

Two Equivalent Phase and Magnitude Compensated Infinite Input Impedance Inverting Amplifiers

Zwei äquivalente phasen- und betragsmäßig kompenzierte Umkehrverstärker mit unendlich großem Eingangswiderstand

By Ahmed M. Soliman* (Senior Member IEEE)

Abstract

Two novel active phase and magnitude compensated inverting amplifiers are proposed. Each amplifier circuit employs three operational amplifiers and six resistors and has an infinite input impedance. The design equations are given. A detailed comparison table is included.

Übersicht

Es werden zwei neue phasen- und betragsmäßig kompenzierte Umkehrverstärker vorgestellt. Jede Verstärkerschaltung hat einen unendlich großen Eingangswiderstand und enthält drei Operationsverstärker sowie sechs Widerstände. Die Dimensionierungsgleichungen werden aufgezeigt. Eine detaillierte Vergleichstabelle wird angegeben.

Für die Dokumentation:

Operationsverstärker / Netzwerk / aktive Kompensation

1. Introduction

Several active phase compensated inverting amplifiers using two operational amplifiers (opamps) have been reported recently [1-4]. It has been shown that the phase error of the two opamps inverting amplifiers is reduced to a negligible level, whereas the magnitude error remains a second order term as that of the uncompensated inverting amplifier [1].

Recently active compensated inverting amplifiers using three opamps have been introduced [5] and [6]. These inverting amplifiers however have a finite input impedance. In this paper two equivalent infinite input impedance active compensated inverting amplifiers are reported. Each amplifier circuit employs three opamps and six resistors, that is one resistor less than the inverting amplifier reported in [5].

2. The Proposed Inverting Amplifiers

The novel inverting amplifier circuits are shown in Fig. 1. Let the open loop gain of each of the three opamps be represented by the single pole model given by

$$A_i(s) \cong \frac{\omega_{ti}}{s}; \quad (i = 1, 2, 3) \quad (1)$$

where ω_t is the unity gain bandwidth of the opamp. Straightforward analysis of each circuit yields the following transfer function:

$$\frac{V_o}{V_i} = - \frac{(K_1 + 1) K_3}{(K_2 + 1)} \varepsilon(s) \quad (2)$$

where $\varepsilon(s)$ is the normalized gain function of the amplifier and is given by

$$\varepsilon(s) = \frac{1 + \frac{s\tau_2}{K_3} + s^2 \frac{\tau_2\tau_3}{K_3}}{1 + s \left[\tau_3 + \frac{\tau_1 K_3}{K_2 + 1} \right] + \frac{s^2 \tau_1 \tau_2}{K_2 + 1} + \frac{s^3 \tau_1 \tau_2 \tau_3}{K_2 + 1}} \quad (3)$$

where

$$\tau_i = \frac{K_i + 1}{\omega_{ti}}; \quad (i = 1, 2, 3). \quad (4)$$

Examining the phase error and the magnitude error obtained from equation (3), it is found that by taking

$$\tau_3 = \frac{\tau_2}{2K_3} = \frac{K_3}{K_2 + 1} \tau_1 \quad (5)$$

will yield relatively negligible phase and magnitude errors over a prescribed frequency band. The compensated normalized gain function $\varepsilon(s)$ simplifies to

$$\varepsilon_c(s) = \frac{1 + 2\tau_3 s + 2\tau_2^3 s^2}{1 + 2\tau_3 s + 2\tau_3^2 s^2 + 2\tau_3^3 s^3} \quad (6)$$

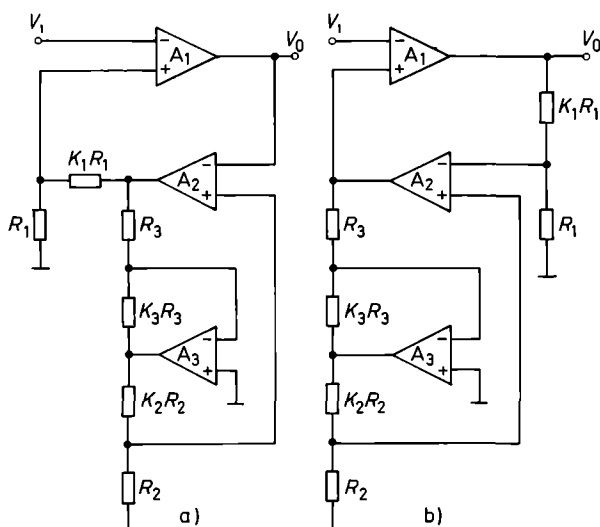


Fig. 1a-b. Two novel equivalent actively compensated inverting amplifiers

* Professor Electronics and Communications Engineering Department, Faculty of Engineering Cairo University, Egypt

Table 1: A comparison table for some active compensated inverting amplifiers

The inverting amplifier circuit	Circuit components		Input impedance	DC gain , N restriction	Approximate phase error ϕ	Approximate magnitude error γ
	opamps	resistors				
The uncompensated inverting amplifier	1	2	Finite	—	$-\frac{\omega}{\omega_{t1}}(N+1)$	$-\frac{1}{2}\left[\frac{\omega}{\omega_{t1}}(N+1)\right]^2$
The phase compensated inverting amplifier [2]	2	4	Finite	—	$-\left[\frac{\omega}{\omega_{t1}}(N+1)\right]^3$	$\left[\frac{\omega}{\omega_{t1}}(N+1)\right]^2$
The 2 opamps + 3R inverting amplifier [3]	2	3	Infinite	$N \geq 1.618$	$-\left[\frac{\omega}{\omega_{t1}}N\right]^3$	$\left[\frac{\omega}{\omega_{t1}}N\right]^2$
The novel inverting amplifiers	3	6	Infinite	$N \geq 1.366$	$2\left[\frac{\omega}{\omega_{t1}}N\right]^3$	$4\left[\frac{\omega}{\omega_{t1}}N\right]^4$

For frequencies such that $\omega\tau_i \ll 1$ ($i=1, 2, 3$), the approximate phase and magnitude errors are given in **Table 1**. It is seen that the phase error is reduced to a third order term and the magnitude error is reduced to a fourth order term. That is both the phase and the magnitude errors are negligible.

For the specified magnitude of the DC gain N , the design equations for K_3 , K_2 and K_1 are given respectively by

$$K_3 = N \left(\frac{\omega_{t3}}{\omega_{t1}} \right) - 1, \quad (7)$$

$$K_2 = 2K_3N \left(\frac{\omega_{t2}}{\omega_{t1}} \right) - 1, \quad (8)$$

$$K_1 = \frac{N(K_2 + 1)}{K_3} - 1. \quad (9)$$

If matched opamps are used however, the design equations simplify to

$$K_3 = N - 1 \quad (10)$$

$$K_2 = 2N^2 - 2N - 1 \quad (11)$$

$$K_1 = 2N^2 - 1 \quad (12)$$

3. Conclusions

Two novel phase and magnitude compensated inverting amplifiers are given. Both networks are equivalent and they have the attractive advantage of an infinite input impedance.

References:

- [1] Soliman, A. M.: Generation, classification and application of inverting amplifier structures. *Arch. Elektron. u. Übertragungstechn.* 35 (1981) 7/8, pp. 311–320.
- [2] Soliman, A. M.; Ismail, M.: Active compensation of opamps. *IEEE Trans. on Circuits and Systems*, Vol. CAS-26 (1979) 2, pp. 112–117.
- [3] Soliman, A. M.: Novel two opamps three resistor variable phase inverting amplifier. *Electronics Letters*, Vol. 16 (1980) 8, pp. 294–295.
- [4] Soliman, A. M.: A novel active phase compensated inverting amplifier. *Frequenz* 34 (1980) 8, pp. 238–240.
- [5] Natarajan, S.; Bhattacharyya, B. B.: Design of actively compensated finite gain amplifiers for high frequency applications. *IEEE Trans. on Circuits and Systems*, Vol. CAS-27 (1980) 12, pp. 1133–1139.
- [6] Geiger, R.; Budak, A.: Design of active filters independent of first and second order operational amplifier time constant effects. *IEEE Trans. on Circuits and Systems*, Vol. CAS-28 (1981) 8, pp. 749–757.

Dr. Ahmed M. Soliman, 20A El-Mansour Mohamed Str., Apt. 51, Zamalek, Cairo, Egypt
(Received on June 21, 1983)

Neues aus Forschung, Industrie und Wirtschaft

Schnelle Computer-Kommunikation über Satellit

Wissenschaftler und Industrieunternehmen in Großbritannien arbeiten eng zusammen, um die mit der Übertragung einer Datenfülle zwischen Großcomputern verbundenen praktischen Probleme zu lösen. Das Ziel besteht darin, einen wirtschaftlichen Weg zu finden, um auf raschestem Wege mit Computern Informationen auszutauschen und damit künftigen Geschäftserfordernissen Rechnung zu tragen.

Die erste öffentliche Demonstration dieser einzigartigen Zusammenarbeit zwischen Industrie, Regierung und Universitäten erfolgte im Februar 1983. Es handelt sich um das sogenannte Project Universe (Universities Expanded Ring and Satellite Experiment) – ein dreijähriges Programm, für das rund 4 Mio Pfund angesetzt sind und das dazu dienen soll, die beste Möglichkeit zu erkunden, auf schnelle Weise sowohl Großcomputer wie auch eine Vielzahl kleinerer Geräte über weite Entfernungen hinweg miteinander zu verbinden.

Die Hauptpartner des Projekts sind das Industrieministerium, das dem Science and Engineering Research Council zugehörige Rutherford Appleton Laboratory, die Universität Cambridge, die Loughborough University of Technology, das University College London, British Telecom sowie die Firmen GEC und Logica.

Noch weitere Firmen sind, wenn auch in geringerem Maße, an dem Projekt beteiligt, zeichnen jedoch für wichtige Komponenten verantwortlich. So stellten beispielsweise BICC, Cifer Systems, Marconi Avionics und Orbis Computer Ausrüstungen und technische Unterstützung bereit, als im Februar 1983 im Londoner Barbican Centre im Rahmen der Ausstellung „Information Technology and Office Equipment“ die erste öffentliche Testführung veranstaltet wurde.

Bei dem Project Universe werden erstmals zwei Methoden der Computerübertragung kombiniert: die Konzeptionen „Ortsnetze“ (Local Area Networks = LANs) und schnelle Satelliten-