

Maqueta: Capacímetro

1. Introducción

En esta práctica se desarrolla el SW necesario para convertir la placa de Altair en un capacímetro. Se utiliza la placa de teclado + pantalla LCD y una placa específica que se describe en el apartado siguiente.

El sistema es capaz de medir la capacidad de condensadores con una resolución de 1 pF y una precisión de aproximadamente un 1%. El rango de medida práctico se establece entre 100 pF y 1 uF. Para capacidades menores de 100 pF el error relativo se hace muy grande. Para capacidades mayores de 1 uF se precisa un tiempo de medida demasiado grande (aprox. 2 seg para 1 uF).

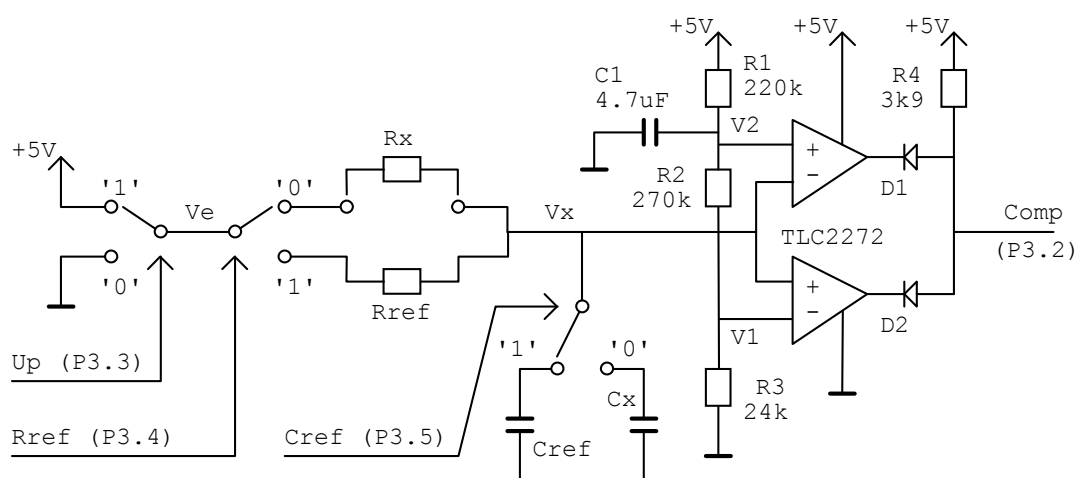
2. Esquema eléctrico

2.1 Introducción

La figura muestra el esquema de la placa utilizada. El circuito se compone de dos bloques básicos:

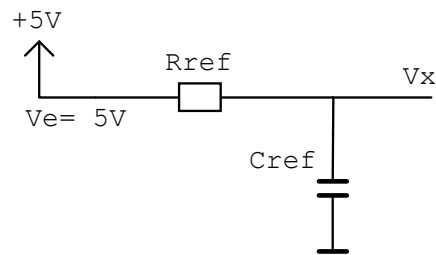
a) Circuito RC de carga y descarga. Lo forman las resistencias Rref y Rx, los condensadores Cref y Cx, y los 3 conmutadores electrónicos. Estos conmutadores electrónicos pertenecen a un circuito integrado 4053 de tecnología CMOS. La "posición" de cada conmutador se controla mediante un terminal del uC.

b) Comparador de ventana. Lo forman dos operacionales (contenidos en un TLC2272), la red de resistencias R1, R2 y R3 que definen los niveles de comparación V1 y V2, y los diodos D1 y D2, que junto con la resistencia R4 forman una puerta AND. Las tensiones V1 y V2 son $V1 = 5 \cdot 24 / (24 + 270 + 220) = 0.2335 \text{ V}$ y $V2 = 5 \cdot (24 + 270) / (24 + 270 + 220) = 2.86 \text{ V}$. La señal de salida Comp (P3.2) es '1' si y sólo si la tensión Vx está comprendida en el intervalo (V1, V2).



2.2 Funcionamiento del circuito

En reposo, las 3 señales de control se mantienen a '1' con lo que el circuito RC se convierte en:

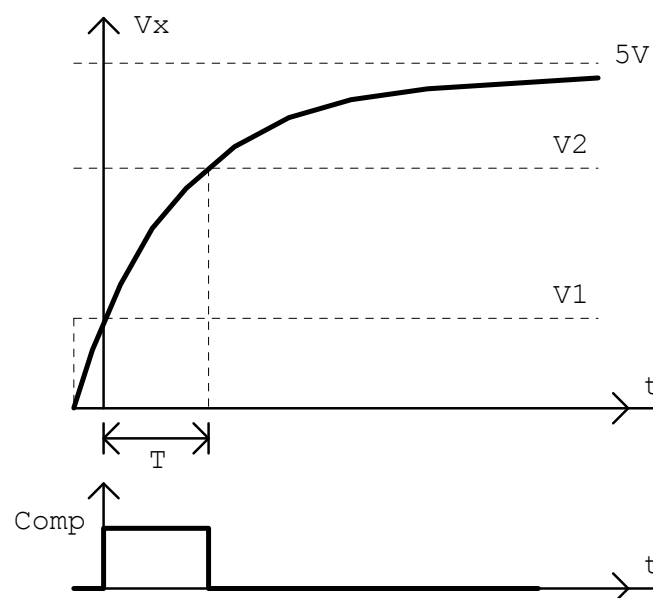


Up= '1' Ve= 5V
 Rref= '1' Selecciona resistencia Rref
 Cref= '1' Selecciona condensador Cref

con lo que, después de un cierto tiempo, la tensión Vx se hace prácticamente igual a 5V. Puesto que Vx está fuera del intervalo (V1,V2), la señal Comp está a nivel '0'.

Para determinar la constante de tiempo $R_{ref} \cdot C_{ref}$, se sigue el siguiente método.

- 1) Se pone Up= '0'. De esta forma, La tensión Vx decrece exponencialmente desde 5V hacia 0V.
- 2) Se espera a que Comp se haga '1' y nuevamente '0'. El paso de '1' a '0' indica que Vx ha descendido por debajo de V1. Opcionalmente, se puede esperar unos milisegundos más para asegurar un valor de Vx claramente menor que V1.
- 3) Se pone Up= '1'. La tensión Vx crece exponencialmente hacia +5 V, como se muestra en la figura. Por comodidad, se considera $t=0$ en el instante en que $Vx = V1$.



En la señal Comp aparece un impulso cuya duración T es igual al tiempo durante el cual Vx se encuentra entre los niveles V1 y V2. Con el origen de tiempos elegido, se tiene:

$$V_x(t) = V_{cc} + (V_1 - V_{cc}) e^{-t/\tau}$$

siendo $\tau = R_{ref} \cdot C_{ref}$, y V_{cc} la tensión de alimentación, cuyo valor nominal es 5 V. En el instante T, en el que Comp baja a '0':

$$V_2 = V_{cc} + (V_1 - V_{cc}) e^{-T/\tau}$$

de donde:

$$(V_{cc} - V_2) / (V_{cc} - V_1) = e^{-T/\tau}$$

y despejando T:

$$T = -\tau \ln((V_{cc} - V_2) / (V_{cc} - V_1))$$

Pero:

$$V_{cc} - V_1 = V_{cc} - V_{cc} \cdot 24 / (24 + 270 + 220) = V_{cc} \cdot 0.9533$$

$$V_{cc} - V_2 = V_{cc} - V_{cc} \cdot (24 + 270) / (24 + 270 + 220) = V_{cc} \cdot 0.4280$$

y se obtiene:

$$T = -\tau \ln(0.4280 / 0.9533) = 0.8008 \tau \approx 0.8 \tau$$

Por lo tanto, y asumiendo la aproximación:

$$\tau = R_{ref} \cdot C_{ref} = 1.25 \cdot T.$$

relación que, como puede verse, no depende de V_{cc} .

Los valores de las resistencias se han elegido para facilitar el cálculo que ha de realizarse con los medios limitados disponibles en el uC. Para determinar el producto RC del circuito de carga basta con medir el tiempo T y multiplicarlo por 1.25. Este producto se puede obtener fácilmente como $T + T/4$.

La forma más simple y precisa de medir T se basa en utilizar el temporizador T0 en modo 1, con el mecanismo de puerta activado (GATE). El temporizador se pone a 0 antes de comenzar el proceso de carga del condensador. El GATE garantiza que el temporizado avance solamente mientras Comp (P3.2) se encuentra a '1'. Cuando Comp baja a '0', el flanco genera una interrupción (externa 0). La ISR de esta interrupción se puede utilizar para leer los valores de TL0 y TH0.

El método empleado para determinar $R_{ref} \cdot C_{ref}$ es válido también para obtener cualquiera de los otros 3 productos posibles: $R_{ref} \cdot C_x$, $R_x \cdot C_{ref}$ y $R_x \cdot C_x$. Basta con realizar el mismo proceso con los conmutadores en la posición adecuada (señales R_{ref} y C_{ref}). Se sabe que $R_{ref} = 1 \text{ M}\Omega$ y $C_{ref} = 10 \text{ nF}$.

3. Desarrollo de la práctica

Además de la placa específica utilizada en esta práctica, también se utilizará la placa con teclado y pantalla LCD.

El programa realizará las siguientes tareas en secuencia. Las tareas 1, 2 y 3 se realizan una sola vez al arrancar. El usuario podrá solicitar también el re arranque mediante una tecla.

- 1) Un chequeo inicial de la placa del capacímetro, acompañado de un "saludo" en el LCD.
- 2) La medida del producto $C_{ref} * R_{ref}$. Si el valor se desvía de 10000 us en más de un 1%, se indicará al usuario (pantalla) la conveniencia de realizar un calibrado del potenciómetro.
- 3) Se medirá el condensador C_x (que se supone 0 mientras el usuario no conecte nada en las bornas de medida). El valor obtenido se considera como una capacidad residual (como la tara de una báscula) que debe restarse de todas las medidas posteriores de C_x .
- 4) Se realizarán medidas continuas de C_x , cuyo resultado se actualizará en la pantalla.
- 5) Bajo petición del usuario (teclado) se entrará en un modo de *calibrado*, en el que se indicará de forma continua mediante la pantalla el sentido de giro que debe aplicarse al potenciómetro para obtener el valor $R_{ref} * C_{ref} = 10000$ us. También se mostrará el error (aproximado) en % positivo o negativo. Se debe poder salir de este modo al modo *normal* que se puede llamar también modo de medida.

Opcionalmente se añadirá:

- 1) Calibrado automático por SW (sin usar el potenciómetro), basado en suponer que el valor de C_x es exactamente 10 nF. El calibrado se realizará antes de cada nueva medida de C_x .
- 2) Medida de resistencias R_x .