

El objetivo de este boletín es familiarizar al alumno con la simulación de circuitos mixtos analógico digitales de baja/mediana complejidad, compuestos por subsistemas analógicos y digitales que interactúan. En tales circuitos, el simulador entiende por señal digital las entradas tipo digital así como las salidas de cualquier elemento de librería digital, siendo analógicas el resto de señales. Las peculiaridades de ambos tipos de simulaciones son extensivas a este tipo de sistemas. El boletín se compone de 2 problemas.

- 1.- En este problema se pretende realizar la simulación completa de un circuito mixto de baja complejidad: un oscilador de relajación, basado en un circuito regenerativo conocido como *Schmitt trigger*, o disparador de Schmitt. Un esquema de este tipo de circuitos se muestra en la Fig. 1. Como puede observarse, en dicho circuito aparecen elementos de librería digital (Schmitt trigger: 7414; Inversor: 7404) con elementos típicamente analógicos (resistencia y condensador).

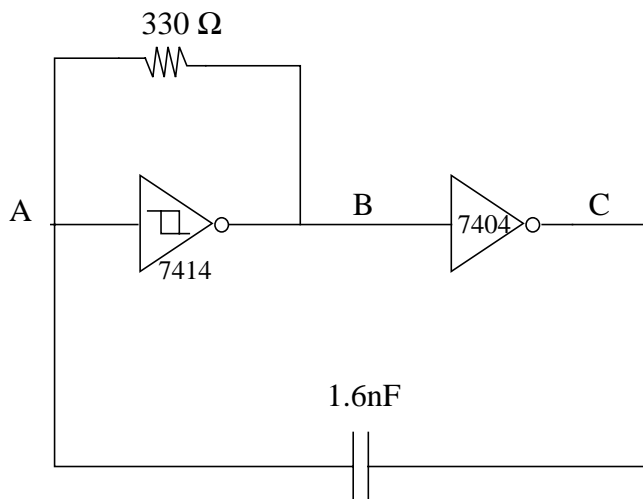


Fig. 1

1.a) Realice una simulación transitoria del circuito de paso de simulación 5ns y de 5us de duración. Trace  $V(A)$  y, en otro plot, trace  $A \rightarrow D$ . ¿Qué similitudes y diferencias observe entre ambas señales? Justifíquelas.

Para entender cómo funciona el interfaz de salida, trace  $V(C)$  y, en otro plot,  $C \rightarrow A$ . Justifique las similitudes y diferencias.

1.b) Determine las características de oscilación (frecuencia de oscilación, tiempo en alto y tiempo en bajo) del oscilador. Modifique los valores de  $R$  y  $C$  para obtener distintos parámetros. Duplique en un caso el valor de la resistencia y observe los efectos. Disminuya a la mitad el valor de la capacidad y observe asimismo los efectos.

1.c) Analice la operación del Schmitt-trigger. Modifique las características del interfaz de entrada-salida ( $IO\_LEVEL$ ) del 7414 y mida la influencia que tienen estos cambios en la operación del circuito. Escogiendo el modo  $IO\_LEVEL=0$ , excite un 7414 con una señal

seno de frecuencia 100 KHz y amplitud 5 voltios y haga, a partir de un análisis transitorio, una representación entrada-salida. Para poder hacer este tipo de representación es necesario considerar el nudo de salida como analógico. Para ello conecte una resistencia desde la salida hasta tierra de valor  $1k\Omega$ . Determine el modo de operación de este circuito, así como su influencia en la operación del oscilador de relajación de la Fig. 1.

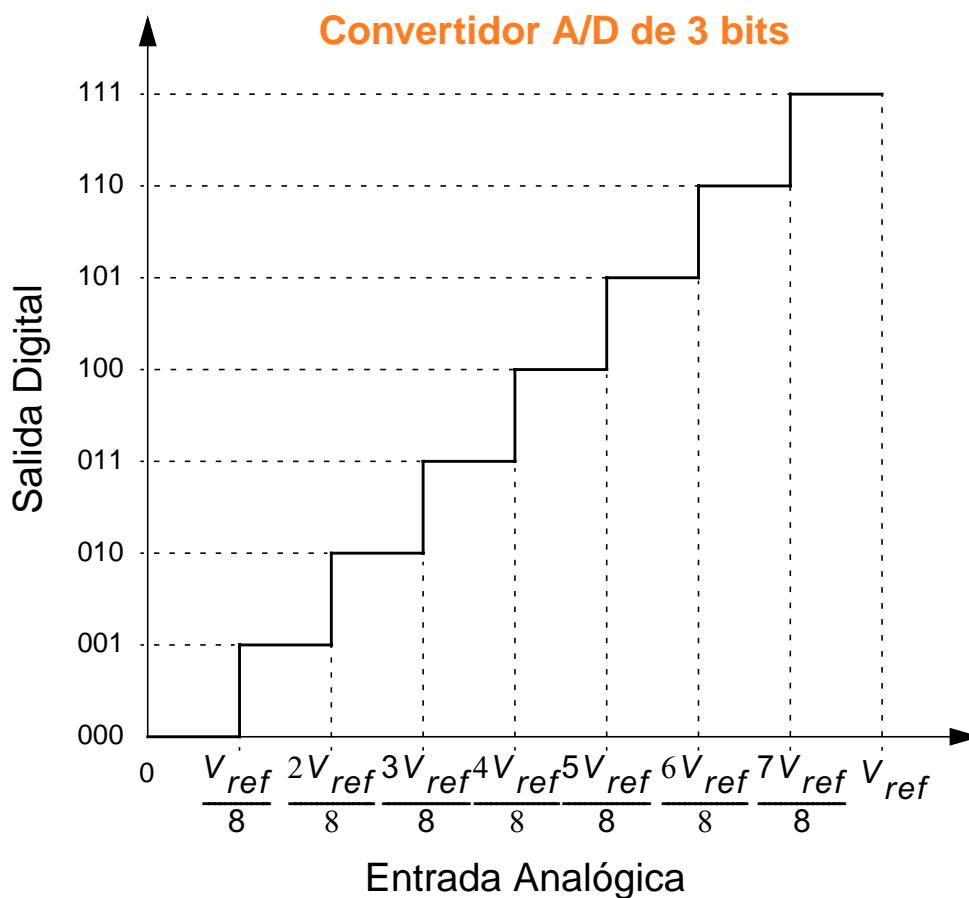
1.d) Considerando retrasos típicos, mida los tiempos de retardo de la puerta 7414 y compruebe el valor medido con el valor especificado en el modelo. ¿Qué criterio de medida cree que se ha utilizado para caracterizar la puerta?

1.e) Observe que el circuito no dispone de entradas externas. ¿Cómo puede modificarse el punto de partida de las simulaciones?. Distinga para esta nueva simulación la respuesta transitoria y la respuesta estacionaria y compare con las obtenidas originalmente.

- 2.- En este problema trataremos la simulación de un convertidor de datos analógico a digital y otro convertidor digital a analógico.

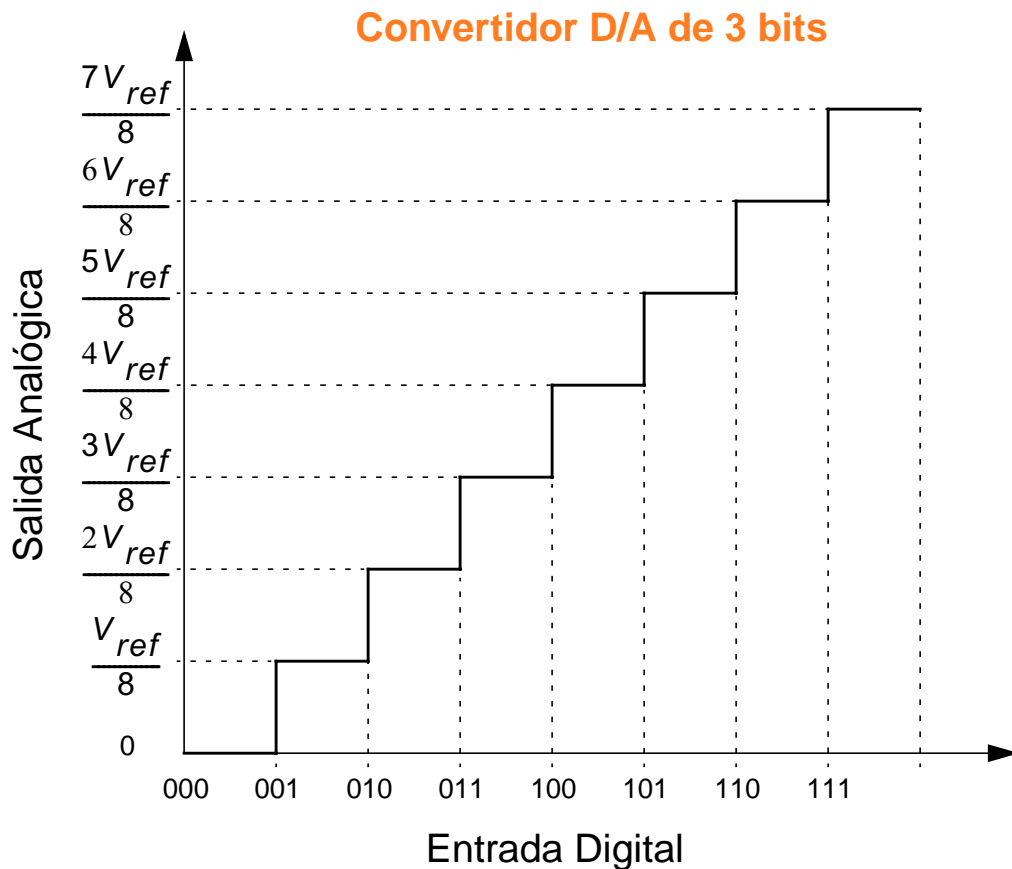
Los convertidores A/D (**ADC**) se usan para digitalizar señales: pasar de señales analógicas (normalmente tensiones) a digitales (normalmente binarias). Su característica fundamental es la **resolución** (número de bits de la salida digital). Cuanto mayor sea ésta más fina es la conversión. Para una entrada  $V(in, gnd)$  la salida es el valor binario del número entero más cercano a:

$$\frac{V(in, gnd)}{V(ref, gnd)} 2^{nbits}$$



Los convertidores D/A (**DAC**) se utilizan para pasar señales digitales (en representación binaria) al plano analógico (representación mediante señales eléctricas: tensión o intensidad). Su característica fundamental es la **resolución** (número de bits de la entrada digital). Cuanto mayor sea ésta, más fina es la conversión. Se suelen modelar mediante una fuente de tensión entre los nudos *out* y *gnd* de valor:

$$V(out, gnd) = V(ref, gnd) \frac{(\text{Valor entero de la entrada binaria})}{2^{nbits}}$$



2.a) Simule un ADC de 8 bits de resolución (instancia *ADC8break*), excitando la entrada IN con un seno de 5 voltios de amplitud y tensión de offset 5 voltios. Coloque en las entradas STAT y OVER sendas resistencias de 10 k $\Omega$  conectadas a tierra. Considere los siguientes casos para las señales REF y CNVRT:

- REF= 256V; CNVRT: reloj de frecuencia 1MHz, 0.5us en ON y 0.5us en OFF
- REF= 5V; CNVRT: reloj de frecuencia 1MHz, 0.5us en ON y 0.5us en OFF
- REF= 10V; CNVRT: reloj de frecuencia 1MHz, 0.5us en ON y 0.5us en OFF
- REF= 10V; CNVRT: reloj de frecuencia 10MHz, 0.05us en ON y 0.05us en OFF
- REF= 10V; CNVRT: reloj de frecuencia 25MHz, 0.02us en ON y 0.02us en OFF

Observe, en cada caso, los códigos digitales de salida, discutiendo las peculiaridades de cada caso. Para poder observar mejor las formas de onda digitales, seleccione en el menú *Plot* => *Digsiz* un porcentaje para la parte digital de 50%.

2.b) Conecte un DAC de 8 bits de resolución (instancia *DAC8break*), a las salidas del ADC del apartado anterior. La salida del DAC se conecta a tierra con una resistencia de 1 k $\Omega$ . Conecte la tensión REF a la misma fuente que alimenta al ADC y realice las simulaciones correspondientes a los casos considerados en el apartado anterior. Sitúe la escala de salida desde 0 a la tensión conectada al nodo REF. Discuta las similitudes y diferencias entre la entrada al ADC y la salida del DAC. ¿Deben ser la misma señal, o diferente por construcción del sistema?. Para comparar mejor las señales, realice un análisis de Fourier (FFT) de las mismas.