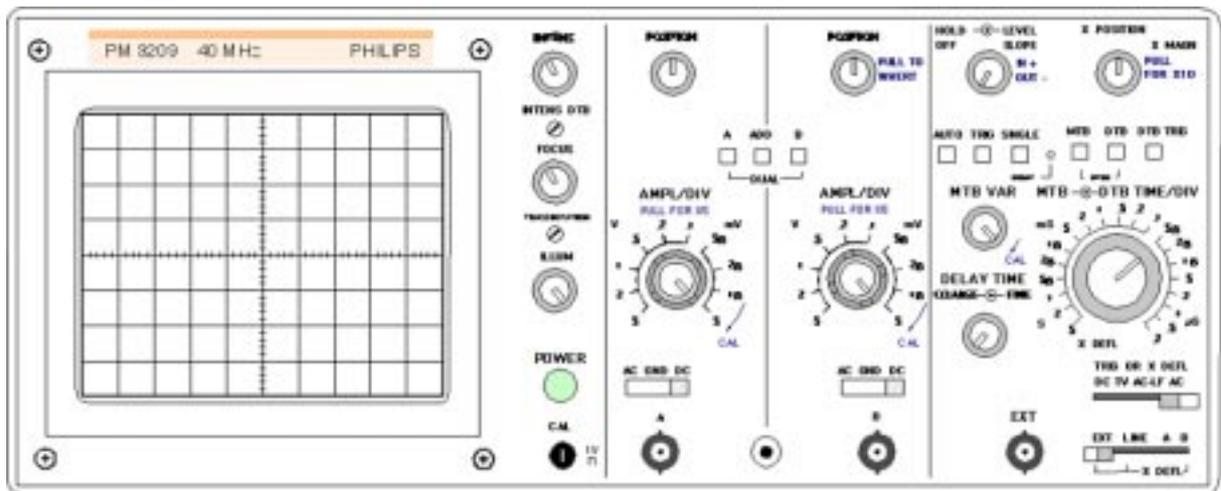
Ainda com o conjunto de ligações descrito na alínea anterior observe ambas as tensões simultaneamente no ecrã (use o DUAL). Verifique qual o modo de varrimento (ALT ou CHOP) do ecrã alterando o tempo de varrimento (com MTB TIME/DIV).

Experimente todos os tempos de varrimento possíveis.

Retire as ligações à fonte de tensão contínua. Ligue a saída de um gerador de sinais ao canal A. Meça qual a amplitude e frequência do sinal. Não se esqueça do erro associado. Repita para outros quatro conjuntos de amplitude e frequência.

Agora observe no osciloscópio um sinal com uma frequência de aproximadamente 10 KHz. Seleccione um tempo de varrimento de 0,1 ms/div na base de tempo principal. Coloque a base de tempo retardada em 10 μ s/div. Pressione o botão DTB; há uma parte do sinal que fica mais intensa. Use o botão DELAY TIME para posicionar na região pretendida.

Solte o botão MTB, passa a ver a região pretendida agora na nova escala 10 μ s/div. Use novamente o botão DELAY TIME para observar outras partes do sinal.



3.5 Sistema de disparo (Trigger)

AUTO - O varrimento é feito automaticamente e acontece mesmo quando o sinal não existe.

TRIG - O varrimento só acontece quando duas condições se verificam:

O nível de tensão é superior ao nível seleccionado e o declive de variação do potencial com o tempo tem um sinal que coincide com o seleccionado.

SINGLE - O varrimento faz-se uma única vez.

LEVEL - selector do nível de tensão em que se dá o disparo (início do varrimento).

SLOPE - selector do sinal do declive de variação do potencial com o tempo (só há dois sinais possíveis: + ou -).

SOURCE - selector da fonte de sinal que será usada para determinar se os critérios de disparo são válidos. Há 4 fontes possíveis:

A - o canal A

B - o canal B

EXT - um sinal externo introduzido na entrada "EXT"

LINE - o sinal da rede (220 V, 50 Hz)

No modo de disparo AUTO, ligue às entradas dos canais A e B dois sinais independentes (utilize dois geradores de sinal distintos). Observe ambos os sinais em simultâneo no écran. Veja o que acontece quando escolhe diferentes fontes de disparo (A, B, EXT ou LINE). Registe as formas das ondas (com as escalas). Explique o que observa.

Mude para o modo de disparo TRIG e verifique o que acontece no início do varrimento. Em que potencial é que se inicia o varrimento? Com que declive?

Altere a posição do botão LEVEL e explique o que observa. Puxe ou empurre esse botão e explique o que observa.

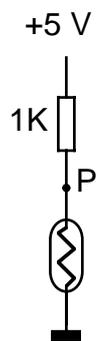
Retire os sinais das entradas A e B. Aplique um sinal sinusoidal num altifalante. Escolha uma frequência alta (por exemplo no limiar de audição). Ponha em série com a entrada do altifalante uma resistência de 100Ω para evitar queimá-lo. Como o canal A do osciloscópio verifique a forma do sinal.

Ligue o canal B a um microfone. Observe o sinal detectado pelo microfone e a sua variação com a distância à fonte sonora.

Desligue o gerador de sinais e passe o osciloscópio para o modo TRIG. Observe o que acontece quando produz sons impulsivos (por exemplo bater com uma moeda na bancada). Explique o que observou.

Tome uma fotoresistência e construa o seguinte circuito:

Com o osciloscópio meça o potencial no ponto P. Verifique como varia esse potencial com a intensidade luminosa. Passe um dedo de forma repetitiva em frente à fotoresistência. Qual é o modo de disparo ideal para observar a variação do potencial? Porquê? Faça uma estimativa da velocidade de passagem do seu dedo.



Laboratórios I - Física e circuitos

P3 - Divisor de tensão. Divisor de corrente.

Objectivo

Verificação experimental dos divisores de tensão e de corrente. Limitações dos circuitos e utilização destas para medir resistências internas de aparelhos de medida.

Material necessário

1 osciloscópio, 1 amperímetro, 1 fonte de tensão, resistências.

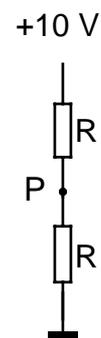
Procedimento experimental

1 - Construa o seguinte circuito:

Com um osciloscópio meça o potencial no ponto P para $R = 1\text{ K}\Omega$. Compare com o valor teórico esperado.

Substitua as resistências por outras de valor $10\text{ K}\Omega$. Meça o potencial em P novamente.

Repita para pares de resistências de $100\text{ K}\Omega$ e $1\text{ M}\Omega$. Interprete os resultados obtidos. Utilize estes resultados para medir a resistência interna do osciloscópio.

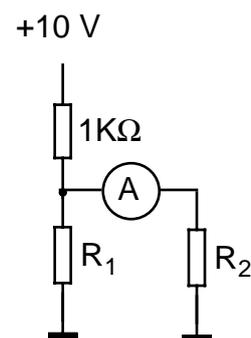


2 - Construa o seguinte circuito:

Para $R_1 = 10\text{ K}\Omega$ e $R_2 = 1\text{ K}\Omega$, meça a razão entre a corrente que passa na resistência R_2 e a corrente debitada pela fonte de tensão.

Compare com o valor teórico esperado.

Repita para $R_1 = 100\ \Omega$ e $R_2 = 10\ \Omega$. Que pode concluir acerca da resistência interna do amperímetro?



Laboratórios I - Física e circuitos

P4 - Fonte de tensão. Resistência de saída.

Objectivo

Verificação experimental das características de fontes de tensão. Avaliação das resistências de saída de várias fontes de tensão.

Material necessário

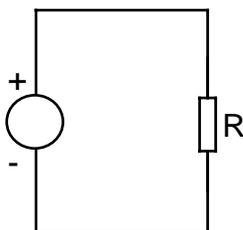
1 osciloscópio, 1 pilha, 1 fonte de tensão, 1 gerador de sinais, resistências.

Procedimento experimental

Avalie experimentalmente como varia a diferença de potencial à saída de uma fonte de tensão, à medida que se varia a corrente pedida. As medições devem seguir os passos seguintes:

1 - Escolha uma diferença de potencial nominal de 1 Volt com a fonte de tensão em circuito aberto.

2 - Construa o seguinte circuito:



O valor da resistência determina qual é a corrente pedida à fonte de tensão. Não use resistências com valor inferior a 100Ω ou poderá queimá-las.

3 - Meça a ddp aos extremos da resistência com o osciloscópio.

4 - Com base no valor de resistência calcule a corrente que a atravessa.

5 - Troque a resistência por outra de diferente valor e repita as medições.

6 - Desenhe um gráfico do potencial de saída em função da corrente pedida à fonte de tensão.

7 - Com base no gráfico faça uma estimativa da resistência de saída da fonte.

Repita todo este processo para uma pilha e para um gerador de sinais. Para o gerador de sinais a grandeza medida será a amplitude da ddp.

Laboratórios I - Física e circuitos

P5 - Equivalente de Thévenin.

Objectivo

Determinação experimental do equivalente de Thévenin de vários circuitos.

Material necessário

1 osciloscópio, 1 fonte de tensão, resistências.

Procedimento experimental

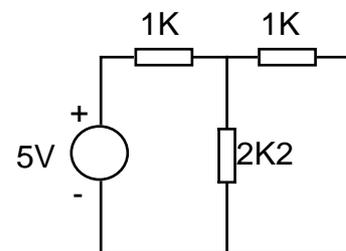
Avalie experimentalmente como varia a diferença de potencial à saída do circuito de dois terminais representado na figura, à medida que se varia a corrente pedida.

Determine o potencial nominal e a resistência de saída do circuito. Compare com os valores que esperava obter.

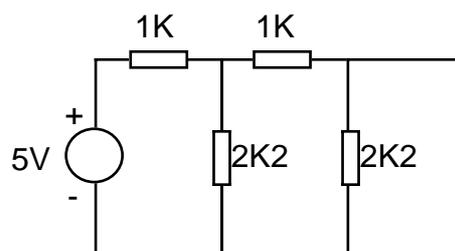
Qual é o circuito equivalente de Thévenin do circuito da figura?

Com base neste modelo preveja qual será a ddp aos extremos

de uma resistência de $1\text{K}\Omega$, se a ligarmos aos terminais do circuito. Confirme experimentalmente esse valor.



Repita para o circuito seguinte:



Laboratórios I - Física e circuitos

P6 - Indução electromagnética. O transformador.

Objectivo

Estudo do fenómeno de indução electromagnética. Estudo do funcionamento do transformador.

Material necessário

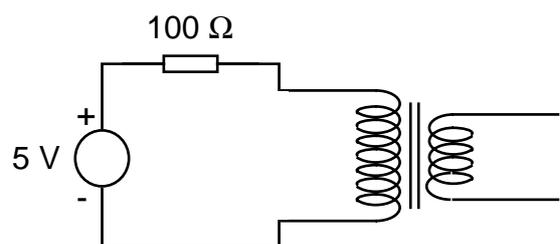
1 osciloscópio, 1 fonte de tensão, 1 gerador de sinais, um transformador, resistências, 1 íman.

Procedimento experimental

1 - Ligue um solenoide directamente a um osciloscópio. Verifique o que acontece quando movimenta o solenoide. Explique o que observa.

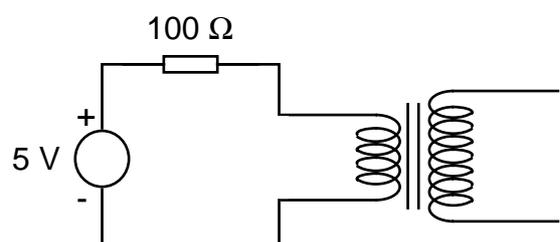
Tendo em conta que o fenómeno observado é devido a indução electromagnética, procure observar outras manifestações do mesmo fenómeno. Explique o que observa.

2 - Construa o seguinte circuito:



Meça qual é a ddp à saída do circuito. Interprete os resultados.

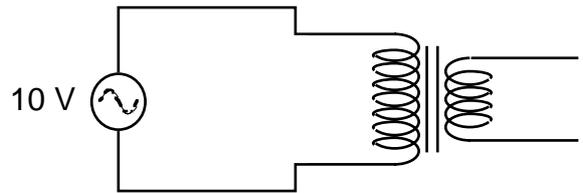
3 - Modifique o circuito anterior para:



Meça qual é a ddp à saída do circuito. Interprete os resultados.

4 - Construa o seguinte circuito:

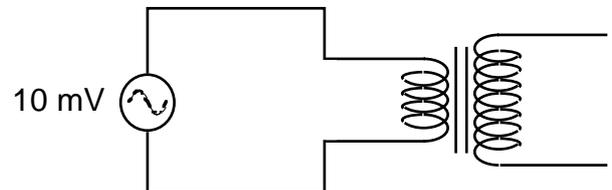
Meça qual a amplitude da tensão de saída do transformador. Relacione com a tensão de entrada do mesmo.



Considere a saída do circuito como uma fonte de tensão. Avalie experimentalmente qual é a resistência de saída desta fonte de tensão.

5 - Altere o circuito anterior para:

Meça qual a amplitude da tensão de saída do transformador. Relacione com a tensão de entrada do mesmo.



Considere a saída do circuito como uma fonte de tensão. Avalie experimentalmente qual é a resistência de saída desta fonte de tensão.

Compare os circuitos 4 e 5 quanto às suas características como fontes de tensão.

Laboratórios I - Física e circuitos

P7 - Díodos.

Objectivo

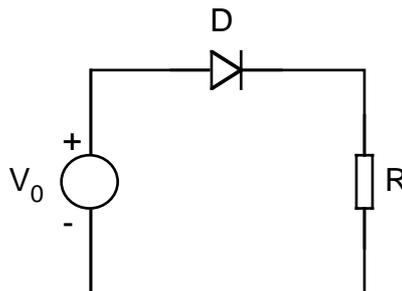
Estudo do funcionamento do díodo.

Material necessário

1 osciloscópio, 1 fonte de tensão, 1 gerador de sinais, 1 transformador, resistências, díodos.

Procedimento experimental

Construa o seguinte circuito:



1 - A ddp aos terminais da fonte de tensão (V_0) vai variar entre os +3 e -3 V. Tendo em conta este facto escolha uma resistência cujo valor garanta que a intensidade da corrente não excede 25 mA.

Meça com o osciloscópio a ddp aos extremos do díodo e a ddp aos extremos da resistência R para várias tensões V_0 entre +3 e -3 V. Utilize os dados anteriores para desenhar a variação da corrente que atravessa o díodo em função da ddp aos seus terminais. Compare com o comportamento de um díodo ideal.

Repita o procedimento anterior para um díodo emissor de luz. Utilize uma resistência $R = 560\Omega$. Não permita que a corrente ultrapasse os 20 mA.

Faça o novo gráfico na mesma folha que utilizou para o díodo anterior. Compare os dois.

2 - Como pode alterar o circuito anterior de forma a obter a curva característica $i(V)$ no écran do osciloscópio?

Mostre experimentalmente que a sua sugestão funciona. Para representar a relação entre as duas grandezas terá que trabalhar no modo X-Y. Escolha os canais para obter i na vertical e V na horizontal.

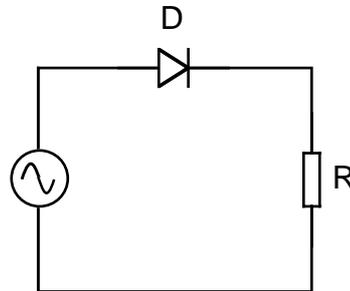
Repita para o LED. Desenhe o que vê e confirme que as diferenças foram as observadas nos seus gráficos.

3 - Represente todos os dados obtidos de i em função de V num papel com escala semilogarítmica se para um díodo ideal a relação entre as duas grandezas for:

$$i = i_0 \left(e^{\frac{V}{V_0}} - 1 \right) \text{ com } V_0 = \frac{KT}{q}$$

interprete os resultados.

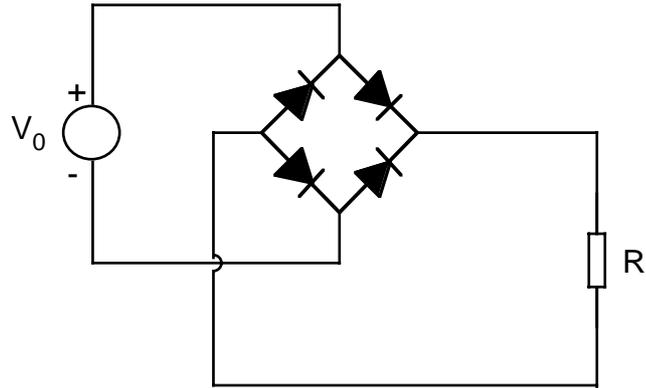
Construa o seguinte circuito:



Meça a ddp aos extremos da resistência R . Verifique o que acontece quando varia a frequência ou a amplitude do sinal. Interprete os resultados.

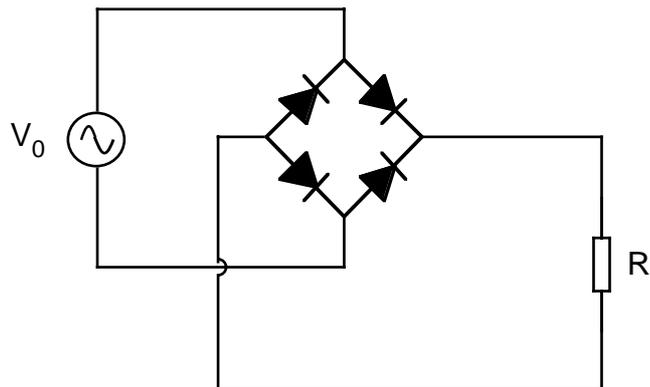
Adicione uma tensão constante ao sinal sinusoidal. Como variou a ddp aos extremos da resistência? Aconteceu o que esperava? Porquê?

Construa o circuito seguinte:



Escolha uma resistência $R = 470\Omega$. Utilize díodos emissores de luz. Varie o potencial V_0 . Quais são os díodos em condução (acesos) quando o potencial é positivo? e quando é negativo? Basta o critério do sinal do potencial para haver díodos acesos?

Construa o circuito seguinte:



A fonte de tensão alternada deve ser um transformador. Como varia a ddp aos extremos de R ? Porquê?

Laboratórios I - Física e circuitos

P8 - Condensadores.

Objectivo

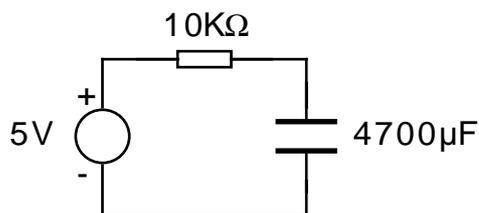
Estudo do funcionamento do condensador.

Material necessário

1 osciloscópio, 1 fonte de tensão, 1 gerador de sinais, 1 cronómetro, resistências, condensadores.

Procedimento experimental

Construa o seguinte circuito:



Meça qual é a ddp aos extremos do condensador passados intervalos sucessivos de 20 s desde o instante em que fecha o circuito.

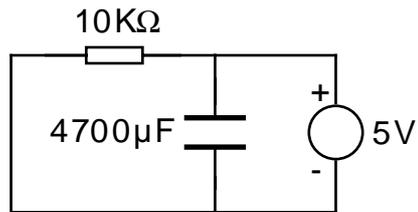
Represente graficamente a variação da ddp com o tempo pelo menos até dois minutos desde o início da carga do condensador. Faça dois gráficos: com uma escala linear e com uma escala semi-logarítmica. Com base nos gráficos, qual é a constante de tempo do circuito? Porquê?

Experimente a variar o valor da resistência utilizada (por exemplo substituindo a resistência por uma de 100K). Que efeito tem sobre a variação de ddp?

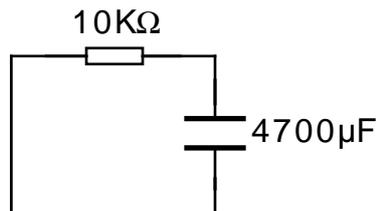
Acrescente os resultados aos gráficos anteriores.

Qual é o valor da nova constante de tempo?

Construa o seguinte circuito:

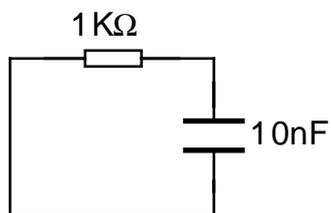


A função da fonte de tensão é carregar o condensador. Uma vez carregado o condensador, retire a fonte de tensão do circuito:



A partir deste instante meça a ddp aos extremos do condensador de 20 em 20 s até dois minutos. Faça dois gráficos: com uma escala linear e com uma escala semi-logarítmica. Com base nos gráficos, qual é a constante de tempo do circuito? Porquê?

Proponha e teste um método de medir o tempo de descarga do seguinte circuito:



Laboratórios I - Física e circuitos

P9 - Circuitos RC e CR.

Objectivo

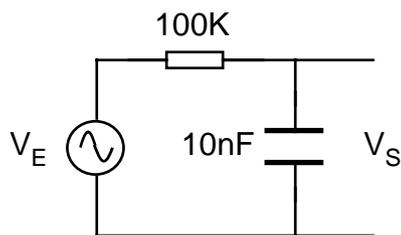
Estudo dos filtros passa-baixo e passa-alto.

Material necessário

1 osciloscópio, 1 gerador de sinais, resistências, condensadores.

Procedimento experimental

Construa o seguinte circuito:



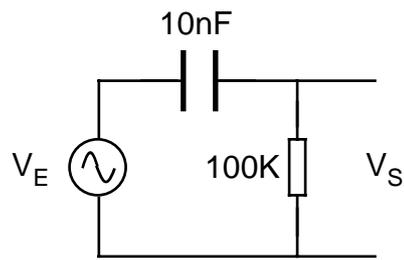
O potencial de entrada V_E é sinusoidal com uma amplitude de 2 V.

Verifique experimentalmente como varia a amplitude do sinal de saída V_S para frequências de 10^1 , 10^2 , 10^3 , 10^4 , 10^5 e 10^6 Hz. Que tipo de filtro é este circuito?

Trace o gráfico da dependência do ganho do circuito com a frequência. Com base nos resultados qual é a sua frequência de corte? Compare com o valor teórico.

Verifique experimentalmente como varia a diferença de fase entre os sinais de entrada e de saída para frequências de 10^1 , 10^2 , 10^3 , 10^4 , 10^5 e 10^6 Hz.

Construa o seguinte circuito:



O potencial de entrada V_E é sinusoidal com uma amplitude de 2 V.

Verifique experimentalmente como varia a amplitude do sinal de saída V_S para frequências de 10^1 , 10^2 , 10^3 , 10^4 , 10^5 e 10^6 Hz. Que tipo de filtro é este circuito?

Trace o gráfico da dependência do ganho do circuito com a frequência. Com base nos resultados qual é a sua frequência de corte? Compare com o valor teórico.

Verifique experimentalmente como varia a diferença de fase entre os sinais de entrada e de saída para frequências de 10^1 , 10^2 , 10^3 , 10^4 , 10^5 e 10^6 Hz.

Laboratórios I - Física e circuitos

P10 - Fonte de tensão. Circuitos RLC. Rádio.

Objectivo

Aplicação prática de conhecimentos adquiridos sobre díodos e filtros passa-baixo.

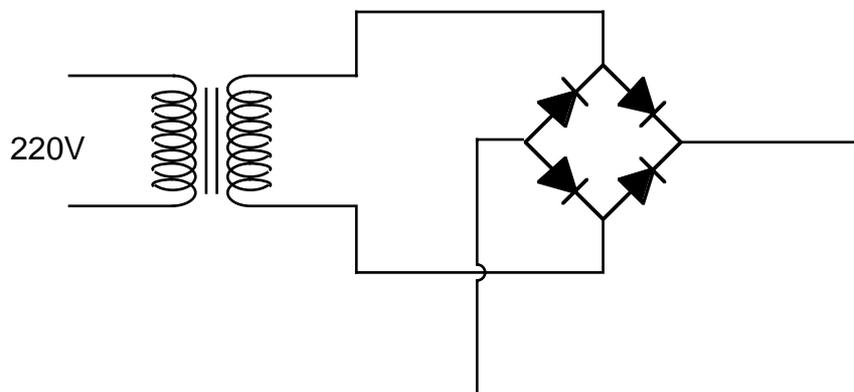
Estudo dos circuitos RLC. Aplicação prática na construção de um rádio.

Material necessário

1 osciloscópio, 1 gerador de sinais, 1 transformador, fio condutor, ferrite, auscultadores, resistências, condensadores, díodos.

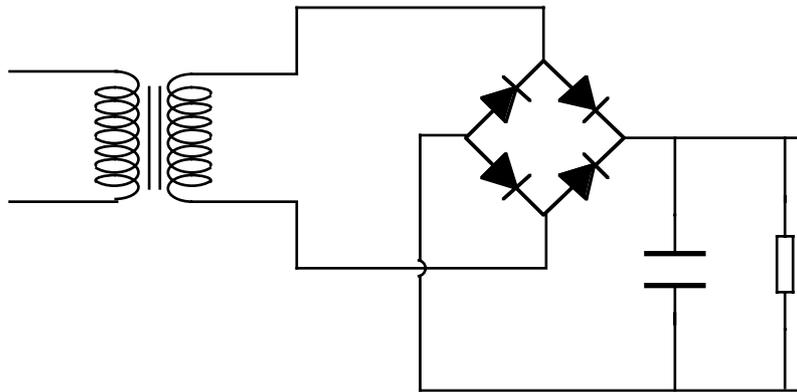
Procedimento experimental

Construa o seguinte circuito:



Observe como varia o potencial de saída. Interprete.

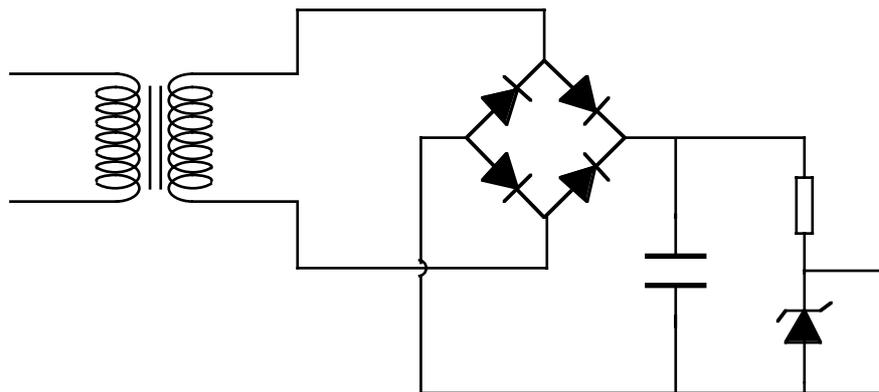
Acrescente ao circuito os componentes indicados na figura:



Utilize um condensador de $1\mu\text{F}$ e uma resistência de $10\text{K}\Omega$.

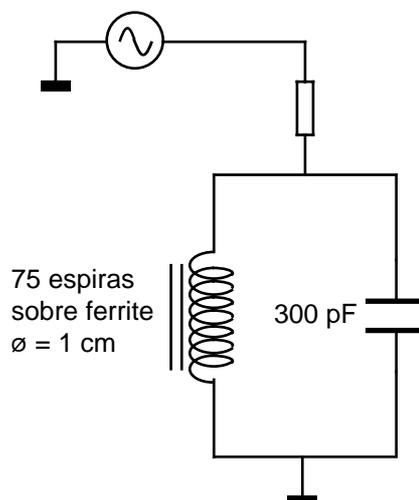
Qual foi a alteração sofrida pelo potencial de saída? Explique porquê. O que acontece se aumentar a capacidade do condensador para $47\mu\text{F}$? Porquê?

Observe agora o que acontece quando acrescenta um diodo zener (de $5,6\text{ V}$) ao circuito anterior:



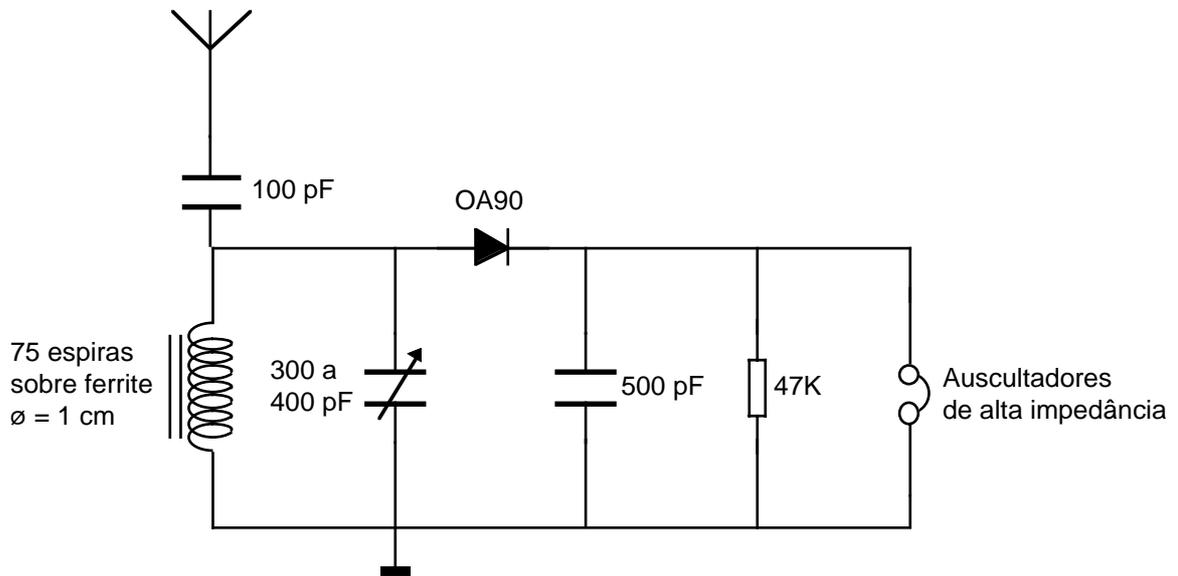
Explique o resultado obtido.

Construa o seguinte circuito:



Utilize este circuito para determinar experimentalmente a indutância da bobine. Compare com o resultado teórico esperado. Qual é a banda de frequências deste filtro passa-banda?

Construa o seguinte circuito.



Tente identificar o papel desempenhado por cada um dos componentes.