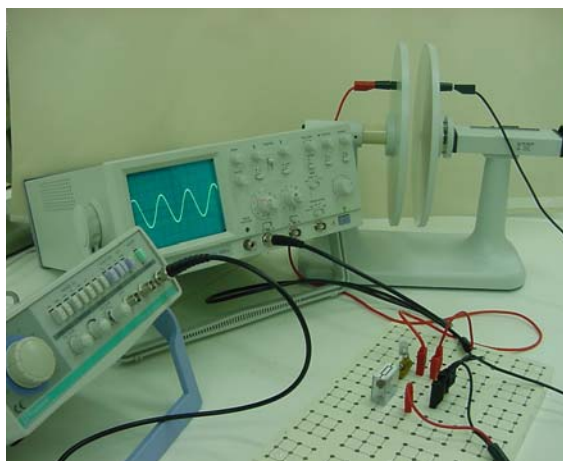


1

Capacidade e condensadores O condensador de pratos paralelos

- *Compreender o que é um condensador eléctrico*
- *Conhecer um método para a determinação da capacidade eléctrica*
- *Medir a dependência da capacidade com a distância entre pratos, num condensador de pratos paralelos*
- *Estudar o efeito de um material dieléctrico na capacidade*
- *Medir a constante dieléctrica do Mylar™*



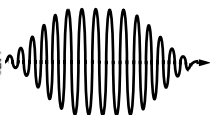
Introdução

Um condensador é basicamente um acumulador de energia eléctrica. É formado por placas condutoras (ou pratos) separadas por um pequeno intervalo. Quando o condensador é submetido a uma diferença de potencial V , flui uma carga $+Q$ para uma das placas e uma carga simétrica $-Q$ para a outra. Se o condensador for desligado da fonte que o carregou, a diferença de potencial entre as suas placas permanece. A energia retida pode então ser devolvida, ou fornecida, a qualquer circuito a que o condensador seja ligado.

Define-se capacidade eléctrica C , como a razão entre o módulo da carga Q em cada placa com a diferença de potencial entre as placas V_c

$$C = \frac{Q}{V_c} \quad (\text{Eq. 1})$$

O condensador de concepção mais simples é o condensador de pratos paralelos e está representado esquematicamente na Fig. 1. Para este condensador a capacidade é fácil de calcular analítica-



mente, sendo dada pela relação:

$$C = \epsilon \cdot \frac{A}{d} \quad (\text{Eq. 2})$$

onde A é a área de cada placa e d a distância que as separa. A constante ϵ é a permitividade eléctrica do meio que está entre as placas. No caso de ser vácuo esta constante é designada por ϵ_0 e tem o valor (para o ar o valor é idêntico):

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ A.s.V}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$$

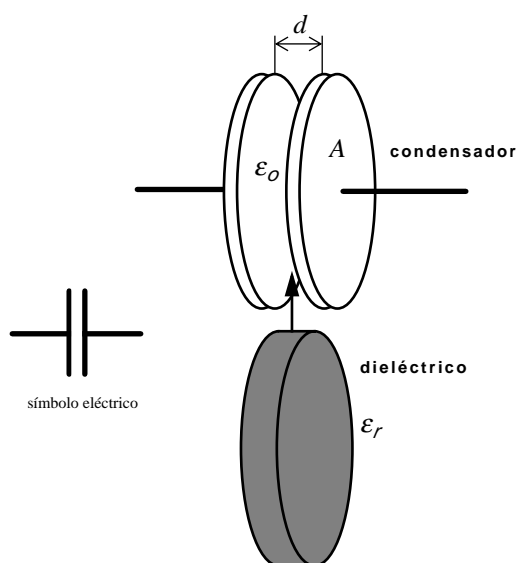


Figura 1. Representação esquemática de um condensador de pratos paralelos e o respectivo símbolo eléctrico. Um material dieléctrico pode ser introduzido entre as placas de modo a aumentar a capacidade.

Dieléctricos

Há materiais que têm um valor para ϵ várias vezes superior ao do vácuo. O uso deste materiais é muito conveniente porque resulta num aumento de capacidade do condensador sem ser necessário alterar as suas dimensões. Designa-se normalmente por ϵ_r (permitividade relativa) a razão

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \quad (\text{Eq. 3})$$

que nos informa quantas vezes a capacidade aumenta devido à introdução de um dieléctrico. Esta constante também é designada por constante

dieléctrica.

Existe um motivo adicional para a introdução de dieléctricos nos condensadores. Como a capacidade aumenta com a aproximação das placas, poder-se-ia imaginar condensadores com as placas infinitesimalmente próximas. No entanto, isso resultaria num campo eléctrico tão elevado que produziria descargas entre as placas.

A grandeza que quantifica este fenómeno é designada por rigidez dieléctrica. Para o ar, tem o valor aproximado de 30kV/cm. Como em geral, os dieléctricos usados comercialmente são bons isoladores, este valor é muito superior para esses materiais. É também por este motivo, que todos os condensadores têm uma tensão máxima a que podem ser submetidos. Ultrapassar esse valor, pode resultar em danos permanentes no condensador.

Medição da capacidade

Existem vários métodos para determinar a capacidade de um condensador. Por exemplo pode-se medir o tempo que um condensador leva, a se carregar ou a descarregar-se, através de uma fonte de tensão e de uma resistência conhecida.

Tabela 1. Grandezas e unidades

Grandeza	Unidades (SI, outras)
Potencial eléctrico, tensão ou diferença de potencial, V	Volt (V)
Capacidade, C	Farad (F), μF ($1\mu\text{F}=10^{-6}$ F)
Carga eléctrica, Q	Colomb (C), μC ($1\mu\text{C}=10^{-6}$ C)
Permitividade eléctrica relativa ou constante dieléctrica, ϵ_r	(adimensional)

Outro método é através de um circuito RLC em série, ou seja um circuito composto por uma resistência R , por uma bobina com uma inductância L e por um condensador de capacidade C , com os componentes ligados como ilustrado na Fig. 2. A

ordem dos componentes não afecta a ressonância.

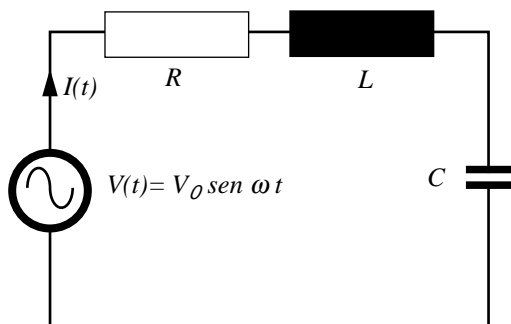


Figura 2. Circuito *RLC* em série. Esta montagem permite calcular a capacidade do condensador, quando o circuito está em ressonância.

Quando este circuito é excitado com uma tensão alternada $V(t) = V_0 \text{sen } \omega t$ observa-se que a intensidade de corrente $I(t)$ que percorre o circuito, atinge um máximo quando a frequência da fonte (gerador de funções) atinge a frequência

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (\text{Eq. 4})$$

Esta variação da intensidade está ilustrada na Fig. 3.

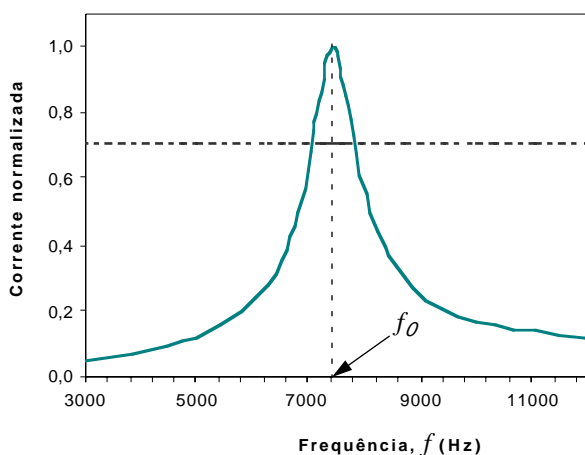


Figura 3. Resposta em frequência de um circuito *RLC* em série. A intensidade de corrente foi normalizada ao máximo. O valor da capacidade pode ser obtido medindo f_0 e usando a Eq. 4.

Em virtude de não ser fácil medir directamente a corrente I_0 , pode-se medir a tensão nos extremos da resistência (que tem um valor conhecido). Com base na lei de Ohm, pode-se perceber que o máximo da tensão aos extremos da resistência equivale a um máximo de I_0 , ou seja, acontece na mesma frequência.

Tabela 2. Algumas relações e constantes importantes

Capacidade de um condensador de placas paralelas	$C = \epsilon \cdot \frac{A}{d}$
Permitividade eléctrica do vácuo	$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ A.s.V}^{-1}.\text{m}^{-1}$

Usando um osciloscópio para medir o período T_0 correspondente a f_0 e conhecendo o valor de L , a capacidade pode ser calculada através da seguinte equação obtida de Eq. 4:

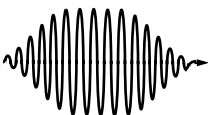
$$C = \left(\frac{T_0}{2\pi}\right)^2 \cdot \frac{1}{L} \quad (\text{Eq. 5})$$

Equipamento

É necessário o seguinte equipamento para a realização da montagem experimental:

- Um condensador de pratos paralelos de distância ajustável com um diâmetro de 26 cm.
- 1 gerador de funções
- 1 osciloscópio
- 1 placa de montagem
- 1 bobina de 10 mH
- 2 cabos coaxial/banana
- 2 *shunts*
- 1 resistência de 220 Ω
- várias folhas de Mylar (≈ 30) de modo a se poderem usar espessuras entre 1 e 3 mm.
- 1 craveira

A montagem está ilustrada na Fig. 3. Alguns dos equipamentos indicados podem ser substituídos



por outros com especificações equivalentes.

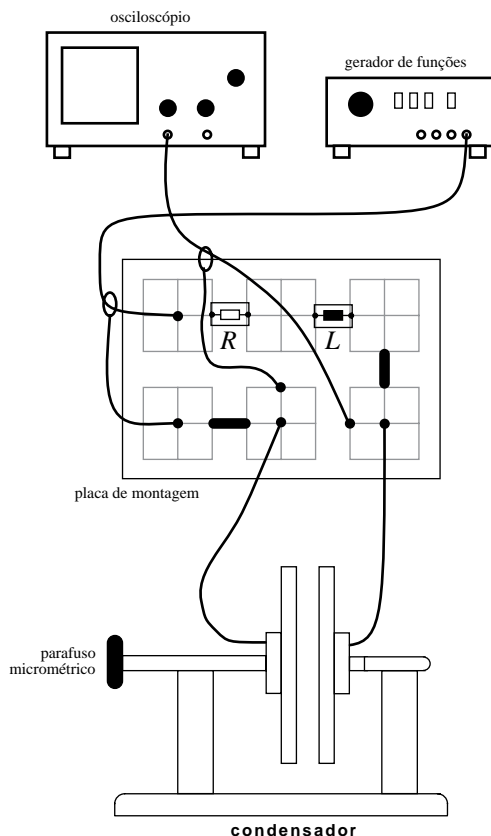


Figura 4. Montagem experimental.

Montagem experimental

1. Identifique as unidades necessárias e os pontos de ligação dos cabos.
2. Estabeleça as ligações conforme indicadas na Fig. 4. Certifique-se que o condensador não tem as placas encostadas uma à outra.
3. Ligue ao canal 1 do osciloscópio aos extremos do condensador (tenha em atenção o fio preto que deve ser sempre ligado à massa).
4. Seleccione no gerador de funções uma tensão sinusoidal e com uma frequência de $\approx 1\text{kHz}$.
5. Ligue o osciloscópio e tente visualizar o sinal. Ajuste a amplitude do sinal sinusoidal fornecido pelo gerador para 10V de pico a pico. Pode usar

uma ligação directa ao osciloscópio, por ex. ao canal 2, para medir essa amplitude. Mantenha este valor até ao fim do trabalho.

Medidas a obter

1. Ajuste o intervalo entre os pratos do condensador para 1,0mm.
2. Varie a frequência do gerador de funções até obter um máximo de intensidade no sinal que observa no osciloscópio. Ajuste as escalas do osciloscópio para obter uma boa ampliação do sinal. Meça e registre o período da sinusóide.
3. Repita o procedimento anterior com intervalos de 2, 4, 8, 16 e 32 mm.
4. Use agora folhas de Mylar como dieléctrico (ou outro material). Obtenha a espessura de cada folha de Mylar com uma craveira, por medir um grupo de folhas (por exemplo 20 folhas).
5. Varie a distância d por usar um número de folhas diferente em cada medida. Tente reproduzir aproximadamente os intervalos usados com ar (indicados em 3) e registre os períodos relativos à ressonância para cada intervalo.

Nota: as medidas com distâncias entre pratos muito pequenas ($d \leq 0,8\text{mm}$) podem originar erros consideráveis na determinação da capacidade. A incerteza de d torna-se grande, o desvio no paralelismo entre pratos pode deixar de ser desprezável e a alteração da superfície metálica dos pratos (por exemplo devido à oxidação ou à adsorção de humidade) pode alterar o meio dieléctrico entre pratos.

Exemplo de medida

A Fig. 5 apresenta um conjunto de medidas efectuadas com ar e com mylar como dieléctrico. A recta traçada foi obtida pelo ajuste da equação

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d} + C_0 \quad (\text{Eq. 6})$$

onde C_0 corresponde a uma capacidade residual que permanece mesmo a uma distância infinita entre pratos ($1/d=0$). Esta capacidade é produzida

pela proximidade da base do condensador (que está ligada à terra) ao prato que está isolado.

O ajuste da Eq. 6 aos valores obtidos da capacidade, permitiram obter C_0 bem como o valor da constante dielétrica ϵ_r . A dependência da capacidade com $1/d$ é evidente assim como o aumento de capacidade produzido devido à introdução do dielétrico.

Os valores de ϵ_r obtido para o ar está de acordo com o valor previsto porque a permitividade eléctrica do ar é praticamente igual ao do vácuo (ϵ_0). O valor obtido para o Mylar (2,6) é apenas ligeiramente inferior aos valores indicados pelos fabricantes ($\approx 3,1$).

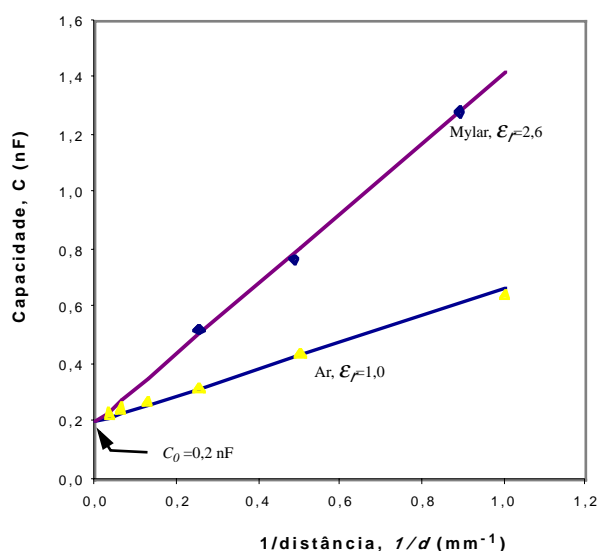


Figura 5. Valores de C obtidos em função da distância entre pratos $1/d$. As rectas traçadas foram obtidas por ajuste da equação Eq. 6.



1

O condensador de pratos paralelos— Relatório

Nomes:

1-

2-

3-

Data

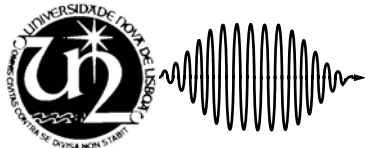
Licenciatura

Grupo

(Não use este relatório como rascunho)

Registo dos dados

Registe os valores de R, L e C usados (poderão, eventualmente, ser diferentes dos indicados). Registe também a espessura de cada folha do material dieléctrico usado.



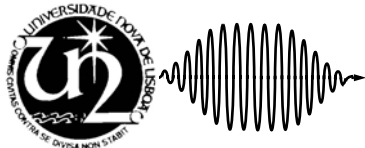
Registe os valores medidos e proceda aos cálculos indicados com base nas equações indicadas anteriormente.

Tabela 1. Valores obtidos para o ar

distância, d (mm)	Período da ressonância, T_0 (μs)	$1/d$ (mm^{-1})	Capacidade, C (nF)

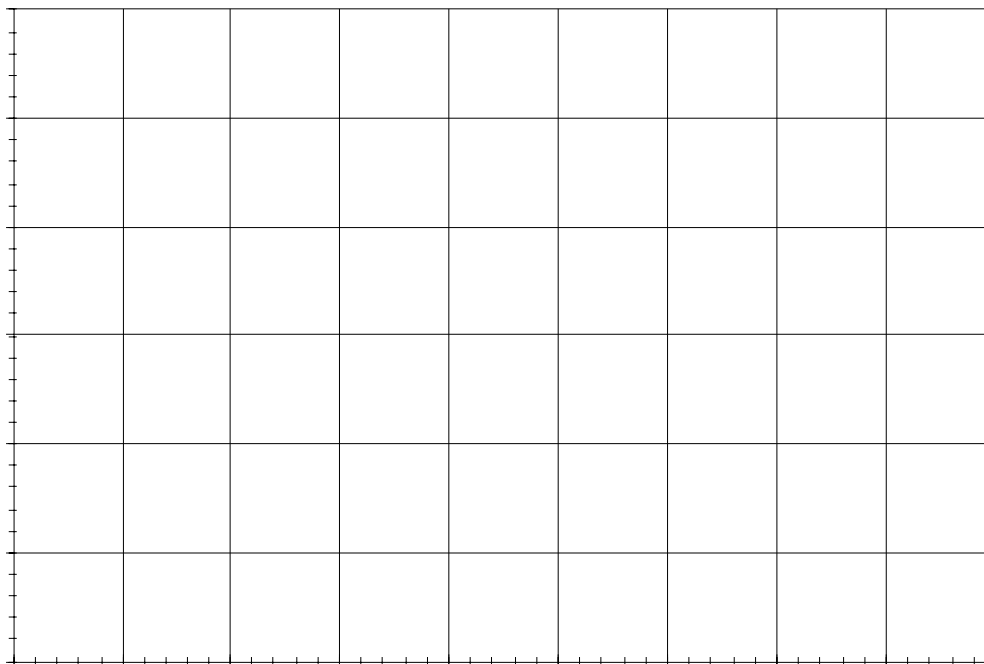
Tabela 2. Valores obtidos para o mylar (ou outro dielétrico)

distância, d (mm)	Período da ressonância, T_0 (μs)	$1/d$ (mm^{-1})	Capacidade, C (nF)



Representação gráfica

Faça gráficos de C em função de $1/d$, semelhantes ao da Fig. 5. Identifique correctamente os eixos.



Cálculo da constante dielétrica e da capacidade residual

Ajuste a Eq. 6 ao gráfico anterior. Obtenha o valor aproximado da capacidade residual e, geometricamente calcule o valor de ϵ_r

Indique na tabela seguinte os valores obtidos

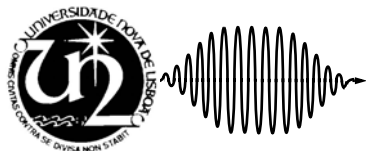
Tabela 3.

ϵ_r para o ar	ϵ_r para o dielétrico	

Discussão

Comente os resultados que obteve. Estão as permitividades eléctricas próximos do valor esperados (fornecidos pela literatura)? Quanto?

Discuta a incerteza dos valores obtidos, o método e as eventuais diferenças com o valor esperado.



Conclusão

Faça uma avaliação objectiva do trabalho. Refira quais dos objectivos propostos foram alcançados. Proponha eventuais alterações.
