

Distintas facetas de una simulación electrónica mediante Electronics Workbench. La integración del conocimiento con el apoyo de mapas conceptuales

Juan José González de la Rosa
*Dpto. Ing. de Sistemas y Automática,
Tecnología Electrónica y Electrónica (Secc. Dptal de
Algeciras).
Escuela Universitaria Politécnica de Algeciras.
Universidad de Cádiz.*

ESQUEMA/SUMARIO

1. INTRODUCCIÓN

2. MARCO TEÓRICO

- 2.1. La necesidad de integrar el conocimiento.
- 2.2. El mapa conceptual como técnica educativa de integración del conocimiento.
- 2.3. "Electronics WorkBench" como herramienta multimedia aplicada a la unificación de conceptos.

3. MARCO EXPERIMENTAL

- 3.1. Sistema electrónico en estudio.
- 3.2. Conocimiento puesto en juego.
- 3.3. Posibilidades del simulador como distintos conceptos. Su integración.

4. CONCLUSIONES. REPERCUSIONES EN EL ALUMNO

5. GLOSARIO DE TÉRMINOS

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS COMENTADAS

PALABRAS CLAVE (ver su definición en el glosario de términos): *aprendizaje significativo, constructivismo, decibelio, diagrama de Bode, EWB, estructura cognitiva, instrumentación virtual, mapa conceptual, modelo de pequeña señal, punto de operación (trabajo) o reposo, simulador de circuitos.*

MATERIAL EMPLEADO

En esta experiencia de integración del conocimiento considero que se trabajaría en óptimas condiciones si se dispusiera en el aula de un ordenador portátil y una pantalla de cristal líquido que nos permitiera realizar la simulación electrónica "in situ". No obstante, los mapas conceptuales elaborados por el profesor y los resultados de las simulaciones se pueden trasladar a transparencias.

OBJETIVOS GENERALES

- * Poner de manifiesto el uso de los mapas conceptuales como elemento didáctico para su uso en la integración del conocimiento utilizando un ejemplo de estudio de un amplificador electrónico.
- * Mostrar al lector el funcionamiento de un circuito amplificador usando el simulador electrónico.
- * Introducir al profesorado en el uso del simulador electrónico como herramienta para mostrar los distintos conceptos teóricos y su relación entre ellos, el conocimiento integrado.
- * Emplear el simulador electrónico para mostrar conceptos electrónicos relacionados con la estructura interna de un dispositivo.

RESUMEN Y ESQUEMA

En este trabajo pretendemos mostrar el empleo de los mapas conceptuales y del simulador de circuitos "Electronics WorkBench" en la enseñanza de la Electrónica usando la técnica de la integración del conocimiento. Pondremos más énfasis en la

instrumentación virtual del simulador y en el modelado de dispositivos, que nos permitirá relacionar características propias del dispositivo (parámetros) con la función que desarrolla en el circuito donde está conectado y las medidas que se obtienen de los instrumentos. El siguiente diagrama conceptual pretende guiar al lector durante el desarrollo del trabajo.

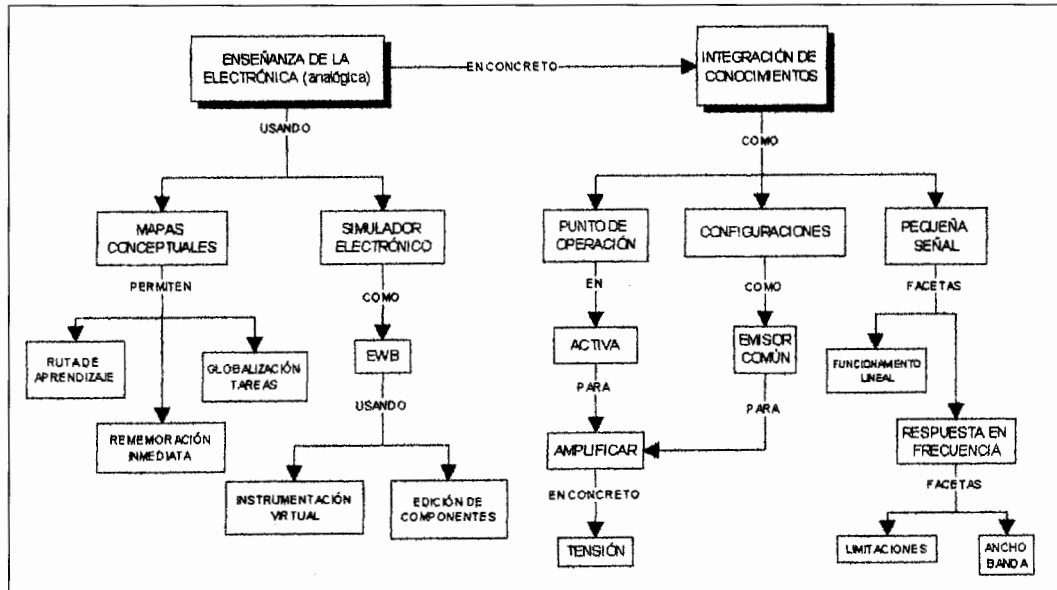


Fig1. Diagrama conceptual del contenido del trabajo.

La forma en sí del diagrama anterior pretende ilustrar desde el comienzo la ventaja de usar los mapas conceptuales como técnica educativa.

1. INTRODUCCIÓN

Cada vez es mayor la tendencia a usar el simulador electrónico como complemento de la formación de los alumnos universitarios de los primeros cursos de Ingeniería, Física, Informática,...(Herreros y Rosado, 1995). Esto se debe a que en el currículum de los alumnos, es necesario contemplar, el uso de los simuladores (Herreros y Rosado, 1995; Rosado, 1995).

Sin embargo, el uso del simulador como herramienta didáctica en el aula está poco extendido. Se trata de aprovechar las posibilidades de un simulador electrónico para el mayor aprovechamiento de la clase, y utilizarlo en el aula para mostrar *en tiempo real* el funcionamiento de un circuito en sus distintas "facetas" y la relación existente entre ellas, lo que constituye un modo eficiente de *integrar el conocimiento* ya que nos permitiría poner de manifiesto todo lo aprendido con una gran eficacia.

Los mapas conceptuales como técnica de enseñanza eminentemente práctica nos servirán para trazar la *ruta de aprendizaje* que los alumnos deberían tomar (Novak y Gowin, 1984). De esta forma todos los distintos aspectos que la simulación del circuito aborda se verían más relacionados entre sí y los alumnos encontrarían más sentido a lo aprendido en clases precedentes.

En el ejemplo que abordaremos en este trabajo no se pretende introducir al lector en el manejo del paquete integrado EWB (Electronics WorkBench) (L. Rosado y J. R. Herreros trataron dicho aspecto en una comunicación, septiembre de 1996). La principal intención es usar EWB para enseñar, mostrando sus virtudes al respecto.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. La necesidad de integrar el conocimiento.

Los densos temarios de las asignaturas se convierten a menudo en un problema para el docente. Por un lado, los alumnos olvidan los conceptos adquiridos en los primeros temas para centrar su atención en el tema que se está explicando en ese

momento. Esto impide en numerosas ocasiones que el alumno pueda relacionar conceptos de temas anteriores con los que en ese momento trata de asimilar y que, de recordarlos, pueden además favorecer el proceso de aprendizaje de los nuevos. Además, en la mayoría de las ocasiones, es necesario que se establezcan vínculos de unos conceptos con otros para construir niveles de conocimiento aún mayores y que dan lugar a los objetivos de la asignatura. Por otra parte, las numerosas asignaturas que cursan los alumnos impiden a éstos dedicar el tiempo necesario para la correcta asimilación de conocimientos, o al menos para poder situarse en el transcurso de una explicación y poder intuir el propósito del profesor en su exposición. Más aún, si entre los objetivos que el profesor propone no figurara la relación entre los conceptos nuevos y los anteriores muchos alumnos no lograrían integrar los conocimientos adquiridos a lo largo de todo el curso.

En esta línea es preciso *potenciar la integración del conocimiento*, es decir, la relación existente entre unos conceptos y otros. Esta relación es en numerosas ocasiones fundamental para el entendimiento de los propósitos de la asignatura y para la consecución de estos objetivos por parte del alumno. Por otra parte, establecer una relación entre los distintos capítulos de una asignatura permite a los alumnos madurar en su forma de estudiar. Esto favorecería que en un futuro fueran capaces de abordar tareas profesionales de una forma global, lo que les permitiría el éxito en menos tiempo.

Como docentes contamos con técnicas didácticas para llevar a buen puerto nuestros propósitos. El microordenador en la enseñanza universitaria como complemento a la formación de los alumnos y su uso en prácticas de laboratorio es una herramienta habitual (Rosado y Herreros, 1995), pero se le puede dar un uso en el propio aula como medio para mostrar todo lo aprendido e ilustrarlo con ejemplos concretos de circuitos electrónicos. El uso del simulador combinado con la técnica de los mapas conceptuales puede lograr que el alumno *integre el conocimiento*, unifique todos los conceptos adquiridos a lo largo de un tema o de una asignatura.

2.2. El mapa conceptual como técnica educativa de integración del conocimiento.

Los mapas conceptuales son sistemas de elaboración de esquemas mentales de aprendizaje (Novak y Gowin, 1984). Constituyen una forma de representar los conceptos involucrados en el desarrollo de una explicación en clase o de una jornada de estudio. Estos conceptos se suelen encerrar en óvalos u otro tipo de figura geométrica. Los conceptos se unen unos con otros mediante flechas y nexos de unión, que son palabras que permiten al lector entender mejor la relación entre dos conceptos (véase el mapa conceptual que pretende resumir el desarrollo de este trabajo). Entre las principales aplicaciones de estos diagramas conceptuales cabe destacar, por su relación con este trabajo, las siguientes:

* Exploración de lo que los alumnos ya saben. El factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que los alumnos ya saben (Ausubel, 1968). Los alumnos deben relacionar el nuevo conocimiento con los conocimientos relevantes que ya poseen, y para facilitar esta relación profesor y estudiante deben conocer el *punto de partida conceptual* (Novak y Gowin, 1984). Sin duda los mapas conceptuales constituyen un elemento simple y funcional que ayuda a recordar lo que se sabe y a relacionarlo con lo nuevo.

* El trazado de una ruta de aprendizaje. Sin duda es esta la aplicación que potenciaré en el ejemplo de puesta en práctica. Cuando se está tratando un tema donde la densidad de conceptos es enorme es fundamental dirigir la explicación de forma que los alumnos vayan asimilando los conceptos de forma escalonada y en su orden más lógico. El mapa conceptual muestra a los alumnos el camino a seguir. Además, permite a éstos realizar *navegaciones mentales* ya que es fácil retornar a conceptos anteriores para afianzar un vínculo con un concepto nuevo, o hacer un resumen de todo lo estudiado sin más que echar un vistazo al diagrama conceptual.

En este trabajo la ruta de aprendizaje es fundamental para adjudicar a cada experiencia desarrollada con el simulador uno de los conceptos de nuestro mapa, y relacionar éste con otros conceptos y, por tanto, con otras facetas de la simulación. Por ejemplo, considerar las *capacidades internas* de un transistor es trabajar con su *modelo equivalente para señal débil*, pero en esto está implícito que estamos realizando un estudio del amplificador a *altas frecuencias*, lo cual, a su vez, nos hace pensar en una respuesta en frecuencia tipo *paso-baja*,...y así podríamos seguir, añadiendo conceptos (o distintos aspectos dentro la simulación).

2.3. "Electronics Work-Bench" como herramienta multimedia aplicada a la unificación de conceptos.

No es el propósito de este trabajo ofrecer una introducción al manejo de EWB (realizada por Rosado y Herreros en 1996, en comunicación personal). Al lector le bastará ver cuál es el aspecto de la pantalla de presentación, que se muestra en la figura 4. El objetivo es destacar algunas características que permiten mostrar la unificación de conceptos, es decir, todo lo que un alumno (o el lector) pudiera aprender durante varias horas de clase se mostraría en poco tiempo gracias a las prestaciones del simulador electrónico.

En primer lugar, la interfaz con el usuario permite a éste el fácil manejo del programa, ya que en ella aparecen todos los recursos disponibles y el usuario selecciona los que interesan mediante el desplazamiento del ratón y la pulsación de sus botones (Rosado y Herreros, 1996).

Los recursos más destacados de EWB para poder integrar el conocimiento son las áreas de dispositivos o librerías y de instrumentación. La posibilidad de editar un dispositivo mediante un simple *doble clic* con el botón izquierdo del ratón permite realizar el modelado rápido del componente y ver como repercute dicho modelado en el circuito donde está inmerso. Por otra parte, los distintos instrumentos abren por sí mismos un nuevo campo de conceptos, los relacionados con la instrumentación electrónica, aunque sea considerada ésta a nivel básico. Como ejemplo de esto último cabe destacar que usar el osciloscopio de EWB implica conocer el manejo elemental de uno real: cómo manejar la base de tiempos y como realizar las lecturas de niveles de voltaje e intervalos temporales de interés como puede ser el período de una onda senoidal. Incluso se puede utilizar EWB para aprender a manejar el osciloscopio. Los instrumentos son de fácil manejo y se permite la conexión de varios al mismo tiempo. En el área de dispositivos o librerías disponemos de otros instrumentos más sencillos, *indicadores*, que permiten al usuario realizar cuantas medidas quiera de voltajes y tensiones, modificando la orientación de sus terminales para facilitar su colocación.

Para integrar el conocimiento debemos ser rápidos y eficientes en el manejo de la herramienta multimedia. Además, deberíamos tener la posibilidad de mostrar simultánea y claramente resultados de varios aspectos de la simulación pero relacionados entre sí. EWB permite al docente actuar de este modo. Incluso permite reproducir una sesión de trabajo en un laboratorio ya que los instrumentos de medida y los indicadores se muestran conectados al circuito, lo cual permite fácilmente ver qué estamos midiendo con cada uno de ellos. En resumen, en el *área de trabajo* se pueden mostrar muchas cosas a la vez.

En el apartado siguiente pondremos esto de manifiesto detallando cómo se realiza la edición del transistor bipolar y mostrando, en los sucesivos pasos de la simulación, la utilización de los instrumentos.

3. MARCO EXPERIMENTAL

3.1. Sistema electrónico en estudio.

El sistema electrónico seleccionado es un *amplificador en configuración de emisor común*.

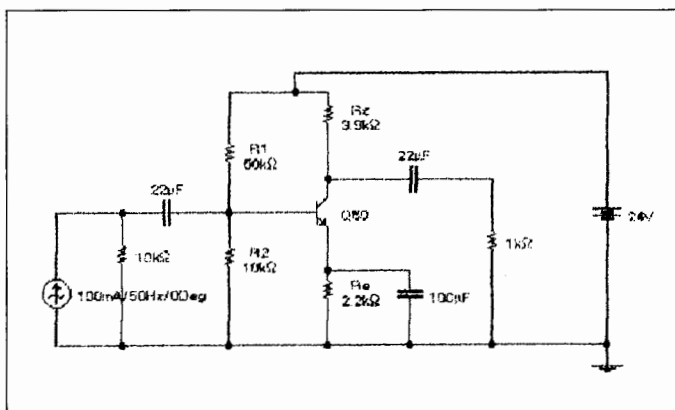


Fig. 2. Amplificador en emisor común usado en el ejemplo.

Al amplificador se le aplica una pequeña señal en la base en forma de fuente de corriente senoidal. Esta corriente origina una tensión en la base que el circuito se encargará de amplificar. La configuración circuital se muestra en la figura 2. En ella podemos apreciar el dispositivo transistor (elemento amplificador de señales) rodeado de los componentes electrónicos restantes, resistencias y condensadores, que constituyen la circuitería externa. No debe el lector preocuparse por no conocer el circuito, sino por cómo funciona. Para ello mostramos las distintas facetas de la simulación electrónica. Lo interesante es ver, por ejemplo, cuál es la onda de salida para una entrada especificada.

Se ha escogido este sistema por diferentes razones. En primer lugar, el estudio del dispositivo transistor bipolar de unión engloba muchos aspectos, desde el punto de polarización hasta la respuesta en frecuencia. Por otra parte, la configuración de emisor común es capaz de amplificar tensión, faceta que también se quiere mostrar.

Por último destacar que todos los elementos que componen el circuito desarrollan una misión, y cada misión implica uno o varios conceptos. El lector podrá relacionar los elementos con los conceptos en el siguiente apartado.

3.2. Conocimiento puesto en juego.

El siguiente mapa conceptual permitiría, como se dijo antes, que el alumno supiera en todo momento cuál es la situación

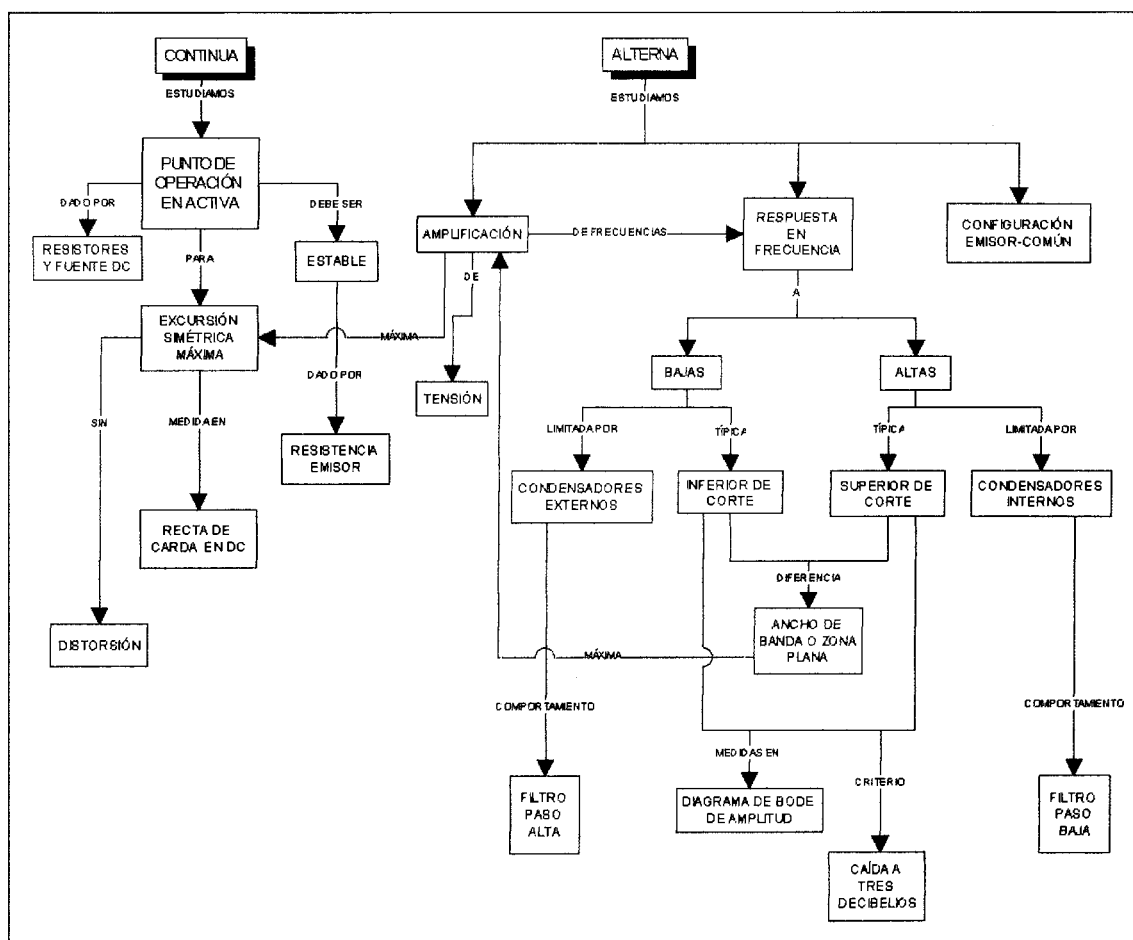


Fig. 3. Mapa conceptual para la sesión de trabajo con EWB.

del concepto que se está tratando entre la totalidad del conocimiento que pudiera englobar un capítulo. Además, el establecimiento de relaciones entre unos conceptos y otros se facilitaría de manera notable.

Para ilustrar el uso de este mapa conceptual nos basta con un ejemplo. Supongamos que se quiere mostrar la limitación a bajas frecuencias que presenta el circuito. Gracias al mapa, el alumno recordaría que los elementos responsables de esta limita-

ción son los condensadores externos, que la frecuencia característica se llama *inferior de corte*, que el criterio para identificarla en el osciloscopio es contabilizar una caída de 3 decibelios respecto de la zona plana y que el circuito se comporta en esta banda de frecuencias como si fuera un *filtro paso-baja*.

3.3. Posibilidades del simulador como distintos conceptos. Su integración.

En este apartado mostramos todas las facetas de la simulación que el profesor pondría de manifiesto en una sesión de trabajo con EWB.

En primer lugar, se mostrarían las dos versiones del mismo circuito, para corriente continua (en la cual aparece el punto de operación medido por los *indicadores*) y para corriente alterna donde, superpuesto al punto de operación, se considera la acción de una fuente de corriente senoidal de pequeña amplitud y que proporcionará la señal de entrada al amplificador que se va a amplificar. En este segundo circuito aparecen ya los elementos que aíslan el punto de operación, los condensadores externos.

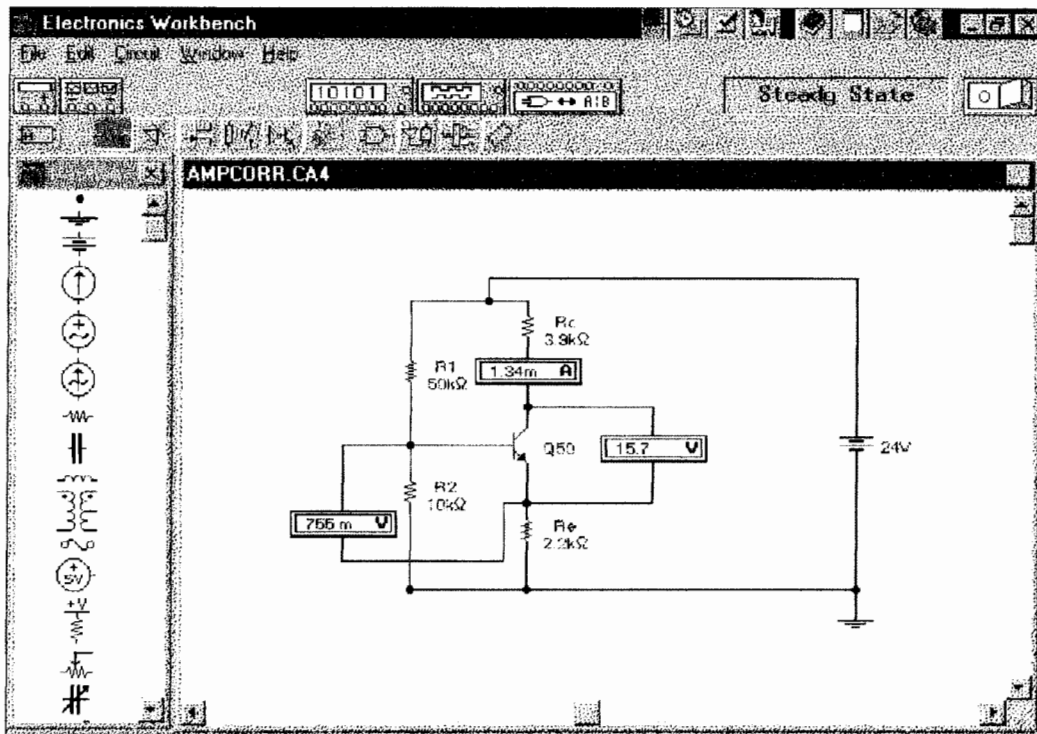


Fig.4. Pantalla principal de EWB 4 y circuito para corriente continua mostrando el punto de reposo.

En el segundo circuito podremos apreciar la situación de los instrumentos. Una vez el circuito ha sido *activado*, realizando un *doble clic* sobre el instrumento podremos maximizarlo y trabajar con él como si se tratara de un instrumento real (en realidad es un instrumento virtual). En realidad son los instrumentos los que nos permiten mostrar todos los conceptos adquiridos en teoría. El *osciloscopio* nos permitirá observar las principales diferencias existentes entre salida y entrada, esto es, la mayor amplitud de la primera con respecto a la segunda y el desfase existente entre ambas debido a la configuración que se está usando (emisor común, salida en el colector con desfase de 180°) y a los condensadores externos que hacen que la función de transferencia (analizada en una clase teórica) no sea real pura, sino compleja). El *trazador de Bodes* nos permitirá

disponer de dicho diagrama, en el cual podremos medir ganancias y frecuencias de corte. Moviéndonos con sus cursores y leyendo los valores de ganancia y frecuencia podremos afinar en el cálculo de las frecuencias características de la banda del amplificador.

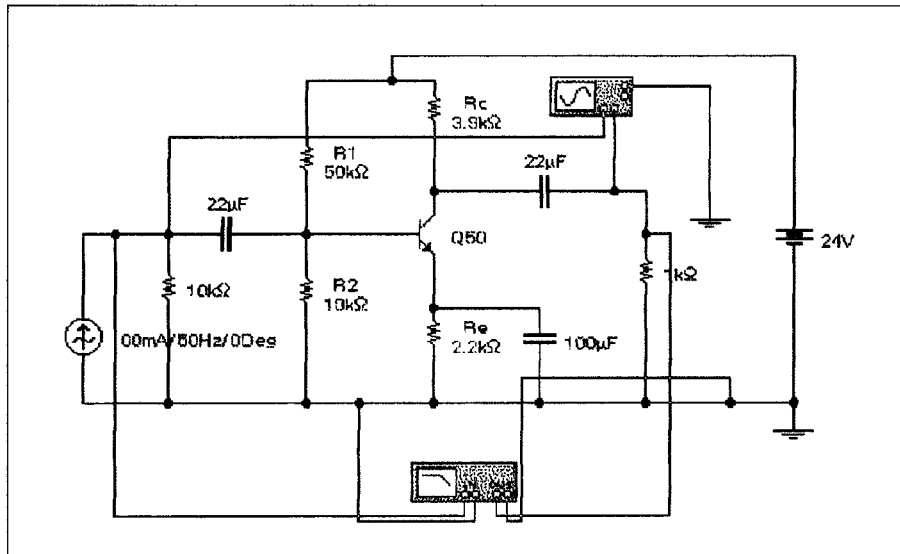


Fig.5. Circuito para amplificación de pequeña señal donde podemos apreciar los instrumentos.

Activado el circuito, mostramos los instrumentos. Empezamos con el osciloscopio.

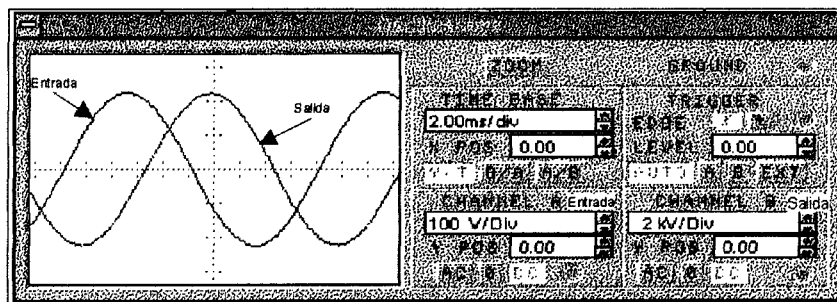


Fig. 6. Osciloscopio de EWB. Observar que en la salida tenemos más voltios por división, es decir, existe una amplificación de la entrada.

Continuamos con el diagrama de Bode. En la siguiente figura aparece dicho diagrama en el que mostramos las facetas más características.

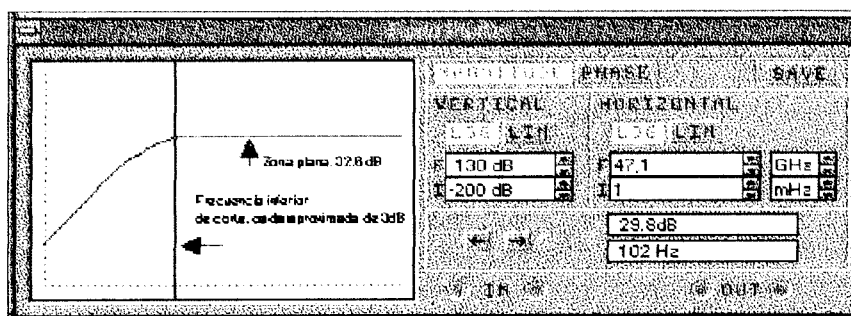


Fig. 7. Diagrama de Bode mostrando la zona plana y la frecuencia inferior de corte.

La situación de la figura anterior muestra la situación de cálculo para la frecuencia inferior de corte. En el punto de medida estamos en la situación de una caída de tres decibelios respecto de la zona plana.

Hasta ahora el alumno ha podido comprobar la influencia de los condensadores externos en la respuesta en frecuencia. Sabemos que el transistor presenta capacidades internas que limitan la banda a altas frecuencias. Para ilustrar este fenómeno debemos editar el transistor ideal que hemos usado y asignar valores a estas capacidades. La simplicidad con que se puede realizar la edición del componente es otra de las ventajas de EWB. Sin más que realizar un *doble clic* en el dispositivo y escoger la opción "EDIT" podemos asignar parámetros. La siguiente figura muestra la ventana del modelo del transistor con la mayor parte de los parámetros.

NPN Transistor Model 'ideal'		
Saturation current (Is):	1e-16	A
Forward current gain coefficient (BF):	50	
Reverse current gain coefficient (BR):	0.96	
Base ohmic resistance (rb):	0	Ω
Emitter ohmic resistance (re):	0	Ω
Collector ohmic resistance (rc):	0	Ω
Substrate capacitance (Cs):	0	F
Zero-bias B-E junction capacitance (Ce):	2e-12	F
Zero-bias B-C junction capacitance (Cc):	2e-12	F
B-E junction potential (ve):	0.75	V
B-C junction potential (vc):	0.75	V
Forward transit time (τF):	0	s
Reverse transit time (τR):	2	s
B-E junction grading coefficient (me):	0	
B-C junction grading coefficient (mc):	0	
Early voltage (VA):	50	V
Base-Emitter Leakage Saturation Current (Ise):	0	A

Fig. 8. Ventana para la edición del transistor ideal QB50.

La siguiente figura muestra la limitación en banda que los condensadores internos introducen (la respuesta a altas frecuencias prácticamente no se ve alterada por C_{BE}).

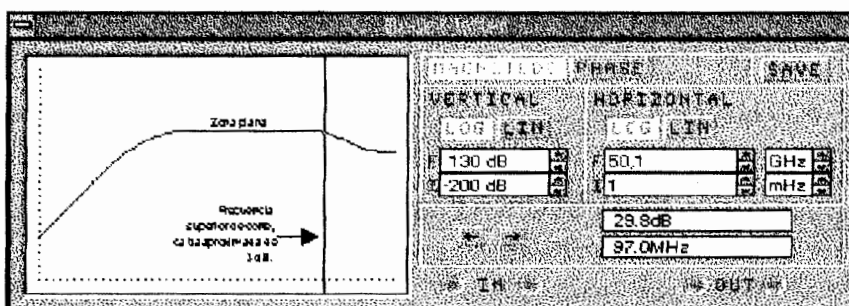


Fig. 9. Situación de medida de la frecuencia superior de corte.

Hemos asignado una capacidad de 2 picofaradios a los condensadores del modelo equivalente para altas frecuencias entre base y emisor (B-E) y entre base y colector (B-C). En realidad es éste el que verdaderamente limita la banda. Esto se puede comprobar asignando al primero una capacidad de 0 faradios y dejando al condensador B-C con el valor anterior. Los alumnos pueden así recordar el *efecto Miller*, por el cual el condensador B-C va a constituirse en el verdadero protagonista de la limitación a altas frecuencias.

El ancho de banda del amplificador se puede mostrar por tanto como consecuencia de las no idealidades. En primer lugar, los condensadores externos no se comportan como cortocircuitos e introducen la limitación a bajas frecuencias. Por otra parte, conforme el transistor se acerca a la realidad se pueden ver sus limitaciones de funcionamiento; en este caso vemos la limitación introducida a altas frecuencias por la no nulidad de las capacidades internas. La siguiente figura mostraría a los alumnos cuál es la zona donde los componentes anteriores no introducen limitaciones, el ancho de banda del amplificador. Este se obtiene teóricamente como diferencia de las frecuencias de corte.

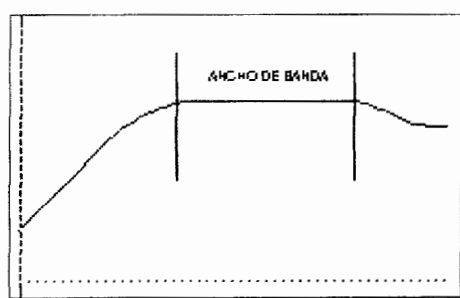


Fig.10. Ancho de banda del amplificador.

De esta forma hemos conseguido en poco tiempo realizar un resumen de todo lo estudiado en relación con un amplificador en configuración de emisor común. Este método puede influir decisivamente en el posterior aprendizaje de los alumnos.

4. CONCLUSIONES. REPERCUSIONES EN EL ALUMNO

En primer lugar, el procedimiento docente anterior proporciona al alumno un sumario diáfano de lo aprendido con anterioridad. De esta forma los conocimientos se afianzan de forma más notable y se acoplan más sólidamente a la *estructura cognitiva* del alumno. El *aprendizaje* es así más *significativo*.

Por otra parte, si hemos escogido este procedimiento con anterioridad a la exposición teórica, estaremos mostrando a los alumnos el camino a seguir, *la ruta de aprendizaje*, pero con el complemento enriquecedor de *imágenes expertas*. Estas imágenes las muestra el simulador gracias a la instrumentación virtual. Si además hemos pedido a los alumnos que elaboren previamente un mapa conceptual para que exterioricen lo que ya saben (Novak y Gowin, 1984) la ruta será seguida por aquellos con mayor facilidad.

5. GLOSARIO DE TÉRMINOS

Aprendizaje significativo. Es el aprendizaje que se logra cuando el estudiante incorpora los nuevos conceptos a los ya asimilados formando el conjunto total una estructura superior en su almacén de conocimientos. Se produce aprendizaje significativo pues cuando el alumno relaciona lo aprendido con lo que está aprendiendo. Este regla, relacionar lo nuevo y lo asimilado, enriquece la base de conocimientos del alumno.

Constructivismo. Teoría que estudia el proceso enseñanza-aprendizaje que sostiene que la construcción de nuevos conocimientos depende en gran medida de los ya adquiridos.

Decibelio. Unidad de medida para mostrar la magnitud de una función de transferencia a una determinada frecuencia.

Diagrama de Bode. Representación gráfica de la función de transferencia de un sistema en decibelios frente al logaritmo en base diez de la frecuencia (diagrama de amplitud), o representación de la fase de dicha función respecto del logaritmo de la frecuencia (Bode de fase).

EWB. Siglas del simulador electrónico *Electronics Workbench*. Es un paquete integrado diseñado por la empresa Interactive Image Technologies Ltd.

Estructura cognitiva. Representación mental que el alumno posee de los conocimientos adquiridos y que se modifica cada vez que se adquieren conocimientos nuevos de acuerdo con la teoría del aprendizaje significativo.

Instrumentación virtual. Conjunto de instrumentos de medida electrónicos y/o eléctricos que imitan el funcionamiento real de los mismos en un laboratorio. EWB posee entre otros multímetro, osciloscopio y trazador de diagramas de Bode.

Mapa conceptual. Sistema de elaboración de esquemas mentales de aprendizaje. Entre otras aplicaciones permite al alumno trazar la ruta de aprendizaje, y al profesor establecer un contacto directo con la estructura cognitiva del alumno.

Modelo de pequeña señal. Circuito eléctrico que modela el comportamiento del transistor con muy poco error cuando las variaciones en la corriente de colector son muy pequeñas en torno al valor del punto de operación. Entonces el comportamiento del transistor puede considerarse aproximadamente lineal.

Punto de operación, trabajo o reposo. Variables de tensión y de corriente que describen el estado electrónico de un dispositivo. Este punto puede condicionar el funcionamiento de un dispositivo. Por ejemplo, el transistor bipolar de unión debe polarizarse en la región de activa directa para que funciona como amplificador.

Simulador de circuitos. Programa informático que pretende emular el comportamiento de un circuito electrónico (analógico y/o digital).

BIBLIOGRAFIA

– **C. J. SAVANT, MARTIN S. RODEN, GORDON L. CARPENTER.** California State University, Long Beach. *Diseño Electrónico. Circuitos y Sistemas.* Addison-Wesley Iberoamericana. 2ª Edición (1992).

Se centra en el estudio de las aplicaciones de los sistemas electrónicos sin perder de vista los fundamentos. Potencia la imaginación ya que al ser las aplicaciones fuertemente cambiantes con el tiempo (evolución de las tipologías circuitales) los autores pretenden que los lectores se preparen para abordar futuras aplicaciones de futuros sistemas.

– **DONALD L. SCHILLING, CHARLES BELOVE.** *Circuitos Electrónicos: discretos e integrados.* Marcombo, Boixareu Editores. Barcelona, (1978).

Podemos encontrar en esta obra un análisis de numerosos circuitos amplificadores que conforman la base de la Electrónica Moderna. Fundamentalmente enfocado al análisis.

– **G. C. LODEDAY.** (1996). *Diseño de Hardware Electrónico.* Paraninfo.

Obra de Electrónica enfocada al diseño basado en la experiencia y que motiva especialmente al sistema desde un punto de vista funcional antes de abordar la tarea de diseño propiamente dicha.

– **JACOB MILLMAN.** *MICROELECTRÓNICA. Circuitos y Sistemas Analógicos y Digitales.* 5ª Edición. (1989). Editorial Hispano Europea. Barcelona. España.

Texto de Ingeniería Electrónica pensado para físicos, ingenieros y científicos que deseen poner al día sus conocimientos en el campo de la microelectrónica. Centrado en el análisis y diseño. Los resultados de los análisis siempre están relacionados con

reglas que se pueden asumir como normas de diagnóstico cuando analizamos las causas que pueden repercutir en el valor de una magnitud de una configuración, como ganancias de tensión y corriente, o impedancias de entrada o salida, o anchos de banda.

- **MALVINO, ALBERT PAUL.** (1995). *Principios de Electrónica*. McGraw-Hill.
Obra de Electrónica que da prioridad al razonamiento cualitativo y funcional de los circuitos electrónicos ante el enfoque exclusivamente matemático al que estamos acostumbrados en la Ingeniería.
- **NOVAK JOSEPH D. y GOWIN D. BOB.** (1988). *Aprendiendo a Aprender*. Martínez Roca. Barcelona.
Esta obra presenta una reforma en la metodología de la enseñanza con dos prácticas técnicas:
Los *mapas conceptuales*, o sistema de elaboración de esquemas mentales de aprendizaje.
La *UVE heurística*, técnica que permite enfocar una cuestión y permite desarrollar sus aspectos conceptuales teóricos y su metodología.
- **PAUL R. GRAY, ROBERT G. MEYER.** (1980). University of California. Berkeley. *Analysis and Design of Analog Integrated Circuits*. Second edition. John Wiley and Sons.
Esta obra aborda con profundidad el diseño analógico integrado, estableciendo una conexión con las tecnologías existentes de fabricación de dispositivos. También trata el estudio de ruido y sensibilidad propios de los circuitos integrados y técnicas para eliminarlo.
- **ROSADO, L. y Colaboradores.** (1992, 1993, 1994, 1995). *Didáctica de la Física y sus nuevas tendencias*. Madrid: UNED.
Estos libros contienen un enriquecedor conjunto de trabajos relacionados con numerosos campos como la Física, Electrónica... (desde un punto de vista didáctico), entre los que cabe destacar los realizados sobre procesos de aprendizaje.
- **ROSADO, L. y HERREROS RODRÍGUEZ, J. R.** (1996) *Enseñanza de la Electrónica Analógica y/o Digital en el nuevo Sistema Educativo: PSPICE y EWB*. Actas X Congreso sobre Didáctica de la Física, Microelectrónica, Microordenadores y Astronomía para Profesores. Madrid: UNED.