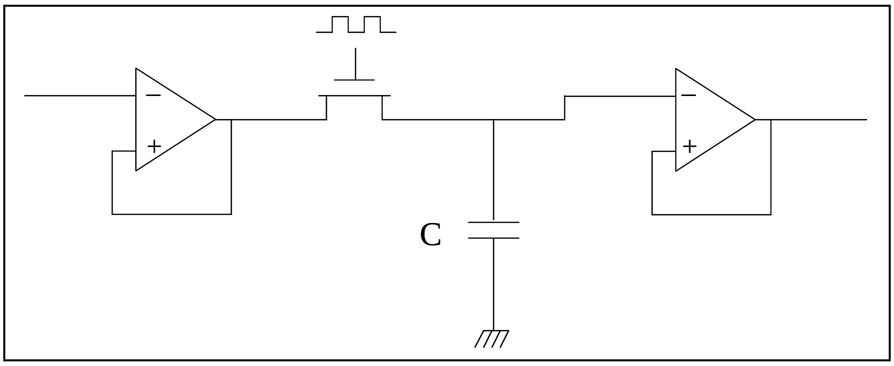
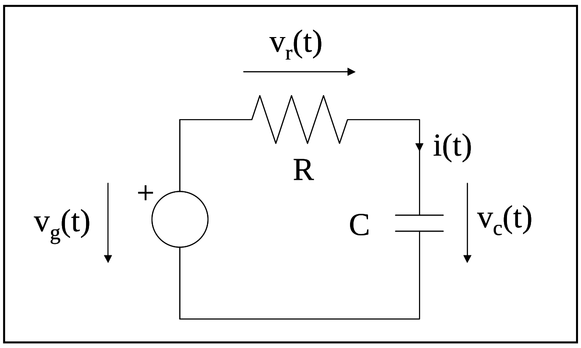
Problema PTC0003-48

En el circuito de muestro y retención (sample&hold) de la figura se sabe que la resistencia en conducción del transistor MOSFET es de 10 ohmios. La entrada al circuito es una señal de 10 voltios pico a pico y es muestreada durante 10 µseg. Calcular que condición debe cumplir el condensador para tener a la salida del circuito un error inferior al 1%



Solución PTC0003-48

Los dos amplificadores operacionales se encuentra en configuración de seguidor de tensión, es decir, que la tensión que tienen a la entrada es igual a la de la salida. Su única función es adaptar las impedancias, ofreciendo (idealmente) una impedancia infinita a la entrada y una impedancia nula a la salida. En esas condiciones el circuito equivalente en la fase de conducción es el siguiente



Supongamos que se pasa de un nivel lógico a otro. Por ejemplo, de 0 a 1, o sea, de $+A$ a $-A$ voltios. Hay que notar que, un instante antes de la conmutación, el condensador debe estar cargado a la tensión $+A$. Resolviendo el circuito con estos datos tenemos las siguientes expresiones:

$$\left.\begin{aligned} v_g(t) &= v_r(t) + v_c(t) \\ v_r(t) &= i(t)\cdot R \\ i(t) &= C\frac{dv_c(t)}{dt} \end{aligned}\right\} \Rightarrow v_g(t) = RC\frac{dv_c(t)}{dt} + v_c(t)$$

Si fijamos el origen de tiempos, $t=0$, en el instante de la conmutación y resolvemos el circuito para $t\geq 0$, tenemos que $v_g(t)=-A$, y que en el momento de la conmutación el condensador todavía conserva la tensión correspondiente a la tensión anterior, es decir, $v_c(0)=+A$. Con estos datos tenemos que la ecuación anterior se convierte en

$$-A = RC\frac{dv_c(t)}{dt} + v_c(t)$$

Resolviendo esa ecuación diferencial obtendremos la tensión $v_c(t)$.

$$-RC\frac{dv_c(t)}{dt} = v_c(t) + A$$

$$\frac{dv_c(t)}{v_c(t)+A} = \frac{-dt}{RC}$$

$$\int\frac{dv_c(t)}{v_c(t)+A} = \int\frac{-dt}{RC}$$

$$Ln[v_c(t)+A] = \frac{-t}{RC} + K_1$$

expresión en la que K_1 es una constante de integración. Por tanto,

$$v_c(t) + A = e^{\frac{-t}{RC}+K_1} = e^{K_1}e^{\frac{-t}{RC}} = K_2e^{\frac{-t}{RC}}$$

$$v_c(t) = K_2e^{\frac{-t}{RC}} - A$$

Para calcular el valor de la constante K_2 veamos cual es el valor de la tensión en las condiciones iniciales $t=0$.

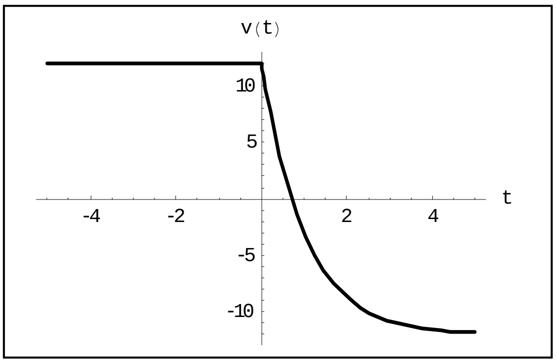
$$\left.\begin{array}{l} v_c(0) = +A \\ v_c(0) = K_2e^{\frac{-0}{RC}} - A \end{array}\right\} \Rightarrow A = K_2e^{\frac{-0}{RC}} - A = K_2 - A \Rightarrow K_2 = 2A$$

De esta forma la tensión de salida del circuito es

$$v_c(t) = 2Ae^{\frac{-t}{RC}} - A$$

$$v_c(t) = A\left(2e^{\frac{-t}{RC}} - 1\right)$$

lo que puede apreciarse en la figura siguiente



En el instante t_c en el que termina el período de conducción, la tensión v_c debe alcanzar un valor que suponga un error menor del 1%. Al no quedar explícito en el enunciado, se supondrá que ese 1% es relativo al recorrido total de la tensión de salida, es decir, a $2A$. Esto se puede escribir como

$$\frac{|v_c(t_c) - A|}{2A} \geq 0'99$$

$$\frac{\left|A\left(2e^{\frac{-t_c}{RC}}-1\right)-A\right|}{2A}=\frac{\left|2Ae^{\frac{-t_c}{RC}}-2A\right|}{2A}=\left|e^{\frac{-t_c}{RC}}-1\right|\geq 0'99$$

Teniendo en cuenta que la exponencial, para valores positivos de *t*, es siempre menor que 1, podemos escribir

$$1-e^{\frac{-t_c}{RC}}\geq 0'99$$

$$e^{\frac{-t_c}{RC}}\leq 1-0'99=0'01$$

$$\frac{-t_c}{RC}\leq Ln0'01=Ln\frac{1}{100}=Ln1-Ln100=-Ln100$$

$$\frac{t_c}{RC}\geq Ln100$$

$$C\leq\frac{t_c}{R\cdot Ln100}=\frac{10^{-5}seg}{10\Omega\cdot Ln100}=2'17\cdot 10^{-7}F=217nF$$