

CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS DE LA ENSEÑANZA DE LA ELECTRÓNICA.

J.Valls, V.Llarío y T.Sansaloni
Escuela Universitaria de Gandía
Dto. Ingeniería Electrónica
C/. Nazaret-Oliva s/n
46730 Grao de Gandía
Tlf:96-2849317
Fax:96-2849309
e_mail:jvalls@eln.upv.es

RESUMEN Se concreta un método para la preparación y desarrollo de las clases teóricas de Electrónica Analógica utilizando la herramienta de CAD electrónico PSPICE, y se exponen unos ejemplos que ilustran cómo utilizar dicha herramienta en la preparación de las clases. Este método responde a la filosofía de los nuevos planes de estudio, que con un mínimo coste de clases magistrales forman convenientemente al alumno de cara al mundo de la práctica. Nosotros lo hemos aplicado ya desde los primeros cursos y podemos afirmar que nos sentimos satisfechos de la respuesta observada en el alumnado.

1.- METODOLOGÍA

En muchos libros de electrónica así como en el material docente que se prepara para impartir la lecciones magistrales, se suele recurrir a la exposición gráfica de los resultados. Por ejemplo, la explicación de qué es el *slew rate* en un amplificador operacional suele iniciarse con su definición; tras ésta se escribe su fórmula en la pizarra o en una transparencia y, por último, se dibuja una gráfica en donde se muestra su efecto. No pretendemos cambiar el orden de dicha explicación, ni siquiera prescindir de los tres elementos citados (definición, fórmula y gráfica), pretendemos darle forma a estos elementos, estructurar su presentación e introducir la herramienta de simulación PSPICE para la exposición de los resultados. Quede constancia de que la introducción de esta herramienta de simulación no es un capricho con el que conseguir gráficas más vistosas sino que es la forma de dar autenticidad a las explicaciones, conseguir que el alumno comprenda y compruebe desde la primera vez que se le da a conocer un componente cuales son sus características, limitaciones y los efectos que lo alejan de la idealidad.

¿Cómo prepararíamos una clase utilizando estas herramientas?

La mayor parte de los contenidos de la Electrónica Analógica pueden dividirse en dos grupos: A) Los que son susceptibles de realizar un análisis exacto y/o fácilmente asimilables por el alumno; por ejemplo, el análisis de circuitos RC, circuitos básicos con el AO, etc; B) Los que requieren un análisis difícil y tedioso o de tantas suposiciones que el alumno tiene la impresión de que el circuito resultante poco se parece al inicial. Este sería

el caso del estudio de amplificadores con transistores, de las técnicas de realimentación, del amplificador operacional como elemento real, etc.

Para abordar los temas que se engloban dentro de cada uno de esos dos grandes bloques proponemos dos métodos diferentes (ver diagrama de bloques de la figura 1).

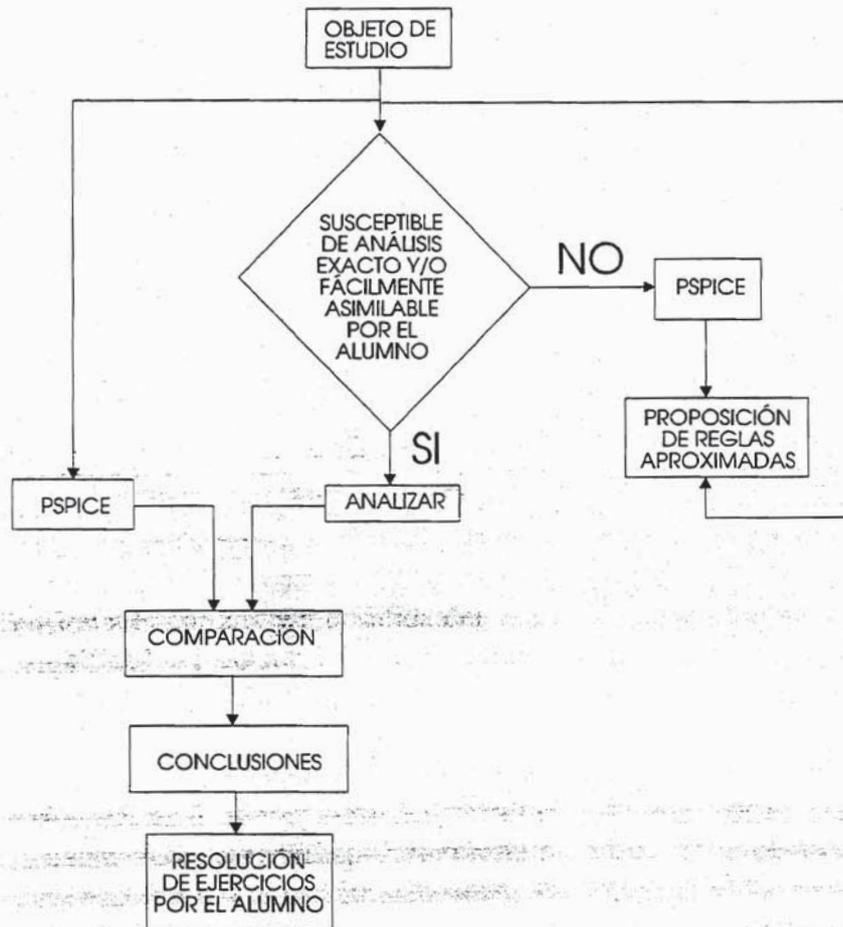


Figura 1.- Diagrama de bloques del método.

Si el objeto de estudio está dentro del bloque A, es decir, es susceptible de ser analizado fácilmente con las garantías suficientes de que el alumno lo asimile, se procede a su análisis y posteriormente a su simulación, llegado a este punto contrastamos ambos resultados para formular las conclusiones pertinentes. Si por el contrario, el objeto de estudio se enmarca dentro del bloque B y, por tanto, o no es fácil realizar su análisis o se tendrían que realizar tantas suposiciones que el alumno podría perder el sentido de lo que se está haciendo, se pospone el análisis y se procede directamente a la simulación PSPICE con el objetivo de sacar conclusiones y que el alumno se haga un esquema mental de comportamiento o funcionamiento que le ayude a comprender las suposiciones o el análisis que, posteriormente, se llevará a cabo.

Quisiéramos hacer énfasis en esta fase de simulación previa al análisis. Dentro del bloque de difícil resolución analítica encontramos temas que han de ser tratados de diferente forma. Hay situaciones en las que se requiere saber cómo afecta la variación de alguno de los parámetros al funcionamiento global del circuito, para ello realizamos una simulación paramétrica, mostrando en una misma gráfica las diferentes curvas obtenidas al variar dicho

parámetro, es inmediato obtener conclusiones observando la tendencia de la variación; estas conclusiones llevan al alumno a construirse un esquema mental o un modelo sencillo de comportamiento. En otras circunstancias no interesa estudiar la influencia de la variación de algún parámetro sino una característica concreta de algún componente (por ejemplo, el *offset* en un AO), en estos casos la utilidad de la simulación está en que al presentar el resultado gráfico de la simulación el alumno comprende mejor su problemática que si hubiera sido únicamente explicada verbalmente por el profesor. No hay que olvidar que una imagen vale más que mil palabras.

2.- EJEMPLOS: EL AMPLIFICADOR OPERACIONAL REAL

A continuación se va a presentar un par de ejemplos con los que se ilustra la metodología anteriormente expuesta. Ambos hacen referencia a características concretas del amplificador operacional real.

2.1.- Corriente de salida de un AO.

Aunque muchos fabricantes no incorporan este parámetro del AO en sus hojas de características es de suma importancia para el diseño de circuitos. Explicar verbalmente este parámetro es bastante sencillo, sin embargo esta explicación se refuerza sobremanera si se incluye el ejemplo apropiado.

Ejemplo: En la figura 2 se muestra un amplificador no inversor con ganancia 100 ($R_1 = 1k\Omega$ y $R_2 = 100k\Omega$), el AO utilizado es el $\mu A741$ que tiene una corriente máxima de salida $I_{o,max} = 25mA$, a la entrada se introduce una señal senoidal, V_i , de amplitud $0.13V$ y frecuencia $1kHz$. Se realiza una simulación paramétrica donde el parámetro que se varía es la resistencia de carga R_L , que toma los valores $1k\Omega$, 250Ω y 100Ω .

Resultado: En la figura 3 se muestra el resultado de la simulación donde observamos claramente que la señal de salida del AO está recortada debido a que ofrece a la carga su corriente máxima de salida. Con los valores de la tensión que se ofrecen en la gráfica es fácil demostrar que en el caso en el que $R_L = 1k\Omega$ no se supera el valor máximo de corriente y en los otros casos que la corriente que está circulando por la carga es precisamente $I_{o,max}$.

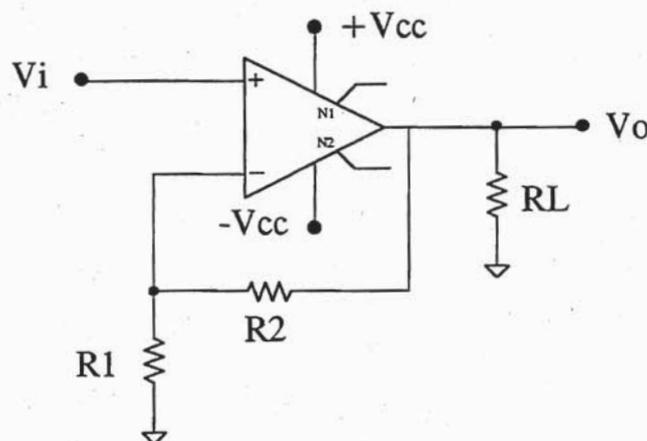


Figura 2.- Amplificador no inversor con resistencia de carga R_L .

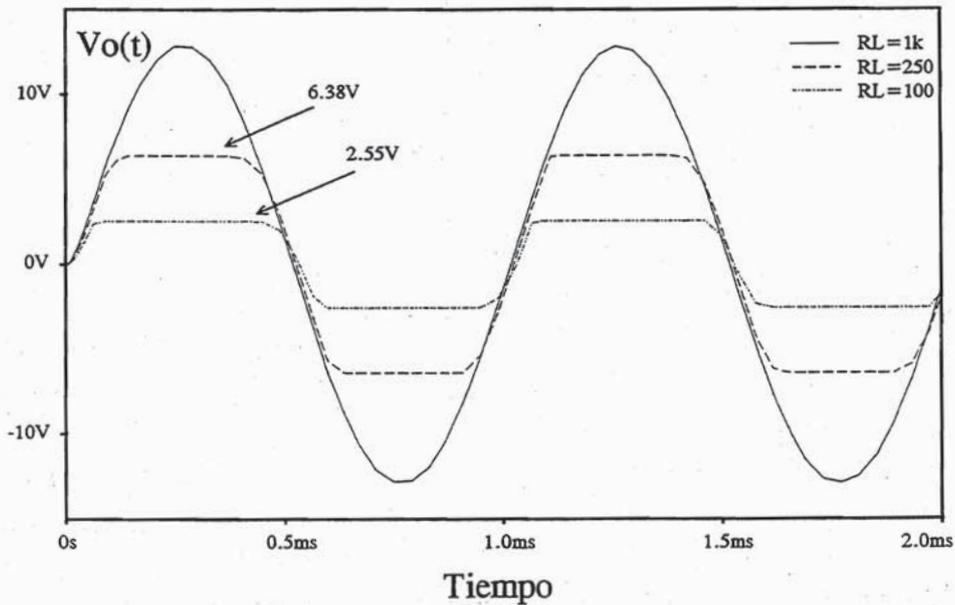


Figura 3.- Tensión de salida del AO para $R_L=1k$, 250Ω y 100Ω .

2.2.- Tensión de *offset*.

Al explicar qué es la tensión de *offset* podemos plantearnos la siguiente pregunta ¿qué puede ocurrir si no se anula la tensión de *offset* a la entrada? Para responderla sugerimos el siguiente ejemplo.

En la figura 4 se ilustra un amplificador inversor implementado con el AO AD817 cuya tensión de *offset* es 0.5 mV , su ganancia de tensión es $A_v=1000$ ($R_1=50\Omega$, $R_2=54k\Omega$, y $R_L=2k\Omega$), a la entrada se introduce una señal senoidal con amplitud 13.5 mV y frecuencia 100 Hz .

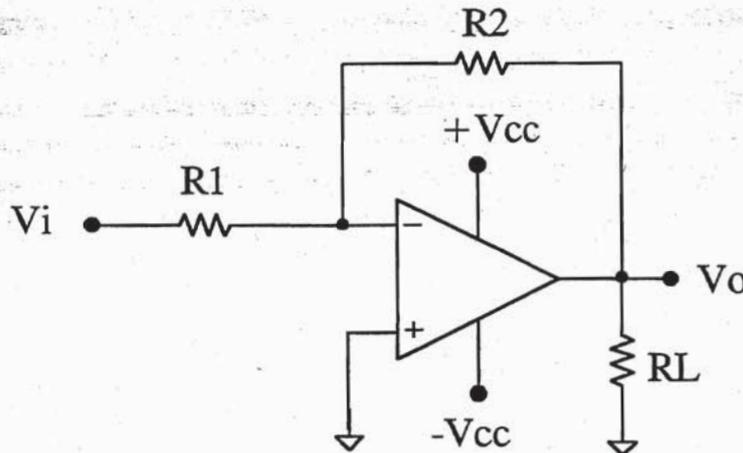


Figura 4.- Amplificador inversor.

Para comprender la problemática de la tensión de *offset* cabe, además, plantear la siguiente fórmula que relaciona la tensión de *offset* a la entrada y a la salida del amplificador:

$$V_o(\text{offset}) = \Delta v \cdot V_i(\text{offset})$$

Conclusión: En la figura 5 se muestra el resultado de la simulación. Se puede observar que la tensión de salida del amplificador está recortada debido a que tiene superpuesto un nivel de continua de valor $V_{o,out} = A_v \cdot V_{o,in} = 0.5V$.

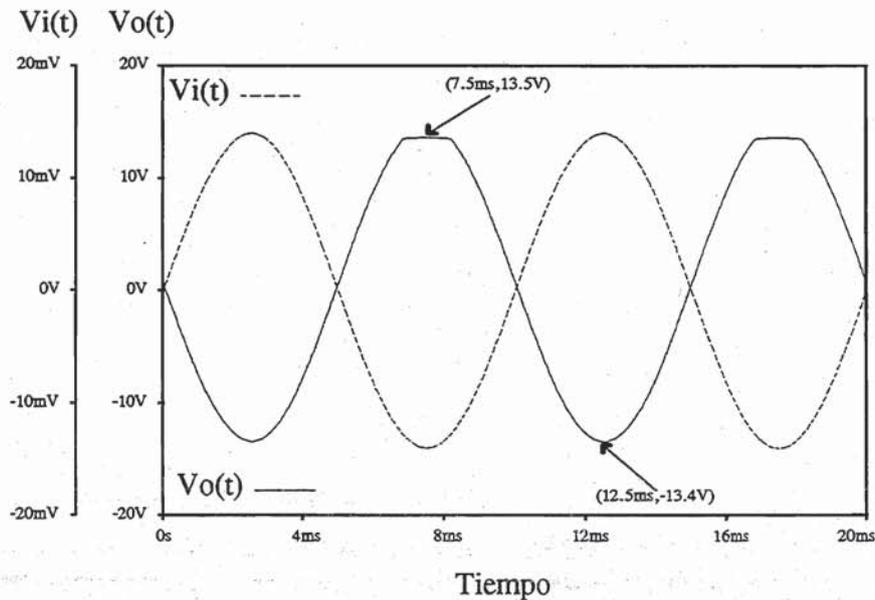


Figura 5.- Tensión a la entrada y a la salida del amplificador inversor.

3.- CONCLUSIONES

Con este método se obtienen resultados del análisis muy visuales, fácilmente contrastables con los obtenidos mediante análisis matemáticos, pero más próximos a la realidad.

Se consigue que los alumnos no se pierdan entre fórmulas sino que obtengan una base sólida (creíble) sobre las que asentar ideas de forma 'clara'.

La experiencia obtenida con la simulación hace que el alumno sea capaz de corregir los resultados del análisis formal para ponderar el efecto de la idealización.

Hemos comprobado que el alumno se siente motivado a probar el funcionamiento de nuevos circuitos, se vuelve más observador y más receptivo.

Se cuenta además con que los alumnos conocen la herramienta y son capaces de simular sus circuitos, por ello, éste se convierte en un método autodidáctico.