

## EL RELOJ DIGITAL

Por Ffs. Carlos Grisanty

Haciendo una descripción física del instrumento a tratar, podemos decir que es uno de esos relojes que vemos comúnmente, los cuales marcan la hora en una pantalla con cifras decimales en vez de utilizar agujas como los relojes convencionales.

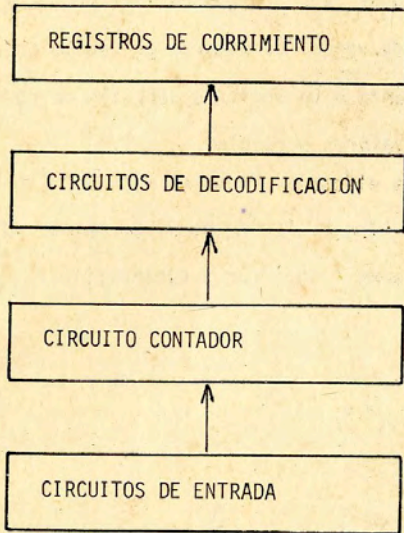
Al igual que las primeras computadoras electrónicas, los primeros relojes y cronómetros electrónicos fueron sumamente complejos, ya que usaban un sistema de números decimales, el cual requiere de diez distintos niveles en cada una de las posiciones de los números.

El problema de definir y mantener esos niveles provocó que el sistema decimal fuera sustituido por el sistema binario, el cual utiliza sólo dos niveles o dígitos (0,1). En aritmética binaria una cantidad puede existir o bien no existir; este tipo de designaciones puede implementarse en forma relativamente sencilla, usando circuitos de transistores donde el voltaje existe o no existe en la salida. Además, partiendo de que un transistor puede cambiar de una posición a otra en menos de una millonésima de segundo, esto hace posible que se tomen más de un millón de decisiones por segundo.

También hay que tomar en cuenta la simplicidad y la economía de estos aparatos electrónicos diseñados a base de circuitos integrados digitales.

Otra de las ventajas de circuitos integrados es que en un bloque relativamente pequeño, podemos tener un circuito que conste de 18000 transistores como máximo y trabajar normalmente en lugares donde la temperatura ambiente tiene rango de variación excesiva; en el caso de los circuitos que analizaremos puede variar de  $-55^{\circ}\text{C}$  a  $124^{\circ}\text{C}$ ; también el consumo de corriente eléctrica es ínfimo.

Para mayor simpleza, el diseño de nuestro reloj digital lo dividiremos en cuatro etapas o bloques de circuitos:



La familia de circuitos integrados que usaremos es la TTL (Lógica Transistor-Transistor).

Los bloques principales del circuito de entrada son:

One shot: circuito que con sus entradas Schmitt-Trigger configura los pulsos en forma de ondas cuadradas homogéneas.

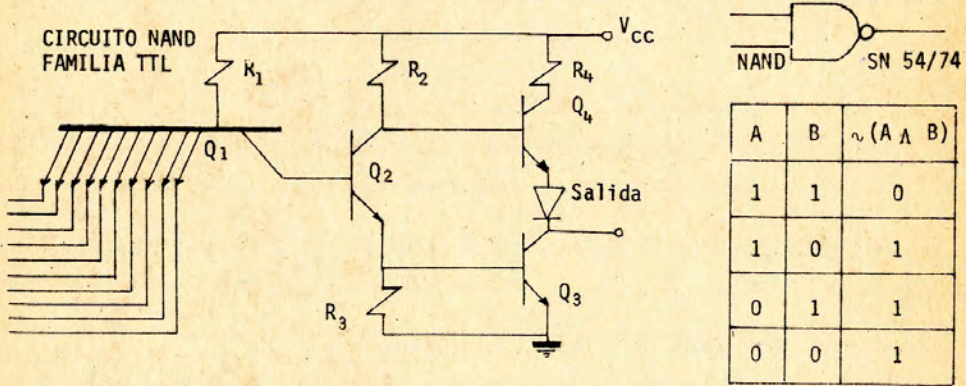
Circuitos contadores: dos circuitos que, por sus interconexiones dividen entre 60 los pulsos recibidos en forma de onda cuadrada del one shot. Como recibimos 60 ciclos/seg., al salir del circuito de entrada equivaldrá a un ciclo/seg.

Así pasamos al circuito contador, que consta de 6 bloques de conteo (2 para segundos, 2 de minutos y 2 de horas); de esta manera el contador de las unidades de segundos cuando se satura, vuelve a cero y manda un pulso al contador de las decenas de segundos que hace lo mismo al saturarse mandando el pulso a las unidades de minutos y así sucesivamente hasta las horas. El bloque de circuitos a con-

tinuación es el de decodificación, cuya labor será traducir del código que estamos utilizando en el circuito (ya sea Binario, BCD, exceso 3, gray, etc.) al código decimal.

Por último están los bloques registros de corrimiento, que constan de una integración de las lámparas donde vemos los números en código decimal y acoplado un circuito generador de corrimiento o un registro sencillo de corrimiento de los dígitos de nuestro resultado o valores parciales.

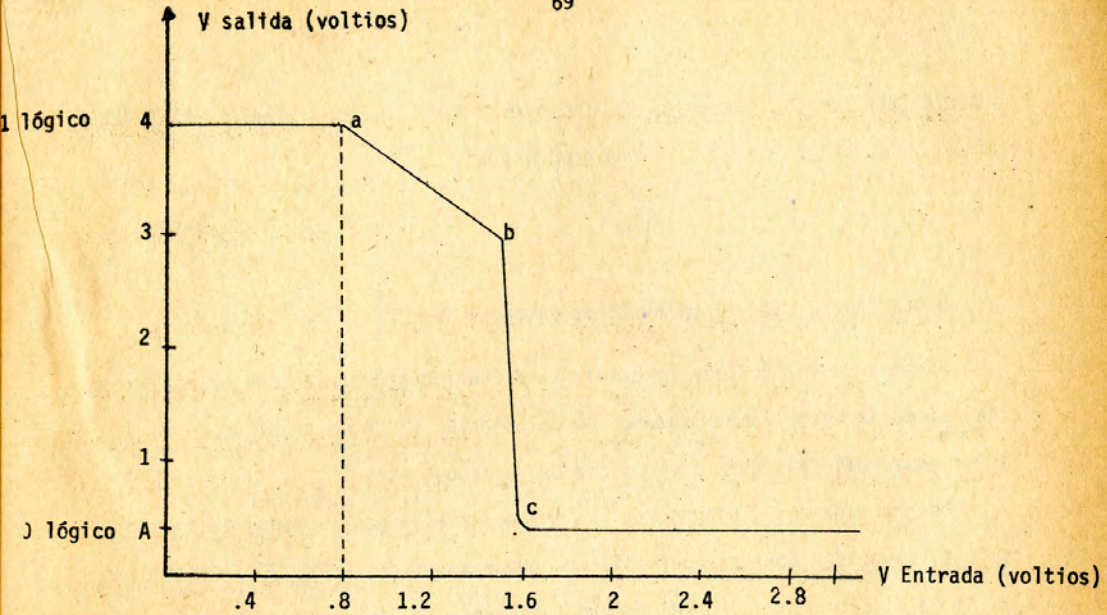
La facilidad del análisis eléctrico de estos circuitos integrados (TTL) estriba en lo siguiente: todos los bloques que hemos visto pueden estar formado por combinaciones del circuito que vamos a analizar a continuación:



Este circuito consta de un transistor con emisor múltiple (generalmente 10 emisores) que permite alimentar mayor cantidad de circuitos, pues en el estado de cero lógico fluye corriente a través del emisor y así alimenta los circuitos anteriores, además permite mayor economía.

El transistor de salida (pull-up) provee una fuente de baja impedancia, logrando mayor velocidad en el cambio de estado (de cero lógico a uno lógico).

Para el funcionamiento de este circuito haremos referencia a la siguiente gráfica:



Cuando el voltaje de entrada en uno o más emisores del transistor  $Q_1$  (transistor con emisores múltiples, 10 emisores comúnmente), es menor que  $V = 0.8$  volts, los transistores  $Q_2$  y  $Q_3$  están en corte lo que hace que  $Q_4$  esté conduciendo, obteniendo "1 lógico" a la salida, ( $Q_4$  actúa como emisor seguidor).

Si el voltaje en todas las entradas es mayor que  $V$ , los transistores  $Q_2$  y  $Q_3$  conducen,  $Q_4$  queda en corte, obteniendo "0 lógico" a la salida.

Así obtenemos los dos estados lógicos en el circuito NAND de la TTL. A base de este circuito y con diferentes combinaciones de éste, diseñamos los flips-flops, los contadores, decodificadores, etc., para diseñar el reloj o cualquier aparato a base de circuitos integrados TTL, como calculadores, arrancadores automáticos, etc.

Para mayor apreciación del somero análisis de este reloj digital, el lector debe tener conocimientos de circuitos lógicos y electrónica.