

TEMA 1: Naturaleza de la Electrónica Digital**OBJETIVOS**

Presentar diferentes opciones para el montaje y experimentación de los circuitos digitales. También presentaremos circuitos eléctricos básicos para representar y generar códigos binarios compuestos de niveles "0" y niveles "1" (bits).

Proporcionaremos ideas alternativas sencillas y económicas que permitan el montaje y análisis de esos circuitos de una forma didáctica y asequible, y nos centraremos en el empleo de un entrenador comercial, el Universal Trainer V3 de **MK Electrónica** (www.mkelectronica.com)

RELACIÓN DE MATERIALES

- Entrenador Universal Trainer o laboratorio equivalente para experimentación de circuitos digitales.
- En su defecto se pueden usar módulos board y cables de conexión para el montaje de los circuitos, fuente de alimentación e interruptores, pulsadores y leds para generar/representar combinaciones binarias.

INDICE GENERAL**P1: LO MÁS BÁSICO PARA EMPEZAR**

P1-1 Módulos de montaje

P1-2 Alimentación

P1-3 Interruptores / pulsadores

P1-4 Leds

P2: UN LABORATORIO COMERCIAL, EL UNIVERSAL TRAINER V3

P2-1 Módulo board para el montaje

P2-2 La fuente de alimentación

P2-3 El generador de funciones

P2-4 Potenciómetros

P2-5 Entradas digitales, los pulsadores

P2-6 Entradas digitales, los interruptores

P2-7 Salidas digitales, los diodos led

P2-8 Salidas digitales, el zumbador

P2-9 Salidas digitales, los displays

P3: REPRESENTANDO / GENERANDO CÓDIGOS BINARIOS

P3-1 Circuito básico para el encendido de un led

P3-2 Circuito de control del mediante interruptores y pulsadores

P3-3 Circuitos para generar niveles lógicos

P3-4 Generando/Representando números binarios

Ejercicio 1-1: Medir las tensiones de +5 Vcc y +12VDD

Ejercicio 1-2: Generando niveles lógicos

Ejercicio 1-3: Generando números binarios con Universal Trainer

Ejercicio 1-4: Controlando los segmentos de los displays

P4: LOS LABORATORIOS VIRTUALES

P4-1 Proteus

P4-2 Multisim

P4-3 Simulador Digital

P4-4 Logisim

TEMA 1: Naturaleza de la Electrónica Digital

P1: LO MÁS BÁSICO PARA EMPEZAR

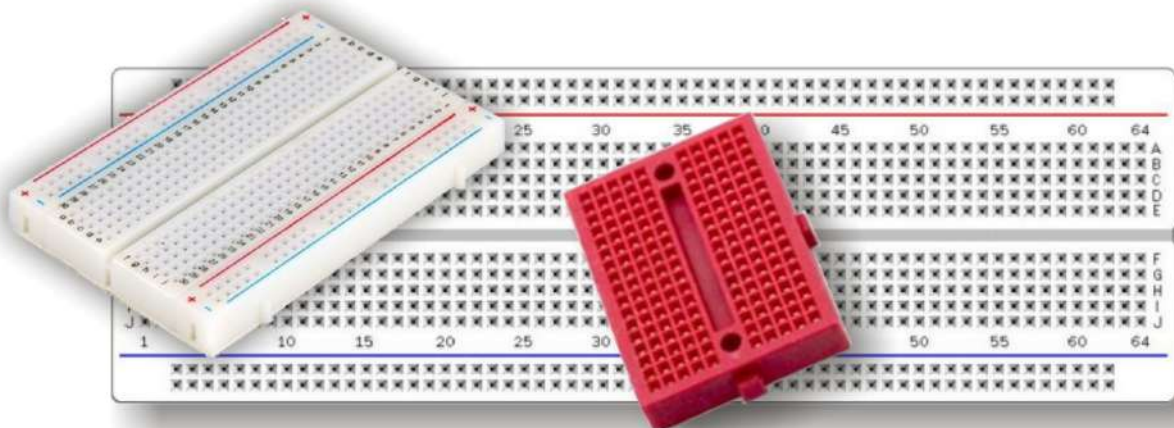
Los que ya me conocéis sabéis que, sea cual sea la materia, el aspecto práctico de la misma es muy importante para mí. Este curso de electrónica digital no puede ser menos. Como en la mayoría de las disciplinas, en electrónica digital es necesario montar, experimentar, modificar, probar y rectificar de forma real los diferentes circuitos. Incluso cuando los circuitos se queman por estar mal montados, por manipulación incorrecta, interpretación errónea, etc..., es una experiencia (a veces inolvidable) de la que puedes sacar provecho de cara al futuro. Qué le vamos a hacer, la electrónica es así y así es como se aprende.

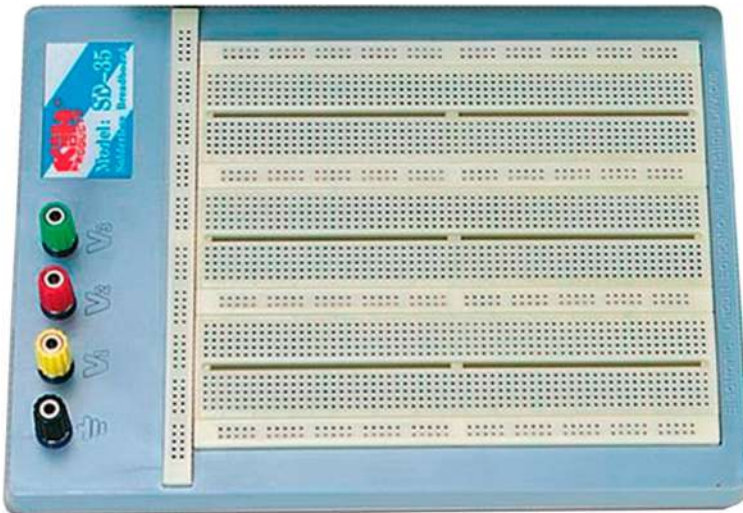


En cualquier caso para realizar esos montajes, pruebas y experimentos necesitas una serie de elementos. Te voy a comentar lo más elemental que debes de adquirir para que puedas empezar esta nueva aventura tecnológica.

P1-1 Módulos para el montaje

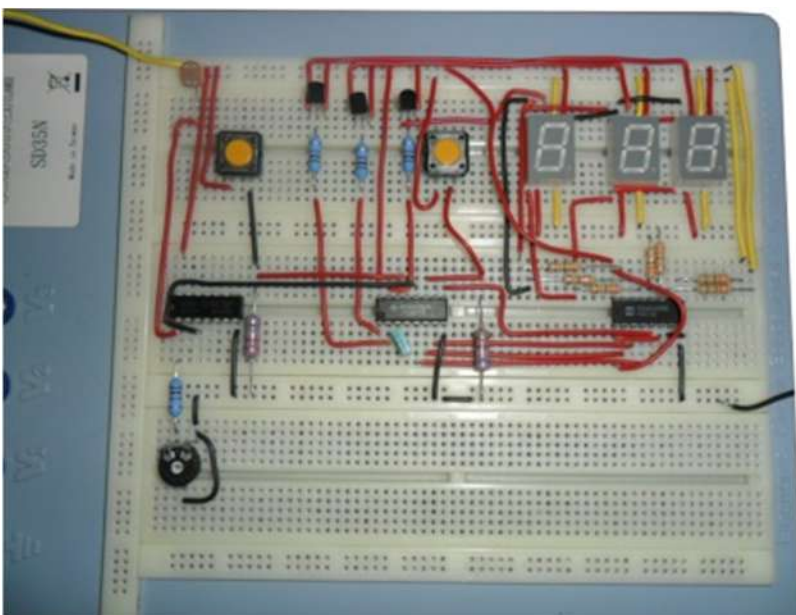
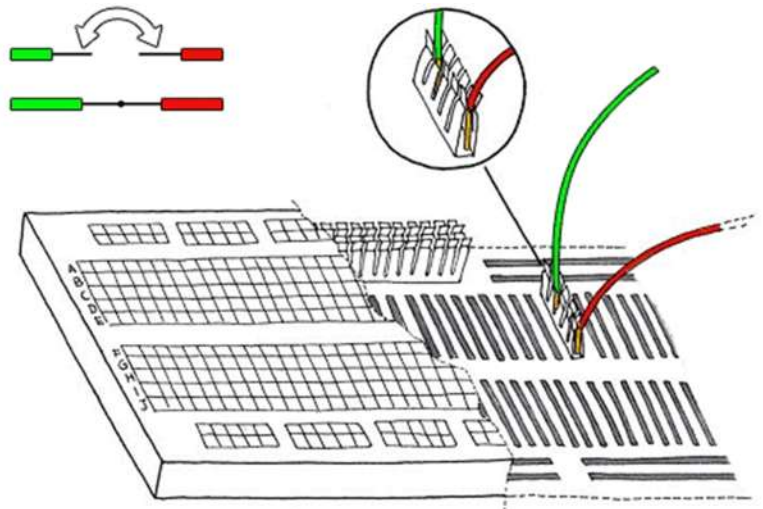
Seguro que los has visto y probablemente los hayas usado. Se les conoce como módulos "protoboard" o para prototipos.





Las puedes encontrar de diferentes tamaños colores y configuraciones. Normalmente se pueden encajar entre sí de forma que puedas crear un área de trabajo todo lo grande que necesites para montar tus circuitos. Incluso se comercializan fijados sobre soportes con lo que obtienes áreas de trabajo más compactas.

En general su empleo es bastante sencillo. Se basan en unos orificios conectados internamente entre sí mediante unas lengüetas metálicas. Se organizan en filas y columnas. Los orificios de una misma columna están conectados eléctricamente mediante esas lengüetas, pero no tienen conexión alguna con las otras. Con las filas pasa algo parecido. Los de una misma fila están conectados eléctricamente, pero una fila no tiene relación alguna con ninguna columna ni con ninguna otra fila.



Los orificios están espaciados entre sí a una distancia estándar de 0.1" (2.54 mm), para que puedas insertar cables y la mayor parte de componentes con los que vas a realizar el montaje de tu circuito.

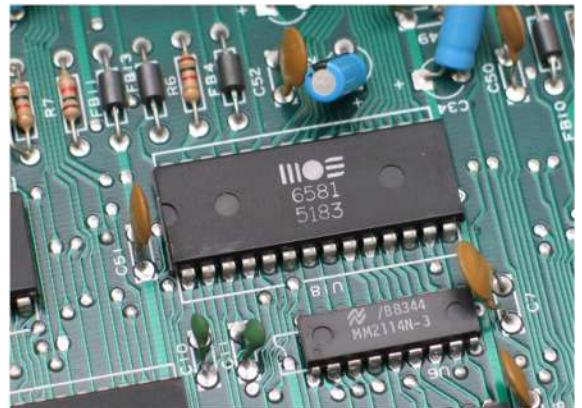
Los módulos protoboard tienen una serie de ventajas en el plano educacional, en la experimentación, o para la construcción de prototipos, etc...:

- Los circuitos se montan rápidamente.
- No es necesario realizar soldaduras.
- Puedes quitar o poner componentes y hacer todo tipo de cambios o modificaciones sobre la marcha.
- Todos los componentes son reutilizables.
- Puedes crear un área de trabajo tan grande como necesites.

También tienen sus inconvenientes:

- Con el uso las lengüetas terminan cediendo y los contactos empiezan a fallar.
- Los montajes no son suficientemente compactos.
- En el plano comercial no tienen cabida. No encontrarás ningún equipo electrónico comercial cuyos circuitos se te presenten montados en un módulo protoboard.

En general, cuando un circuito ha sido probado completamente gracias a los módulos board y su funcionamiento está garantizado, si queremos darle un aspecto comercial tendremos que recurrir al diseño y fabricación de circuitos impresos. Sobre ellos irán soldados todos los componentes haciendo que el montaje sea definitivo, muy compacto, fiable y profesional.



P1-2 Alimentación



Independientemente de que un circuito electrónico sea analógico o digital, sencillo o complejo, siempre es necesario alimentarlo. El problema radica en que en ocasiones un circuito necesita 3 V de alimentación, en otras necesita 5 V, o 9 V, o 12 V, 24 V, etc...

En ocasiones estas tensiones se pueden conseguir mediante pilas o baterías que se pueden asociar o no para conseguir el valor deseado. Sin embargo hay que reconocer que trabajar con ellas es bastante incómodo, sobre todo en fase de pruebas y análisis de los circuitos con los que estamos experimentando. Ya sabes que tarde o temprano terminan agotándose y todos los experimentos y pruebas que realizas en tu circuito pueden ser fallidas. A veces pierdes mucho tiempo hasta que te das cuenta de que el fallo se debe a la alimentación.



En todo laboratorio o taller de electrónica es necesario disponer de lo que se llama una "Fuente de Alimentación" (F.A.). En el mercado las puedes encontrar de muchos tipos, precios y características.

Las más interesantes (y caras) son las que se conocen como "F.A. Variables". Te proporcionan una tensión continua de salida que

puedes ajustar al valor que te interese en cada momento. Hoy puedes alimentar a un circuito que trabaja con 5 V y mañana a otro que trabaja con 24 V.

Otra solución mucho más económica puede ser el empleo de los clásicos alimentadores de pared. Suministran una tensión continua de un valor fijo. Tendrás que comprar la que necesites para cada caso. También hay algunos modelos que suministran varias tensiones fijas de diferente valor.



¿Para este curso? Bien, te adelanto que la mayor parte de los circuitos integrados que vamos a usar en este curso de electrónica digital, trabajan con $+V_{DD} = 5\text{ V}$, así que necesitas una F.A. que suministre esta tensión. Como solución muy económica te puede servir el clásico cargador para móviles, tablets, etc... Suelen tener un conector de salida tipo USB, mini USB o micro USB.



Simplemente cortas el cable a la altura de ese conector y te aparecerán los conductores con la tensión de referencia o GND, que suele ser de color negro, y de $+5\text{ V}$, que suele ser de color rojo. Asegúrate de que su tensión de salida es de 5 V (lo

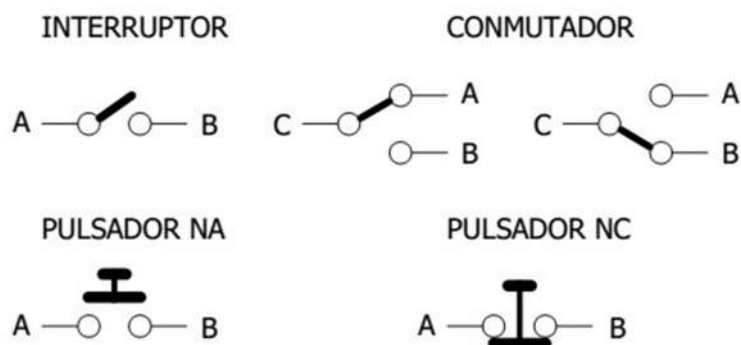
indica en algún tipo de pegatina)

P1-3 Interruptores / pulsadores

En electrónica digital también vas a necesitar algún tipo de dispositivo que te permita producir niveles lógicos o bits, "0" o "1", para introducirlos como señales de entrada al circuito bajo prueba. Se comercializan multitud de sensores y dispositivos que en determinadas condiciones generan esos niveles de entrada. Sin embargo, lo más sencillo, económico y obvio sería conectar las señales de entrada del circuito con GND (nivel "0") o con $+V_{DD}$ (nivel "1") a través de interruptores y/o pulsadores como los que tienes en la imagen.



Como te puedes imaginar en el mercado existen interruptores y pulsadores de todo tipo de formas, tamaños y configuraciones, pero básicamente son dispositivos electromecánicos que abren o cierran un circuito eléctrico según se accionen o no.



Aquí tienes el símbolo eléctrico empleado para representar interruptores y pulsadores en los esquemas.

INTERRUPTOR: Tiene dos posiciones. En una de ellas, cuando lo accionas, se cierra el circuito entre los puntos A y B. En la posición opuesta el circuito se abre.

CONMUTADOR: También tiene dos posiciones. En una de ellas se cierra el circuito entre los puntos C y A. En la posición opuesta se cierra el circuito entre los puntos C y B. Se encuentre en la posición en que se encuentre, un conmutador siempre tiene cerrado uno de sus circuitos.

PULSADOR NA: Pulsador Normalmente Abierto. Cuando se acciona se cierra el circuito entre los puntos A y B. Cuando se suelta vuelve a la posición de reposo y el circuito se abre.

PULSADOR NC: Pulsador Normalmente Cerrado. En reposo, sin accionarlo, el circuito entre los puntos A y B se mantiene cerrado. Cuando se acciona el circuito se abre.

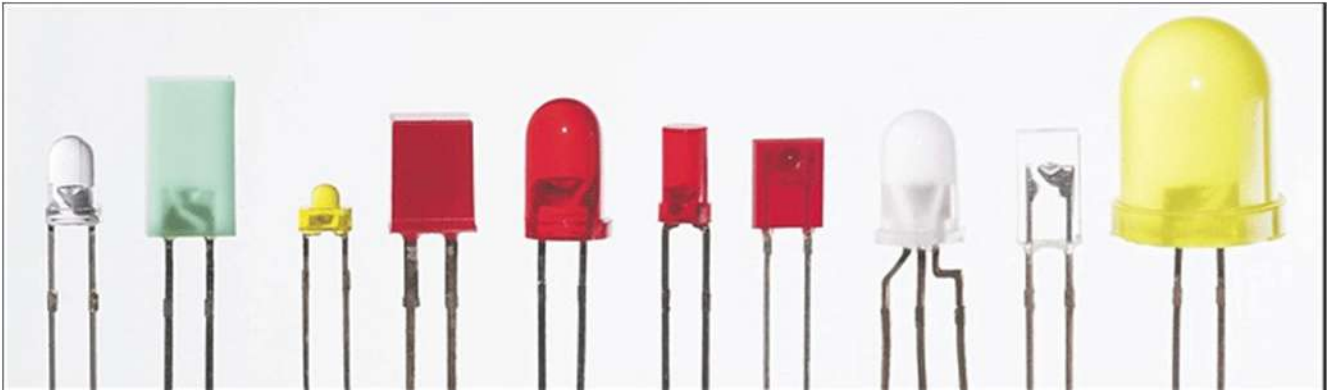
Más adelante verás cómo esto de "abrir o cerrar circuitos" te servirá para generar o producir señales binarias, de niveles "0" y "1", que aplicarás como señales de entrada a tus circuitos digitales bajo prueba.

P1-4 Leds

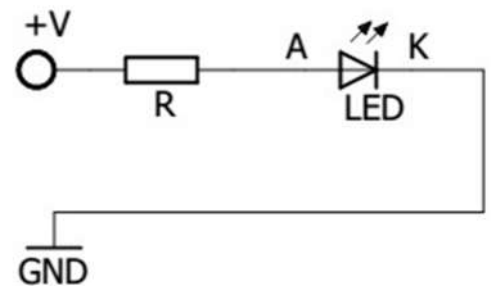
También vas a necesitar algún dispositivo que te sirva para conocer si la señal de salida que produce el circuito digital bajo prueba se encuentra a nivel "0" o a nivel "1". Podrías usar un sencillo polímetro para medir tensiones. No olvides que el nivel "0" es ausencia de tensión (GND) y el nivel "1" es presencia de tensión, por ejemplo +VDD = 5 V.

Ocorre sin embargo que si tienes que analizar el estado de varias señales digitales simultáneamente, el empleo del polímetro se antoja incómodo y poco útil. En su lugar puedes usar sencillos y económicos diodos led que se iluminan o apagan según les apliques o no tensión, es decir, según reciban un determinado nivel lógico. Nuevamente, en el

mercado puedes encontrar un buen número de modelos de diodos led de diferentes formas, tamaños y colores.



Aunque es algo que se estudia en cualquier curso de electrónica básica, el control de un led es muy sencillo. El circuito típico es el que tienes en la imagen.



Dispone de dos patas o electrodos, el ánodo (A) y el cátodo (K). Para que se ilumine es necesario aplicar por el ánodo una tensión positiva (+V) respecto a la aplicada por el cátodo (GND). Es frecuente ver una resistencia asociada a un led. Da lo mismo que se conecte al ánodo o al cátodo. Se emplea para absorber la tensión que le sobra al led. Su valor depende de:

- La tensión V que se aplica al circuito
- La tensión que necesita el led (V_{LED}). Lo indica el fabricante.
- La intensidad que consume el led (I). También lo indica el fabricante.

Con todo ello, se aplica la ley de ohm y la resistencia se calcula según:

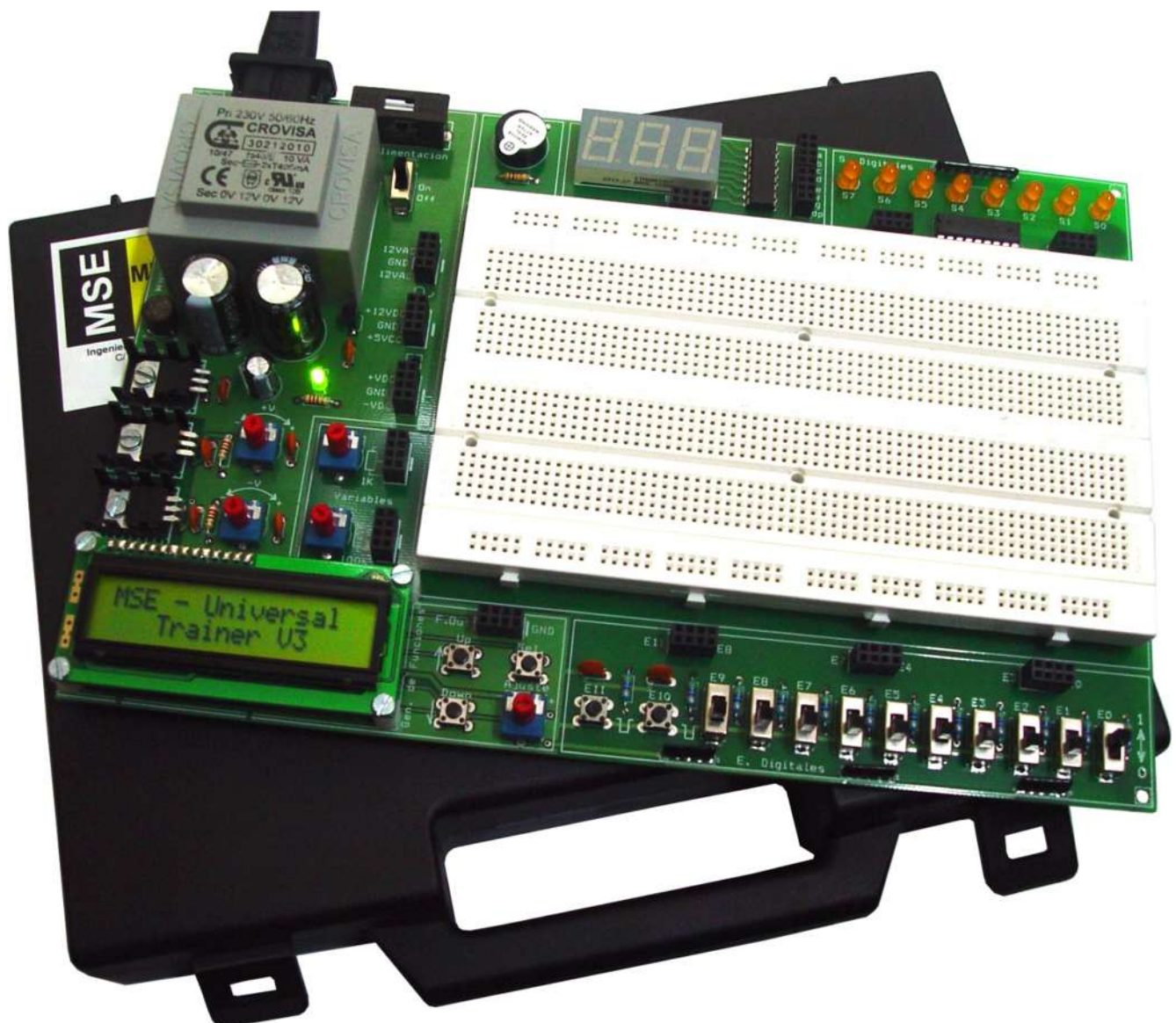
$$R = \frac{V - V_{LED}}{I}$$

Más adelante veremos algún circuito práctico para controlar el encendido de un led.

P2: UN LABORATORIO COMERCIAL, EL UNIVERSAL TRAINER V3

Otra solución es disponer de un entrenador comercial que más o menos integre todo lo necesario para experimentar, en este caso, con circuitos digitales. Vamos a hablar de uno en concreto, el Universal Trainer V3, que cumple sobradamente con todos los requisitos para practicar, no solo con circuitos digitales, sino también con circuitos analógicos, lo que lo convierte en una herramienta muy útil en el ámbito de la enseñanza, la investigación y para todo tipo de aficionados y "makers" en general.

Comercializado por MK Electrónica (www.mkelectronica.com) se presenta en un maletín que permite su transporte y almacenamiento.

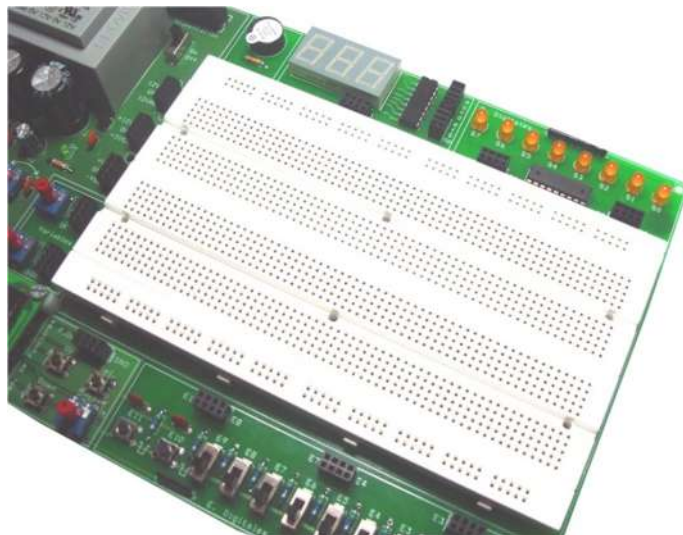


La idea de este entrenador (o cualquier otro similar) es aportar los recursos necesarios para que puedas montar tus circuitos electrónicos y someterlos a los diferentes estímulos y señales de entrada con objeto de estudiar y comprobar cómo responden mediante sus señales de salida. Vamos a ir analizando las diferentes partes de que consta el Universal Trainer V3.

P2-1 Módulo de montaje

Ya hemos comentado que los módulos protoboard son una fantástica opción para el montaje de todo tipo de circuitos electrónicos. Los componentes se insertan sobre los orificios al igual que los cables de conexión. No es necesario realizar ninguna soldadura y todos los materiales que emplees son reutilizables.

En nuestro entrenador tenemos varios módulos protoboard encajados entre sí que forman un área útil de montaje de 16 x 9 cm aproximadamente, más que suficiente para realizar todas las prácticas que vamos a proponer y otras muchas más.



P2-2 La fuente de alimentación

El entrenador soluciona el problema de la alimentación. Efectivamente, a partir del suministro eléctrico de la red (220 VAC), proporciona diferentes tipos de tensiones para que puedas alimentar a tus circuitos bajo prueba.

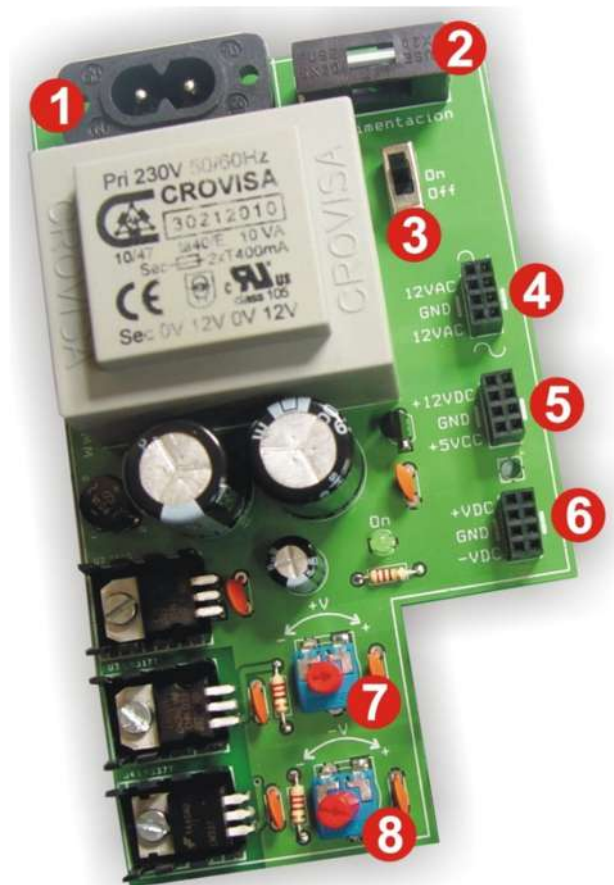
Estas tensiones las obtienes a través de los terminales correspondientes y se resumen a continuación:

- **12 VAC:** Tensión alterna de 12VAC/400mA
- **GND:** Tierra de alimentación o 0V
- **12VAC:** Tensión alterna de 12VAC/400mA
- **+12VDC:** Salida de tensión continua fija de +12VDC/100mA

- **GND:** Tierra de alimentación o 0V
- **+5VCC:** Salida de tensión continua fija de +5VCC/500mA
- **+V:** Salida de tensión positiva regulable de +1V a $\approx$ +15VDC/500 mA
- **GND:** Tierra de alimentación o 0V
- **-V:** Salida de tensión negativa regulable de -1V a $\approx$ -15VDC/500mA

Esta es su ubicación en el entrenador:

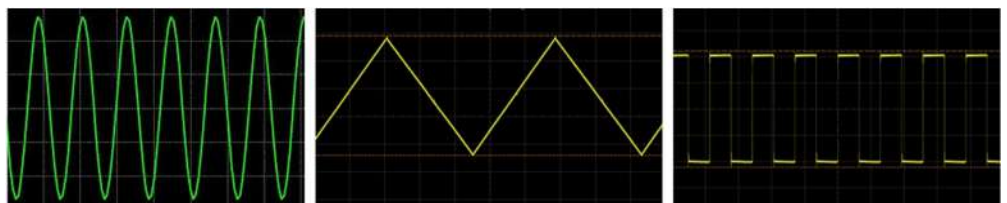
1. Entrada del suministro de red a 220VAC/50 Hz
2. Fusible de protección de 0.8A
3. Interruptor On/Off general del equipo.
4. Salidas de tensión alterna: 12VAC, GND, 12VAC
5. Salidas de tensión continua fija: +12VDC, GND, +5VCC
6. Salida de tensión continua variable: +VDC, GND, -VDC
7. Mando para regular la tensión continua positiva variable +VDC
8. Mando para regular la tensión continua negativa variable -VDC



De todas estas tensiones, la que más vas a usar en este curso de electrónica digital es la tensión de +5VDC. La mayoría de los circuitos integrados propuestos en las prácticas trabajan con esta tensión.

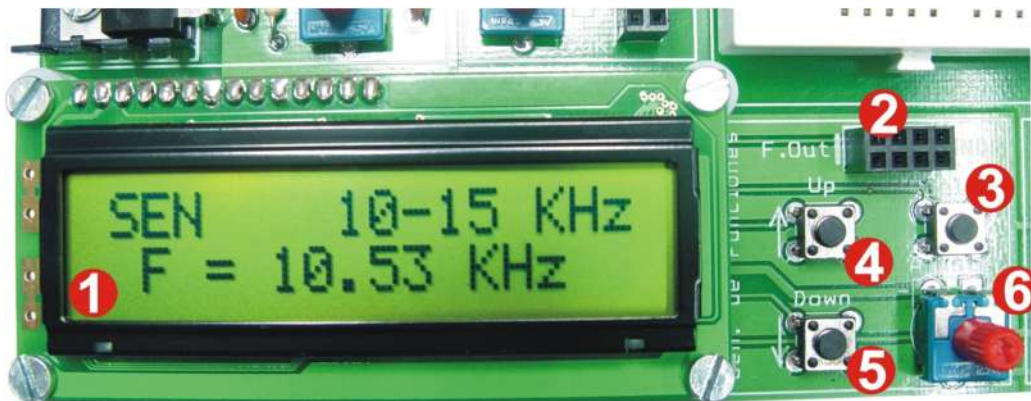
P2-3 El generador de funciones

Proporciona tres tipos de señales que se pueden aplicar tanto a circuitos analógicos como digitales a modo de estímulos de entrada: sinusoidal, triangular y cuadrada.



Consta de:

1. Pantalla LCD para visualizar las características de la señal actual que está generando.
2. Conector de acceso a la señal de salida.
3. Pulsador para seleccionar el tipo de señal deseada: sinusoidal, triangular o cuadrada.
4. Pulsador para seleccionar de forma ascendente las diferentes escalas de frecuencias.
5. Pulsador para seleccionar de forma descendente las diferentes escalas de frecuencias.
6. Potenciómetro de ajuste de la frecuencia de salida dentro de la escala actual.



La información más relevante de la señal de salida que se está generando se muestra sobre la pantalla LCD.

1. Tipo de la señal seleccionada: **DIG** (digital o cuadrada), **SEN** (sinusoidal) y **TRI** (Triangular).
2. Escala actual (en la figura de 10 a 15 KHz).
3. Frecuencia de salida (10.53 KHz en el ejemplo).

La frecuencia de salida se organiza en 18 escalas que se seleccionan mediante los pulsadores 4 y 5 (Up y Down):

Nº	RANGO	Nº	RANGO	Nº	RANGO
1	1Hz-50Hz	7	15KHz-20KHz	13	45KHz-50KHz
2	50Hz-100Hz	8	20KHz-25KHz	14	50KHz-60KHz
3	100Hz-1KHz	9	25KHz-30KHz	15	60KHz-70KHz
4	1KHz-5KHz	10	30KHz-35KHz	16	70KHz-80KHz
5	5KHz-10KHz	11	35KHz-40KHz	17	80KHz-90KHz
6	10KHz-15KHz	12	40KHz-45KHz	18	90KHz-100KHz

La amplitud de la señal varía según el tipo que hayas elegido. En este curso vas a emplear la señal digital en onda cuadrada.

TIPO	AMPLITUD (Vpp)
Digital (cuadrada)	5 Vpp
Sinusoidal	0.650 Vpp aprox.
Triangular	0.650 Vpp aprox.

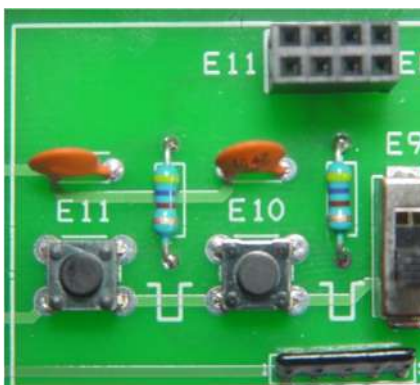
P2-4 Potenciómetros

A la hora de analizar el comportamiento del circuito electrónico bajo prueba suele ser muy frecuente emplear resistencias variables que permitan realizar diferentes ajustes. El entrenador Universal Trainer V3 aporta dos potenciómetros de ajuste de 1 K Ω y de 100 K Ω de propósito general. Los usarás más adelante, cuando trabajemos con los convertidores ADC y DAC y los comparadores.



P2-5 Entradas digitales, los pulsadores

Podrás utilizar el entrenador Universal Trainer V3 para experimentar con circuitos electrónicos digitales. Este tipo de circuitos emplean señales de carácter binario: tienen tensión (nivel "1") o no tienen tensión (nivel "0").



Los dos pulsadores del entrenador (E11 y E10) se emplean para aplicar estímulos de entrada al circuito digital que estés analizando. Estos estímulos son del tipo pulsante. Cuando pulsas uno de ellos el circuito bajo prueba recibe un nivel "0" (0 V) y cuando lo sueltas recibe un nivel "1" (+5 Vcc). Se dice que el estímulo transita del nivel "1" al "0" y de nuevo al "1" (1-0-1)

P2-6 Entradas digitales, los interruptores

También dispone de un total de 10 interruptores (E9-E0) que se emplean, al igual que los pulsadores anteriores, para aplicar estímulos o señales de entrada al circuito digital bajo análisis. Estas señales también son de carácter binario con tensión (nivel "1") o ausencia de tensión (nivel "0"). A diferencia de los pulsadores, los interruptores aplican un nivel lógico constante hasta que los cambies de posición. Si los desplazas hacia arriba proporcionan un nivel "1" (+5 Vcc), y si los desplazas hacia abajo proporcionan un nivel "0" (0 V).



Tanto a los pulsadores como a los interruptores los puedes considerar como generadores lógicos, y todos disponen de su correspondiente conector para que insertes los cables de conexión.

P2-7 Salidas digitales, los diodos led

Aunque obviamente no se pueden comparar con un analizador lógico, los diodos leds nos pueden servir para representar las señales de salida que ofrece el circuito digital bajo prueba. Son de carácter binario. Cuando se les aplica un nivel "1" se encienden y si se les aplica un nivel "0" (o ningún nivel lógico) se apagan. Son dispositivos muy sencillos y económicos. En el entrenador dispones de 8 leds (S7-S0) para visualizar otras tantas señales digitales.

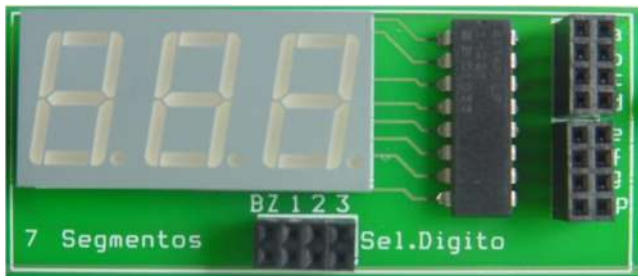


P2-8 Salidas digitales, el zumbador

Es muy posible que en ciertos circuitos experimentales te interese producir una señal audible como respuesta a un determinado proceso digital. Para eso está el zumbador piezoeléctrico del entrenador Universal Trainer V3. Cuando recibe un nivel lógico "1" genera una señal sonora, si recibe un nivel "0" (o ningún nivel) el zumbador se mantiene en silencio.



P2-9 Salidas digitales, los displays



Se tratan de unos dispositivos muy asociados a los sistemas y circuitos digitales. Controlándolos adecuadamente pueden representar todo tipo de información numérica e incluso ciertos símbolos y signos. El entrenador dispone de

tres displays del tipo "ánodo común" similar los que se estudian en cualquier curso de electrónica básica.

En resumidas cuentas podemos decir que el entrenador Universal Trainer V3 es una muy buena y asequible herramienta para el montaje, análisis y comprobación de prácticamente cualquier circuito electrónico tanto analógico como digital.

Es una especie de laboratorio portátil que aporta la mayor parte de recursos con los que evaluar el circuito bajo prueba: área de montaje, sistema completo de alimentación, generador de funciones, generadores de señales de entradas digital, visualizadores de señales de salida digital, etc...

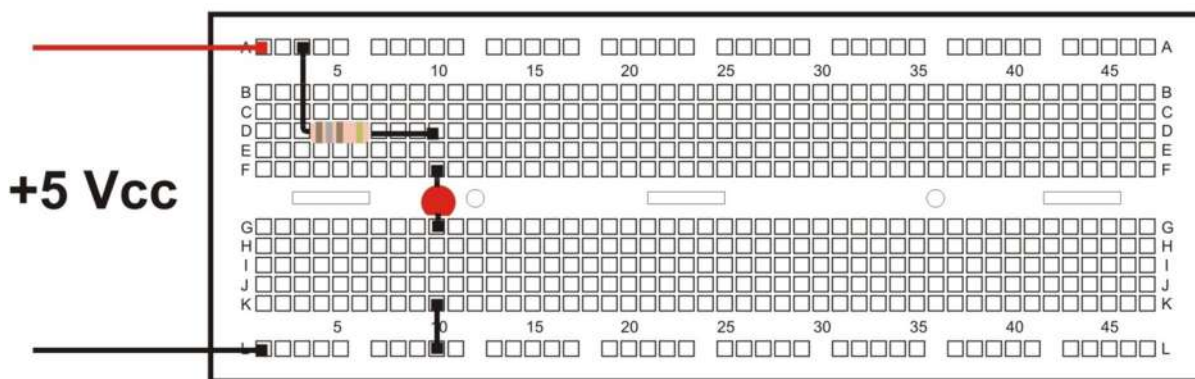
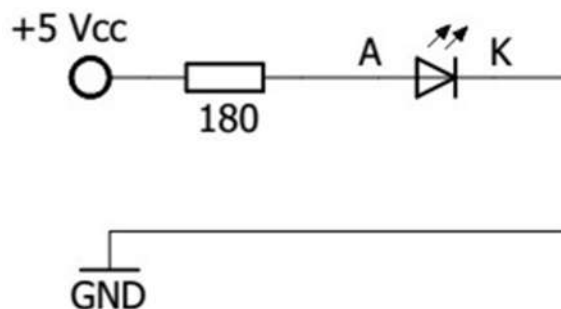
Teniendo en cuenta que vas a realizar prácticas reales con circuitos eléctricos y electrónicos, sugerimos el empleo de este equipo para tal fin. Alguno hay que emplear y este nos parece una buena opción.

P3: REPRESENTANDO / GENERANDO CÓDIGOS BINARIOS

Ha llegado el momento de ver circuitos eléctricos muy sencillos que permiten representar y /o generar números binarios. Para ello vamos a emplear simples leds, interruptores y/o interruptores que son los dispositivos más sencillos y económicos que puedas imaginar.

P3-1 Circuito básico para el encendido de un led

Vamos a empezar con un circuito que permite el encendido de un led cuando le conectamos una tensión de alimentación de +5 VCC. Puedes ver el esquema teórico y a continuación el esquema práctico de montaje realizado sobre un módulo board. El ánodo está conectado al positivo de +5Vcc y el cátodo a GND. Es lo que se conoce como una polarización directa.

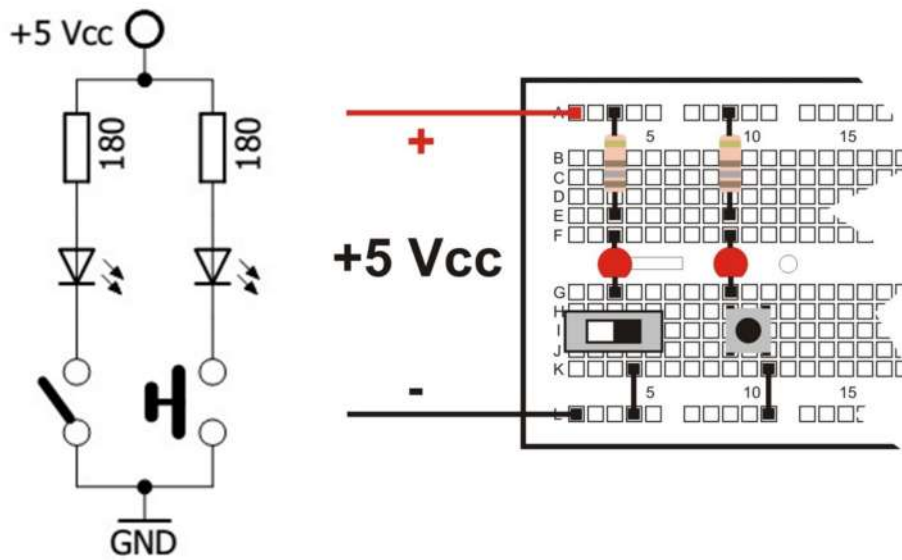


Supongamos que según su fabricante el led consume una corriente de 0.02 A con una tensión entre ánodo y cátodo (VAK) de 1.5 V. Como todo el circuito se alimenta con una tensión de 5 V, el cálculo de la resistencia sería:

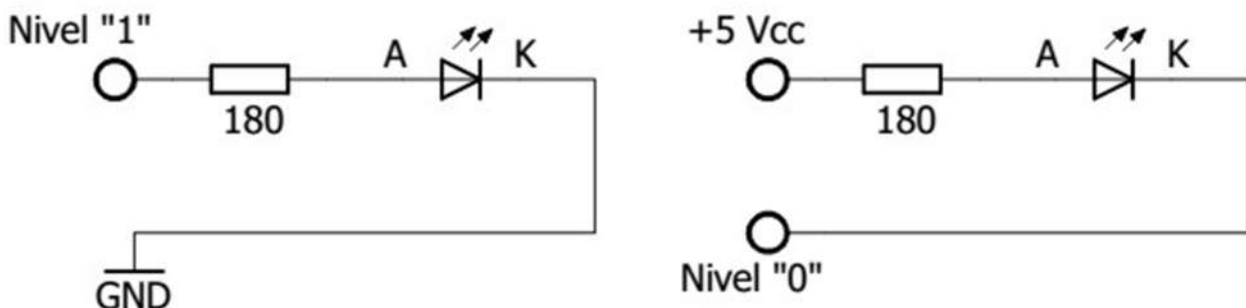
$$R = \frac{V}{I} = \frac{V_{cc} - V_{AK}}{I} = \frac{5 - 1.5}{0.02} = 175 \Omega \approx 180 \Omega$$

P3-2 Circuito de control del mediante interruptores y pulsadores

En el circuito de la figura puedes ver el encendido de dos leds. Ambos están en polarización directa. El led de la izquierda se activa cuando cerramos el interruptor y el de la derecha cuando accionamos el pulsador. En ambos casos el cátodo cierra circuito con GND.



Ya ves por tanto que un sencillo led sirve para representar un nivel lógico. Ahora bien, cuando empezamos con esto de la electrónica digital todos tenemos tendencia a pensar que el nivel "1" sirve para activar y el nivel "0" para desactivar. Esto no tiene porqué ser así. Ambos niveles lógicos o bits tienen la misma relevancia y se pueden emplear tanto para activar como para desactivar dispositivos como leds, relés, motores, etc... Quiero que te fijas en los siguientes dos esquemas.



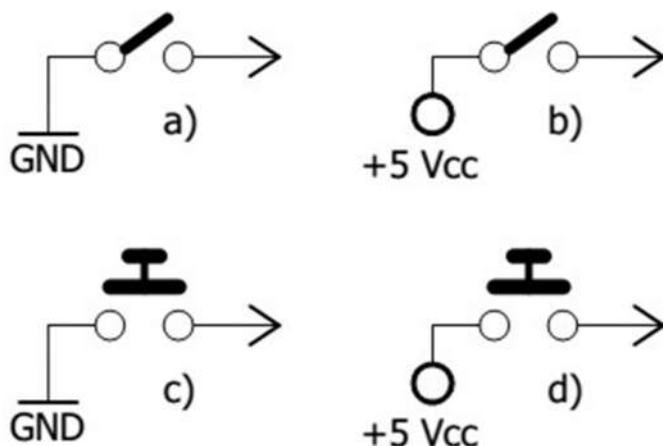
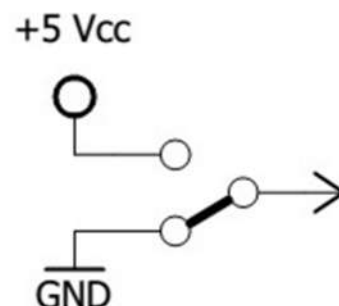
En el circuito de la izquierda el cátodo está conectado con GND de forma permanente. En estas condiciones la única forma de que el led se ilumine es cuando se le aplique un nivel "1" por su ánodo (nivel "1" = +5Vcc). Se activa por nivel "1".

En el de la derecha es el ánodo quien está permanentemente conectado permanentemente con + 5Vcc. La única forma de que se ilumine será cuando apliquemos un nivel "0" por su cátodo (nivel "0" = GND). Se activa por tanto mediante nivel "0", o por lo que se conoce como "lógica negativa".

P3-3 Circuitos para generar niveles lógicos

Los más sencillos y económicos son los conmutadores, interruptores y pulsadores. Ya los has visto. Lo que te voy a mostrar ahora son diferentes configuraciones para que esos interruptores/pulsadores produzcan niveles lógicos "1" y "0".

Mira este sencillo circuito. Es un conmutador. Cuando lo pones en la posición superior cierras el circuito con +5 Vcc. Estas generando un nivel "1". Cuando lo pones en la posición contraria cierras circuito con GND. Estas produciendo ahora un nivel "0".

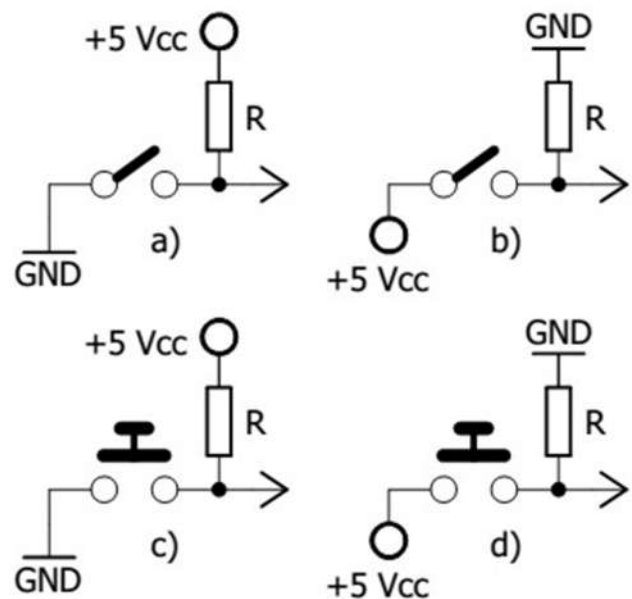


Mira ahora estas cuatro configuraciones a base de sencillos interruptores y pulsadores:

- a) Al cerrar generas un nivel "0".
- b) Al cerrar se genera un nivel "1".
- c) Al pulsar generas nivel "0".
- d) Al pulsar generas nivel "1"

Ya vemos lo que ocurre cuando cierras o accionas en cada caso, pero si no cierras o accionas... ¿qué nivel lógico se está produciendo? Por ejemplo, observa el circuito b). Cuando cierras el interruptor está claro que conectas con +5 Vcc y produces un nivel "1", pero si no lo cierras ¿Qué produces? ¿Un nivel "0"? ¿Quién lo dice? ¿Dónde estaría la conexión con GND? ¿Estamos seguros? **NO**. Este tipo de conexiones para generar bits no es adecuada ya que cuando los circuitos están abiertos no se garantiza nivel lógico alguno.

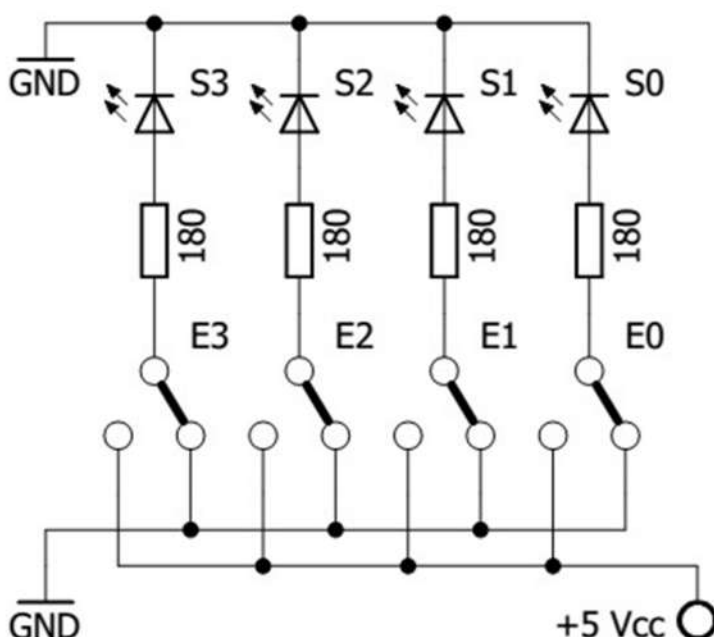
Mira ahora estas otras configuraciones. Basta con emplear unas simples resistencias que "aseguren" la señal al nivel lógico deseado, cuando el circuito esté abierto. Se las conoce como "Pull-Up" cuando se conectan con +5Vcc o "Pull-Down" cuando conectan con GND. Por ejemplo, mira el circuito b). Cuando cierras el interruptor está claro que se produce un nivel "1", pero mientras esté abierto tenemos un nivel lógico "0" gracias a la resistencia R (Pull-Down) conectada con GND.



Observa ahora el circuito c). Cuando accionas el pulsador está claro que produces un nivel "0", pero cuando lo sueltas se produce un nivel "1" gracias a la resistencia R Pull-Up conectada con +5 Vcc .

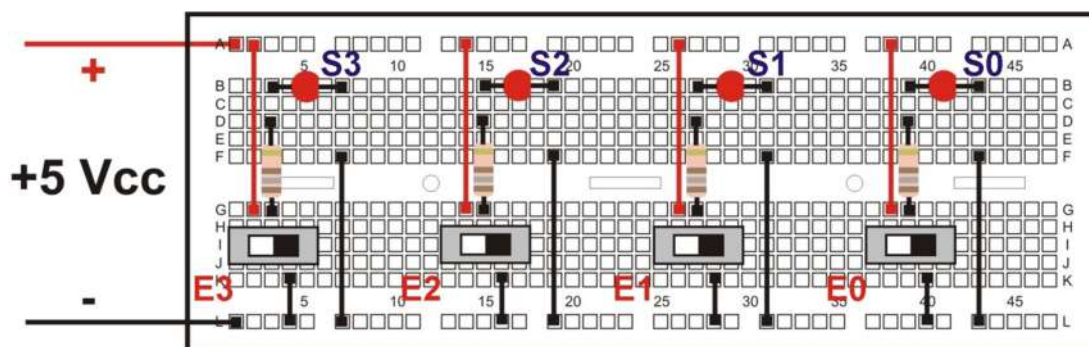
DETALLE IMPORTANTE: De la misma manera que un led se puede activar con un "0" o con un "1", un interruptor/pulsador puede producir un "0" (lógica negativa) o un "1" cuando se acciona. Todo depende de cómo realices las conexiones de estos dispositivos.

P3-4 Generando/Representando número binarios



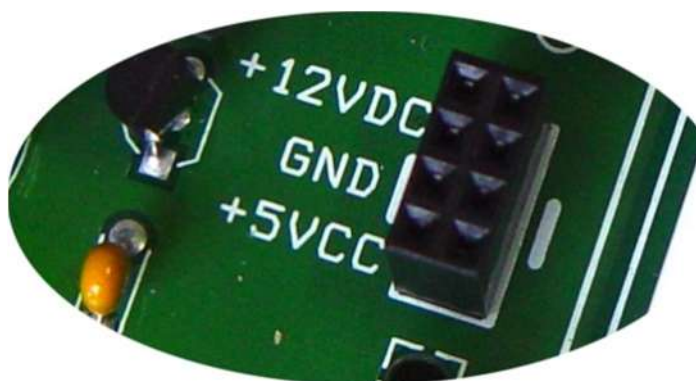
Visto que podemos producir y representar niveles lógicos, también podemos generar y visualizar números binarios con los bits que deseemos. En la imagen tienes el esquema de un circuito para producir y representar números binarios de 4 bits.

También tienes su montaje práctico realizado sobre un módulo protoboard.



Ejercicio 1-1: Medir las tensiones de +5 Vcc y +12VDD

El entrenador dispone de dos tipos de tensiones continuas de alimentación: fijas y variables. Las fijas las tienes disponibles en el conector que se muestra en la figura. Concretamente la de +5V es la que vas a usar en los circuitos digitales con los que vas a practicar.



Emplea dos cablecillos para facilitar el contacto con las puntas de prueba y completa la tabla contrastando el valor teórico con el práctico medido.

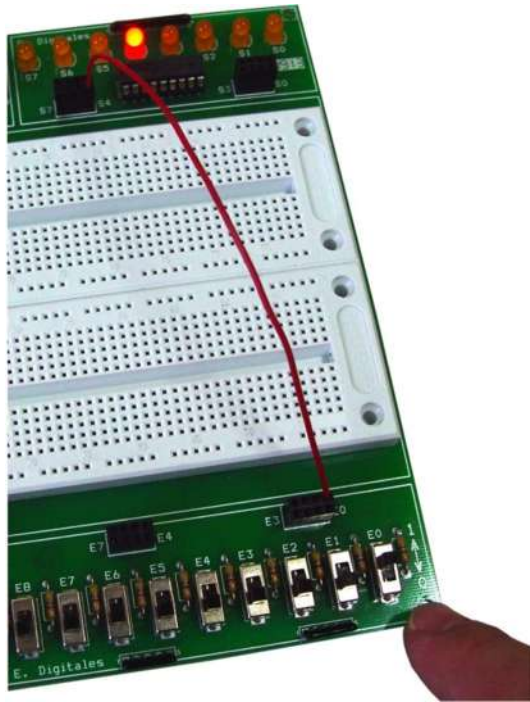
Recuerda. Vas a medir tensión en continua. Selecciona las escalas apropiadas en el polímetro. La punta negra debes conectarla con GND y la roja con +12VDC o con +5VDC.

MEDIR ENTRE EL...	TEÓRICO	PRÁCTICO
Conector GND y el conector +12 VDC		
Conector GND y el conector +5 VDC		

Vas a repetir las medidas cambiando las puntas de prueba. Ahora coloca la punta roja del polímetro en GND y la negra en +12VDC o en +5VCC. Anota las nuevas medidas y explica qué observas.

MEDIR ENTRE EL...	TEÓRICO	PRÁCTICO
Conector GND y el conector +12 VDC		
Conector GND y el conector +5 VDC		

Ejercicio 1-2: Generando niveles lógicos



Con el Universal Trainer es muy sencillo. Te basta con un cable de conexiones. Un extremo lo conectas con uno de los interruptores y el otro con cada uno de los leds. Hay 8 leds denominados S7 - S0 con sus correspondientes conectores S7 - S0.

Por su parte el zumbador es un dispositivo que genera una señal audible cuando se le aplica un nivel lógico "1". Como los interruptores no producen corriente suficiente para su activación, lo puedes probar conectándolo con +5V de alimentación.

En la siguiente tabla anota simplemente si tanto los leds se activan (OK) según la posición en que se encuentre el interruptor.

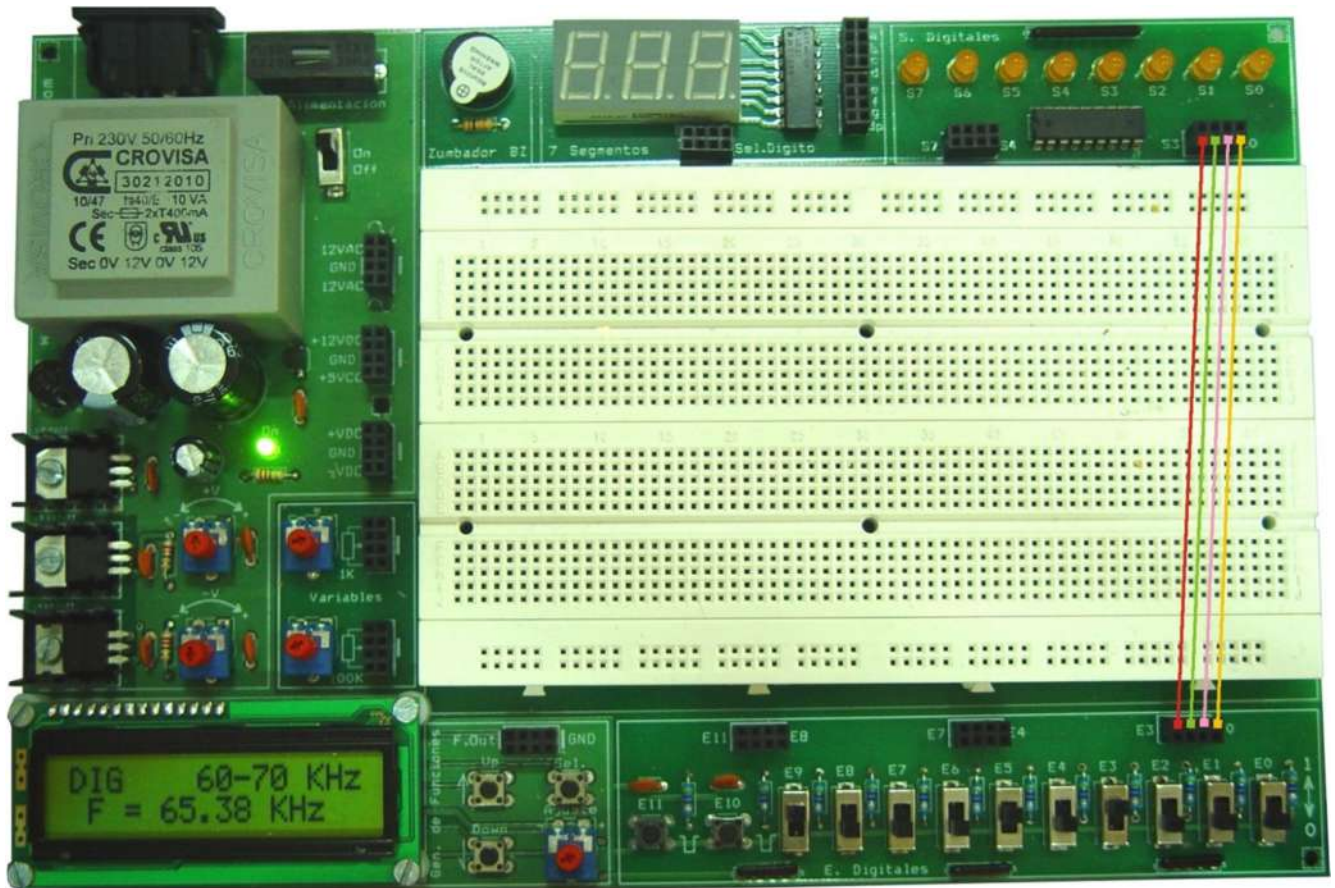
POSICIÓN	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	S0
ARRIBA								
ABAJO								

Atención. Tal y como está diseñado el entrenador Universal Trainer V3, todas las entradas y salidas digitales disponibles están diseñadas para trabajar con +5V como máximo. En ningún caso apliques una tensión superior.

Ejercicio 1-3: Generando números binarios con Universal Trainer

De forma similar también puedes generar números binarios. Por ejemplo, puedes conectar los interruptores de entrada E3-E0, con los leds de salida S3-S0.

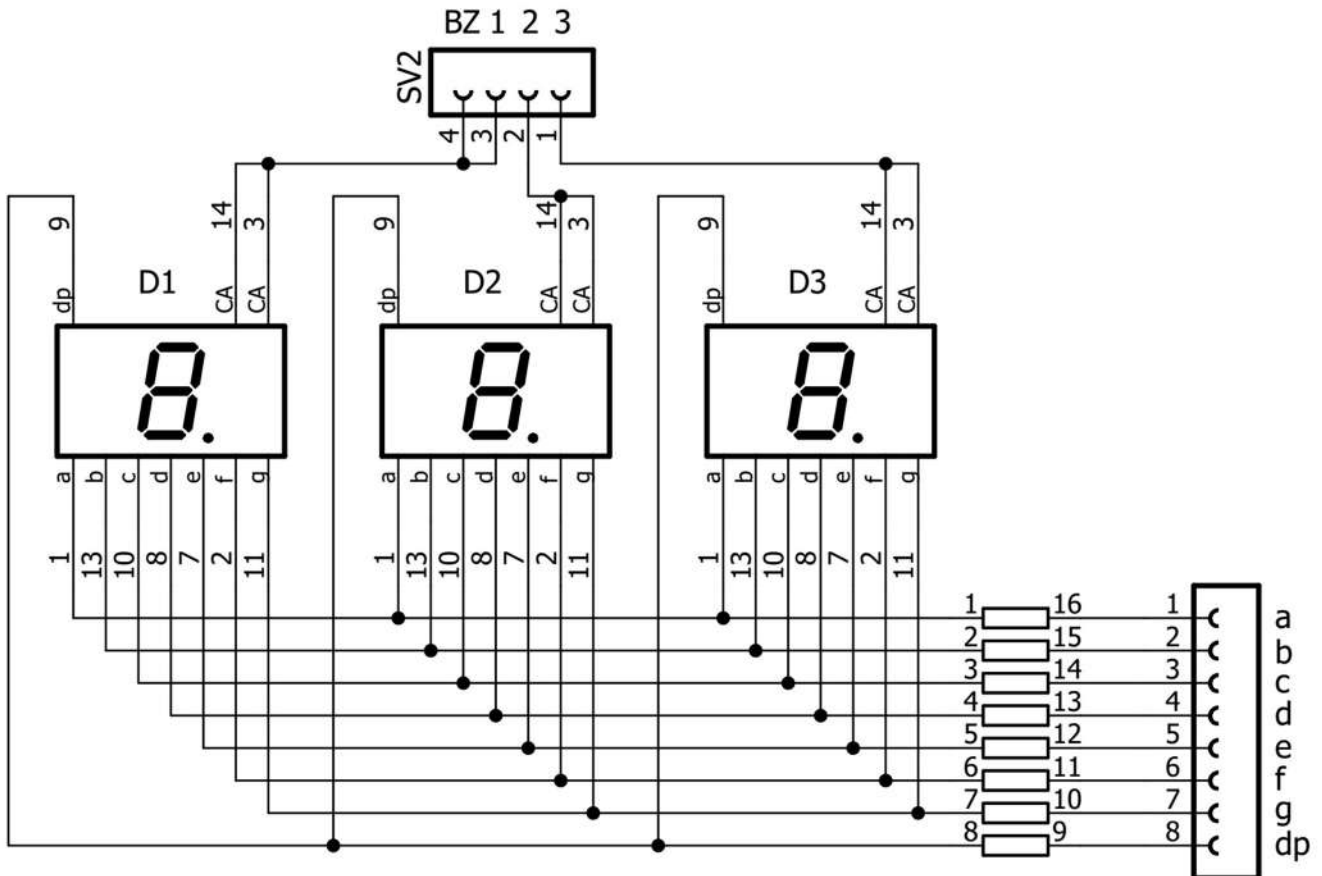
Moviendo los conmutadores hacia abajo (B) o hacia arriba (A) se produce un nivel lógico que actúa sobre el led. Completa esta tabla indicando el código binario producido y su equivalente en decimal.



ENTRADAS a = abajo e A = Arriba				SALIDAS (S3-S0)	
E3	E2	E1	E0	Binario	Decimal
B	A	A	B		
B	B	B	A		
A	B	B	B		
A	A	A	B		
B	B	A	B		
B	B	B	B		
A	A	A	A		
A	B	A	B		
B	A	B	A		

Ejercicio 1-4: Controlando los segmentos de los displays

En el esquema siguiente tienes las conexiones de los tres displays del entrenador Universal Trainer. Aunque los segmentos de los tres están conectados en paralelo, cada display se controla individualmente mediante su correspondiente ánodo: D1, D2, D3. Al ser de ánodo común cada ánodo se conecta con una tensión positiva respecto a los cátodos.

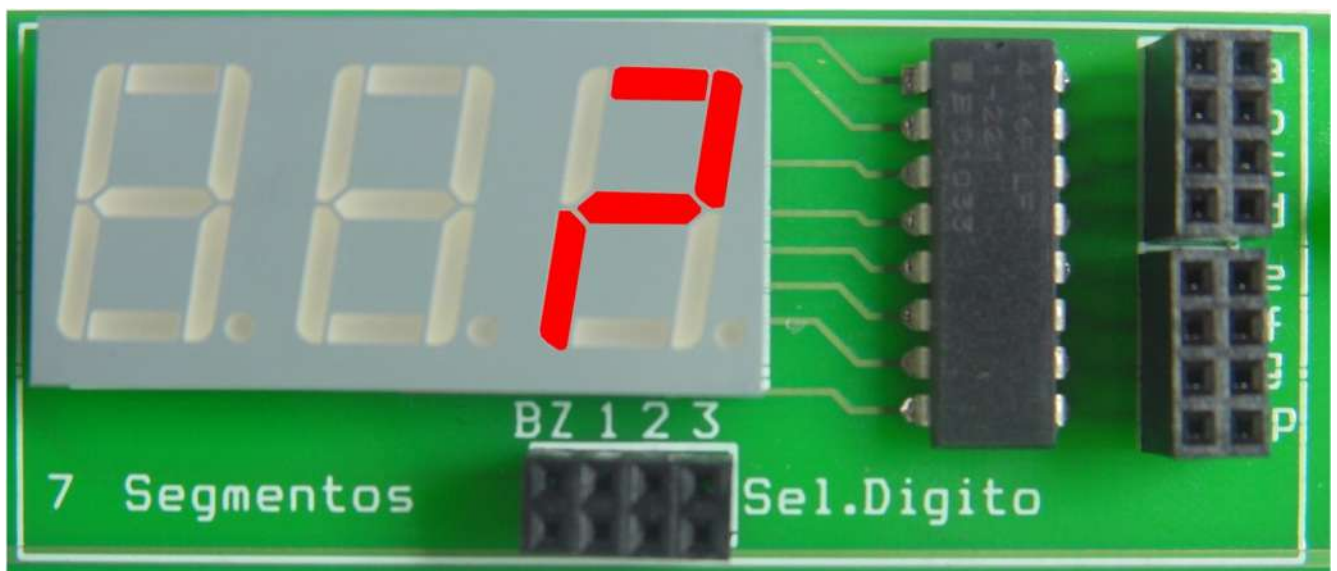


Para experimentar de forma sencilla con ellos te propongo que conectes los interruptores E7-E0 del entrenador con los segmentos dp - a de los displays. Como estos segmentos se corresponden con los cátodos, debes orientar hacia abajo el interruptor cuyo segmento deseas iluminar para que le aplique así GND, nivel "0", respecto al ánodo. Interruptor hacia abajo segmento activado (nivel "0" = ON).

El ánodo común del display con el que vayas a experimentar (1, 2 o 3) lo debes conectar con la tensión positiva de +5V (nivel "1").

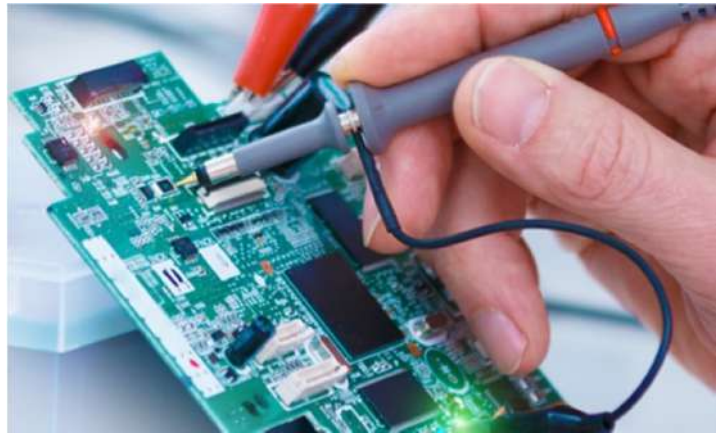
Con ayuda de los interruptores combina el encendido/apagado (ON/OFF) de los segmentos de cualquiera de los tres displays para que muestre los símbolos propuestos en esta tabla.

SIMBOLO	INTERRUPTORES / SEGMENTOS							
	E7 (dp)	E6 (g)	E5 (f)	E4 (e)	E3 (d)	E2 (c)	E1 (b)	E0 (a)
4								
A								
8								
6								
b								
1								
-								
o								
c								
?								
=								
0								
F								
3								
ñ								
L								



P4: LOS LABORATORIOS VIRTUALES

En varias ocasiones he explicado que, bajo mi punto de vista, en la formación de un técnico electrónico es importante cubrir el área de prácticas, y que estas se realicen de forma real. Un técnico debe conocer cómo son los componentes, dónde se adquieren, cuánto cuestan, cómo funcionan, cuáles son sus características, cómo se conectan para formar un circuito, cómo se prueban e incluso cómo se queman.



Sin embargo hoy en día disponemos de herramientas conocidas como "*herramientas virtuales*". Básicamente son programas informáticos que te permiten usar componentes virtuales, dibujar o trazar el esquema del circuito, someterlo a estímulos o señales de entrada, simular su funcionamiento, analizar las señales de salida, etc... Todo ello sin moverte de delante de tu ordenador:

- No tienes que salir a comprar los componentes.
- Puedes usar un número casi ilimitado de estos.
- Nunca se rompen, aunque hagas auténticas "*burradas*" con ellos.
- Es muy cómodo. No hay que organizar nada, ni recoger los materiales, ni almacenarlos. Basta con apagar el ordenador.

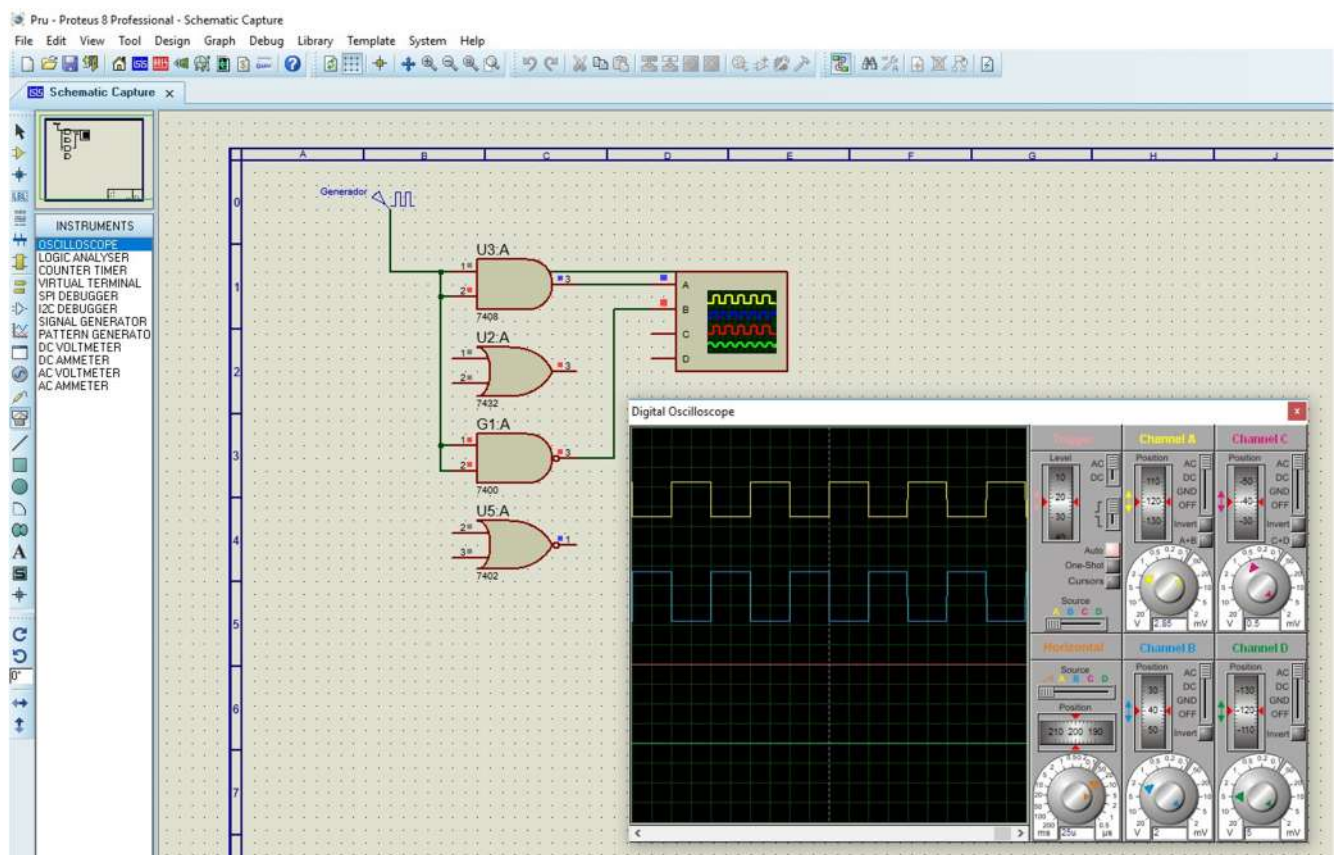
Sin embargo... debes de tener en cuenta que la realidad es muy diferente:

- Los componentes no aparecen por arte de magia, hay que comprarlos, cuestan dinero y los tienes que cuidar.
- Puede haber componentes equivalentes o diferentes versiones de un mismo componente. Hay que aprender a conocerlos y a distinguirlos.
- Si el diseño o montaje físico del circuito es incorrecto los componentes se queman.
- Lo más importante. Si quieres darle a tu circuito una utilidad práctica, tarde o temprano lo tendrás montar físicamente.

En mi opinión estas herramientas virtuales son fantásticas. Ayudan y mucho al diseño y comprobación de los circuitos electrónicos, pero creo que deben de ser utilizadas cuando el técnico electrónico ya tiene una cierta experiencia práctica y sabe desenvolverse en el "mundo real".

En esta práctica voy a comentar algunos de los programas simuladores virtuales más conocidos. Desde luego ni están todos los que son ni son todos los que están. Si estás interesado en este tema en la red podrás encontrar abundante información así como múltiples opciones de programas.

P4-1 Proteus



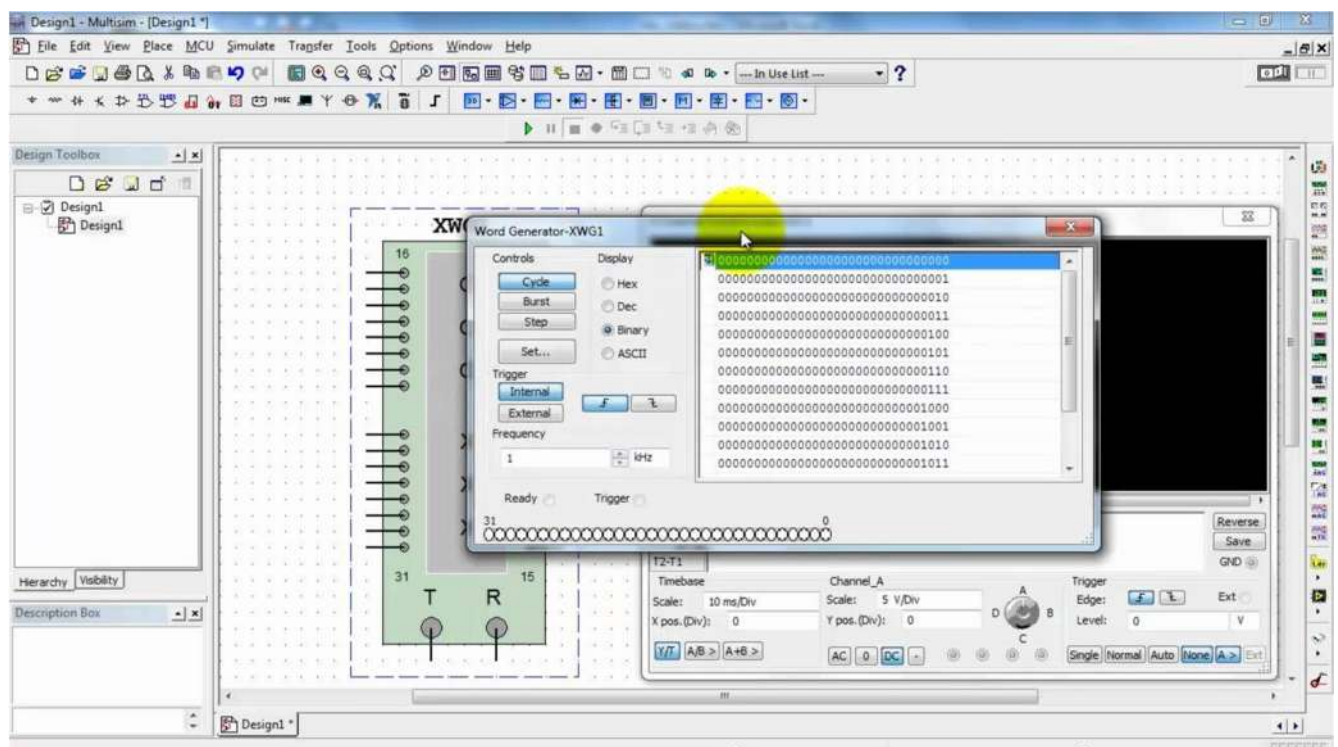
Se trata de un software para el diseño electrónico desarrollado Labcenter Electronics Ltd. Quizá hayas oído hablar de él ya que se trata de uno de los programas más utilizados. Está formado por varios módulos:

- **ISIS:** Es el que te permite dibujar el esquema eléctrico del circuito. Es lo que se conoce como la "captura de esquema". Integra multitud de componentes tanto analógicos como digitales.
- **VSM:** Este módulo es el que facilita la simulación del circuito previamente dibujado. Cuenta con multitud de instrumentos y sistemas de prueba como son generadores lógicos, de funciones, polímetros, osciloscopios, etc...
- **ARES:** Como paso final en el diseño de cualquier circuito, este módulo facilita el diseño de la tarjeta impresa correspondiente al esquema bajo análisis.

En www.labcenter.com puedes encontrar toda la información relativa al programa, así como las diferentes opciones descarga, compra, precios, etc...

P4-2 Multisim

Es otro de los grandes (y caros) programas para el dibujo de esquemas y simulación.



Con él puedes dibujar y simular todo tipo de circuitos tanto analógicos como digitales, y simular su funcionamiento de forma virtual. El diseño inicial de este programa que, por entonces se denominó "Electronics Workbench", corrió a cargo de la empresa canadiense *Interactive Image Technologies*. En 1999 se fusiona con *Ultimate Technology*

que finalmente es adquirida en 2005 por *National Instruments*, que definitivamente lo comercializa bajo el nombre de "Multisim". National Instruments también produce conocidas herramientas hardware y software como el LabVIEW.

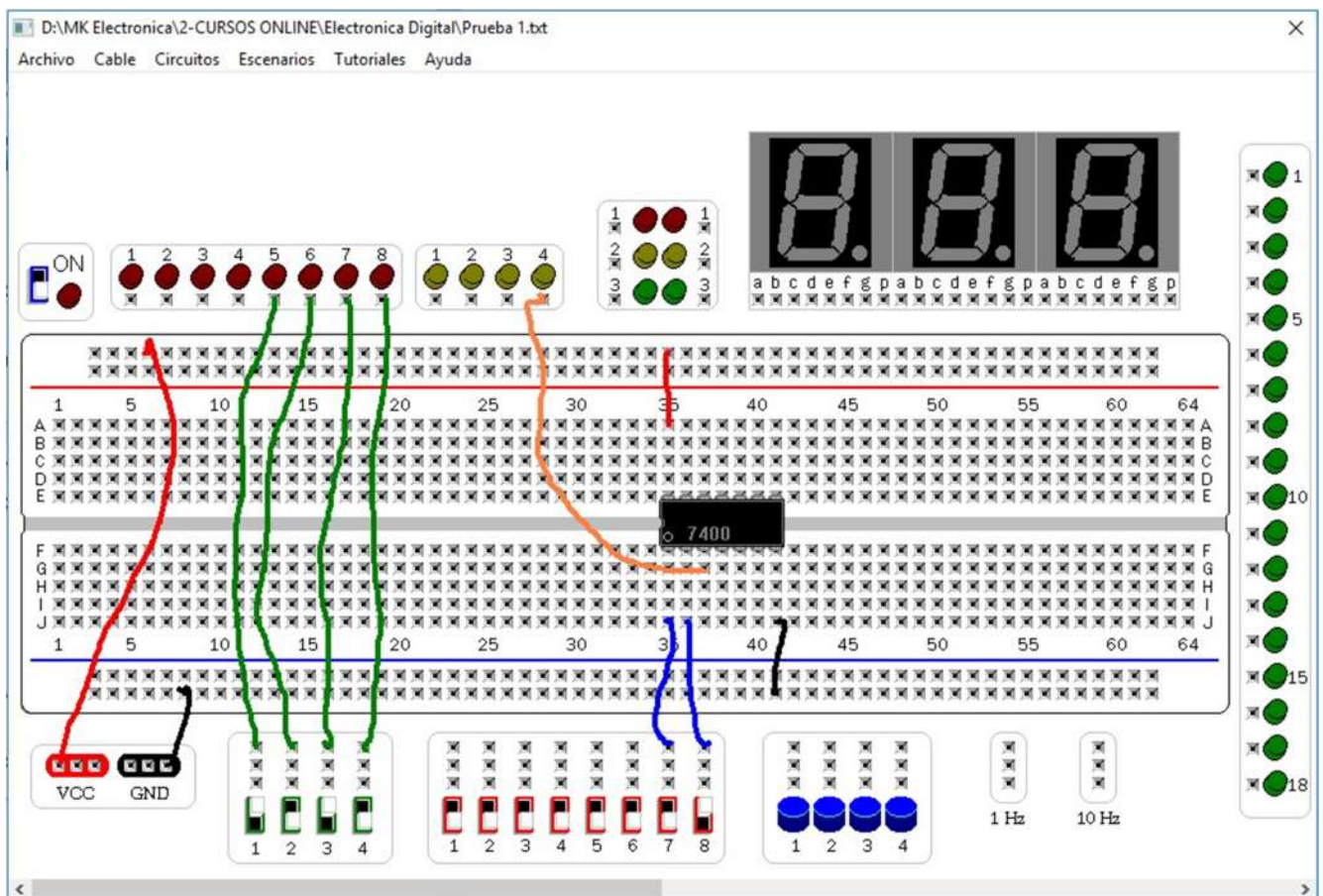
Si quieres más información de sobre precios, cómo adquirirlo, etc..., puedes seguir este enlace: <http://www.ni.com/es-es/shop/electronic-test-instrumentation/application-software-for-electronic-test-and-instrumentation-category/what-is-multisim.html>.

Seguramente podrás descargar alguna versión gratuita de prueba y/o educacional.

P4-3 Simulador Digital

No todos los programas de simulación son profesionales ni tienen las prestaciones de los dos anteriores. Tampoco tienen el mismo precio. Puedes encontrar programas de simulación muy dignos, sencillos, didácticos y, sobre todo, totalmente gratuitos.

Un ejemplo es el programa "Simulador Digital" del autor Ing. Arturo Javier Miguel de Priego. Desde estas líneas mi total reconocimiento.



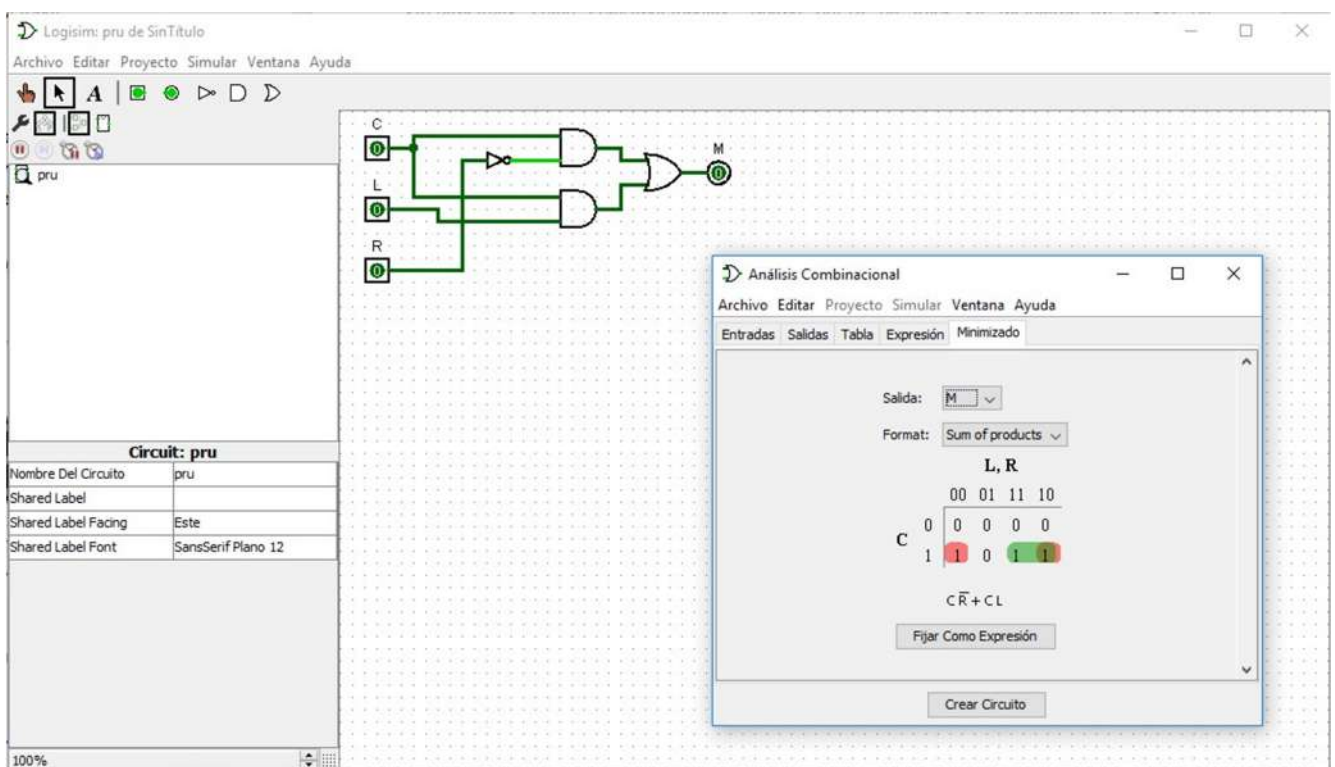
Solo sirve para simular circuitos digitales, y en este caso no dibujas el esquema eléctrico sino que simulas su montaje sobre un módulo protoboard para luego simular también su funcionamiento. Si te fijas en la figura verás que tiene muchos de los dispositivos que tiene un laboratorio comercial como el Universal Trainer: módulo board, interruptores, pulsadores, leds, displays, alimentación y generador de onda cuadrada.

Contempla una importante colección de circuitos integrados digitales tanto secuenciales como combinacionales. Buena parte de ellos se incluyen en el kit de componentes reales que proponemos en el área de prácticas de este curso.

Desde este enlace puedes descargar el programa y acceder a información, tutoriales, ejemplos etc...: <http://www.tourdigital.net/SimuladorTTLconEscenarios.htm>

P4-4 Logisim

Otro programa gratuito que puedes descargar desde: <https://logisim.uptodown.com/windows>. Yo he descargado la versión 2.7.1 y la verdad es que me ha parecido un programa con mucho interés didáctico.



En este caso el programa, se basa en la adquisición o dibujo del esquema que vas a simular. Solo sirve para circuitos digitales y cuenta con un buen número de dispositivos lógicos así como elementos que simulan las señales de entrada y salida.

Algo que me parece muy útil en este programa es que brinda la posibilidad de hacer análisis combinacional. Puedes diseñar tu circuito digital a partir de su tabla de la verdad y/o ecuación lógica, simplificar ecuaciones mediante Karnaugh, utilizar teoremas de Morgan, etc... Conceptos todos ellos que iremos estudiando en teoría y que te será de gran ayuda.



