

# Diseño de placas de circuito impreso con ordenador

## Desde el esquema hasta la placa

XAVIER SOLANS\*, EA3GCV

*La informática es una valiosa ayuda en la tediosa tarea de dibujar —y hacerlo limpiamente— un esquema eléctrico o una placa de circuito impreso, tarea que había sido siempre un obstáculo para los experimentadores aficionados a la electrónica o la radioafición.*

Uno de los trabajos más costosos para el aficionado a los montajes acostumbra a ser el diseño de la placa de circuito impreso de sus proyectos. En este artículo se describe el funcionamiento básico de uno de los mejores programas CAD (diseño asistido por ordenador) destinado tanto a los ingenieros como a los aficionados del mundo electrónico. Permite el diseño de un circuito, empezando por el dibujo del esquema eléctrico y terminando con la placa de circuito impreso.

### CAD, diseño asistido por ordenador

Existen en el mercado de electrónica profesionales bastantes programas de CAD (*Computer-Aided Design*), algunos son altamente sofisticados y están dirigidos casi únicamente a los gabinetes de ingeniería electrónica de grandes empresas de diseño, sin embargo, hay algunos que aun siendo totalmente profesionales están pensados para que puedan ser utilizados, tanto para labores profesionales como para estudiantes y aficionados. Yo he venido usando durante muchos años una versión del programa Tango para MS-DOS, pero sin duda, la revolución que el entorno Windows ha causado en el mundo de los ordenadores personales ha hecho que en la actualidad sea casi inconcebible trabajar con un programa de diseño bajo MS-DOS. No resulta nada fácil decidirse por un moderno programa CAD para diseño de circuitos impresos cuando uno está acostumbrado a trabajar durante años con un antiguo programa para el sistema operativo MS-DOS. No cabe duda que un programa de CAD no se llega dominar con un cursillo de unas semanas como si se tratara de un programa de Microsoft-Office. Entrar en el mundo del CAD siempre había requerido mucho tiempo de dedicación, sin embargo, el amigable entorno Windows ha logrado que en muy poco tiempo se pueda empezar a trabajar con las funciones más básicas, incluso con los modernos programas de diseño asistido por ordenador.

Después de probar numerosas «demos» y versiones limitadas de la mayoría de las empresas que actualmente ofre-

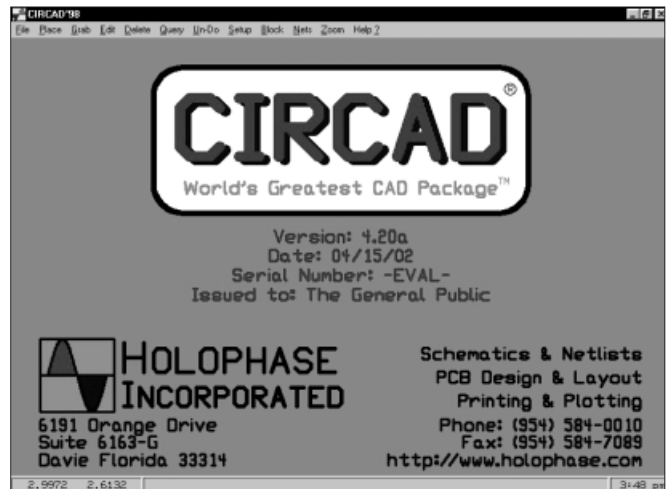


Figura 1. Esta es la pantalla de entrada a la versión de evaluación del programa CIRCAD98. Podemos ver la versión 4.2A del 15/04/02 y destinada para el público en general. Esta versión es ideal para fines educativos y de aficionado, con ella se pueden realizar infinidad de proyectos y el diseñador podrá practicar con la mayoría de funciones del programa.

cen programas para el diseño de circuitos impresos, me decidí por uno de los clásicos del mercado americano: el CIRCAD de la compañía Holophase Incorporated, su último lanzamiento fue el CIRCAD98 para Windows, el cual ahora anda ya por la actualización 4.20, de abril de 2002. Estamos hablando de un programa destinado a ingenieros de diseño electrónico profesional, sin embargo mantiene una gran parte de la filosofía de funciones a la antigua usanza, al igual que las clásicas versiones de Tango, OrCad para MS-DOS que muchos de nosotros habremos visto o usado, etc.

### El programa CIRCAD98

Podemos descargar una versión para evaluación de CIRCAD98 desde la web de sus creadores en su área de download: [www.holophase.com](http://www.holophase.com) y el fichero a descargar es

\* Apartado de correos 814. 25080 Lleida.  
Correo-E: [ea3gcy@wanadoo.es](mailto:ea3gcy@wanadoo.es)

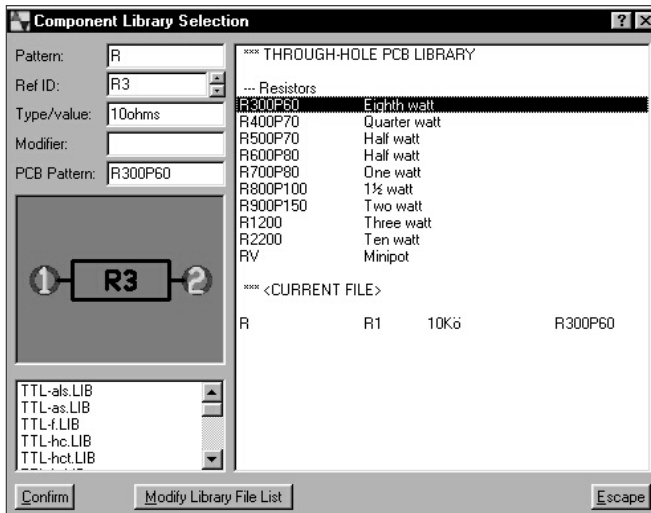


Figura 2. La función Place Component (PC) abre este cuadro de diálogo, donde se definen los parámetros del componente para el esquema (Pattern, Ref.ID, Type/Value, etc.) y su patrón físico para el posterior dibujo de la placa de circuito impreso (PCB Pattern). Pulsando Confirm, podrá colocarse el componente en la hoja de dibujo del esquema.

el *setupcc.exe*, en la misma sección podemos bajarnos un ejemplar del manual en formato *.doc* para Word, ejemplos, librerías, etc. Esta versión es totalmente operativa excepto algunas funciones que están reservadas para el diseño profesional.

La instalación de CIRCAD98 es muy sencilla, una vez dispongamos del fichero *setupcc.exe* en nuestro ordenador tan solo deberemos ejecutarlo y seguir los pasos que nos irá dictando el programa de instalación.

El programa de instalación creará una entrada a CIRCAD98 en el menú de «programas», sin embargo, puede resultarnos muy útil crear un acceso directo en el escritorio de Windows.

## Un ejemplo real. Dibujo del esquema

**Paso 1:** Arrancaremos CIRCAD98 y en el menú *File* seleccionaremos *New*.

**Paso 2:** En la ventana *Schematic Files* escogeremos *Size A* y clicaremos sobre *Confirm*.

**Paso 3:** CIRCAD98 nos presentará el cuadro de diálogo *File Save As...* ofreciéndonos la oportunidad de grabar el nuevo archivo que acabamos de crear. En el campo *File Name* entraremos el nombre del nuevo archivo y pulsaremos *Confirm*.

**Paso 4:** Nuestra primera placa de ejemplo es un sencillo circuito de intermitencia con un LED.

Desde el menú *Place* escogeremos *Component* o teclearemos directamente *PC*. En el campo *Pattern*: escribiremos *TLC555* y presionaremos la tecla *enter* del teclado. En la parte inferior de la ventana aparecerá la visualización previa del componente. Observaremos que ya tiene asignada la referencia *U1* (*Ref ID*: ) y está definido con un patrón *DIP8* (*PCB Pattern*:).

Pulsaremos *Confirm* y colocaremos el componente en la parte central de la hoja del esquema.

**Paso 5:** Ahora vamos a conectar la alimentación. Con la tecla *L* se mostrará la lista de capas. Escogeremos la capa *Master* pulsando en la ventana de diálogo o bien pulsando directamente la tecla *0* (cero) (ahora estaremos en la capa *0*). Hagamos un *zoom* sobre el componente (con la tecla *i* para *zoom* hacia dentro, con la tecla *o* para *zoom* hacia fuera) y localizaremos el *pad* o isla de la patilla número 8.

Estas *islas verdes* son donde se efectuarán las conexiones del componente.

Si en la ventana *Setup Draw Modes* (SM) está activada la opción *Pin names/numbers* aparecerá el número 8 en color morado directamente sobre la patilla. (Yo tengo desactivada esta opción para el ejemplo). Con la guía de rayas cruzadas activada (las rayas cruzadas pueden activarse y desactivarse con la barra de espacio), nos colocaremos encima del *pad* y teclearemos *PW* para dibujar un cable (*Place Wire*). Ahora subiremos hacia arriba un par de centímetros y haremos clic para fijar el cable. Si continuamos moviendo el ratón observaremos que aparece una nueva «línea fantasma» enganchada al cursor que nos permitiría seguir añadiendo más cables.

Una vez acabada la línea, deberemos salir de esta función pulsando la tecla «escape» o apretando el botón derecho del ratón. Situados en el extremo del cable que acabamos de dibujar, teclearemos *P+* para colocar una *port* de +/- (*PLace +/- Port*). Se mostrará una ventana de diálogo esperando que entremos el nombre de la señal de este nuevo puerto (*port*). Escribiremos *+6V* y pulsaremos *Confirm*. Enganchado al cursor nos aparecerá un flecha y un texto que dice *&@*. Moveremos suavemente el cursor para situarnos exactamente en el extremo de la línea que acabamos de crear y haremos clic para colocar el puerto de alimentación en su lugar. Ahora observaremos que el texto *&@* ha cambiado por *+6V*. A continuación nos situaremos sobre la patilla número 4 (con la guía de rayas cruzadas activada) y teclearemos otra vez *PW*, nos moveremos un centímetro hacia arriba y haremos clic para fijar este nuevo segmento de línea. Ahora seguiremos moviendo el cursor hacia la derecha para situarlo justo encima de la línea que habíamos creado antes (la del puerto de *+6V*), haremos clic otra vez para terminar la línea y pulsaremos la tecla «escape». Efectuaremos la unión de estas dos líneas con la función *Place Dot* (PD) para asegurarnos que estos dos segmentos quedan unidos eléctricamente (lo cual queda indicado por un punto).

**Paso 6:** Seguidamente colocaremos la masa. Moveremos el cursor hasta situarnos sobre la patilla 1. Una vez encima de la isla, teclearemos *PW* y dibujaremos un cable de 1 cm hacia abajo. Teclearemos *PG* (*PLace GND*) y haremos clic para colocarlo. De esta forma se activará la conexión entre la isla y la masa directamente, este proceso es el que ofrece mejores resultados, ya que la unión entre las dos partes se mantendrá aunque movamos alguna de ellas, en ese caso la línea se redibujará automáticamente hacia la nueva ubicación.

**Paso 7:** Vamos a colocar algunos componentes más. Todos los circuitos integrados tienen sus terminales nume-

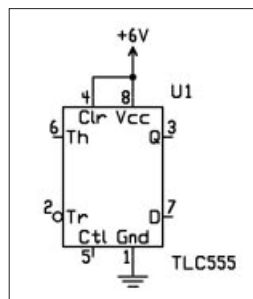


Figura 3. Hemos empezado a dibujar nuestro primer esquema. El circuito integrado (TLC555) ya está colocado y también sus conexiones a *+6V* y a masa (símbolo GND).

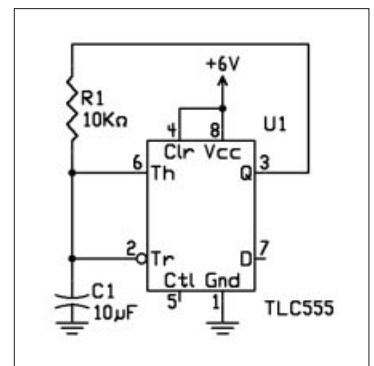


Figura 4. El esquema a medio proceso. Tenemos el TLC555, la resistencia *R1* y el condensador *C1* colocados y cableados.

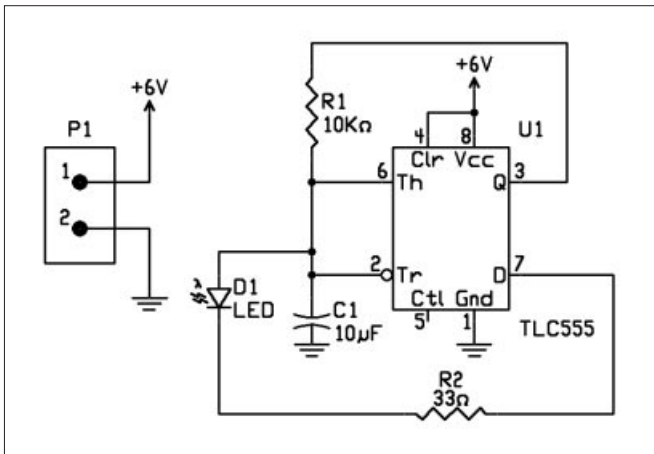


Figura 5. ¡Nuestro primer esquema ya está terminado! Solo queda generar el fichero de netlist (lista de patrones de componentes y conexiones) antes de emprender el diseño del PCB (Printed Circuit Board).

rados en su propio dibujo; en cambio, algunos componentes discretos no los tienen, pero pueden activarse con la opción *Pad Pin Numbers*. Para ello tecleamos SM para abrir el menú *Setup Draw Modes*, marcaremos la casilla *Pad Pin Numbers* y haremos clic en *Confirm*. Ahora, teclearemos PC y en el *Pattern* escribiremos R\* (R y asterisco) y presionaremos la tecla *enter*. En la lista de la derecha se muestran todos los componentes que empiezan por la letra R. Clicando sobre cualquiera de ellos se mostrará una vista previa de ese componente. La lista puede recorrerse haciendo clic sobre uno de los componentes o bien usando las teclas de flechas arriba y abajo del teclado. Seleccionaremos el primer resistor de la lista, que está denominado R y su descripción es *Generic[Vertical]*. Observaremos que este componente tiene la referencia como *Ref ID: R1*. Este número se asigna automáticamente y puede cambiarse a voluntad. Como se trata de un componente nuevo, tiene el *Type/Value* de *?Ohms*. Haremos clic sobre el campo *Type/Value* y escribiremos *10Kohms*.

Seguidamente clicaremos sobre el campo *PCB Pattern*: se mostrará R\*, presionaremos *enter* y aparecerá una lista de todos los componentes para el PCB que empiezan por R. Escogeremos el primero *R300P60 Eighth watt*. Ahora, tenemos el resistor preparado, clicaremos *Confirm* y en el cursor quedará enganchado un «resistor fantasma», lo colocaremos un poco más arriba que la patilla 6 y separada aproximadamente 1 cm (ver esquema). A continuación colocaremos un condensador de 10 µF con su terminal 1 un poco más bajo de la altura de la patilla 2 del TLC555 y alineada debajo de la resistencia de 10 kΩ. Para ello teclearemos PC y escribiremos C\* como *Pattern*: pulsaremos *enter* y escogeremos el condensador *Generic[Vertical]*. Dentro del campo *Type/value*: entraremos 10 µF y luego haremos clic sobre el campo *PCB Pattern*: presionaremos *enter* para buscar todos los componentes que empiezan por C, seleccionaremos el *PCB Pattern*: que deseemos y haremos clic sobre *Confirm* (en el ejemplo se ha seleccionado el *C100/150 tantalum*). Utilizando la función PW dibuja-

remos un cable como antes para unir el terminal 1 del condensador con el terminal 2 del resistor. Después dibujaremos un cable de derecha a izquierda desde la patilla 6 del TLC555 hasta el terminal 1 de la resistencia. Seguidamente colocaremos un cable que una la resistencia y el condensador y con la función *Place Dot* (PD) insertaremos un punto de unión en la intersección. Ahora dibujaremos otro cable que una la patilla 2 del TLC555 con el cable que conecta la resistencia y el condensador y colocaremos otro *Place Dot* sobre esa unión. El motivo por el que hemos colocado la resistencia arriba y el condensador abajo y cerca de las patillas del TLC555 correspondientes es únicamente organizativo (otra disposición no afectaría funcionalmente mientras las conexiones eléctricas fuesen las mismas). Colocaremos un símbolo de masa (tecleando PG) unos 5 mm debajo del terminal del condensador y lo conectaremos a él con un cable corto, tal como lo hicimos con el símbolo de masa de la patilla 1 del TLC555.

**Paso 8:** Usando la función *Place Component* (PC) colocaremos un LED junto al condensador (nombre: *LED*, descripción: *Light emitting [Vertical]*). Colocaremos también una resistencia *Generic[Horizontal]* de 33 Ω debajo de la patilla 5 del TLC555. Colocaremos un punto de unión PD encima del que conecta la resistencia y el condensador con la patilla 2 del TLC555. Dibujaremos un cable desde el nuevo punto de unión hasta el ánodo del LED (terminal marcado A). Cablearemos el cátodo (terminal K) con el terminal 1 de la resistencia horizontal. Conectaremos el terminal 2 de la resistencia con la patilla 7 del TLC555.

**Paso 9:** Ahora que ya tenemos dibujado nuestro circuito, nos faltan solo dos cosas para terminar el trabajo. Primero tenemos que alimentar el circuito. Para ello utilizaremos la función *Place Component* (PC) para colocar un pequeño conector (en el ejemplo hemos escogido un SIP2). Cablee uno de los terminales hacia un símbolo de masa y el otro a un puerto (*port*) de positivo, tal como hicimos en el paso 5 (*P+*, *enter*, *+6V*, clic *Confirm* y unirlo con un cable hacia el terminal del conector).

**El último paso del esquema.** El esquema ya está terminado. Antes de continuar tenemos que guardar el fichero al disco duro de nuestro ordenador, ¡sería un mal momento para que se desconectase el ordenador accidentalmente! (*File, Save*).

Teclearemos NO para activar la función *Netlist Out*. Aparecerá un cuadro de diálogo preguntando el directorio para el archivo *netlist*. Deberá ser el mismo que el esquema.

También se nos preguntará por el formato del *netlist*; *Circad* o *Tango*. Escogeremos las opciones y el directorio y haremos clic en *Confirm*.

Ahora, ¡vayamos a por el PCB!

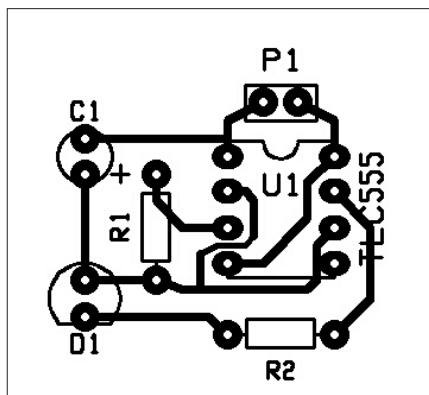


Figura 6. Dibujo de las pistas del circuito impreso con la serigrafía de componentes superpuesta. Todos las capas o caras se pueden imprimir independientemente o juntas. En el menú *Printer Out* se ajustan estos y otros parámetros de impresión.

## Diseño de la placa de circuito impreso

**Paso 1:** En el menú *File* abriremos *New*.

**Paso 2:** Desde el cuadro de diálogo y en la columna *PCB Files* escogeremos *Size A* y haremos clic en *Confirm*.

**Paso 3:** Se abrirá la ventana *File Save As...* dándonos la oportunidad de guardar el nuevo archivo que acabamos de crear. Es conveniente guardar el PCB en el mismo directorio y con el mismo nombre que el esquema.

**Paso 4:** Como ya tenemos creado nuestro esquema y su *netlist*, ahora

solo tendremos que leerlos para colocarlos en nuestra nueva placa de circuito impreso (PCB).

Antes de nada, un comentario importante. En el menú *Setup Options* hay una caja para marcar denominada *Display Log Files*. Si esta opción está activada (marcada), cuando leemos el *netlist*, el fichero *.log* se verá en una pequeña ventana en la parte superior derecha de la pantalla y también podrá abrirse externamente como un fichero de datos adicional. Para leer el fichero *netlist* teclearemos **NI** activándose la función *Netlist In* y seleccionaremos el *netlist* que habíamos creado previamente.

Observaremos que el fichero *.log* indica que hay la patilla 5 de U1 (TLC555) sin conectar *Unlinked pin*. Este aviso de *Unlinked pin* es tan solo eso, un aviso. Si esta patilla no está conectada intencionadamente (como es nuestro caso) podremos pasar por alto este aviso (en el manual de CIRCAD98 podemos ver información detallada sobre todos los posibles mensajes de aviso u error del *Netlist In*). Si hacemos un *zoom* en la parte de abajo izquierda, veremos todos los componentes extraídos de las librerías alineados justo en el exterior del recuadro de la placa.

**Paso 5:** Para activar la función *Rat-nest* teclearemos **NR**. Esta función dibujará las *ratlines* entre las patillas de todos los componentes indicándonos todas las conexiones entre los componentes del circuito. Con la función *Grab Component* (**GC**) moveremos uno a uno cada componente hacia el interior de la placa, nos fijaremos en las *ratlines* como guía para ver cuál es la mejor disposición de los componentes, de forma que el posterior trazado de pistas resulte lo más cómodo y razonable posible.

**Paso 6:** La función *Place* <*Ortho-line* (**PO**) nos permite dibujar las pistas desde el centro de una isla (*pad*) hasta todos los demás que estén conectados a él. Seguiremos con el proceso hasta que todas las islas o topos del circuito estén conectadas. Cuando tengamos una pista dibujada, podemos quitar su *ratnest* correspondiente mediante la función **NR**.

Cuando hayamos creado pistas para todas las conexiones, daremos una revisión para dar los últimos retoques y obtener el mejor acabado posible de la placa.

Podemos mover las pistas con *Grab Line*, modificar su

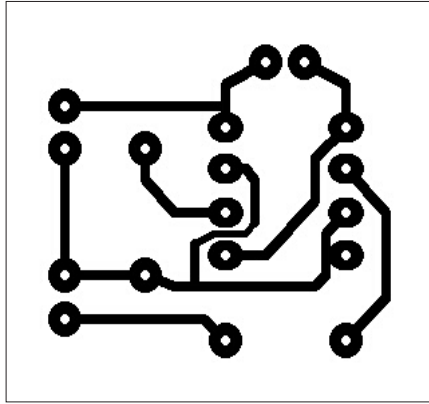


Figura 7. Cara de pistas del circuito impreso terminado. Este dibujo ya está listo para usarlo como plantilla para la fabricación de nuestra primera placa diseñada enteramente por ordenador.

grosor con *Edit Line* y borrar una línea o parte de ella con *Delete Line*.

¡Enhorabuena! ¡Hemos terminado el diseño de nuestra primera placa!

## Perfeccionando nuestros diseños

El ejemplo comentado hasta ahora es tan solo una demostración de como diseñar un sencillo esquema y a partir de él dibujar la placa de circuito impreso correspondiente y todo ello asistidos por un potente programa de CAD. Durante el ejemplo hemos utilizado tan solo los comandos más básicos de CIRCAD98, el programa incluye ayuda *on-line* a la que podemos recurrir durante el trabajo, no obstante es necesario estudiarse con calma el manual completo del programa antes de seguir adentrándose en su funcionamiento. En la web de CIRCAD podemos

descargar un manual de uso en formato *.doc* para Word e imprimirlo y encuadernarlo para leerlo más cómodamente.

Como ya hemos visto, la filosofía básica de los comandos de este tipo de programas son el objetivo y el objeto, por ejemplo un objetivo puede ser *Place*, y dentro de *Place* el objeto puede ser *Component* (colocar componente), otro ejemplo puede ser *Delete Pad* (borrar tope o isla). Una instrucción u objetivo tiene diversos objetos, así la operación de situar entidades *Place* tiene como objetos *Line*, *Wire*, *Component*, *Pad*, *Text*, etc.

El programa CIRCAD98 nos permite muchísimas más funciones de las que en un primer momento podríamos esperar; podemos crear librerías con nuestros propios componentes, diseñar placas de doble cara, crear bloques y efectuar diferentes funciones con ellos, crear planos de masa, dibujar encima de una imagen escaneada (para la «ingeniería reversible»), exportar e importar diferentes formatos de archivos de CAD, configurar y personalizar la mayoría de parámetros del programa y otro gran número de funciones.

Algunos programas de última generación para CAD de PCB disponen aún de muchas más funciones que CIRCAD, e incluso su precio es menor, pero muchos de ellos parecen más bien una carrera de parámetros y más parámetros, dando la impresión que cuando empezamos a diseñar una placa y casi antes de colocar el primer componente entramos en una encrucijada de menús y submenús con comandos, configuraciones, opciones, etc. que a veces parecen más dedicados a los «informáticos» que a los «electrónicos».

CIRCAD98 es un moderno programa totalmente profesional, pero con la ventaja que con muy pocos conocimientos previos ya en la primera semana de uso podemos diseñar circuitos sencillos y con más dedicación llegaremos en un corto plazo de tiempo a manejar el programa con bastante fluidez. Otros programas interesantes de CAD para electrónica de nueva generación son *Windraft* y *Winboard* de la empresa *Ivex* ([www.ivex.com](http://www.ivex.com)), los cuales tienen una filosofía de trabajo ligeramente diferente a CIRCAD pero no por ello son menos válidos, merece la pena descargar sus versiones demo y el manual de su web.

Espero ver publicados muchos esquemas y placas dibujadas con CAD de nuestros propios montajes, además, no cabe duda que la redacción de la revista también nos lo agradecerán.

¡Que disfrutéis con vuestros proyectos!



Artículo publicado en *CQ Radio Amateur*, núm. 227, Noviembre 2002.

## En la Red

- La web de los creadores de CIRCAD98: [www.holophase.com](http://www.holophase.com)
- Excelente página sobre electrónica y diseño con CIRCAD98: <http://www.geocities.com/SiliconValley/Park/6614/engindex.html>
- Enlaces a empresas de software CAD para diseño electrónico: <http://www.arrakis.es/~workboy/workbaby/demo.htm>  
<http://www.ivex.com/>  
<http://www.spice-software.com>  
<http://www.protel.com>  
<http://www.orcad.com/>  
<http://www.quickroute.co.uk/>  
<http://www.merco.nl/>
- Fabricación casera de placas de circuito impreso: <http://www.geocities.com/ResearchTriangle/System/9627/impresos.htm>  
[www.geocities.com/acuariogratis2/electronica/placasci.html](http://www.geocities.com/acuariogratis2/electronica/placasci.html)
- Fabricas españolas de placas de circuitos impresos: <http://www.adegi.es/fast/fast01.html>  
<http://usuarios.intercom.es/cipsa/>