

Design and Construction of a Cascode Differential Amplifier Type 1

Bill Barrientos

billbarrientos@hotmail.com

Miguel Coronado

b.m_micky@hotmail.com

Walter Escobedo

september_twelveth@live.com

Profesor: Manuel Márquez

mmarquez@mail.urp.edu.pe

Curso: CE 603 Circuitos Electrónicos I
2011-I

Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica
Universidad Ricardo Palma

RESUMEN: Este trabajo está basado en el diseño y construcción de un amplificador diferencia Cascodo tipo 1. Se realizó el diseño de un circuito que cumpla con los requerimientos solicitados por el proyecto. Se empleó las herramientas necesarias para hallar la solución y una vez realizados los cálculos, obtendremos los valores de cada uno de los componentes necesarios para realizar la construcción del amplificador, el cual será diseñado y simulado en el software Multisim. Una vez concluido el diseño y después de verificar su correcto funcionamiento, se implementara el circuito en un protoboard, para corroborar experimentalmente los resultados obtenidos de forma teórica, de tal manera que cumpla con los requisitos solicitados para su funcionamiento. El amplificador cascode tiene también un muy buen ancho de banda.

SUMMARY: This work is based on the design and construction of a cascode differential amplifier type 1 will be held on a particular circuit design that meets the requirements requested by the project. We used the tools necessary to find a solution, after making the calculations, we get values of each of the components needed to build the amplifier, which will be designed and simulated in Multisim software. Once the design and after verifying proper operation, the circuit was implemented on a breadboard, to corroborate experimentally the results theoretically, in a way that meets the requirements established for its operation. The cascade amplifier has a good bandwidth, too.

1 INTRODUCCIÓN

El presente informe presenta el estudio del comportamiento de un amplificador Cascodo de tipo 1, el cual es empleado para el diseño de un circuito que cumpla con diversos requerimientos solicitados en el problema propuesto. Podríamos definir a un cascode como el arreglo de diversas topologías que involucra un base común con un emisor o colector común, el cascode

1 es la unión de un emisor común más un base común de tal modo que puedan ser combinados en diversas etapas de amplificación, para obtener como resultado una mayor ganancia en la salida, y un mejor ancho de banda.

La característica principal del amplificador de cascode es poseer una alta impedancia en la salida, mientras que las resistencias asociadas son de valores considerablemente bajos, lo cual permite que el amplificador posea una buena estabilidad, además de adquirir un mayor ancho de banda, lo cual es muy buscado en los diversos diseño de amplificadores.

El cascode diferencial diseñado tiene excelentes características de rechazo al ruido, ya que su fuente de corriente es un espejo Wilson.

2 PRESENTACION DEL PROBLEMA

El siguiente problema requiere diseñar un amplificador empleando la técnica de cascode diferencial tipo 1 con las siguientes características:

Ganancia de: 30 v/v

Carga: 10 k Ω

Tensión de salida: 5 voltios pico-pico

Resistencia de entrada: Este valor puede ser opcional debido a que los valores pueden variar entre 2k y 5k.

Tolerancia: +/- 5%

A continuación presentaremos un bosquejo de la estructura del circuito amplificador de cascode tipo 1, con sus respectivos componentes aun desconocidos, pero que posteriormente encontraremos los valores adecuados empleando los conocimientos adquiridos en el transcurso del curso.

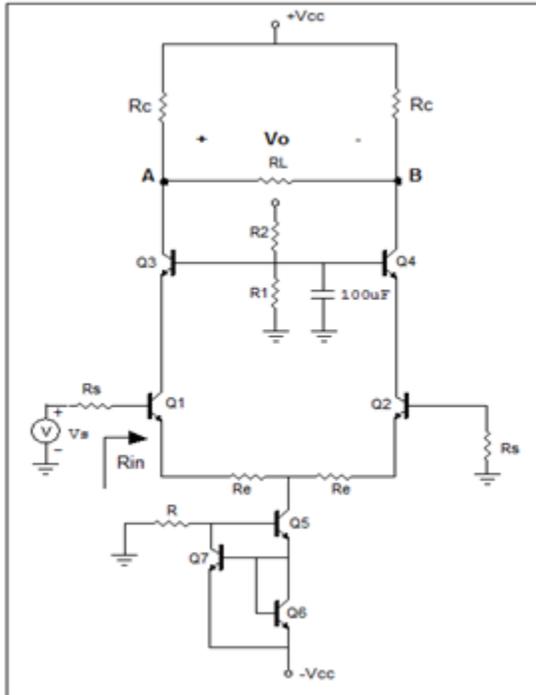


Figura 1. Circuito del Amplificador Cascodo Diferencial Tipo 1

En la figura 1 se muestra la estructura de cascodo tipo1, alimentándose con una fuente de corriente tipo Wilson generada por los transistores Q5,Q6 y Q7, mientras que los transistores Q1,Q2, Q3 y Q4, conforman los pares diferenciales, al cual se le aplica una señal sinusoidal con frecuencia de 1KHz y con una amplitud de 80mV pico. La fuente de polarización de las bases de la etapa de base común se logra por un divisor resistivo y un condensador de filtrado. Posteriormente detallaremos la resolución del problema.

3 DESCRIPCION DE LA SOLUCION

Para realizar el diseño, requerimos emplear como técnica de solución el cascodo tipo 1, para lograr la elaboración del amplificador, obtuvimos como resultado las siguientes expresiones:

$$A = \frac{V_o}{V_s} = \frac{2R_c // R_L}{(R_s + r_{\pi})2 + 2R_e} \quad \dots\dots(i)$$

Vo es la tensión en la salida entre los nodos A y B, Vs es la señal sinusoidal generada en la entrada la cual posee una amplitud de 80mV pico

$$R_{in} = 2r_{\pi} + R_s + (\beta + 1)2R_e \quad \dots\dots(ii)$$

Donde A: es la ganancia obtenida en la salida del amplificador y Rin es la resistencia vista en el transistor

Q1, la cual es generada por los transistores adyacentes a este, aplicamos la técnica de cascodo tipo 1 para que nos facilite los cálculos debido a que los valores tanto de la resistencia de entrada como el de la ganancia ya están definidos por lo tanto serán conocidos, tal y como lo muestran las ecuaciones (i) y (ii), es por este motivo que ahorraremos tiempo en la solución de las ecuaciones, ya que si consideráramos el moldeamiento del sistema ya explicado por nuestro tutor, el problema se volvería más complejo a la hora de encontrar solución. Esta es una de las grandes ventajas que nos brindan los cascodos, ya que son técnicas muy útiles para la reducción y posteriormente el análisis de problemas complejos de multietapas.

4 RESULTADOS

Al desarrollar las ecuaciones (i) y (ii), hallamos el valor de la resistencia adecuada de la fuente, para una corriente de 4mA:

$$I = \frac{-V_{cc} + 2V_{be}}{R}$$

$$4mA = \frac{-12 + 2(0.7)}{R}$$

$$4mA * R = -10.6$$

$$R = 2.56K\Omega$$

Luego hallamos la resistencia Re, que cumpla con el siguiente parámetro:

$$2K < R_{in} < 5K$$

Donde Rin cumple con la ecuación (ii):

$$R_{in} = 2r_{\pi} + R_s + (\beta + 1)2R_e < 5K$$

$$2(1.25K) + 50 + 202R_e < 5K$$

$$2.5K + 50 + 202R_e < 5K$$

$$202R_e < 2545$$

$$R_e < 12.6 \Omega$$

Luego procedemos a hallar Rc:

$$A = \frac{V_o}{V_s} = \frac{\frac{2R_c}{RL}}{\frac{2R_s}{\beta} + \frac{2r_{\pi}}{\beta} + 2R_e}$$

Como la condición del problema es obtener una ganancia de 30 v/v:

$$30 = \frac{\frac{2R_c}{\square}}{\frac{10K}{\frac{100}{100} + \frac{2.5}{100} + 25.2}}$$

Despejando la ecuación:

$$30(1 + 25 + 25.2) = \frac{2R_c}{\square}$$

$$1536 = \frac{2R_c * 10K}{2R_c + 10K}$$

$$3072R_c + 15360K = 20KR_c$$

Al despejar Rc y resolver, obtenemos el siguiente valor:

$$R_c = 910 \Omega$$

Por consiguiente para que el sistema cumpla con las condiciones solicitadas, debemos emplear los siguientes valores en cada uno de los componentes:

$$\begin{aligned} R_e &= 15 \Omega \\ R_s &= 50 \Omega \\ R &= 1K \Omega \\ R_{puente} &= 2.5K \Omega \\ V_{cc} &= 12V \end{aligned}$$

A continuación presentamos los resultados visualizados en el osciloscopio, una vez implementado el circuito amplificador, haciendo uso de los componentes con sus respectivos valores hallados. Como podrá observarse no se tiene una salida distorsionada.

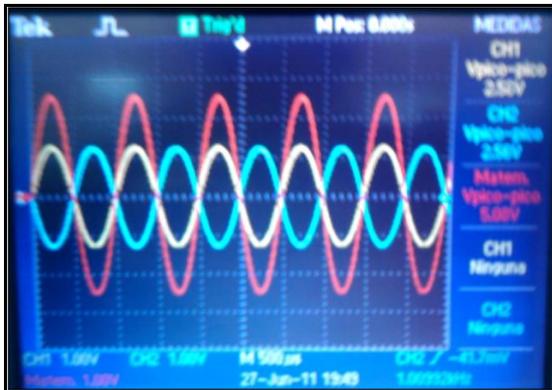


Figura 2. Resultados Experimentales

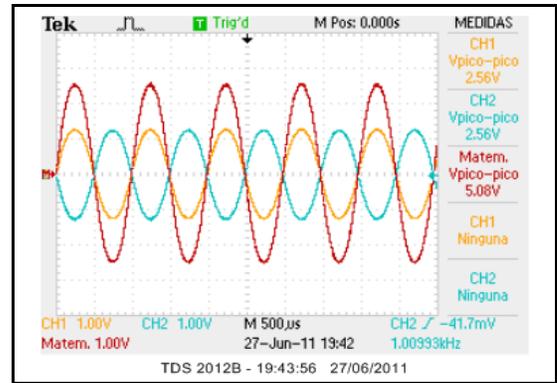


Figura 3. Resultados Experimentales (driver del osciloscopio)

Implementación del circuito amplificador aplicando la técnica de cascodo tipo 1 en el protoboard.

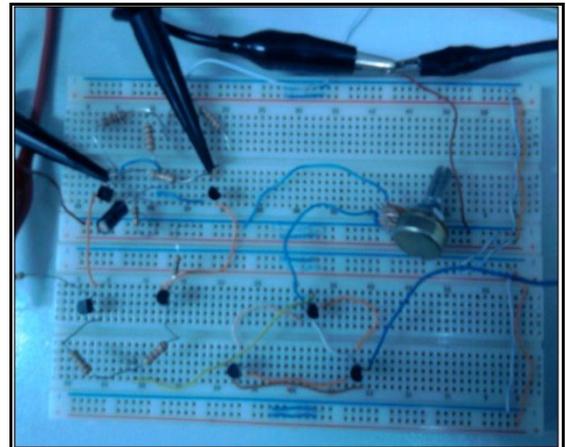


Figura 4. Implementación del circuito

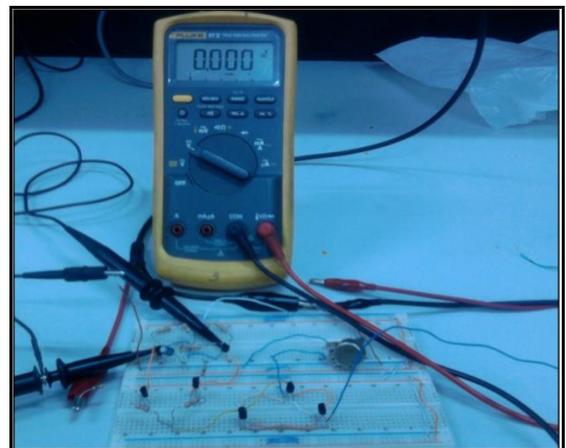


Figura 5. Implementación del circuito 2

Para verificar el correcto funcionamiento de nuestro amplificador, con los valores obtenidos al resolver las ecuaciones planteadas, implementamos nuestro circuito de cascodo tipo 1 en el software Multisim, para tener una

idea del comportamiento del sistema y saber si los valores obtenidos cumplen con las condiciones solicitadas para el diseño del amplificador.

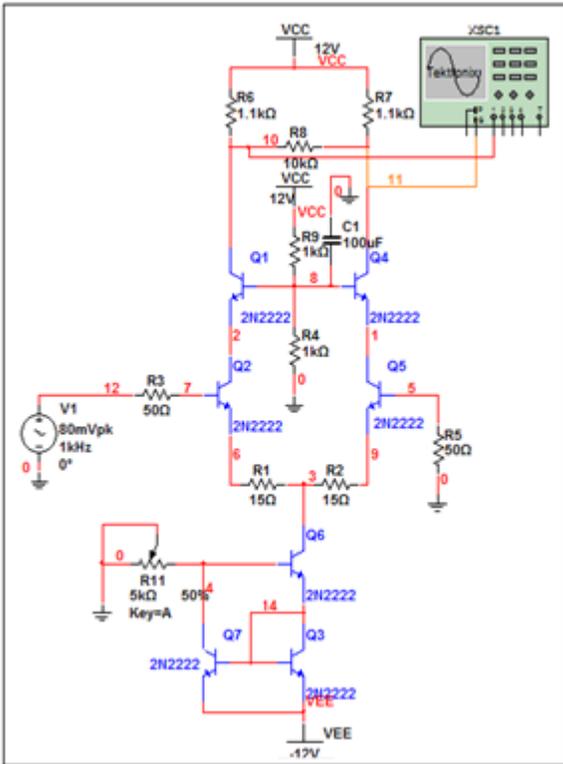


Figura 6. Circuito Simulado

La figura 6 muestra la simulación virtual del amplificador cascode tipo 1, con los valores en cada uno de los componentes ya obtenidos mediante las ecuaciones (i) y (ii), los resultados obtenidos al realizar las respectivas mediciones, concuerdan con las requeridas por el proyecto para lograr el desarrollo del diseño, si bien existe una pequeña variación en los resultados, el cual es mínimo, ya que los valores empleados en la simulación difieren de algún modo con los valores tanto de las resistencias como el de los transistores en la realidad, es por este motivo que los resultados no pueden ser exactos y siempre existirá un índice de error respecto al valor real con el simulado. En nuestro caso este índice de error es mínimo, por lo que procedemos a despreciarlo y de esta manera se logró diseñar un amplificador diferencial cascode tipo 1 con una ganancia de 30v/v, conectado a una carga de 10kΩ y una tensión de salida de 5V pico-pico, tomando en cuenta las consideraciones brindadas por nuestro profesor para poder efectuar el desarrollo con mayor facilidad.

5 CONCLUSIONES

Se ha diseñado, construido, simulado y probado experimentalmente un cascode diferencial tipo 1. De acuerdo con nuestra implementación, se cumplieron las especificaciones técnicas requeridas utilizando las técnicas de diseño estudiadas en clase. El cascode en

mención ofrece una ganancia adecuada, la cual puede ser utilizada para diversas aplicaciones.

Se logró analizar el circuito mediante la simulación con el software Multisim. Los resultados de la implementación en el protoboard difirieron de los de la simulación, lo cual nos llevó a la conclusión de no confiar en una simulación virtual, así sea un software muy bien desarrollado. No se puede confiar de dichos resultados, ya que en la realidad, no se consideran todos los factores que puedan alterar el comportamiento del circuito, lo cual producirá una variación en los resultados. La simulación nos indicará una tendencia de diseño.

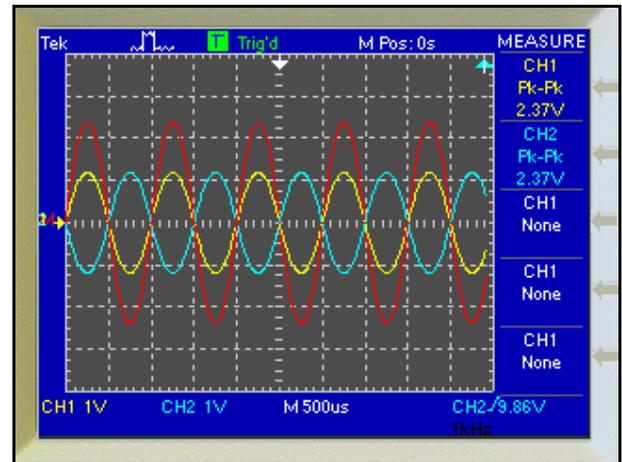


Figura 7. Resultados Simulación

6 BIBLIOGRAFIA

- Circuitos Micro-electrónicos, Sedra y K.C. Smith
 <> <http://www.tipete.com/userpost/descargas-gratis/aca-esta-sedra-smith-microelectronics-circuits-5ta-edici-descarga-gratis-megaupload>.
 [Consulta: 1 Junio 2011].
- Wiki pedia. Cascode. [En línea].
 <> <http://en.wikipedia.org/wiki/Cascode>
 [Consulta: 2 Junio 2011].
- Kunst Zurich. Amplificadores diferenciales. [En línea].
 <> <http://www.slideshare.net/Volta/tema-7amplificador-diferencial-presentation>
 [Consulta: 2 Junio 2011].
- Universidad De El Salvador. Amplificadores operacionales. [En línea].
 <> <http://publico.ing.ues.edu.sv/ asignaturas/iel115/capitulo1.pdf>
 [Consulta: 3 Junio 2010].
- Federico Miyara. Amplificadores operacionales de transconductancia. [En línea].
 <> <http://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/audio/ota13600.pdf>
 [Consulta: 5 Junio 2010].
- Wikipedia. Espejos de corriente. [En línea].
 <> http://es.wikipedia.org/wiki/Espejo_de_corriente
 [Consulta: 6 Junio 2010].