

ELECTRONICA DIGITAL I

NIVELES LÓGICOS

Las tensiones empleadas para representar un 1 y un 0 se denominan niveles lógicos. En el caso ideal, un nivel de tensión representa un nivel ALTO y otro nivel de tensión representa un nivel BAJO. Sin embargo, en un circuito digital real, un nivel ALTO puede ser cualquier tensión entre un valor mínimo y un valor máximo especificados. Del mismo modo, un nivel BAJO puede ser cualquier tensión comprendida entre un mínimo y máximo especificados. No puede existir solapamiento entre el rango aceptado de niveles ALTO y el rango aceptado de niveles BAJO.

La Figura 1.5 ilustra el rango general de los niveles BAJO y ALTO aceptables para un circuito digital. La variable $V_{H(máx)}$ representa el valor máximo de tensión para el nivel ALTO y $V_{H(mín)}$ representa el valor de tensión mínimo para el nivel ALTO. El valor máximo de tensión para el nivel BAJO se representa mediante

$V_{L(máx)}$ y el valor mínimo de tensión para el nivel BAJO mediante $V_{L(mín)}$. Los valores de tensión comprendidos entre $V_{L(máx)}$ y $V_{H(mín)}$ no son aceptables para un funcionamiento correcto. Una tensión en el rango no permitido puede ser interpretada por un determinado circuito tanto como un nivel ALTO cuanto como un nivel BAJO, por lo que no puede tomarse como un valor aceptable. Por ejemplo, los valores para el nivel ALTO en un determinado tipo de circuito digital denominado CMOS pueden variar en el rango de 2 V a 3,3 V y los valores para el nivel BAJO en el rango de 0 V a 0,8 V. De esta manera, si por ejemplo se aplica una tensión de 2,5 V, el circuito lo aceptará como un nivel ALTO, es decir, un 1 binario. Si se aplica una tensión de 0,5 V, el circuito lo aceptará como un nivel BAJO, es decir, un 0 binario. En este tipo de circuito, las tensiones comprendidas entre 0,8 V y 2 V no son aceptables.

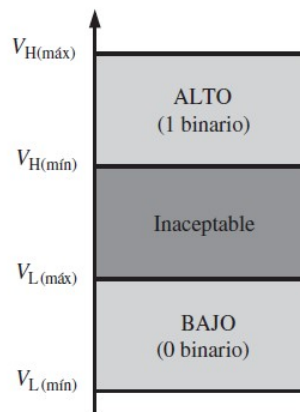


FIGURA 1.5 Rango de niveles lógicos de tensión para un circuito digital.

FORMAS DE ONDA DIGITALES

Las formas de onda digitales consisten en niveles de tensión que varían entre los estados o niveles ALTO y BAJO. La Figura 1.6(a) muestra que un impulso positivo se genera cuando la tensión (o la intensidad) pasa de su nivel normalmente BAJO hasta su nivel ALTO y luego vuelve otra vez a su nivel BAJO. El impulso negativo de la Figura 1.6(b) se genera cuando la tensión pasa de su nivel normalmente ALTO a su nivel BAJO y vuelve a su nivel ALTO. Una señal digital está formada por una serie de impulsos.

El impulso. Como se muestra en la Figura 1.6, un impulso tiene dos flancos: un flanco anterior que se produce en el instante t_0 y un flanco posterior que se produce en el instante posterior t_1 . Para un impulso positivo, el flanco anterior es un flanco de subida y el flanco posterior es de bajada. Los impulsos mostrados en la Figura 1.6 son ideales porque se supone que los flancos de subida y de bajada ocurren en un tiempo cero (instantáneamente).

En la práctica, estas transiciones no suceden de forma instantánea, aunque para la mayoría de las situaciones digitales podemos suponer que son impulsos ideales.

La Figura 1.7 muestra un impulso real (no ideal). En la práctica, todos los impulsos presentan alguna o todas de las características siguientes. En ocasiones, se producen picos de tensión y rizado debidos a los efectos capacitivos e inductivos parásitos. La caída puede ser provocada por las capacidades parásitas y la resistencia del circuito que forma un circuito RC con una constante de tiempo baja.

El tiempo requerido para que un impulso pase desde su nivel BAJO hasta su nivel ALTO se denomina **tiempo de subida** (t_r), y el tiempo requerido para la transición del nivel ALTO al nivel BAJO se denomina **tiempo de bajada** (t_f). En la práctica, el tiempo de subida se mide como el tiempo que tarda en pasar del 10% (altura respecto de la línea) al 90% de la amplitud del impulso y el tiempo de bajada se mide como el tiempo que tarda en pasar del 90% al 10% de la amplitud del impulso, como se puede ver en la Figura 1.7.

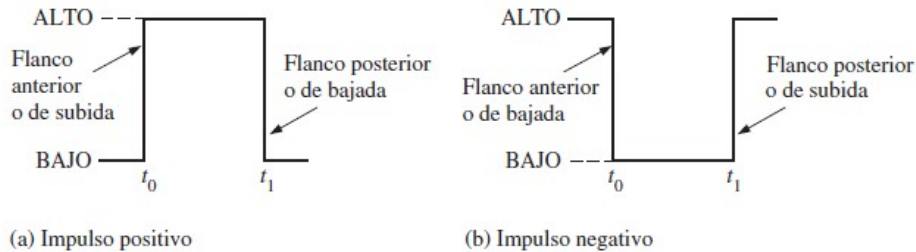


FIGURA 1.6 Impulsos ideales.

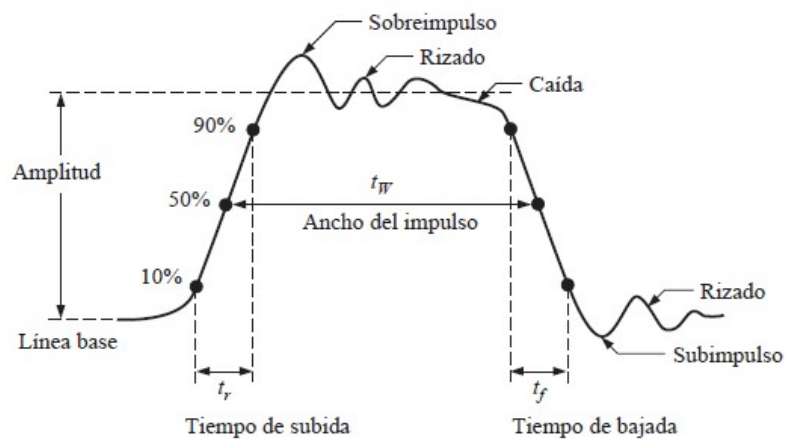


FIGURA 1.7 Características de los impulsos no ideales.

La razón de que el 10% inferior y el 10% superior no se incluyan en los tiempos de subida y de bajada se debe a la no linealidad de la señal en esas áreas. El ancho del impulso (t_W) es una medida de la duración del impulso y, a menudo, se define como el intervalo de tiempo que transcurre entre los puntos en que la amplitud es del 50% en los flancos de subida y de bajada, como se indica en la Figura 1.7.

Características de la forma de onda. La mayoría de las formas de onda que se pueden encontrar en los sistemas digitales están formadas por series de impulsos, algunas veces denominados también trenes de impulsos, y pueden clasificarse en periódicas y no periódicas. Un tren de impulsos periódico es aquel que se repite a intervalos de tiempo fijos; este intervalo de tiempo fijo se denomina período (T). La frecuencia (f) es la velocidad a la que se repite y se mide en hercios (Hz). Por supuesto, un tren de impulsos no periódico no se repite a intervalos de tiempo fijos y puede estar formado por impulsos de distintos anchos y/o impulsos que tienen intervalos distintos de tiempo entre los pulsos. En la Figura 1.8 se muestra un ejemplo de cada tipo.

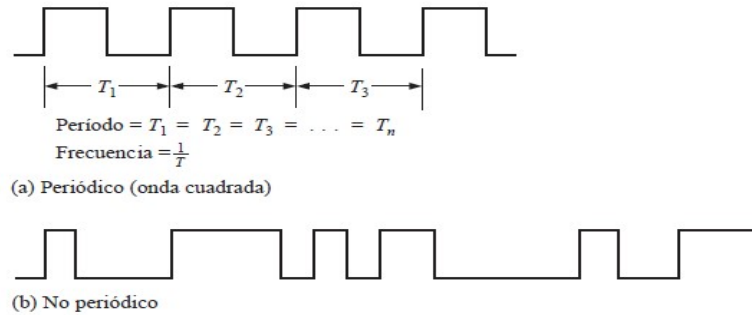


FIGURA 1.8 Ejemplos de formas de onda digitales.

La frecuencia (f) de un tren de pulsos (digital) es el inverso del período. La relación entre la frecuencia y el período se expresa como sigue:

Ecuación $f = \frac{1}{T}$ por lo tanto $T = \frac{1}{f}$

Una característica importante de una señal digital periódica es su **ciclo de trabajo**, que es el cociente entre el ancho del impulso (t_w) y el período (T) y puede expresarse como un porcentaje.

$$\text{ciclo de trabajo} = \left(\frac{t_w}{T} \right) 100\%$$

EJEMPLO 1.1

En la Figura 1.9 se muestra una parte de una señal digital periódica. Las medidas están expresadas en milisegundos. Determinar:

(a) período (b) frecuencia (c) ciclo de trabajo

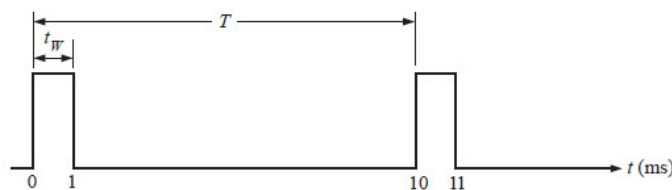


FIGURA 1.9

Solución

(a) El período se mide desde el flanco de uno de los impulsos hasta el correspondiente flanco del siguiente impulso. En este caso, T se mide desde el flanco de subida hasta el siguiente flanco de subida, como se indica en la figura, luego T es igual a **10 ms**.

(b) $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{10 \text{ ms}} = 100 \text{ Hz}$

(c) Ciclo de trabajo $= \left(\frac{t_w}{T} \right) 100\% = \left(\frac{1 \text{ ms}}{10 \text{ ms}} \right) 100\% = 10\%$

Problema relacionado* Una señal digital periódica tiene un ancho de impulso de 25 ms y un período de 150 μs . Determinar la frecuencia y el ciclo de trabajo.

UNA SEÑAL DIGITAL CONTIENE INFORMACIÓN BINARIA

La información binaria que manejan los sistemas digitales aparece en forma de señales que representan secuencias de bits. Cuando la señal está a nivel ALTO, quiere decir que está presente un 1 binario; cuando la señal está a nivel BAJO, lo indica un 0 binario. Cada bit dentro de una secuencia ocupa un intervalo de tiempo definido, denominado período de bit.

El reloj. En los sistemas digitales, todas las señales están sincronizadas con una señal de temporización básica denominada reloj. El reloj es una señal periódica en la que cada intervalo entre impulsos (el período) es igual a la duración de un bit.

En la Figura 1.10 se muestra un ejemplo de una señal de reloj. Observe que, en este caso, cada cambio de nivel de la señal A se produce en el flanco de subida de la señal de reloj. En otros casos, los cambios de nivel se producen en el flanco de bajada de dicha señal. Para cada duración de un bit de la señal de reloj, la forma de onda A se encuentra a nivel ALTO o bien a nivel BAJO. Como ya hemos mencionado, estos niveles ALTO y BAJO representan una secuencia de bits. Un grupo de varios bits se puede utilizar como parte de una información binaria, tal como un número o una letra. La señal de reloj en sí misma no transporta información.

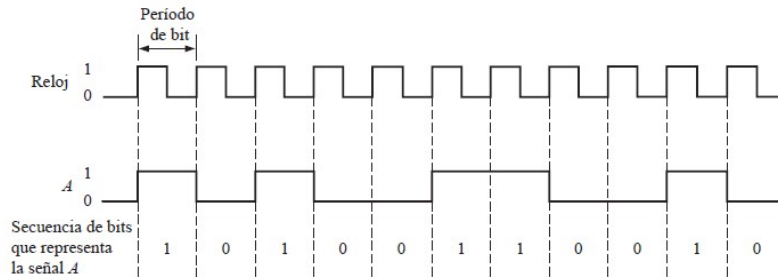


FIGURA 1.10 Ejemplo de una señal de reloj sincronizada con una señal que representa una secuencia de bits.

Diagramas de tiempos. Un **diagrama de tiempos** o **cronograma** es una gráfica de señales digitales que muestra la relación temporal real entre dos o más señales y cómo varía cada señal respecto a las demás. Al examinar un diagrama de tiempos, es posible determinar los estados (ALTO o BAJO) de todas las formas de onda en cualquier punto de tiempo especificado y el instante exacto en el que una forma de onda cambia de estado respecto a las restantes. La Figura 1.11 es un ejemplo de un diagrama de tiempos para cuatro señales.

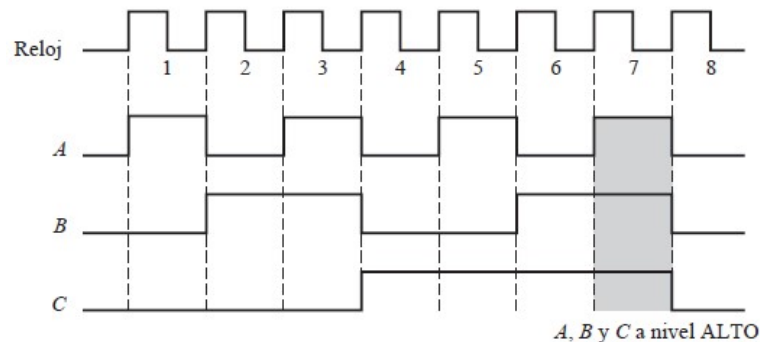


FIGURA 1.11 Ejemplo de un diagrama de tiempos.

A partir de este diagrama de tiempos podemos ver, por ejemplo, que las tres formas de onda A, B y C están a nivel ALTO sólo durante el séptimo ciclo de reloj y las tres cambian de nuevo a nivel BAJO cuando termina dicho ciclo (área sombreada).

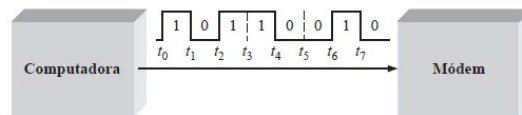
TRANSFERENCIA DE DATOS

Los datos son grupos de bits que transportan algún tipo de información. Los datos binarios, que se representan mediante señales digitales, deben transferirse de un circuito a otro dentro de un sistema digital o desde un sistema a otro, para poder servir a un propósito determinado. Por ejemplo, los números almacenados en formato binario en la memoria de una computadora se deben transferir a la unidad central de procesamiento de la computadora para poder sumarse. El resultado de la suma debe entonces transferirse a la pantalla para visualizarse y/o enviarse de nuevo a la memoria. En los sistemas informáticos, como se muestra en la Figura 1.12, los datos binarios pueden transferirse de dos formas: en serie y en paralelo.

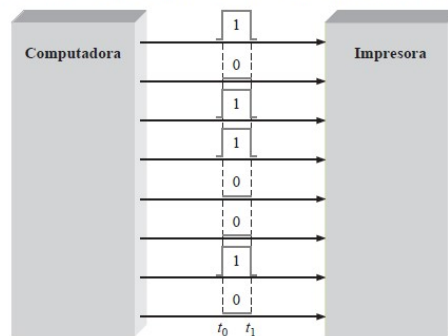
Cuando los bits se transmiten en serie de un punto a otro, se envían bit a bit a través de una sola línea, como se muestra en la Figura 1.12(a) para el caso de una transmisión computadora-módem. Durante el intervalo de tiempo de t_0 a t_1 , se transmite el primer bit. Durante el intervalo de tiempo de

t_1 a t_2 , se transmite el segundo bit, y así sucesivamente. Por tanto, la transmisión de ocho de bits en serie precisa ocho intervalos de tiempo.

Cuando los bits se transmiten en paralelo, todos los bits de un grupo se envían por líneas separadas al mismo tiempo. Como se muestra en la Figura 1.12(b) para el ejemplo de transmisión de ocho bits desde una computadora a una impresora, existe una línea para cada bit. Para transferir ocho bits en paralelo sólo se necesita un intervalo de tiempo frente a los ocho que se precisan en la transferencia en serie.



(a) Transferencia serie de 8 bits de datos binarios desde una computadora a un módem. El primer intervalo es de t_0 a t_1 .



(b) Transferencia en paralelo de 8 bits de datos binarios desde una computadora a una impresora. t_0 es el instante inicial.

FIGURA 1.12 Transferencia en serie y en paralelo de datos binarios. Sólo se muestran las líneas de datos.

En resumen, la ventaja de una transmisión en serie de datos binarios es que sólo se necesita una línea. En la transmisión en paralelo se necesitan tantas líneas como número de bits que hay que transmitir al mismo tiempo. Uno de los inconvenientes de la transmisión en serie es que tarda más tiempo en transferir un número de bits dado que la transmisión en paralelo. Por ejemplo, si un bit puede transferirse en un $1 \mu s$, entonces para transmitir 8 bits en serie se necesitan $8 \mu s$, pero sólo $1 \mu s$ para hacerlo en paralelo. Una desventaja de la transmisión en paralelo es que se precisan más líneas.

EJEMPLO 1.2

- (a) Determinar el tiempo total necesario para transferir en serie los ocho bits de la señal A mostrada en la Figura 1.13, e indicar la secuencia de bits. El bit más a la izquierda es el que se transmite en primer lugar. La señal de reloj de 10 kHz se emplea como referencia.
- (b) ¿Cuál es el tiempo total para transmitir los mismos ocho bits en paralelo?

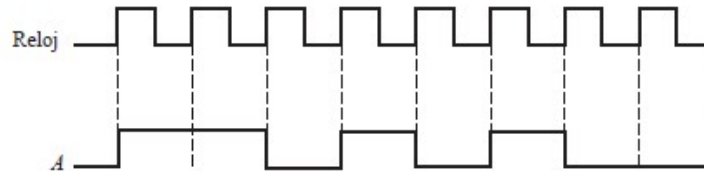


FIGURA 1.13

Solución

- (a) Puesto que la frecuencia del reloj es de 100 kHz, el periodo es

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{100\text{kHz}} = 10\mu\text{s}$$

Se necesitan $10\mu\text{s}$ para transmitir cada bit de la señal. El tiempo total de transmisión para 8 bits es:

$$8 \times 10\mu\text{s} = 80\mu\text{s}$$

Para determinar la secuencia de bits, examinamos la señal de la Figura 1.13 para cada periodo de bit. Si la señal A está a nivel ALTO durante el periodo de bit, se transmite un 1. Si la señal A está a nivel BAJO durante el periodo de bit, se transmite un 0. La secuencia de bits se muestra en la Figura 1.14. El bit más a la izquierda es el primero que se transmite.

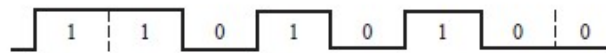


FIGURA 1.14

- (b) Una transferencia en paralelo necesitaría $10\mu\text{s}$ para los ocho bits.

Problema relacionado

Si los datos binarios se transmiten a una velocidad de 10 millones de bits por segundo (10 Mbits/s), ¿cuánto tiempo será necesario para transmitir en paralelo 16 bits por 16 líneas? ¿cuánto tiempo se tardaría en transmitir 16 bits en serie?

SISTEMAS NUMERICOS DIGITALES

En la tecnología digital se utilizan muchos sistemas numéricos. Los más comunes son los siguientes: decimal, binario y hexadecimal. Evidentemente el sistema decimal es el más conocido, ya que es el que utilizamos a diario. Analizaremos algunas de sus características para ayudarnos a comprender los demás sistemas numéricos.

BIBLIOGRAFÍA:

- Principios Digitales - Roger Tokheim