

# Compuertas TTL y CMOS

Camilo Andres Garzón Código:

David Ricardo Martínez Hernández Código: 261931

Juan Pablo Rodríguez Rojas Código: 261744

**Resumen**— En la práctica realizada se propuso la caracterización de diferentes compuertas lógicas, las cuales variaban sus características dependiendo de la construcción de las mismas ya fueran tecnologías *TTL* o *CMOS*, así que se midieron con la utilización de diferentes configuraciones de circuitos, aspectos característicos de un inversor *TTL* y *CMOS*, tales como los tiempos de propagación al ingresar señales con frecuencias relativamente altas, o como también la potencia disipada por dichos inversores a la entrada de un voltaje determinado. Así como también los voltajes activos, tales como  $V_{L\text{MIN}}$  o  $V_{L\text{MAX}}$ , de los cuales variando el voltaje de entrada gradualmente se observó como estos parámetros definen la señal de salida. Y por último trabajamos otras compuertas lógicas y observamos la relación de sus entradas con la salida que se obtenía, y se comparaba con la tabla de verdad de dichas proposiciones lógicas, que en el ámbito electrónico se denominan circuitos lógicos o compuertas lógicas.

**Palabras clave**—ALTO, AND, BAJO, CMOS, Compuerta, NOT, operador lógico, OR, tabla de verdad, TTL, XOR.

## I. OBJETIVOS

- Identificar las diferencias principales entre la configuración *TTL* y la configuración *CMOS*.
- Identificar los niveles lógicos, tiempos de transición y de retardos de propagación de compuertas *TTL* y *CMOS*.
- Conocer la función de transferencia de una compuerta NOT al excitarla con una tensión variable en el tiempo.
- Aprender como los circuitos electrónicos pueden asimilar proposiciones lógicas, y verificar que las tablas de verdad se cumplen para las compuertas lógicas propuestas.

## II. INTRODUCCIÓN

Existen muchas maneras para diseñar un circuito lógico. Los primeros circuitos lógicos se desarrollaron en la década de los 30, basados en reveladores, en la década de los 40 se inventó la primera computadora llamada ENIAC, los circuitos lógicos estaban basados en tubos de vacío.

Un avance significativo se dio cuando se inventó el *diodo semiconductor* y el *transistor bipolar de unión* permitiendo así crear compuertas significativamente más pequeñas, con un gran procesamiento de datos, más eficaces al momento de hacer un proceso y de mayor capacidad de almacenamiento a finales de la década del 50.

Otro gran avance fue la invención del *circuito integrado (CI)*, permitiendo la integración de diodos, transistores y otros componentes en un chip, y las computadoras se hicieron aún más eficaces y rápidas. Con el desarrollo del CI se crearon las primeras *Familias Lógicas*; una familia lógica es una colección de diferentes chips de circuitos integrados similares en sus entradas, salidas y circuitería interna, pero que realizan

diferentes funciones lógicas<sup>1</sup>. Los chips de la misma familia pueden interconectarse para que realicen cualquier función lógica que se requiera. Por otra parte, los chips de familias diferentes pueden ser incompatibles, utilizar diferentes voltajes de alimentación, por consiguiente la salida no será la misma y tendrá diferentes valores lógicos.

La *familia lógica bipolar* basada en transistores **BJT** (Bipolar Junction Transistor) también llamada **TTL** (Transistor-Transistor Logic) su funcionamiento depende principalmente de diodos y transistores BJT, para realizar las operaciones lógicas, se pueden construir en dos configuraciones, una de ellas es la lógica de diodos (operaciones lógicas con diodos), la otra es configurando los transistores en paralelo para hacer operaciones lógicas.

La *familia CMOS* (Complementary Metal-Oxide Semiconductor) están conformados por transistores **MOS**, estos transistores funcionan como los **MOSFET** (MOS field-effect transistor) de canal *n* y canal *p*.

Los parámetros  $V_{IL}$ ,  $V_{IH}$ ,  $V_{OL}$  y  $V_{OH}$  definen el comportamiento eléctrico de estado estable en los dispositivos **CMOS**, en sus niveles lógicos y márgenes de ruido<sup>2</sup>.

- $V_{IL}$ : Voltaje de entrada en estado alto.
- $V_{IH}$ : Voltaje de entrada en estado bajo.
- $V_{OL}$ : Voltaje de salida en estado bajo.
- $V_{OH}$ : Voltaje de salida en estado alto.

Los parámetros  $t_r$  y  $t_f$  son utilizados para el **tiempo de transición**, es decir la cantidad de tiempo necesario para que la salida pueda cambiar de un estado lógico a otro<sup>3</sup>.

- $t_r$  o **tiempo de ascenso**: Tiempo necesario para cambiar de bajo a alto.
- $t_f$  o **tiempo de caída**: Tiempo posiblemente diferente para cambiar de alto a bajo.

Los parámetros  $t_{pHL}$  y  $t_{pLH}$  son utilizados en el **retardo de retardo de propagación**, es decir la cantidad de tiempo requerido para que la señal de entrada produzca un cambio en la señal de salida<sup>4</sup>.

- $t_{pHL}$ : Tiempo entre un cambio de entrada y el correspondiente a un cambio de salida, cuando la salida está cambiando de alto a bajo.
- $t_{pLH}$ : Tiempo entre un cambio de entrada y el correspondiente a un cambio de salida, cuando la salida está cambiando de bajo a alto.

<sup>1</sup>La definición fue tomada del libro [3], pag85

<sup>2</sup>Las definiciones fueron tomadas del libro [3] pag 100

<sup>3</sup>Las definiciones fueron tomadas del libro [3], pag 114

<sup>4</sup>Las definiciones fueron tomadas del libro [3], pag 120

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

Para desarrollar este laboratorio fue necesaria la utilización de:

- Puertas AND, NOT, OR, XOR.
- Fuente Regulada
- Generador de Funciones
- LED's
- Multímetro
- Osciloscopio
- Protoboard
- Resistencias
- Sondas

### IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### IV-A. Función de transferencia

Se realizó el circuito de la fig 1

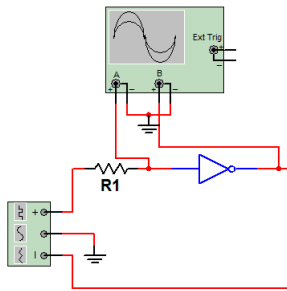


Fig. 1: Montaje realizado

Los resultados para el TTL obtenidos se encuentran en la siguiente Tab I.

|          |       |
|----------|-------|
| $V_{IH}$ | 1 V   |
| $V_{IL}$ | 0,6 V |
| $V_{OH}$ | 2,3 V |

TABLA I: Valores obtenidos función de transferencia TTL

Los resultados para el CMOS obtenidos se encuentran en la siguiente Tab II.

|          |       |
|----------|-------|
| $V_{IH}$ | 1,7 V |
| $V_{IL}$ | 0,7 V |
| $V_{OH}$ | 4,8 V |

TABLA II: Valores obtenidos función de transferencia CMOS

Para TTL la señal de entrada en el circuito práctico fue una señal triangular, a la salida del inversor mostraba un escalón, aunque después de un tiempo se caía por completo la señal, y no daba mucho tiempo para tomar datos, por consiguiente toco realizarlo aproximadamente 4 veces para poder llegar a estos resultados. Los resultados prácticos de este circuito se encuentran en la TAB I.

Para CMOS también la señal de entrada en el circuito fue una señal triangular, a la salida del inversor también mostraba una señal escalos pero esta se mantuvo un tiempo más prolongado que el anterior. Los resultados prácticos de este circuito se encuentran en la TAB II.

#### IV-B. Tiempos de propagación

Se realizó el montaje de la fig 2

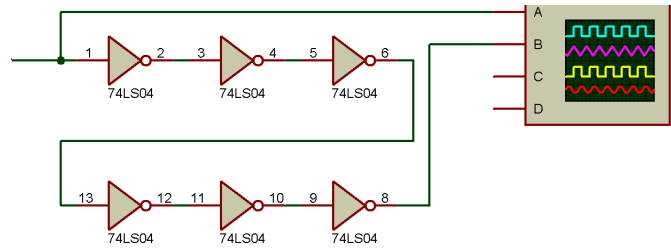


Fig. 2: Montaje realizado

Dando como resultado



Fig. 3: Salida real de los Tiempos de Propagación

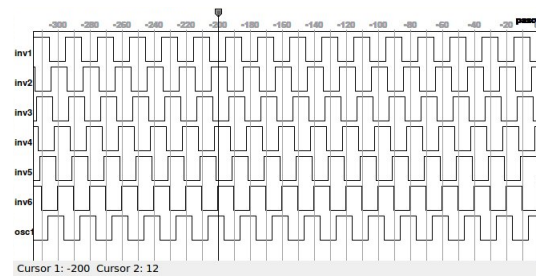


Fig. 4: Salida simulada de los Tiempos de Propagación

La salida del simulador real es muy similar a la salida del simulador, es muy notorio el tiempo de respuesta de la señal de entrada con respecto a la señal de salida. El circuito de la fig 2 se alimentó con una señal cuadrada de 5 V de amplitud, una frecuencia de 10 MHz (Frecuencia óptima para observar el retardo de la respuesta para el circuito inversor).

### V. CONCLUSIONES

- La configuración TTL se diferencia de la configuración CMOS debido al tiempo de respuesta de un pulso ALTO a un pulso BAJO y de un pulso BAJO a uno ALTO, esto se pudo confirmar por medio de la práctica, además los TTL tienen un mayor tiempo de respuesta que los CMOS por la composición de los transistores.
- En el caso de los tiempos de propagación tenemos que para el caso del TTL, los resultados concuerdan con los de la simulación previamente hecha, pero estos datos debieron ser cotejados con los datos para el caso del inversor con CMOS, pero debido a los inconvenientes obtenidos con los instrumentos de medición no fue posible

cotejar experimentalmente estos datos, aunque se espera que el tiempo de propagación para el caso de los CMOS sea mayor que el de los tiempos de TTL, pero como lo mencionamos experimentalmente no pudimos determinar esta característica. También vale la pena mencionar que los tiempos de propagación de los inversores ya sea TTL o CMOS, son mas apreciables a altas frecuencias, pero también los CMOS disipan una mayor potencia, lo que genera que ambos sean muy útiles en diferentes aplicaciones.

#### REFERENCIAS

- [1] Dorf Svoboda. «*Circuitos Eléctricos*». Alfaomega, 2006.
- [2] C. J. Savant. «*Diseños Electrónicos: Circuitos de Sistema*». Prentice-Hall, 2006.
- [3] John F. Wakerly. «*Diseño Digital: Principios y Prácticas*». Prentice-Hall, 2001.
- [4] Thomas L. Floyd. «*Fundamentos de Sistemas Digitales*». Prentice-Hall, 2000.
- [5] Sitio Web: <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/fairchild/DM74S04.pdf>
- [6] Sitio Web: [http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/134/231533\\_DS.pdf](http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/134/231533_DS.pdf)
- [7] Sitio Web: <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/motorola/MC14069UBCL.pdf>