

Tema 6

CIRCUITOS SAMPLE & HOLD Y DE CAPACIDADES CONMUTADAS

Introducción

¿Qué son estos circuitos?

Son bloques circuitales en los que los bloques formados por capacidades y conmutadores analógicos desempeñan un papel fundamental.

Circuitos de interés

- **Circuitos Sample & Hold / Track & Hold**
Son dispositivos controlados por una señal digital. En un estado lógico, la salida cambia libremente. En el otro, su valor se retiene.
- **Circuitos de capacidades conmutadas**
En estos circuitos, se reemplazan las resistencias por el equivalente resistivo de conmutadores

Otras aplicaciones

Conversores de bombeo de carga, bloques analógicos programables, conversores de nivel, etc.

Nos centraremos en los dos primeros

Circuitos S & H

Características

Son controlados, generalmente, por una señal lógica única. Cuando se activa, se muestra en la salida, de manera constante, el valor de la entrada en el momento de la captura, quizás amplificada.

Diferencias entre Sample & Hold y Track & Hold

Los circuitos *sample & hold* son ideales pues basta un brevísimo instante para realizar la captura de la señal.

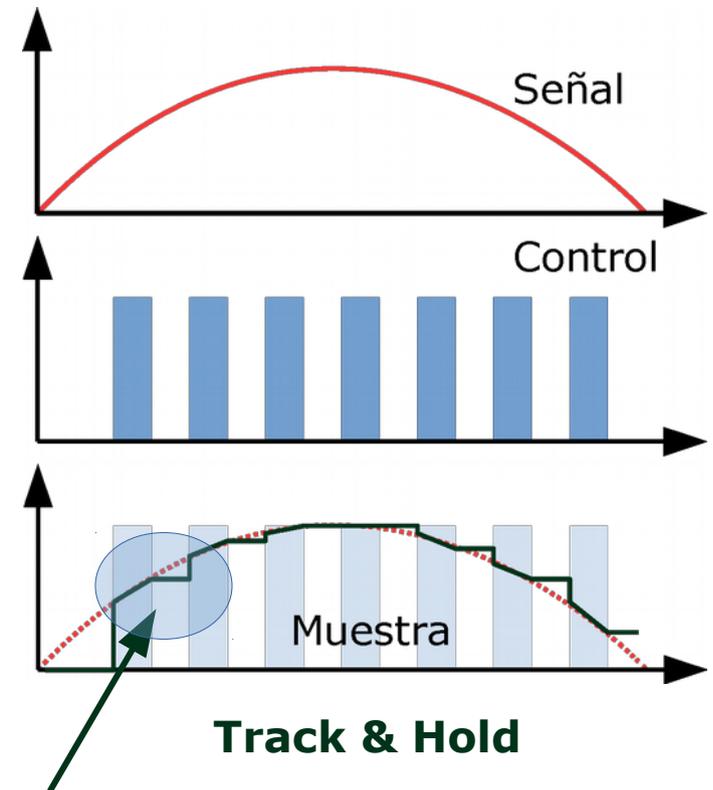
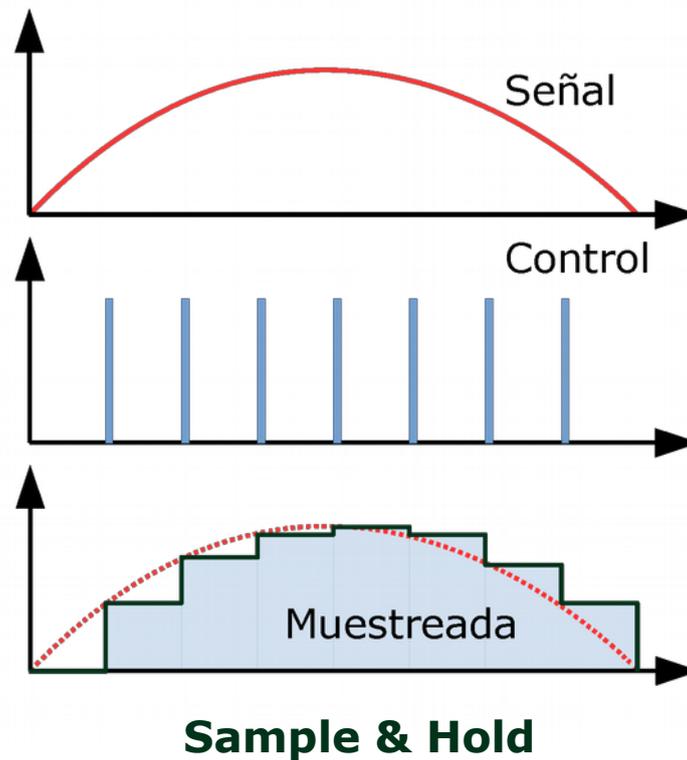
En los circuitos *track & hold*, se requiere un tiempo mínimo de establecimiento. Por tanto, las duraciones de las fases lógicas son comparables.

Los circuitos reales son, en realidad, T/H. Sin embargo, ambos términos suelen usarse indistintamente.

Circuitos S & H

Diferencias entre Sample & Hold y Track & Hold

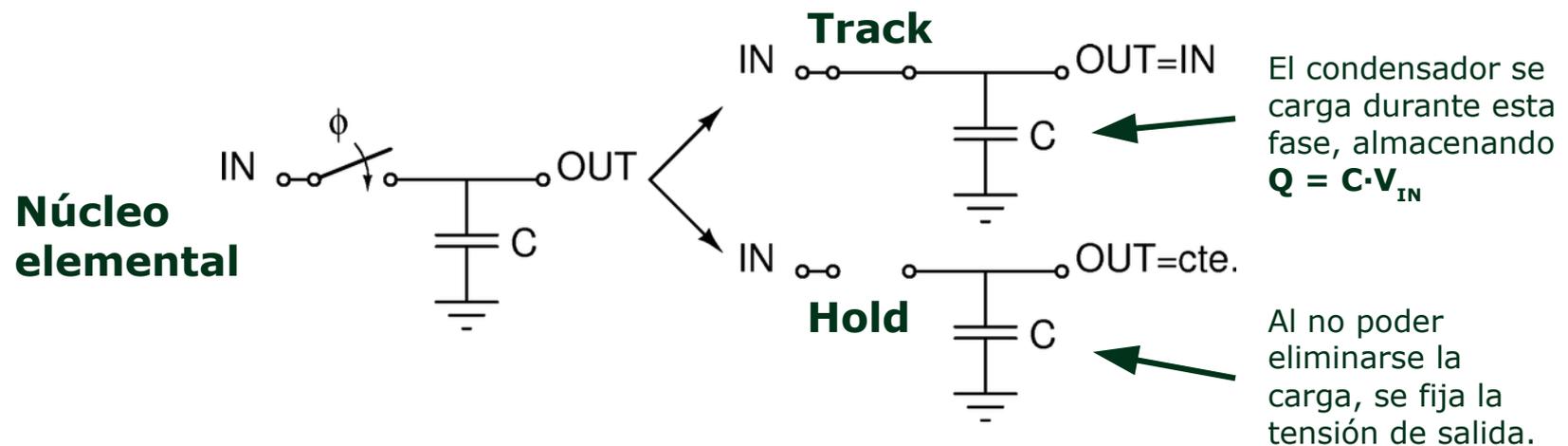
Las siguientes gráficas muestran las diferencias esperables.



Circuitos S & H

Núcleo de un circuito S & H

En electrónica, sólo los condensadores memorizan tensiones



Problemas

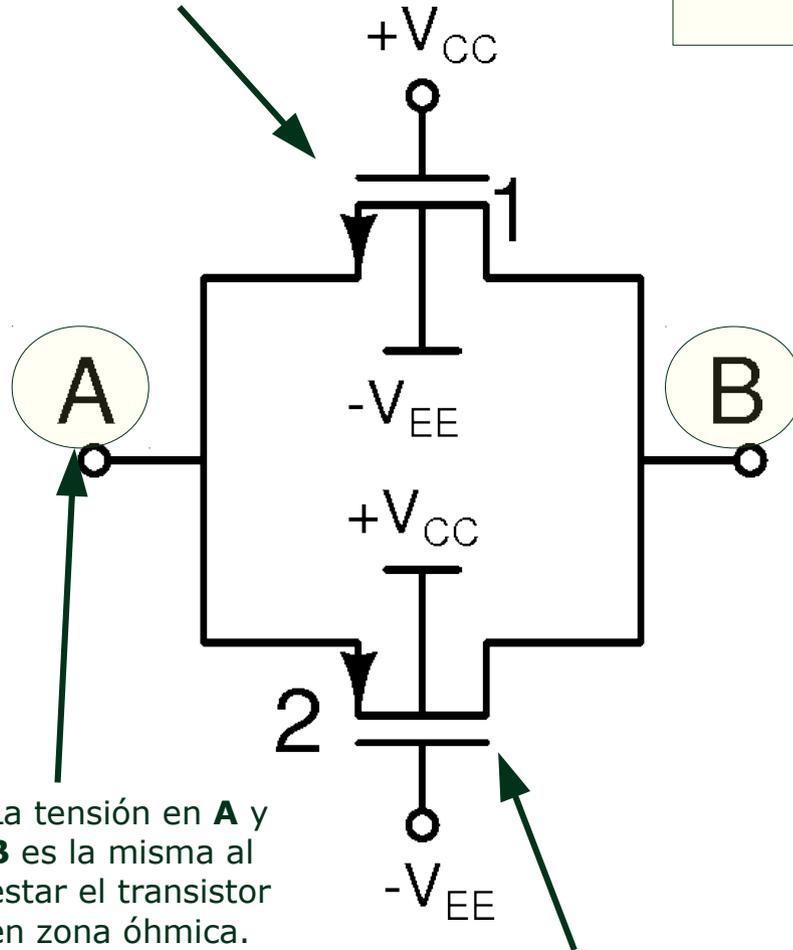
Efecto pedestal: Al cortarse, el conmutador se libera de carga que acaba en el condensador, traduciéndose en nuevo *offset* o incluso **en error de ganancia**

Efectos de carga: Es posible que, al medir OUT, el condensador se descargue, e incluso que IN no lo pueda cargar.

Circuitos S & H

El efecto pedestal

$$Q_1 = -\epsilon_{OX} \cdot \frac{W_1 \cdot L_1}{t_{OX}} \cdot (V_{CC} - V_A - V_{TH1})$$



La tensión en **A** y **B** es la misma al estar el transistor en zona óhmica.

$$Q_2 = +\epsilon_{OX} \cdot \frac{W_2 \cdot L_2}{t_{OX}} \cdot (V_{EE} + V_A - |V_{TH2}|)$$

$$Q_{EP} = \frac{1}{2} \cdot (Q_1 + Q_2) = Q_0 + \frac{\epsilon_{OX}}{2 \cdot t_{OX}} \cdot (W_1 \cdot L_1 + W_2 \cdot L_2) \cdot V_A$$

Término constante

Término variable

$$\Delta V_{IN} = \frac{Q_0}{C} + \frac{\epsilon_{OX}}{2 \cdot t_{OX} \cdot C} \cdot (W_1 \cdot L_1 + W_2 \cdot L_2) \cdot V_A$$

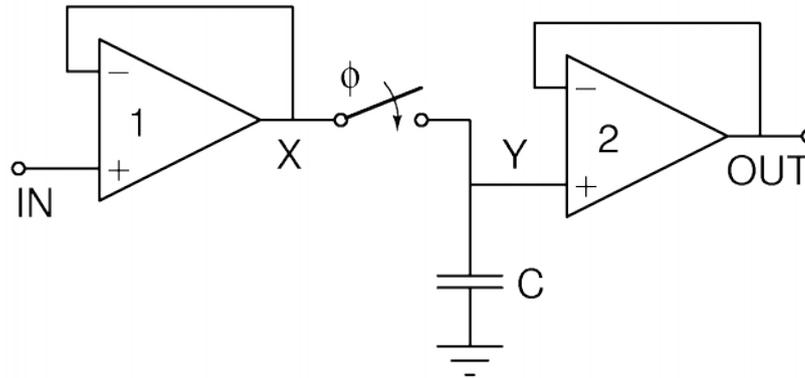
Puntos de interés

- Este fenómeno conduce a una variación del *offset* y de la ganancia. Incluso distorsión.
- En algunos casos, no se usa el PMOS, lo que hace mayor el término Q_0 .
- El efecto pedestal se atenúa aumentando el valor de C pero esto tiene consecuencias en la velocidad.
- Puede atenuarse usando falsos conmutadores ("dummy switches").

Circuitos S & H

Efectos de carga solucionables con op amps

Normalmente como seguidores de tensión, a veces con ganancia.



Estructura elemental de circuito S/H con dos op amps.

Se han solucionado

- Efectos de carga en entrada y salida (Si I_B del op amp de salida es baja).

NO se han solucionado

- Efecto pedestal

Nuevos inconvenientes

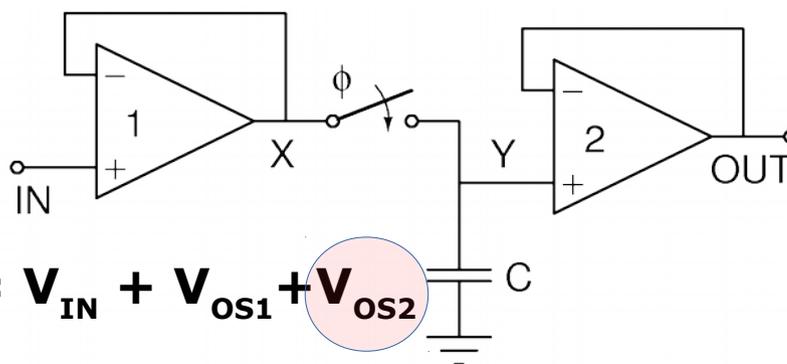
- Limitaciones en frecuencia (*slew rate*, carga de C por op amp)
- Tensiones de *offset*

¡Hay que seguir buscando!

Circuitos S & H

Efectos de carga solucionables con op amps

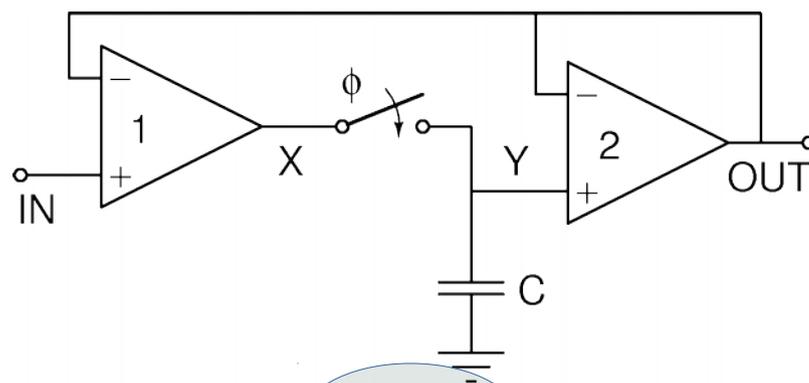
El problema del *offset* puede solucionarse alterando la realimentación.



$$V_{OUT} = V_{IN} + V_{OS1} + V_{OS2}$$

En la estructura básica, las dos tensiones de *offset* se suman. Como 2 debe ser un op amp de entrada FET, tendrá un valor muy elevado.

En la segunda estructura, el *offset* del segundo op amp se ha reducido varios órdenes de magnitud. No importa, por tanto su valor.



$$V_{OUT} = V_{IN} + V_{OS1} + A^{-1} \cdot V_{OS2}$$

El problema viene, sin embargo, de 1: Al estar en saturación durante la fase HOLD, la estructura es muy lenta.

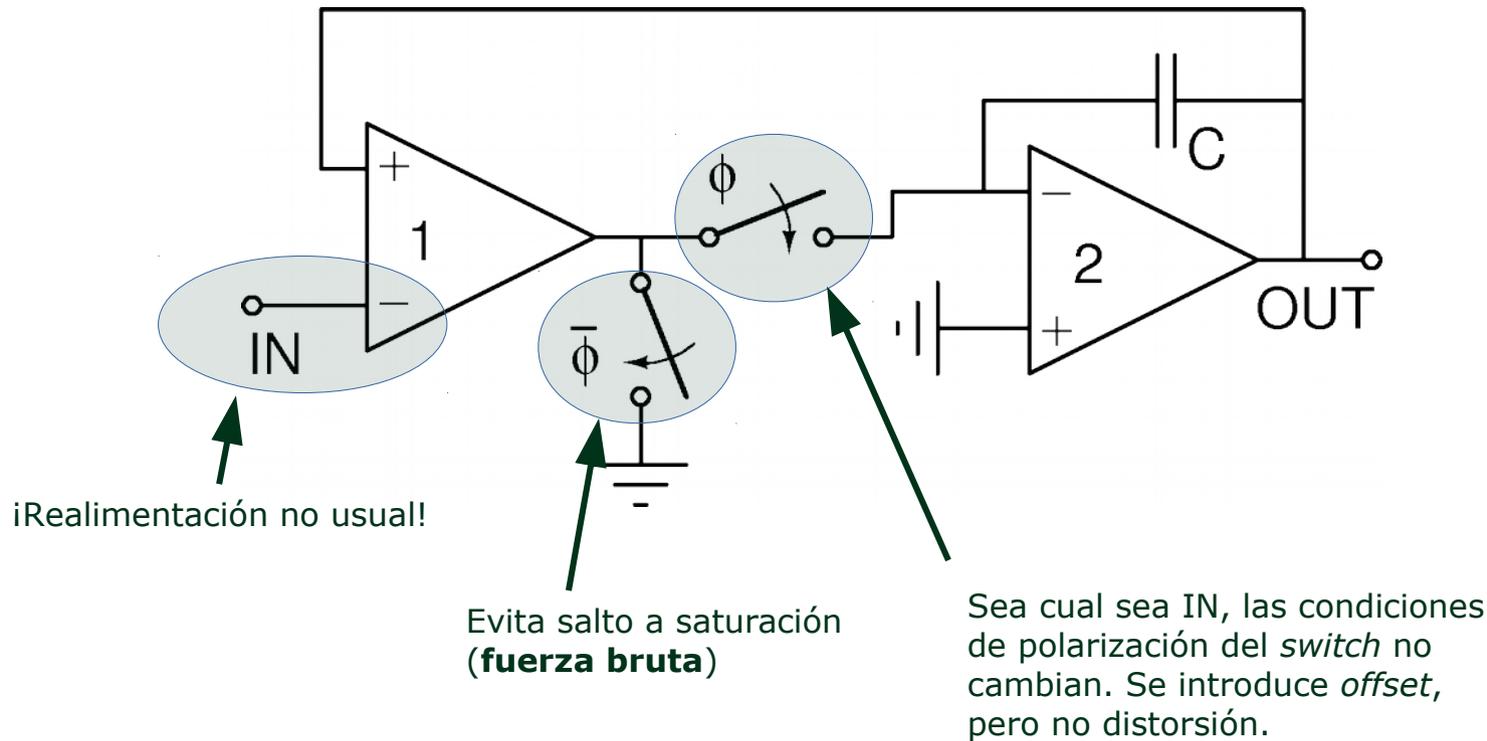
Solución: Añadir más switches.

¡Hay que seguir buscando!

Circuitos S & H

Efecto pedestal solucionable con op amps

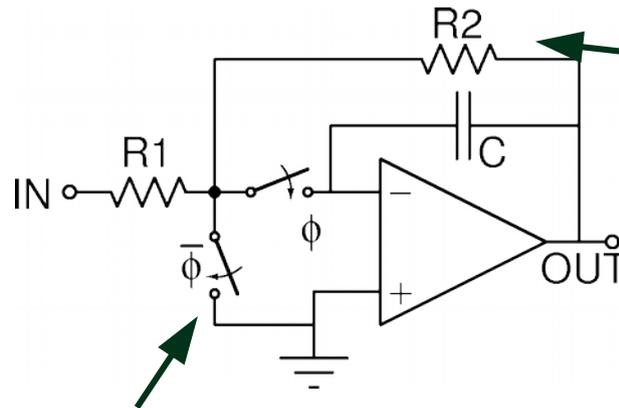
Es posible convertirlo en una tensión de *offset* sin distorsión



Lógicamente, se pueden explorar nuevos caminos

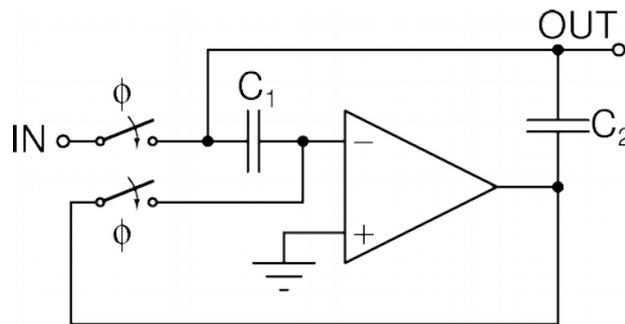
Circuitos S & H

Otras estructuras posibles



La incorporación de resistencias permite obtener ganancia. En este caso, la salida invertida tiene una relación $-R_2/R_1$ con la entrada.

Un "dummy switch elimina el pedestal.



Por **efecto Miller**, la capacidad equivalente en retención se convierte en $(A_D - 1) \cdot C_2$

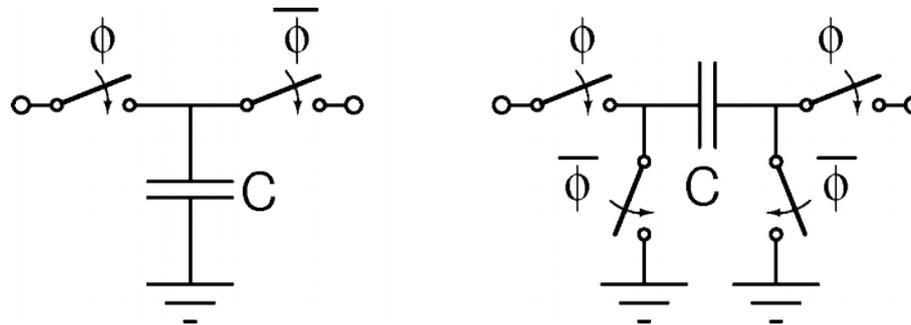
Algunos ICs comerciales desarrollan esta función (AD585, LF398, etc.)

Circuitos de cap. conmutadas

Objetivo: eliminar resistencias

Normalmente, es más sencillo conseguir valores precisos de capacidades que de resistencias en ICs. Útiles para **filtros**.

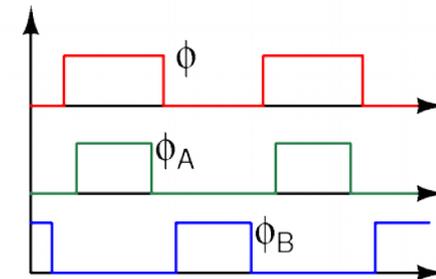
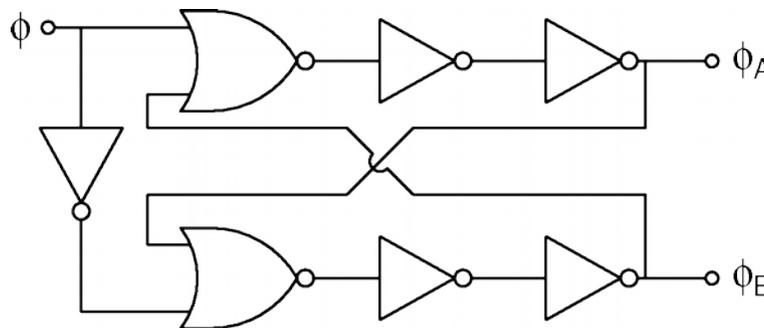
Existe equivalentes resistivos de capacidades más conmutadores.



Ejemplos

En ambos casos, $R_{EQ} = T/C$

Sin embargo, se va a usar transformada Z



Importante: relojes NO solapados

Circuitos de cap. conmutadas

Algunos detalles de relevancia

- Útiles, sobre todo, para realizar filtros.
- La aproximación $R \rightarrow$ Capacidad conmutadas es primera aproximación. Luego se requiere depurado.
- En general, se generan ecuaciones de diferencias que son estudiadas por medio de la transformada Z .
- O, por el contrario, conocida la ecuación de diferencias y, por tanto, la transformada Z , se pueden implementar por bloques.
- Un estudio detallado está fuera de los objetivos de la asignatura ya que se entra en el ámbito de la electrónica analógica.

Más información en la bibliografía.