

## Carga y descarga de un condensador

### MEDICIÓN DE TIEMPOS DE CARGA Y DESCARGA

- Registro punto a punto del curso de la tensión del condensador midiendo los tiempos de carga al cargar un condensador.
- Registro punto a punto del curso de la tensión del condensador midiendo los tiempos de descarga al descargar un condensador.
- Determinación de las resistencias y los condensadores internos midiendo los tiempos de carga resp. los de descarga y comparación con parámetros externos conocidos.

UE3050105

09/16 Jös/UD



Fig. 1: Equipo de carga y descarga en funcionamiento con combinación de resistencia y condensador externo (izquierda) e interno (derecha)

### FUNDAMENTOS GENERALES

En un circuito de corriente continua fluye corriente a través del condensador solamente durante el proceso de carga resp. de descarga. Por la corriente se carga el condensador en el momento en que se conecta, hasta que en el condensador se llega a la tensión aplicada; al desconectar se descarga hasta que en el condensador la tensión llega a cero.

Para un circuito de corriente continua que lleva una capacidad  $C$ , una resistencia  $R$  y la tensión continua  $U_0$ , al conectar vale:

$$(1) \quad U(t) = U_0 \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

y al desconectar

$$(2) \quad U(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

con la constante de tiempo

$$(3) \quad \tau = R \cdot C.$$

Para la comprobación de esta relación se miden en el experimento los tiempos que transcurren hasta llegar a unas tensiones de comparación previamente seleccionadas. Para ello se pone en marcha el cronómetro junto con el proceso de carga resp junto con el de descarga y al final se detiene por miedo de un cableado de comparación, en el momento en que se llega a una tensión de comparación. Midiendo con diferentes tensiones de comparación se puede muestrear la curva de carga resp de descarga.

En la práctica también es interesante el tiempo

$$(4) \quad t_{5\%} = -\ln(5\%) \cdot R \cdot C \approx 3 \cdot R \cdot C,$$

en el cual la tensión del condensador al descargarse llega al 5%

de la tensión de salida  $U_0$  y al cargarse llega al 5% del valor final  $U_0$ . Midiendo el tiempo  $t_{5\%}$  se pueden, por ejemplo, determinar los parámetros  $R$  y  $C$ .

## LISTA DE APARATOS

1	Aparato de carga y descarga @230V	1017781 (U10800-230)
0		
1	Aparato de carga y descarga @115V	1017780 (U10800-115)
1	Condensador 1000 $\mu$ F, 16 V, P2W191009957	1017806 (U333106)
1	Resistencia 10 k $\Omega$ , 0,5 W, P2W19	1012922 (U333030)
Recomendado adicionalmente:		
1	Multímetro digital P1035	1002781 (U11806)

## PUESTA EN FUNCIONAMIENTO

- El aparato de carga y descarga se conecta a la red por medio de la fuente de alimentación enchufable que se entrega con él.

## OBSERVACIONES GENERALES

En las posiciones del conmutador: INTERN 1, INTERN 2 o INTERN 3 el condensador interno está conectado con los casquillos de entrada para la capacitancia externa. En este caso, los condensadores interno y externo están conectados en paralelo.

- Al medir con las combinaciones de RC internas, no se deben conectar capacidades externas.

Los tiempos de carga y descarga medidos pueden estar influidos por tiempos de rebote, los cuales pueden ser alargados por una mano insegura al girar el conmutador funcional.

- El conmutador funcional se gira con cierta rapidez
- Para la determinación más exacta de los tiempos, si es necesario, se realizan por lo menos tres mediciones y se determina el valor medio.
- Se seleccionan solo combinaciones de R/C externas cuya constante de tiempo sea  $R \cdot C > 4 \text{ s}$ .

## REALIZACIÓN

### Medición con las combinaciones de resistencia/condensador internas

- Se desconectan resistencias y condensadores externos.
- El conmutador funcional se ajusta ya sea en INTERN 1, INTERN 2 ó en INTERN 3.

### Medición con combinaciones de condensador/resistencia externa

- Se enchufan la resistencia y el condensador externos.
- Se ajusta el conmutador funcional en EXTERN.

### Medición del tiempo de carga $t_c$

- Se ajusta el conmutador funcional en la posición CHARGE – STOP.
- Se ajusta el conmutador escalonado en el valor deseado.
- Se hace un pulso breve sobre la tecla RESET, para poner en cero el contador digital.
- Se lleva el conmutador funcional a la posición CHARGE – START, para iniciar la carga y la medición del tiempo.
- Se anota el tiempo medido después de que el contador se detenga.

### Medición del tiempo de descarga $t_{DC}$

- Análogamente como se hizo con la curva de carga, el conmutador funcional se lleva en este caso a la posición DISCHARGE – STOP resp. DISCHARGE – START.

### Determinación del tiempo $t_{5\%}$

El tiempo  $t_{5\%}$  se puede establecer tanto por medio de una medición de la carga como de la descarga (véase lo expuesto acerca de la ecuación (4)). Se alcanza una mayor exactitud calculando el valor medio de las dos mediciones:

- Mida el tiempo de carga  $t_{c, 5\%}$  de 9,5 V.
- Mida el tiempo de descarga  $t_{DC, 5\%}$  de 0,5 V.
- Calcule el valor medio  $(t_{c, 5\%} + t_{DC, 5\%}) / 2 = t_{5\%}$ .

### Registro de la curva de carga

- Lleve el conmutador de etapas de la tensión de referencia a 0,5 V y determine el tiempo de carga como se indica en el apartado «Medición del tiempo de carga».
- Para la medición del siguiente valor se lleva el conmutador escalonado a la siguiente posición y se repiten todos los pasos.

### Registro de la curva de descarga

- Lleve el conmutador de etapas de la tensión de referencia a 9,5 V y determine el tiempo de descarga en función del apartado «Medición del tiempo de descarga».
- Para la medición del siguiente valor se lleva el conmutador escalonado a la siguiente posición y se repiten todos los pasos.

### Determinación de la capacitancia externa e interna al igual que de las resistencias internas

- Lleve el selector de la combinación R/C paso a paso a las posiciones INTERN 1, INTERN 2 y INTERN 3 y mida respectivamente tres veces los tiempos  $t_{c, 5\%}$  y  $t_{DC, 5\%}$  como se describió anteriormente. Introduzca los valores en la tabla 5 y determine el tiempo  $t_{5\%}$ .
- Active el condensador externo. Lleve el selector de la combinación R/C a la posición INTERN 3 y mida respectivamente tres veces los tiempos  $t_{c, 5\%}$  y  $t_{DC, 5\%}$  como se describió anteriormente. Introduzca los valores en la tabla 5 y determine el tiempo  $t_{5\%}$ .
- Conecte adicionalmente la resistencia externa. Lleve el selector de la combinación R/C a la posición EXTERN y mida respectivamente tres veces los tiempos  $t_{c, 5\%}$  y  $t_{DC, 5\%}$  como se describió anteriormente. Introduzca los valores en la tabla 5 y determine el tiempo  $t_{5\%}$ .

## EJEMPLO DE MEDICION

Tab. 1: Tiempos de carga y descarga de la combinación interna R/C 1.

$U_c / V$	$t_c / s$	$t_{dc} / s$
0,5	0,3	14,1
1,0	0,5	10,7
2,0	1,0	7,5
3,0	1,6	5,6
4,0	2,3	4,3
5,0	3,1	3,2
6,0	4,1	2,4
7,0	5,5	1,7
8,0	7,3	1,1
9,0	10,6	0,5
9,5	13,8	0,3

Tab. 3: Tiempos de carga y descarga de la combinación interna R/C 3.

$U_c / V$	$t_c / s$	$t_{dc} / s$
0,5	1,1	63,8
1,0	2,2	48,6
2,0	4,6	33,8
3,0	7,3	25,2
4,0	10,4	19,2
5,0	14,2	14,6
6,0	18,9	10,7
7,0	24,9	7,7
8,0	33,6	4,8
9,0	49,1	2,4
9,5	65,8	1,3

Tab. 2: Tiempos de carga y descarga de la combinación interna R/C 2.

$U_c / V$	$t_c / s$	$t_{dc} / s$
0,5	0,5	32,6
1,0	1,2	24,8
2,0	2,3	17,3
3,0	3,8	12,9
4,0	5,3	9,8
5,0	7,2	7,4
6,0	9,6	5,5
7,0	12,7	3,9
8,0	17,0	2,5
9,0	24,6	1,3
9,5	32,4	0,7

Tab. 4: Tiempos de carga y descarga de la combinación externa R/C.

$U_c / V$	$t_c / s$	$t_{dc} / s$
0,5	0,6	33,7
1,0	1,1	25,8
2,0	2,4	17,8
3,0	3,7	13,3
4,0	5,5	10,1
5,0	7,4	7,6
6,0	9,8	5,7
7,0	13,0	3,9
8,0	17,7	2,5
9,0	26,5	1,3
9,5	37,8	0,7

Tab. 5: Tiempos de carga y descarga  $t_{c,5\%}$  y  $t_{dc,5\%}$  de las tres combinaciones internas R/C y de R/C 3 con conexión en paralelo con el condensador externo, además de la combinación R/C externa y de los tiempos  $t_{5\%}$  como valor medio.

Modo	$t_{c, 5\%} / s$			$t_{dc, 5\%} / s$			$t_{5\%} / s$
INTERN 1	13,8	14,0	13,8	14,1	14,1	13,9	14,0
INTERN 2	32,4	32,4	32,1	32,6	32,6	32,4	32,4
INTERN 3	65,8	63,9	63,4	63,8	64,5	63,5	64,1
INTERN 3 + $C_{EXT}$	100,3	99,9	99,7	97,1	97,0	97,0	98,5
EXTERN	37,8	37,4	36,6	33,7	33,5	33,6	35,4

## EVALUACIÓN

### Registro de las curvas de carga y descarga

- Registre gráficamente las tensiones  $U_C$  ajustadas en función de los tiempos de carga y descarga  $t_c$  y  $t_{bc}$  (tablas 1 a 4).

Las figuras 2 y 3 muestran, a manera de ejemplo, la curva de carga y descarga de la combinación interna R/C 3. Se confirman las trayectorias exponenciales esperadas en concordancia con las ecuaciones (1) y (2).

### Determinación de la capacitancia externa e interna al igual que de las resistencias internas

Si se conoce la resistencia externa  $R_{ext} = 10\text{ k}\Omega$  (5% de tolerancia) se puede calcular la capacitancia externa  $C_{ext}$  en función de la ecuación (4) a partir del tiempo  $t_{5\%} = t_{5\%, ext}$  (tabla 5):

$$(5) \quad C_{ext} = \frac{t_{5\%, ext}}{3 \cdot R_{ext}} = \frac{35,4\text{ s}}{3 \cdot 10\text{ k}\Omega} = 1180\text{ }\mu\text{F}.$$

Este valor concuerda con el valor nominal de  $1000\text{ }\mu\text{F}$  dentro del marco de la tolerancia especificada del 20%.

Para los tiempos  $t_{5\%}$  de la combinación interna R/C 3, previamente determinados, con y sin la activación del condensador externo, en función de la ecuación (4), es válido lo siguiente:

$$(6) \quad t_{5\%, 3} = 3 \cdot R_{int, 3} \cdot C_{int}$$

y

$$(7) \quad t_{5\%, 3ext} = 3 \cdot R_{int, 3} \cdot (C_{int} + C_{ext}).$$

La división de la ecuación (7) por la (6) y la introducción de los tiempos de la tabla 5 trae el siguiente resultado:

$$(8) \quad C_{int} = C_{ext} \cdot \frac{t_{5\%, 3}}{t_{5\%, 3ext} - t_{5\%, 3}} = 1180\text{ }\mu\text{F} \cdot \frac{64,1\text{ s}}{98,5\text{ s} - 64,1\text{ s}} = 2199\text{ }\mu\text{F}$$

Este resultado concuerda con el valor nominal de  $2000\text{ }\mu\text{F}$  dentro del marco de la tolerancia especificada del 10%.

Finalmente se obtienen los valores de las resistencias internas  $R_{int, i}$ , todavía desconocidos, a partir de los correspondientes tiempos de carga y descarga (tabla 5) y de la capacitancia interna  $C_{int}$  previamente establecida.

$$(9) \quad R_{int, i} = \frac{t_{5\%, i}}{3 \cdot C_{int}} \quad \text{mit } i = 1, 2, 3$$

De esto resulta:

$$(10) \quad R_{int, 1} = \frac{14,0\text{ s}}{3 \cdot 2199\text{ }\mu\text{F}} = 2122\text{ }\Omega.$$

$$(11) \quad R_{int, 2} = \frac{32,4\text{ s}}{3 \cdot 2199\text{ }\mu\text{F}} = 4911\text{ }\Omega.$$

$$(12) \quad R_{int, 3} = \frac{64,1\text{ s}}{3 \cdot 2199\text{ }\mu\text{F}} = 9717\text{ }\Omega.$$

Los resultados concuerdan en buena forma con los valores nominales de  $2,2\text{ k}\Omega$ ,  $5,1\text{ k}\Omega$  y  $10\text{ k}\Omega$ .

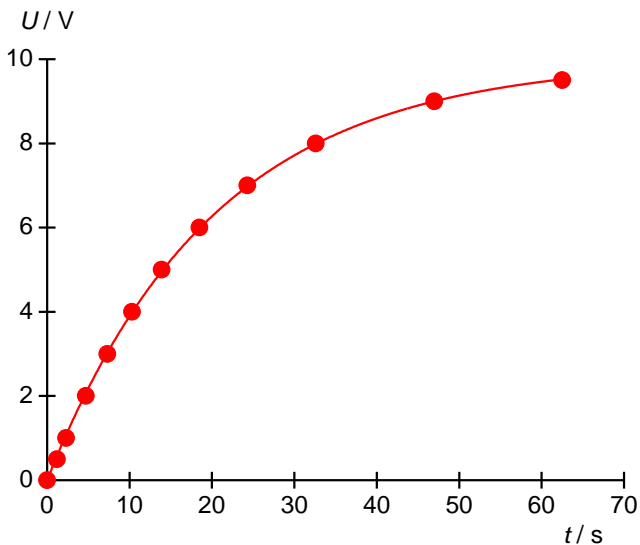


Fig. 2: Curva de carga de la combinación RC 3

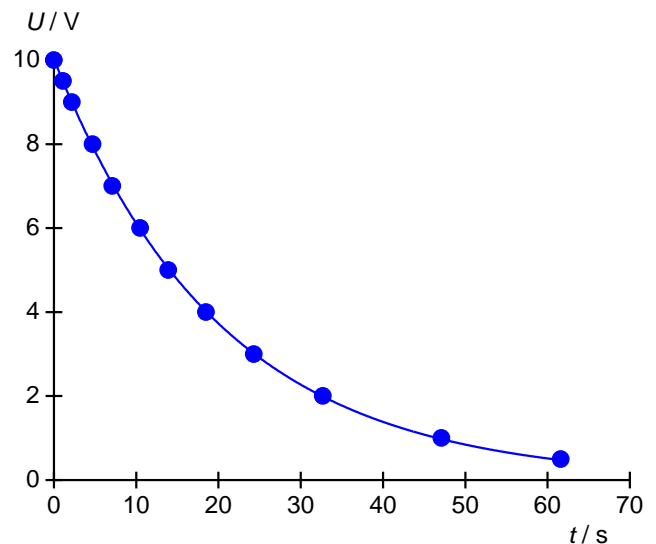


Fig. 3: Curva de descarga de la combinación RC 3