

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BUENOS AIRES

22.12 - ELECTRÓNICA III

Trabajo Práctico N°2

Grupo 4

| | |
|------------------------|-------|
| BERTACHINI, Germán | 58750 |
| DIEGUEZ, Manuel | 56273 |
| GALDEMAN, Agustín | 59827 |
| LAGUINGUE, Juan Martín | 57430 |

Profesores:

DEWALD, Kevin

WUNDES, Pablo



PRESENTADO EL 5 DE SEPTIEMBRE DE 2019

Índice

| | |
|---|-----------|
| Ejercicio 1 | 2 |
| Parámetros de las compuertas lógicas | 2 |
| Tensión de salida y entrada | 2 |
| Noise Margin | 3 |
| Tiempo de propagación | 3 |
| Tiempo de transición | 3 |
| Corriente de salida | 3 |
| Tecnologías de las compuertas lógicas | 3 |
| RTL | 4 |
| TTL | 4 |
| MOS | 5 |
| Comparación entre tecnologías | 6 |
| Ejercicio 2 | 6 |
| Introducción a las tecnologías | 7 |
| Compatibilidad entre LS y HC | 7 |
| Compatibilidad entre LS y HCT | 7 |
| Fanout | 8 |
| Ejercicio 3 | 8 |
| Ejercicio 4 | 8 |
| Ejercicio 5 | 8 |
| Entrada flotante | 8 |
| Compatibilidad entre TTL y CMOS | 9 |
| Ejercicio 6 | 10 |
| Ejercicio 7 | 10 |
| Ejercicio 8 | 10 |

Ejercicio 1

Parámetros de las compuertas lógicas

En esta sección desarrollaremos sobre los parámetros esenciales de las compuertas lógicas y estos son los siguientes:

Tensión de salida y entrada

Cuando se realizan compuertas lógicas vamos a poder establecer un rango de tensión de entrada donde la compuerta va a reconocer como un 1 lógico y otra para el cual va a tomar como un 0. Para esos mismos rangos vamos a poder definir un rango de salida dada cuando se encuentra en estado alto y otro para cuando está en estado bajo. Los parámetros van a llamarse:

- V_{IL} : Tensión de entrada considerada un 1 lógico
- V_{IH} : Tensión de entrada considerada un 0 lógico
- V_{OL} : Tensión de salida considerando que envía un 0 lógico
- V_{OH} : Tensión de salida considerando que envía un 1 lógico

La parte más importante de estos son:

- $V_{IL_{max}}$
- $V_{IH_{min}}$
- $V_{OL_{max}}$
- $V_{OH_{min}}$

Estos son obtenidos al realizar el siguiente esquema:

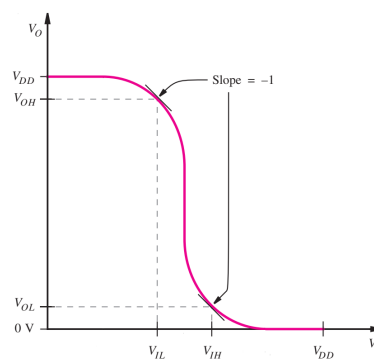


Figura 1: High level y low level input y output

Noise Margin

Para determinar los márgenes de ruido se realizan las siguientes cuentas:

$$NM_L = |V_{OL} - V_{IL}|$$

$$NM_H = |V_{OH} - V_{IH}|$$

Tiempo de propagación

Son los tiempos en que tarda en cambiar la salida acorde a lo recibido en la entrada en otras palabras, es lo que tarda en cambiar la salida desde el momento en que recibió la entrada. Estos se miden como se va a visualizar a continuación:

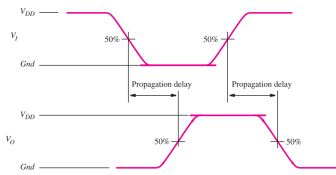


Figura 2: Tiempos de propagación

Como se puede observar, hay dos tiempos de propagación, una de alto a bajo y el otro de bajo a alto.

Tiempo de transición

Es el Tiempo que le toma cambiar la salida de alta a bajo y viceversa, estas se definen como fall time y rise time. Se definen de la manera ilustrada en el gráfico:

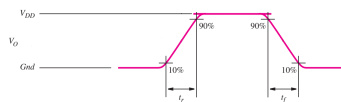


Figura 3: Tiempos de transición

Corriente de salida

Este parámetro es importante de definir dado que define el valor del fanout de la misma, dado que posea una carga solo capacitiva podemos definir la corriente como:

$$I = C \frac{dV_c}{dt}$$

Tecnologías de las compuertas lógicas

A continuación, hablaremos sobre los distintos tipos de tecnología así e ilustraremos los valores obtenidos de los parámetros de las arquitecturas aplicadas de cada tecnología. Estas son las siguientes:

RTL

La tecnología RTL consiste en conectar resistencias y transistores BJT para forma una compuerta lógica, donde la resistencia va a ser usado para polarizar el BJT. En la figura 4, se encuentra la implementación de una compuerta NOT.

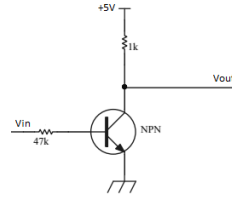


Figura 4: NOT RTL

De la misma se obtuvieron los siguientes parámetros:

| Parámetros | Valor sin carga | Valor con carga |
|-------------------------------|-----------------|-----------------|
| $V_{IL_{max}}$ | 259 mV | 508 mV |
| $V_{IH_{min}}$ | 1.76 V | 1.72 V |
| $V_{OL_{max}}$ | 93 mV | 151 mV |
| $V_{OH_{min}}$ | 4.98 V | 4.98 V |
| NM_L | 166 mV | 357 mV |
| NM_H | 3.22 V | 3.26 V |
| Propagation delay High-to-Low | 371 nSeg | 548 nSeg |
| Propagation delay Low-to-High | 2.52 μ Seg | 3 μ Seg |
| Fall time | 330 nSeg | 482 nSeg |
| Rise time | 1.07 μ Seg | 2.41 μ Seg |
| Output current | 4.96 mA | 139 μ A |

TTL

La tecnología TTL consiste en conectar resistencias y transistores BJT para forma una compuerta lógica, donde vamos a polarizar el BJT que define la salida con otro BJT. En la figura 5, se encuentra la implementación de una compuerta NOT.

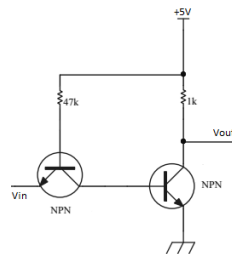


Figura 5: NOT TTL

De la misma se obtuvieron los siguientes parámetros:

| Parámetros | Valor sin carga | Valor con carga |
|-------------------------------|-----------------|-----------------|
| $V_{IL_{max}}$ | 402 mV | 387 mV |
| $V_{IH_{min}}$ | 1.62 V | 1.62 V |
| $V_{OL_{max}}$ | 45 mV | 45 mV |
| $V_{OH_{min}}$ | 4.97 V | 4.97 V |
| NM_L | 357 mV | 342 mV |
| NM_H | 3.35 V | 3.35 V |
| Propagation delay High-to-Low | < 13 nSeg | < 13 nSeg |
| Propagation delay Low-to-High | 212 nSeg | 896 nSeg |
| Fall time | 52 nSeg | 184 nSeg |
| Rise time | 192 nSeg | 2.35 μSeg |
| Output current | 5 mA | 1.7 mA |

MOS

La tecnología MOS consiste en conectar resistencias y transistores MOS para forma una compuerta lógica. En la figura 6, se encuentra la implementación de una compuerta NOT.

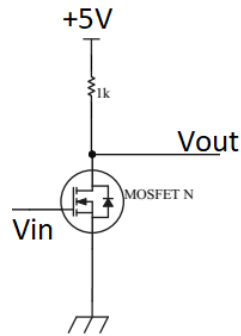


Figura 6: NOT MOS

De la misma se obtuvieron los siguientes parámetros:

| Parámetros | Valor sin carga | Valor con carga |
|-------------------------------|-----------------|-----------------|
| $V_{IL_{max}}$ | 1.91 V | 1.98 V |
| $V_{IH_{min}}$ | 2.62 V | 2.64 V |
| $V_{OL_{max}}$ | 12 mV | 23 mV |
| $V_{OH_{min}}$ | 4.96 V | 4.94 V |
| NM_L | 1.89 V | 1.78 V |
| NM_H | 2.34 V | 2.3 V |
| Propagation delay High-to-Low | < 13 nSeg | 19 nSeg |
| Propagation delay Low-to-High | 80 nSeg | 707 nSeg |
| Fall time | 12 nSeg | 21 nSeg |
| Rise time | 158 nSeg | 2.18 μSeg |
| Output current | 5mA | 523 μA |

Comparación entre tecnologías

| Tecnologías Parámetros | RTL | TTL | MOS |
|---------------------------|----------------------------|-----------------------|---------------------------------------|
| $V_{IL_{max}}$ | Aprox. 1.7 V | Aprox. 1.7 V | Aprox 2 V |
| $V_{IH_{min}}$ | Orden 100 mV | Aporx. 2 veces el RTL | Apox. 2.7 V |
| $V_{OH_{min}}$ | Casi Vcc | Casi Vcc | Casi Vcc |
| $V_{OL_{max}}$ | Orden 100mV | Orden 10mV | Orden mV |
| Noise Margin | Alto NM_H bajo NM_L | Igual al RTL | Menor NM_H al resto Medio NM_L |
| Propagation time | Orden μSeg | Orden 100 nSeg | Orden 10 nSeg |
| Transition time | Orden μSeg | Orden 100 nSeg | Orden de los nSeg |
| Output current | Orden 100 μA | Orden mA | Alrededor 0.5 mA |

Podemos concluir que dado que se quiera realizar un bajo consumo cuando uno se encuentre en estado bajo, es mejor utilizar compuertas MOS mientras que si se le da importancia a la cantidad de compuertas a conectarle atrás de está, es conveniente elegir TTL. Siempre que el problema de ruido no se encuentre considerablemente presente en bajo, las compuertas RTL y TTL son la mejor opción, pero si tenemos un presencia más uniforme de ruido tanto en estado bajo como en alta conviene la MOS. Por último, en cuanto a velocidad se destaca las MOS y en cuanto a niveles lógicos de entrada, la que requiere de menor tensión es la compuerta RTL.

Ejercicio 2

Vamos a desarrollar la compatibilidad entre compuertas NOR de las tecnologías LS, HC y HCT.

Introducción a las tecnologías

La tecnología LS es una aplicación de la anteriormente mencionada TTL pero utiliza transistores Schottky, en otras palabras usamos transistores con diodos Schottky. Mientras que la tecnología HC es una aplicación de lógica MOS, en la cual se utilizan MOS de alta velocidad, HC="High-speed CMOS". Cabe mencionar que esta es incompatible con la TTL. Por último, HCT es igual a la HC pero con una mejora en compatibilidad para la interconexión con tecnología TTL. Se tiene que las distintos tipos de compuertas tiene utilizadas las siguientes características:

| Tecnologías Parámetros | LS | HC | HCT |
|---------------------------|--------|-----------|-----------|
| $V_{IL_{max}}$ | 0.8 V | 1.35 V | 0.8 V |
| $V_{IH_{min}}$ | 2 V | 3.2 V | 2 V |
| $V_{OL_{max}}$ | 0.5 V | 0.26 V | 0.26 V |
| $V_{OH_{min}}$ | 2.7 V | 3.98 V | 3.98 V |
| Output current | 8 mA | 4 mA | 4 mA |
| Input current | 0.1 mA | 1 μA | 1 μA |

Compatibilidad entre LS y HC

Se conecto la salida del LS al HC y luego la salida del HC al LS. Los resultados obtenidos fueron:

| Conexión Parámetros | LS-HC | HC-LS |
|------------------------|-------|-------|
| $V_{IL_{max}}$ | | |
| $V_{IH_{min}}$ | | |
| $V_{OL_{max}}$ | | |
| $V_{OH_{min}}$ | | |
| NM_L | | |
| NM_H | | |

Compatibilidad entre LS y HCT

Se conecto la salida del LS al HCT y luego la salida del HCT al LS. Los resultados obtenidos fueron:

| Conexión Parámetros | LS-HC | HC-LS |
|------------------------|-------|-------|
| $V_{IL_{max}}$ | | |
| $V_{IH_{min}}$ | | |
| $V_{OL_{max}}$ | | |
| $V_{OH_{min}}$ | | |
| NM_L | | |
| NM_H | | |

Fanout

El fanout es un parámetro que indica la cantidad de compuertas lógicas de una misma tecnología que pueden conectarse en paralelo a la salida de otra compuerta, determinar este número es esencial debido a que si uno se pasa de está, la tensión de salida, así como el comportamiento de las compuertas a la salida de esta puede dejar de ser el deseado. De la información obtenida podemos concluir que

Ejercicio 3

Ejercicio 4

Ejercicio 5

Entrada flotante

En esta subsección vamos a desarrollar el comportamiento que tiene las compuertas TTL y CMOS, por medio de los siguientes circuitos:

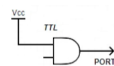


Figura 7: Circuito para TTL AND

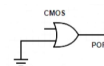


Figura 8: Circuito para CMOS OR

El resultado obtenido fue:

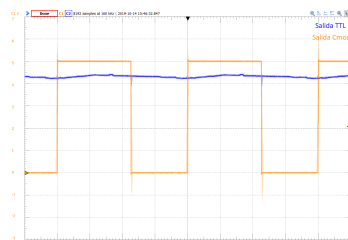


Figura 9: Resultados de los circuitos

En conclusión, la entrada flotante del circuito TTL produjo una salida alta. Esto significa que por default tenemos una entrada alta en el mismo y esto se debe a que, los circuitos de la familia LS utilizan la tecnología TTL donde poseen un pull up interno de forma tal que, al no enviar entrada, el transistor se encuentra igualmente polarizado y como consecuencia es como si recibiera una entrada high. Esto se debe a que es necesario que el ruido tenga una amplitud considerablemente grande para poder activar la compuerta.

Mientras que en el caso del circuito CMOS, obtenemos que la salida oscila a una frecuencia de 50 Hz. Esto se debe a que el transistor CMOS presenta una alta impedancia de entrada, lo que vuelve cualquier entrada flotante susceptible al ruido y este es lo suficientemente fuerte como para entrar en la zona lineal de operación de esta.

Compatibilidad entre TTL y CMOS

A continuación vamos a ver los problemas presentados en el circuito de la figura 10, así como los problemas que está presenta.

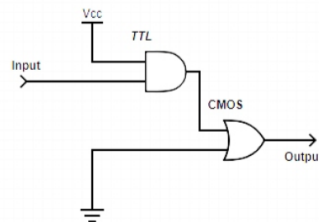


Figura 10: TTL cargando CMOS

Teniendo en cuenta los datos siguientes:

| Tecnología | $V_{IL_{max}}$ | $V_{IH_{min}}$ | $V_{OL_{max}}$ | $V_{OH_{min}}$ |
|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 74LS08 | 0.8 V | 2 V | 0.5 V | 2.7 V |
| 74HC32 | 1.35 V | 3.15 V | 0.26 V | 3.98 V |

Tenemos que el $V_{OH_{min}}$ del TTL es inferior al $V_{IH_{min}}$ del CMOS. Esto causa que, aunque el AND se encuentre en estado alto mientras esté sea menor a 3.15 V, la compuerta OR no va a considerarla como tal dando nos una respuesta diferente a la esperada. Este tipo de problemas pueden ser solucionados por un level shifter o por un pull up, debido a que el pull up solo va a generar una reducción en el rise time del mismo gracias a que inyecta más corriente, utilizaremos un level shifter para solucionarlo. Una manera sencilla de aplicar un level shifter puede verse en la figura 11.

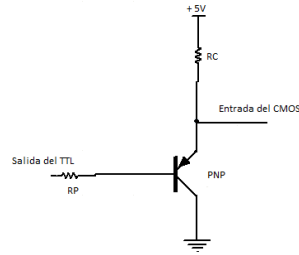


Figura 11: TTL cargando CMOS

El problema se encuentra solucionado dado que ahora al OR CMOS le va a llegar un $V_{OL_{max}} = 2.7 + 0.7 = 3.4$ aproximadamente, esto es mayor a 3.15 V solucionando completamente el problema encontrado.

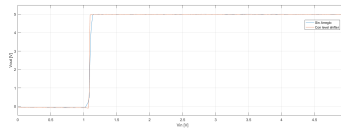


Figura 12: Comparación entre sin solución y con solución

Podemos concluir, que a pesar de haber aumentado el $V_{IL_{max}}$ y $V_{OL_{max}}$ logramos disminuir los $V_{IH_{min}}$ y $V_{OH_{min}}$. Además, una mayor pendiente lo que significa que el cambio producido por la entrada actúa más rápido que sin haber aplicado la solución, en el sentido de que menores cambios de tensión en la entrada producen mayores cambios en la salida.

Ejercicio 6

Ejercicio 7

Ejercicio 8