

Indice:

1)Introducción.

2)Metodología general y problemática del diseño.

3)

3.1)Estudio en continua.

3.2)Estudio en alterna.

4)Optimización del diseño.

5)Obtención de los resultados mediante Pspice.

6)Comentarios sobre el montaje y las medidas reales.

6.1)Características del fabricante.

7) PSPICE

Fichero .OUT y Gráficas

1)Introducción

El objetivo de esta práctica es obtener los valores de los elementos pasivos del esquema dado del amplificador para obtener la máxima excursión de la señal de salida sin distorsión.

Por lo que habrá que realizar primero un estudio teórico de los parámetros que queremos calcular, luego usaremos el programa Pspice para contrastar el estudio teórico con los valores obtenidos con el ordenador, finalmente procederemos a realizar el montaje con elementos electrónicos reales sobre una placa tipo Arison, obteniendo las medidas pertinentes, de esta forma tendremos tres tipos de datos: teóricos, computacionales y reales. Por tanto podremos contrastar los datos de los tres niveles.

2)Metodología general y problemática del diseño.

En este apartado se mostrará el tipo de metodología que se va a emplear así como el tipo de problemas que iremos encontrando.

El principal problema que nos encontramos es la falta de valores de los elementos pasivos de polarización, por lo tanto carecemos de un punto de partida a partir del cual podamos ir calculando los demás valores significativos del circuito. Por lo tanto lo que se hará es seguir el método clásico de análisis de circuitos transistorizados que trabajan como amplificadores por tanto supondremos que están trabajando en su zona activa para así realizar su misión, de esta forma despejaremos los valores mas significativos para nosotros (ganancia, resistencia de entrada) y los dejaremos en función de los parámetros del circuito, de esta forma podremos ver como se relacionan unos con otros y así ver cual puede ser la solución mas óptima.

Hay que hacer una observación, el valor de la fuente de alterna es de 20 mV y este valor de tensión es el que cae en la conexión base emisor del transistor por lo tanto siempre estaremos violando la condición de pequeña

señal que establece que $V_{BE(MAX)}$

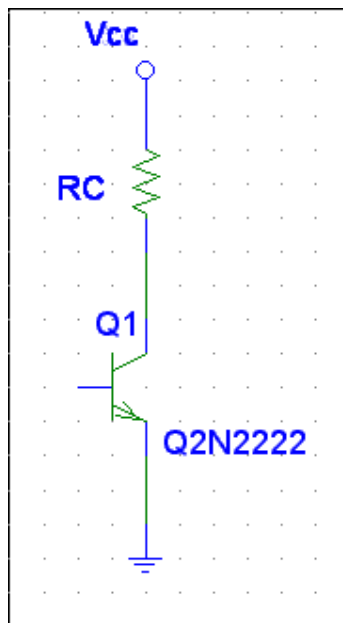
no debe de sobrepasar los 10 milivoltios para que el transistor trabaje en una zona cuasilineal de forma que no haya distorsión.

Luego partimos de la base de que con esta configuración siempre vamos a tener una distorsión mas o menos significativa debido al elevado valor de pico de la fuente de alterna.

Hechas estas consideraciones pasaremos a realizar el análisis clásico de este amplificador.

3.1)Análisis en continua

Procederemos ahora a realizar el análisis en continua de la malla de salida del amplificador para obtener la recta de carga, y visualizar su dependencia con los elementos pasivos cuyo valor desconocemos. Esta malla la podemos visualizar en la figura 1.

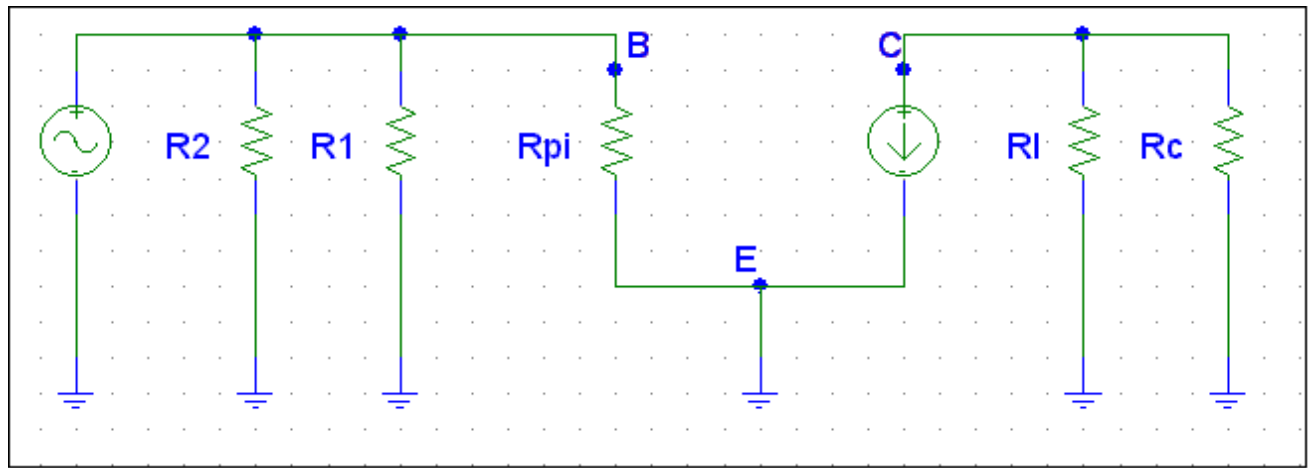


Aplicando la ley de Kirchoff de los voltajes tenemos:

$I_C = -(V_{CC} - V_{CE})/R_C$. Donde desconocemos el valor de la resistencia de emisor.

3.2)Estudio en alterna

Para realizar el estudio en alterna, cortocircuitaremos las fuentes de tensión de voltaje continuo, consideraremos los condensadores cortocircuitos,(gran capacidad), y utilizaremos el modelo de pequeña señal del transistor. Esto se muestra en el esquema de la fig.2.



De nuevo aplicando la L.K.V. en la malla de salida obtenemos la ecuación de la recta de carga en alterna. Esta recta de carga debe de pasar por el punto de trabajo (I_{cQ} , V_{ceQ}) por tanto la ecuación que nos queda es:

$$\bullet (R_c R_L / (R_c + R_L))(V_{ce} - V_{ceQ}) = I_c - I_{cQ}$$

Operando y simplificando podemos comparar el valor absoluto de las dos pendientes. Llamaremos M_{ac} a la pendiente en alterna y M_{dc} a la de continua obteniendo los siguientes resultados $M_{ac} = 1 + 1/R_c$ Y $M_{dc} = 1/R_c$, de esta comparación podemos inferir que la pendiente de alterna siempre va a ser mayor que la de continua para cualquier valor de la resistencia de colector. Esto nos lleva a pensar que por el lado derecho del punto de trabajo V_{ceQ} la que nos va a limitar antes es la pendiente AC.

Procederemos a calcular los parámetros de pequeña señal, es decir, la impedancia de entrada y de salida, la ganancia en tensión, y la resistencia de base del transistor.

El valor de la impedancia de entrada del amplificador es $Z_{in} = (R_1 // R_2 // r_{pi})$, la impedancia de salida vale $Z_{out} = R_c$, la ganancia es un parámetro laborioso de calcular que depende de la de las resistencias de colector y de carga de beta y de r_{pi} su ecuación es:

$G_V = -(B \beta (R_c // R_L)) / r_{pi}$ de esta expresión se deduce que la ganancia se hace mas grande cuando R_c se hace pequeña.

4) Optimización del diseño.

Una vez halladas las expresiones de los parámetros en pequeña señal nuestro próximo paso será el de obtener la máxima excursión de la señal sin distorsión para ello debemos de recurrir a las rectas de carga en alterna del circuito que son las que nos caracterizan el comportamiento del transistor

Las dos rectas las representaremos en la figura 3.

i_c

V_{cc}/R_c

V_{ce1} V_{ceQ} V_{ce2} V_{ce}

En esta gráfica los puntos más significativos para nosotros son el voltaje colector emisor de polarización V_{ceQ} , el valor V_{ce2} en el que $I_c = 0$, es decir el valor de tensión C-E en que el transistor se corta debido a la tensión de alterna y continua. Por último nos interesa el tercer valor que limita la excursión de la señal, es

decir, el valor de tensión C-E en que el transistor entra en saturación, esto se produce cuando la corriente de colector tiene un valor de $I_C = V_{CC}/R_C$ llamemos a este valor V_{CE1} que está situado a la izquierda del punto de trabajo. Por lo tanto con estos datos sustituimos en la ecuación de la recta de carga en alterna y despejamos V_{ce1} y V_{ce2} quedando las siguientes expresiones en donde hemos sustituido $R_L = 1K$.

$$V_{CE1} = V_{CEQ} - (V_{CEQ}/(1+R_C))$$

$$V_{CE2} = -(V_{CEQ} + V_{CC})/(1+R_C) + V_{CEQ}$$

Bien, de momento tenemos los puntos que limitan la excursión de la señal, sin embargo, no conocemos su valor ya que dependen del valor de la resistencia de colector y del punto de polarización que los desconocemos. De todo esto se puede deducir que existen un valor de R_C y V_{CEQ} que hacen que la anchura de este margen sea máximo por lo cual tendremos que estudiar la expresión $|V_{CE2} - V_{CE1}|$

Cuyo valor es:

$$|V_{CE2} - V_{CE1}| = V_{CC}/(1+R_C)$$

De este resultado debemos resaltar dos cosas:

A) La excursión ya no depende de V_{CEQ} .

B) Se logra una mayor excursión disminuyendo R_C . Por lo que el valor de R_C solo queda limitado por la potencia máxima que puede disipar el transistor. Por lo tanto recurriendo a la expresión de la potencia calcularemos la R_C mínima a la cual el transistor no se quema.

$$\text{Sabiendo que } V_{CEQ} = V_{CE1} + (|V_{CE1} - V_{CE2}|)/2 = V_{CC}/2$$

Para que el transistor no se queme cogeremos la potencia de trabajo como la mitad de la potencia máxima siendo ésta en nuestro transistor real de 0.5 Watt

La expresión de la potencia es la siguiente:

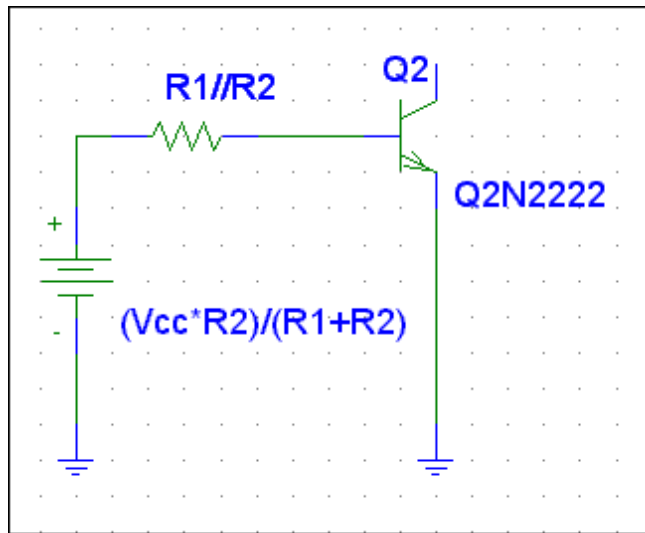
$$P(\text{MAX})/2 = V_{CEQ} I_{CEQ}$$

De esta ecuación podemos despejar R_C sin problemas y su valor exacto es de 144 ohm, una vez que tenemos el valor de la resistencia podemos calcular la intensidad de colector cuyo valor es de $I_C = 41.6$ miliamperios.

Con este dato podemos saber también la intensidad de base ya que están relacionados con beta, que en nuestro caso es de 190 teniendo por tanto una

$$I_B = 0.215 \text{ miliamperios.}$$

Los valores de las resistencias R_1 y R_2 calculan fácilmente fijando una de ellas pongamos por ejemplo $R_1 = 10K$ se calcula el equivalente Thevenin y se aplica la L.K.V. como se muestra en la figura 4.



La ecuación que se obtiene es:

$$V_{CC}R_2/(R_1+R_2) = I_{BR}R_2/(R_1+R_2) + 0.7$$

Obtenemos aquí que $R_2 = 0.764K$

Para terminar el cálculo teórico solo nos queda hallar los valores de los parámetros de pequeña señal, que se obtienen sustituyendo en las expresiones de los apartados anteriores.

$G_V = 210$, $r_{pi} = 116.27\Omega$, $Z_{IN} = 99\Omega$, $Z_{OUT} = 144\Omega$.

Los condensadores tendrán una capacidad suficiente para que la frecuencia de corte inferior esté muy alejada de la frecuencia de funcionamiento, por tanto una capacidad de 10 microfaradios para cada uno se considera mas que suficiente.

5) Resultados dados por Pspice.

Todos los resultados que nos da el Pspice son muy próximos a los resultados teóricos, la utilidad del programa está en que nos puede presentar los resultados en forma de gráfica de esta forma podremos ver de forma rápida el comportamiento del circuito donde en la gráfica del voltaje de salida, podremos ver que hay una ligera distorsión en sus semiciclos negativos, debido al alto voltaje de la señal, cosa que ya habíamos previsto anteriormente.

Todas las gráficas así como los resultados numéricos estarán al final de la memoria.

6) Comentarios sobre el montaje y las medidas reales

Hay que decir que en el montaje del amplificador lo mas relevante es la temperatura, ya que se podía experimentar como el incremento de la temperatura (por el efecto Joule) en el transistor y en las resistencias producía grandes variaciones en las corrientes y las tensiones, este fenómeno hacía que los valores prácticos, esta excesiva dependencia de la temperatura se debe a que no hemos usado una resistencia de emisor, cuyo efecto es retroalimentar negativamente la salida del transistor frente a las variaciones de la temperatura.

Dicho esto solo queda dar los valores medidos en las prácticas.

$Z_{IN} = 281\Omega$, $Z_{OUT} = 283\Omega$, $G_V = 80$, $V_{CEQ} = 5.34V$

$I_{CQ}=77$ miampers , $I_B=1$ miliamper , $V_{BE}=0.65$ V ,

Características del fabricante

Transistor: 2n222A

Potencia máxima: 0.5 Watt

Ganancia: $100 < B < 300$

Tensión c-e máxima: 40 V

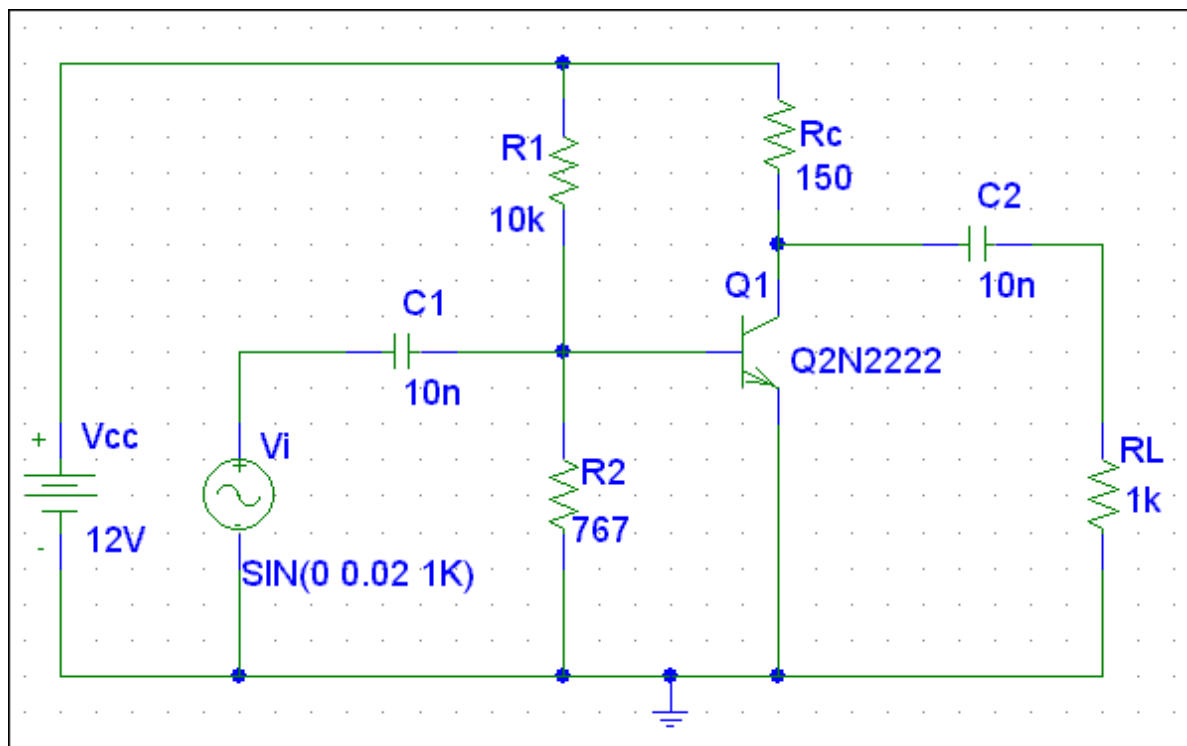
Intensidad c-e máxima: 800 Miliampers.

7) PSPICE

A continuación de adjuntan las el esquema y las graficas más representativas de la practica, con el fin de poder comprobar de forma visual los resultados obtenidos de forma teóricos para después compararlos con las obtenidas en el laboratorio.

7.1) Esquema.

El esquema del circuito se ha realizado mediante un esquemático tipo ORCAD.



7.2) fichero .OUT.

Tras ejecutar PSPICE, el programa nos facilita una primera información en el fichero .OUT, el cual ya ha sido comentado en el Anexo número 1 de las practicas de PSPICE de esta misma asignatura.

**** 11/30/99 13:14:12 ***** NT Evaluation PSpice (July 1997) *****

PRACTICA NUMERO 1

**** CIRCUIT DESCRIPTION

R1 1 2 10k

R2 2 0 767

RC 1 3 150

Q1 3 2 0 Q2N2222

C1 2 4 10u

C2 3 5 10u

RL 5 0 1K

.LIB C:\PS8\LIB\BIPOLAR.LIB

Vi 4 0 SIN(0 0.02 1K)

Vcc 1 0 12

.TRAN/OP 1.000u 0.01 0

.AC DEC 20 1 1g

.TF V(5) Vi

.PROBE

.END

—

**** 11/30/99 13:14:12 ***** NT Evaluation PSpice (July 1997) *****

PRACTICA NUMERO 1

**** BJT MODEL PARAMETERS

Q2N2222

NPN

IS 14.340000E-15

BF 255.9
NF 1
VAF 74.03
IKF .2847
ISE 14.340000E-15
NE 1.307
BR 6.092
NR 1
RB 10
RC 1
CJE 22.010000E-12
MJE .377
CJC 7.306000E-12
MJC .3416
TF 411.100000E-12
XTF 3
VTF 1.7
ITF .6
TR 46.910000E-09
XTB 1.5

—

**** 11/30/99 13:14:12 ***** NT Evaluation PSpice (July 1997) *****

PRACTICA NUMERO 1

**** SMALL SIGNAL BIAS SOLUTION TEMPERATURE = 27.000 DEG C

NODE VOLTAGE NODE VOLTAGE NODE VOLTAGE NODE VOLTAGE

(1) 12.0000 (2) .7371 (3) 7.2614 (4) 0.0000

(5) 0.0000

VOLTAGE SOURCE CURRENTS

NAME CURRENT

Vi 0.000E+00

Vcc -3.272E-02

TOTAL POWER DISSIPATION 3.93E-01 WATTS

**** SMALL-SIGNAL CHARACTERISTICS

V(5)/Vi = 0.000E+00

INPUT RESISTANCE AT Vi = 1.000E+20

OUTPUT RESISTANCE AT V(5) = 1.000E+03

PRACTICA NUMERO 1

**** INITIAL TRANSIENT SOLUTION TEMPERATURE = 27.000 DEG C

NODE VOLTAGE NODE VOLTAGE NODE VOLTAGE NODE VOLTAGE

(1) 12.0000 (2) .7371 (3) 7.2614 (4) 0.0000

(5) 0.0000

VOLTAGE SOURCE CURRENTS

NAME CURRENT

Vi 0.000E+00

Vcc -3.272E-02

TOTAL POWER DISSIPATION 3.93E-01 WATTS

—

**** 11/30/99 13:14:12 ***** NT Evaluation PSpice (July 1997) *****

PRACTICA NUMERO 1

**** OPERATING POINT INFORMATION TEMPERATURE = 27.000 DEG C

**** BIPOLAR JUNCTION TRANSISTORS

NAME Q1

MODEL Q2N2222

IB 1.65E-04

IC 3.16E-02

VBE 7.37E-01

VBC -6.52E+00

VCE 7.26E+00

BETADC 1.91E+02

GM 1.12E+00

RPI 1.66E+02

RX 1.00E+01

RO 2.55E+03

CBE 4.99E-10

CBC 3.37E-12

CJS 0.00E+00

BETAAC 1.85E+02

CBX 0.00E+00

FT 3.54E+08

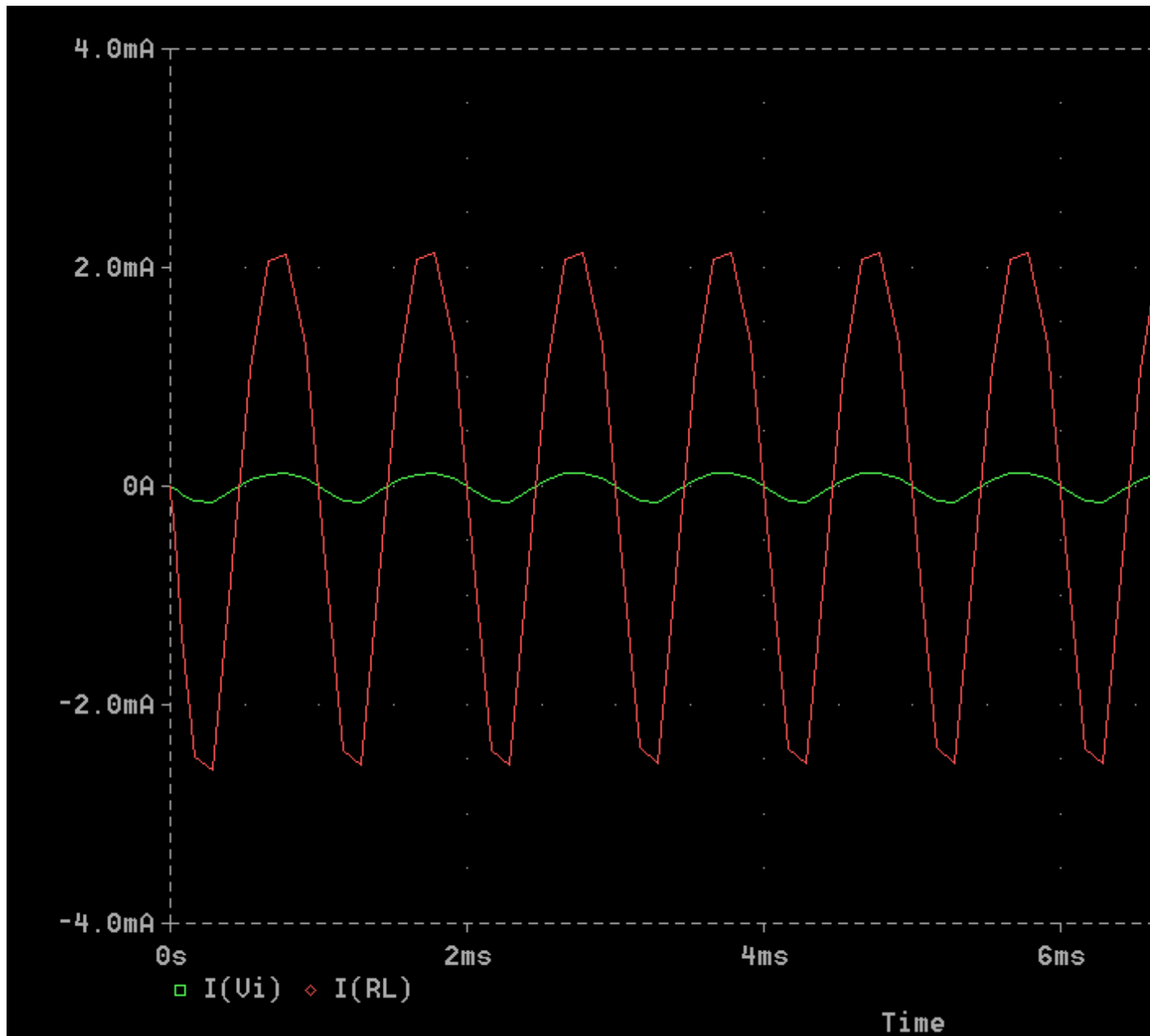
JOB CONCLUDED

TOTAL JOB TIME .55

—

7.3) Graficas

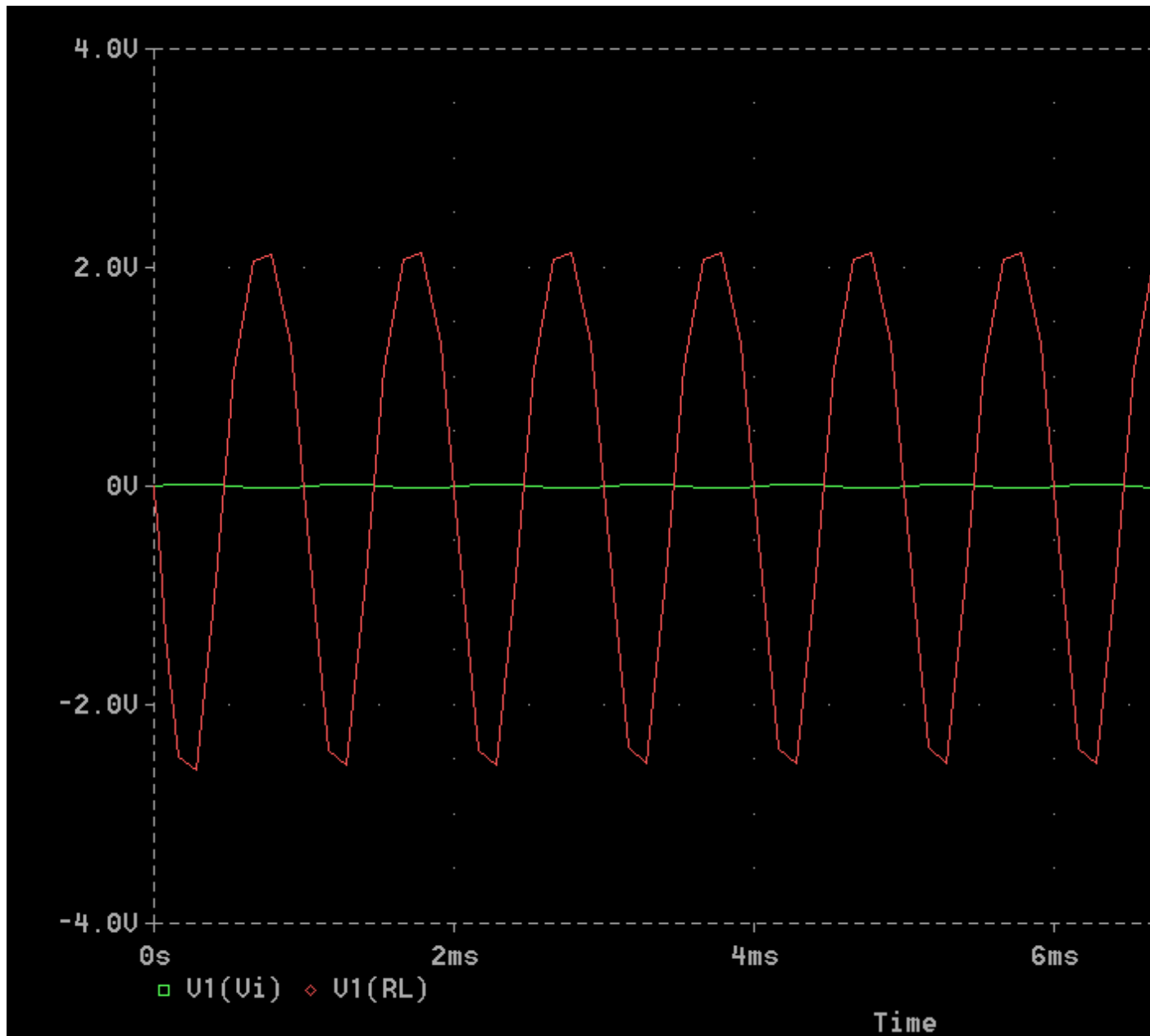
1) Grafica de corriente de salida y entrada



En esta gráfica se muestran tanto la corriente que suministra la fuente de alterna (en color verde) como la gráfica de corriente que circula por la resistencia R_L (en color rojo).

Se observa que no existe ni desfase ni contrafase entre ambas señales, así como que no existe distorsión en la señal de salida.

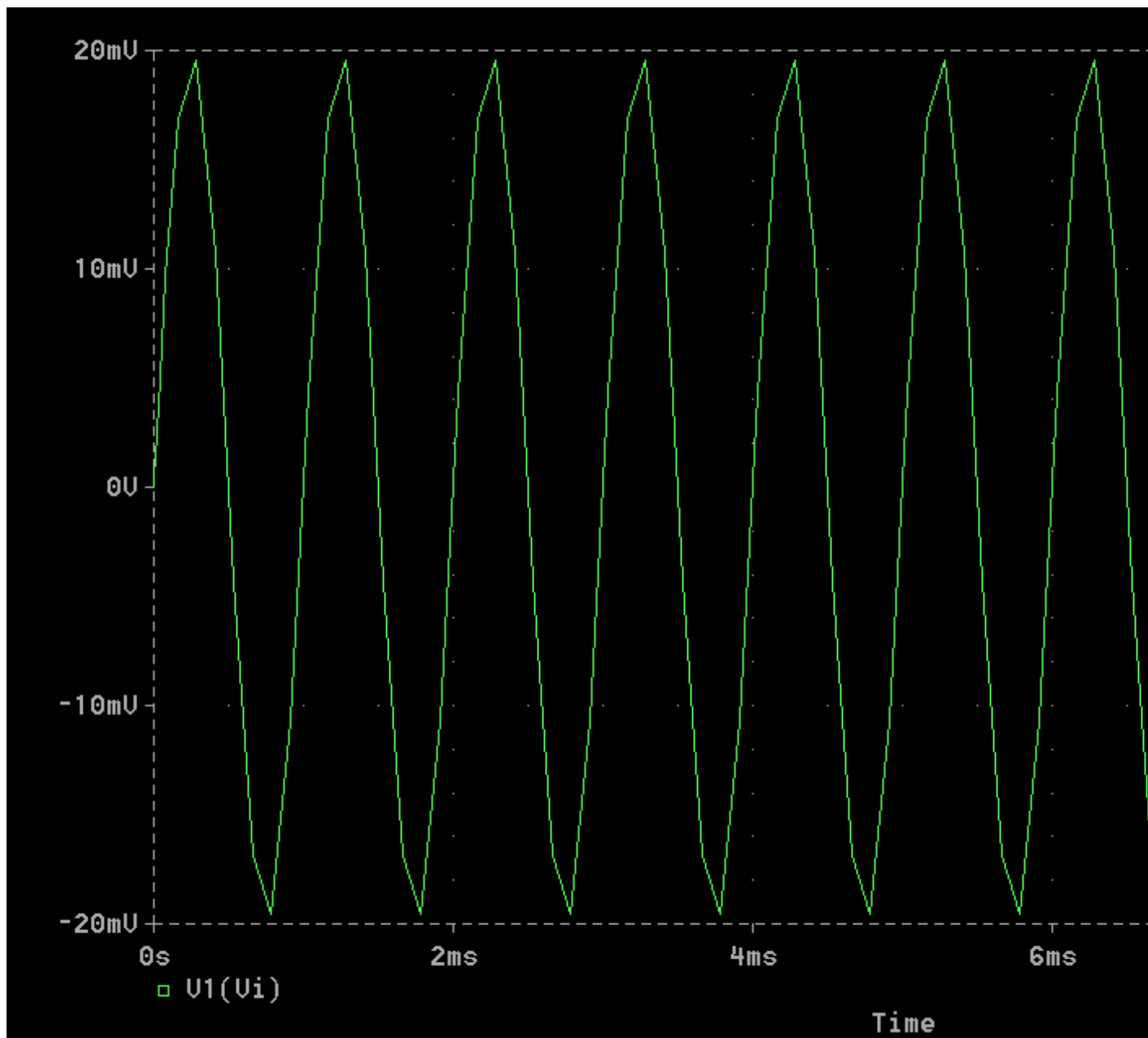
2) Grafica de Tensión de entrada y salida.



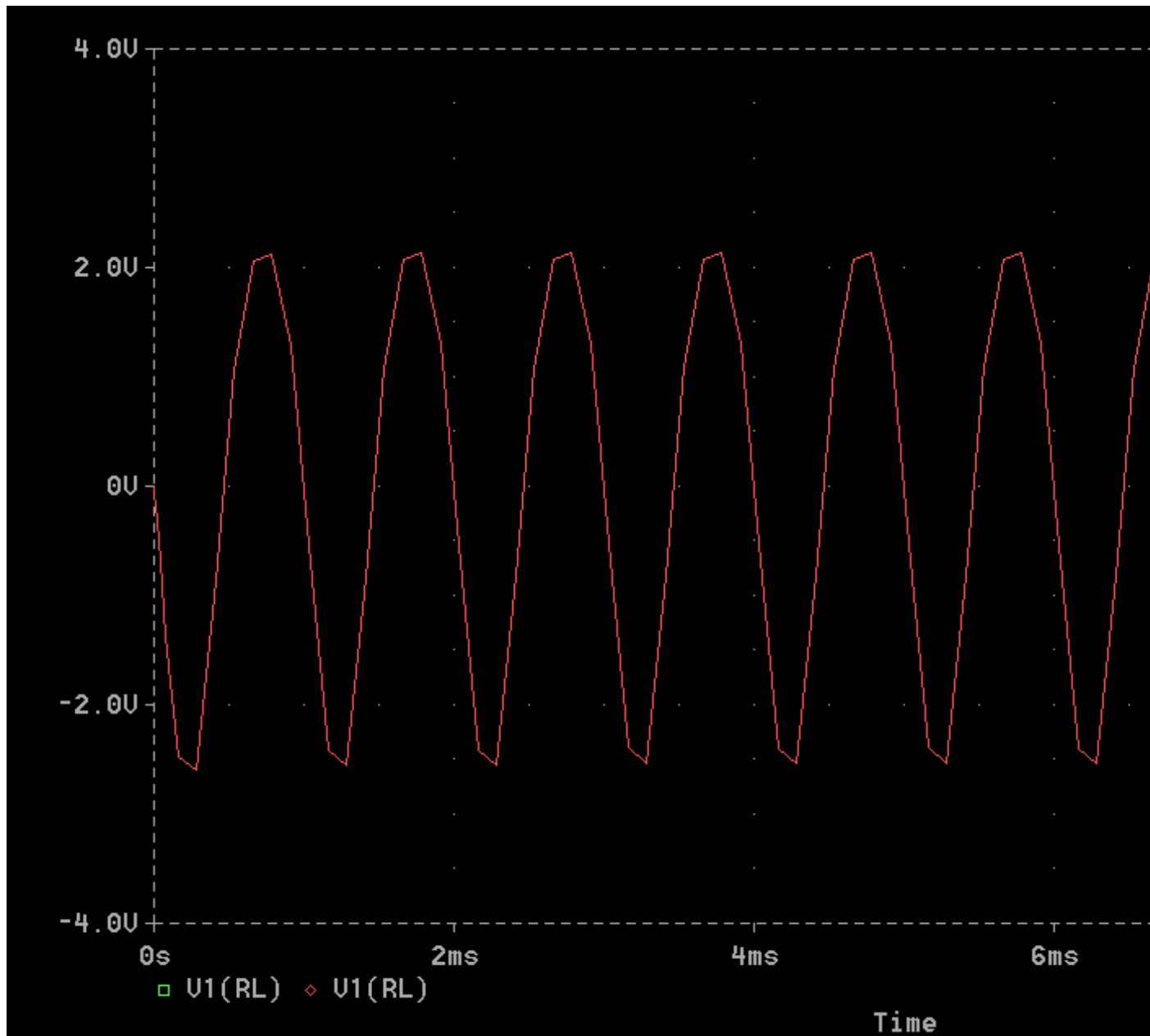
En esta gráfica a simple vista no, se aprecia que la tensión de alimentación de alterna (en verde) es prácticamente una línea recta. Esto es debido a que la señal de entrada es de escasa amplitud respecto a la salida que en la resistencia (en color rojo).

No obstante se muestra con mas detalle en graficas aparte.

2.1) grafica de tensión de entrada.



2.2) Grafica de tensión de salida.



En estas dos gráficas, se observa la diferencia en las escalas.

Se observa igualmente que las dos tensiones están desfasadas en 180° o en contrafase (mirar practicas de PSPICE de esta misma asignatura).