

# KIT DE REGALO

## LA ELECTRÓNICA DIGITAL

La Electrónica digital es una tecnología de rápido crecimiento. Los circuitos digitales se usan en gran cantidad de nuevos productos de consumo, equipos industriales y control, de oficina e incluso de comunicaciones.

En este número de nuestra revista, hacemos entrega de un útil y sencillo kit para la fabricación de una Punta Lógica Digital.

Este Kit, ideal para que nuestros lectores menos expertos, se introduzcan cada vez mas en el apasionante mundo de la electrónica, ya que con el podremos fácilmente probar los estados de los circuitos digitales.

En otra oportunidad de nuestras publicaciones (Todo Electrónica N°21), hablamos brevemente sobre la Lógica digital, pues bien, en esta ocasión haremos un vistazo un poco más amplio a este tema, ya que nuestro kit de regalo es usado ampliamente en este tipo de electrónica.

Bueno, comencemos entonces contestando la siguiente pregunta:

### ¿Qué es un circuito Digital?

Básicamente un circuito digital, es aquel en el que las señales a manejar dentro del sistema son de forma discreta, es decir, que los valores que puede tomar son de ALTO o BAJO.

De modo pues que los circuitos lógicos solo pueden encontrarse en uno de dos estados posibles.

Podemos ver que ya empiezan a aparecer unos y ceros, que son lo que conforman "la base" de numeración con la cual se trabaja en los circuitos lógicos; donde se entiende por base de numeración el número de dígitos necesarios para cambiar de una unidad a otra inmediatamente inferior o superior.

### SISTEMAS DE NUMERACION

#### SISTEMA DECIMAL

El sistema de numeración decimal es familiar a todo el mundo. Este sistema utiliza los símbolos 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, y 9; el cual tiene una característica de valor por posición. Consideremos por ejemplo el numero 156. El 6 esta en la posición o lugar de las unidades, el 5 en la posición de las decenas y, por tanto 5 decenas, significan 50 unidades y el 1

esta en la posición de las centenas y significa una centena o cien unidades, así, sumando  $100+50+6$  se obtiene el numero decimal total de 156. Este sistema de numeración decimal se llama sistema de base 10; se denomina de base 10 por que tiene diez símbolos diferentes.

#### SISTEMA HEXADECIMAL

El sistema de numeración hexadecimal tiene un a raíz de 16. Se denomina sistema de numeración en base 16 y utiliza los símbolos del 0 al 9 la A, B, C, D, E y F. La letra A se utiliza para el 10, la B para el 11, la C para el 12, la D para el 13, la E para el 14 y la F para el 15.

#### SISTEMA BINARIO

Los números binarios (base 2) se utilizan mucho en electrónica digital y en computadoras. Los números del sistema hexadecimal (base 16) y octal (base 8) son utilizados para representar grupos de dígitos binarios.

El sistema de numeración binario utiliza solamente dos símbolos (0, 1). Se dice que tiene una raíz 2 y comúnmente se denomina sistema de numeración en base dos. Cada dígito binario se le llama bit.

Estos números obviamente representan un voltaje dentro del circuito, los cuales en la practica deben estar comprendidos dentro de unos límites determinados de tensión. De hecho todos los circuitos integrados TTL estándar cuando se emplea una alimentación de +5 voltios, están preparados para reconocer cualquier tensión de entrada hasta un máximo de 0,8 voltios como entrada de nivel lógico 0 y de 2,4 voltios o más como entrada de nivel lógico uno y en los CMOS, el nivel alto se considerara a partir de  $2/3V_{DD}$  y el bajo para tensiones iguales o inferiores a  $1/3V_{DD}$  ( $V_{DD}$ = tensión de alimentación). Estos niveles pueden variar de acuerdo a las condiciones de carga

### ¿Pero qué significa TTL y CMOS?

Pues bien, expliquemos un poco estas dos tecnologías para dar respuesta a esta pregunta.

Los circuitos integrados digitales pueden dividirse en bipolares o unipolares. Los circuitos integrados bipolares se fa-

brican a partir de elementos comparables a los transistores bipolares, diodos y resistores discretos. La familia TTL (Lógica Transistor Transistor), es la mas popular de los circuitos integrados que usan tecnología bipolar. Los circuitos integrados unipolares se fabrican a partir de elementos comparables a los transistores de efecto de campo de puerta aislada (IGFET). La familia CMOS (Metal Oxido Semiconductor Complementario) es un grupo de circuitos integrado ampliamente usado basado en la tecnología metal-óxido semiconductor (MOS)

### Circuitos Integrados TTL

La famosa serie "74" de circuitos lógicos TTL fue introducida por Texas Instruments en 1964 y todavía es probablemente la mas utilizada.

Una característica principal de la serie 74 consiste en que todos los dispositivos de esta gama funcionan como "cajas negras" que trabajan a niveles de tensión similares de entrada y salida; así el usuario tan solo debe conocer sus normas básicas de uso. Además, la sensibilidad de entrada o <<fan in>> de cada dispositivo se ajusta a un estándar fijo y su capacidad de activación o <<fan out>> tiene un valor mínimo garantizado que indica el numero máximo de entradas externas de la serie 74 que puede activar directamente de forma segura.

El tipo de tecnología utilizada en la serie 74 inicial, tuvo como resultado una gama de dispositivos moderadamente rápidos pero que consumían corrientes bastante altas; pero a lo largo de los años se han realizado mejoras en los circuitos lógicos TTL, que han conducido a subfamilias que presentan mas ventajas en cuanto a velocidad y consumo de potencia se refiere. Los CI de la familia 74 van identificados con un código numérico, cuya configuración numérica más simple consiste en tres subcodigos unidos como se muestra:

**74XXX000**

El primer subcodigo esta formado por 2 dígitos que pueden ser **74**, **54** o **75**, el 74 se utiliza para designar el CI como de tipo comercial, el 54, como de tipo militar y el 75 lo identifica como dispositivo de interconexión de tipo comercial. El

segundo subcodigo (en el centro) se compone de un máximo de tres letras e indica la tecnología concreta o la subfamilia empleada en la fabricación del dispositivo, de acuerdo con la siguiente indicación:

- N** = TTL Estándar
- L** = TTL de bajo Consumo
- H** = TTL de alto consumo
- S** = TTL Schottky
- LS** = TTL Schottky de bajo consumo
- F** = TTL Rápido
- C** = Version CMOS de dispositivo TTL
- AS** = Schottky Avanzado
- ALS** = Schottky Avanzado de bajo consumo
- HCT** = CMOS de alta velocidad con entradas compatibles CMOS
- AC** = CMOS avanzado de alta velocidad
- ACT** = CMOS de alta velocidad con entradas compatibles con TTL

El ultimo subcodigo (a la derecha), se compone normalmente de 2 a 5 dígitos y hace referencia a la función concreta del Circuito integrado

### Circuitos integrados CMOS

La primera familia de CI CMOS fue introducida en 1968 por RCA. Desde entonces son muy populares. Los CI CMOS han crecido en popularidad debido a su extremadamente bajo consumo de potencia, alta inmunidad al ruido y su posibilidad de funcionar con una fuente de alimentación barata no muy bien regulada. Otras ventajas de los CI CMOS sobre los TTL son baja generación de ruido y gran variedad de funciones disponibles. La serie CMOS mas popular, la 4000, tiene gran variedad de circuitos. Esta serie ha sido mejorada, y la mayor parte de los CI de esta familia tienen ahora buffers y se denomina serie 4000B. Algunos de los circuitos disponibles en la serie 4000 son puertas lógicas, flip-flops, registros, cerrojos, sumadores, buffers, conmutadores bilaterales, contadores, decodificadores, multiplexores, demultiplexores y multivibradores.

Bien, ya que hablamos de la parte fundamental "abstracta" de la lógica digital, vamos a la parte fundamental física, que son las compuertas lógicas; sobre las cuales recae el proceso racional de adoptar las decisiones de 1 o 0 de acuerdo a los estados presentes en sus entradas basándose en las reglas del álgebra de Boole, sobre la cual hablaremos mas adelante.

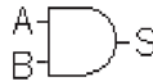
Existen diversas funciones lógicas desarrolladas por las compuertas, veamos cuales son y como funcionan estas de

acuerdo a su tabla de verdad (la cual no es mas que la representación en una tabla, de los estados de salida de la compuerta según los estados presentes en la entrada).

### Compuerta AND (Y)

A esta compuerta se le denomina puerta de todo o nada y le corresponde la siguiente tabla de verdad y símbolo:

A	B	S
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



Esto nos indica que la salida solo será 1 si y solo si A Y B se encuentran ambas en 1.

### Compuerta OR (O)

Se le conoce como compuerta de cualquiera o todo y le corresponde la siguiente tabla de verdad y símbolo:

A	B	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

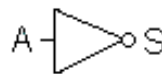


Esto nos indica que la salida solo será 1 si y solo si A O B se encuentra en 1.

### Inversores (NOT)

Tiene solamente una entrada y una salida y le corresponde la siguiente tabla de verdad y símbolo:

A	S
0	1
1	0



Esto nos indica que la salida solo será 1 si la entrada es 0 o viceversa. Esta inversión también se denomina complementación o negación.

### Compuerta NAND (NO Y)

A esta compuerta le corresponde la siguiente tabla de verdad y símbolo:

A	B	S
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0



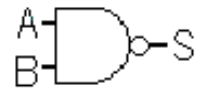
Como podemos ver en su tabla de verdad, esta compuerta tendrá su salida en un nivel alto cuando al menos una de sus entradas se encuentre en 0. O dicho de otra manera, su salida será 0 solo cuando

las dos entradas se encuentren en 1. Como su nombre lo indica no es mas que la compuerta Y negada.

### Compuerta NOR (NO O)

A esta compuerta le corresponde la siguiente tabla de verdad y símbolo:

A	B	S
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0



Esta compuerta, como lo indica la tabla, solo tendrá su salida en un nivel alto cuando sus dos entradas se encuentren en un estado bajo, o bien su salida será 0 cuando al menos una de sus entradas sea 1. Una vez mas como su nombre lo indica, su función corresponde a negar la salida de la compuerta OR

### Compuerta OR Exclusiva (XOR)

La puerta OR exclusiva se denomina la puerta de algunos pero no todos. La tabla de verdad y su representación es la siguiente:

A	B	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0



La puerta XOR se habilita solo cuando en las entradas aparece un numero impar de 1.

Ahora hablemos algo sobre el álgebra booleana, la cual resulta imprescindible a la hora de realizar circuitos electrónicos digitales o bien simplificaciones de los mismos.

El álgebra de Boole se concibió para resolver problemas filosóficos relacionados con la lógica y la probabilidad, donde en esencia cada una de las "entradas" tiene solo dos estados posibles y se combinan para generar una salida final que también tiene dos estados posibles.

Veamos pues algunas leyes para tener en cuenta:

### Leyes

#### Leyes de absorción:

- $A + (A \cdot B) = A$
- $A \cdot (A + B) = A$

#### Leyes de Anulación:

- $A + 1 = 1$
- $A \cdot 0 = 0$

#### Leyes asociativas:

- $(A + B) + C = A + (B + C) = A + B + C$
- $(A \cdot B) \cdot C = A \cdot (B \cdot C) = A \cdot B \cdot C$

### Leyes conmutativas:

- $A + B = B + A$
- $A \square B = B \square A$

### Leyes de complementación:

- $A + A' = 1$
- $A \square A' = 0$

### Leyes distributivas:

- $A \square (B \square C) = (A \square B) + (A \square C)$
- $A + (B \square C) = (A + B) \square (A + C)$

### Leyes de expansión:

- $(A+B) \square (A+B) = A$
- $(A \square B) + (A \square B) = A$

### Igualdad:

- $A + 0 = A$
- $A \square 1 = A$

### Leyes tautológicas:

- $A + A = A$
- $A \square A = A$

### Aclaración:

Entenderemos por negación de una variable, a ella misma afectada por el signo de negación, así: «A'» se lee como negación de «A» o «A» negada.

Con la ayuda de las leyes y algunos otros teoremas resulta evidente que ciertas funciones podrán ser simplificadas dando como resultado otras funciones equivalentes más sencillas, cuya realización mediante funciones «OR» y funciones «AND» podrán llevarse a cabo de una manera más simple y económica.

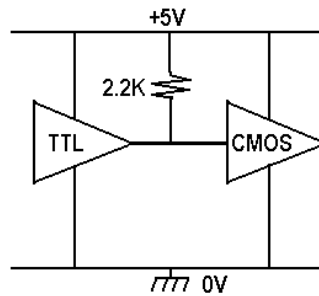
Habiendo ya hablado un poco de las familias lógicas digitales y de las compuertas lógicas, cabe entonces la pregunta ¿Puedo yo interconectar diferentes familias lógicas?

La interfaz es un método de conectar dos dispositivos electrónicos como, por ejemplo, las puertas lógicas. Los fabricantes garantizan que, en una misma familia de circuitos lógicos, una puerta puede conectarse a otra. Pero qué ocurre para conectar circuitos integrados de diferentes familias como TTL y CMOS, si los niveles lógicos TTL y CMOS están definidos de forma diferente?

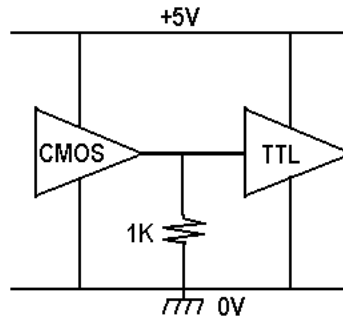
Debido a las diferencias entre los niveles de tensión, los circuitos integrados CMOS y TTL habitualmente no pueden conectarse directamente entre sí, como si perteneciesen a la misma familia. A continuación, mostramos unas sencillas técnicas de interconexión.

La interfaz entre un CMOS y un TTL es bastante fácil si ambos dispositivos operan con una fuente de alimentación común de +5V, en la figura podemos observar las técnicas de interconexión

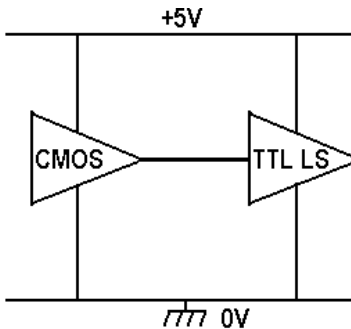
entre estos dos dispositivos dada esta condición:



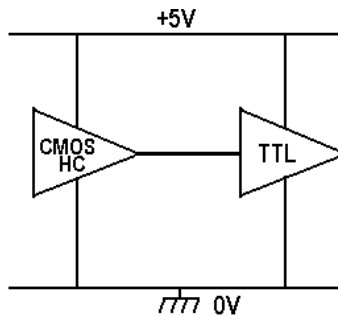
Circuito de Interconexión TTL-CMOS



Circuito de Interconexión CMOS-TTL estándar



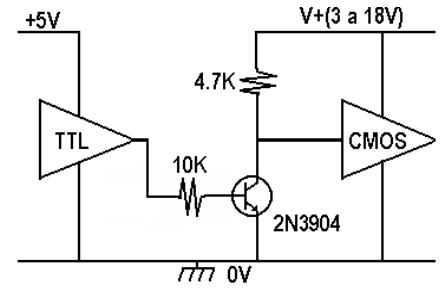
Interconexión CMOS-TTL LS



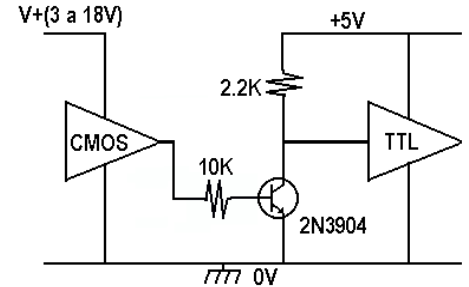
Interconexión CMOS HC-TTL

La realización de la interfaz entre dispositivos CMOS y TTL requiere de algunos componentes adicionales cuando cada dispositivo opera con una fuente de alimentación de diferente tensión, para resolver esta dificultad, puede realizarse un circuito de interconexión entre los dos sistemas mediante un transistor npn directamente acoplado como desplazador

de nivel entre ellos, como se muestra en las figuras a continuación:



Interconexión CMOS-TTL mediante niveles positivos de saturación de alimentación independientes



Interconexión TTL-CMOS mediante niveles positivos de saturación de alimentación independientes

## EL KIT DE REGALO

Ya habiendo hablado un poco acerca de la electrónica digital, nos disponemos finalmente a dar una breve explicación de nuestro kit de regalo.

Esta punta lógica utiliza un solo circuito integrado (CD4001), para mostrar tres estados: Alto, Bajo y Pulsos; además, si en la punta de censado no se encontrara presente ninguna señal (ni alto o bajo) o bien alta impedancia como en el caso de las compuertas de tres estados, entonces ningún led se encendería.

La alimentación del kit se hace del mismo circuito bajo prueba, y como se ha desarrollado bajo este integrado CMOS, podremos utilizarlo bien como punta lógica para circuitos TTL como CMOS, es decir en el rango de 5 a 13 voltios.

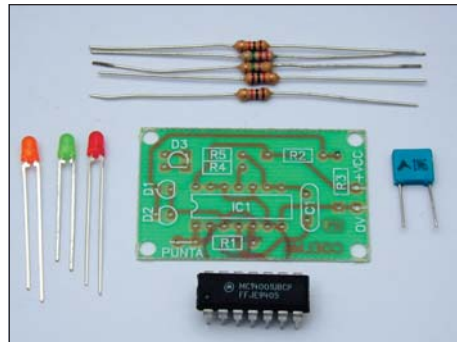
## EXPLICACIÓN DEL CIRCUITO

El CD4001 es una cuádruple OR de dos entradas, es decir, que en su interior podremos encontrar cuatro compuertas OR de dos entradas cada una.

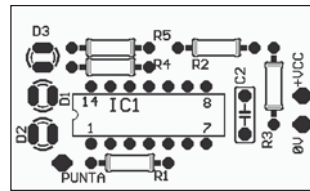
La primera de las compuertas OR, esta configurada para funcionar como Buffer, con la diferencia de que esta oscilará si en su entrada no existe ninguna señal, debido a la resistencia de realimentación de 2.2M Ohm. El voltaje de salida de esta compuerta será aproximadamente la mitad del voltaje de alimenta-

ción. Los Led's indicadores de Alto o Bajo, se encuentran conectados a un divisor de voltaje formado por las resistencias de 1K Ohm. La presencia de un estado lógico en la entrada, mantendrá al buffer en modo de reset, permitiendo que el led correspondiente a la condición de entrada se ilumine.

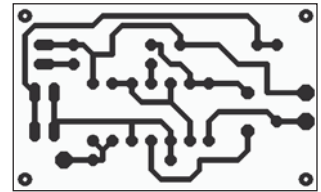
Cuando existan pulsos en la entrada,



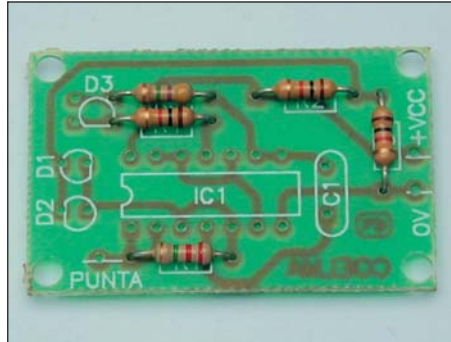
**I** El Kit de regalo se suministra con todos los componentes que pueden ver aquí



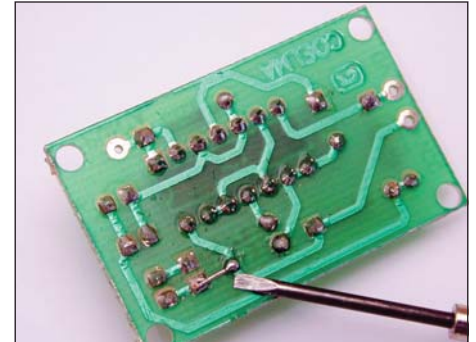
Posición de los componentes sobre la placa.



Vista posterior de la placa



**II** Identificar y colocar las resistencias en su lugar y soldarlas.



**III** después de montar R5 doblar el terminal y soldarlo a la línea de alimentación.

estos harán que el circuito oscilador conformado por las siguientes dos compuertas, cuya constante de tiempo esta determinada por el condensador de 100nF y el resistor de 4.7M Ohm, sea disparado una y otra vez, mostrando este estado de “señal de reloj” en el led correspondiente.

En la Figura 1, podemos observar el diagrama esquemático del kit de regalo “punta lógica digital”.

## ESQUEMAS DEL CIRCUITO

En las siguientes figuras, podemos observar la parte posterior de la placa base y la posición de los componentes a trasluz ya en la placa.

## PROCESO DE MONTAJE

El proceso de montaje comienza comprobando que no falte ningún componente, y organizándolos en bloques de resistencias, condensadores, leds e integrados (Foto N°1)

A continuación se identifica y colocan en sus respectivos lugares las resistencias procediendo a su soldadura (Foto N°2)

**ATENCIÓN:** Al montar R5, debemos doblar el terminal y soldarlo con la línea de alimentación como se muestra en la foto 3.

El siguiente componente a soldar es el circuito integrado, fijándonos muy bien en su correcta orientación, para evitar daños irreversibles en él (Foto 4)

Por último, soldamos el condensador, y los leds fijándonos en su polaridad, la patilla negativa corresponde al cátodo del diodo y es mas corta, y coincide con un corte en la cápsula del diodo, esta debe corresponder con la serigrafía en la placa del circuito impreso. (Foto 5)

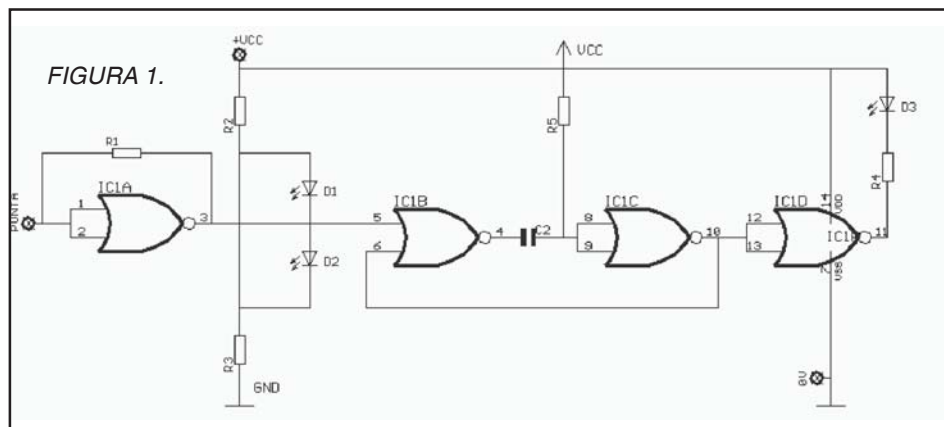
## COMPROBACION Y AJUSTE

Este sencillo kit, no necesita de ningún tipo de ajuste si no se han cometido

errores durante el montaje del mismo. Para la comprobación de su correcto funcionamiento, solo necesitamos de una fuente de 12 o 5 voltios. Con la punta de prueba, tocamos la alimentación positiva, y el led correspondiente al alto deberá iluminar, del mismo modo, tocando con la punta el potencial correspondiente a masa, el led correspondiente a Bajo, deberá encenderse. Si tenemos la posibilidad de probar el kit con un circuito de pulsos, el led correspondiente a este tipo de señal deberá trabajar.

Bien, ahora para quienes inician en este mundo de la electrónica digital, les mostramos unas simples aplicaciones con sus respectivos diagramas, para que comprendamos mejor el uso del Kit, y por que no tal vez, comprender un poco mas acerca del funcionamiento de las compuertas digitales.

En la foto 6, observamos como se ilumina el Led Verde, esto se debe a que



## LISTA DE COMPONENTES

### Resistencias:

R1	2.2M Ohm
R2, R3, R4	1K Ohm
R5	4.7M Ohm

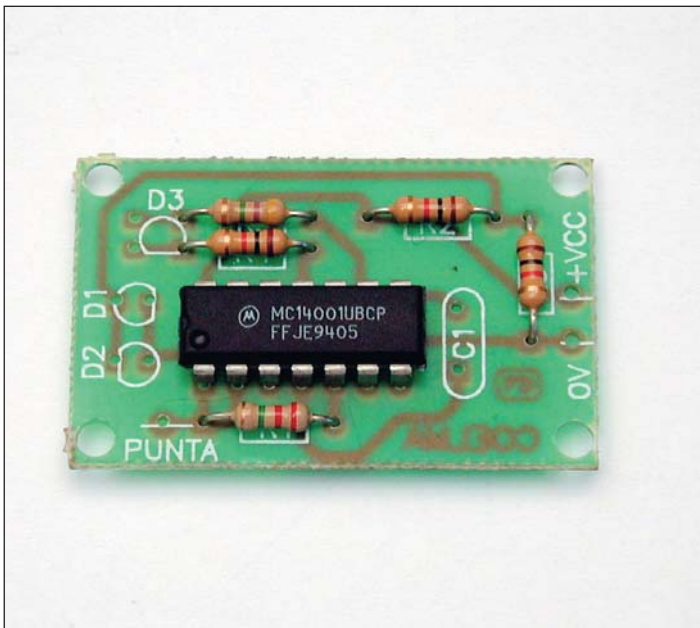
### Condensadores

C1	100nF
----	-------

### Varios

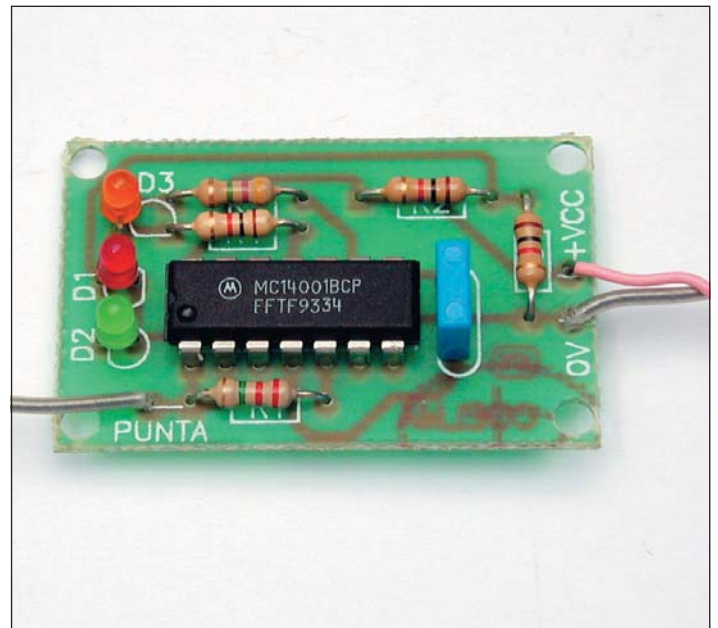
IC1	CD4001
D1	Led 3mm color Rojo
D2	Led 3mm color Verde
D3	Led 3mm color Naranja





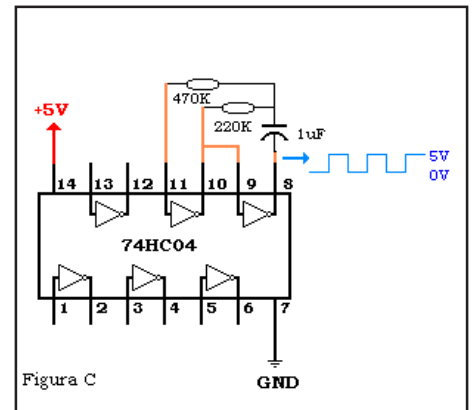
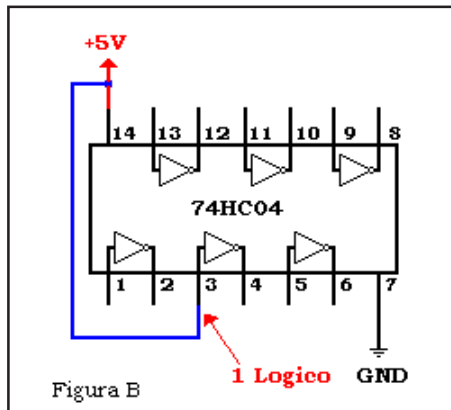
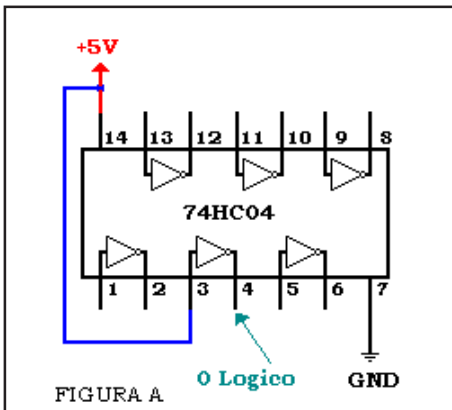
soldar el circuito integrado, asegurándonos de que su posición es la correcta.

4



Soldar los leds fijándonos en la polaridad.

5



nuestra sonda lógica, en su entrada “detecta” un estado lógico 0 o cero voltios. El punto que estamos midiendo corresponde al diagrama de la figura A.

En la foto 7, sucede todo lo contrario, en esta oportunidad, se enciende el led Rojo, lo que nos indica la presencia de un estado lógico 1 en la punta de prueba de nuestra sonda; para entender, que

punto estamos midiendo, y por que tenemos esta condición, se los aclaramos através del esquema de la figura B.

Ahora, que sucede si existe un estado alternativo entre alto y bajo? Pues bien, para esta condición, donde existe una señal oscilante, será el led naranja el encargado de mostrarnos tal condición, así, en un circuito sincronizado podre-

mos darnos cuenta si nuestro reloj funciona o por el contrario este no oscila (Figura C).

Si bien los circuitos y/o diagramas mostrados en este apartado no han sido muy sofisticados, nos han servido para aclarar el uso a los menos expertos, a partir de aquí, cualquier circuito digital, podrá ser probado con éste útil kit.

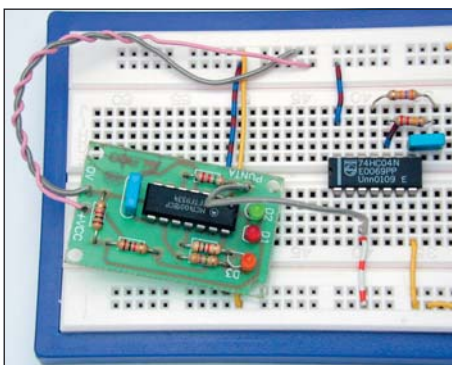


Foto 6

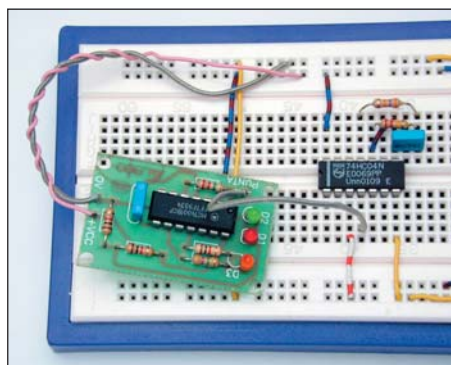


Foto7

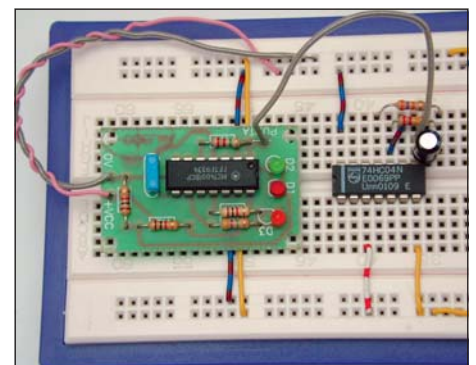


Foto 8