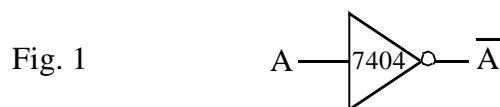


El objetivo de este boletín es familiarizar al alumno con la simulación de circuitos digitales mediante simulación eléctrica y lógica. Para estudiar las características de conmutación típica de circuitos digitales nos fijaremos en el inversor lógico, circuito de conmutación básico que permite invertir señales. Se hará énfasis en las realizaciones con componentes y las implementaciones con elementos de librería, analizando el efecto de los parámetros configurables de los modelos que implementan. Como conclusión que debe extraerse está la pérdida de precisión de la simulación digital, compensada con la complejidad en número de componentes del diseño analógico a simular. El boletín se compone de 4 ejercicios.

- 1.- Simule con PSPICE el inversor de librería 7404, mostrado en la Fig. 1, desde la utilidad *Schematic*, empleando para ello estímulos digitales. Considere para el inversor los parámetros por defecto que tiene el elemento de librería.



Generación de estímulos digitales. La principal diferencia entre estímulos analógicos y digitales reside en los valores que pueden tomar éstos últimos: en el caso de circuitos lógicos binarios toman dos posibles valores: el “0” y el “1” lógicos. Desde la utilidad *Schematic* hay diversas formas de generar estímulos digitales que se analizan en este problema. Realice, empleando cada una de las formas abajo mencionadas, sendas simulaciones del inversor de la figura, empleando para ello un análisis transitorio de 100ns con un paso de 20ns. Observe los resultados con la utilidad *probe*.

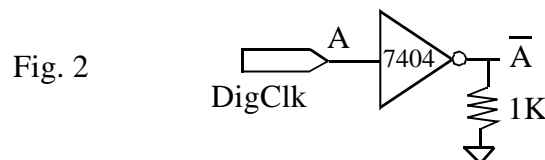
- 1.a) Uso de **DigClock**; con esta fuente se programa el tiempo en nivel alto (25ns) y el tiempo en bajo (25ns). Nótese como la señal generada como estímulo y la salida son puramente digitales, estando la salida retrasada respecto a la entrada.
- 1.b) Uso de **DigStim**. Generar un fichero de estímulos tipo clock, con las características periodo=50ns, tiempo en ON=25ns, empezando en cero. Nótese cómo la señal generada como estímulo y la salida son puramente digitales, estando la salida retrasada respecto a la entrada.
- 1.c) Uso de fuente tipo **PWL** o **PULSE**; generar para esta simulación una fuente de tipo vpulse con los parámetros PER=50ns, PW=25ns, V1=0, V2=5, TR=1ns, TF=1ns, TD=25ns. Nótese como la utilidad *probe* trata esta señal como analógica.

Observe las similitudes y diferencias entre las tres formas de generar las señales, observando las salidas del inversor en cada caso. Estudie las ventajas que presenta el uso de fuentes tipo **PULSE** para controlar las características del pulso (niveles de señal, tiempos de transición, etc). Para poner de manifiesto estos efectos pruebe a modificar el nivel de la señal de entrada (V2=4.5) y los tiempos de transición (TR=10ns, TF=10ns).

- 2.- Con este problema se pone de manifiesto la forma en que PSPICE trata los circuitos digitales y su interfaz con los circuitos analógicos. Considere el inversor 7404 de la figura con una carga resistiva en la salida. Al conectar en la salida de un dispositivo digital una resistencia, el PSPICE entiende la naturaleza dual analógica/digital del nodo de salida. Con esta información ponemos de manifiesto los fundamentos de la simulación mixta analógica/digital que se tratará con más detenimiento al final de la asignatura.

- 2.a) Simule con PSPICE el circuito de la Fig. 2. Emplee como estímulo el empleado en el apartado

- 1.a). Observe la salida y cómo el simulador entiende el nodo de salida como analógico. Compare con la salida obtenida en el apartado 1.a).
- 2.b) Para poner de manifiesto la influencia del interfaz analógico-digital, los elementos de librería tienen un parámetro ajustable (IO_LEVEL), de cuyo valor depende la precisión de los resultados. Simule con PSPICE el circuito de la Fig. 2 colocando el parámetro IO_LEVEL a 0 (por defecto), 2, 3 y 4 sucesivamente. Emplee para ello el estímulo empleado en el apartado 1.a) Compare entre sí los resultados obtenidos.



- 3.- En este problema vamos a comprobar las variaciones en el funcionamiento del inversor 7404 frente a cambios en los parámetros del **modelo de retraso** de la puerta. Obtenga usando PSPICE las formas de onda de salida del inversor en los siguientes casos:
- 3.a) Asigne al parámetro MNTYMXDLY el valor 1 (retrasos mínimos) y simule el inversor con el estímulo generado en el apartado 1.a). Compare los tiempos de retraso con los obtenidos en el caso típico (MNTYMXDLY=0). Repita el proceso para MNTYMXDLY=3 (retrasos máximos). Los valores de retraso medidos constituyen la información temporal básica suministrada por el fabricante del inversor 7404.
- 3.b) Repita el apartado 3.a) considerando como estímulo la función PULSE del apartado 1.c).
- 4.- Para entender mejor las diferencias entre la simulación digital frente a la analógica, se propone la simulación con PSPICE de un inversor realizado en tecnología TTL cuyo modo de operación es similar al del circuito integrado 7404 previamente simulado. Simule el circuito de la Fig. 3, obteniendo las formas de onda de salida excitando con una función **PULSE** como la del apartado 1.c). Obtenga las características temporales de la salida, así como sus niveles de tensión.

