

Asignatura:

### Física de los Dispositivos Electrónicos

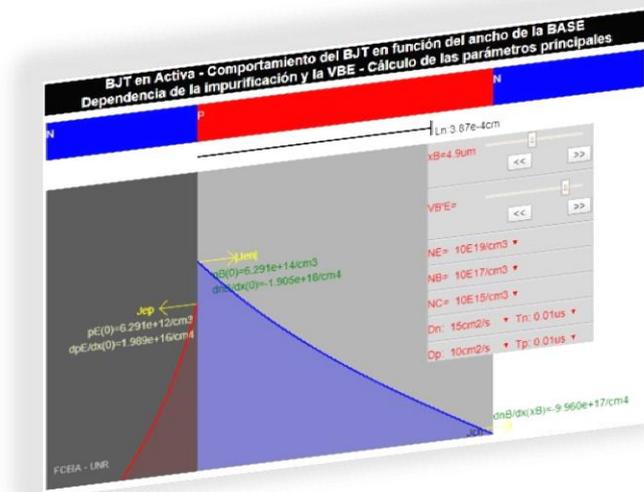
Carrera:

Ingeniería Electrónica

Cuaderno de Ejercicios:

### BJT en Zona Activa

### Comportamiento en Función del Ancho de la BASE



## 1. Fundamentación de la simulación y la práctica

En esta práctica se analizará el diseño constructivo del transistor bijuntura (BJT) que lo ha llevado a ser el primer dispositivo amplificador de la tecnología del estado sólido, reemplazando casi por completo a los elementos de vacío desde hace ya más de medio siglo.

Si bien son muchos los aspectos que están vinculados al funcionamiento del transistor, hay un conjunto de comportamientos propios del dispositivo y otros más generales, que es necesario remarcar ya que se observa que los alumnos lo van asimilando paulatinamente, en sucesivas etapas y con la aplicación de los mismos en diferentes dispositivos.

En primer lugar dentro de la simulación y en la presente práctica, se hace hincapié en los procesos de inyección de portadores y difusión y su relación con las corrientes que estos producen.

En segundo lugar se pone de manifiesto a través del presente recurso las relaciones entre corriente de electrones y huecos en una juntura asimétrica, como así también en la distribución portadores minoritarios en una juntura ante las posibles polarizaciones.

Como se observa los aspectos precedentes pertenecen al bagaje de conocimientos más generales de la física de los dispositivos semiconductores, aunque luego serán aplicados particularmente al BJT.

Una vez que estos conceptos han sido comprendidos, se puede avanzar al descubrimiento del comportamiento específico del BJT. Así veremos que el próximo objetivo será la justificación de la estructura física para que el transistor, en modo amplificador, funcione como tal y no como un modelo de dos diodos separados y en oposición, que es lo podría inferirse a partir de una lectura rápida de la misma.

Finalmente se buscará encontrar la relación que existe entre su funcionamiento físico general y el modelo de Giacoletto o modelo PI, ampliamente utilizado para el análisis de circuitos amplificadores de señal.

## 2. Objetivos generales

- Rever los conceptos previos necesarios para abordar la teoría del transistor bijuntura.
- Analizar el comportamiento físico de un transistor bijuntura en zona activa en función del ancho de la base en comparación con la longitud de los portadores minoritarios.

- Analizar la incidencia de los parámetros físicos, constructivos y de polarización del bjt.

### 3. Objetivos particulares

- Analizar los procesos generales de inyección y difusión de portadores
- Analizar las relaciones de corriente de electrones y huecos en una juntura semiconductor
- Analizar la variación del factor de transporte en función del ancho de la base en relación a longitud de difusión
- Analizar la eficiencia de emisor y su relación con las características constructivas
- Comprender la importancia de los parámetros difusividad y tiempo de vida medio
- Descubrir la dependencia de la corriente de salida con la principal variable eléctrica.
- Relacionar la información brindada por la simulación con el modelo de Giametta

### 4. Descripción del Simulador

El software de la simulación – BJT en zona Activa - se encuentra en el aula virtual y al estar programado en HTML5 corre en navegadores para PC (Chrome, Mozilla, Edge), como así también en dispositivos móviles con Android, iOS o Windows.

La simulación muestra el estado de concentración de portadores minoritarios en las zonas de la base y del emisor de un BJT NPN en zona activa. El tamaño de la base puede modificarse en un rango de valores relativos a la longitud de difusión de los minoritarios, la cual puede también configurarse, obteniéndose diferentes valores en la eficiencia de colección. Así mismo puede cambiarse las condiciones de diseño de la impurificación de las tres zonas para alterar la eficiencia de inyección del emisor.

Además, dado que está polarizado en activa, el programa incluye la modificación de la tensión base-emisor, la cual es la principal variable eléctrica externa que altera el estado de cargas.

Para estos fines la simulación cuenta con los siguientes controles y variables:

#### 4.1. Parámetros de diseño del transistor:

- Ancho de la Base  $x_B$
- Impurificación de la Base ( $N_B$ )
- Impurificación del Emisor ( $N_E$ )
- Impurificación del Colector ( $N_C$ )

- Difusividad de huecos y electrones
- Tiempo de vida medio de huecos y electrones

4.2. Parámetros dependientes:

- Longitud de difusión de electrones
- Función “portadores minoritarios dentro de la base”
- Función “portadores minoritarios dentro del emisor”

4.3. Otros controles:

- Valor de la tensión base-emisor

## 5. Consignas

Realizar un informe, cuya extensión no deberá superar las 1500 palabras (3 páginas), en respuesta a cada uno de los puntos listados a continuación:

- 5.1. Describir la simulación, dando además una definición de cada variable o parámetro mostrado.
- 5.2. Considerar la juntura E-B ¿Cómo se denomina el proceso que lleva a la modificación del número de portadores minoritarios en la zona de emisor y base? ¿A consecuencia de que acción externa se produce dicho proceso? Calcular la relación entre causa y efecto relativo a la acción mencionada.
- 5.3. En la juntura B-E determinar, para los valores por default de los parámetros listados en la zona de controles, la corriente de huecos, la corriente de electrones, la corriente total y el aporte porcentual de cada una, en la unión física. Modificar la impurificación del emisor y repetir. Comentar
- 5.4. Determinar  $J_{ec}$ ,  $\alpha_T$  para los valores por default de los parámetros indicados.
- 5.5. Cuadruplicar el ancho de la base y recalcular.
- 5.6. Cambiar el valor de  $L_n$  y  $x_B$  de manera lograr el máximo valor de  $\alpha_T$
- 5.7. Modificar el valor de  $N_E$  y notar si se modifican los portadores inyectados en la base. ¿Cómo afecta el dopaje de emisor en las corrientes  $J_{ee}$ ,  $J_{ec}$ ,  $J_{pe}$ ?

- 5.8. Definir el valor de  $\gamma$ . Calcular su valor para los parámetros por default. Aumentar NB y recalcular. A partir de los valores iniciales, disminuir NE y recalcular. Dar una conclusión.
- 5.9. ¿Qué coeficiente que intervienen en la determinación del  $\alpha$ , no contempla la simulación?
- 5.10. ¿Cómo calcular en forma aproximada la corriente de base?
- 5.11. Determinar para los valores iniciales, la ganancia de corriente en base común y en emisor común. Repetir para  $x_B=4x_B$  inicial. Repetir para  $NE=NE_{inicial}/100$ .
- 5.12. Para los valores iniciales, determinar la VBE, suponiendo que  $B'=B$ .
- 5.13. A partir de los valores iniciales, aumentar  $V_{B'E}$  y calcular los nuevos valores de  $J_{ee}$ ,  $J_{ec}$ ,  $J_{pe}$ ,  $\gamma$ ,  $\alpha_T$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $V_{B'E}$ .
- 5.14. Determinar la transconductancia del modelo de Giacoletto (adoptando los valores de  $r_{b'c}=\infty$ ;  $r_{ce}=\infty$ ; bajas frecuencias). Comparar con el valor de  $g_m$  calculado de la forma que se sugiere en el TP de Giacoletto.

## 6. Bibliografía

1. Von Pamel, O.; Marchisio, S.; Plano, M. (2010). *Guía de Teoría de la cátedra capítulo 6 y 7*. Edición Digital.
2. Neamen, D. (2012). *Semiconductor Physics and Devices 4ª Edition*. McGraw-Hill.
3. Albella, J.M.; Martínez-Duart J.M.; Agulló-Rueda, F. (2005). *Fundamentos de Microelectrónica, Nanoelectrónica y Fotónica*. Pearson Educación, S.A.
4. Millman, J.; Halkias, C. (1976). *Electrónica Integrada*. Hispano Europea. Barcelona.