PRÁCTICA 2: AMPLIFICADOR LOGARÍTMICO

En la práctica de hoy vamos a diseñar un amplificador logarítmico demostrando las posibles aplicaciones no lineales de los circuitos con amplificadores operacionales. El diseño estará formado por dos etapas principales. La elección de resistencias es clave para poder obtener la ganancia adecuada.

A la entrada tendremos una señal continua de entre 1 y 10 V. A la salida deberíamos tener el logaritmo base 10 del valor de la señal de entrada multiplicado por un factor A.

A diagram of a circuit

Description automatically generatedEstas son las principales ecuaciones en las que se basará el diseño:

A close up of letters

Description automatically generated

El primer paso para el diseño es realizar un cálculo teórico de los valores de las resistencias. Es importante recalcar que la relación entre R4- R2 es el factor de ganancia y R4-R3 el offset.

El valor máximo de corriente de colector debe ser de 1,5 mA por lo que diseñaremos R1 para que este valor no sea superado. Puesto que la corriente de colector es también la corriente que pasa a través de R1 y el voltaje en bornes de esta resistencia es Vi hacienda el cálculo con el máximo valor posible obtenemos el valor mínimo que debe tener R1.

10/1.5mA=6666.7 Ω

Para asegurar esta condición y usar un valor normalizado fácil de encontrar nosotros usaremos una resistencia de 10K Ω.

A continuación, pasaremos a diseñar los valores de R2, R3 y R4. El voltaje de entrada Vi hará que cambie la corriente de colector lo que a su vez varía el valor de Vbe. Para ello nos tendremos que fijar en la hoja de características para dar valores de Vbe según Vi. Para ello construimos la siguiente tabla donde también vemos la salida de la primera etapa y de la segunda de manera teórica:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Vi (V) | Ic (mA) | Vbe (V) | Vo1=-Vbe (V) | Vo (V) |
| 1 | 0.1 | 0.58 | -0.58 | 0 |
| 2 | 0.2 | 0.59 | -0.59 |  |
| 3 | 0.3 | 0.6 | -0.6 |  |
| 4 | 0.4 | 0.6 | -0.6 |  |
| 5 | 0.5 | 0.61 | -0.61 |  |
| 6 | 0.6 | 0.62 | -0.62 |  |
| 7 | 0.7 | 0.62 | -0.62 |  |
| 8 | 0.8 | 0.62 | -0.62 |  |
| 9 | 0.9 | 0.63 | -0.63 |  |
| 10 | 1.0 | 0.63 | -0.63 | 10 |



Una vez temenos los valores de Vo1 podemos pasar a usar las ecuaciones que relacionan la primera etapa con la segunda para poder dar valores a las resistencias. R2 tendrá un valor fijo mientras que R3 y R4 serán potenciómetros.

Los valores teóricos obtenidos son los siguientes:

R1=10K Ω; R2=1K Ω; R3=25.84 K Ω; R4= 200K Ω ;

Desarrollo Práctico

En primer lugar, para el desarrollo de la práctica comenzamos montando la primera etapa del circuito. A continuación, podemos observar 2 imágenes con los valores de salida con entradas de 1 y 10 V.

A machine with wires and a pen on a table

Description automatically generatedA machine with wires and a pen on a white surface

Description automatically generated

Una vez realizado este montaje comprobamos que la salida de esta etapa coincidiera con los valores teóricos obtenidos lo que nos hizo darnos cuenta de que variaban ligeramente por lo que tuvimos que recalcular los valores de las resistencias para que el amplificador no fuera a saturar y funcionase de manera adecuada.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | R1 (kΩ) | R2 (kΩ) | R3 (kΩ) | R4 (kΩ) |
| Valor teórico de diseño | 10 | 1 | 25.84 | 200 |
| Valor real utilizado | 10 | 1 | 26 | 167 |

Los potenciómetros R3 y R4 los construimos con una resistencia fija sumada a un potenciómetro. En el caso de R3: 22K (fija) + 10K (variable). Para R4: 150K (fija) + 10K (fija) + 10K (variable)

A continuación, pasamos a montar el circuito completo. En la imagen observar como con una entrada de 1 voltio tenemos un offset de 2,5 V ya que la salida debería dar 0 V en esta situación. Es por esto por lo que pasamos a ajustar con el potenciómetro de offset hasta obtener un valor de 0 V.

A desk with several electronic devices

Description automatically generated

Una vez realizado el ajuste solo nos faltaría ajustar el potenciómetro de ganancia para obtener el valor a la salida de 10 V cuando la entrada también es de 10.

En las siguientes fotos podemos observar el resultado:

A group of electronic devices

Description automatically generatedA machine with wires and a calculator

Description automatically generated

En la siguiente tabla podemos ver los valores de salida total y de la primera etapa con distintos valores de entrada.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Vi (V) | Vo1 (V) | Vo (V) |
| 1 | -0.576 | 0.07 |
| 2 | -0.594 | 3.05 |
| 4 | -0.612 | 6.04 |
| 6 | -0.622 | 7.75 |
| 8 | -0.63 | 9.00 |
| 10 | -0.636 | 10.05 |

Pasamos a representar gráficamente los resultados:

A graph with a line going up

Description automatically generatedA graph with a dotted line

Description automatically generated

RANGO DE FUNCIONAMIENTO: Vi máximo = 10; Vi mínimo=1

Cuestiones

1. ¿Cómo se modifica la curva (vo-vi, pendiente y Offset) si aumenta la resistencia R1?

Esto hará que los valores de salida de la primera etapa sean menores y además una pendiente menos pronunciada. Este efecto se notará en la salida dando lugar a lo mismo, una menor pendiente.

1. ¿Cómo se modifica la curva (vo-vi, pendiente y offset) si aumenta la resistencia R2?

Dado que R2 define el factor de ganancia junto a R4, si aumentamos R2 disminuiremos la ganancia del amplificador por lo que a la salida tendremos valores más pequeños pero la pendiente se mantendrá igual ya que la primera etapa no se modifica.

1. ¿Qué dos funciones se cubren con el segundo amplificador operacional?

Se consigue amplificar la señal para conseguir el rango determinado además de eliminar el offset.

1. ¿Cómo se modifica la curva si aumenta R4?

El factor de ganancia y de offset aumentarán por lo que la curva se desplazará hacia la derecha y a su vez tendrá una mayor pendiente.

1. ¿Cuál es el objetivo concreto de la rama formada por R3 y la alimentación?

Es la rama que se encarga del factor de offset a la salida.

1. ¿Qué modificación podríamos realizar si queremos que la sensibilidad sea negativa?

Sustituir el transistor NPN por un PNP.

1. ¿Se puede sustituir el transistor Q1 (npn) por un transistor de tipo (pnp)? ¿Cómo?

Lo conectaríamos de la misma forma que el pnp lo único que cambiaría es que el voltaje base emisor cambiará de signo.

1. ¿Podemos sustituir el transistor por un diodo?

Si, si que podemos ya que la variación del voltaje a través del diodo variaría de forma logarítmica con la corriente a través de él. Además, el voltaje de salida de la primera etapa sería negativo justo igual que en el caso del transistor.

1. ¿Se puede situar la resistencia R3 en la alimentación negativa (-E)?

En principio se podría perfectamente ya que lo único que cambiaría es el signo del factor de offset.

1. ¿Qué deberíamos añadir al sistema si quisiéramos linealizar la respuesta?

Deberíamos añadir a la salida de la segunda etapa un amplificador antilogaritmico para poder cancelar la variación logarítmica. La salía Vo se conectaría a la entrada Vi del transistor correspondiente a esta nueva etapa.

Conclusiones

Podemos concluir que hemos realizado el amplificador de manera satisfactoria ya que los resultados obtenidos concuerdan con lo que queríamos diseñar: un amplificador logarítmico con función de transferencia Vo=10\*log10(Vi). Para mejorar el diseño podríamos haber probado con otros combinaciones de valores de resistencias para ver como podíamos variar el offset y la ganancia del sistema.