

1 Ejercicio 1

En esta sección se implementaron compuertas *not* a partir de transistores BJT (de sus siglas en inglés, *bipolar junction transistor*). Particularmente, se decidió utilizar BJTs de tipo NPN, formando circuitos de dos familias distintas:

- RTL (*resistor-transistor logic*): utiliza resistencias en la malla de entrada y transistores como *switch*.
- TTL (*transistor-transistor logic*): utiliza transistores tanto para el *switching* como para la amplificación.

De estas definiciones surge que en TTL se requiere mayor cantidad de transistores por compuerta, pero se disipará menos potencia en resistencias pues las corrientes serán menores. Para comparar otros factores de su funcionamiento, se armaron los siguientes circuitos:

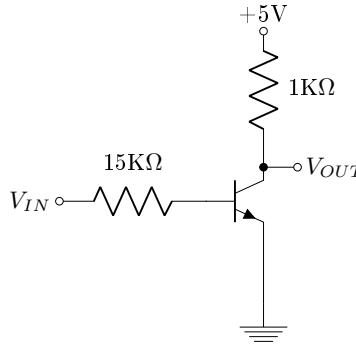


Figura 1: Compuerta *not* RTL

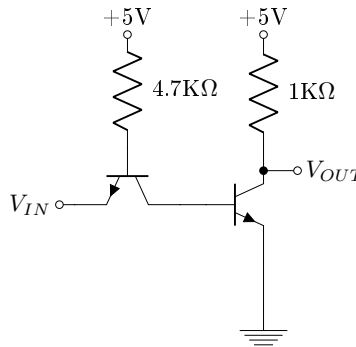


Figura 2: Compuerta *not* TTL

Se utilizaron transistores BC547 y resistencias de metal-film, y los circuitos se armaron en una *printed circuit board*.

1.1 Análisis de resultados

Las mediciones se realizaron el circuito con ondas cuadradas de 5V de amplitud, con el nivel bajo en 0V. Las tensiones necesarias para calcular el margen de ruido se midieron utilizando el modo XY del osciloscopio con permanencia infinita, mientras que para los tiempos el modo *single*. Todas las mediciones se realizaron en dos condiciones para cada compuerta: en vacío, y con un capacitor de 1nF como carga. Al cargar la compuerta, se pudo hacer además una medición adicional: la

Los resultados de las mediciones se encuentran en las tablas 1 y 2. Las magnitudes medidas fueron:

- HLIV (*high-level input voltage*): máxima tensión de entrada con la cual la pendiente de $V_{IN}(V_{OUT}) = -1$, es decir, la mínima con la que se interpreta un 1 en la entrada.

- LLIV (*low-level input voltage*): mínima tensión de entrada con la cual la pendiente de $V_{IN}(V_{OUT}) = -1$, es decir, la máxima con la que se interpreta un 0 en la entrada.
- HLOV (*high-level output voltage*): tensión de salida cuando $V_{IN} = HLIV$, es decir, la mínima con la cual puede considerarse que hay un 1 en la salida.
- LLIV (*low-level output voltage*): tensión de salida cuando $V_{IN} = LLIV$, es decir, la mínima con la cual puede considerarse que hay un 1 en la salida.
- Noise margin: diferencia entre el *high/low level input* y *output voltage*, es decir rango de tensiones que pueden hallarse a la entrada pero no a la salida (pero que tienen comportamiento definido para la salida) para cada nivel lógico.
- PD (*propagation delay*): tiempo que transcurre entre que la tensión de entrada está al 50% entre su valor bajo y alto, y que lo opuesto ocurre en la salida.
- TT (*transition time*): tiempo que tarda la salida en transicionar de un 10% a un 90% de la tensión alta.
- Max. out. curr (*maximum output current*): corriente de salida máxima, que por ser la carga puramente capacitiva, se calculó como $i_c = C \cdot \frac{dV_C}{dt}$, obteniendo esta derivada a través de las funciones matemáticas del osciloscopio.

RTL	En vacío	Con carga
HLIV (V)	0.80	0.8
LLIV (V)	0.57	0.57
HLOV (V)	4.80	4.80
LLOV (V)	0.27	0.27
Noise margin H (V)	4.0	4.0
Noise margin L (V)	0.3	0.3
PD (H-L) (ns)	3855	4380
PD (L-H) (ns)	65	140
TT (H-L) (ns)	134	224
TT (L-H) (ns)	520	3860
Max. out. curr. (mA)	-	51

Tabla 1: Mediciones para la compuerta RTL

TTL	En vacío	Con carga
HLIV (V)	0.63	0.63
LLIV (V)	0.55	0.55
HLOV (V)	4.85	4.85
LLOV (V)	0.21	0.21
Noise margin H (V)	4.22	4.22
Noise margin L (V)	0.34	0.34
PD (H-L) (ns)	804	1445
PD (L-H) (ns)	10	15
TT (H-L) (ns)	<13	70
TT (L-H) (ns)	115	3120
Max. out. curr. (mA)	-	16

Tabla 2: Mediciones para la compuerta TTL

En primer lugar, debe tenerse en cuenta que las mediciones de los tiempos de transición están limitados por el *rise time* mínimo del generador para ondas cuadradas, que es de 13ns^1 , con lo cual para algunas mediciones sólo podemos afirmar que el valor obtenido es menor a este último.

Se puede apreciar que, para ambos circuitos, la carga no afecta los valores de tensiones de entrada ni de salida que se consideran como 1 o 0, pero causa que se extiendan todos los tiempos, tanto de propagación como de transición. Esto es

¹Información obtenida de la [hoja de datos](#) del generador Agilent 33220A (consultado: 16/10/18).

consistente con el hecho de que la carga capacitiva limita la variación de tensión para una misma corriente.

Se observa además que prácticamente todos los parámetros medidos indican una mejor *performance* de la compuerta TTL respecto de la RTL. La principal ventaja de este último tipo de tecnología era el menor requerimiento en cantidad de transistores, lo cual era significativo cuando estos componentes eran considerablemente más caros que el resto del circuito. Actualmente, puesto que ya no es necesario el uso de transistores discretos sino que puede recurrirse a circuitos integrados y su precio ha disminuido, las compuertas RTL están prácticamente obsoletas.

El única medición realizada que favorece a la compuerta RTL es la de máxima corriente de salida: una mayor corriente máxima indica un mayor *fanout*. Esta es una de las principales limitaciones de las compuertas TTL.