

複素バンドパス Gm-C フィルタの構成の検討

Design Consideration of Complex Analog Bandpass Gm-C Filters

神宮善敬 和田宏樹 稲葉晋也 小林春夫 高橋憲普 林海軍
Yoshitaka Jingu Hiroki Wada Shinya Inaba Haruo Kobayashi Noriyuki Takahashi Kaigun Rin

群馬大学 工学部 電気電子工学科
Department of Electronic Engineering, Faculty of Engineering, Gunma University

1 はじめに

この論文では、携帯電話・無線 LAN のアナログ・フロントエンド部に使用するための高周波複素バンドパス Gm-C フィルタの構成の検討について記す。

2 1次複素バンドパス Gm-C フィルタ

図 1(a) の 1 次複素バンドパス Gm-C フィルタ回路で、複素電圧出力と複素電流入力から伝達関数伝達関数 $G_1(s)$ は次のように得られる。

$$G_1(s) := \frac{I_{out}(s) + jQ_{out}(s)}{I_{in}(s) + jQ_{in}(s)} = \frac{1}{C} \frac{1}{(s + j\omega_c) + \omega_0}$$

ここで $\omega_c := g_m/C$, $\omega_0 := g_o/C$ である。図 1(b) にそのゲイン特性を示す。位相特性、群遅延は各々

$$\angle G_1(j\omega) = -\arctan\left(\frac{\omega + \omega_c}{\omega_0}\right)$$

$$\frac{d\angle G_1(j\omega)}{d\omega} = -\frac{\omega_0}{(\omega + \omega_c)^2 + \omega_0^2}$$

となる。また Q 値は g_m/g_o となる。 $G_1(j\omega)$ を ω_c だけ周波数シフトすると実ローパスフィルタになる。

$$G_1(j(\omega - \omega_c)) := \frac{1}{C} \frac{1}{j\omega + \omega_0} = \frac{1}{g_o} \frac{1}{1 + j(\omega/\omega_0)}$$

3 3次複素バンドパス Gm-C フィルタ

文献 [1] の 3 次複素バンドパス Gm-C フィルタに出力コンダクタンス g_o をつけたもの (図 2) の伝達関数を導出した。これにより回路パラメータ値の設計が可能になる。

$$G_3(s) := \frac{(s - z_1)(s - z_2)}{C(s - p_1)(s - p_2)(s - p_3)}$$

$$\text{ここで } \omega_c := \frac{g_2}{C}, \quad p_1 := \frac{g_o}{C} - j\omega_c,$$

$$p_2, p_3 = -\frac{g_o}{2C} + j\left(\pm \frac{\sqrt{8g_1^2 - g_o^2}}{2C} - \omega_c\right),$$

$$z_1, z_2 := -\frac{g_o}{2C} + j\left(\pm \frac{\sqrt{8g_1^2 + 8g_2^2 - g_o^2}}{2C} - \omega_c\right).$$

同様に $G_3(j\omega)$ を ω_c だけ周波数シフトした $G_3(j(\omega - \omega_c))$ は実ローパスフィルタになる。

4 複素バンドパス Gm-C フィルタの高周波化の考察

(i) 中心周波数 $\omega_c := g_m/C$ を高くする $\rightarrow g_m$ 大 $\rightarrow W$ 大 \rightarrow 寄生 C 大 \rightarrow 中心周波数 ω_c 低。

(ii) g_m の帯域 ω_{BW} (文献 [2]) の影響を考える。 $g_m \rightarrow g_m/(1 + j(\omega/\omega_{BW}))$ で ω_c が高い場合、 ω_{BW} は ω_c の数倍程度以上にしなければならない (Q が高いほど大)。 g_m 帯域制限により周波数伝達関数は中心周波数 ω_c で対称ではなくなる。

(iii) g_m, g_o, C 値の相対ばらつきがあると、出力信号は入力イメージ信号の影響を受けるようになる。

謝辞 この研究の STARC の支援に謝意を表します。

参考文献

- [1] P. Andreani, B. Essink, "A CMOS gm-C Polyphase Filter with High Image Band Rejection," *Proc. of ESSCIRC*, vol.11, pp.374-378, 2000.
- [2] S. Dosho, T. Morie, H. Fujiyama, "A 200MHz Seventh-Order Equiripple Continuous-Time Filter by Design of Nonlinearity Suppression in 0.25 μ m CMOS Process," *IEEE JSSC*, vol.37, no.5, pp.559-565, May 2002.

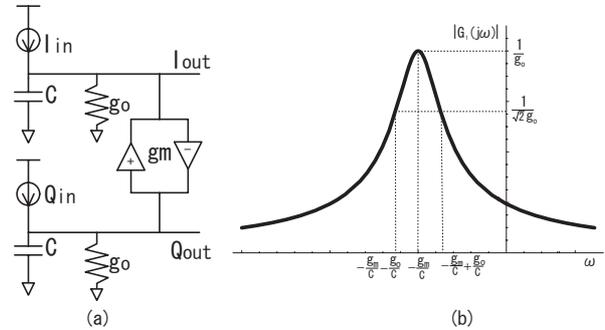


図 1 (a) 1 次複素バンドパス Gm-C フィルタ回路。 (b) ゲイン特性 $|G_1(j\omega)|$ 。

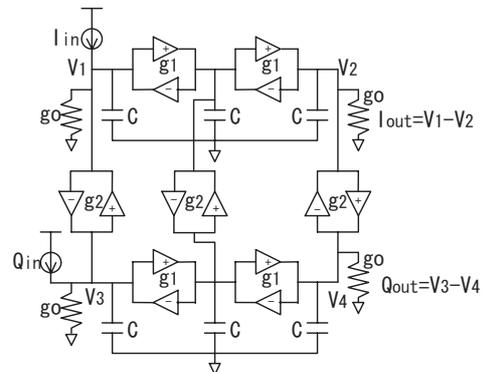


図 2 3 次複素バンドパス Gm-C フィルタ回路。