

# PROGRAMA ESTIMADOR DE PARÁMETROS

Christoffersen C. E. - Directora Proyecto: M. I. Schiavon

Universidad Nacional de Rosario  
Escuela de Electrónica  
Laboratorio de Microelectrónica  
Av. Pellegrini 250  
2000 Rosario  
Argentina

Tfno: +54 41 21 1473 - int 119  
Fax: +54 41 24 9515  
e-mail: micro@bibfei.edu.ar

## RESUMEN

*El trabajo consistió en el desarrollo del Programa Estimador de Parámetros (ProEsP), que es una herramienta para calcular parámetros de transistores bipolares y de efecto de campo de juntura. Luego de la introducción hacemos una descripción general del programa desde el punto de vista del usuario, seguida por los fundamentos teóricos que hicieron posible la realización del programa y cuyo conocimiento permite un mejor aprovechamiento del mismo. A continuación repasamos los algoritmos para la determinación de raíces de funciones usados en el programa para luego describir su estructura interna. En en final damos detalles, sugerencias y observaciones acerca de la utilización del programa.*

## 1. INTRODUCCIÓN

En los programas de simulación de circuitos como por ejemplo el SPICE, se presentan frecuentemente problemas cuando los circuitos a simular contienen elementos activos y no se dispone de los valores de los parámetros de sus modelos. Aún contando con una biblioteca de modelos para el simulador, no siempre podemos estar seguros que los parámetros contenidos en esta son adecuados para nuestro problema en particular.

Para realizar una simulación de un circuito electrónico es necesario conocer, al menos en forma superficial, los modelos que representan a los elementos que lo componen y los métodos de resolución empleados por el simulador para poder analizar si los resultados son válidos o no, ya que por mejor que sea el simulador, existen siempre limitaciones que pueden eventualmente invalidar los resultados.

El *Programa Estimador de Parámetros (ProEsP)* permite determinar los parámetros para transistores bipolares y de efecto de campo de juntura, partiendo de datos que se encuentran normalmente en manuales de componentes. El ProEsP también permite, si ya se

dispone del modelo (por ejemplo de una biblioteca incluida con el simulador), trazar las curvas del elemento y eventualmente modificar los parámetros si fuera necesario, observando los efectos que eso ocasiona en las características del mismo.

Para poder utilizar el ProEsp, no es necesario conocer los modelos de los elementos ni los métodos para determinar sus parámetros, ya que el mismo ofrece las indicaciones necesarias de cómo proceder en cada caso. No obstante para sacar la máxima utilidad (y obtener mayor seguridad) es recomendable tener cierta noción de lo que se está calculando.

## 2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

### Esquema de funcionamiento

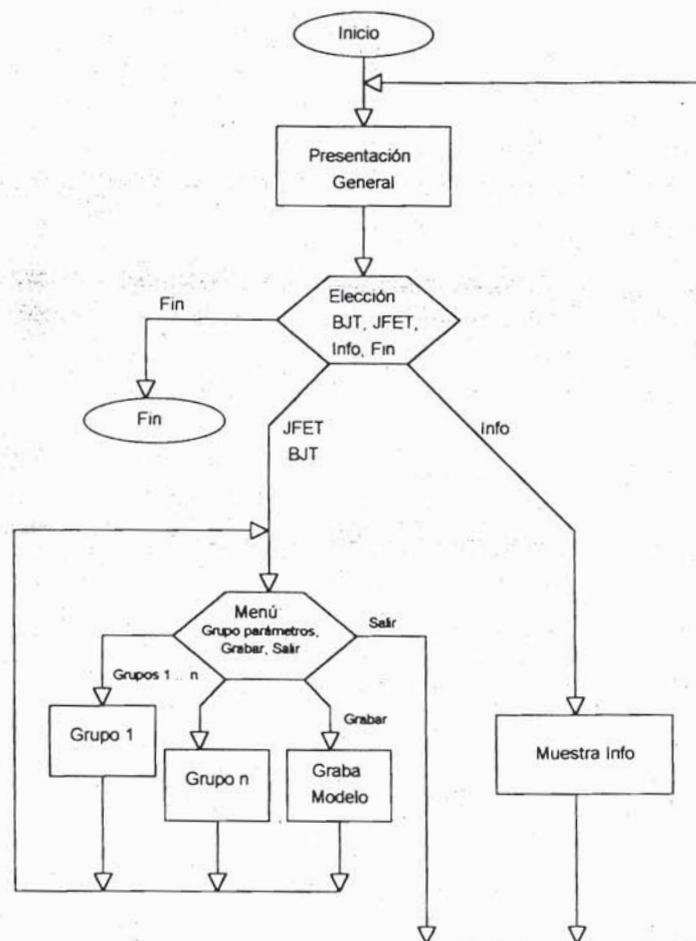


Figura 1

La función principal del programa es calcular parámetros de modelos de transistores bipolares o de efecto de campo de juntura para permitir la simulación eléctrica de circuitos que contengan a estos elementos. Para lograr esto, el programa utiliza los datos del manual del fabricante correspondiente. Veamos el funcionamiento en forma general desde el punto de vista del usuario. Comencemos con el diagrama de flujo del mismo en la fig. 1.

Al cargar el programa nos encontramos con una pantalla de presentación en la que se ofrecen 4 opciones: la primera y la segunda son *calcular parámetros del transistor bipolar y del transistor efecto de campo de juntura* respectivamente, la tercera es *mostrar información acerca del programa* y la última es *salir al sistema operativo*. En el diagrama de la fig. 1 las dos primeras opciones están consideradas en una sola rama porque su funcionamiento es similar desde el punto de vista que consideramos ahora.

Cuando elegimos calcular parámetros, ya sean del BJT o del JFET, tenemos otra pantalla en la que debemos elegir el grupo de parámetros a calcular, o grabar el modelo con los parámetros calculados hasta el momento, o volver al menú (*menú*, en el diagrama) principal. Aquí entenderemos por *grupo de parámetros* un subconjunto del total de parámetros de un modelo (BJT o JFET), cuyos elementos son calculados en una sola pantalla del programa.

Cuando entramos en el cálculo de parámetros del grupo  $i$  ( $i=1\dots n$ ), se nos presenta la pantalla de cálculo de este grupo y ya es posible comenzar la estimación. Para cambiar de grupo (dentro de los pertenecientes a un tipo de transistor, i.e., BJT o JFET) no es necesario volver al *menú* sino que es posible ir 'deslizándose' entre las pantallas de los distintos grupos como se muestra en la fig. 2. Como vemos es posible ir al grupo anterior, al grupo siguiente o volver al *menú* del tipo de transistor que corresponda.

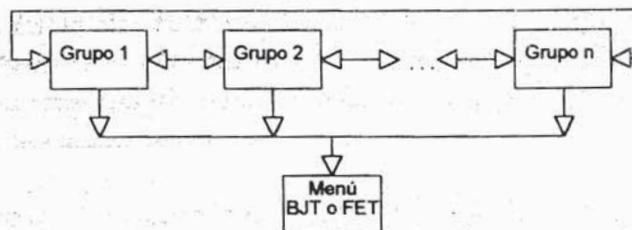


Figura 2

Pasemos ahora a ver las distintas secciones de la pantalla de cálculo para cada grupo mediante el ejemplo de la fig. 3. Aunque tienen pequeñas diferencias entre sí, todas siguen el mismo esquema general.

En el *nombre del grupo* figuran los parámetros que permite estimar esta pantalla (en este caso  $N_c$ ,  $I_{se}$ , etc.). En la parte inferior tenemos una línea de *comandos e indicaciones*, en este caso hay comandos (letra N: ir al próximo grupo, ESC: salir, etc), pero podría haber indicaciones respecto al rango o el orden magnitud de los parámetros a ingresar, o preguntas acerca de los datos que disponemos. Cuando es necesaria la entrada de datos numéricos el cursor se sitúa en la zona *entrada de datos*. Estos datos numéricos pueden ser datos del manual o también los parámetros a estimar, ya que es posible asignarle valores arbitrarios mediante el comando P. A medida que estos números se van entrando quedan registrados en el sector *historia de datos ingresados y resultados*, seguidos de los resultados correspondientes. Además, cuando se ingresan puntos pertenecientes a la *curva característica*, estos se marcan con una 'x', para poder compararlos con la curva calculada en base a los parámetros estimados (esta gráfica se actualiza automáticamente con cualquier cambio en los parámetros o en los puntos dato).

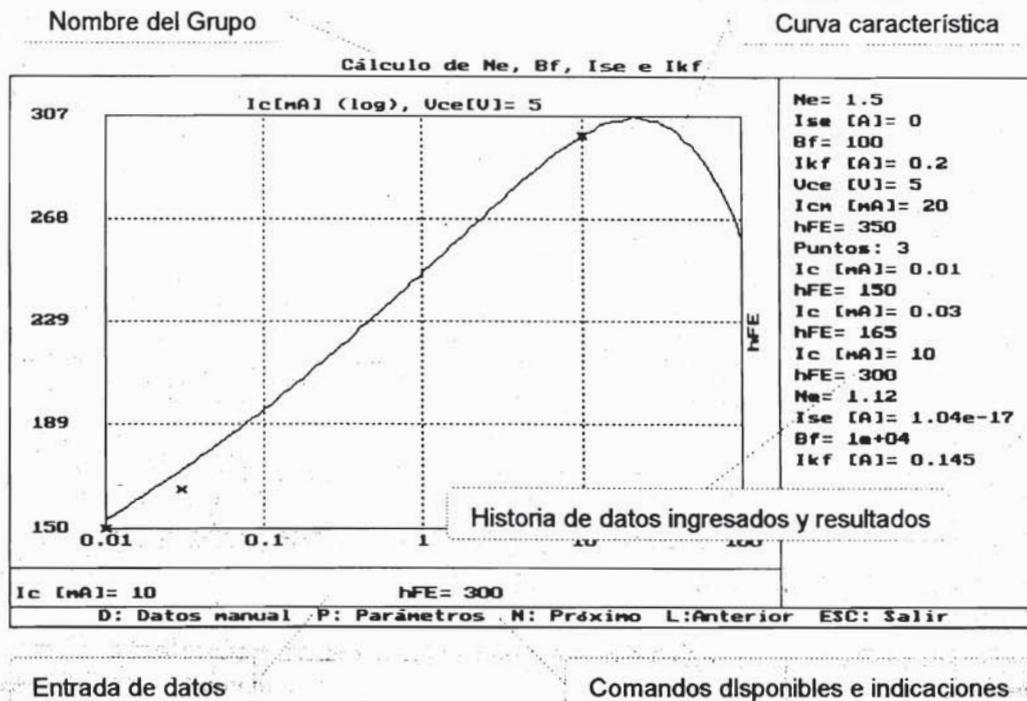


Figura 3

Con respecto al *orden de los grupos* hay que destacar que por regla general los parámetros calculados en el grupo  $i$  intervienen en el cálculo del grupo  $j$ , con  $i < j$ . Esto significa que si por ejemplo estimamos los parámetros del grupo 3 y luego modificamos los del grupo 1, la curva del grupo 3 puede alejarse de manera significativa de los datos correspondientes. En ese caso puede ser necesario forzar un nuevo cálculo en el grupo 3 (esto se hace con la opción **D**). Considerando lo anterior, en principio es conveniente comenzar por el grupo 1 y luego ir avanzando siempre hacia adelante. Los usuarios más experimentados podrán alterar esa secuencia, ya que hay veces que eso agiliza el trabajo.

*Observación:* todas las referencias a corrientes y tensiones en las pantallas de cálculo están tomadas considerando que el transistor es NPN si es bipolar, o canal N si es JFET. Si el transistor es PNP o canal P no es necesario considerar el signo en la entrada de datos (el programa tomará solo el valor absoluto) y algunas gráficas quedarán con valores positivos donde (estrictamente) deberían ir negativos; esto es coherente con la entrada del valor absoluto de los datos: se corresponden las posiciones de las 'x' y la curva. Los parámetros serán calculados correctamente en todos los casos.

Volviendo al diagrama de la fig. 1, la opción *grabar* permite crear archivos ASCII con extensión .MOD que pueden ser utilizados como elemento de biblioteca por cualquier simulador eléctrico del tipo SPICE. Estos archivos creados ya contienen las instrucciones necesarias para el simulador, por lo que solo hay que incluirlos en la descripción del circuito a simular. Al seleccionar esta opción se nos pregunta el nombre del transistor (igual al nombre del archivo sin extensión) y el tipo, luego de lo cual se graba el modelo en el directorio actual.

Las opciones *mostrar información acerca del programa*, y *salir* (en el diagrama de la fig. 1) son muy simples por lo que no las comentamos.

Para finalizar una observación sobre la permanencia de los datos y resultados (i.e., los parámetros estimados): estos se mantienen hasta que el usuario los cambie explícitamente o salga del programa. Esto permite por ejemplo calcular el modelo de un transistor, grabarlo en un archivo, luego modificar solo algunos parámetros y grabar el nuevo modelo con *otro nombre* (¡si no se sobrescribe al archivo anterior!), lo que es práctico para transistores que difieren solo en la serie, por ej: BC547-A, BC547-B, etc.

### Requerimientos del sistema

- Corre en cualquier PC IBM compatible bajo DOS 3.0 o mejor.
- Memoria libre mínima requerida: aproximadamente 128 K.
- Soporte display: CGA, EGA, VGA, Hércules.
- Coprocesador matemático: recomendado pero no imprescindible.

### 3. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Franz Sischka, Eine Methode zur Bestimmung der SPICE-Parameter für Bipolare Transistoren. AEÜ, Band 39 [1985], Heft 4.
- [2] Paolo Antognetti, Giuseppe Massobrio, Semiconductor Modelling with SPICE, McGraw-Hill Book Company, 1988.
- [3] MicroSim Corporation, PSpice User's Guide, 1986.
- [4] Intusoft, PRE\_Spice Manual, 1986.
- [5] Millman y Taub, Circuitos de Pulsos, Digitales y de Conmutación, McGraw-Hill Book Company, 1980.
- [6] Borland International, Turbo C User's Guide, 1987.
- [7] Brian Kernighan, Dennis Ritchie, C Programming, Prentice-Hall International, 1978.
- [8] Lessons in C, P.J.Ponzo, Dpt. of Applied Math., Univ. of Waterloo.
- [9] Philips, Field Effect Transistors, Eindhoven, 1982
- [10] Philips, Small-Signal Transistors, Eindhoven, 1982
- [11] Siemens, Discrete Semiconductors for Surface Mounting Data Book, 1987/88.