11-1 Introducción

1. El capacitor de la figura 11-50 esta descargado.
   a. ¿Cuál es el voltaje y la corriente del capacitor justo después de que se cierre el interruptor?

$$E = 20V\ , R = 4\Omega \quad i = 0A\ interruptor\ abierto$$

Posición de carga

$$I = \frac{E}{R} = \frac{20V}{4\Omega} = 5A$$
$$0V\ : 5A$$

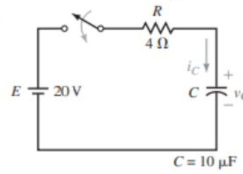


FIGURA 11-50

   b. ¿Cuál es el voltaje y la corriente del capacitor después de que está totalmente cargado?

$$v_c = 0V \rightarrow 20V$$
$$I = \frac{E}{R} = \frac{0V}{4\Omega} = 0A$$
$$20V\ : 0A$$

3.
a. ¿A qué se parece un capacitor descargado en el instante que se conecta el interruptor?
   Cortocircuito
b. ¿Cómo se ve un capacitor cargado en el instante que se acciona el interruptor?
   Fuente de voltaje
c. ¿A qué se parece un capacitor en estado estable de cd?
   Circuito abierto
d. ¿Qué se quiere decir con i (0^-) y con i (0^+)?
   i (0’’) = corriente justo antes de t=0s.
   i (0^+) = corriente justo después de t=0s.
5. Para un circuito de carga, $R = 5.6k\ \Omega$ y $v_c(0^-) = 0V$. Si i (0^+)=27mA, ¿Cuál es el valor de E?

$$v_R = Ri_c$$
$$v_R = 5.6k\ \Omega * 2.7\text{mA}$$
$$v_R = 15.1V$$
$$E = v_c + v_R$$
$$E = 0V + 15.1V = 15.1V$$

11-2 Ecuaciones de carga del capacitor

7. Repita el problema 6 si R=500Ω, C=25uF y E = 45V, pero ahora calcule y grafique valores en t = 0^+ s, 20, 40, 60, 80 y 100ms.
   a. $v_c = E\left(1 - e^{-t}/_{RC}\right)$

$$v_c = 45\left(1 - e^{-t}/_{RC}\right)$$
$$v_c = 45\left(1 - e^{-t}/_{0.0125}\right)$$

$$v_c = 45(1 - e^{-80t})V$$

   b. $i_c = \left({}^{E}/_{R}\right)e^{-t/RC}$

$$i_c = (E/R)e^{-t/RC}$$
$$i_c = (45/500)e^{-80t}$$
$$i_c = (45/500)e^{-80t}$$
$$i_c = (45/500)e^{-80t}$$
$$i_c = 90e^{-80t}\ mA$$

c.

t(ms)	v_c (V)	i_c (mA)
0	0	90
20	35.9	18.2
40	43.2	3.67
60	44.6	0.741
80	44.93	0.150
100	44.98	0.030

9. Repita el problema 8 para el circuito de la figura 11-52

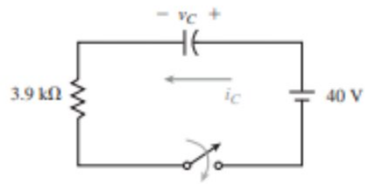


FIGURA 11-52 $C = 10\ \mu F$, $V_0 = 0\ V$.

$$v_c = E\left(1 - e^{-t/RC}\right)$$
$$v_c = 40\left(1 - e^{-t/RC}\right)$$
$$v_c = 40\left(1 - e^{-t/0.039}\right)$$

$$v_c = 40\left(1 - e^{-t/39\ ms}\right)V$$

$$i_c = (E/R)e^{-t/RC}$$
$$i_c = (40/3900)e^{-t/39\ ms}$$
$$i_c = (4/390)e^{-t/39\ ms}$$
$$i_c = 10.3e^{-t/39\ ms}\ mA$$

Para t=50 ms

$$v_c = 40\left(1 - e^{-50/39\ ms}\right)V$$

$$v_c = 28.9V$$

$$i_c = 10.3e^{-50/39\ ms}\ mA$$
$$i_c = 2.86\ mA$$

11. Determine la constante de tiempo para el circuito de la figura 11-50. ¿Cuánto tiempo (en segundos) tardará el capacitor en cargarse?

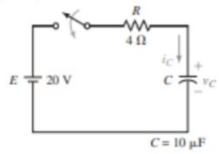


FIGURA 11-50

$$\tau = RC(segundos, s)$$
$$\tau = 4\Omega(10\mu F)$$
$$\tau = 40\mu s$$
$$5\tau = 200\mu s$$

13. Para la figura 11-50, el voltaje del capacitor con el interruptor abierto es de 0V. Cierre el interruptor en t=0 y determine el voltaje y corriente del capacitor en t = (0^{+}) 40, 80, 120, 160, 200 μs, use las curvas de constante de tiempo universal.

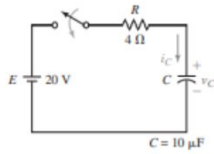


FIGURA 11-50

$$v_c = 20\left(1 - e^{-t/0.0004}\right)$$

$$v_c = 20(1 - e^{-2500t})V$$

$$i_c = (E/R)e^{-t/RC}$$
$$i_c = (20/0.0004)e^{-2500t}$$
$$i_c = (50000)e^{-2500t}$$
$$i_c = 50000e^{-2500t}\ mA$$

t(ms)	v_c (V)	i_c (A)
0	0	5
40	12.6	1.84
80	17.3	0.675
120	19	0.249
160	19.6	0.092
200	19.9	0.034

15. Para la figura 11-2, la corriente se eleva a 3 mA cuando el interruptor se cierra. El capacitor tarda 1 s para cargarse. Si $E = 75$ V, determine R y C.

$\therefore 5\tau = 1\text{s} \quad \tau = \frac{1}{5}$

$\therefore \tau = 0.2\text{s}$

$i(0^+) = 3\text{mA}$

$i_C(0^+) = \frac{E}{R}$

$3\text{mA} = \frac{75\text{V}}{R}$

$R = \frac{75\text{V}}{3\text{mA}}$

$\boxed{R = 25\text{k}\Omega}$

$\tau = RC$

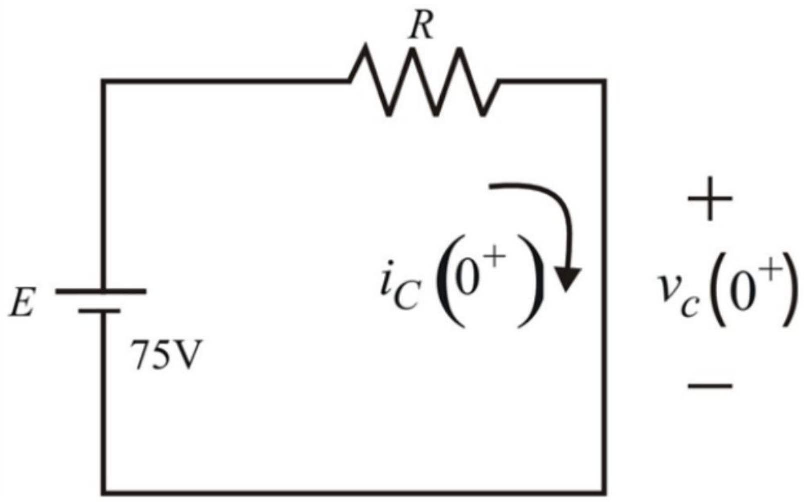
$0.2\text{s} = (25\times10^3\Omega)C$

$C = \frac{25\times10^3\Omega}{0.2\text{s}}$

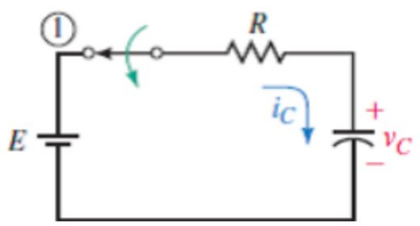
$C = \frac{0.2\text{s}}{25\times10^3\Omega}$

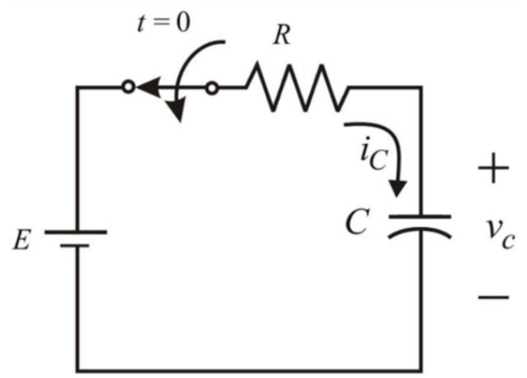
$C = 8\times10^{-6}\text{F}$

$\boxed{C = 8\mu\text{F}}$



17. Para la figura 11-2, determine E, R y C si el capacitor tarda 5 ms en cargarse, la corriente en 1 constante de tiempo después de que el interruptor se cierra es de 3.679 mA, y el capacitor se carga a 45 volts en estado estable.





$$\therefore 5\tau = 5\text{ms} \quad \tau = \frac{5\times 10^{-3}}{5}$$

$$\therefore \tau = 1\text{ms} \qquad \qquad ....(1)$$

$$i_C(\tau) = 3.679\text{mA}$$

$$i_C(\tau) = \frac{E}{R}e^{-\frac{\tau}{\tau}}$$

$$3.679\text{mA} = \frac{E}{R}e^{-1}$$

$$3.679\text{mA} = \frac{E}{R}e^{-1}$$

$$3.679\text{mA} = \frac{E}{R}e^{-1}$$

$$3.679\text{mA} = \frac{E}{R}(0.3679)$$

$$\frac{E}{R} = 10\text{mA} \qquad \qquad ....(2)$$

$$E = 45V$$

$$\frac{45\text{V}}{R} = 10\text{mA}$$

$$R = \frac{45\text{V}}{10\times 10^{-3}\text{A}}$$

$$\boxed{\therefore R = 4.5\text{k}\Omega}$$

$$\tau = RC$$

$$1\text{ms} = (4.5\text{k}\Omega)C$$

$$C = \frac{1\text{ms}}{4.5\text{k}\Omega}$$

$$C = \frac{1\text{ms}}{4.5\text{k}\Omega}$$

$$C = 0.222\times 10^{-6}\text{F}$$

$$\boxed{C = 0.222\mu\text{F}}$$

11-3 Capacitores con un voltaje inicial

19. El capacitor de la figura 11-50 tiene un voltaje inicial. Si $V_0 = 10$ V, ¿cuál es la corriente justo después de que el interruptor se ha cerrado?

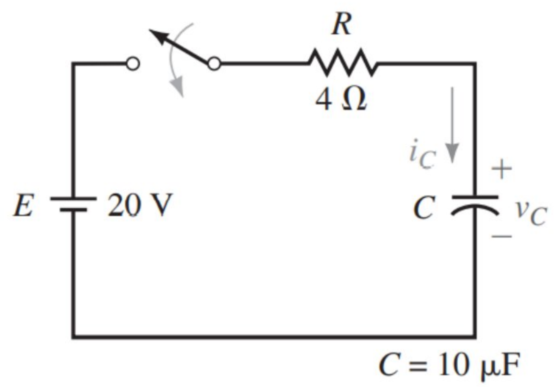


FIGURA 11-50

$$i_C\left(0^+\right) = \frac{(20-10)\,\text{V}}{4\Omega}$$

$$i_C\left(0^+\right) = \frac{10\text{V}}{4\Omega}$$

$$\boxed{i_C\left(0^+\right) = 2.5\text{A}}$$

21. Para el capacitor de la figura 11-51, $V_0 = 30$ V.
    a. Determine la expresión para el voltaje de carga v_C.
    b. Determine la expresión para la corriente i_C.
    c. Grafique v_C e i_C.

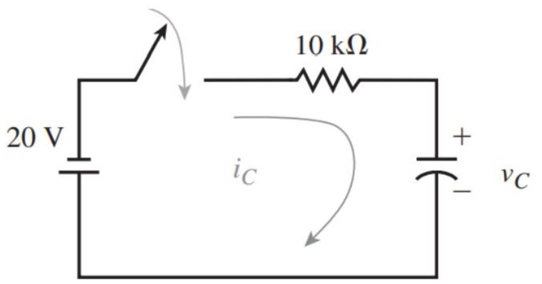


FIGURA 11-51 $V_0 = 0$ V, $C = 10$ μF.

$$\tau = RC$$

$$\tau = \left(10\times10^{3}\Omega\right)\left(10\times10^{-6}\text{F}\right)$$

$$\tau = 100\times10^{-3}\text{s}$$

$$\tau = 0.1\text{s}$$

$$\therefore v_C = -20 + \left(30+20\right)e^{-\frac{t}{\tau}}\ \text{V}$$

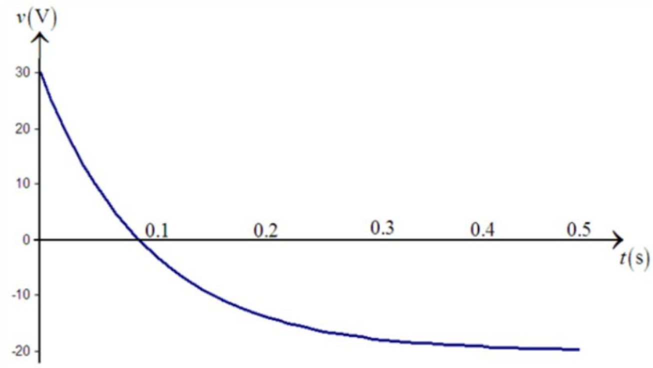
$$v_C = -20 + 50e^{-\frac{t}{0.1}}\ \text{V}$$

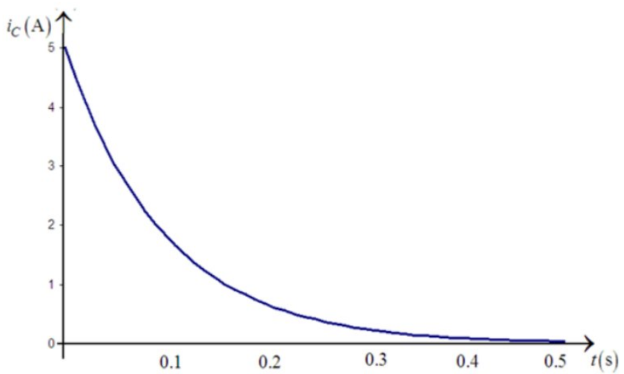
$$\boxed{v_C = -20 + 50e^{-10t}\ \text{V}}$$

$$i_C = \frac{-20-30}{10\times10^{3}}\ e^{-\frac{t}{0.1}}\ \text{A}$$

$$i_C = \frac{-50}{10\times10^{3}}\ e^{-10t}\ \text{A}$$

$$\boxed{i_C = -5e^{-10t}\ \text{mA}}$$





11-4 Ecuaciones de descarga del capacitor

23. Para el circuito de la figura 11-53, suponga que el capacitor está cargado a 50 V antes de que el interruptor se cierre.
    a. Determine la ecuación para el voltaje de descarga v_C.
    b. Determine la ecuación para la corriente de descarga i_C.
    c. Determine la constante de tiempo del circuito.
    d. Calcule v_C e i_C en $t = 0^+$ s, $t = \tau$, 2, 3, 4, y 5τ.
    e. Grafique los resultados del inciso (d) con el eje del tiempo con escalas de segundos y de constantes de tiempo.

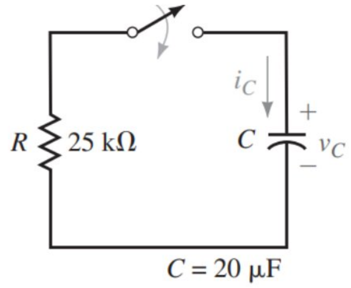


FIGURA 11-53

$\therefore V_0 = 50\text{V}$

$R = 25\text{k}\Omega$

$C = 20\mu\text{F}$

$RC = (25\text{k}\Omega)(20\mu\text{F})$

$RC = \left(25\times10^3\Omega\right)\left(20\times10^{-6}\text{F}\right)$

$RC = \left(25\times10^3\Omega\right)\left(20\times10^{-6}\text{F}\right)$

$RC = 0.5\,\text{s}$

a)

$$v_C = V_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$v_C = 50e^{-\frac{t}{0.5}}$$

$$\boxed{v_C = 50e^{-2t}\ \text{V}}$$

b)

$$i_C = -\frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$i_C = -\frac{50\text{V}}{25\text{k}\Omega} e^{-\frac{t}{0.5}}$$

$$i_C = -2\times10^{-3}\ e^{-2t}\text{A}$$

$$\boxed{i_C = -2e^{-2t}\text{mA}}$$

c)

$$\tau = RC$$

$$RC = 0.5\text{s}$$

$$\boxed{\tau = 0.5\text{s}}$$

d)

$$v_C = 50e^{-2t}\ \text{V}$$

$$v_C = 50e^{-2(0)}\ \text{V}$$

$$v_C = 50(1)\text{V}$$

$$\boxed{v_C = 50\text{V}}$$

$$i_C = -2e^{-2t}\text{mA}$$

$$i_C = -2e^{-2(0)}\text{mA}$$

$$\boxed{i_C = -2\text{mA}}$$

$$v_C = 50e^{-2(0.5)}\ \text{V}$$

$$v_C = 50e^{-1}\ \text{V}$$

$$v_C = 50(0.3678)\text{V}$$

$$\boxed{v_C = 18.394\text{V}}$$

$$i_C = -2e^{-2(0.5)}\text{mA}$$

$$i_C = -2e^{-1}\text{mA}$$

$$i_C = -2(0.3678)\text{mA}$$

$$\boxed{i_C = -0.7357\text{mA}}$$

$$\therefore t = 2\tau = 1$$

$$v_C = 50e^{-2(1)}\ \text{V}$$

$$v_C = 50e^{-2}\ \text{V}$$

$$v_C = 50(0.1353)\,\text{V}$$

$$\boxed{v_C = 6.7668\text{V}}$$

$$i_C = -2\,e^{-2(1)}\text{mA}$$

$$i_C = -2\,e^{-2}\text{mA}$$

$$i_C = -2(0.1353)\,\text{mA}$$

$$\boxed{i_C = -0.2706\text{mA}}$$

$$\therefore t = 3\tau = 1.5$$

$$v_C = 50e^{-2(1.5)}\ \text{V}$$

$$v_C = 50e^{-3}\ \text{V}$$

$$v_C = 50(0.0498)\,\text{V}$$

$$\boxed{v_C = 2.4894\text{V}}$$

$$i_C = -2\,e^{-2(1.5)}\text{mA}$$

$$i_C = -2\,e^{-3}\text{mA}$$

$$i_C = -2(0.0498)\,\text{mA}$$

$$\boxed{i_C = -0.0996\text{mA}}$$

$$\therefore t = 4\tau = 2\text{s}$$

$$v_C = 50e^{-2(2)}\ \text{V}$$

$$v_C = 50e^{-4}\ \text{V}$$

$$v_C = 50(0.0183)\,\text{V}$$

$$\boxed{v_C = 0.9157\text{V}}$$

$$i_C = -2e^{-2(2)}\text{mA}$$

$$i_C = -2e^{-4}\text{mA}$$

$$i_C = -2(0.0183)\text{mA}$$

$$\boxed{i_C = -0.0366\text{mA}}$$

$$\therefore t = 5\tau = 2.5\text{s}$$

$$v_C = 50e^{-2(2.5)}\text{ V}$$

$$v_C = 50e^{-5}\text{ V}$$

$$v_C = 50(0.0067)\text{V}$$

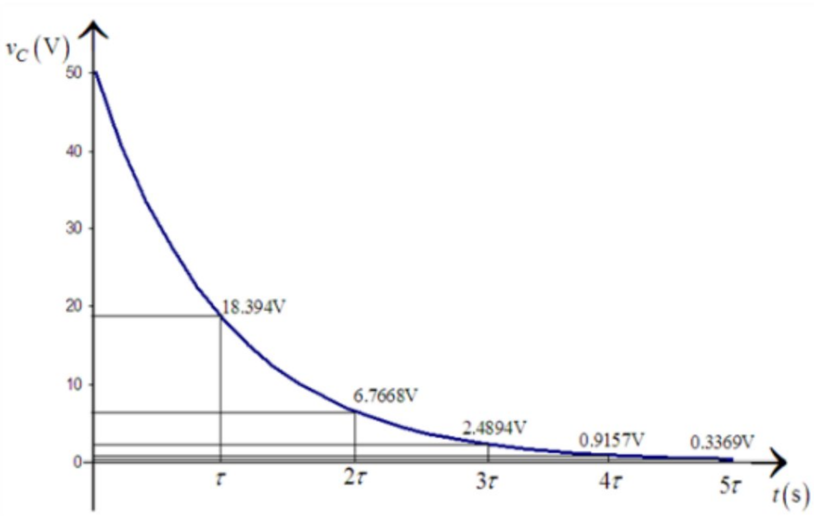
$$\boxed{v_C = 0.3369\text{V}}$$

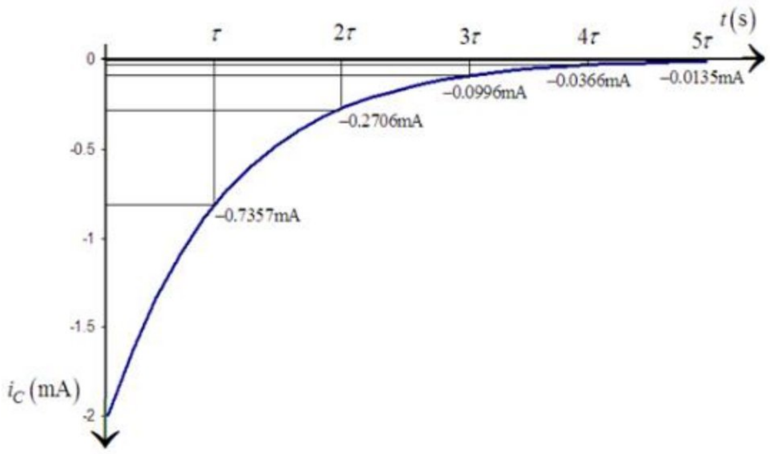
$$i_C = -2e^{-2(2.5)}\text{mA}$$

$$i_C = -2e^{-5}\text{mA}$$

$$i_C = -2(0.0067)\text{mA}$$

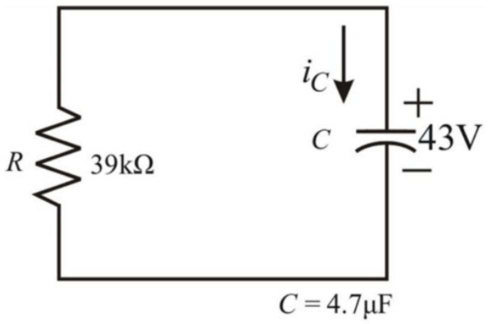
$$\boxed{i_C = -0.0135\text{mA}}$$





$t(\mathrm{s})$
τ
2τ
3τ
4τ
5τ
0
-0.5
-1
-1.5
-2
$i_C\,(\mathrm{mA})$
−0.7357mA
−0.2706mA
−0.0996mA
−0.0366mA
−0.0135mA

25. Un capacitor de 4.7 μF se carga a 43 volts. Si un resistor de 39 kΩ se conecta al capacitor, ¿cuál es el voltaje, 200 ms después de que se conecta el resistor?



$$v_C = V_0 e^{-\frac{t}{RC}}\,\text{V}$$

$$v_C = 43e^{-\frac{t}{39\times10^3\times4.7\times10^{-6}}}\,\text{V}$$

$$v_C = 43e^{-\frac{t}{0.1833}}\,\text{V}$$

$$v_C = 43e^{-\frac{t}{0.1833}}\,\text{V}$$

$$v_C = 43e^{-5.456t}\,\text{V}$$

$$v_C(200\text{ms}) = 43e^{-5.456(200\times10^{-3})}\text{V}$$

$$v_C(200\text{ms}) = 43e^{-5.456(200\times10^{-3})}\text{V}$$

$$v_C(200\text{ms}) = 43e^{-1.091}\text{V}$$

$$v_C(200\text{ms}) = 43(0.336)\,\text{V}$$

$$\boxed{v_C(200\text{ms}) = 14.45\ \text{V}}$$

27. Para la figura 11-54, sea $E = 200$ V, $R_2 = 1$ kΩ y $C = 0.5$ μF. Después de que el capacitor está totalmente cargado en la posición 1, el interruptor es movido a la posición 2.

a. ¿Qué voltaje tiene el capacitor inmediatamente después de que el interruptor es movido a la posición 2? ¿Cuál es la corriente?

b. ¿Cuál es la constante de tiempo de descarga?

c. Determine las ecuaciones de descarga para v_C e i_C.

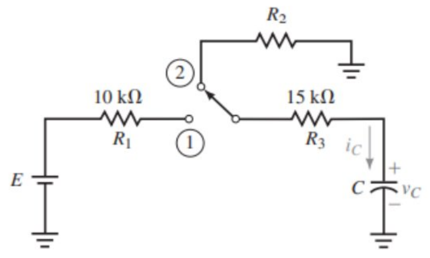
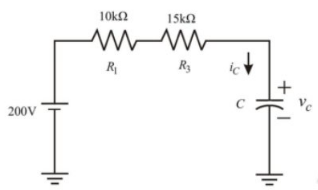


FIGURA 11-54

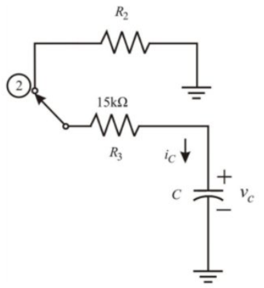
a.



$$E = 200\text{V}$$

$$v_C = V$$

$$v_C = V = 200\text{V}$$



$$i_C = -\frac{200}{R_2 + R_3}$$

$$i_C = -\frac{200\text{V}}{15\text{k}\Omega + 1\text{k}\Omega}$$

$$i_C = -\frac{200\text{V}}{16\text{k}\Omega}$$

$$\boxed{i_C = -12.5\ \text{mA}}$$

b.

$$\tau = R_{th}C$$

$$\tau = (R_2 + R_3)C \quad \tau = (15\text{k}\Omega + 1\text{k}\Omega)(0.5\mu\text{F})$$

$$\tau = (16\text{k}\Omega)(0.5\mu\text{F})$$

$$\tau = (16\text{k}\Omega)(0.5\mu\text{F})$$

$$\tau = 8\text{ms}$$

c.

$$v_C = V_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$V_0 = 200\ \text{V}$$

$$v_C = (200\,\text{V})e^{-\frac{t}{8\text{ms}}}$$

$$\boxed{v_C = 200e^{-125t}\ \text{V}}$$

$$i_C = \frac{V_0}{R_{th}}e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$i_C = -\frac{200\text{V}}{15\text{k}\Omega + 1\text{k}\Omega}e^{-\frac{t}{8\text{ms}}}$$

$$i_C = -\frac{200\text{V}}{16\text{k}\Omega}e^{-\frac{t}{8\text{ms}}}$$

$$\boxed{i_C = -12.5e^{-125t}\ \text{mA}}$$

29. Los capacitores de la figura 11-55 están descargados. El interruptor se cierra en $t = 0$. Determine la ecuación para v_C. Calcule v_C a una constante de tiempo usando la ecuación y la curva de constante de tiempo universal. Compare sus respuestas.

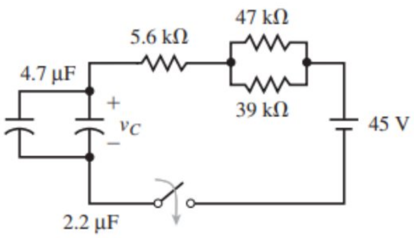


FIGURA 11-55

a.

$$39\text{k}\Omega \parallel 47\text{k}\Omega$$

$$\Rightarrow \frac{39\text{k}\Omega \times 47\text{k}\Omega}{39\text{k}\Omega + 47\text{k}\Omega}$$

$$\Rightarrow \frac{1833\text{k}\Omega}{86\text{k}\Omega}$$

$$\Rightarrow 21.31\text{k}\Omega$$

$$4.7\ \mu\text{F} \parallel 2.2\mu\text{F}$$

$$\Rightarrow 4.7\ \mu\text{F} + 2.2\mu\text{F}$$

$$\Rightarrow 6.9\mu\text{F}$$

$$t = 0$$

$$v_C = E\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

$$\tau = RC$$

$$\tau = (26.9\,\text{k}\Omega)(6.9\mu\text{F})$$

$$\tau = 185.61\text{ms}$$

$$v_C = 45\left(1 - e^{-\frac{t}{185.61\text{m}}}\right)$$

$$v_C = 45\left(1 - e^{-\frac{t}{185.61\times 10^{-3}}}\right)$$

$$\boxed{v_C = 45\left(1 - e^{-5.388t}\right)}$$

$$v_C(1\tau)=45\left(1-e^{-5.388\times(1\tau)}\right)$$

$$v_C(1\tau)=45\left(1-e^{-5.388\times185.61\times10^{-3}}\right)$$

$$v_C(1\tau)=45\left(1-e^{-1}\right)$$

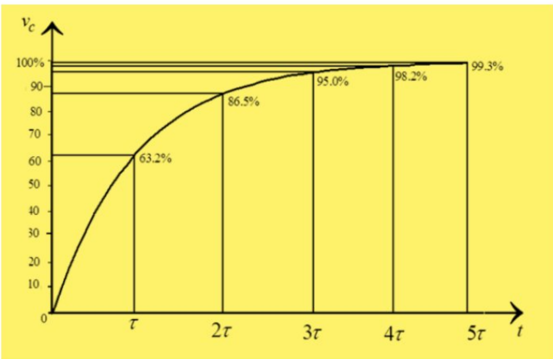
$$v_C(1\tau)=45\left(1-e^{-1}\right)$$

$$v_C(1\tau)=45(1-0.3679)$$

$$v_C(1\tau)=45\times0.632$$

$$\boxed{v_C(1\tau)=28.4\,\text{V}}$$

b.



$$v_C(1\tau)=63.2\times\frac{E}{100}$$

$$v_C(1\tau)=63.2\times\frac{45}{100}$$

$$\boxed{v_C(1\tau)=28.4}$$

31. Repita el problema 30, del inciso (a) al (c) para el circuito de la figura 11-57.

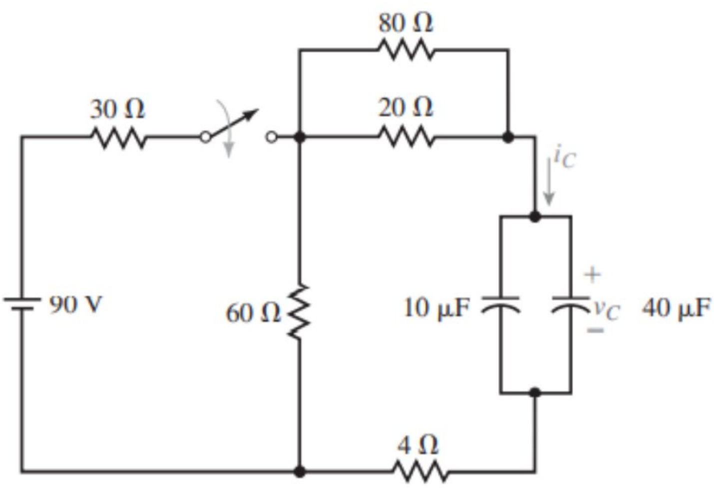
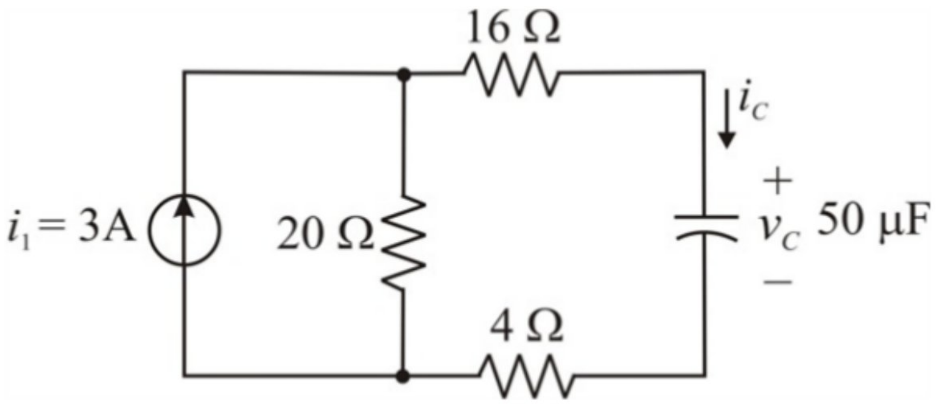


FIGURA 11-57



$$i_1 = \frac{90\,\text{V}}{30\ \Omega} = 3\,\text{A}$$

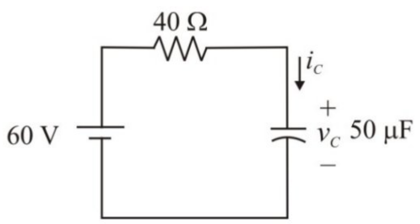
$$R_{eq1} = 30\Omega \,||\, 60\Omega = \frac{30\times 60}{30+60} = 20\ \Omega$$

$$R_{eq2} = 20\ \Omega \,||\, 80\ \Omega = \frac{20\times 80}{20+80} = 16\ \Omega$$

$$c_{eq} = 40\,\mu\text{F} + 10\,\mu\text{F} = 50\,\mu\text{F}$$

$$v_1 = 3\,\text{A}\times 20\ \Omega = 60\,\text{V}$$

$$R_{eq} = 20\Omega + 16\Omega + 4\Omega = 40\ \Omega$$



$$\tau = R_{eq}C_{eq} = 40\times 50\times 10^{-6} = 2\times 10^{-3} = 2\,\text{ms}$$

$$v_C = E\left(1-e^{-\frac{t}{\tau}}\right) = 60\left(1-e^{-\frac{t}{2\times 10^{-3}}}\right) = 60\left(1-e^{-500t}\right)\ \text{V}$$

$$i_C = \frac{E}{R}e^{-\frac{t}{\tau}} = \left(\frac{60}{40}\right)e^{-\frac{t}{2\times 10^{-3}}} = 1.5e^{-500t}\ \text{A}$$

b.

Para $t=0^+$

$$v_C = 60\left(1-e^{-500(0)}\right)$$
$$= 60\left(1-e^{-0}\right)$$
$$= 60(1-1)$$
$$= 0 \text{ V}$$

Para $t = 4$ ms

$$v_C = 60\left(1-e^{-500(4\,\text{ms})}\right)$$
$$= 60\left(1-e^{-2}\right)$$
$$= 60(1-0.1353)\text{V}$$
$$= 51.88 \text{ V}$$

Para $t = 2$ ms

$$v_C = 60\left(1-e^{-500(2\,\text{ms})}\right)$$
$$= 60\left(1-e^{-1}\right)$$
$$= 60(1-0.3679)$$
$$= 37.93 \text{ V}$$

Para $t = 8\,\text{ms}$

$$i_C = 1.5e^{-500(8\,\text{ms})}$$
$$= 1.5e^{-4}$$
$$= 1.5(0.01832)$$
$$= 0.027 \text{ A}$$

Para $t = 10\,\text{ms}$

$$i_C = 1.5e^{-500(10\,\text{ms})}$$
$$= 1.5e^{-5}$$
$$= 1.5\left(6.7379\times10^{-3}\right)$$
$$= 10.1 \text{ mA}$$

Para $t = 12\,\text{ms}$

$$i_C = 1.5e^{-500(12\,\text{ms})}$$
$$= 1.5e^{-6}$$
$$= 1.5\left(2.4787\times10^{-3}\right)$$
$$= 3.72 \text{ mA}$$

32. Considere otra vez la figura 11-54. Suponga que E = 80 V, R_2 = 25 kΩ y C = 0.5 μF:

a. ¿Cuál es la constante de tiempo de carga?

b. ¿Cuál es la constante de tiempo de descarga?

c. Con el capacitor inicialmente descargado, mueva el interruptor a la posición 1 y determine las ecuaciones para v_C e i_C durante la carga.

d. Mueva el interruptor a la posición de descarga. ¿Cuánto tiempo tarda el capacitor en descargarse?

e. Grafique v_C e i_C desde el momento en que el interruptor se coloca en la posición de carga hasta que el capacitor está totalmente cargado. Suponga que el interruptor está en la posición de carga durante 80 ms.

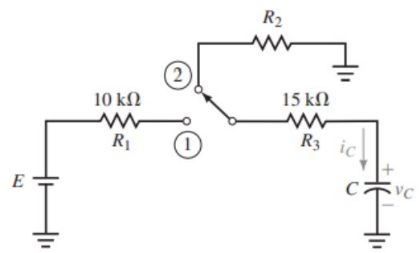
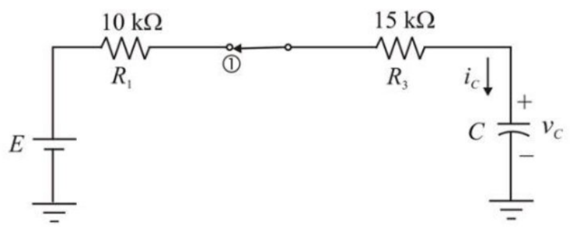


FIGURA 11-54

a.



$E = 80\,\text{V}$

$R_2 = 25\,\text{k}\Omega$

$C = 0.5\,\mu\text{F}$

$\tau = R_{equ}C$

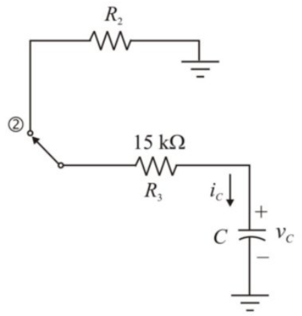
$R_{equ} = 10\,\text{k}\Omega + 15\,\text{k}\Omega$

$\therefore R_{equ} = 25\,\text{k}\Omega$

$\tau = 25\,\text{k}\Omega \times 0.5\,\mu\text{F}$

$\therefore \boxed{\tau = 12.5\,\text{ms}}$

b.



$\tau = R_{equ}C$

$R_{equ} = R_2 + 15\,\text{k}\Omega$

$R_{equ} = 25\,\text{k}\Omega + 15\,\text{k}\Omega$

$\therefore R_{equ} = 40\,\text{k}\Omega$

$\tau = 40\,\text{k}\Omega \times 0.5\,\mu\text{F}$

$\therefore \boxed{\tau = 20\,\text{ms}}$

c.

$\tau = R_{equ}C$

$R_{equ} = 10\,\text{k}\Omega + 15\,\text{k}\Omega$

$\therefore R_{equ} = 25\,\text{k}\Omega$

$\tau = 25\,\text{k}\Omega \times 0.5\,\mu\text{F}$

$\therefore \tau = 12.5\,\text{ms}$

$$v_C = E\left(1-e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

$$v_C = 80\,\text{V}\left(1-e^{-\frac{t}{12.5\,\text{ms}}}\right)$$

$$\therefore \boxed{v_C = 80\left(1-e^{-80t}\right)\text{V}}$$

$$i_C = \frac{E}{R_{\text{equ}}}e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$i_C = \frac{80\,\text{V}}{25\,\text{k}\Omega}e^{-\frac{t}{12.5\,\text{ms}}}$$

$$\therefore \boxed{i_C = 3.2\,e^{-80t}\ \text{mA}}$$

d.

$$t = 5\tau$$

$$t = 5\left(20\,\text{ms}\right)$$

$$\therefore \boxed{t = 0.1\,\text{s}}$$

e.

$$R_{\text{equ}} = 25\,\text{k}\Omega + 15\,\text{k}\Omega$$

$$\therefore R_{\text{equ}} = 40\,\text{k}\Omega$$

$$\tau = R_{\text{equ}}C$$

$$\tau = 40\,\text{k}\Omega \times 0.5\,\mu\text{F}$$

$$\therefore \boxed{\tau = 20\,\text{ms}}$$

$$v_C\left(80\,\text{ms}\right) = 80\left(1-e^{-80(80\text{m})}\right)\text{V}$$

$$v_C\left(80\,\text{ms}\right) = 80\left(1-e^{-6.4}\right)\text{V}$$

$$v_C\left(80\,\text{ms}\right) = 80\left(1-1.662\times10^{-3}\right)\text{V}$$

$$v_C\left(80\,\text{ms}\right) = 80\left(0.998338\right)\text{V}$$

$$v_C\left(80\,\text{ms}\right) \approx 80\ \text{V}$$

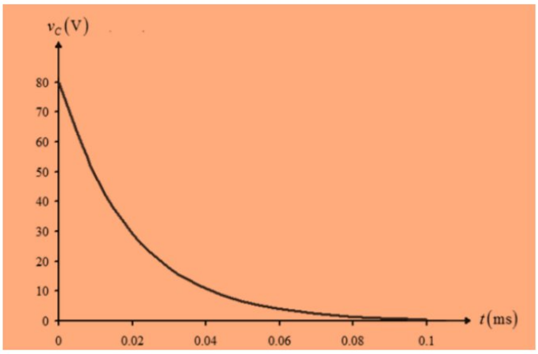
$$v_C = 80\ e^{-\frac{t}{20\,\text{ms}}}\ \text{V}$$

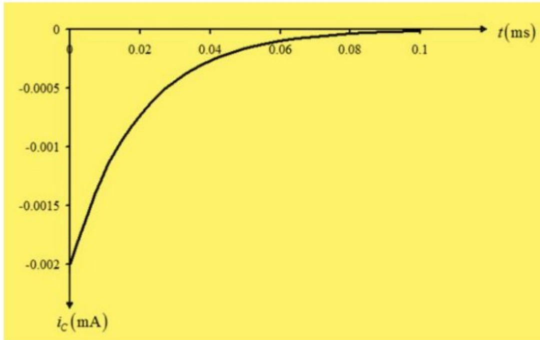
$$\therefore \boxed{v_C = 80\,e^{-50t}\ \text{V}}$$

$$i_C = -\frac{V_o}{R_{\text{equ}}}e^{-\frac{t}{\tau}}\ \text{A}$$

$$i_C = -\frac{80\,\text{V}}{40\,\text{k}\Omega}e^{-\frac{t}{20\,\text{ms}}}\ \text{A}$$

$$\therefore \boxed{i_C = -2e^{-50t}\ \text{mA}}$$





35. Determine los voltajes del capacitor y la corriente de la fuente para el circuito de la figura 11-60 después de que se alcanzó el estado estable.

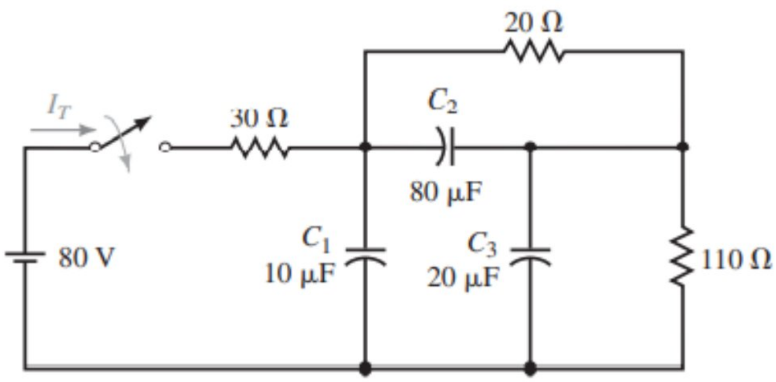


FIGURA 11-60

$$I_T = \frac{80\,\text{V}}{30\,\Omega + 20\,\Omega + 110}$$

$$I_T = \frac{80\,\text{V}}{160\,\Omega}$$

$$\therefore \boxed{I_T = 0.5\,\text{A}}$$

$$V_{C3} = I_T \times 110\,\Omega$$

$$V_{C3} = 0.5\,\text{A} \times 110\,\Omega$$

$$\therefore \boxed{V_{C3} = 55\,\text{V}}$$

$$-V_{C1} + V_{C2} + V_{C3} = 0$$

$$V_{C2} = I_T \times 20\,\Omega \qquad V_{C1} = V_{C2} + V_{C3}$$

$$V_{C2} = 0.5\,\text{A} \times 20\,\Omega \qquad V_{C1} = 55\,\text{V} + 10\,\text{V}$$

$$\therefore \boxed{V_{C2} = 10\,\text{V}} \qquad \therefore \boxed{V_{C1} = 65\,\text{V}}$$

37. Para el circuito de alarma de la figura 11-32, si la entrada desde el sensor es de 5 V, $R = 750\ \text{k}\Omega$ y la alarma es activada en 15 s cuando $v_C = 3.8$ V, ¿qué valor tiene C?

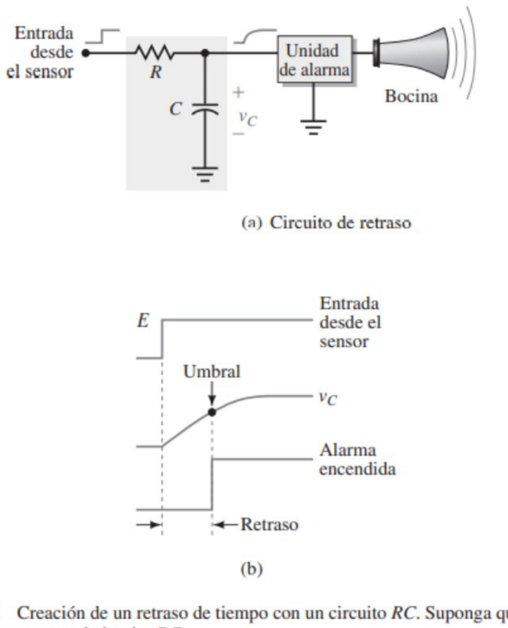


FIGURA 11-32 Creación de un retraso de tiempo con un circuito *RC*. Suponga que la unidad de alarma no carga al circuito *RC*.

$v_C = 3.8\,\text{V}$

$E = 5\,\text{V}$

$R = 750\,\text{k}\Omega$

$t = 15\,\text{s}$

$$v_C = E\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$$

$$v_C = E - Ee^{-\frac{t}{RC}}$$

$$Ee^{-\frac{t}{RC}} = E - v_C$$

$$e^{-\frac{t}{RC}} = \frac{E - v_C}{E}$$

$$-\frac{t}{RC} = \ln\left(\frac{E - v_C}{E}\right)$$

$$-\frac{15\,\text{s}}{750\,\text{k}\Omega(C)} = \ln\left(\frac{5\,\text{V} - 3.8\,\text{V}}{5\,\text{V}}\right)$$

$$-\frac{15\,\text{s}}{750\,\text{k}\Omega(C)} = \ln\left(\frac{1.2\,\text{V}}{5\,\text{V}}\right)$$

$$-\frac{15\,\text{s}}{750\,\text{k}\Omega(C)} = \ln(0.24)$$

$$-\frac{15\,\text{s}}{750\,\text{k}\Omega(C)} = -1.42712$$

$$\frac{15\,\text{s}}{750\,\text{k}\Omega(C)} = 1.42712$$

$$C = \frac{15\,\text{s}}{1.42712 \times 750\,\text{k}\Omega}$$

$$\therefore \boxed{C = 14\,\mu\text{F}}$$

39. Considere la forma de onda de la figura 11-62.
   a. ¿Cuál es el periodo?
   b. ¿Cuál es el ciclo de trabajo?
   c. ¿Cuál es el VRP?

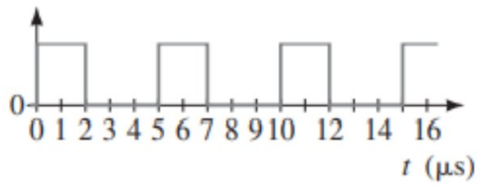
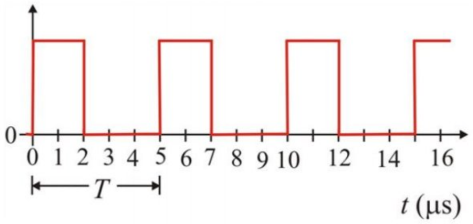


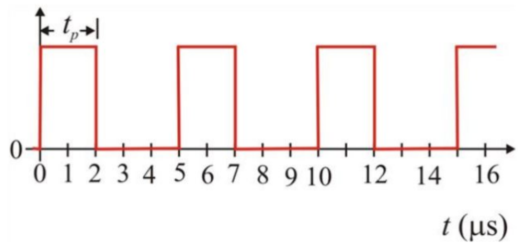
FIGURA 11-62

a.



$$\therefore \boxed{T = 5\,\mu\text{s}}$$

b.



$$t_p = 2\,\mu s$$

$$= \frac{t_p}{T} \times 100\%$$

$$= \frac{2\,\mu s}{5\,\mu s} \times 100\%$$

$$= \boxed{40\%}$$

c.

$$\text{PRR} = \frac{1}{T}$$

$$\text{PRR} = \frac{1}{5\,\mu s}$$

$$\therefore \boxed{\text{PRR} = 200\,000 \text{ pulses/s}}$$

41. Determine el tiempo de subida, de bajada y el ancho de pulso para el pulso de la figura 11-64.

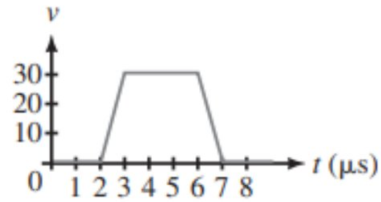


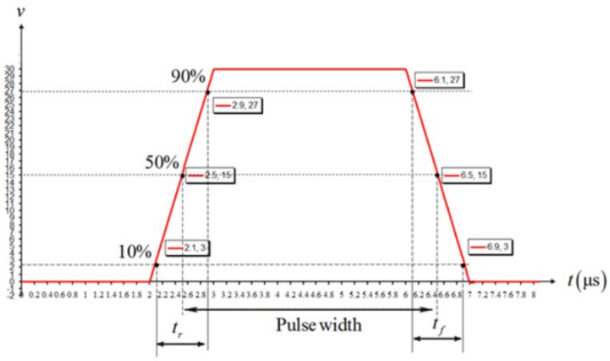
FIGURA 11-64

Al 100% 30 V

Al 90% $\frac{90}{100} \times 30\,\text{V} = 27\,\text{V}$

Al 10% $\frac{10}{100} \times 30\,\text{V} = 3\,\text{V}$

$$v(t)=\begin{cases}0 & 0\le t\le 2\,\mu s\\ 30t-60 & 2\le t\le 3\,\mu s\\ 30 & 3\le t\le 6\,\mu s\\ -30t+210 & 6\le t\le 7\,\mu s\\ 0 & 7\le t\le 8\,\mu s\end{cases}$$



$$t_r = 2.9\,\mu s - 2.1\,\mu s$$

$$\therefore \boxed{t_r = 0.8\,\mu S}$$

50%

10%=90%

$$t_p = 6.5\,\mu s - 2.5\,\mu s$$

$$\therefore \boxed{t_p = 4\,\mu s}$$

$$t_f = 6.9\,\mu s - 6.1\,\mu s$$

$$\therefore \boxed{t_f = 0.8\,\mu S}$$

43. Se aplica un escalón al circuito de la figura 11-66. Si $R = 150\Omega$ y $C = 20$ pF, estime el tiempo que tarda en subir el voltaje de salida.

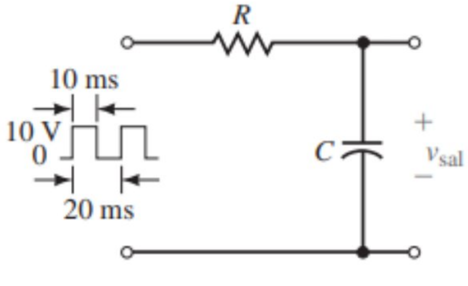


FIGURA 11-66

$$v_C = E + (V_0 - E)e^{\frac{-t}{\tau}}$$

$$v_C = E + (0 - E)e^{\frac{-t}{\tau}}$$
$$= E\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$$

$$\frac{v_C}{E} = 1 - e^{-\frac{t}{RC}}$$
$$e^{-\frac{t}{RC}} = 1 - \frac{v_C}{E}$$
$$-\frac{t}{RC} = \ln\left(1 - \frac{v_C}{E}\right)$$
$$t = -RC\ln\left(1 - \frac{v_C}{V_0}\right)\ \text{s}$$

$$\frac{v_C}{E} = 0.1.$$

$$\frac{v_C}{E} = 0.9.$$

$$t = -RC\ln(1 - 0.1)$$
$$= -RC\ln(0.9)$$
$$= 0.1RC$$

$$t = -RC\ln(1 - 0.9)$$
$$= -RC\ln(0.1)$$
$$= 2.3RC$$

$$t_r = t_2 - t_1$$
$$= 2.3RC - 0.1RC$$
$$= 2.2RC$$

$$R = 150\ \Omega$$
$$C = 20\ \text{pF}$$

$$t_r = 2.2RC$$
$$= 2.2(150\ \Omega)(20\ \text{pF})$$
$$= 2.2(150)(20\times 10^{-12})$$
$$= 6.6\ \text{ns}$$

1. Vea la figura 12-41:
   a. ¿Qué área, A_1 o A_2, utilizaría para calcular la densidad de flujo?
   b. Si $\Phi = 28$ mWb, ¿cuál es la densidad de flujo en teslas?

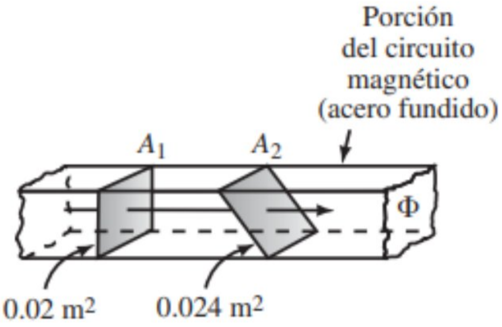


FIGURA 12-41

$$B = \frac{\Phi}{A} \qquad A = 0.02\,\text{m}^2$$

$$B = \frac{28\,\text{mWb}}{0.02\text{m}^2}$$

$$\therefore \boxed{B = 1.4\ \text{T}}$$

3. El toroide de la figura 12-42 tiene una sección transversal circular y $\Phi = 628$ μWb. Si $r_1 = 8$ cm y $r_2 = 12$ cm, ¿cuál es la densidad de flujo en teslas?

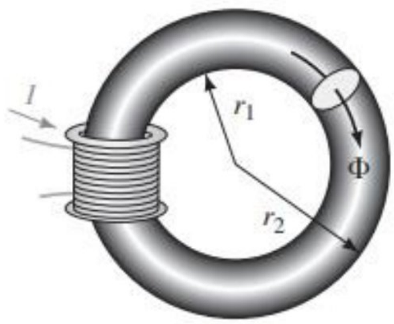


FIGURA 12-42

$\Phi = 628\ \mu\text{Wb}$

$r_1 = 8\ \text{cm}$

$r_2 = 12\ \text{cm}$

$r_1 = 0.08\ \text{m}$

$r_2 = 0.12\ \text{m}$

$$A = \pi\left(\frac{r_2 - r_1}{2}\right)^2$$

$$A = \pi\left(\frac{0.12 - 0.08}{2}\right)^2$$

$$A = 1.256\times10^{-3}\ \text{m}^2$$

$$B = \frac{628\ \mu\text{Wb}}{1.256\times10^{-3}\ \text{m}^2}$$

$$\therefore \boxed{B = 0.5\ \text{T}}$$

5. Si la sección del núcleo en la figura 12-43 que mide 0.025 m por 0.04 m, tiene un factor de apilamiento de 0.85 y $B = 1.45$ T, ¿qué valor tiene Φ en webers?

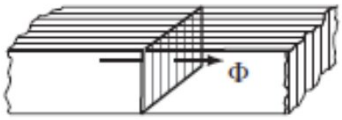


FIGURA 12-43

$$A = 0.025m * 0.04m$$

$$A = 1 * 10^{-3}m^2$$

$$\Phi = B * A$$

$$\Phi = 1.45T * 0.85x10^{-3}m^2 = 1.2325x10^{-3}Wb$$

$$\underline{\Phi = 1.2325mWb}$$

7. Para la sección del núcleo de hierro de la figura 12-45, si $\Phi_1 = 12$ mWb y $\Phi_3 = 2$ mWb, ¿cuánto vale B_2?

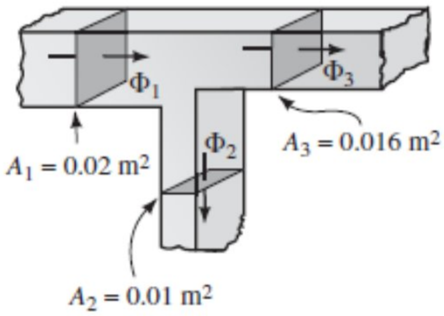


FIGURA 12-45

$$B2 = \frac{\Phi 2}{A^2}$$

$$B2 = \frac{10 * 10^{-3}}{0.01\,m^2}$$

$$\underline{B2 = 1\,T}$$

Datos

$$\Phi 1 = 12mWb$$

$$\Phi 3 = 2mWb$$

$$\Phi 2 = 12 - 2 = 10mWb$$

9. Un núcleo con dimensiones de 2 cm × 3 cm tiene una intensidad magnética de 1200 Av/m. ¿Qué valor tiene Φ si el núcleo es de hierro fundido? ¿Si es de acero fundido? ¿Si es de hoja de acero con FA = 0.94?

$\underline{B = 0.44T}$

$A = 6x10^{-4}m^2$

$\Phi = B * A$

$\Phi = 0.44T * \ 6x10^{-4}m^2$

$\Phi = 264\ vWb$

$\underline{B = 1.23T}$

$A = 6x10^{-4}m^2$

$\Phi = B * A$

$\Phi = 1.23T * \ 6x10^{-4}m^2$

$\Phi = 738\ vWb$

$\underline{B = 1.43T}$

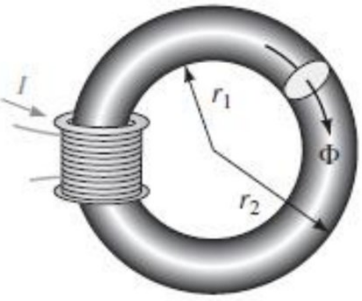
$A = 6x10^{-4}m^2$

$\Phi = B * A$

$\Phi = 1.43T * \ 6x10^{-4}m^2$

$\Phi = 806.52\ vWb$

11. Considere una vez más la figura 12-42. Si $I = 10$ A, $N = 40$ vueltas, $r_1 = 5$ cm y $r_2 = 7$ cm, ¿qué valor tiene H en amperes-vuelta por metro?



$I = 10\ A$

$N = 40$

$r1 = 5\ cm$

$r2 = 7\ cm$

$$l = 2\,\pi\,\frac{5+7}{2}$$

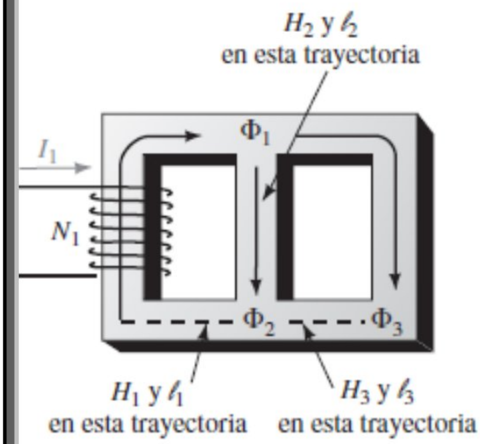
$$l = 2\,\pi\,(6)$$

$$l = 37.7\ cm\ \ = 0.377m$$

$$H = \frac{Nl}{l} = \frac{40 * 10}{0{,}377}$$

$$\underline{H = 1061\ At}$$

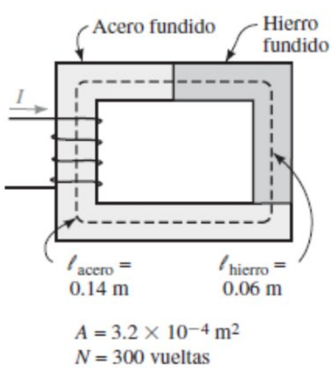
13. Suponga que una bobina N_2 que lleva la corriente I_2 se añade al brazo 3 del núcleo que se muestra en la figura 12-47 y que produce un flujo dirigido hacia arriba. Sin embargo, suponga que el flujo neto en el brazo 3 aún va hacia abajo. Escriba las ecuaciones de la ley de Ampère para este caso.



$$\sum Nl = \sum Hl$$

$$\underline{N2\ I2 = H3\ I3 - H2\ I2}$$

15. Encuentre la corriente I en la figura 12-48 si $\Phi = 0.16$ mWb.



$$l = 0{,}06\ m$$

$$H = 1550\,\frac{At}{m}$$

$\Phi = 0{,}16\ mWb$

$A = 3{,}2\ x\ 10^{-4} m^2$

$N = 300$

$B = \dfrac{0{,}16\ x\ 10^{-3}}{3{,}2\ x\ 10^{-4}} = 0{,}5T$

$$l = 0{,}06\ m$$

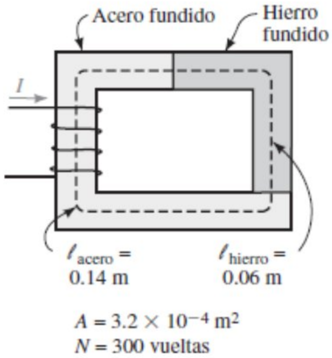
$$H = 1550\,\frac{At}{m}$$

$$300 = 1550 * 0{,}06 + 350 * 0{,}14$$

$$I = \frac{142}{300}$$

$$\underline{I = 0{,}47\ A}$$

17. Se corta un espacio de 0.5 mm en la porción del núcleo de acero fundido de la figura 12-48. Encuentre la corriente para $\Phi = 0.128$ mWb. No tome en cuenta el desbordamiento.



$$B = \frac{\Phi}{A}$$

$$B = \frac{0{,}128x\ 10^{-3}}{3{,}2\ x\ 10^{-4}}$$

$$B = 0{,}4T$$

$$l = 0{,}06\ m$$

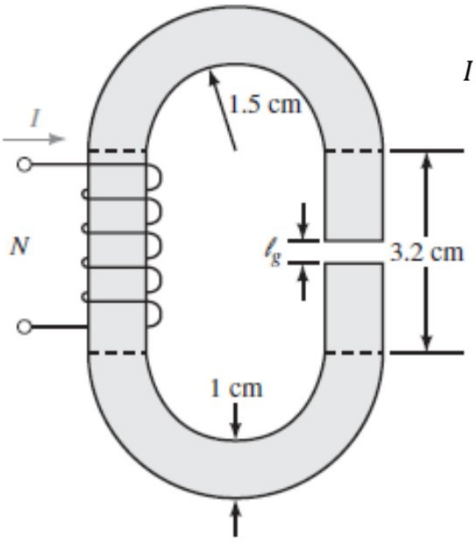
$$H = 1050\,\frac{At}{m}$$

$$Nl = H\ l + H\ l + H\ l$$

$$300 = 1050\ x\ 0{,}06 + 300\ x\ 0{,}1395 + 318400x0{,}5x10^{-3}$$

$$\underline{I = 0.88\ A}$$

19. El núcleo de hierro fundido de la figura 12-49 mide 1 cm × 1.5 cm, $\ell_a = 0.3$ mm, la densidad de flujo del espacio de aire es de 0.426 T y N = 600 vueltas. Los extremos de la pieza tienen forma semicircular. Tomando en cuenta el desbordamiento, encuentre la corriente *I*.



$$I = 3{,}2\ cm + (\pi\ x\ 1{,}5\ cm\ ) + (\pi x 1 cm)$$

$$I = 0{,}1105m$$

$$\Phi = (0{,}426)(1x10^{-2}m)(1{,}53x10^{-2}m)$$

$$\Phi = 0{,}639\ x\ 10^{-4}m^2$$

$$B = \frac{\Phi}{A}$$

$$B = \frac{0{,}639\text{x}\ 10^{-4}}{1{,}5759\ x\ 10^{-4}}$$

$$B = \ 0{,}405T$$

$$H == \frac{0.405}{4\pi\ x\ 10^{-7}}$$

$$H = 322672.78$$

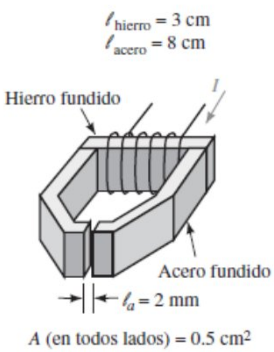
$$NI = (1150\ x\ 0.1105) + (3222672.78\ x\ 0.3\ x\ 10^{-3})$$

$$NI = 109.5\ At$$

$$(600)I = 109.5 = \frac{109.5}{600} = 0.18A$$

$$\underline{I = 0.18A}$$

21. Para el circuito de la figura 12-51, $\Phi = 30 \times \mu$Wb y $N = 2000$ vueltas. No tome en cuenta el desbordamiento y encuentre la corriente *I*.



$$B = \frac{\Phi}{A}$$

$$B = \frac{30\text{x}\ 10^{-6}}{0{,}5\ x\ 10^{-4}}$$

$$B = \ 0{,}6T$$

$$l = 8\ x\ 10^{-2} m$$

$$H = 398 \frac{At}{m}$$

$H = 7.96x10^5\ x\ 0,6\ T$

$H = 477600\ \frac{At}{m}$

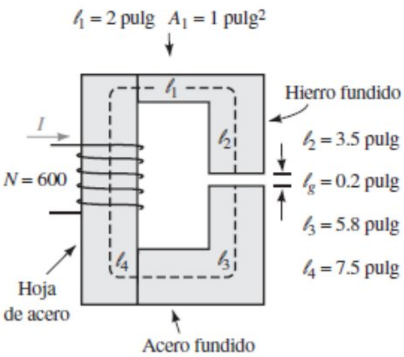
$Nl = H\ l + H\ l + H\ l$

$2000I = 2650 * 3x10^{-2} + 398 * 8x10^{-2} + 477600 * 2x10^{-3}$

$2000I = 1066.54$

$I = 0,53\ A$

23. Una segunda bobina de 450 vueltas con $I_2 = 4$ amperes se devana en la porción de acero fundido de la figura 12-52. Su flujo está en oposición al flujo producido por la bobina original. El flujo resultante es de 35 000 líneas en dirección contraria a la de las manecillas del reloj. Encuentre la corriente I_1.



$\underline{l1 = 0,0508m}$

$$B = \frac{\Phi}{A}$$

$$B = \frac{35000 \text{ lines}}{1\ in^2}$$

$$B = 0,54T$$

$\underline{l2 = 0,0889m}$

$B = \frac{\Phi}{A}$

$B = \frac{35000 \text{ lines}}{2\ in^2}$

$B = 0,27T$

$$\underline{l3 = 0,14732m}$$

$$B = \frac{\Phi}{A}$$

$$B = \frac{35000 \text{ lines}}{2\ in^2}$$

$$B = 0{,}27T$$

$$\underline{l4 = 0{,}1905m}$$

$$B = \frac{\Phi}{A}$$

$$B = \frac{35000 \text{ lines}}{2\ in^2}$$

$$B = 0{,}27T$$

$$H = 7.96x10^5\ x\ 0{,}27\ T$$

$$H = 214920 \frac{At}{m}$$

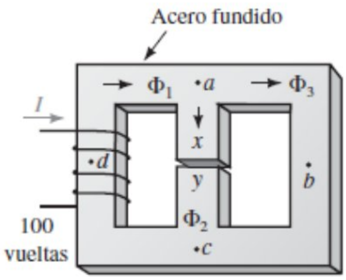
$$-Nl + Nl = H\ l + H\ l + H\ l\ + H\ l$$

$$-600I1 + 450\ x\ 4 = 1900\ x\ 0{,}0508 = 680\ x\ 0{,}0889 + 230x0{,}14732$$

$$-600I = -503{,}584$$

$$I = 0{,}84\ A$$

25. Si el circuito de la figura 12-53 no tiene espacio y Φ3 = 0.2 mWb, encuentre *I*.



$\ell_a = \ell_{xy} = 0.001$ m
$\ell_{abc} = 0.14$ m
$\ell_{cda} = 0.16$ m
$\ell_{ax} = \ell_{cy} = 0.039$ m
$A = 4$ cm² en todos lados

$$B = \frac{\Phi}{A}$$

$$B = \frac{0{,}2 \text{ x } 10^{-3}\text{Wb}}{4x10^{-4}m^2}$$

$$B = 0{,}5T$$

$$\Phi = B * A$$

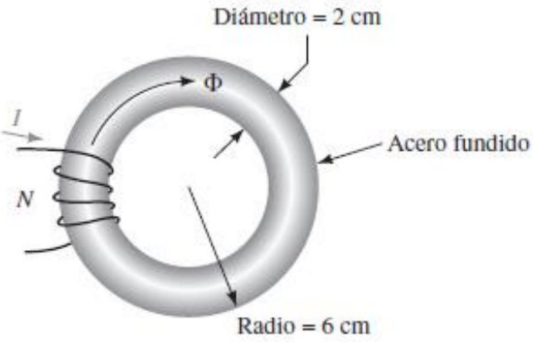
$$\Phi = 0{,}92x10^{-4}m^2$$

$$\Phi = 5{,}68\ x\ 10^{-4}$$

$$Nl = H\ l + H\ l$$

$$I = 3{,}8A$$

27. Si $NI = 644$ Av para el núcleo de acero fundido de la figura 12-54, encuentre el flujo, Φ.



$$\Phi = B * A$$

$$\Phi = 1{,}41x\ 3{,}14x\ 10^{-4}m^2$$

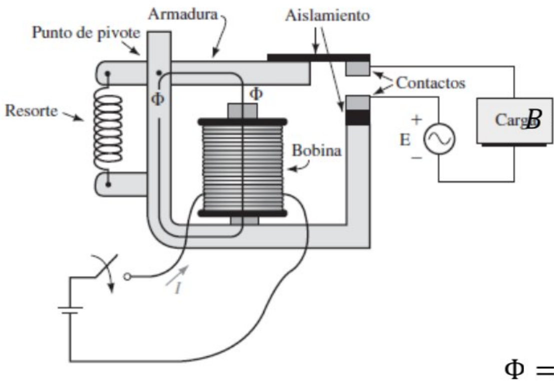
$$\Phi = 4{,}4\ x\ 10^{-4}Wb$$

$$l = 2\,\pi\ \frac{6+4}{2}$$

$$l = 10\pi$$

$$l = 31.4\ cm\ \ = 0.314m$$

29. Para el relevador de la figura 12-34, si la cara del polo mide 2 cm por 2.5 cm y se requiere una fuerza de 2 libras para cerrar el espacio, ¿cuánto flujo se necesita (en webers)?



$$B = \frac{8{,}9\ \text{x}\ 2\ \text{x}4\ \pi 10^{-7}}{5x10^{-4}}$$

$$B = \ 0{,}2114T$$

$$\Phi = B * A$$

$$\Phi = 0{,}2114x\ 5\ x\ 10^{-4}m^2$$

$$\Phi = o,2114Tx5x\ 10^{-4}m^2$$