

**UNIVERSIDAD DE ALCALÁ**

**DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA**



## **Consideraciones básicas**

Autores:

Sira E. Palazuelos Cagigas

Javier Macías Guarasa

José L. Martín Sánchez

# Índice

1. Introducción .....	3
2. Conceptos básicos.....	3
3. Conexión entre los distintos elementos.....	3
4. Placa de inserción.....	4
5. Alimentación de los circuitos integrados .....	6
6. Conexión de los microinterruptores.....	7
7. Visualización de una salida utilizando LEDs .....	8
8. Visualización utilizando un display de ánodo común .....	8
9. Guía de solución de problemas .....	10
10. Hojas de características e información adicional.....	11
11. Código de colores de las resistencias y condensadores .....	11

# 1. Introducción

El objetivo de este documento es proporcionar al alumno información básica necesaria en los laboratorios de electrónica digital, como, por ejemplo, la forma de conectar y alimentar los circuitos integrados, el código de colores de las resistencias, etc. Se ha sacrificado la rigurosidad por la sencillez, ya que no se pretende exponer conceptos teóricos, sino dar una guía rápida que sirva de apoyo al alumno en su primer acercamiento al laboratorio. Las explicaciones, cálculos y razones de lo expuesto en este documento se impartirán en las clases de teoría y están disponibles en la bibliografía de la asignatura.

## 2. Conceptos básicos

En la realización de un circuito digital determinado son necesarios los siguientes pasos:

1. Realizar el diseño conceptual utilizando componentes genéricos.
2. Elegir los circuitos integrados y componentes pasivos necesarios.
3. A partir de la información de las hojas de características, diseñar ("sobre papel" o con ayuda de un programa de simulación) el esquema del circuito, con las conexiones adecuadas entre los componentes.
4. Montar del circuito según el esquema diseñado.
5. Probar el circuito. En caso de que su funcionamiento no se corresponda con el comportamiento deseado, será necesario repasar el diseño o el circuito, volviendo a los pasos 2/3.

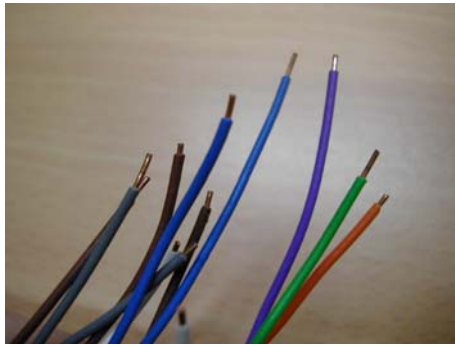
Para el montaje del circuito, es necesario conocer el comportamiento de los distintos componentes tanto a nivel lógico (función que realiza cada uno), como eléctrico (necesidad de alimentación, limitaciones en la interconexión entre ellos, etc.).

## 3. Conexión entre los distintos elementos

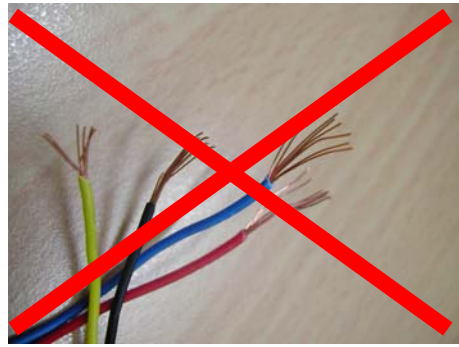
Para conectar dos elementos de un circuito (entradas o salidas de un circuito integrado, o pines de los componentes pasivos) es necesario asegurar un contacto eléctrico fiable a través de un camino metálico entre ellos. Los terminales de todos los componentes son metálicos, por lo que inicialmente parecería suficiente con colocarlos de forma que los terminales cuya conexión fuera necesaria estuvieran en contacto. Esto no es posible muchas veces, por la longitud de los pines de los componentes y la necesidad, a veces, de realizar varias conexiones en el mismo punto. Por eso es necesario utilizar elementos auxiliares como cable y una placa de inserción, que sirve tanto de soporte físico como ayuda al conexionado eléctrico.

Utilizaremos **cable rígido** (es decir, no tendrá múltiples hilos metálicos en el interior) con el grosor adecuado: ni tan fino que no realice conexiones fiables en la placa, ni tan grueso que sea difícil de pinchar. En la figura 1 se muestran ejemplos de cables adecuados o no para su uso en el laboratorio.

A este respecto, es importante destacar que debemos establecer el **camino metálico fiable única y exclusivamente entre los terminales deseados**, evitando otras conexiones que se puedan producir, por ejemplo, al tocarse los pines de dos resistencias cercanas.



(a)



(b)

Figura 1: Ejemplo de cables: (a) adecuados para su uso con placa de inserción, (b) inadecuados.

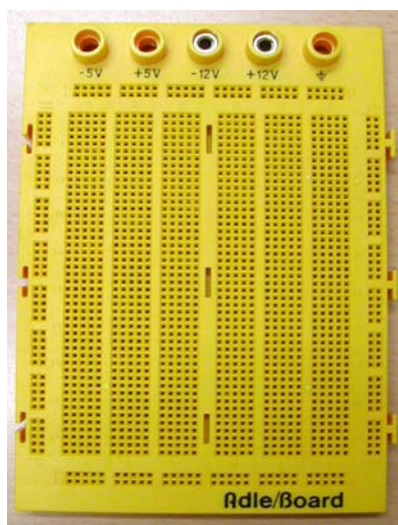
Otra consideración a tener en cuenta es que una salida puede conectarse a una o varias entradas, y ser procesada posteriormente de varias formas, pero **una salida nunca se puede conectar directamente a otra salida**, a no ser que estén especialmente preparadas para ello (como se verá en teoría). La conexión de 2 salidas puede provocar la destrucción de los circuitos, además de proporcionar un valor de tensión erróneo en ese punto. Las salidas tampoco pueden conectarse directamente a masa ni a  $V_{cc}$ , ya que dañaríamos el circuito integrado.

## 4. Placa de inserción

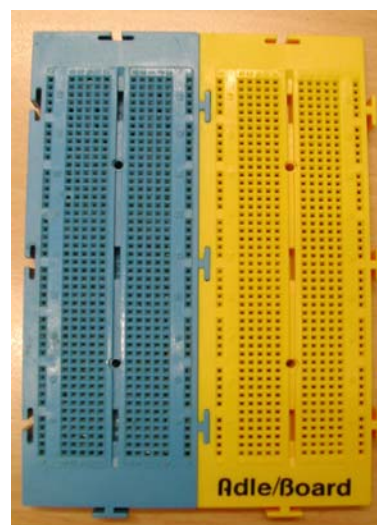
En el desarrollo de las prácticas es imprescindible conocer la placa de inserción. Es el elemento sobre el que se montarán todos los circuitos integrados, componentes pasivos y los cables para realizar las conexiones adecuadas entre ellos.

La placa de inserción solamente se utiliza para la realización de prototipos (como pueden considerarse las prácticas de laboratorio), ya que sus características principales son la simplicidad de su manejo, facilidad para montajes, rapidez en los cambios, etc., pero también su poca fiabilidad, especialmente si la placa ha sido muy utilizada. Otros soportes, utilizados en los circuitos definitivos están fuera del ámbito de este documento.

El aspecto de la placa puede ser, por ejemplo, como los mostrados en las figura 2, aunque existen otros modelos de distintos tamaños y características físicas:



(a)



(b)

Figura 2: (a) Vista superior de una placa de inserción típica. (b) Dos placas de inserción pequeñas unidas

La distancia entre los agujeros (cuadrados) está normalizada de forma que los circuitos integrados se pueden pinchar en cualquier posición de la placa.

La parte interna de la placa se puede ver en la figura 3, donde se han dibujado en rojo las tiras metálicas (internas) que conectan los agujeros. Es imprescindible conocer la disposición de las tiras metálicas, porque dos pines (de componentes distintos o del mismo componente) pinchados en agujeros unidos por una tira metálica estarán conectados eléctricamente a través de dicha tira.

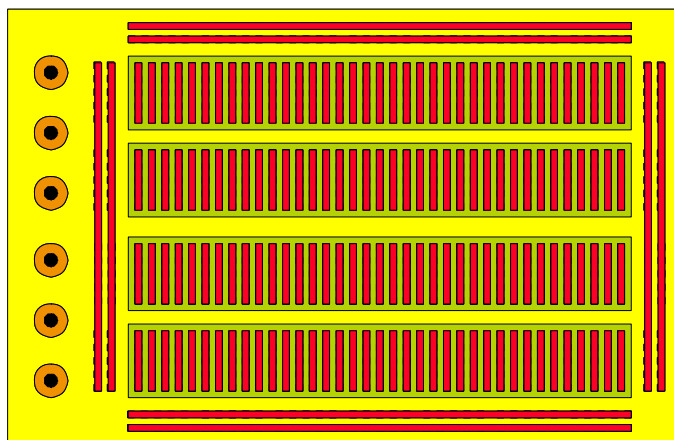


Figura 3: Esquema de las tiras metálicas internas de la placa de inserción.

La distribución de tiras mostrada en la figura 3 es la habitual en este tipo de placas, aunque puede haber ligeras **variaciones**. Las más comunes son la división de las tiras exteriores (las más largas) en 2 partes, y por lo tanto, lo que se pinche en una de las partes no estará conectado con lo que se sitúe en la otra. Si se dispone de una placa diferente, es imprescindible conocer la disposición de las pistas antes de empezar a trabajar.

La disposición de las tiras determina la forma correcta de situar los componentes en ella. Así, los circuitos integrados hay que colocarlos sobre las divisiones entre tiras, ya que en caso contrario, los pines opuestos quedarían conectados por la tira metálica interna, como se muestra en la figura 4.

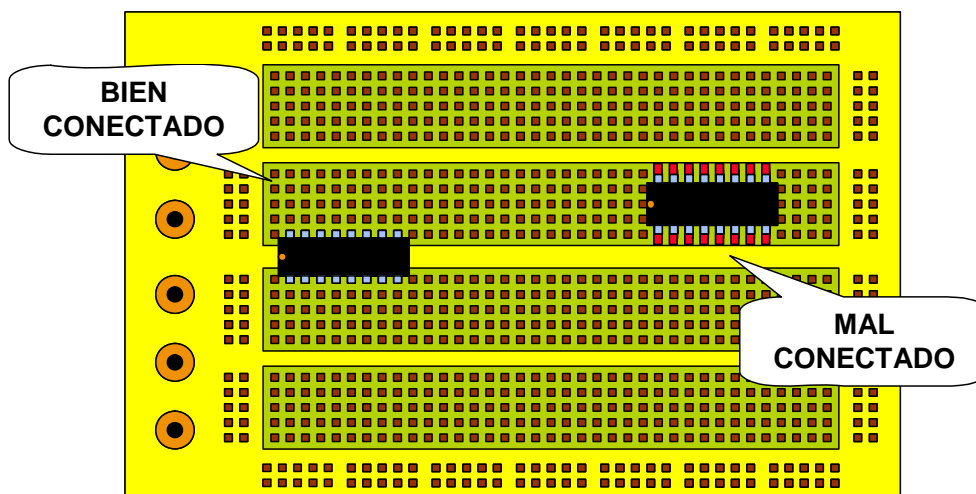


Figura 4: Ejemplo de colocación correcta e incorrecta de circuitos integrados.

Es necesario ser muy cuidadoso al utilizar la placa de inserción. Una placa de inserción muy usada o mal utilizada puede ser una fuente de problemas. Por ejemplo, utilizar cablecillo demasiado fuerte, o pinchar el cable o las resistencias profundamente puede hundir las tiras metálicas. Si esto ocurre, puede que los pines de los circuitos integrados que se pinchen en ese agujero en el futuro no lleguen a tocar la pista, y, por lo tanto, no se conecten eléctricamente al resto del circuito. Para solucionarlo será necesario desmontar la placa (desatornillando la tapa inferior) y apretar las tiras que estén fuera de su posición original. También puede ocurrir, si se aprieta demasiado un terminal de una resistencia, que se deslice por la pista y realice conexiones no deseadas internamente. Estas conexiones sólo podrán verificarse desmontando la placa como se indicó anteriormente (ver figura 5). Una vez abierta la placa, se verificará que todas las pistas están correctamente colocadas y que ninguna está demasiado separada de la carcasa. Si alguna no está bien colocada se empujará hacia

adentro hasta que alcance su posición correcta.



Figura 5. Placa de inserción desmontada en la que se pueden apreciar las tiras metálicas.

## 5. Alimentación de los circuitos integrados

Para que los circuitos integrados funcionen es necesario alimentarlos correctamente. La tensión de alimentación que necesitan los circuitos que utilizaremos en el laboratorio (CMOS, TTL) es de 5V y la conseguiremos de la fuente de alimentación, conectando el terminal  $V_{cc}$  del circuito a +5V y GND a 0V.

A este respecto, existe un **código de colores** recomendado que afecta a todos los cables y conectores relacionados con la alimentación del circuito: Para los terminales de masa (GND, 0V) se utilizará el color negro y para alimentación ( $V_{cc}$ , 5V) el color rojo. Esos colores se utilizan exclusivamente en estos casos, utilizando otros colores para el resto de las conexiones del circuito.

Por comodidad se suelen conectar las tiras exteriores de la placa a la tensión de alimentación, y posteriormente, (con cables más pequeños de colores adecuados), se llevarán dichas tensiones a los terminales y pistas necesarias. Para verificar la alimentación se puede conectar un diodo LED con su resistencia de limitación de corriente, como se muestra en la parte derecha de la figura 6 (la conexión de los LEDs se comentará en apartados posteriores).

Especialmente en los circuitos secuenciales y en montajes mixtos analógico-digitales, es importante añadir condensadores de desacoplo entre alimentación y masa. Valores típicos pueden ser: 470  $\mu$ F (electrolítico, ojo con la polaridad), 100 nF (plástico), 100 pF (cerámico). En las prácticas iniciales del laboratorio no será necesario utilizarlos.

Además, y como norma general para cualquier montaje que se realice, es necesario conectar condensadores de desacoplo en las alimentaciones de los circuitos integrados entre los terminales de + $V_{cc}$  y masa (lo más cerca posible de los pines). Un valor típico para estos condensadores puede ser 100nF.

En la figura 6 se muestra un circuito integrado correctamente alimentado, con una posible ubicación para todos los componentes pasivos mencionados en los párrafos anteriores.

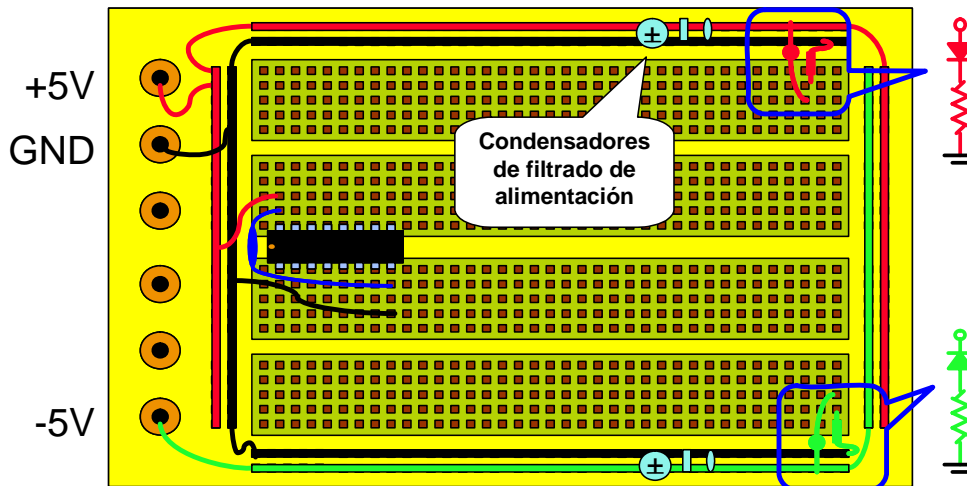


Figura 6: Ejemplo de alimentación correcta de un circuito integrado. (En color verde se ha añadido para la tensión de -5V que normalmente no utilizaremos en el laboratorio).

## 6. Conexión de los microinterruptores

Los microinterruptores son dispositivos que realizan entre sus terminales un cortocircuito o un circuito abierto, dependiendo de su posición (ON-OFF). Los utilizaremos, debidamente conectados con otros componentes pasivos, para **generar** los valores de tensión adecuados en las **entradas** de los circuitos de las primeras prácticas. Son dispositivos mecánicos, no eléctricos, por lo cual no necesitan alimentación. Normalmente están disponibles en pastillas con 4 u 8 microinterruptores que podremos utilizar para generar otras tantas señales independientes.

En las prácticas de laboratorio utilizaremos el montaje de la figura 7 para generar las señales de entrada a los circuitos. En este ejemplo se generan 2 señales diferentes, NIVEL1 y NIVEL2, que habrá que conectar a dos entradas (distintas) del/de los circuitos correspondientes. Si necesitamos más señales, será necesario conectar los terminales de los otros microinterruptores a masa y a  $V_{cc}$  (con sus resistencias correspondientes). En estos montajes, **la señal NIVELx siempre se saca de la pista en la que están conectadas la resistencia y el microinterruptor**.

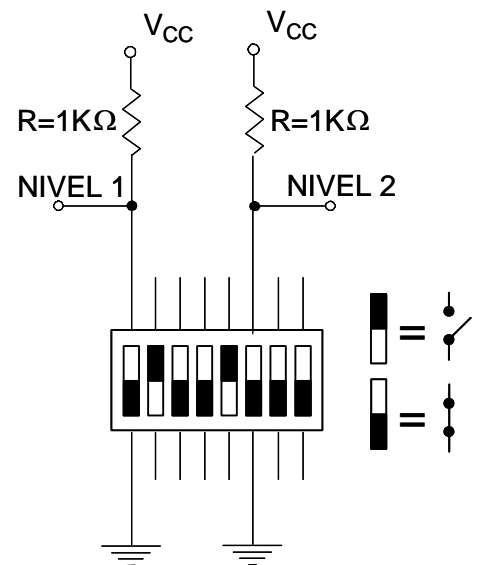


Figura 7. Esquema de la conexión de un microinterruptor

En el circuito de la figura 7, el valor que tendrá la señal NIVELx dependerá de la posición del microinterruptor. Cuando el microinterruptor esté en la posición "ON", estará en cortocircuito y NIVELx estará conectado directamente a masa, por lo cual habrá 0V en ese punto. Cuando esté en circuito abierto, NIVELx tendrá  $V_{cc}$  menos la tensión que caiga en la resistencia ( $R \cdot I$  de entrada al circuito siguiente). Si la resistencia está bien elegida, esa tensión será lo suficientemente pequeña como para que NIVEL sea interpretado como un nivel alto por el circuito del que sea entrada. En estos montajes utilizaremos típicamente resistencias de 1KΩ. Este párrafo se resume en la tabla 1, mostrada a continuación:

INTERRUPTOR	NIVELx
Circuito abierto (OFF)	Alto
Cortocircuito (ON)	Bajo

Tabla 1. Valor de NIVELx en el circuito de la figura 7 dependiendo de la posición del microinterruptor.

Como último comentario sobre los microinterruptores, es muy importante elegir bien los que vayamos a utilizar en el laboratorio, ya que ciertos modelos pueden realizar malas conexiones en las placas de inserción y darnos problemas. En la figura 8 se muestran ejemplos de microinterruptores adecuados o no para su uso en placas de inserción. El criterio de selección depende de la forma de los pines. Los de la figura 8 (a) engancharán bien en las placas, porque los pines tienen el mismo diseño que los de los circuitos integrados. Los pines en la figura 8 (b) son más adecuados para ser soldados y no se sujetarán de forma sólida a la placa.

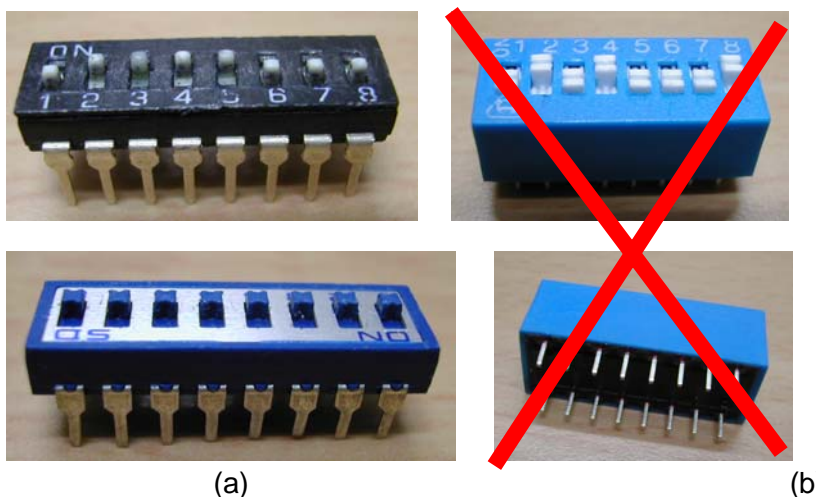


Figura 8. (a) Microinterruptores adecuados para su uso en placas de inserción.  
(b) Microinterruptores inadecuados

## 7. Visualización de una salida utilizando LEDs

Para **visualizar el valor de una salida digital** se utilizarán LEDs (Light Emmiting Diodes), que son diodos que emiten luz cuando a través de ellos circula corriente del valor adecuado. Se conectarán como se indica en la figura 9: el ánodo (el terminal de mayor longitud) de los diodos a  $V_{cc}$  y el cátodo a la salida del circuito integrado a través de una resistencia. En este caso estamos visualizando el valor de dos salidas distintas simultáneamente  $O_1$  y  $O_2$ .

Para que circule corriente a través de un diodo será necesario que haya una determinada diferencia de tensión positiva en sus bornes, que, en este circuito, sólo se producirá cuando a la salida del circuito integrado haya un nivel bajo, como se resume en la tabla 2. El objetivo de la resistencia que se conecta con cada diodo es limitar la corriente que circula por él. En nuestro caso típicamente se utilizarán resistencias de  $330\Omega$ .

SALIDA	LED
0	Encendido
1	Apagado

Tabla 2. Iluminación de los diodos de la figura 9 dependiendo del valor de las salidas.

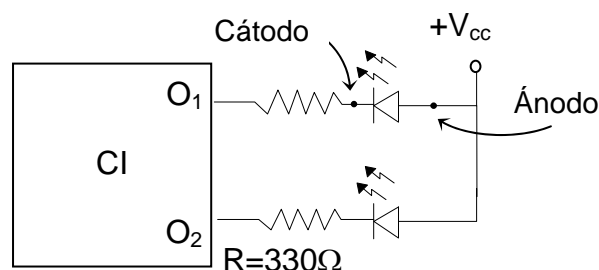


Figura 9. Esquema de conexión de los LEDs para visualización de la salida.

## 8. Visualización utilizando un display de ánodo común

Cuando sea necesario visualizar números utilizaremos **displays**. En nuestro caso serán displays de 7 segmentos, que son dispositivos con 7 diodos LED con la forma y disposición adecuadas



para representar los dígitos cuando activamos distintas combinaciones de diodos.

Pueden ser de dos tipos:

- **Ánodo común:** los ánodos de todos los diodos del dispositivo están unidos entre sí. Uno de los terminales del display será el ánodo (común a todos los LEDs) y los demás pines serán los cátodos de cada diodo.
- **Cátodo común:** en este caso estarán unidos los cátodos de todos los diodos.

Con respecto a la forma de conectar un display en el circuito, al igual que ocurre cuando empleamos cualquier diodo de forma aislada, es necesario **conectar una resistencia** a cada uno de los LEDs para limitar la corriente que los atraviesa. Además, el terminal común de los displays debe estar conectado a la tensión adecuada, según el tipo. Como normalmente dispondremos del dato a visualizar en binario, será necesario utilizar un decodificador para obtener las señales de excitación de los segmentos. Obviamente, los decodificadores serán diferentes para displays de ánodo común y de cátodo común.

En las prácticas de laboratorio utilizaremos los displays de ánodo común y el decodificador 7447 conectados como se muestra en la figura 10, con resistencias de  $330\Omega$ .

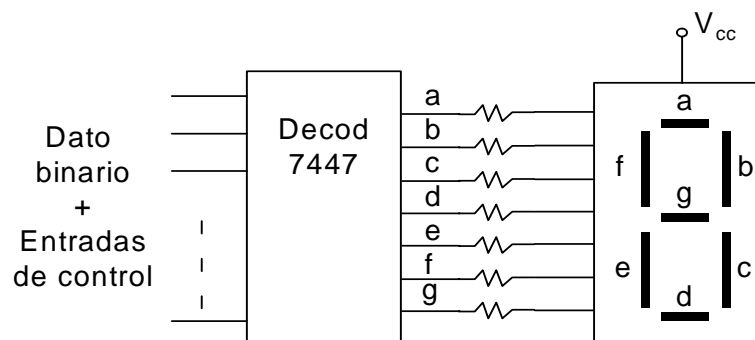


Figura 10. Esquema de la conexión correcta de un display de ánodo común.

Si no se dispone de las hojas de características del display, será necesario averiguar con qué diodo se corresponde cada pin. A continuación se expone un método general para los displays de ánodo común, que será fácilmente extrapolable a displays de cátodo común intercambiando los valores de tensión.

- En primer lugar debemos localizar el terminal común (ánodo). Normalmente se puede hacer por simple inspección visual de la parte inferior del display, que suele ser semi-transparente, viendo donde se unen los diodos, y siguiendo esa pista hasta su pin/pines correspondientes.
- En el pin localizado anteriormente conectamos 1,5 voltios de la fuente de alimentación, y una limitación de corriente suficientemente pequeña como para que no se quemé el diodo.
- Con la masa de la fuente de alimentación se va tocando cada pin del display, y apuntando qué diodo se ilumina al tocar cada uno. Ese toque debe realizarse rápidamente, ya que si la limitación de corriente de la fuente de alimentación no es suficiente podría dañarse el diodo. Para aumentar la seguridad, se puede realizar a través de una resistencia limitadora.
- Hay que considerar que puede haber pines no conectados a ningún diodo y que es posible (depende del modelo) que el terminal común se corresponda con varios pines. En este caso los pines estarán conectados internamente, por lo que solo uno de ellos tendrá que estar conectado a  $V_{cc}$ .

## 9. Guía de solución de problemas

Una vez conectado el circuito según las hojas de características, es probable que inicialmente no funcione de forma correcta. Las causas más típicas son (por orden de frecuencia):

1. Hay alguna conexión mal hecha
2. Alguno de los componentes está estropeado
3. La placa de inserción está dando problemas (mala conexión, por ejemplo)
4. Algún aparato está estropeado (altamente improbable)

**Si el diseño estuviera bien hecho, las conexiones fueran correctas, y los componentes funcionaran bien, el circuito estaría realizando la función para la que fue diseñado.**

Para solucionarlo, realizaremos las siguientes comprobaciones, por ese orden, hasta que se encuentre el error:

- En primer lugar hay que comprobar la alimentación de todos los componentes del circuito. Para ello, se verificará, en primer lugar, que entre la pista de alimentación y masa hay 5V, y posteriormente, circuito por circuito, que entre su pin de  $V_{cc}$  y masa hay 5V. **Esto se comprobará directamente en los pines del circuito, no en la pista en la que están pinchados**, teniendo mucho cuidado para no realizar cortocircuitos con la sonda al acercarla a los terminales. Si alguno de los circuitos no tiene los valores correctos, se comprobará si es un problema con el cablecillo que lleva el valor de tensión a la pista correspondiente, y si no lo es, puede ser un problema con la placa de inserción.

Si la tensión de alimentación baja de los 5V al conectar el circuito, puede deberse a:

1. Hay un cortocircuito en algún sitio. Puede deberse a algún circuito estropeado, algún falso contacto entre terminales de componentes, o algún cable mal colocado. Descubrir el circuito causante puede requerir desconectar todos los circuitos e irlos conectando uno a uno hasta encontrar el que provoca de la bajada de tensión.
  2. No se ha configurado correctamente la fuente de alimentación y está limitando en corriente. Se incrementará el límite hasta que proporcione la corriente suficiente al circuito (se notará porque la tensión será la adecuada, y se apagará el piloto correspondiente, si existe). Se aumentará el límite muy despacio, y se parará si el valor es demasiado grande para el tamaño del circuito, ya que si el problema no es ese, el exceso de corriente está atravesando el circuito por algún punto y puede dañar algún componente.
- Una vez solucionados los problemas con la alimentación, se verificarán de nuevo las conexiones consultando las hojas de características. Es posible que una falsa conexión se produzca, no por un cable mal puesto, sino por una resistencia cuyos terminales estén tocando los pines de un circuito, o los terminales de otra resistencia, o que la salida sea correcta, pero que no se muestre porque los diodos estén colocados al revés, por ejemplo.
  - En el caso de un circuito combinatorio, lo más probable es que la salida del circuito sea correcta algunas veces, pero no otras. En ese caso, se introducirá a la entrada del circuito una combinación que produzca una salida errónea y se procederá de la siguiente manera:
    1. Sobre el esquema en papel del circuito se escribirán los valores que deberían tener (teóricamente) todas las salidas y entradas de todos los circuitos integrados (para esa combinación de las entradas).
    2. Se realizarán medidas sobre el circuito, comenzando por los integrados a los que están conectadas las entradas y avanzando hacia la salida:
      - a. Comprobando que cada circuito le están llegando las entradas correctas: se comprobará (en los pines del circuito, no en las pistas) que el valor en la entrada es el correcto. Si no lo es, hay un problema con el cable que lleva el valor a ese punto (puede estar mal pinchado o incluso partido por dentro) o podría haber algún problema con esa pista de la placa de inserción.

- b. Una vez asegurado que el circuito recibe la entrada correcta, la salida debe ser la esperada. Si no lo es, puede ser porque el circuito esté estropeado, o porque la salida se haya conectado a la salida de otro circuito, (en vez de a una entrada), haciendo que la otra salida sea la que esté imponiendo el valor. En este caso se puede producir la destrucción del dispositivo.

## 10. Hojas de características e información adicional

Las hojas de características contienen la información que el fabricante proporciona sobre cada dispositivo, incluyendo todos sus datos sobre él, como el patillaje (función de cada pin), limitaciones eléctricas, características físicas del circuito, etc.

En el laboratorio se proporcionarán las hojas de características de los circuitos necesarios, pero en caso de no disponer de ellas, se pueden descargar en forma de archivos pdf de las páginas web de los fabricantes, e incluso son relativamente fáciles de localizar haciendo una búsqueda en google.

En la opción "Enlaces" de la página web del Departamento de Electrónica (<http://www.depeca.uah.es/wwwnueva/index.htm>) se pueden encontrar las direcciones de un numeroso grupo de fabricantes de componentes, así como la página de "Todo electrónica", con gran cantidad de enlaces útiles.

## 11. Código de colores de las resistencias y condensadores

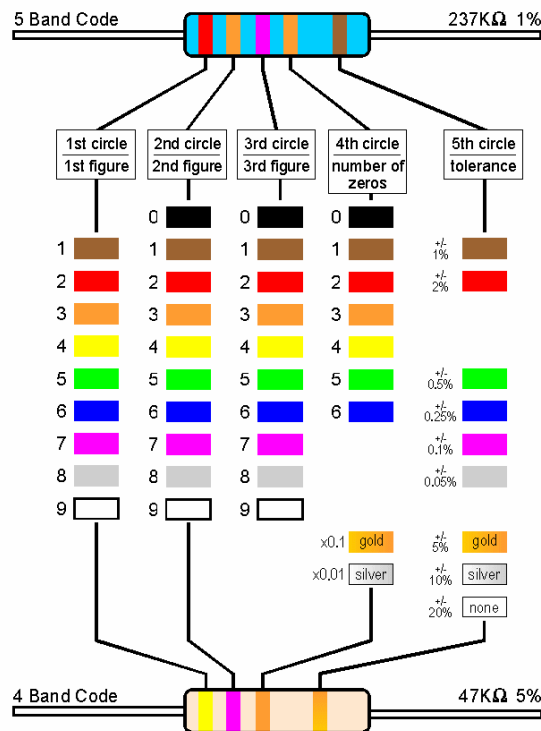


Figura 11. Código de colores de las resistencias.

# COLOUR CODE FOR RESISTORS AND CAPACITORS

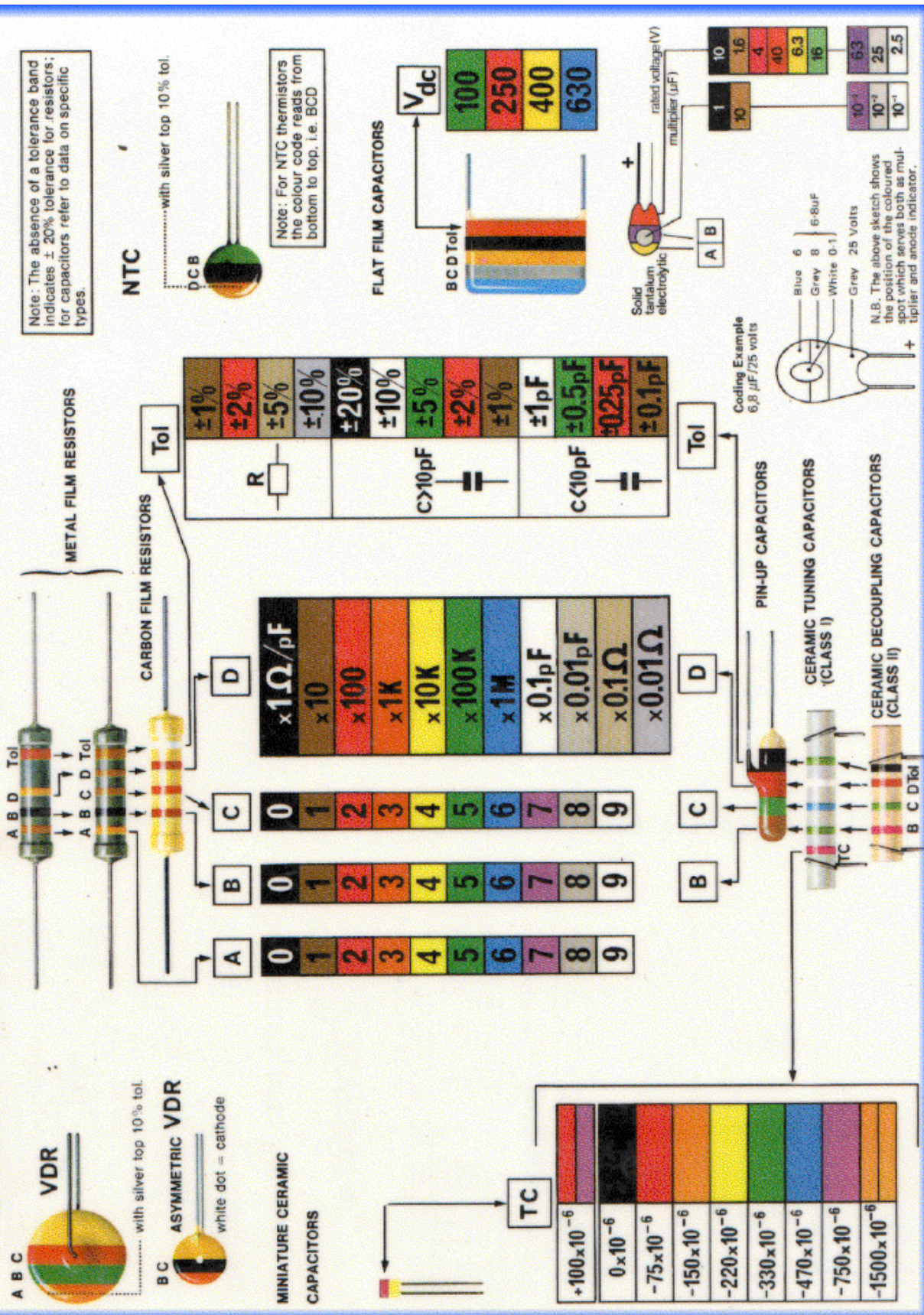


Figura 12. Código de colores de resistencias y condensadores, tomado de <http://www.ctech.ac.za/facul/eng/ee/human/pcbhome/Colour.html>