

Tutorial de Magic #3: Pintado Avanzado (cableado y arado).

Traducido y actualizado por Miguel E. Flores

*Original de: John Ousterhout, Walter Scott
(Actualizado por otros)*

*Computer Science Division
Electrical Engineering and Computer Sciences
University of California
Berkeley, CA 94720*

*Este tutorial corresponde con la versión de Magic 8. Se tradujo de:
<http://opencircuitdesign.com/magic/tutorials/tut3.html>*

Tutoriales a leer previamente:

Tutorial de Magic #1: Iniciando.

Tutorial de Magic #2: Pintado Básico y Selección de Elementos

Comandos introducidos en este tutorial:

:array, :corner, :fill, :flush, :plow, :straighten, :tool, :wire

Macros introducidos en este tutorial:

<barra espaciadora>

1 Introducción

El Tutorial #2 nos mostró las operaciones básicas para pintar y colocar etiquetas, seleccionar y manipular los objetos seleccionados. Este tutorial describe dos operaciones para manipular las pinturas: cableado (wiring) y arado (plowing). Estos comandos no son imprescindibles porque se puede obtener el mismo resultado con otros comandos más simples vistos en el tutorial anterior; sin embargo, el cableado y arado te permite realizar cierta clase de manipulaciones mucho más rápido. El cableado se describe en la Sección 2; nos permite colocar cables desde un punto a otro sin utilizar la caja de posicionado y es conveniente para la colocación de contactos. El arado es tratado en la Sección 3. Nos permite reacomodar partes del circuito sin tener que preocuparnos acerca de las posibles violaciones en las reglas de diseño que podrían generarse con estos cambios: arar automáticamente mueve las cosas de forma que nos evita problemas.

2 Cableado

El paradigma de la caja y pintado que utilizamos en el Tutorial #2 es suficiente para crear cualquier diseño posible, pero es un tanto ineficiente, ya que tenemos que presionar tres botones para pintar una nueva área: dos presiones de los botones del ratón para posicionar la caja y uno más para pintar la caja. Esta sección describe un mecanismo diferente de pintado que se basa en cables (wires). En cualquier momento, hay un material seleccionado para

cableado y una anchura de cable. Con la interface de cableado se puede crear una nueva área de material con un simple clic: trazando una pintura en forma de segmentos de líneas rectos con el material seleccionado y con la misma anchura que la del segmento desde donde parte el cableado. Cualquier clic adicional agrega un segmento adicional. La interfaz del cableado nos facilita colocar contactos.

3 Herramientas

Antes de aprender sobre el cableado, necesitamos conocer las herramientas. Hasta el momento, al presionar los botones del ratón hemos hecho que la caja cambie el material a pintar. Lo cierto es que estos botones tienen diferentes funciones dependiendo de la *herramienta activa*. Cada herramienta es identificada por una forma de cursor en particular y por acciones diferentes para los botones del ratón. Inicialmente, la herramienta activa es la herramienta de caja; cuando está activa el cursor tiene forma de cruz. Para obtener más información acerca de la herramienta actual, se puede teclear el comando largo

:tool info

Este comando imprime el nombre de la herramienta activa y el significado de los botones. Carga Magic con la celda **tut3a** y teclea **:tool info**.

El comando **:tool** puede ser usado para cambiar de herramienta. Pruébalo tecleando

:tool

Magic imprimirá un mensaje informando que se está ocupando la herramienta de cableado (wiring tool), y el cursor cambiará a la forma de una flecha. Utiliza **:tool info** para averiguar acerca del comportamiento de los botones del ratón asociados a esta herramienta. Usarás la herramienta de cableado para la mayor parte de esta sección. La macro <barra espaciadora> corresponde a **:tool**. Presionar la barra espaciadora para probar su efecto, Magic ciclará a través de las herramientas disponibles. Hay cuatro herramientas disponibles en la versión 8 de Magic: la “herramienta de caja” (box tool), la “herramienta de cableado” (wiring tool), que se verá en este tutorial, la “herramienta de netlist” (netlist tool), que tiene un cursor en forma de flor  y que es utilizada para la edición de netlist, y la “herramienta de selección” (pick tool), que tiene el cursor en forma de círculos concéntricos segmentados  que fue explicada en el Tutorial #2. La herramienta de netlist es explicada en Tutorial #7: Netlists y ruteo.

La herramienta actual afecta únicamente al efecto de los botones del ratón. No cambia los efectos de los comandos largos o de las macros. Esto significa que, por ejemplo, puedes usar todos los comandos de selección mientras la herramienta de cableado está activa. Cambia a la herramienta de cableado, apunta algún punto con pintura en **tut3a**, y presiona la macro **s**. Una porción de área es seleccionada como cuando se utiliza la herramienta de caja.

4 Cableado Básico

Hay cuatro funciones básicas en el cableado: selección de material, agregar un segmento, cambiar la anchura de la ruta y agregar un contacto. Esta sección describe los primeros tres comandos. En este punto deberías estar editando la celda **tut3a** con la herramienta de cableado activada. El primer paso al cablear es seleccionar el material y la anchura para los trazos. Esto puede hacerse de dos formas. La más fácil es encontrar una pieza del material y anchura deseados y, colocar el cursor encima de ese material y hacer clic izquierdo. Intenta esto en **tut3a** al apuntar a la etiqueta **1** y hacer clic izquierdo. Magic copia el tipo de material y su anchura de la pieza donde está el cursor, selecciona un cuadrado de ese material y anchura y lo asocia al cursor, cambia la forma del cursor a una mano apuntando. Cuando mueves el ratón, una caja con borde fino (como el de la caja de selección) aparece, y sigue al cursor en la dirección Manhattan (norte, sur, este u oeste) colocando al final una caja muy cercana a la posición del cursor. Puedes cancelar la caja haciendo clic derecho, con lo que el cursor regresa a la forma de una flecha.

Intenta apuntando a varios lugares de **tut3a** y haciendo clic, después clic derecho, para observar cómo Magic selecciona diferentes materiales y anchuras para el trazado de los cables.

Una vez que has seleccionado el material para el trazado, la caja interactiva que sigue al cursor muestra donde será trazado el siguiente tramo. El botón central del ratón finaliza el trazo actual al pintar el material del cableado dentro de la caja. Haz clic en la etiqueta **1** para seleccionar el material rojo, mueve el cursor sobre la etiqueta **2** y haz clic en el botón central del ratón. Con esto pintarás un cable rojo entre esas etiquetas. La caja es colocada sobre el extremo del nuevo trazo para mostrar el punto de inicio del siguiente tramo. Agrega más tramos al cable haciendo clic sobre las etiquetas **3** y la **4**. Usa el ratón para pintar otro cable en azul desde la etiqueta **5** a la **6** y después a la **7**.

Cada tramo de cable debe ser horizontal o vertical. Si mueves el cursor diagonalmente, Magic pintará una línea horizontal o vertical (la que resulte más larga para el tramo). Para observar su efecto, haz clic en **8** en **tut3a**, después clic central en **9**. Obtendrás una línea horizontal. Deshaz la acción con “u” y haz clic central sobre **10**. Esta vez obtendrás un tramo vertical. Se puede forzar a Magic para que obvie la caja de selección y pinte el siguiente tramo en una dirección en particular con los comandos

wire horizontal
wire vertical

Prueba esta característica haciendo clic en **8** en **tut3a**, mueve el cursor sobre **10**, teclea **wire horiz** (las abreviaturas también trabajan con el comando **wire**). Este comando generará un tramo corto horizontal en lugar de un tramo largo horizontal.

5 Cambiando la Anchura del Trazo

Después de seleccionar el material con clic, la anchura puede ser cambiada. El comando que lo realiza es

wire increment width
wire decrement width

Para los ratones que tiene ruedas para el scroll, se puede ajustar la anchura simplemente girando la rueda hacia arriba para incrementar la anchura y hacia abajo para decrementarla.

Note que la caja de selección no cambia su anchura hasta que el ratón se mueve y la posición de la caja es actualizada junto con la anchura.

6 Contactos

Cuando la herramienta de cableado está activa, puedes colocar contactos presionando el botón de shift y haciendo clic. Deshaz los cambios en **tut3a** ingresando el comando **flush** y respondiendo **yes** cuando Magic pregunte. Con esto se pierden todos los cambios realizados a la celda y se recarga desde el disco. Dibuja un tramo azul desde la etiqueta **5** a la **3**. Presiona la tecla shift y el botón central del ratón. Obtendrás un via (contacto metal1 a metal2) colocado al final del tramo de cable actual. La caja se moverá sobre el contacto, y el material de cableado y su anchura cambian para igualarse al nuevo tipo de material. Continúa el ruteado del cable hacia la etiqueta **4**, dibuja la ruta haciendo clic derecho. Verás que la ruta es dibujada en metal2 (morado). El comando implementado al presionar shift y el botón izquierdo es

wire increment type

Pero sus acciones dependen en la propia definición de tipo que está definido en su archivo de tecnología. Por ejemplo, si dibujas una ruta usando la capa “nwell” y presionas shift mientras haces clic, Magic dice “No hay capa de ruteo definida” (No routing layer defined). Esto significa que el archivo de tecnología no define a la capa “nwell” como una capa para ruteo y no define un tipo de contacto para conectar nwell con otras capas (ver “El Manual de Archivos de Tecnologías” para detalles, en la sección de cableado).

Ahora que has dibujado una ruta de metal 2 a la etiqueta **4**, presiona la tecla shift y, mientras la mantienes presionada, haz clic derecho. Obtendrás otra via (contacto metal1 a metal2). Continúa la ruta a la etiqueta **2**. Encontrarás que la ruta es dibujada en metal1 (azul). El comando implementado por la macro “shift + clic derecho” es

wire decrement type

Y tiene el efecto opuesto a la opción “increment type”: cambia el tipo de material por el del plano inferior al material actual y dibuja el contacto apropiado para realizar la conexión eléctrica entre ellos.

7 Cableado y la Caja

Hasta el momento, cada nuevo tramo de cable aparece dibujado desde un extremo del cable anterior hacia la posición del cursor. De hecho, el nuevo material fue dibujado desde la caja a la posición del cursor. Magic automáticamente reposiciona la caja en cada clic del ratón para ayudar a tener las cosas listas para el siguiente trazo. El usar la caja como el punto de inicio para los trazos de cable hace que sea más fácil comenzar los cables en lugares que no tienen material del tipo o anchura deseados. Supón que quieres iniciar un nuevo cable en medio de un área vacía. No puedes hacer clic para iniciar el cable allí. En su lugar, puedes hacer clic en alguna otra parte donde está el material deseado para el cable, presionar la barra espaciadora dos veces para regresar a la herramienta de caja, mover la caja donde quieres iniciar el cable, presionar la barra espaciadora una vez para regresar a la herramienta de cableado y entonces hacer clic derecho para pintar el cable. Intenta esto con **tut3a**.

Cuando quieres cablear, puede que no seas capaz de encontrar el tipo correcto de material en la pantalla. Cuando esto sucede, puedes seleccionar el material y anchura con el comando

wire type *layer width*

Y mueves la caja donde desees iniciar el cableado, cambiar a la herramienta de cableado y clic para agregar los tramos.

8 Cableado y la Selección

Cada vez que pintas un nuevo tramo de cable o contacto usando los comandos de cableado, Magic selecciona el nuevo material de la misma forma en como lo haría si hubieras colocado el cursor sobre él y presionado **s**. Esto hace fácil que puedas ajustar su posición si no acertaste a la primera. El comando **stretch** es particularmente útil para esto. En **tut3a**, pinta un tramo de cable azul desde **5** hacia **6** (usa **flush** para quitar los cambios realizados hasta el momento). Presiona *Shift-Keypad-6* dos o tres veces para estirar el tramo sobre la derecha. Clic central sobre el material púrpura, presionar *Shift-Keypad-2* para estirar el contacto hacia abajo.

A menudo es difícil posicionar el cursor de tal forma que un cable salga desde el punto deseado a la primera usando solo la vista. Pero se puede activar las líneas guías para el cursor (crosshair) para facilitar las cosas. Para activarla (solo para Magic con Tcl/Tk habilitado) selecciona el botón de menú *Options*, haz clic en el botón de chequeo *Crosshair*. Intenta rutear algunos cables en la celda **tut3a**, usando las líneas guías del cursor para alinearlos. Note cómo se facilita colocar las rutas directamente sobre las etiquetas.

9 Grupos de Cables

Magic proporciona dos comandos adicionales para trazar grupos de cables paralelos. Los comandos son:

fill *direction* [*layers*]
corner *direction1* *direction2* [*layers*]

Para observar cómo trabajan, carga la celda **tut3b**. El comando **fill** extiende un grupo de pinturas en una dirección dada. Encuentra todas las pinturas tocando un lado de la caja y extiende esas pinturas al lado opuesto de la caja. Por ejemplo, **fill left** buscará en la orilla derecha de la caja pinturas, y las extenderá hacia el lado izquierdo de la caja. El efecto es similar a convertir todas las pinturas en una brocha y Magic realiza los trazos con esa brocha cruzando la caja en la dirección dada. Coloca la caja sobre la etiqueta “Fill here” en **tut3b** e introduce **fill left**.

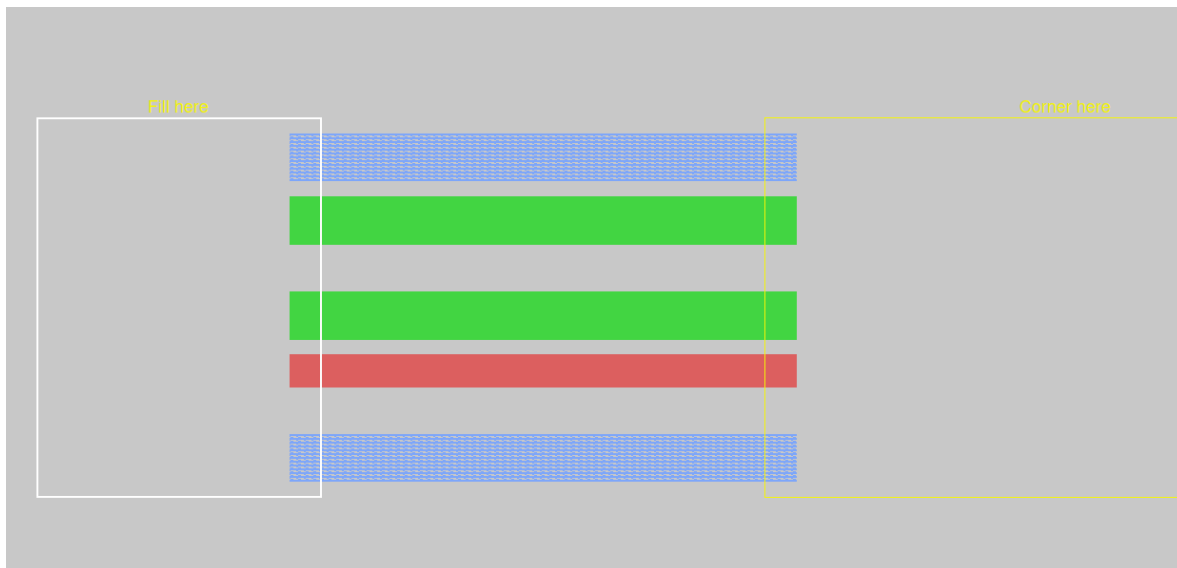


Figura 1: Layout inicial del archivo tutorial **tut3a**.

El comando **corner** es similar a **fill** excepto en que este genera cables en forma de L que siguen dos lados de la caja, viajando primero en la dirección 1 (*direction1*) y después en la dirección 2 (*direction2*). Coloca la caja sobre la etiqueta “Corner here” en **tut3b** y teclea **corner right up**.

Con ambos comandos, **fill** y **corner**, si no se especifican las capas (*layers*), entonces todas las capas son extendidas. Si se especifican las capas (*layers*), entonces solo esas capas son pintadas. Experimenta en **tut3b** con ambos comandos.

Cuando estás pintando grupos de cables, sería conveniente si hubiera una manera de colocar contactos para el grupo para poder pasar a otra capa. No existe un único comando para hacerlo, pero puedes colocar un contacto en forma manual y usar el comando **array** para

replicar ese contacto en todo el grupo de cables. Carga la celda **tut3cb**. Esta contiene un grupo de cables con un único contacto ya colocado en el cable del fondo. Presiona **s** mientras tienes el cursor sobre el contacto, y presiona **S** con el cursor sobre el tramo de cable púrpura. Dibuja una caja sobre la etiqueta “Array” e ingresa el comando **array 1 10**. Copiará el contacto seleccionado en todo el grupo de cables.

La sintaxis del comando **array** es

array *xsize ysize*

Este comando convierte la selección en un arreglo de elementos idénticos. *Xsize* especifica cuántas instancias habrá en la dirección “x” y *ysize* especifica cuántas instancias habrá en la dirección “y”. En el ejemplo del **tut3c**, *xsize* era uno, no hay copias adicionales en la dirección horizontal; *ysize* era 10, por lo que se crearon 9 instancias adicionales. La caja es utilizada para determinar la separación de las instancias: la anchura fija la distancia horizontal y la altura la distancia vertical. El nuevo material siempre aparece encima y a la derecha de la instancia origen.

En **tut3c**, usa **corner** para extender los cables púrpuras y cúvalos hacia arriba. Pinta un contacto en el cable azul en el cable ubicado en el extremo izquierdo, agrega un tramo corto de pintura azul encima, usa **array** para copiarlo en la parte superior del grupo de cables. Finalmente, usa **fill** para extender los trazos azules un poco más arriba.

9 Arado

Magic contiene una herramienta llamada arado (*plowing*) que puedes usar para extender y compactar celdas. La sintaxis básica del comando es

plow *direction [layers]*

Donde la dirección es una dirección Manhattan, cómo **left** y las capas (*layers*) son opcionales, separadas por comas. Este comando trata un lado de la caja cómo si fuera un arado, y realiza un arado hacia el otro lado de la caja. Por ejemplo, **plow up** trata la parte inferior de la caja como un arado, y mueve el arado hacia la parte superior de la caja.

Al moverse el arado, todas las orillas en su camino son apartadas (si se especifican las capas, entonces solo las orillas de esas capas son movidas). Cada orilla que es movida por el arado empuja las otras orillas a su alrededor de manera que se preserve con el cumplimiento de las reglas de diseño, la conectividad y los tamaños de los transistores contactos. Esto significa que el material en el camino del arado es compactado al espaciado mínimo permitido por las reglas de diseño, y que el material que cruza por la posición original es estirado detrás del trazo del arado.

Puedes compactar una celda al colocar un arado grande en un lado de la celda y pasando

por la celda completa. Puedes abrir espacio en medio de una celda al arrastrar un pequeño arado por el área donde quieres agregar más espacio.

Para probar el arado, edita la celda **tut3d**, dibuja una caja sobre el rectángulo etiquetado como “Plow here” e intenta arar en varias direcciones. También, intenta arar únicamente ciertas capas. Por ejemplo, con la caja sobre la etiqueta “Plow here” prueba con

plow right metal2

Nada sucederá. Esto es debido a que no hay orillas de metal 2 en el camino del arado. Si ingresas

plow right metal1

Solo el metal será arado hacia la derecha.

Además de arar con la caja, puedes arar con una selección. El comando para hacerlo tiene la siguiente sintaxis

plow selection [*direction* [*distance*]]

Es muy similar al comando **:stretch**. Toma la selección y la caja y las mueve de tal forma que la esquina inferior izquierda de la caja se encuentra en la posición del cursor. A diferencia de **:stretch**, **plow selection** se asegura que todas las reglas de diseño se respeten y que la conectividad se preserve.

Carga la celda **tut3e** y usa **a** para seleccionar el área debajo de la etiqueta “select me”. Apunta con el cursor al punto etiquetado “point here” y ara la selección con **plow selection**. Practica seleccionando cosas y arando con ellas. Como el comando **:stretch**, hay una forma larga para **flow selection**. Por ejemplo, **plow selection down 5**, va a arar la selección y la caja hacia abajo 5 unidades.

Seleccionar una celda y arar es una buena manera de mover una celda. Carga **tut3f** y selecciona la celda **tut3e**. Apunta a la etiqueta “point here” y ara la selección con **plow selection**. Nota cómo todas las conexiones a la celda permanecen unidas. La celda seleccionada debe estar en la celda editada.

La operación de arado es implementada de manera que trata de mantener tu diseño tan compacto cómo sea posible. Para hacerlo, inserta desviaciones en los cables alrededor del arado. Aunque, en muchos casos, las desviaciones adicionales pueden ser más problemáticas que beneficiosas. Para reducir el número de desviaciones insertadas, utiliza el comando

plow nojogs

Desde allí, Magic insertará tan pocas desviaciones como sea posible al arar, aún si esto significa mover más material. Puedes rehabilitar las desviaciones con el comando

plow jogs

Carga la celda **tut3d** de nuevo y trata de arar arando con y sin insertar desviaciones.

Hay otra forma de reducir el número de desviaciones introducidas al arar. En lugar de evitar las desviaciones del todo, se pueden introducir libre pero limpiamente tanto como sea posible posteriormente. Esto resulta en diseños más densos, pero posiblemente con más desviaciones que si hubieras ingresado el comando **plow nojogs**. Para aprovechar este segundo método de reducción de desviaciones, habilita la inserción de desviaciones (**plow jogs**) y habilita desviaciones limpias con el comando

plow straighten

Desde este momento, Magic intentará mejorar las desviaciones después de cada operación de arado. Para deshabilitar esta función, usa el comando

plow nostraighten

Puede parecer que no tiene sentido deshabilitar la introducción de desviaciones con **plow nojogsb** al mismo tiempo que se habilita su corrección con **plow straighten**. Es cierto que **plow nojogs** no introducirá nuevas desviaciones para ser rectificadas por **plow straighten**, el arado rectificará cualquier desviación existente después de cada operación.

De hecho, hay un comando que suele ser útil para limpiar diseños con muchas desviaciones, y es

straighten direction

Donde *direction* es una dirección Manhattan como: **up**, **down**, **right** o **left**. Este comando inicia desde un lado de la caja y arrastra las desviaciones hacia el lado para rectificarlos. Carga la celda **tut3g**, dibuja una caja que cubra toda la región de la etiqueta “put box here”, e ingresa **straighten left**. Deshaz este comando e ingresa **straighten right** en su lugar. Haz diversas pruebas con este comando.

Hay una característica más del arado que puede ser útil. Si estás trabajando en una celda grande y quieres asegurarte que el arado no afecte a la geometría fuera de una cierta área, puedes colocar límites (*boundary*) alrededor del área que se desea modificar, se usa el comando

plow boundary

La caja se usa para especificar el área que deseas afectar. Después de este comando, los

siguientes arados afectará solo al área dentro del límite especificado.

Carga la celda **tut3h** y dibuja una celda sobre el área de la etiqueta “put boundary here”, e ingresa **plow boundary**. Mueve la caja a otra región. Verás los límites dibujados por líneas punteadas. Coloca la caja sobre el área etiquetada “put plow here” y realiza el arado. Este arado causará que la geometría fuera del límite sea afectada, Magic reducirá la distancia de arado lo suficiente para prevenir esto y te advierte de esto. Deshaz el último arado y remueve el límite con

plow noboundary

Dibuja una caja en la etiqueta “put plow here” y ara de nuevo. Esta vez, no hay límites para restringir el arado, todo es movido tanto como la altura de la caja. Experimenta colocando el límite alrededor de un área de esta celda y arando.