

A.2. 25/77
Aktive RC-Netzwerke, Operations-
verstärker, Integrator

A N A L O G S C H A L T U N G

RAT DR. REINHARD ADAM (Quelle: RFZ/FSN)

Aktive RC-Netzwerke mit reellen Polen und Nullstellen

Wirkungsweise: Die hier zusammengestellten aktiven RC-Netzwerke benutzen den Operationsverstärker OpV als gegengekoppelten Spannungsverstärker. Auf Grund des niederohmigen Ausgangs-(Quell-)widerstandes können die Elementarstrukturen zur schaltungstechnischen Realisierung von Netzwerken mit reellen Pol-Nullstellen-Verteilungen rückwirkungsfrei in Kette geschaltet werden. Komplexe Pole und Nullstellen können mit den vorliegenden Strukturen nicht erzeugt werden. (Siehe A.2. 26/77)

Netzwerke: Die OpV werden als ideale spannungsgesteuerte Spannungsquellen angesehen, deren Offenschleifenverstärkung V_o gegen Unendlich geht. Unter dieser Voraussetzung ist die Angabe von Polen bei $p = 0$ bzw. $p \rightarrow \infty$ zu verstehen. Der Eingangswiderstand r_e ist im allgemeinen eine komplexe Größe. In Zeile 5 ist r_d der Differenzeingangswiderstand des OpV, G ist die Schleifenverstärkung. (Hinweis: Eine Nullstelle verursacht in der Amplituden-Frequenz-Darstellung eine Steilheitsänderung von 6 dB/Oktave nach "oben", ein Pol entsprechend nach "unten".)

Hinweise zur Realisierung: Bei der Umsetzung der angegebenen Netzwerke in praktische Schaltungen müssen die schaltungstechnischen Aspekte bei der Anwendung von Operationsverstärkern beachtet werden. An einige sei hier erinnert:

- Beide Eingänge des OpV müssen einen Gleichstromweg haben. Wegen der Stabilität des Arbeitspunktes ist ein Gleichstromweg vom Ausgang auf den invertierenden Eingang erforderlich.
- Bei der Bemessung der passiven Netzwerkelemente sind die realen Eingangs- und Ausgangswiderstände der OpV zu beachten.
- Die OpV müssen phasenkompensiert werden (siehe z.B. in (1)). Im Nutzfrequenzbereich sollte die Schleifenverstärkung mindestens 20 dB betragen.
- Erfolgt die Signaleinspeisung auf den nichtinvertierenden Eingang (Netzwerke 5 ... 8), so ist die Eingangssteuerbarkeit des OpV zu beachten.

Literaturhinweis:

[1] Fischer, B.: Frequenzgangkorrektur integrierter Operationsverstärker. rfe 25 (1976) 14, S. 451

Schutzrechtssituation:

frei von Rechten Dritter

Lfd. Nr.	Schaltung	Nullstellen	Pole	Grenzwerte $p \rightarrow 0$	$ T(p) $ $p \rightarrow \infty$	Eingangs- widerstand	Ampl.-Frequenz- Charakteristik (Prinzip)
1		$n_1 \rightarrow \infty$	$p_1 = 0$	∞	0	$r_e = R_1$	
2		$n_1 = -\frac{1}{R_2 C_2}$	$p_1 = -\frac{1}{R_1 C_1}$	$\frac{C_1}{C_2}$	$\frac{R_2}{R_1}$	$r_e = R_1 + \frac{1}{p C_1}$	
3		$n_1 = 0$	$p_1 = -\frac{1}{R_2 C_2}$	0	0	$r_e = R_1 + \frac{1}{p C_1}$	
4		$n_1 = 0$	$p_1 = -\frac{1}{R_1 C_1}$	0	$\frac{R_2 R_3}{R_1 (R_2 + R_3)}$	$r_e = R_1 + \frac{1}{p C_1}$	
5		$n_1 = -\frac{1}{R_1 C_2}$	$p_1 = 0$	∞	1	$r_e = r_d \cdot G$	
6		$n_1 = -\frac{1}{R_1 C_2}$	$p_1 = -\frac{1}{R_E C_E}$	$\frac{R_E C_E}{R_1 C_2}$	1	$r_e = R_E + \frac{1}{p C_E}$	
7		$n_1 = 0$	$p_1 = -\frac{1}{R_E C_E}$	0	∞	$r_e = R_E + \frac{1}{p C_E}$	
8		$n_1 = 0$	$p_1 = -\frac{1}{R_E C_E}$	0	$1 + \frac{R_2}{R_1}$	$r_e = R_E + \frac{1}{p C_E}$	