



NÚMERO 18

SEPTIEMBRE DE 2005

ISSN 1696-7208

## **Trabajando con módulos y puertas en TKGate, el simulador de circuitos digitales para LINUX.**

**Ricardo Valerio Bautista Cuéllar**

*La importancia de las herramientas para la ayuda al diseño mediante computador (CAD) hoy día es indiscutible, de ahí su uso tan extendido en diversos ámbitos, entre ellos la electrónica. Sin embargo, el coste de algunas de estas herramientas o su difícil manejo hace muchas veces inviable el empleo de herramientas comerciales en la docencia de disciplinas que, como la electrónica, hacen uso intensivo de estas herramientas para la simulación, análisis y diseño de circuitos.*

*El disponer de herramientas fiables y sencillas que sirvan para nuestros alumnos como introducción a otras más complejas o, en muchos casos, como herramienta útil para validar ciertos circuitos no demasiado complejos es algo de vital importancia. Si además dichas herramientas suponen un gasto cero para las administraciones públicas y los recursos se emplean para otras necesidades, sería una situación ideal.*

*De ahí nuestra preocupación por difundir un conjunto de herramientas software que corren en Linux y cuyo principal atractivo es su fiabilidad y bajo (nulo) coste. Este artículo continua uno anterior dedicado a una herramienta para la simulación de circuitos digitales en Linux, TKGate, herramienta que es especialmente atractiva para la docencia por su simplicidad y uso intuitivo además de incluir numerosos ejemplos*

Trabajando con módulos y puertas en TKGate, el simulador de c.d. para LINUX. Ricardo V. Bautista Cuéllar

*algunos de ellos suficientemente complejos (CPU) como para poder ejemplificar en clase sobre ellos.*

## **Introducción**

La gran ventaja de TkGate es su gratuidad y que se suministra con el código fuente bajo la licencia pública Gnu (GPL). Además, tal como dijimos en un artículo anterior dedicado a la herramienta ([6]) para circuitos digitales TKGate, éste es un editor gráfico y simulador de circuitos digitales que incluye componentes básicos como puertas lógicas (AND, OR, XOR, etc ...), módulos estándares como sumadores, multiplicadores, registros, memorias, etc ... y numerosos ejemplos de gran interés para la docencia (una CPU sencilla, programada para ejecutar el juego Animals).

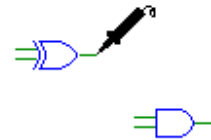
Además podemos desarrollar un sistema complejo, permitiendo el diseño de módulos y submódulos (ALU's, Unidades de Control, Unidades de Ejecución). Otra de las ventajas es la de poder utilizar memorias para la simulación y asignar la memoria a un archivo binario.

En este artículo continuaremos mostrando las capacidades de esta herramienta y cómo trabajar con ella, tratando de complementar lo expuesto en el artículo anterior dedicado a TKGate ([6]).

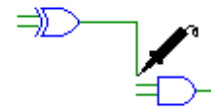
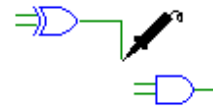
## **Conectando puertas.**

### Conectando un final del cable a otro final.

Para conectar las puertas en este caso (ver figura), primero debemos asegurar tener seleccionado la herramienta “Move/Connect” del menú “Tool”. Luego haz clic y mantén pulsado el botón izquierdo en uno de los puntos finales de los finales que quieres conectar. El cursor del ratón cambiará a un soldador indicando que el modo está activo.



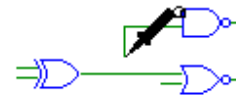
Luego arrastra el ratón hacia el otro punto que deseas conectar. TKGate introducirá automáticamente cualquier doblez necesario y mantendrá conexiones con segmentos horizontales y verticales solamente.



Finalmente, libera el botón del ratón cerca del punto final que es objetivo. TKGate conectará los cables en ese momento.

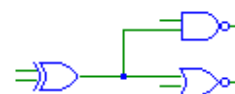
#### Conectando tres o más puertos en una malla.

Para conectar un cable a un segmento ya conectado, primero selecciona un punto libre para obtener el soldador. Luego arrastra del cable cerca del cable que quieres conectar.



Cuando liberas el cable, se conectará al segmento de cable más cercano y creará una unión de soldadura.

Puedes continuar el proceso para conectar tantos

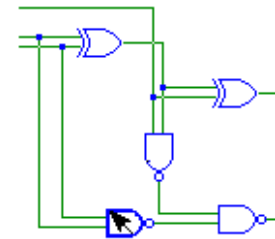


puertos como sean necesarios.

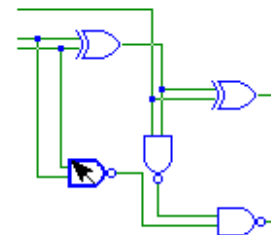
## Moviendo puertas y cables.

### Moviendo una puerta sólo.

Para mover una puerta sólo, presiona y mantenlo presionado el botón izquierdo del ratón en la puerta que deseas mover. La puerta seleccionada será mostrada en negrita.

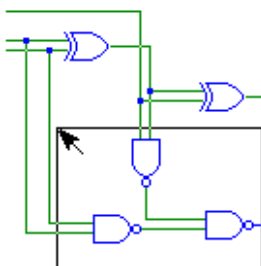


Mientras mantienes el botón izquierdo del ratón mueve la puerta a la nueva posición. Cualquier cable conectado a la puerta se moverá con el ratón. Para cada ajuste fino, puede moverse también la puerta seleccionada usando las teclas de dirección.

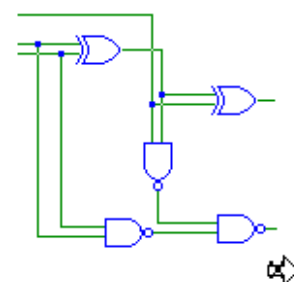


### Moviendo un grupo de puertas.

Para mover un grupo de puertas primero seleccionaremos la herramienta de Move/Connect y presionaremos y mantendremos el botón izquierdo del ratón en un punto cercano, pero



no directamente en el grupo que queremos mover. La



marca X debería aparecer exactamente como si

fuéramos a crear una nueva puerta. Luego, mientras mantenemos pulsado el botón izquierdo del ratón arrastra el cursor para agrupar el conjunto de puertas deseado. La caja aparecerá después moviendo el cursor unos pocos milímetros. Libera el botón del ratón para seleccionar los elementos del circuito incluidos en la caja. Las puertas permanecerán seleccionados hasta hacer clic en la puerta y no en la selección, o clic en una parte vacía de la zona de trabajo. Si haces esta operación mientras mantienes la tecla de control, puedes añadir puertas a la selección más que crear una nueva selección.

Tras seleccionar un conjunto de puertas, puedes hacer clic y, manteniendo el ratón pulsado, desplazar el ratón moviendo el grupo entero a una nueva posición.

### **Editando las propiedades generales.**

Los parámetros de puerta pueden ser editados haciendo doble clic en una puerta, o seleccionando la puerta y luego invocando el comando “Properties” del menú “Gate”. La caja de diálogo de propiedades contiene hasta cuatro páginas que pueden ser seleccionadas a través de las pestañas arriba. La página general contiene propiedades básicas que son comunes a todos los tipos de puertas. La página “Port” permite editar los puertos de la puerta, la página “Details” contiene propiedades adicionales que son especiales para

tipos de puertas particulares, y la página opcional “Delay” permite la edición de los parámetros de retraso de las puertas.

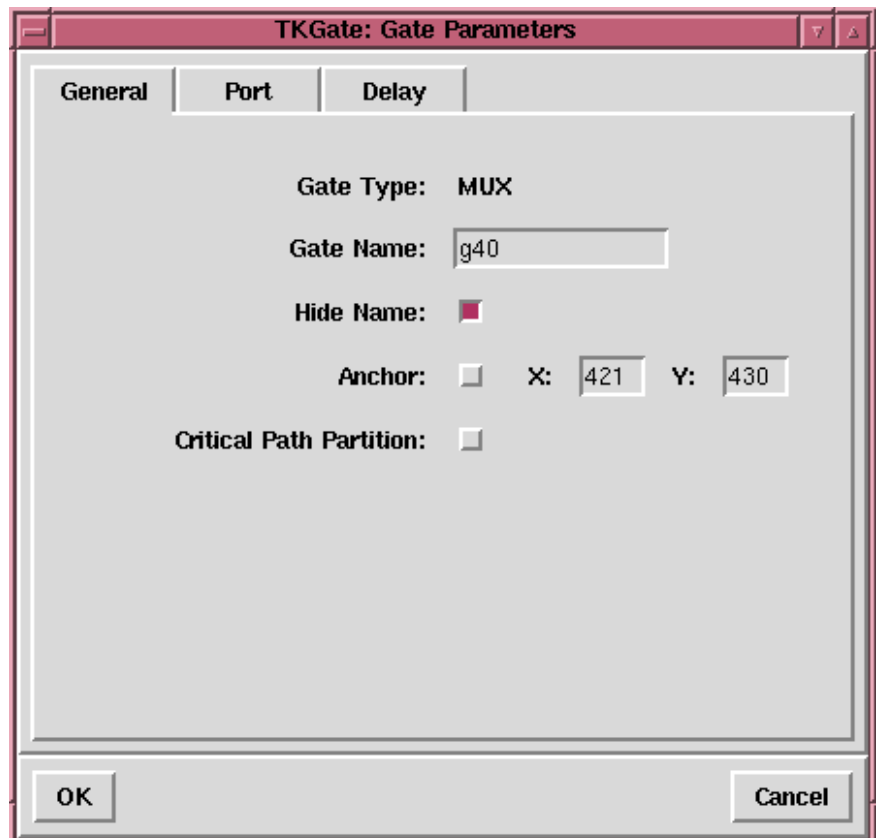
### Propiedades generales

Las propiedades que pueden ser editadas en la página general mostrada en la figura son:

- Gate Type: O tipo de puerta. Esta propiedad no se puede cambiar.
- Gate Name: O nombre de la puerta. Este debe ser un identificador único para la puerta dentro del módulo. Los nombres de las puertas deben

empezar con una letra o el carácter ‘\_’.

Si intentamos usar un nombre de puerta que es empleado por otro elemento circuital en el mismo módulo, o si intentamos



usar caracteres ilegales, el nombre será automáticamente ajustado quitando los caracteres ilegales o añadiendo caracteres.

- Hide Name: Es un flag para indicar si queremos o no que se muestre el nombre de la puerta. Por defecto no se muestran a menos que cambiemos este flag.
- Anchor: Es un flag para indicar si la puerta se puede o no mover con el ratón. Una selección que contenga puertas con esta opción activa no puede moverse.
- X/Y: Es la posición en pantalla de la puerta, Los valores pueden ser manualmente entrados incluso si la puerta está anclada (anchored).
- Critical Path Partition: Hace que el elemento seleccionado se convierta en un punto de partición para el análisis de camino crítico. Caminos a través de un elemento con esta propiedad no serán considerados con el fin de análisis del camino crítico.

### Propiedades de los puertos.

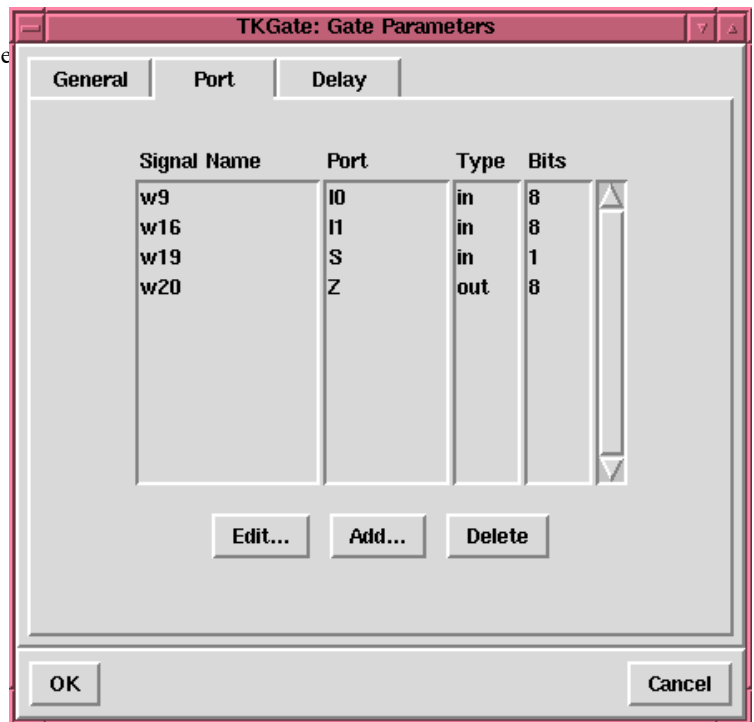
La página “Ports” contiene una lista de todos los puertos de la puerta seleccionada. Para editar puertos en una puerta, haz doble clic en el puerto que deseas modificar o seleccionad un puerto y luego pulsa el botón de edición. Esto causará que la caja de dialogo de los parámetros de puertos aparezca. Podemos cambiar el nombre de la señal o el ancho de bit, pero el nombre del



Trabajando con módulos y puertas en TKGate, e

puerto y el tipo puede no ser editable para todos los tipos de elementos. Podemos usar también los botones “Add” y “Delete” para añadir nuevos puertos o borrar puertos para algunos tipos de elementos.

Las propiedades de los puertos



son:

- Signal Name: El nombre de la señal. El nombre de la señal debe ser único dentro del módulo y tener las mismas restricciones que los nombres de las puertas.
- Port Name: El nombre del puerto puede ser sólo cambiado para concreciones de los módulos.
- Type: Indica el tipo, la dirección del puerto (de entrada, salida o bidireccional). El tipo puede ser sólo cambiado para concreciones de los módulos.
- Bit Width: El número de bits en la señal.

#### Propiedades de detalle (Detail Properties).

La página “Details” de la caja de diálogo para los parámetros de las puertas es empleado para establecer propiedades especiales para ciertos tipos de puertas. El ejemplo mostrado a la derecha es para un elemento reloj. Tu puedes establecer el ancho de pulso, la fase y el ciclo o entrando los números en las cajas de entrada de datos o arrastrando puntos en el diagrama de formas de onda. El ancho del ciclo es el número de unidades de tiempo en un ciclo de reloj, la fase es el porcentaje del ciclo de reloj en el que la simulación empezará y el “Duty” es el porcentaje de tiempo que el reloj están en nivel alto.

Otros tipos de puertas que

toman parámetros detallados

incluyen módulos que

requieren un nombre de

función, memorias para los

cuales un fichero de

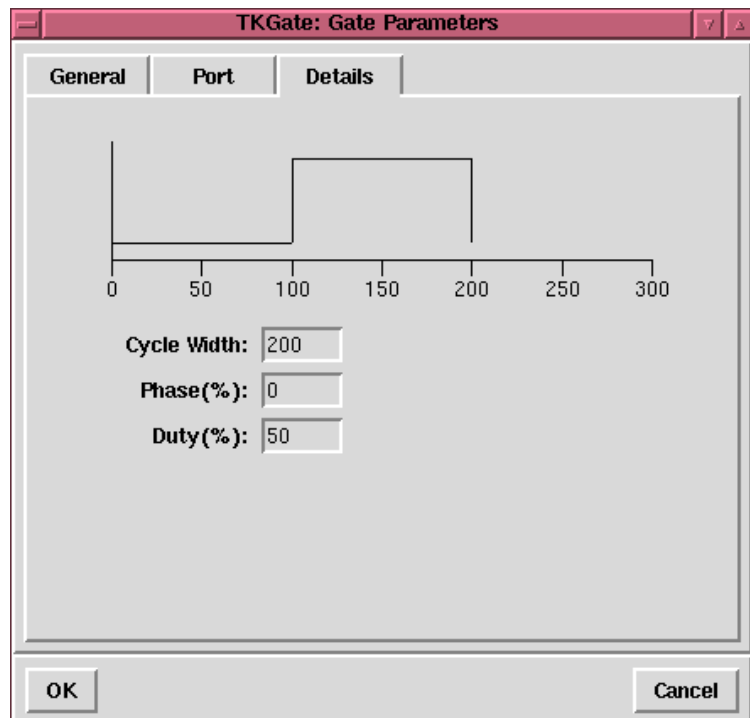
inicialización de memoria

puede ser especificado e

interruptores para los que un

valor inicial puede ser

especificado.



Unos pocos tipos de puertas tienen cajas de propiedad que son únicas al tipo de puerta. Por ejemplo, los puertos modulares tienen una caja de diálogo similar a la caja de diálogo para las mallas descrita próximamente, y comentarios tienen cajas de diálogo consistente en una entrada de texto para actualizar el comentario del texto.

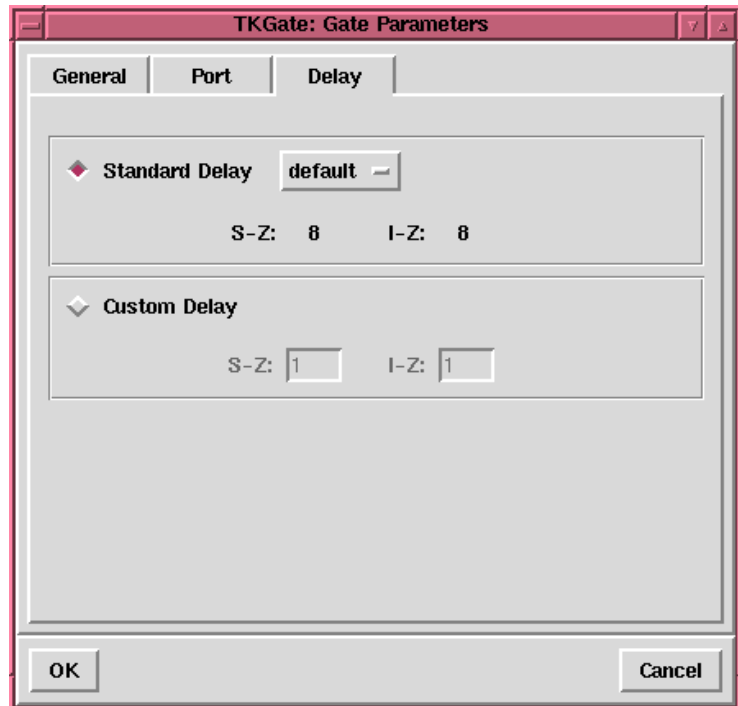
### Propiedades de retraso.

El retraso para las puertas puede ser establecido o especificando una tecnología estándar o personalizando el retraso para cada puerta individual.

Para emplear una tecnología estándar, selecciona "Standard Delay" y

selecciona una tecnología desde el botón de selección. Tu puedes elegir una de las tecnología por defecto que vienen con el tkgate, o añadir definiciones adicionales de tecnologías. La tecnología por defecto está basad en los

retrasos CMOS, y únicamente establece retrasos de tiempo para todo. Hacer notar que los valores de retraso mostrados aquí pueden ser afectados por el ancho de bit de los puertos, el número de puertos y la existencia o ausencia de



inversores en los puertos de las puertas. En algunos casos, añadir inversores a un puerto de una puerta puede reducir el retraso (por ejemplo, añadiendo un inversor para cambiar una AND y convertirla en NAND).

Para establecer los valores de retraso para puertas individuales, selecciona “Custom Delay” e introduce valores para cada parámetro de retraso. Los valores deben ser enteros más grandes que uno o iguales a uno, y menores a 4096.

### **Editando las propiedades de los cables.**

Las propiedades de los cables pueden ser editadas mediante doble clic en un cable o mediante doble clic en el nombre de una malla desde la lista de mallas (“nets”). También es posible seleccionando una malla de la lista de mallas y luego invocar el comando de propiedades del menú de puertas.

Las propiedades de malla son:

- Net Name: Nombre de la malla. Los nombres de mallas deben ser únicos dentro del módulo en el que están definidos. Los nombres deben empezar con una letra o un carácter ‘\_’, y deben contener sólo dígitos o el carácter anterior. Si intentamos reutilizar un nombre dentro de un módulo o emplear un carácter ilegal, el nombre será automáticamente ajustado eliminando los caracteres ilegales o añadiendo caracteres. Los nombres de las mallas que empiezan con ‘\_’ será

mostrados con una barra encima del nombre indicando que es una señal activa a nivel bajo. En este caso, el símbolo en sí mismo no es mostrado si no la interpretación que TKGate hace de él.

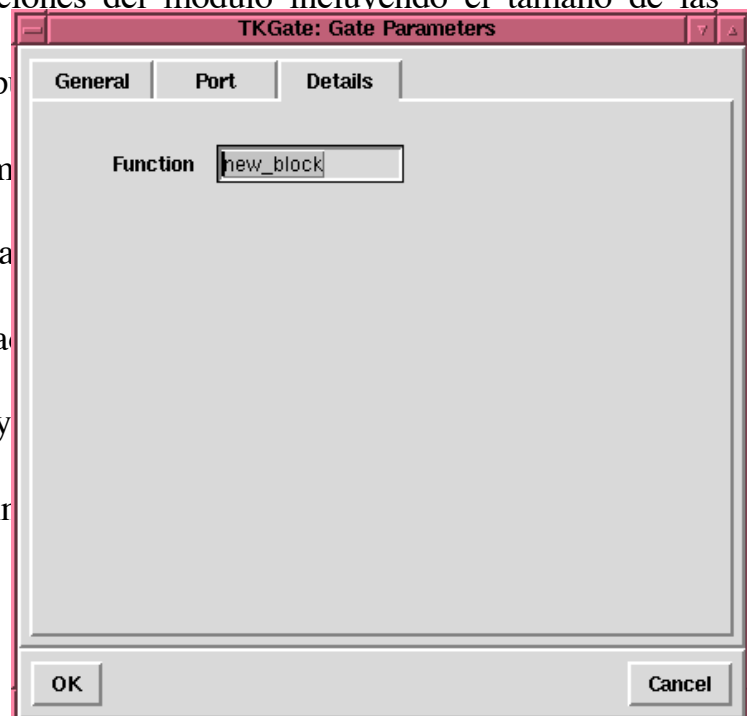
- Hide Name: Es un flag empleado para indicar si el nombre de la malla debe ser mostrado o no. Por defecto los nombres no se muestran a menos que esta opción sea definida explícitamente.
- Bit Width: El número de bits en la señal.
- Port Type: La dirección (entrada, salida, bidireccional) si el cable está conectado a un puerto de una puerta. Si la señal no es un módulo de un puerto, este campo no será mostrado.

### Empleando módulos.

Una definición de un módulo consiste en dos puertos, una implementación y una interfaz. La implementación es el contenido del módulo y la interfaz define la apariencia de las concreciones del módulo incluyendo el tamaño de las

mismas, las posiciones del p  
del módulo pueden ser m  
“Delete...”, “Copy...”, “Rena

Los módulos pueden ser usa  
módulo, establece la marca y  
del menú “Make”. Esto origi



con la entrada “Function” activa. Entra un nombre de función y presiona return. La función especifica el tipo de módulo. Puede emplearse cualquier función listada en la lista de módulos en la parte izquierda de la pantalla o crear un nuevo tipo de módulo empleando un nuevo nombre. Cuando se establece un nombre de función de una puerta creada nuevamente, el interfaz estándar para el tipo de función será creado. Observa la sección sobre interfaz del módulo para más detalles.

#### Editando las implementaciones del módulo.

Para editar el contenido de un módulo, haz doble clic en el nombre del módulo de la lista de módulos en la parte izquierda de la ventana principal. Alternativamente, selecciona una concreción del módulo con el ratón y selecciona la opción “Open” del menú “Module”. Dentro del módulo puede emplearse cualquiera de las puertas que emplearía en un nivel más alto incluyendo más concreciones de módulos. Las puertas especiales “Module Input”, “Module Output” y “Module InOut” del submenú “Module” del menú “Make” puede ser usado para indicar las conexiones internas de los puertos. Para cada nombre de puerto, sólo un elemento de puerto puede ser creado. Cuando creamos un elemento de puerto, una caja de diálogo aparece permitiendo establecer el nombre del puerto.

#### Editando las implementaciones de los módulos.

Para editar los contenidos de un módulo, haz doble clic en el nombre del módulo de la lista “Modules” en la posición izquierda de la ventana principal. Alternativamente, selecciona una realización del módulo con el ratón y selecciona la opción “Open” del menú “Module”. Dentro del módulo puede emplearse cualquiera de las puertas que usaríamos a un nivel más elevado incluyendo más concreciones de los módulos. Las puertas especiales “Module input”, “Module Output” y “Module InOut” del submenú “Module” del menú “Make” puede ser empleado para indicar las conexiones internas para los puertos. Para cada nombre de puerto, sólo un elemento del puerto puede ser creado. Cuando creamos un puerto, una caja de diálogo aparece permitiendo definir el nombre del puerto.

#### Editando las interfaces del módulo.

Hay dos métodos para añadir puertos a un módulo. En un método, primero seleccionas el módulo para añadir el puerto, y elegir “Add Input”, “Add Output” o “Add Bidir” del menú “Gate”. El cursor cambiará para indicar un modo temporal. Haz clic con el puntero del ratón cerca del filo de la realización concreta del módulo donde desees añadir el puerto. Una caja de diálogo aparecerá permitiendo establecer el nombre. Un método alternativo es hacer clic con el botón derecho cerca del filo de una realización concreta del



módulo y seleccionar la opción “Add” del menú desplegable. La misma caja de diálogo que antes aparecerá.

Podemos ajustar la posición de un puerto arrastrándolo a lo largo del filo seleccionándolo cerca del filo de la realización concreta del módulo. Para borrar un puerto, emplea la herramienta de cortado de cable y haz clic cerca del filo del módulo. Los módulos pueden cambiar de tamaño mediante la selección y arrastre de un lado o un esquina. Puedes cambiar el tipo (input, output o inout) de un puerto haciendo clic con el botón derecho y seleccionando “Change Input” para seleccionar el tipo deseado o bien mediante un doble clic y seleccionando un tipo de la caja de diálogo que surge.

Por cada módulo, existe un tamaño estándar y una colocación de puertos que es usada cuando se crean nuevas realizaciones concretas de los módulos. Podemos forzar que una implementación concreta de un módulo sea la implementación estándar del módulo seleccionándolo y eligiendo del menú “Module” la opción “Set Interface”. También podemos seleccionar “Edit Interfaces” del menú “Module” para cambiar a una ventana especial que muestra las implementaciones del módulo para todos los tipos definidos del módulo. Podemos editar los tamaños, añadir o eliminar puertos, modificar las posiciones de los puertos de cualquiera de los módulos mostrados. Para salir

de la ventana de interfaz, elige “Close” del menú “Module” o haz doble clic en un módulo de la lista de módulos.

## **Bibliografía**

- [1] “Herramientas de simulación de circuitos para LINUX.” Revista Digital Investigación y Educación. Ricardo Bautista Cuellar.
- [2] “Introducción a gEDA.Una herramientas de simulación de circuitos para LINUX”. Revista Digital Investigación y Educación. Ricardo Bautista Cuellar.
- [3] “gEDA. La simulación SPICE“. Revista Digital Investigación y Educación. Ricardo Bautista Cuellar.
- [4] “Elaborando circuitos impresos empleando gEDA. Las herramientas de síntesis de circuitos para LINUX “. Revista Digital Investigación y Educación. Ricardo Bautista Cuellar.
- [5] “Sigamos reduciendo costes. gschem de gEDA. Captura de esquemáticos en Linux“. Revista Digital Investigación y Educación. Ricardo Bautista Cuellar.
- [6] “Herramientas electrónicas para LINUX. Circuitos digitales. TKGate“. Revista Digital Investigación y Educación. Ricardo Bautista Cuellar.

## **Enlaces de utilidad**

- Tkgate: <http://www.tkgate.org/>
- Vipec: <http://vipec.sourceforge.net>
- PCB: <http://bach.ece.jhu.edu/~haceaton/pcb/>
- The gEDA project:<http://www.geda.seul.org>
- SPICE3                      syntax                      and                      commands:  
<http://newton.ex.ac.uk/teaching/CDHW/Electronics2/userguide/>
- Ngspice: <http://ngspice.sourceforge.net/>

- Tclspice: <http://tclspice.sourceforge.net/>
- LTSpice: <http://www.linear.com/software/>
- Spice on Linux resources: <http://www.brorson.com/gEDA/SPICE/>
- Free Dog -- The Free EDA Users Group: <http://www.freeedaug.org/>