

1. RESISTENCIA E RESISTOR

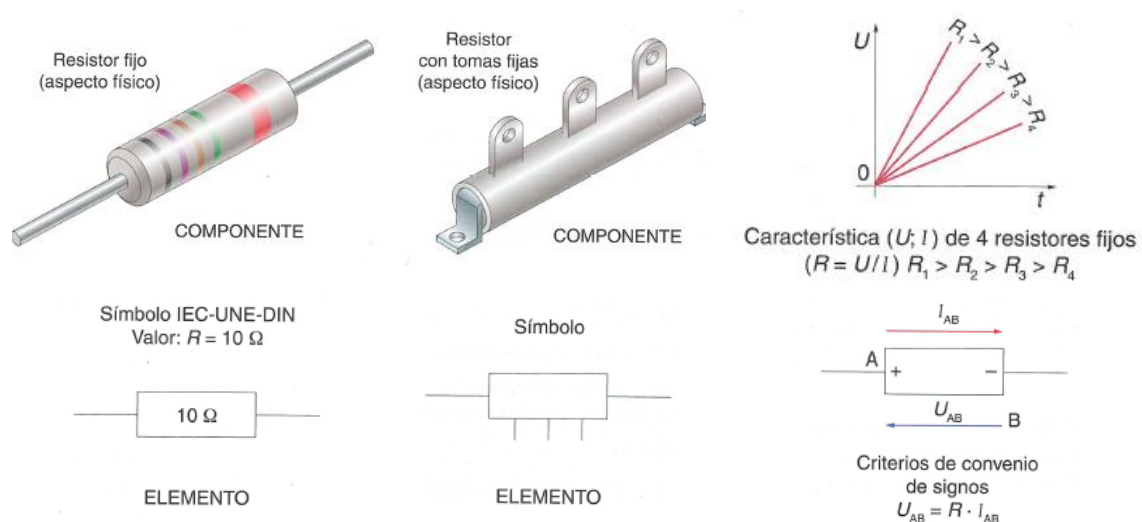
As partes físicas que constitúen un circuío eléctrico denomínanse **compoñentes** (resistor) e pódense representar polo valor das súas magnitudes que se denominan parámetros ou **elementos** (resistencia).

Nesta unidade analízanse os circuíos eléctricos e electrónicos básicos a partir dos elementos, de bornes para fóra.

O **resistor** é o compoñente electrónico e a **resistencia** é o elemento ou calidade que teñen algúns materiais ou compoñentes de ofrecer certa dificultade ao paso da corrente eléctrica. Adoitan utilizarse en electrónica para producir unha determinada caída de tensión ou para disipar pequenas potencias, desde mW ata algunhas decenas de vatios.

Outras aplicacións dentro dos sistemas de potencia, onde se denominan receptores resistivos é nos circuíos de calefacción ou nos fornos.

A resistencia é o valor óhmico que toma o resistor que nunha resistencia de potencia ven dada por $R = \rho \cdot \frac{L}{S}$ sendo ρ a resistividade do material, L a lonxitude e S a sección do condutor.



2. VARIACIÓN DA RESISTENCIA COA TEMPERATURA

A característica tensión-intensidade ($U-I$) dos resistores fixos R_1 , R_2 , R_3 e R_4 como se ve na imaxe anterior, é lineal. Con todo, esta característica que é a **resistencia**, **varía coa temperatura**. Nalgunhas substancias a resistencia aumenta coa temperatura, como é o caso dos metais puros, e noutras substancias diminúe, como a resistencia de algúns líquidos e algúns corpos sólidos, como o carbón.

A variación da resistividade dun metal, entre -50°C e 500°C , cuantifícase segundo a seguinte expresión:

$$\rho_f = \rho_0 [1 + \alpha(\theta_f - \theta_0)]$$

Onde:

- ρ_f é a resistividade final en $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$.
- ρ_0 é a resistividade inicial en $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$.
- α é o coeficiente de temperatura en $^\circ\text{C}^{-1}$.
- $(\theta_f - \theta_0)$ é a diferenca entre a temperatura final e inicial ou incremento de temperatura $\Delta\theta$ en $^\circ\text{C}$.

O **coeficiente de temperatura** indica o que varía unha resistencia de 1 Ω cando a súa temperatura varía 1 $^\circ\text{C}$. Na maioría dos metais, o coeficiente é positivo, polo tanto a resistencia aumenta coa temperatura. Pola contra, outros elementos como o xermanio, o carbono, o ourocromo ou a niquelina, o coeficiente de temperatura é negativo. Na seguinte táboa danse os coeficientes de temperatura a 20 $^\circ\text{C}$ dos materiais máis utilizados.

Material	$\rho \left[\Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \right]$	Coef. temperatura $\alpha \text{ } (^\circ\text{C}^{-1})$	Material	$\rho \left[\Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \right]$	Coef. temperatura $\alpha \text{ } (^\circ\text{C}^{-1})$
Cobre	0,01786	0,00393	Chumbo	0,21	0,0042
Bronce	0,018	0,00032	Maillechort	0,30	0,00036
Ouro	0,023	0,0034	Ourocromo	0,33	-0,00001
Aluminio	0,02857	0,00446	Niquelina	0,43	-0,00011
Magnesio	0,045	0,0039	Manganina	0,43	0,00004
Grafito	0,046	0,0005	Novoconstantán	0,45	0,00001
Tungsteno /volframio	0,055	0,0041	Reotán	0,47	0,00004
Zinc	0,063	0,0007	Isabelín	0,5	0,00003
Latón	0,07~0,09	0,001	Constantán	0,5	0,00001
Níquel	0,08~0,011	0,0048	Kruppina	0,85	0,0007
Ferro	0,10~0,15	0,0055	Mercurio	0,96	0,00088
Estaño	0,11	0,0043	Cromoníquel	1,10	0,0002
Platino	0,11~0,14	0,0038	Bismuto	1,20	0,0043

EXERCICIO

1. Unha lámpada incandescente de 230 V- 60 W ten un filamento de volframio. Calcular a súa resistividade á temperatura de traballo de 2.900 $^\circ\text{C}$.

Unha expresión análoga á variación da resistividade coa temperatura é aplicable á resistencia dun condutor:

$$R_f = R_0[1 + \alpha(\theta_f - \theta_0)]$$

Onde:

- R_f é a resistencia final en ohmios (Ω).
- R_0 é a resistencia inicial en ohmios (Ω).
- α é o coeficiente de temperatura ($^\circ\text{C}^{-1}$).
- $(\theta_f - \theta_0)$ é o incremento de temperatura $\Delta\theta$ en graos centígrados ($^\circ\text{C}$).

Da expresión anterior pódese o valor do salto térmico ou do coeficiente de temperatura:

- Salto térmico ou incremento de temperatura: $\Delta\theta = (\theta_f - \theta_0) = \frac{R_f - R_0}{\alpha}$
- Coeficiente de temperatura: $\alpha = \frac{R_f - R_0}{(\theta_f - \theta_0) \cdot R_0}$

O aumento da resistencia coa temperatura as veces é un gran inconveniente. Por exemplo, nas medidas eléctricas poden verse distorsionadas por este fenómeno. Para a construción de aparellos de medida utilízanse materiais de baixo coeficiente de temperatura.

Pola contra, un uso beneficioso desta variación de resistencia, é utilizar, para medir a temperatura, resistencias cun alto coeficiente de temperatura (termómetros electrónicos, sondas NTC).

Cando se diminúe moito a temperatura dos condutores metálicos (preto dos -273°C) pódese chegar a alcanzar a *supercondutividade*, é dicir, a ausencia absoluta de resistencia eléctrica. O paso da corrente eléctrica por un superconductor non provoca ningún tipo de perda calorífica.

EXERCICIOS

2. A resistencia a temperatura ambiente de 20°C dunha lámpada eléctrica incandescente, de 230 V-60 W é de $55\ \Omega$. Calcula o incremento de temperatura e a temperatura de traballo do seu filamento de volframio. Compara as intensidades que absorbe a lámpada ao conectala e cando alcanza a temperatura de traballo.
3. Medimos a resistencia de fase dun bobinado de cobre dun motor antes de ter funcionado (a 20°C) e obtemos un resultado de $4\ \Omega$. Determinar a resistencia que alcanzará cando estea en funcionamento a unha temperatura de 75°C .
4. Resolve os exercicios formulados na seguinte táboa.

Exercicio	$R_f\ (\Omega)$	$R_0\ (\Omega)$	Material	$\Delta\theta$
1º	?	30	Prata	100
2º	1.000	?	Aluminio	50
3º	50	49	?	200
4º	200	199	Cobre	?

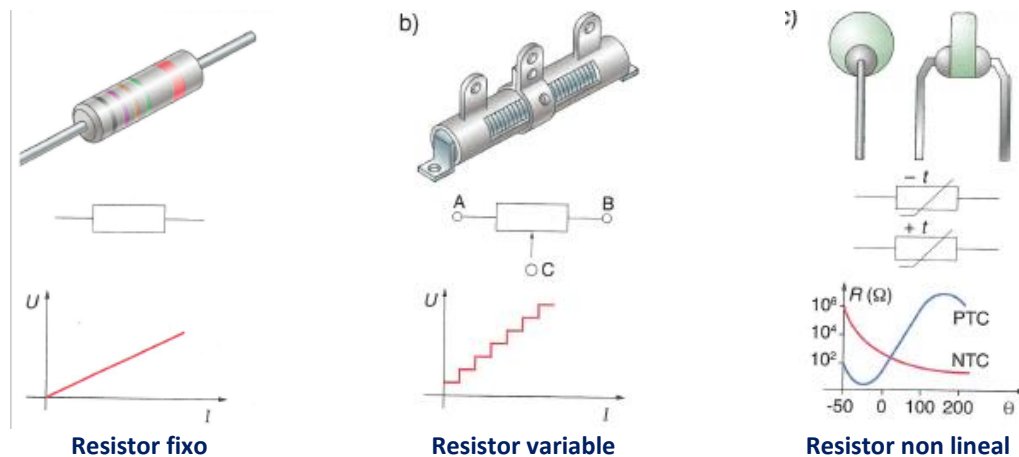
3. RESISTORES: CLASIFICACIÓN

O resistor é o elemento máis sinxelo e máis utilizado en electrónica en todas as súas ramas. Ten aplicacións diversas como disipador de calor potencia en forma de calor, modificador de volume en equipos de audio, protector contra sobrecargas, sensor de temperatura, luz, deformacións ou tensións mecánicas, ou como peza base na polarización de compoñentes activos de circuitos amplificadores, rectificadores, osciladores...

Os resistores atendendo á variabilidade ou linearidade da resistencia que presentan poden clasificarse en:

- **Fixos.**
- **Variables.**
- **Non lineais.**

Os resistores **fixos** son os que se van tratar nesta unidade, neles o valor da resistencia é fixo e non se pode variar, a característica tensión- intensidade é lineal e constante.



3.1. Potenciómetro

É un resistor variable concibido como un divisor de tensión que actúa sobre o valor da tensión aplicada entre dous terminais fixos. A saída obtense entre o cursor e o terminal fixo que actúa de referencia

3.2. Reóstato

Outra aplicación dos resistores variables son coma *trimmer* ou reóstatos, neste caso só teñen dous terminais accesibles. Utilízanse para o arranque de máquinas de corrente continua e corrente alterna.

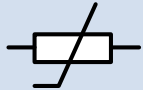
Potenciometro	Xeral	Variabilidade continua
	Contacto mobil xeral	Variabilidade escalonada
b) Reostato	Curtocircuitado	Cursor esvaradizo
	Con toda a resistencia, R_n	Axuste predeterminado

4. RESISTORES NON LINEAIS

Os resistores non lineais son aqueles nos que a resistencia depende dunha determinada magnitude ou parámetro físico, a súa característica tensión intensidade non é lineal.

Todo compoñente no que a súa resistencia é controlada por un parámetro chámase **transdutor**. Coñecida a relación entre o parámetro e a resistencia, se se mide a resistencia R , pódese deducir o valor do parámetro.

Atendendo aos parámetros do cal depende a resistencia, os principais resistores non lineais son:

 Símbolo xeral de non linealidade	Tipo de resistor	Sensible a
	Termistores NTC e PTC	Temperatura
	Varistores, VDR	Tensión entre os seus terminais
	Magnetoresistores, MDR	Indución magnética
	Fotorresistores, LDR	Intensidade luminosa
	Galgas extensiométricas	Deformacións e tensións mecánicas

4.1. Termistores NTC

Posúen un coeficiente de temperatura negativo grande, de xeito que a resistencia que presentan descende moi rapidamente cando a temperatura aumenta. As principais aplicacións do NTC son:

- Compensar as variacións de temperatura noutros compoñentes.
- Controlar a temperatura de recintos.
- Controlar os niveis de líquidos e velocidade de fluídos.
- Limitar os picos de corrente, etc.

4.2. Termistores PTC

Posúen un coeficiente de temperatura positivo moi grande, de xeito que a resistencia que crece cando a temperatura aumenta. As principais aplicacións do NTC son:

- No campo de medidas e control de temperaturas (elementos de calefacción, comparación, etc.).
- Como dispositivos de protección, sobre todo colocados na cabeza dos debandados eléctricos das máquinas rotativas.

4.3. Fotorresistores LDR

A súa resistencia diminúe cando aumenta o nivel de iluminación. Utilízase no control de portas e escaleiras, alarmas, cámaras fotográficas e sistemas de iluminación

4.4. Varistores VDR

A súa resistencia diminúe cando aumenta a tensión entre os seus terminais. As principais aplicacións son:

- Protección contra sobretensións.
- Protección de contactos de apertura e peche de circuitos indutivos

5. MÉTODOS DE MEDICIÓN DE RESISTENCIA

5.1. Medición mediante óhmetro de lectura directa

Colócase o óhmetro en paralelo coa resistencia a medir sen que estea sometida a tensión. Adoitase facer co polímetro.

5.2. Medición de resistencia por caída de tensión

Segundo a lei de Ohm se se mide cun **voltímetro** a tensión en bornes e cun **amperímetro** a intensidade que circula pódese deducir o valor da resistencia:

$$R = \frac{U}{I}$$

Agora ben, cando na medición é necesaria certa precisión poden cometerse erros apreciables se non se teñen en conta os efectos das dúas posibles conexións do voltímetro. Os aparatos de medida, amperímetro e voltímetro non son ideais e presentan unha certa resistencia, R_A e R_V . As posibilidades son a conexión curta e a conexión longa:

a) **Conexión curta**, mídese a tensión en bornes da resistencia:

- Tensión: $U_{med} = U_R$
- Intensidade: $I_{med} = I_R + I_V = I_R + \frac{U_R}{R_V}$

Aplicando a lei de Ohm:

$$R_{med} = \frac{U_{med}}{I_{med}} = \frac{U_R}{I_R + \frac{U_R}{R_V}} = \frac{\frac{U_R}{I_R}}{1 + \frac{U_R}{I_R} \cdot \frac{1}{R_V}} = \frac{R_R}{1 + \frac{R_R}{R_V}}$$

Despexando o valor da resistencia real, R_R :

$$R_R = \frac{R_{med}}{1 - \frac{R_{med}}{R_V}} \quad \text{Onde:}$$

- R_R é o valor real da resistencia en Ω .
- R_{med} é o valor resultante da medición (U_{med}/I_{med}) en Ω .
- R_V é o valor da resistencia do voltímetro en Ω .

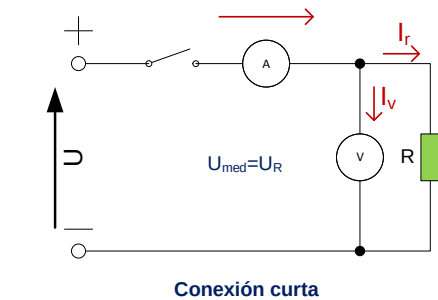
Os erros absoluto e relativo que se cometen coa conexión curta son

$$E_A = R_R - R_{med} \quad E_r \% = \frac{E_a}{E_{med}} = \frac{R_r}{R_v} \cdot 100$$

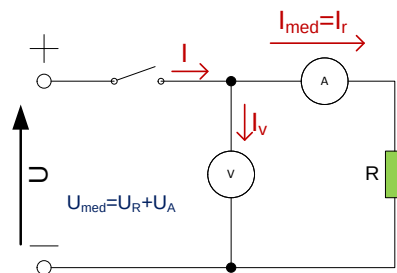
O erro que se comete coa conexión curta é menor canto menor sexa a resistencia a medir comparado coa resistencia do voltímetro. Esta é a conexión emprégase para medir resistencia pequenas.

b) **Conexión longa**, mídese a tensión entre un borne de amperímetro e outro da resistencia:

- Tensión: $U_{med} = U_R + U_A = U_R + R_A \cdot I_R$
- Intensidade: $I_{med} = I_R$



Conexión curta



Conexión longa

Aplicando a lei de Ohm:

$$R_{med} = \frac{U_{med}}{I_{med}} = \frac{U_R + R_A \cdot I_R}{I_R} = R_R + R_A$$

Despexando o valor da resistencia real, R_R :

Onde:

- $R_R = R_{med} - R_A$
- R_R é o valor real da resistencia en Ω .
 - R_{med} é o valor resultante da medición (U_{med}/I_{med}) en Ω .
 - R_A é o valor da resistencia do amperímetro en Ω .

Os erros absoluto e relativo que se cometen na conexión longa:

$$E_A = R_R - R_{med} = R_A \quad E_r \% = \frac{E_a}{E_{med}} = \frac{R_A}{R_R + R_A} \cdot 100$$

No caso de que R a medir sexa moito maior que a resistencia do amperímetro

$$E_r \% \approx \frac{R_A}{R_R} \cdot 100$$

EXERCICIO

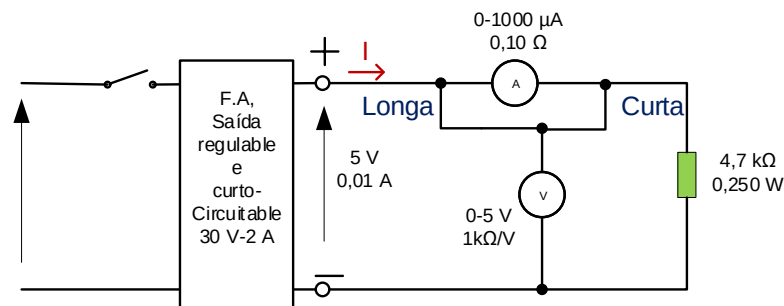
5. Para medir a resistencia por caída de tensión dun resistor de $4,7 \text{ k}\Omega$ - $\frac{1}{4} \text{ W}$ dispónse de:
- Voltímetro de bobina móbil de 0-5 V, clase 1, resistencia interna $R_V=1000 \Omega/V$.
 - Microamperímetro de bobina móbil de $1.000 \mu\text{A}$, clase 1, resistencia interna $R_A=0,10 \Omega$.
 - Fonte de alimentación de CC de 30 V- 2 A.

Efectúase a medición de resistencia en conexión curta e longa, obténdose os seguintes valores

Conexión curta: $V_{med} = 4,60 \text{ V}$; $I_{med} = 949 \mu\text{A}$

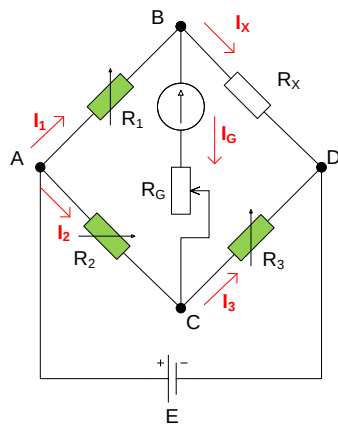
Conexión longa $V_{med} = 4,62 \text{ V}$; $I_{med} = 920 \mu\text{A}$

Calcular o valor real da resistencia en ambas as dúas medicións e determina en cal delas se comete menos erro.



5.3. Medición de resistencias mediante a ponte de Wheatstone

A ponte de Wheatstone é unha ponte de CC utilizada principalmente para a medida de resistencias, baseada na realización dos axustes necesarios en resistencias regulables, ata conseguir que polo galvanómetro G (microamperímetro) non pase corrente. Cando se cumpre esa condición, dise que a ponte está equilibrada, $I_g = 0 \text{ A}$



Ponte Wheatstone

O obxectivo é obter o valor de R_x , para elo na situación de equilibrio da ponte, pódese afirmar:

$$I_g = 0, \quad U_{BC} = 0 \quad \begin{matrix} I_1 = I_x \\ I_2 = I_3 \end{matrix} \quad \begin{matrix} U_{AB} = U_{AC} \\ U_{BD} = U_{CD} \end{matrix}$$

Substituíndo o valor das tensións, dividindo membro a membro e despeixando R_x :

$$\left. \begin{matrix} R_1 \cdot I_1 = R_2 \cdot I_2 \\ R_x \cdot I_x = R_3 \cdot I_3 \end{matrix} \right\} \quad \frac{R_1}{R_x} = \frac{R_2}{R_3} \quad \frac{R_x}{R_1} = \frac{R_3}{R_2}$$

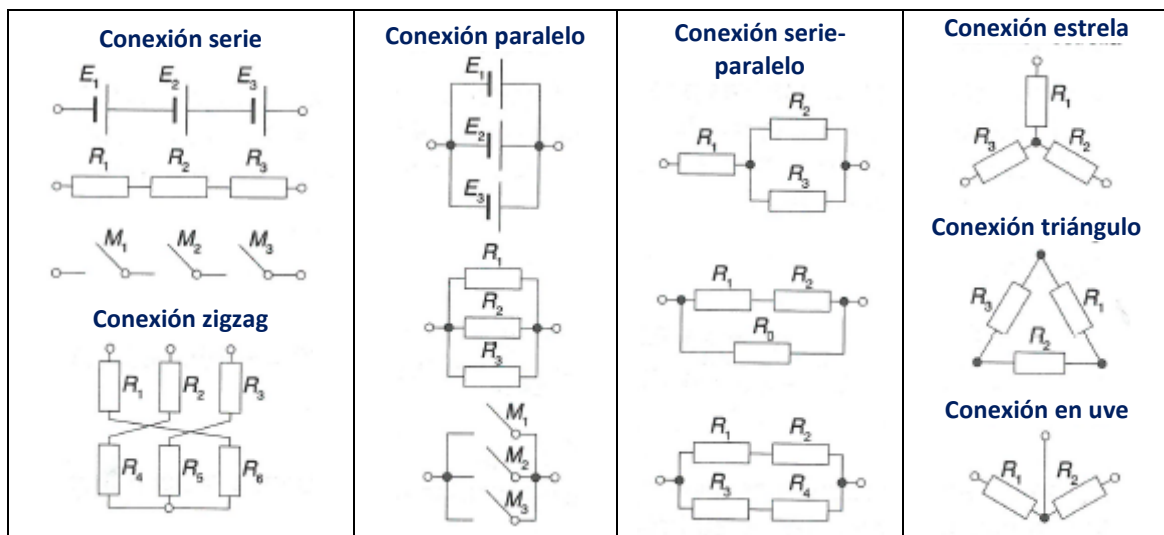
$$R_x = \frac{R_1}{R_2} \cdot R_3$$

Onde R_x é o valor da resistencia incógnita.

6. TIPOS DE CONEXIÓN

As veces, os elementos dun circuíto eléctrico conectados por si sos, de xeito individual, non cumpren os requisitos da rede de alimentación ou non producen os efectos desexados. D aí nace a necesidade de asociar varios elementos mediante unha determinada conexión para que cumpran as características esixidas polo circuíto.

As principais conexións son: serie, paralelo, serie-paralelo, estrela, triángulo, zig-zag e en uve como se mostra na figura seguinte



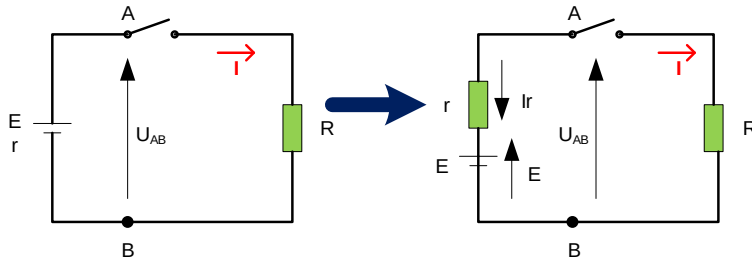
A conexión serie consiste na unión de elementos un a continuación de outro conectando o final do primeiro co principio do segundo e así sucesivamente.

A conexión paralelo é a unión de elementos nos que se conectan todos os principios a un punto e todos os finais a outro.

7. CONEXIÓN DE XERADORES

7.1. Tensión en bornes do xerador

Cando un xerador subministra unha corrente a un circuíto exterior prodúcese unha certa caída de tensión na resistencia interna do xerador, de tal xeito que a tensión que aparece en bornes do xerador é un pouco menor que a f.e.m. deste.



$$U_{AB} = E - Ir$$

De tal xeito que ao aumentar a intensidade da carga diminúe a tensión que subministra o xerador.

A resistencia interna do xerador produce unha perda de potencia, que se transforma en calor por efecto Joule e reduce o rendemento do xerador.

A **potencia perdida** polo xerador será: $P_p = I^2 r$

A potencia total que cede o xerador será a suma da que se perde na resistencia interna máis a que aparece na carga.

A **potencia total** cedida polo xerador será: $P_T = EI = P_u + P_p$

Ao receptor se lle entrega unha potencia que é inferior á total xerada. Esta potencia útil é igual ao produto da tensión en bornes pola intensidade.

A **potencia útil** cedida á carga será: $P_u = U_{AB} I$

A relación que existe entre a potencia útil que subministra o xerador ao circuíto e a potencia total que desenvolve chámase **rendemento eléctrico**. Habitualmente exprésase en tanto por cento.

$$\eta_{el\acute{e}ctrico} = \frac{P_u}{P_T} 100$$

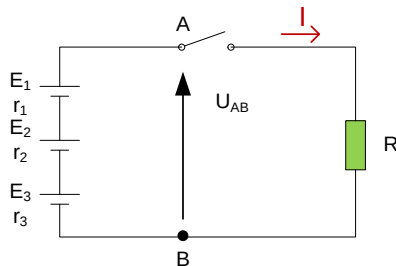
EXERCICIO

- Unha batería de acumuladores de automóbil posúe unha f.e.m. de 12 V e unha resistencia interna de 0,2 Ω . Determinar a tensión que aparecerá en bornes desta batería cando se lle conecte a unha carga resistiva de 3 Ω . Facer un balance de potencias entregadas polo xerador e determinar o rendemento eléctrico.

As pilas, acumuladores e calquera tipo de xerador poden ser conectados en serie, paralelo ou mixto. O resultado é moi útil para aumentar a tensión ou a intensidade que subministra un único xerador.

7.2. Conexión serie

A conexión en serie de xeradores utilízase cando se quere **aumentar a tensión** de saída. Conexión moi utilizada nas baterías de acumuladores, onde se consegue a tensión de saída buscada a base de conectar varios acumuladores en serie. Na conexión en serie cúmprese que:



– A forza electromotriz, f.e.m., do conxunto é igual á suma das forzas electromotriz de cada un dos xeradores.

$$E_T = E_1 + E_2 + E_3$$

– A resistencia interna do conxunto é igual á suma das resistencias internas de cada un dos xeradores.

$$r_T = r_1 + r_2 + r_3$$

– A intensidade de corrente eléctrica é a mesma en todos os xeradores.

$$I = \frac{E_1 + E_2 + E_3}{r_1 + r_2 + r_3 + R}$$

É moi común que todos os elementos a conectar en serie sexan iguais. Nese caso, ao conectar unha batería de N elementos iguais, o resultado será, $E_T = N \cdot E$; $r_T = N \cdot r$.

EXERCICIOS

7. As características de tres pilas son:

- $E_1=1,5 \text{ V}$, $r_1=0,1 \Omega$, $I_1=200 \text{ mA}$;
- $E_2=3 \text{ V}$, $r_2=0,2 \Omega$, $I_2=250 \text{ mA}$;
- $E_3=4,5 \text{ V}$, $r_3=0,1 \Omega$, $I_3=350 \text{ mA}$;

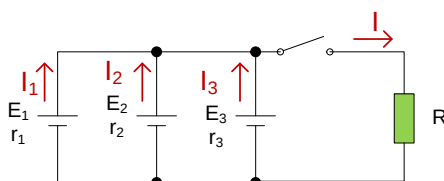
Calcular, cando se conectan en serie a unha carga de $9\text{V}-1,5 \text{ W}-54 \Omega$, a intensidade que circula polo circuíto

8. Unha batería está composta por seis acumuladores conectados en serie. A f.e.m. de cada acumulador é de $1,5 \text{ V}$ e a súa resistencia interna de $0,1 \Omega$. Calcular:

- a) A corrente e tensión que aparecerá ao conectar unha carga de 5Ω de resistencia.
- b) A tensión en bornes en baleiro (sen conectar carga).
- c) Intensidade se se cortocircuíta a carga.

7.3. Conexión paralelo

A conexión en conexión de xeradores en paralelo utilízase cando queremos **aumentar a corrente** de saída mantendo a tensión constante. A conexión paralelo posúe as seguintes características:



– Para que todos os xeradores aporten enerxía deberán posuír a mesma f.e.m.

- A f.e.m. equivalente ao conxunto é a mesma que a dos xeradores acoplados.
- Para que todos os xeradores aporten a mesma corrente e potencia, ademais de ter a mesma f.e.m. deben ter a mesma resistencia interna.
- A intensidade que subministra o conxunto de xeradores é igual a suma das intensidades que aporta cada xerador.

Cando se colocan en paralelo N pilas idénticas, é dicir, coa mesma f.e.m. e a mesma resistencia interna, pódese calcular o circuíto equivalente tendo en conta que:

$$E = E_i \quad r = \frac{r_i}{N} \quad I = \frac{E_i}{\frac{r_i}{N} + R}$$

As condicións expostas nas conexións serie e paralelo débense cumprir tamén no caso de que se mesturen ambos os dous xeitos de conexión, as conexións serie-paralelo. Con este tipo de conexión preténdese obter no circuíto exterior maior tensión e maior intensidade, é dicir, que o conxunto aporte unha maior potencia. Se as pilas teñen distinta f.e.m. e/ou distinta resistencia interna prodúcense perdas por circulación de correntes. Utilízanse métodos de análise de circuítos para obter esas perdas. Na produción fotovoltaica débese evitar sempre esta situación.

EXERCICIOS

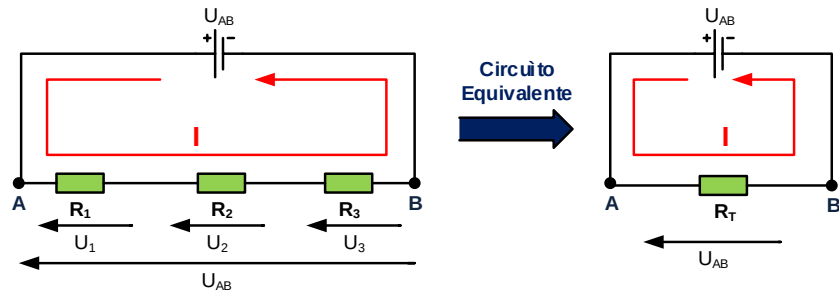
9. Conéctanse en paralelo dous xeradores de 12 V de f.e.m. e 0,3 Ω de resistencia interna. Determinar a intensidade e tensión que aparecerá nos terminais do conxunto ao conectar unha resistencia de 4 Ω . Que corrente aporta cada xerador?
10. A resistencia de carga conectada aos terminais de catro pilas conectadas en paralelo, é de 14,975 Ω . Calcular a intensidade que circula, se cada elemento ten unha f.e.m. de 1,5 V e a súa resistencia interna é de 0,1 Ω .
11. Conéctanse en serie 10 xeradores de corrente continua de características iguais, sendo a f.e.m. de cada un 2 V e a súa resistencia interna 0,12 Ω . Calcular:
 - a) Tensión en bornes en baleiro.
 - b) Tensión e corrente se se conecta unha carga de 8 Ω .
 - c) Rendemento eléctrico do conxunto de xeradores para dita carga.
 - d) Corrente de cortocircuíto.
 - e) Tensión en bornes do conxunto cando subministra unha corrente de 2 A.
12. Resolver as mesmas cuestións do exercicio anterior se en vez de conectar os xeradores en serie acoplámoslos en paralelo.

8. CONEXIÓN DE RESISTENCIAS EN SERIE

Denomínase **resistencia equivalente**, R_T , aquela resistencia que produce con respecto ao circuíto exterior, os mesmos efectos que a asociación de resistencias ás que substitúe.

A resistencia equivalente a un conxunto de N resistencias conectadas en serie é igual á suma de cada unha das resistencias que interveñen:

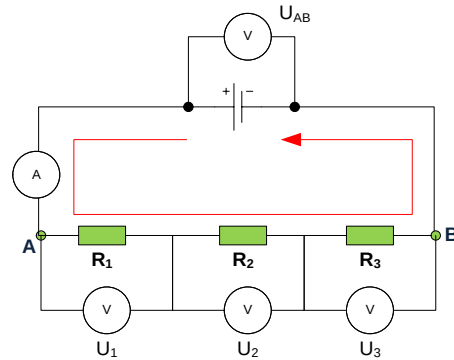
$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$



Se todas as resistencia teñen o mesmo valor
 $R_T = N \cdot R_1$.

A conexión serie caracterízase por:

- Circula a **mesma corrente** en todo o circuíto.
- A **suma das tensións** parciais é igual á **tensión total**.
- A resistencia total é igual á suma das resistencias parciais.
- A potencia total é igual á suma das potencias parciais.



No caso concreto de tres resistencias en serie:

$$I = \frac{U}{R_T} = \frac{U}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3 = I \cdot R_1 + I \cdot R_2 + I \cdot R_3 = I \cdot (R_1 + R_2 + R_3) = I \cdot R_T$$

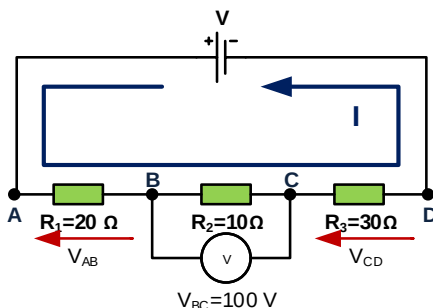
$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 = I \cdot U_1 + I \cdot U_2 + I \cdot U_3 = I \cdot U$$

Algunhas aplicacións da conexión serie son: conectar aparatos a unha tensión superior que a súa tensión nominal, ampliar a escala dalgúns aparatos de medida.

EXERCICIOS

13. O valor de tres resistencias conectadas en serie é: 10, 100 e 1000 Ω , respectivamente. Calcular a resistencia equivalente, a intensidade que circula polo circuíto e a potencia total do mesmo se se conecta a unha tensión de 1,1 V.

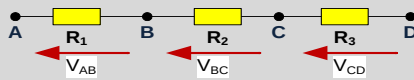


14. No circuíto da figura, a tensión medida co voltímetro na resistencia R_2 é de 100 V. Con estes datos, calcular a intensidade de corrente polo circuíto, así como a tensión e potencia de cada unha das resistencias e do conxunto.

15. Deséxase aproveitar unhas lámpadas de 115 V/40 W para conectalas a unha rede de 230 V. Cantas lámpadas será necesario montar en serie? Que intensidade percorrerá o circuíto? Cal será a

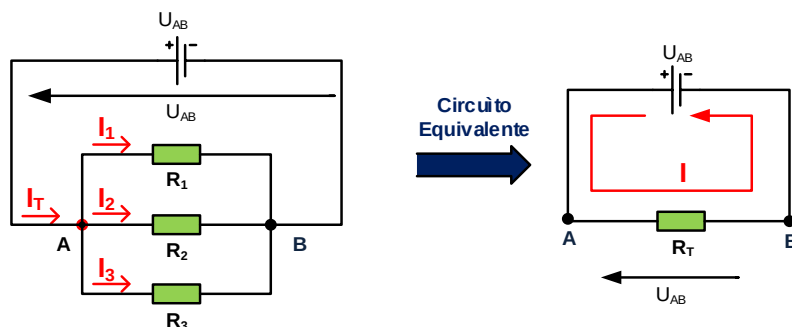
potencia total consumida polo conxunto de lámpadas? Cal será a resistencia de cada lámpada e a equivalente ao conxunto das lámpadas?

16. Na seguinte táboa aparecen os datos de seis circuitos diferentes onde se conectan tres resistencias en serie. Achar as magnitudes descoñecidas.

Exercicio	1º	2º	3º	4º	5º	6º
						
$R_1(\Omega)$	100	4	?	?	?	?
$R_2(\Omega)$	50	6	5	?	100	?
$R_3(\Omega)$	200	?	?	?	?	10
$V_{AB}(V)$	?	?	?	10	?	20
$V_{BC}(V)$	?	?	?	10	10	50
$V_{CD}(V)$	?	?	?	10	?	?
$P_1(W)$	?	?	10	?	5	?
$P_2(W)$	?	?	?	?	?	?
$P_3(W)$	?	?	?	?	?	?
$R_T(\Omega)$	?	?	?	?	?	?
$V_T(V)$	250	10	20	?	100	200
$I_T(A)$	?	0,5	1	10	?	?
$P_T(W)$	?	?	?	?	?	?

9. CONEXIÓN PARALELO DE RESISTENCIAS

O valor das resistencias equivalente pola que se pode substituír unha conexión paralelo de N resistencias ten por expresión:



$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_N}}$$

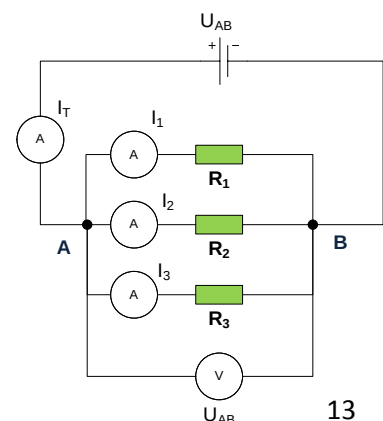
No caso particular de que a asociación sexa de N resistores

iguais: $R_T = \frac{R_1}{N}$.

No caso de dúas resistencias: $R_T = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$.

A conexión caracterízase por:

- Todos os resistores están á mesma tensión.

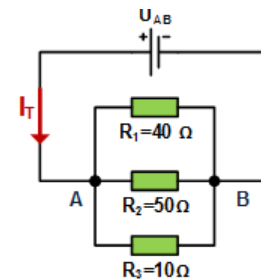


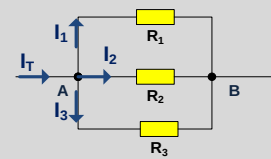
- A corrente total é a suma das correntes parciais en derivación.
- As correntes están en relación inversa coas correspondentes resistencias.
- A resistencia total sempre é menor que a resistencia máis pequena.
- A potencia total é a suma das potencia parciais.

As aplicacións de resistores en paralelo son basicamente para aumentar a potencia do conxunto e ampliación de escalas de aparatos de medida.

EXERCICIOS

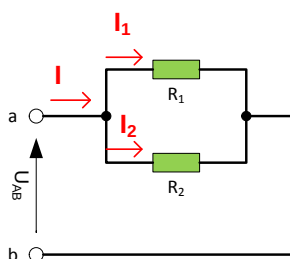
- Calcular a resistencia equivalente en paralelo de tres resistencias de valores 100, 200 e 4.000 Ω .
- A unha pila de 9 V conéctanselle dúas resistencias en paralelo de 6 e 2 Ω respectivamente. Calcular:
 - A resistencia total.
 - A intensidade de cada resistencia e do conxunto.
 - A potencia de cada unha así como a potencia cedida pola pila.
- No circuíto da figura a intensidade de corrente que se mediu cun amperímetro na resistencia R_2 foi de 2 A. Con estes datos calcular a intensidade de corrente polo resto das resistencias, así como a tensión e corrente subministrada polo xerador.
- Na táboa aparecen datos de cinco circuíto diferentes onde se conectan tres resistencias en paralelo. Achar as magnitudes descoñecidas.



Exercicio	1º	2º	3º	4º	5º
					
$R_1(\Omega)$	10	4	?	10	?
$R_2(\Omega)$	30	6	10	?	?
$R_3(\Omega)$	90	12	?	?	?
$I_1(A)$	?	2	4	?	?
$I_2(A)$	?	?	?	0,5	2
$I_3(A)$	?	?	1	?	1
$P_1(W)$	?	?	?	?	?
$P_2(W)$	?	?	?	?	?
$P_3(W)$	?	?	?	20	?
$R_T(\Omega)$	?	?	?	?	25
$V_T(V)$	?	?	?	200	?
$I_T(A)$	100	?	10	?	4
$P_T(W)$	?	?	?	?	?

10. REPARTO DE CORRENTES

Cando a intensidade chega a unha bifurcación, se se coñecen os valores de resistencia dos resistores conectados en paralelo, pódese calcular a intensidade de cada rama ou bifurcación por reparto de correntes, mediante as expresións:



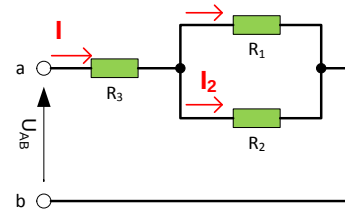
$$U = I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_2 = I \cdot R_T = I \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Onde se pode deducir que:

$$I_1 = I \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad e \quad I_2 = I \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

11. CIRCUITOS MIXTOS

Do mesmo xeito que se poden conectar receptores en serie ou en paralelo, en ocasións poden aparecer circuitos con receptores acoplados en serie mesturados co receptores acoplados en paralelo. Son os circuitos denominados mixtos. Na figura pódese ver unha mostra deste tipo de circuitos. As resistencias R_2 e R_3 están claramente conectadas en paralelo entre si e, a súa vez, a súa resistencia equivalente está conectada en serie con R_1 .

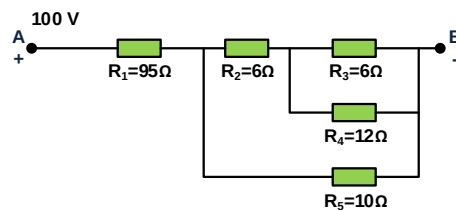
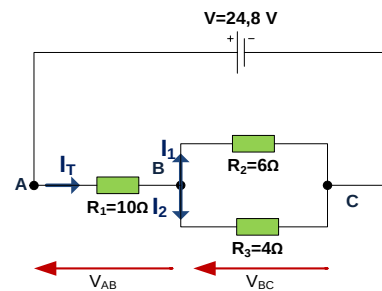


Para resolver estes circuitos hai que seguir os seguintes pasos:

- Reducir ao seu circuito equivalente aquelas partes do circuito que estean claramente acopladas, ben en serie, ben en paralelo.
- Debuxar sucesivamente os novos circuitos equivalentes obtidos, indicando as magnitudes coñecidas e descoñecidas.
- Calcular as magnitudes descoñecidas do circuito dende os circuitos equivalentes máis reducidos ata o circuito orixinal

EXERCICIOS

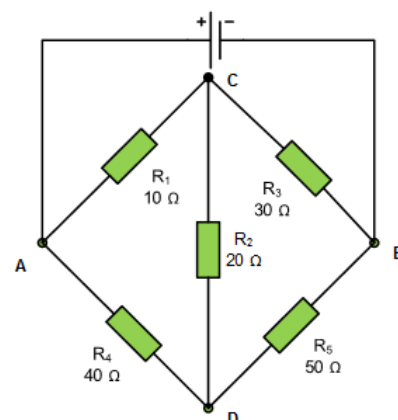
- Determinar as tensións, potencias e intensidades de cada unha das resistencias do circuito mixto da figura se aplicamos entre os extremos AC do circuito unha tensión de 24,8 V.
- Determinar as tensións, potencias e intensidades de cada unha das resistencias do circuito mixto da figura se se aplica entre os extremos do circuito unha tensión de 100 V.



12. CONEXIÓNS ESTRELA - TRIÁNGULO EQUIVALENTES

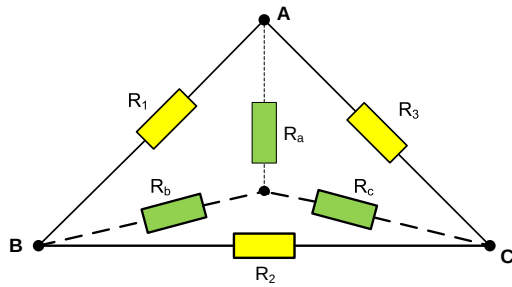
Cando se atopan circuitos como os da figura adxunta, non se pode simplificar polos procedementos das simplificacións serie e paralelo estudadas, hai que recorrer ás conexións estrela-triángulo:

Na seguinte figura as resistencias R_1 , R_2 e R_3 forman un triángulo. Se na análise dalgún circuito é máis interesante que entre os puntos ABC exista unha estrela coas resistencias R_a , R_b e R_c . Aplicando as seguintes expresións



pódense obter as resistencias equivalentes en forma de estrela:

TRIÁNGULO-ESTRELA



$$R_a = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$R_b = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2 + R_3}$$

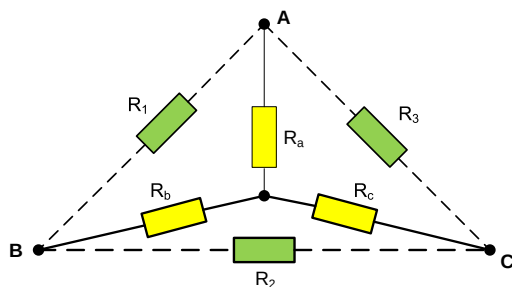
$$R_c = \frac{R_2 R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

EXERCICIO

23. Obter a resistencia equivalente da figura do comezo deste punto

Existen outros circuitos onde é máis interesante transformar unha conexión de tres resistencias en estrela, R_a , R_b e R_c , a triángulo, R_1 , R_2 e R_3 . A continuación móstranse as ecuacións que corresponden a esta transformación.

ESTRELA-TRIÁNGULO



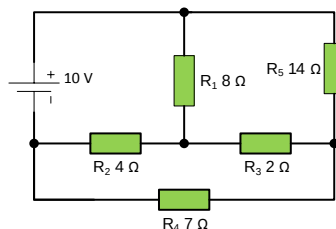
$$R_1 = \frac{R_a R_b + R_b R_c + R_a R_c}{R_c}$$

$$R_2 = \frac{R_a R_b + R_b R_c + R_a R_c}{R_a}$$

$$R_3 = \frac{R_a R_b + R_b R_c + R_a R_c}{R_b}$$

EXERCICIOS

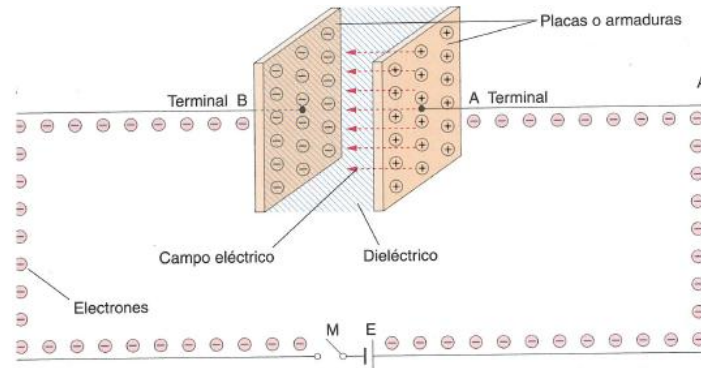
24. Comprobar que para unha asociación triángulo de $R_1=10 \Omega$, $R_2=12 \Omega$, $R_3=8 \Omega$, corresponden uns valores equivalentes en estrela de $R_a=2,66 \Omega$, $R_b=4 \Omega$, $R_c=3,2 \Omega$.
25. Comprobar que para unha conexión en estrela $R_a = R_b = R_c = 6 \Omega$ correspóndelle uns valores en triángulo equivalente de $R_1 = R_2 = R_3 = 18 \Omega$, ou sexa que **a resistencia en estrela é un terzo da de triángulo.**
26. Determinar a resistencia equivalente do circuío da figura



13. CONDENSADOR: CAPACIDADE

O condensador é o compoñente electrónico máis utilizado en electricidade e en electrónica despois dos resistores. Os seus usos máis habituais son, en electrónica acondicionar sinais e protexer circuitos electrónicos e en electricidade mellorar o factor de potencia.

Un condensador consta de dúas placas ou láminas condutoras separadas por un dieléctrico (material cunha baixa condutividade eléctrica; é dicir, un illante, o cal ten a propiedade de formar dipolos eléctricos no seu interior baixo a acción dun campo eléctrico) que presentan en conxunto a propiedade eléctrica da capacidade.



Capacidade é a propiedade dun sistema de condutores e illantes de almacenar máis ou menos carga electrostática, cando se lle aplica unha tensión entre as súas armaduras, producindo un retraso na variación da devandita tensión.

A disposición das placas destes dispositivos é moi variada segundo as clases e tipos comerciais. Como dieléctrico adoita usarse aire, papel cerámica e electrólitos.

Sempre existe capacidade creada por dous condutores separados por un dieléctrico. Por exemplo:

- Entre dúas espiras illadas dunha bobina.
- Entre o colector a base e o emisor dun transistor.
- Entre dous condutores de liña de transporte.
- Entre cada condutor de liña e terra.
- Entre os condutores telefónicos, etc.

Chamando Q á cantidade de carga almacenada polo condensador, C á capacidade do condensador e V á tensión entre as súas armaduras, resulta que:

$$Q = C \cdot U \quad C = \frac{Q}{U}$$

Onde:

- C é a capacidade do condensador en faradios (F).
- Q a cantidade de carga en coulombios (C).
- U é a tensión en bornes do condensador en voltios (V).

A unidade de capacidade é o **faradio** [F]. O faradio é unha unidade moi grande polo que se adoitan utilizar os seus submúltiplos.

- O microfaradio: $1 \mu F = 10^{-6} F$
- O nanofaradio: $1 nF = 10^{-9} F$
- O picofaradio: $1 pF = 10^{-12} F$

EXERCICIO

27. Calcular a carga eléctrica almacenada por un condensador de 2.200 μF de capacidade cando se conecta a unha pila de 4,5 V.

Nun condensador canto maior sexa a superficie do dieléctrico, canto menor sexa a distancia entre as armaduras e canto mellor sexa a calidade do condensador maior será a capacidade de almacenar cargas. No caso dun condensador formado por placas paralelas, a súa capacidade pódese calcular mediante a seguinte expresión:

$$C = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{S}{d}$$

Onde:

- ϵ_r é a permeabilidade relativa ao baleiro da substancia illante.
- ϵ_0 é a permeabilidade do baleiro en F/m. $\epsilon_0 = 8,8542 \cdot \frac{10^{-12} \text{ F}}{\text{m}} = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot 9 \cdot 10^9} \text{ F/m.}$
- S é a superficie das armaduras que se mide en m^2 .
- d é o espesor do dieléctrico se mídese en m.

A **permeabilidade relativa ou constante dieléctrica**, ϵ_r é a razón entre a densidade de fluxo eléctrico producido no dieléctrico e o producido no espazo libre pola mesma forza eléctrica. Na seguinte táboa aparecen reflectidos os valores da constante dieléctrica dos materiais máis comúns.

Substancia	Permeabilidade relativa, ϵ_r	Substancia	Permeabilidade relativa, ϵ_r
Aire	1	Goma	3
Papel	1,5	PVC	3,5
Caucho	2,3	Celuloide	4
Parafina	2,5	Seixo	4,5
Polietileno	2,5	Baquelita	4,5
Poliéster	2,5	Vidro	6
Porcelana	2,5	Mica	6
Aceite trafos	2,6	Esteatita	6
Ebonita	2,8	Neopreno	7
Ámbar	2,9	Mármore	8

A propiedade dos materiais illantes de opóñense a ser perforados por unha corrente eléctrica denomínase rixidez dieléctrica. O seu valor exprésase pola relación entre a tensión máxima que soporta sen perforarse o dieléctrico e o seu espesor en kV/cm.

Substancia	Rixidez dieléctrica kV/cm	Substancia	Rixidez dieléctrica kV/cm
Papel	90	Baquelita	180
Porcelana	100	Caucho	230
Goma	130	PVC	250
Aceite trafos	140	Ebonita	300
Parafina	150	Polietileno	350
Vidro	160	Mica	650

EXERCICIOS

28. Calcular a capacidade dun condensador se as súas placas son de $0,1 \text{ m}^2$, a distancia entre placas de $0,3 \text{ mm}$ e o dieléctrico é de: a) aire; b) poliéster.
29. Calcular a capacidade dun condensador de placas paralelas enfrontadas de superficie $20 \times 30 \text{ cm}$, separadas 1 cm mediante un dieléctrico de PVC. Que carga almacena se se somete a unha tensión de 14 V ? Que tensión pode soportar sen perforar o seu dieléctrico?

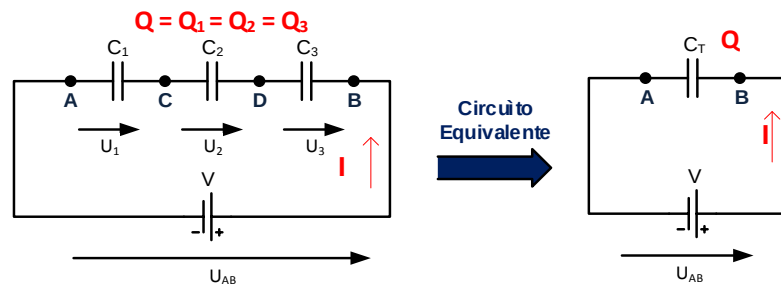
14. CAPACIDADE EQUIVALENTE

14.1. Condensadores en serie

Nunha asociación serie de condensadores:

- A carga é única en todos eles e igual á total, $Q = Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots = Q_n$.
- As tensións son distintas, inversamente proporcionais á súa capacidade. A tensión total é a suma das tensións parciais, $U_T = U_1 + U_2 + U_3$.

Na figura seguinte, pódense ver tres condensadores conectados en serie:



$$U_T = U_1 + U_2 + U_3 = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2} + \frac{Q_3}{C_3} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3}$$

Igualando este valor da tensión polo que adquire coa capacidade equivalente:

$$U_T = Q \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right) = \frac{Q}{C_T}; \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

E a capacidade equivalente dunha conexión de n condensadores é:

$$C_T = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}}$$

EXERCICIO

30. Calcular a capacidade equivalente dunha conexión serie de tres condensadores, de capacidades $C_1 = 10 \text{ nF}$, $C_2 = 100 \text{ nF}$, $C_3 = 150 \text{ nF}$.

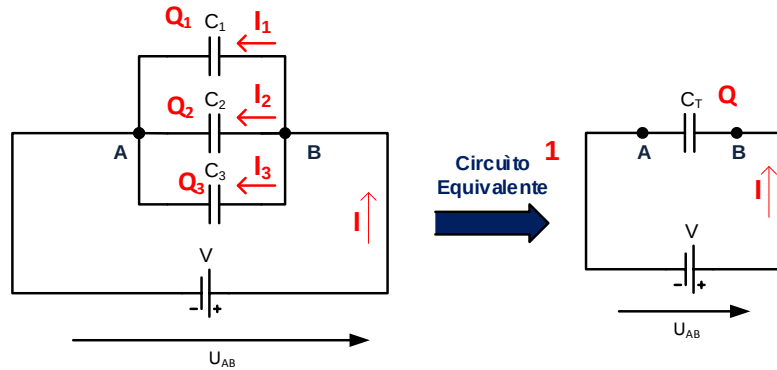
14.2. Condensadores en paralelo

Nunha asociación paralelo de condensadores:

- A carga total é a suma das cargas parciais dos condensadores $Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n$.
- A tensión é única para todos eles e igual á total $U_T = U_1 = U_2 = \dots = U_n$.

Na figura seguinte, pódense ver tres condensadores conectados en paralelo:

$$Q_1 = C_1 \cdot U_{ab}; \quad Q_2 = C_2 \cdot U_{ab}; \quad Q_3 = C_3 \cdot U_{ab};$$



A carga total do sistema é a suma das cargas de cada condensador:

$$Q_T = C_T \cdot U_{ab} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = C_1 \cdot U_{ab} + C_2 \cdot U_{ab} + C_3 \cdot U_{ab} = (C_1 + C_2 + C_3) \cdot U_{ab};$$

No caso xeral de N condensadores pódese afirmar que

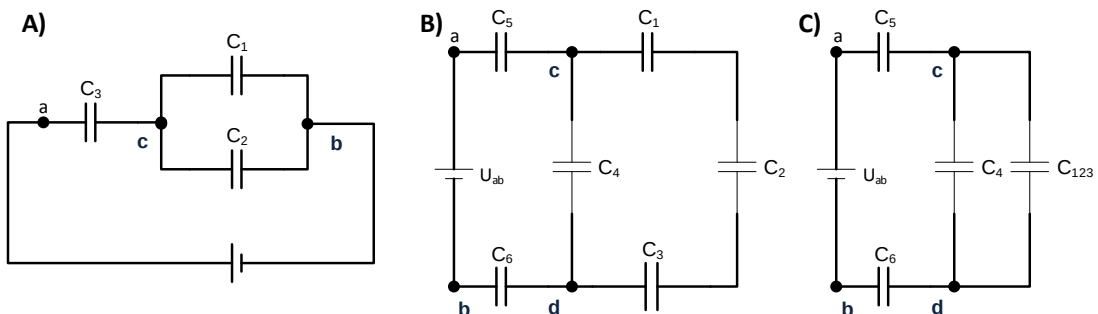
$$C_T = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

EXERCICIO

31. Calcular a capacidade equivalente dunha conexión en paralelo de tres condensadores, de capacidades $C_1 = 10 \text{ nF}$, $C_2 = 100 \text{ nF}$, $C_3 = 150 \text{ nF}$.
32. Conéctanse en serie tres condensadores de $4 \text{ }\mu\text{F}$, $8 \text{ }\mu\text{F}$ e $12 \text{ }\mu\text{F}$ a unha fonte de alimentación de 100 V en CC. Calcular a capacidade conseguida polo conxunto, así como a tensión á que traballa cada un dos condensadores

14.3. Condensadores en serie - paralelo

Nese caso resólvese o sistema mediante cálculos selectivos. Calcúlase primeiro a capacidade equivalente das ramas en paralelo e logo a capacidade equivalente das ramas en serie, ou viceversa, segundo cada esquema.



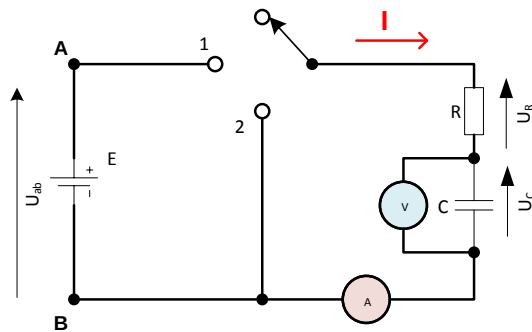
Na imaxe, o circuíto B) pode transformarse no circuíto C), e así consecutivamente.

EXERCICIOS

33. Calcula a capacidade equivalente do circuíto da figura, se o valor das capacidades parciais é: $C_1 = 30 \text{ pF}$, $C_2 = 40 \text{ pF}$, $C_3 = 70 \text{ pF}$.
34. Acóplanse en paralelo tres condensadores de $4 \text{ }\mu\text{F}$, $8 \text{ }\mu\text{F}$ e $12 \text{ }\mu\text{F}$ a unha fonte de alimentación de 100 V en corrente continua. Achar a capacidade do conxunto, así como a tensión á que traballan os condensadores.

15. CARGA E DESCARGA DUN CONDENSADOR

Mediante un circuíto RC (resistencia e condensador) de corrente continua pódese analizar o proceso de carga e descarga de un condensador. Co selector M na posición 1 obtense o proceso de carga, e situando o interruptor M na posición 2, a descarga.

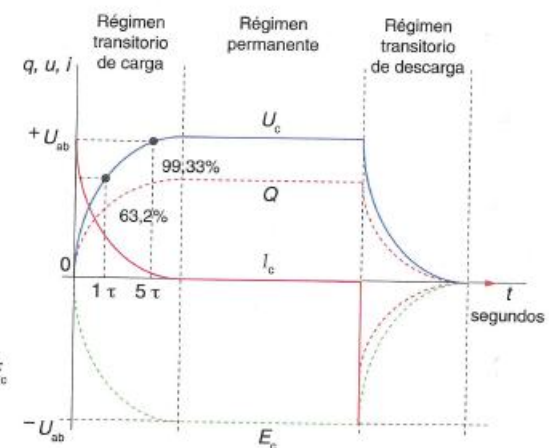


A resistencia R conéctase en serie co condensador para retardar o proceso de carga. O amperímetro mide a intensidade de carga e o voltímetro a tensión á que queda sometido o condensador en todo momento. Ao colocar o conmutador no punto 1 o condensador ponse en contacto co xerador e comeza o seu proceso de carga:

- No inicio $t=0$. Se se parte do condensador descargado, a tensión no condensador é cero ($U_c=0$) e a intensidade será $I = U_{ab}/R$.
- A medida que pasa o tempo vaise cargando o condensador e a tensión U_c deste irá crescendo e a intensidade de carga irase reducindo.
- Ao final $t = \infty$. Pasado un tempo grande, o condensador alcanza a mesma tensión que o xerador $U_c = U_{ab}$, completouse o ciclo de carga e a intensidade queda anulada.
- En réxime permanente en CC, o condensador compórtase como un circuíto aberto de resistencia infinita e a intensidade que circula é cero.**

Este efecto queda representado nas curvas que recollen a variación da intensidade e a tensión co tempo.

Na descarga, o proceso é inverso, como se observa nas curvas da figura anterior Nun primeiro momento a intensidade é grande xa que o condensador ten toda a tensión. Segundo se vai descargando o condensador, a tensión vaise reducindo e, con ela, a intensidade. Cando o condensador se descarga totalmente a intensidade e a



tensión anúlase.

No réxime transitorio, a curva de tensión de carga e descarga do condensador segue unha lei exponencial:

$$U_C(t) = U_f + (U_i - U_f) \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

Onde:

- U_C é a tensión en bornes do condensador no momento t, en voltios (V).
- U_f Tensión final en bornes do condensador (U_{ab} no proceso de carga e 0 no proceso de descarga) en voltios (V).
- U_i Tensión inicial en bornes do condensador (0 no proceso de carga) en voltios (V).
- t o tempo transcorrido (s).
- R é a resistencia a través da que se carga ou descarga o condensador, (Ω).

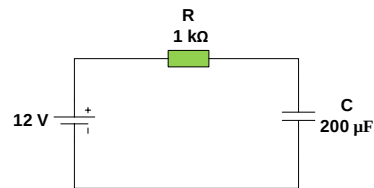
A **constante de tempo, τ** , en segundos [s], é o tempo que inverte un condensador en adquirir o 63,2% da carga total, ou no caso da descarga que a súa tensión descenda ata o 36,8 % do valor inicial. A constante de tempo é igual ao produto de R por C.

$$\tau = R \cdot C$$

Esta constante serve para calcular o tempo de carga ou de descarga dun condensador. En teoría, un condensador tardaría un tempo infinito en cargarse ou descargarse totalmente. Na práctica, pódese comprobar que transcorrido un tempo igual a cinco veces a constante de tempo pódese dar por rematado o proceso de carga ou descarga do condensador.

EXERCICIO

35. Un condensador de 10 μF conéctase en serie cunha resistencia de 2 $\text{M}\Omega$ a unha batería de 10 V. Calcular a constante de tempo e o valor de tensión alcanzado en $t = 1\tau$ e para $t = 5\tau$.
36. Determinar a constante de tempo do condensador do circuíto da figura. Calcular tamén o tempo de carga completa do condensador.



16. ENERXÍA ALMACENADA NUN CONDENSADOR

Por definición, un condensador é un compoñente que presenta a capacidade de almacenar enerxía electrostática. A enerxía total almacenada nun condensador ven dada pola expresión

$$W = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$$

Onde:

- W é a enerxía almacenada por un condensador en joules (J).
- C é a capacidade do condensador en faradios (F).

- U é a tensión en bornes do condensador en voltios (V).

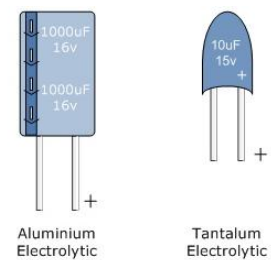
EXERCICIO

37. Calcular a enerxía almacenada nun condensador de 100 nF- 63 V para un 63,2 % da tensión nominal e para réxime permanente.

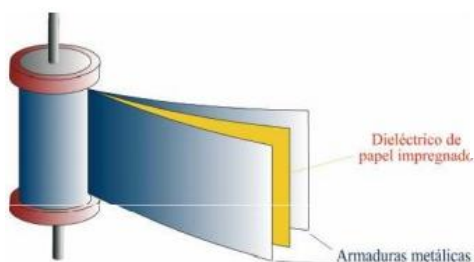
17. CLASIFICACIÓN DOS CONDENSADORES

Os condensadores, igual que calquera outro compoñente electrónico ven definido por unha serie de características, das que se destacan as máis representativas:

- **Capacidade nominal:** é a capacidade medida en submúltiplos de faradio, que se indica en cifras no corpo do condensador ou por cores segundo un código.
- **Tensión de perforación do dieléctrico ou tensión de pico (V_p):** Se o condensador é sometido a unha tensión excesiva, o dieléctrico non poderá soportalo e perforarase. A tensión de perforación é a tensión máxima que é capaz de soportar un condensador sen que se destrúa o seu dieléctrico.
- **Tensión de traballo(V_n):** é a máxima tensión de traballo que pode aplicarse ao condensador en funcionamento continuo sen risco de deterioralo. Tamén está indicada na superficie dos condensadores.
 - A tensión de traballo dun condensador ten unha gran incidencia no tamaño destes. Canta máis tensión de traballo posúa o condensador, maior ten que ser o espesor do dieléctrico.
- **Tolerancia:** é a máxima diferenza admisible entre o valor nominal e o valor real da capacidade. Indícase en % do valor nominal. As tolerancias máis comúns son do 5, 10 e 20 %.



Existe unha gran variedade de tipos de condensadores, dos que convén coñecer as súas características máis importantes para poder utilízalos na aplicación máis axeitada.



- **Condensadores de papel impregnado.** Formados por dúas láminas de aluminio enroladas e separadas por dúas láminas de papel parafinado. Conséguese así

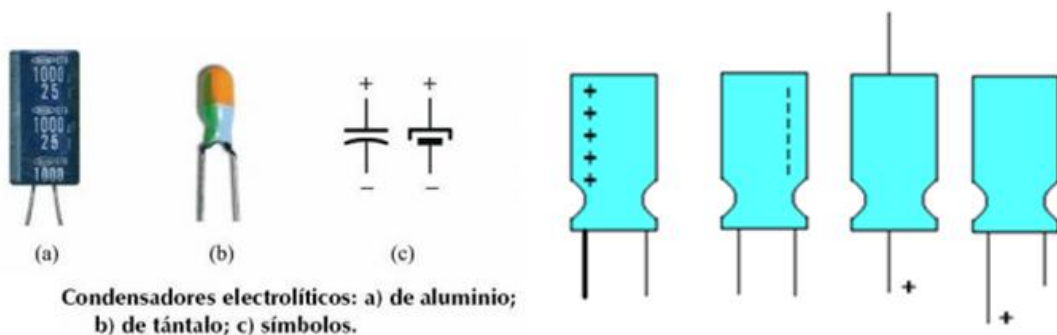
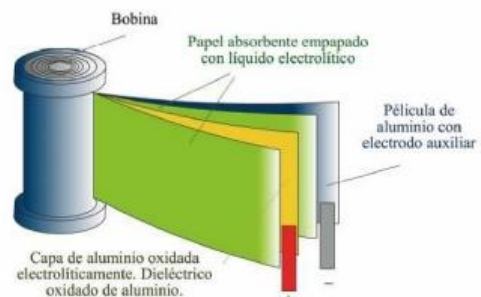
aumentar a superficie das armaduras sen aumentar excesivamente o tamaño do condensador.

- **Condensadores de papel metalizado.** Neste caso o papel é metalizado para evitar que se formen baleiros entre as placas e o dieléctrico. Deste xeito conséguense reducir o seu tamaño. Ademais posúen a propiedade de autorrexenerarse do dieléctrico despois de sufrir unha perforación. Tamén se fabrica unha versión semellante deste condensador utilizando plástico en vez de papel o que da lugar aos condensadores de plástico metalizado (condensadores film ou MK).
- **Condensadores de plástico.** Son de diversos tipos segundo o plástico utilizado coma dieléctrico, sendo os máis utilizados os de poliéster e de estiroflex. Conseguen capacidades relativamente elevadas a tensións que chegan ata 1 000 V e capacidades dende 1 nF ata algúns μF .



- **Condensadores cerámicos.** Formados por unha peza de material cerámico con dúas caras opostas metalizadas. Con eles conséguense valores dende poucos pF ata os 100 nF. Soportan pouca tensión.
- **Condensadores de mica.** Formados por láminas metálicas planas separadas por mica. Adoitan empregarse en circuitos de transmisión e recepción de radio.

- **Condensadores electrolíticos de aluminio.** Están formados por armaduras de aluminio ou tántalo que teñen coma dieléctrico unha capa de óxido de moi pouco espesor, co que conseguen capacidades elevadas. As súas armaduras teñen unha polaridade definida, polo que non poden permutarse a conexión dos seus terminais. Hai que poñer especial atención na identificación da polaridade. As formas máis usuais de indicación por parte dos fabricantes reflíctense na figura:



Os condensadores de potencia adoitan clasificarse segundo o tipo de utilización:

- **Condensadores para alumeado.** Condensadores MPK con filme de polipropileno metalizado. Son cilíndricos e coas súas características gravadas na súa superficie exterior. Fábrícanse para 250 V, desde 2 μF ata 100 μF .
- **Condensadores para motores.** Condensadores de polipropileno metalizado de características semellantes aos anteriores, pero para tensións de 440V e para capacidades desde 2 μF ata capacidades que dan lugar a varios kVAr de potencia.



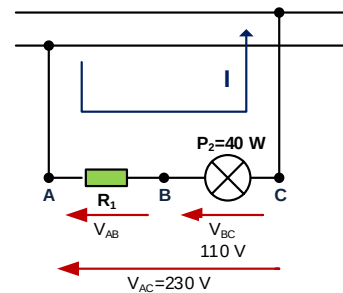
Tipos de condensadores de plástico metalizado (poliéster)		
TIPO	U_n	C_n
MKL ou MKU	25 a 630 V	33 nF a 100 μF
MKT	25 a 630 V	680 pF a 10 μF
MKC	25 a 630 V	1 nF a 1 μF
MKP	0,25 a 40 kV	1,5 nF a 4,7 μF
MKY	0,25 a 40 kV	0,1 nF a 10 μF
KS	25 a 630 V	2 pF a 330 μF
KP	63 a 630 V	2 pF a 100 μF

Bibliografía:

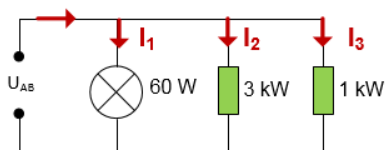
- Electrotecnia, *Germán Santamaría, Agustín Castejón*. Editex.
- Electrotecnia, *Pablo Alcalde San Miguel*. Paraninfo.

EXERCICIOS UNIDADE 2

- Cal será o aumento de temperatura que experimenta unha lámpada incandescente con filamento de volframio se ao medir a súa resistencia a temperatura ambiente (20°C) obtivemos un resultado de $358\ \Omega$, e a resistencia en quente é de $807\ \Omega$?
- Determinar a corrente que aparecerá na lámpada incandescente do exercicio anterior ao conectala a $230\ \text{V}$ e nos seguintes casos:
 - Nada máis conectala.
 - Unha vez acendida.
- Cantos xeradores de $\mathcal{E}=4,6\ \text{V}$ e $r=0,1\ \Omega$ e como se terán que conectar para conseguir unha tensión de saída de $9\ \text{V}$ ao subministrar $3\ \text{A}$ a unha carga?
 - 4 xeradores conectados en circuío mixto: dúas ramas en paralelo e cada unha delas composta por dous xeradores conectados en serie.
 - 2 xeradores conectados en serie.
 - 6 xeradores conectados en circuío mixto: tres ramas en paralelo e cada unha delas composta por dous xeradores conectados en serie.
- Para que unha lámpada de $110\ \text{V}/40\ \text{W}$ non se funda ao conectala a unha rede de $230\ \text{V}$ conéctaselle unha resistencia en serie. Calcular o valor óhmico de esta resistencia, así como a súa potencia.



- Unha liña eléctrica de $230\ \text{V}$ alimenta aos seguinte receptores: unha lámpada incandescente de $60\ \text{W}$, unha cociña eléctrica de $3\ \text{kW}$ e unha estufa de $1\ \text{kW}$. Calcular:



- Intensidade que absorbe cada receptor da rede.
- Resistencia de cada receptor.
- Resistencia total.

- Determinar as magnitudes descoñecidas (I, V, P) de cada unha das resistencias dos circuítos das figuras 1, 2, 3 e 4.

Figura 1

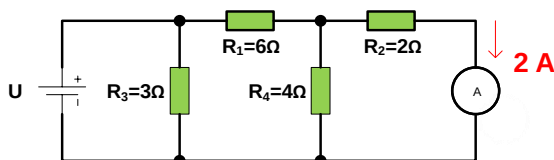


Figura 2

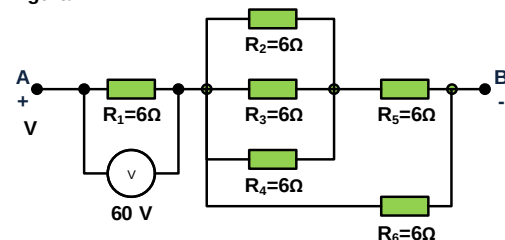
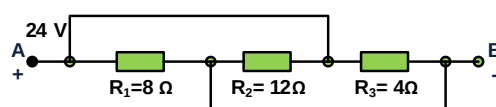
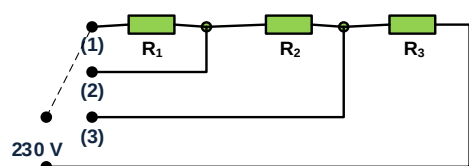


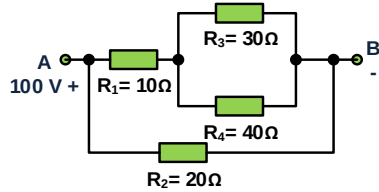
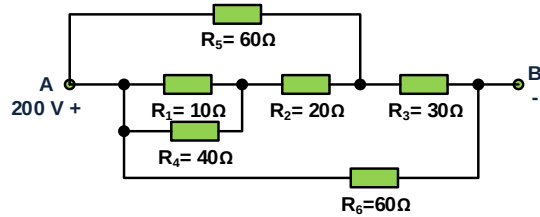
Figura 3



- Para poder graduar a potencia de traballo dun forno eléctrico conéctanse tres resistencias cun conmutador de tres posicións, tal como se indica na figura. A tensión de alimentación é de $230\ \text{V}$. Achar o valor óhmico de cada unha das resistencias para que as potencias en cada un dos puntos de dito conmutador sexan: punto (1) $1\ 000\ \text{W}$; punto (2) $2\ 000\ \text{W}$, e punto (3) $3\ 000\ \text{W}$.

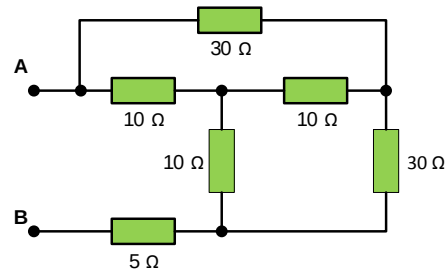
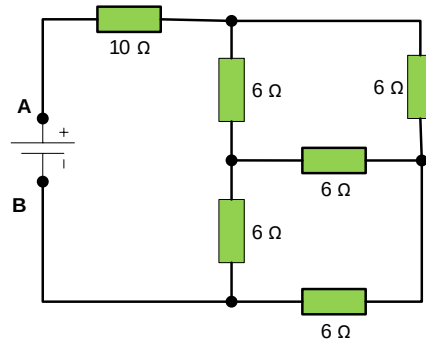
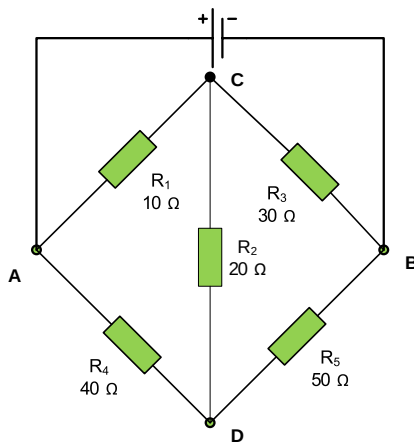


8. Calcula a resistencia equivalente ao circuíto da figura, así como a corrente e potencia que cedería unha fonte de alimentación de 200 V conectada entre os extremos do mesmo.

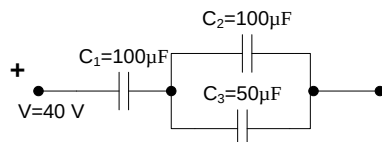


9. Calcula a tensión, intensidade e potencia de cada unha das resistencias, incluída a total, que aparecen no circuíto da figura:

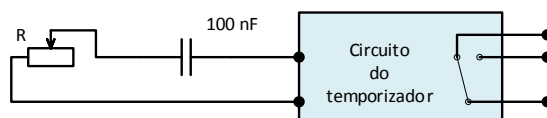
10. Dada a figura, obter a resistencia equivalente entre os puntos A e B.



11. Calcular a carga eléctrica que almacena un condensador de $1000 \mu\text{F}$ cando é sometido ás seguintes tensións: 4V, 20 V e 100 V, respectivamente.
12. ¿Que espesor deberá ter o dieléctrico dun condensador plano de porcelana ($\epsilon=5,5$) para conseguir unha capacidade de 1 nF , se posúe unhas armaduras cunhas dimensións de $50 \text{ cm} \times 2 \text{ cm}$?
13. Determinar a constante de tempo e o tempo que inverte un condensador de $100 \mu\text{F}$ cargado con 24 V en descargarse totalmente a través dunha resistencia de 100Ω .
14. Calcular a capacidade equivalente e a tensión á que queda sometido cada condensador do circuíto da figura



15. Cales deberían ser as dimensións cadradas das armaduras dun condensador con dieléctrico de aire e unha separación entre as mesmas de 1 mm, para conseguir unha capacidade de 1 F?
16. Na figura móstrase un circuíto de retardo RC para un temporizador. Calcular o valor ao que haberá que axustar a resistencia R para conseguir un tempo de retardo de 1 minuto.



17. Sabendo que a enerxía (en joules) E que almacena un condensador de capacidade C cando se carga cunha tensión de V voltios, é $E = \frac{1}{2} CV^2$. Calcular a enerxía almacenada nun condensador de 2000 μF se se conecta a unha fonte de tensión de 100 V.
18. Conéctase en serie un condensador de 6 μF con outro de 3 μF a unha tensión de 100 V. Calcular a capacidade do conxunto así como a carga e a tensión de cada condensador.
19. Conéctase en paralelo un condensador de 5 μF con outro de 15 μF a unha tensión de 100 V. Calcular a capacidade e a carga do conxunto así como a carga de cada condensador.
20. Disponse dun número ilimitado de condensadores de 100 μF de capacidade e 50 V de tensión de traballo. Cantos condensadores deste tipo sería preciso conectar para conseguir un circuíto equivalente cunha tensión de traballo de 200 V e unha capacidade de 25 μF ? Como hai que conectalos?
21. Determinar cantos condensadores de 20 μF de capacidade e 5 V de tensión de traballo hai que conectar para conseguir un equivalente de 20 $\mu\text{F}/10$ V.

Responde ao seguinte test:

1. A condición para conectar n pilas en serie é que teñan:
 - a) Igual que E e r_i .
 - b) Igual E e distinta r_i .
 - c) Distinta E e distinta r_i .
2. A condición para conectar n pilas en paralelo é que teñan:
 - a) Igual que E e r_i .
 - b) Igual E e distinta r_i .
 - c) Distinta E e distinta r_i .
3. A resistencia equivalente de n pilas desiguais en serie ten por valor
 - a) A suma do valor das n resistencias.
 - b) produto de todas elas.
 - c) produto do valor dunha delas por n .
4. A tensión total dun circuíto serie de n resistencias é igual a:
 - a) A suma de todas as tensións parciais.
 - b) Un valor único de todas elas.
 - c) Ao valor dunha delas dividido polo número de resistores.
5. A resistencia equivalente de n resistencias iguais conectadas en paralelo ten por valor:
 - a) A suma do valor das n resistencias.
 - b) produto de todas elas.
 - c) valor de unha delas dividido por n .
6. A tensión total dun circuíto paralelo de n resistencias é igual a:
 - a) A suma de todas as resistencias parciais.
 - b) Un valor único a todas elas , igual ao da rede.
 - c) valor dunha delas dividido por n .
7. As transformacións estrela-triángulo equivalente facilitánnos a resolución de circuítos que non se poden simplificar mediante a resistencia equivalente das conexións:
 - a) Serie.
 - b) Paralelo.
 - c) Ambas as dúas.
8. O valor da resistencia dun amperímetro é da orde de ..., mentres que o valor da resistencia dun voltímetro é moi ..., da orde de...
 - a) Decenas de ohmios – pequena – ohmios.
 - b) Miliohmios – grande – kiloohmios.
 - c) Kiloohmios – grande - kiloohmios.
9. Que ocorre se nun circuíto dunha lámpada alimentada por unha fonte de alimentación de corrente continua, intercalamos en serie un condensador?
 - a) A lámpada acéndese durante un pequeno tempo e logo apágase totalmente.
 - b) A lámpada acéndese normalmente.
 - c) A lámpada acéndese e apágase constantemente.
10. Que vantaxes aporta a conexión de condensadores en serie?
 - a) Auméntase a capacidade do conxunto de condensadores acoplados.
 - b) Conséguese aumentar a tensión de traballo do conxunto de condensadores acoplados.
 - c) Auméntase a tensión e a capacidade.