

Aplicaciones de la electrónica digital a la lógica de proposiciones

Jesús FUENTES GARVÍ*

Introducción

Es mi propósito establecer un programa de prácticas de lógica de proposiciones. Este tema se imparte en filosofía de 3.º de BUP, y he utilizado, para el desarrollo de este trabajo, el excelente texto «EIDOS» de los profesores J. Barrio y O. Fullat. Ha sido doble la razón de la elección de la filosofía para darle una aplicación más a la electrónica: por una parte la sencillez y la curiosidad de que sea la física la que se aplique en filosofía y no al revés; por otra, el que los alumnos de la opción ciencias se familiaricen con algo que está en el programa de física de COU.

Los conocimientos previos se limitan a lo más elemental de un circuito eléctrico. En realidad basta con identificar los dos polos de una pila.

Durante todo el desarrollo he utilizado siempre las mismas proposiciones atómicas en todos los ejemplos, para intentar mostrar su versatilidad.

En este trabajo utilizo circuitos integrados de la familia CMOS que, por su muy bajo consumo y su rango de tensión de alimentación (3 a 18 volt.), les hacen adecuados a su utilización con pilas. Sin embargo, pueden utilizarse igualmente circuitos de la serie TTL que son más rápidos y algo más económicos, pero que necesitan una alimentación exclusivamente de 5 voltios, tensión que no es proporcionada de manera exacta por ninguna pila comercial.

La figura 1 muestra los símbolos de las puertas lógicas utilizadas. Al final de este trabajo se da un apéndice en el que se indican las disposiciones de las patillas de cada circuito, así como las puertas que contienen. El número de identificación del fabricante corresponde a la marca Motorola, pero pueden utilizarse de cualquier otra marca, pues todas ellas tienen la misma disposición de las patillas y las cuatro últimas cifras de identificación son siempre las mismas (p. ej. el circuito MC14011B de Motorola se encuentra en el mercado con otras marcas pero siempre con la numeración 4011).

* Agregado de Física y Química I.B. «Tomás Navarro Tomás». Albacete.

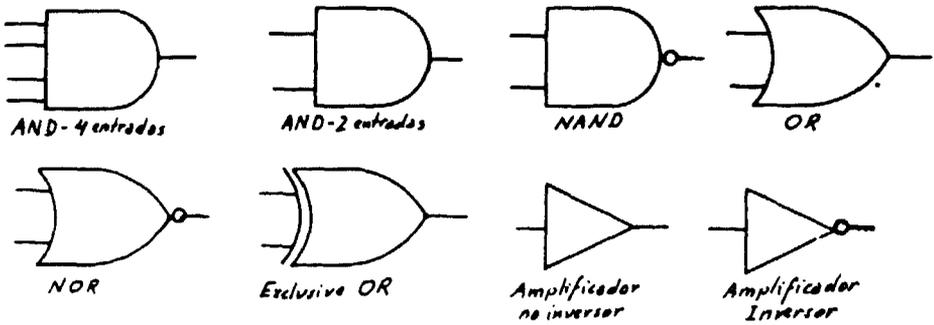


Figura 1

En principio adoptaré alimentación de 12 voltios y criterio de lógica positiva, es decir, en adelante serán equivalentes los términos:

«1» lógico = polo + de la pila = verdadero

«0» lógico = polo - de la pila = falso

Las puertas AND dan a su salida un «1» si y sólo si todas sus entradas están a nivel «1». Si una o varias de sus entradas están a nivel «0» su salida será «0».

Las puertas NAND dan salida «0» si y sólo si todas sus entradas están a nivel «1». En caso contrario dan «1».

Las puertas OR dan salida «0» si y sólo si todas sus entradas son «0». En caso contrario la salida es «1».

Las puertas NOR dan salida «1» si y sólo si todas sus entradas son «0». En caso contrario la salida es «0».

Las puertas EXCLUSIVA OR tienen siempre solamente dos entradas. La salida es «0» si las dos entradas son «0» o las dos son «1». La salida es «1» si una entrada es «0» y la otra «1».

El Buffer Inversor (llamado puerta NOT) tiene a su salida el nivel contrario que a su entrada.

El Buffer no Inversor tiene a su salida el mismo nivel que a su entrada. Es un simple amplificador de corriente.

Las opciones de entrada («1» o «0»; polo + o polo - de la pila; verdadero o falso) se seleccionan con un conmutador a partir de la pila de alimentación (fig. 2). Cada circuito integrado tendrá conectada al polo + su patilla V_{DD} y/o V_{CC} y al polo - su patilla V_{SS} . Los circuitos se dispondrán en zócalos soldados a una placa perforada de las usuales en montajes electrónicos. Se dispondrán, también soldados a la placa, dos terminales por cada patilla del circuito. Un buen número de cables de distintos colores con un terminal hembra en cada extremo completan el equipo de conexiones.

Cada circuito integrado tiene 14 ó 16 patillas. Su numeración (visto desde arriba) es la que se indica en la figura 3.

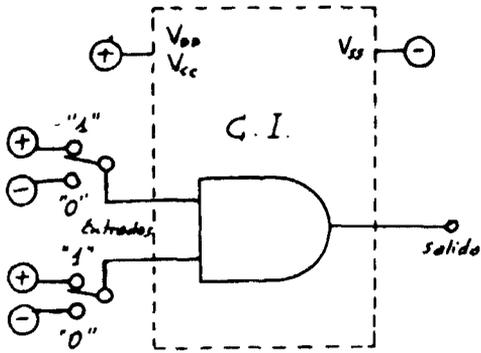


Figura 2

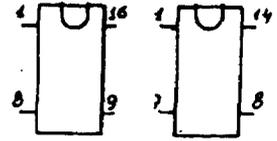


Figura 3

Para materializar la respuesta del circuito utilizo el que llamo «Circuito de presentación visual» (CPV) mostrado en la figura 4.

Si la entrada es «1», ataca, convenientemente amplificada por el Buffer, la base del transistor de arriba y el diodo LED (diodo emisor de luz) verde se enciende. Si la entrada es «0» el inversor la cambiará a «1» y será el LED rojo el que se encienda. Los transistores pueden ser BC107 o cualquier equivalente siempre que sean de polaridad NPN. Los LEDs valen cualesquiera. Si se utiliza una tensión de alimentación menor de 12 voltios, la resistencia de 470 ohmios debe sustituirse por otra de menor valor. Así con una pila de 4,5 voltios, muy usual, la resistencia deberá ser de 180 ohmios. En la esquina superior izquierda de la figura 4 indico el símbolo que en lo sucesivo utilizaré para el CPV.

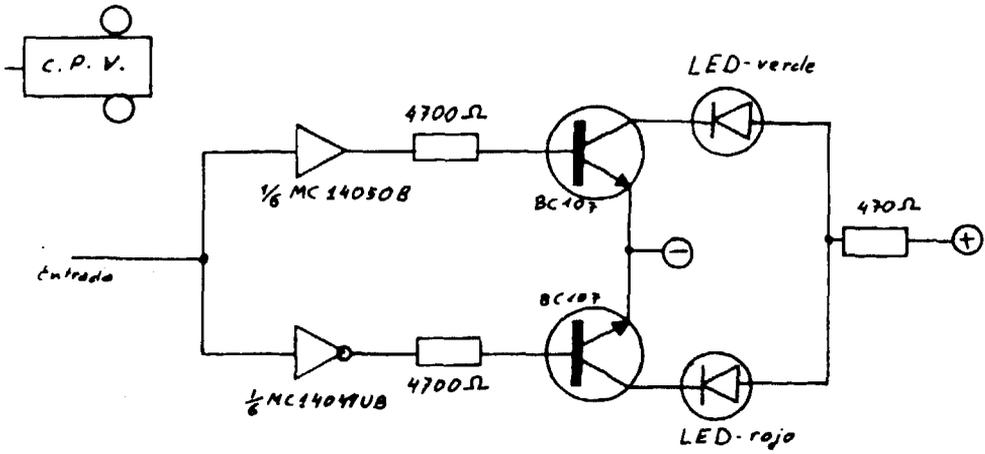


Figura 4

Para las prácticas de consistencia o inconsistencia de un razonamiento y su validez o invalidez utilizaré el montaje de la figura 5, que llamo Circuito Combinador de Proposiciones Atómicas (CCPA). Consiste en un oscilador que proporciona a su salida alternativamente un «0» y un «1». Después un contador cuenta los «1» dando en sus salidas (llamadas Q) todas las combinaciones posibles de ceros y unos, una detrás de otra. Si se utilizan las cuatro salidas Q pueden hacerse en cualquier orden para dar las 16 posibles combinaciones. Si se utilizan tres pueden escogerse cualesquiera de ellas (8 combinaciones); si sólo se toman 2 cualesquiera tendremos 4 combinaciones. Este circuito da unos 40 c/s. Esta frecuencia puede cambiarse (v. apéndice). En la esquina inferior izquierda está el símbolo que utilizaré. C detiene el contador cuando es un «1». Utilizaré las proposiciones:

p = esta mesa es grande; q = esta mesa es blanca; r = esta mesa es redonda

Imaginaremos una mesa real. Plantaremos la proposición cuyas premisas serán, respecto a esa realidad, verdaderas o falsas. El circuito equivalente tendrá las entradas conectadas al + (verdadero) o al - (falso). El CPV encenderá el verde si la proposición es verdadera, o el rojo si es falsa.

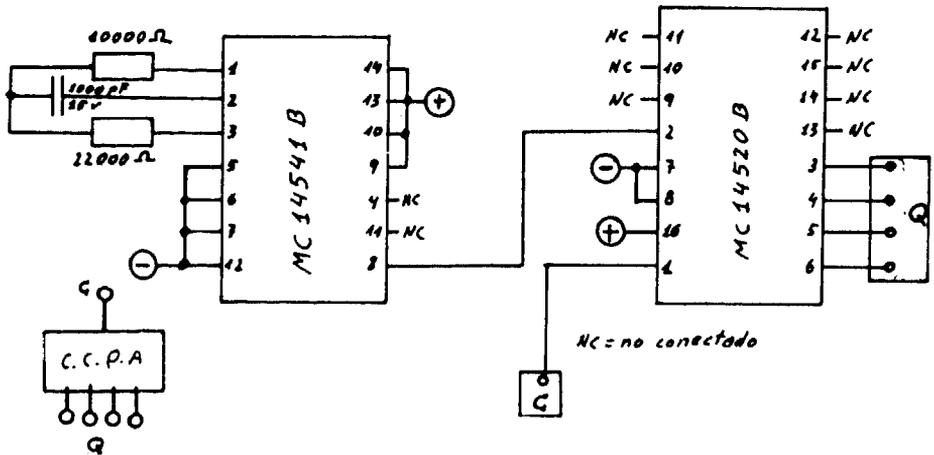


Figura 5

PRÁCTICA I. Proposiciones fundamentales

Proposición disyuntiva inclusiva. Sea una mesa grande y negra, y la proposición «Esta mesa es grande o es blanca». El circuito es una puerta OR (fig. 6). Pondremos $p = \langle 1 \rangle$ y $q = \langle 0 \rangle$. Es proposición verdadera: verde. Si la mesa fuera pequeña y negra, sería $p = \langle 0 \rangle$ y $q = \langle 0 \rangle$. Es falsa: rojo encendido.

Proposición conjuntiva. El circuito es una puerta AND (fig. 7). Sea nuestra realidad una mesa grande y negra. Sea la proposición: Esta mesa es gran-

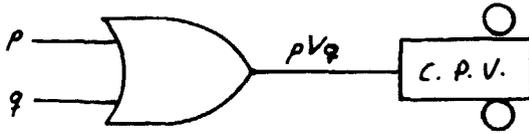


Figura 6

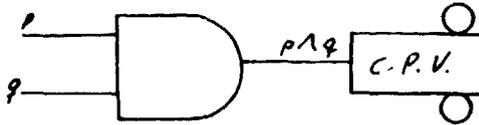


Figura 7

de y blanca. Pondremos $p = \langle 1 \rangle$, $q = \langle 0 \rangle$. Se encenderá el rojo: proposición falsa.

Proposición disyuntiva exclusiva. Puerta EXCLUSIVE OR (fig. 8).

Realidad: mesa grande y negra. Proposición: Esta mesa, o es grande ($p = \langle 1 \rangle$) o es blanca ($q = \langle 0 \rangle$). Respuesta: verde encendido, proposición verdadera.

Proposición negativa. El circuito es un inversor (fig. 9).

Realidad: mesa grande. Proposición: Esta mesa no es grande. Pondremos $p = \langle 1 \rangle$ y la salida será con luz roja: falso.

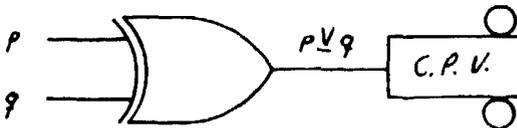


Figura 8

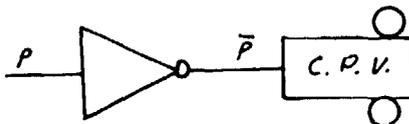


Figura 9

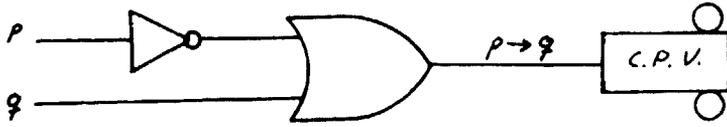


Figura 10

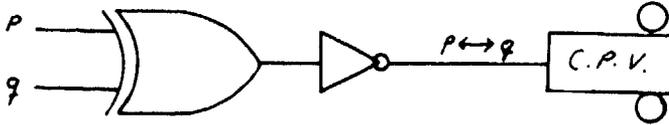


Figura 11

Proposición condicional. (fig. 10). Sea nuestra realidad que tenemos una mesa pequeña y negra. Sea la proposición: Si esta mesa es grande ($p = \langle 0 \rangle$), entonces es blanca ($q = \langle 0 \rangle$). La respuesta es «verdadero» pues en la proposición no se afirma nada en el caso de que la mesa sea pequeña.

Proposición bicondicional. (fig. 11). Realidad: mesa pequeña y negra. Proposición: Si y sólo si esta mesa es grande, entonces es blanca. Pondremos $p = \langle 0 \rangle$ y $q = \langle 0 \rangle$. La respuesta la dará el circuito encendiendo el verde: proposición cierta.

Proposiciones de orden mayor de dos. Realidad: mesa grande, negra y cuadrada. Proposición: Esta mesa es grande y, blanca o redonda. Simbólicamente $p \wedge (q \vee r)$. Será $p = \langle 1 \rangle$, $q = r = \langle 0 \rangle$.

La figura 12 da el circuito. La respuesta será: falso.

Sea la mesa pequeña, blanca y cuadrada. Sea la proposición: Esta mesa es grande o, blanca y no redonda. Simbólicamente esta proposición es $p \vee (q \wedge r)$. Su circuito está en la figura 13. Pondremos $p = \langle 1 \rangle$, $q = \langle 1 \rangle$, $r = \langle 0 \rangle$. Respuesta: «1».

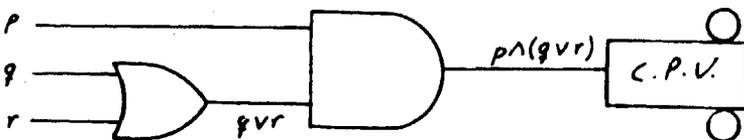


Figura 12

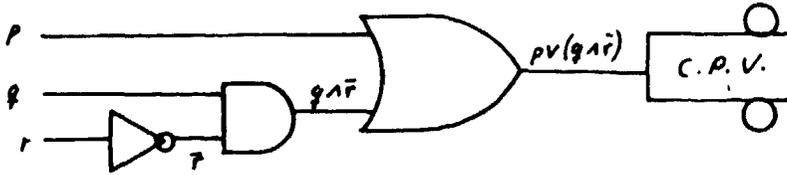


Figura 13

PRÁCTICA II. Tautologías y contradicciones

Tautologías. La proposición: Esta mesa es grande o no es grande, es siempre verdadera. La figura 14 da el circuito.

Sea cualquiera el estado de p , la respuesta será: verdadero.

Sea ahora «Si y sólo si esta mesa es grande o, grande o blanca, entonces es grande». Será: $p \vee (p \wedge q) \leftrightarrow p$. Siempre es verdad. El circuito es la figura 15.

Contradicción. La figura 16 corresponde a «Esta mesa es grande y no es grande» ($p \wedge \bar{p}$). Sea p lo que sea: falso.

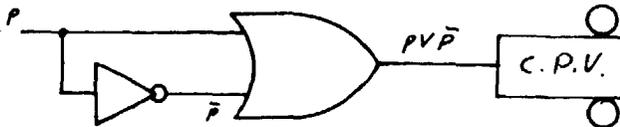


Figura 14

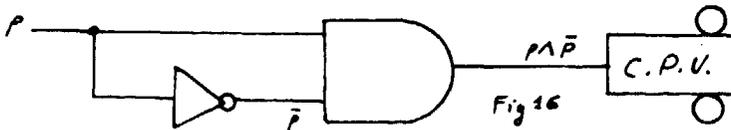


Figura 15

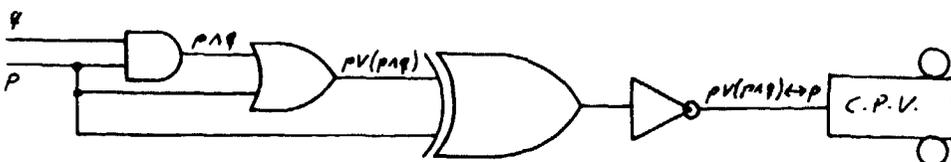


Figura 16

PRÁCTICA III. Consistencia

La figura 17 muestra el circuito general. El CCPA explora todas las combinaciones de las proposiciones atómicas que forman las premisas. Si y sólo si hay alguna combinación que haga todas las premisas verdaderas, la AND de varias entradas dará un «1» en su salida, que encenderá el verde y bloqueará el contador para que permanezca encendido.

Este circuito está preparado para un máximo de 4 proposiciones atómicas (si se utilizan menos, se dejan libres las salidas Q no utilizadas) y 4 premisas (si son menos, se conectan al + las entradas de la AND no utilizadas).

Razonamiento consistente. La figura 18 corresponde a las premisas: «Esta mesa es pequeña o negra» ($\bar{p} \vee \bar{q}$) y «Esta mesa es grande o blanca» ($p \vee q$). Es consistente: verde.

Razonamiento inconsistente. La figura 19 corresponde a las premisas: «Esta mesa es grande y blanca» ($p \wedge q$) y «Esta mesa no es grande o blanca» ($\bar{p} \vee \bar{q}$). Es inconsistente: rojo.

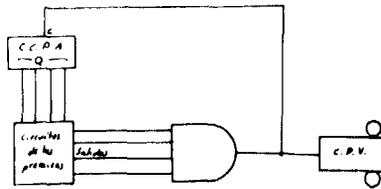


Figura 17

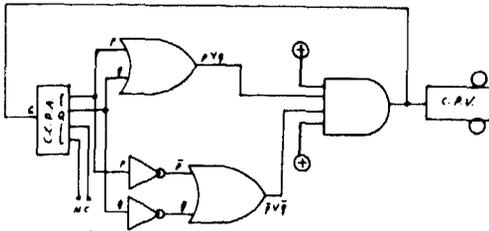


Figura 18

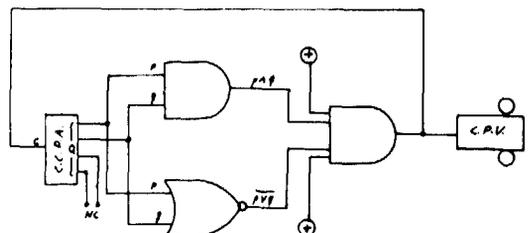


Figura 19

PRÁCTICA IV. Validez

El circuito de la figura 20 detectará el caso en que todas las premisas sean verdaderas y, simultáneamente, la conclusión sea falsa. En este caso encenderá el rojo y lo mantendrá encendido indicando invalidez.

Razonamiento válido. Sea el razonamiento (fig. 21):

Si esta mesa es grande, entonces es blanca ($p \rightarrow q$).

Si esta mesa es blanca, entonces es redonda ($q \rightarrow r$).

Luego, si esta mesa es grande, entonces es redonda: ($\neg p \rightarrow r$).

Siempre que las premisas sean verdaderas, la conclusión también lo es: es válido y se encenderá el verde.

Razonamiento inválido. Sea el razonamiento (fig. 22):

Si esta mesa es grande, entonces es blanca ($p \rightarrow q$).

Si esta mesa es blanca, entonces es redonda ($q \rightarrow r$).

Luego, si esta mesa es grande, entonces no es redonda ($\neg p \rightarrow \bar{r}$).

El razonamiento es inválido y el circuito mantendrá encendido el LED rojo.

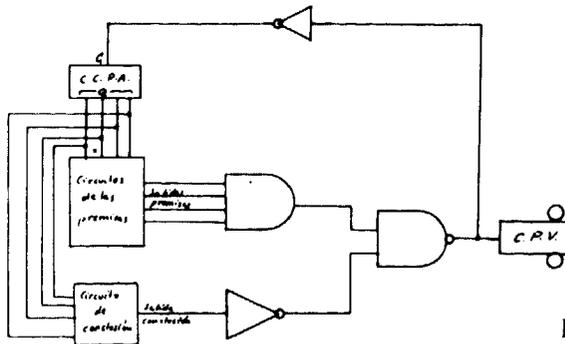


Figura 20

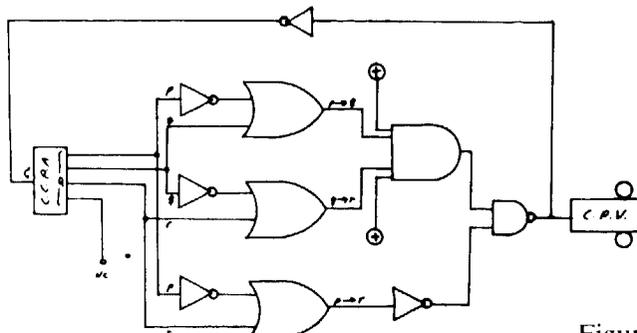


Figura 21

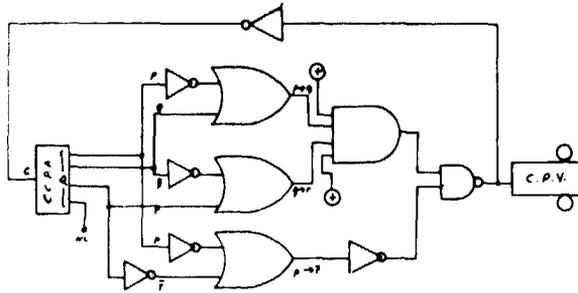
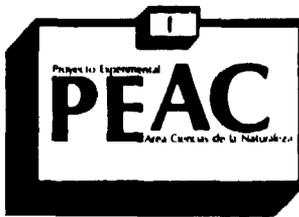


Figura 22

Bibliografía

- MUÑOZ MERINO, Elías, y PADILLA, Isidoro. *Circuitos Electrónicos, tomo IV*. Madrid. ETSI Telecomunicación. 1980.
- MOTOROLA SEMICONDUCTORS. *The European CMOS Selection*. Ginebra. 1979.

PARA EL PROFESOR DE CIENCIAS DE LA NATURALEZA



PROYECTO EXPERIMENTAL DEL AREA CIENCIAS DE LA NATURALEZA

El PEAC es un Proyecto dirigido al perfeccionamiento del profesorado del Area de Ciencias de la Naturaleza.

Consta de siete publicaciones (NUCLEOS), cada uno de los cuales trata un tema específico del área Ciencias de la Naturaleza. Se complementa con MONOGRAFÍAS referidas a temas de actualidad en la enseñanza de las CIENCIAS.

Títulos publicados:

- «Proyecto PEAC», que sirve de introducción y presenta el plan general. (200 ptas.).
- UNIDAD 0. Técnicas de observación y medida. (200 ptas.).
- NUCLEO 1. «Las fuerzas en la Naturaleza». (450 ptas.).
- NUCLEO 2. «La materia». (1.000 ptas.).
- MONOGRAFIA. «La enseñanza por el entorno ambiental». (450 ptas.).

Próxima aparición:

- NUCLEO 3. «La energía y sus cambios».
- NUCLEO 7. «El medio ambiente».

Edita: **SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE EDUCACION Y CIENCIA**

Venta en:

- Planta baja del Ministerio de Educación y Ciencia.—Alcalá, 34.—MADRID-14.—Teléfono 222 76 24
- Paseo del Prado, 28.—MADRID-14.—Teléfono 467 11 54. Ext. 207.
- Edificio del Servicio de Publicaciones.—Ciudad Universitaria, s/n.—MADRID-3.—Teléfono 449 67 22.