

5

Amplificadores operacionales con diodos

5.1 Introducción

En este capítulo se estudian los circuitos amplificadores operacionales que incorporan diodos. Estos componentes no lineales hacen que la característica de transferencia del circuito sea lineal a tramos, presentando discontinuidades evitables. Se consiguen interesantes funciones y aplicaciones como el recorte de la salida por los limitadores en paralelo y la limitación serie de la entrada, por los circuitos de zona muerta.

La insensibilidad a las variaciones de temperatura y sustituciones de componentes se consigue incluyendo a los diodos en los lazos de realimentación. Esto da lugar a los circuitos de precisión.

El capítulo finaliza con los rectificadores de precisión contruidos según los circuitos de precisión básicos.

5.2 Limitador paralelo básico

Los limitadores en paralelo se consiguen incorporado diodos y/o diodos zéner en el lazo de realimentación. El primer circuito viene representado en la figura 1.

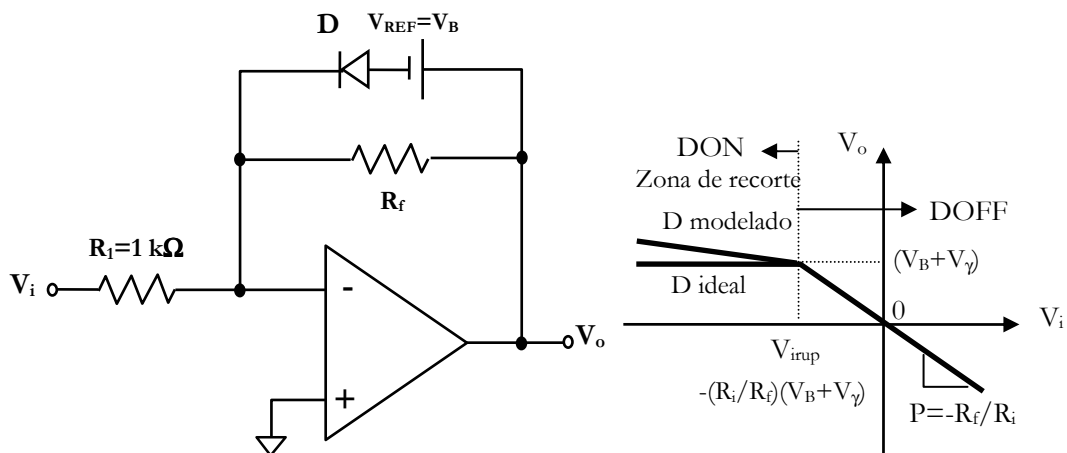


Fig. 1. Limitador serie básico y característica estática con diodo ideal. Se omiten las alimentaciones del AO ideal, por comodidad.

Vamos a analizar el circuito. En principio se considera ideal al diodo, según la figura 2. Cuando el diodo conduce la salida está fija a $-(V_B + V_\gamma)$, y cuando no conduce (la rama del diodo está abierta) el circuito se comporta como una configuración inversora de ganancia $-R_f/R_i$. Igualando ambos tramos de la característica de transferencia se tiene el punto de ruptura:

$$V_B + V_\gamma = -\frac{R_f}{R_i} V_{irup} \rightarrow V_{irup} = -\frac{R_i}{R_f} (V_B + V_\gamma)$$

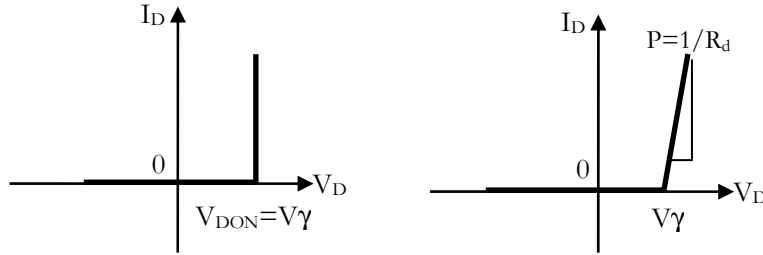


Fig. 2. Características de diodo que se consideran. A la izquierda característica estática ideal. R_d es la resistencia directa del diodo. La corriente inversa de saturación se considera nula y no se tiene en cuenta la zona de ruptura.

Si el diodo no es ideal entonces la característica estática en la zona de recorte viene dada por una recta de pequeña pendiente y de ordenada en el origen muy próxima al valor de recorte:

$$V_o = -\underbrace{\frac{1}{R_i} \frac{R_d R_f}{R_d + R_f}}_P V_i + \frac{R_d R_f}{R_d + R_f} \frac{V_B + V_\gamma}{R_d} \cong -\underbrace{\frac{R_d}{R_i}}_P V_i + V_B + V_\gamma \approx V_B + V_\gamma$$

5.3 Limitador serie básico

También llamado circuito de zona muerta, su versión más simple viene representada en la figura 3. La zona muerta abarca hasta la tensión de ruptura.

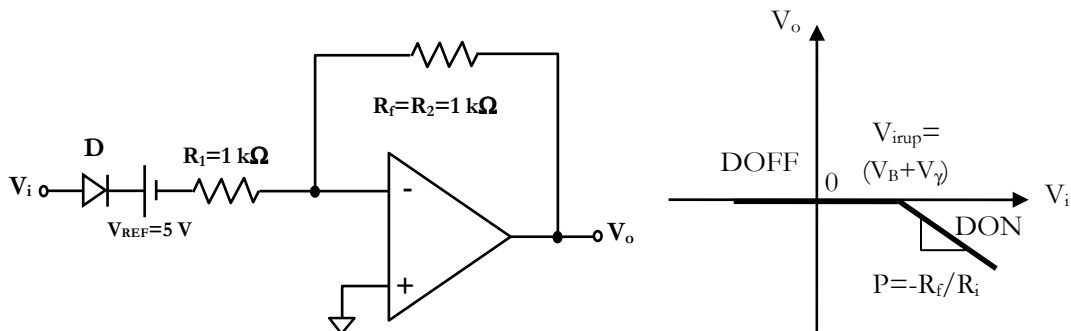


Fig. 3. Limitador serie básico y característica estática (estrada-salida). Se omiten las alimentaciones del AO ideal, por comodidad.

Antes de que el diodo conduzca por su rama la corriente es nula; por tanto también es nula por la resistencia de realimentación, y la salida es nula también porque es $V_o = -IR_2$. el diodo conduce a partir del umbral $V_B + V_\gamma$.

La zona muerta del circuito es el intervalo de tensiones de entrada para las que el circuito produce salida nula. En este caso la zona muerta abarca $(-\infty, V_{irup})$.

5.4 Mejoras al recortador básico

5.4.1 Recortador con fuentes fijas

Cuando interesa ajustar bien el punto de operación o polarización se pueden utilizar limitadores con fuentes externas. Es decir, la tensión de referencia vendrá establecida por circuitos diseñados a tal efecto. Estos circuitos evitan, entre otros factores, las fluctuaciones térmicas de la tensión de referencia.

El circuito de la figura 4 permite además gobernar la pendiente de la característica de transferencia. La característica de transferencia es la de un recortador paralelo.

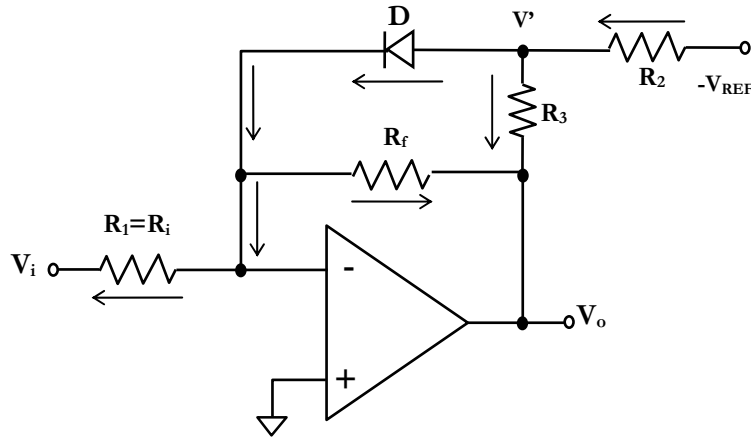


Fig. 4. Limitador con fuentes fijas que permite el control de la pendiente en la zona de recorte a través de R_3 . Situación de las corrientes cuando el diodo conduce.

Se obtiene la salida cuando D conduce:

$$V_o = - \underbrace{\frac{1}{R_1} \frac{R_3 R_f}{R_3 + R_f}}_P V_i + V_\gamma \underbrace{\frac{R_2 + R_3}{R_2 R_3} \frac{R_3 R_f}{R_3 + R_f} + V_{REF} \frac{1}{R_2} \frac{R_3 R_f}{R_3 + R_f}}_{\text{constantes}}$$

La pendiente P depende de R_3 , como anticipamos. Esto permite disminuirla, aunque no anularla.

Cuando D no conduce, el circuito se comporta como una configuración inversora tradicional.

5.4.2 Recortador con fuentes fijas y menor pendiente en la zona de recorte

El circuito de la figura 4 queda mejorado introduciendo un transistor en el lazo de realimentación negativa. La ganancia de continua del transistor (h_{FE}) provoca una

disminución ostensible de la resistencia R_3 , y en consecuencia de la pendiente. El circuito se muestra en la figura 5.

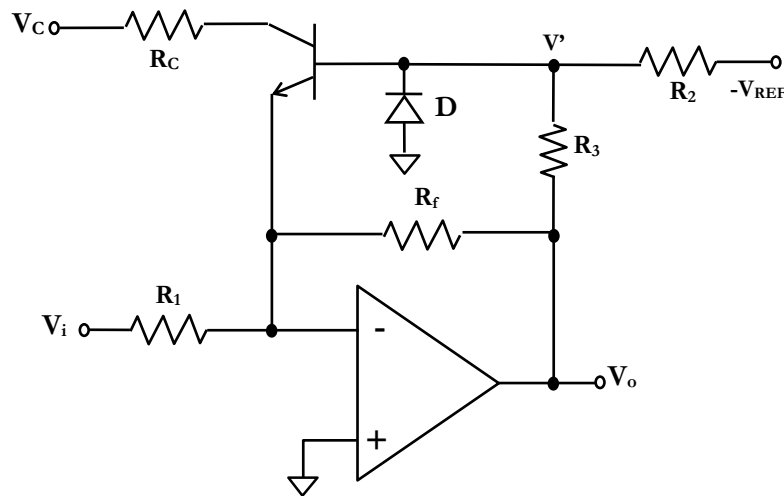


Fig. 5. Limitador con fuentes fijas y menor pendiente en la zona de recorte. D es un diodo de protección del transistor; no interviene en la característica de transferencia.

5.5 Circuito de zona muerta de precisión

Se estudia en este apartado el primer circuito de precisión que incorpora diodos.

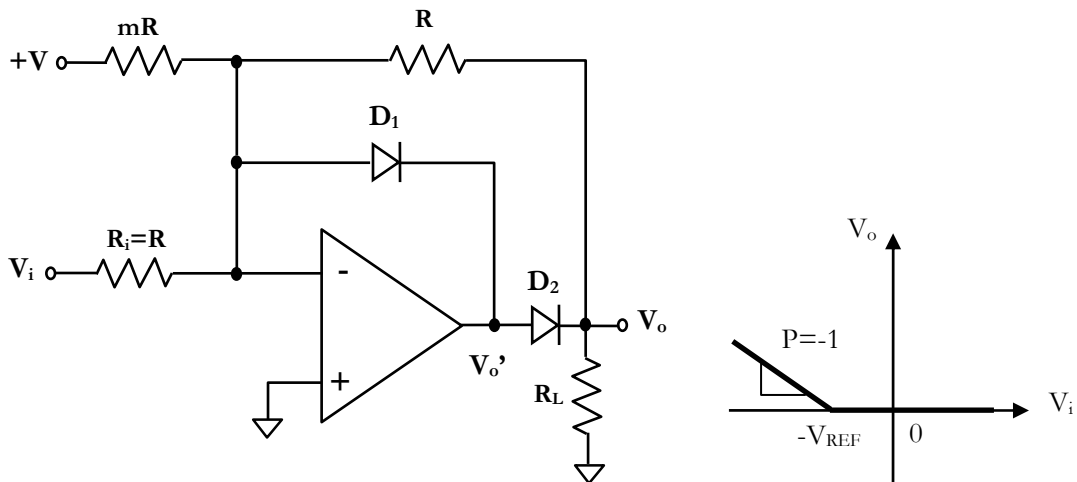


Fig. 6. Circuito de zona muerta de precisión o circuito con característica de diodo. Si $V_{REF}=0$ se tiene un rectificador de media onda de precisión.

Este es el primer circuito con característica de diodo estudiado en este tema. A partir de él se pueden sintetizar todas las funciones tanto de recorte de la entrada como de recorte de la salida.

Se estudian a continuación los rectificadores de precisión, cuya operación se basa en esencia en el funcionamiento del circuito anterior.

5.6 Rectificadores de onda completa de precisión

También se denominan circuitos de valor absoluto de precisión. El rectificador de precisión transmite una polaridad de la señal e invierte la otra (la parte negativa). La figura 7 muestra la característica estática de rectificación de onda completa.

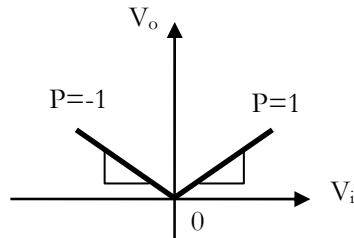


Fig. 7. Característica de transferencia de rectificación de onda completa. Función valor absoluto.

Vemos en este apartado circuitos no sintetizados con el circuito básico anterior. Existen tres tipos de circuitos. El primero es de bajo coste porque usa dos AOs, dos diodos y cinco resistencias iguales. Presenta el inconveniente de no tener una resistencia de entrada elevada. El segundo ya tiene resistencia de entrada elevada.

5.6.1 Circuito con resistencias iguales

Se muestra en la figura 8.

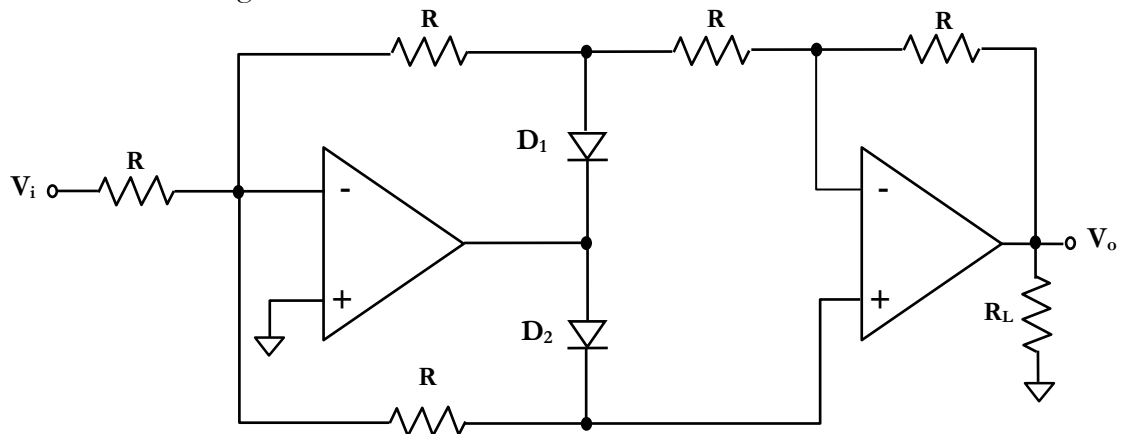


Fig. 8. Circuito de valor absoluto de precisión con resistencias iguales. Se suponen los AOs con alimentación dual, que se omite por sencillez.

Referencias

- | |
|--|
| <p>Coughlin, R. F. y Driscoll, F.F., Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales, 4ª edición, Prentice-Hall hispanoamericana. México, 1993.</p> <p>González de la Rosa, J.J., Circuitos Electrónicos con Amplificadores Operacionales. Problemas, fundamentos teóricos y técnicas de identificación y análisis, Marcombo, Boixareu Editores, Barcelona, 2001.</p> |
|--|

Malik, N. R. Electronic circuit: analysis, simulation and design, Prentice Hall international editions, 1995.