

UDC 621.372.542.2:[681.335.7:621.319.4.064]

寄生容量を補正できる UGB・SC 加算積分器
を用いたリープフロッグ型 SCF

山本 博資 竹内 成和 為貞 建臣

竹内成和：非会員 徳島大学工学部電子工学科
山本博資，為貞建臣：正員 同上

Leapfrog SCF Using Stray-Capacitance-Compensatable UGB Integrators. By Shigekazu TAKEUCHI, Nonmember, Hirotsuke YAMAMOTO and Takeomi TAMESADA, Regular Members (Faculty of Engineering, Tokushima University, Tokushima-shi, 770 Japan).

論文番号：昭58-技92[A-22]

あらまし 寄生容量を補正できる UGB・SC 加算積分器を提案し，5次有極型低域通過フィルタを構成したときの素子感度及び寄生容量の影響を調べる。

1. まえがき

最近，消費電力やチップ面積の低減化などのため，演算増幅器の代わりに UGB (unity gain buffer) を用いて SCF (switched-capacitor filter) を構成する研究が行われている⁽¹⁾。有極型低域通過フィルタをリープフロッグ型 SCF として実現する場合，UGB を用いると演算増幅器を用いる場合より容量の個数を減少でき，その結果素子感度が小さくなる⁽²⁾。しかし，演算増幅器を用いると寄生容量の影響を完全に除けるのに対し，UGB ではその影響を除くことが困難であった⁽²⁾。本論文では，寄生容量の影響を補正できる UGB・SC 加算積分器を新たに提案し，その補正が不完全な場合でも寄生容量によるフィルタ特性の変動が十分小さくでき，UGB を用いる方が実用上有利となる場合もあることを示す。

2. UGB・SC 加算積分器

図1に示す従来の UGB・SC 加算積分器の入出力関係は，寄生容量 $C_1' \sim C_4'$ を考慮すると次式で与えられる。

$$V_4 = \frac{1}{C_3 + C_3' + C_4 + C_4'} \left[\left(\frac{z^{-\frac{1}{2}}}{1 - z^{-1}} \right) \left\{ -C_1 V_1 + (C_2 + C_2') V_2 - (C_1' + C_2') z^{\frac{1}{2}} V_4 \right\} + C_3 V_3 \right] \quad (1)$$

式(1)より，図1の加算積分器は寄生容量により積分及び加算係数が変化する以外に出力 V_4 を積分する項が生じる欠点がある。図2に，本論文で提案する UGB・SC 加算積分器を示す。本加算積分器の入出力関係は式(2)で示され，出力 V_4 の大きさが寄生容量により一様

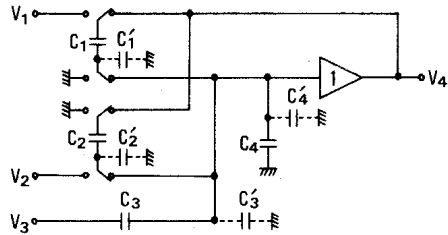


図1 UGB・SC 加算積分器(1)
Fig.1-UGB・SC integrator (1).

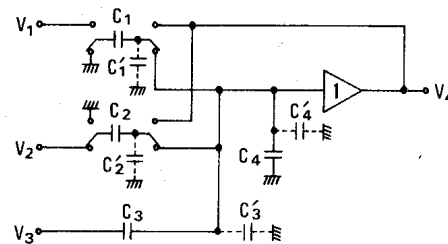


図2 UGB・SC 加算積分器(2)
Fig.2-UGB・SC integrator (2).

に変化するのみである。式(2)より，図2の加算積分器を用いれば，容量 C_4 の値を前もって $C_1' + C_2' + C_3' + C_4'$ だけ小さくすることにより寄生容量の影響を補正できる。

$$V_4 = \frac{1}{C_1 + C_1' + C_2 + C_2' + C_3 + C_3' + C_4 + C_4'} \cdot \left[\left(\frac{z^{-\frac{1}{2}}}{1 - z^{-1}} \right) (-C_1 V_1 + C_2 V_2) + C_3 V_3 \right] \quad (2)$$

3. UGB・SCF への素子偏差及び寄生容量の影響

図3の5次有極型低域通過フィルタを図2の UGB・SC 加算積分器を用いてリープフロッグ型 SCF として構成すると図4となる。但し，等しい容量はできるだけ1つにまとめ⁽²⁾，容量数を減少して実現している。

なお，考察する図3の低域通過フィルタの特性は，通過帯域幅が 3.235 kHz，シャ断域の極は 4.502 kHz と 6.567 kHz であり，図4の各容量値は，SCF のサンプリング周波数を 128 kHz，最小の容量値を 1.0 と

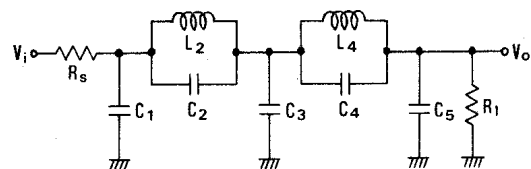


図3 5次有極型低域通過フィルタ
Fig.3-5-th order low-pass filter with poles.

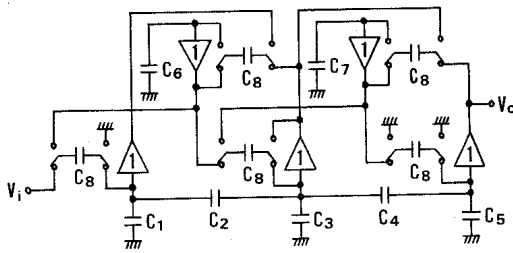


図4 UGB・リーフロッグ型 SCF
Fig.4-Leapfrog SCF with UGB·SC integrators.

正規化したとき、次のようになる。

$$C_1 = 5.576, C_2 = 1.318, C_3 = 8.142, C_4 = 4.155$$

$$C_5 = 3.802, C_6 = 6.302, C_7 = 3.929, C_8 = 1.0$$

通過域における図4のSCFの素子感度をモンテカルロ法で求めた結果を図5に示す。同図の(a)は、各容量値を独立に偏差±0.2%以内で一様に3,000回変化させたときの伝達特性 $20 \log |V_o/V_i|$ の標準偏差である。ところで、実際には寄生容量の値を正確に推定するのは困難である。そこで、寄生容量の補正が不完全な場合の影響を調べるために、各容量の素子偏差の影響に加えて、寄生容量の値をそれが付随している容量の値の±0.2%, ±0.4%以内で一様に3,000回変化させた場合のシミュレーション結果をそれぞれ図5(b), (c)に示す。比較のため、図3の回路を寄生容量の影響のない演算増幅器SC加算積分器を用いて構成したリーフロッグ型SCFの素子感度を図5(d)に併記する。一般にはフィルタの特性は各周波数に対する相対損失が重要なので、シミュレーション3,000回の各回ごとに1kHzの伝達損失を0dBに正規化して図5と同様の方法で求めた素子偏差及び寄生容量の影響を図6に示す。図5, 6より寄生容量を±0.2%~±0.4%程度以下の精度で補正できる場合には、UGB·SC加算積分器を用いても、演算増幅器を用いた場合と同程度以上の精度でフィルタの伝達特性を達成できることがわかる。

4. むすび

寄生容量の影響を補正できるUGB·SC加算積分器を提案し、それを用いて有極型低域通過フィルタを実現した場合の素子偏差及び寄生容量の影響を調べた。その結果、寄生容量の補正がある程度以上の精度で行なえる場合には、演算増幅器を用いた場合と同程度以上の精度でフィルタの伝達特性を達成できることを示した。提案したUGB·SC加算積分器には、電圧により値が変動する非線形な寄生容量を完全に補正できな

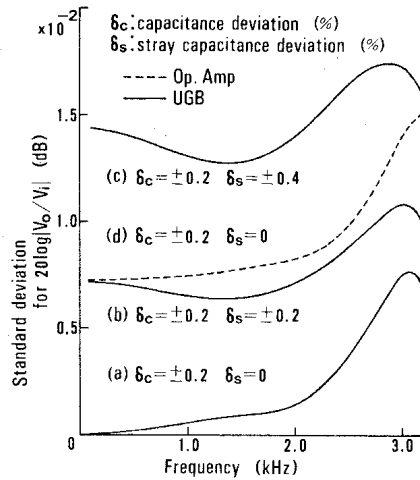


図5 伝達特性の偏差
Fig.5-Deviation of the transfer characteristics.

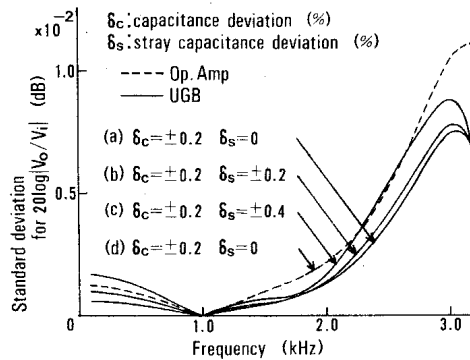


図6 1kHzで正規化した伝達特性の偏差
Fig.6-Deviation of the transfer characteristics normalized at 1kHz.

い欠点がある。しかし、UGB·SC加算積分器を用いると、演算増幅器を用いた場合に比べて、増幅器の数は同じであるが容量数及びスイッチ数を減少できる特徴⁽²⁾があることを考慮すると、仕様によってはUGB·SCFの方が有利となる場合があると思われる。

文 献

- (1) 飯塚智弘：“性能を上げるとともに、新しい応用を模索するスイッチト・キャパシタ技術”，日経エレクトロニクス，9-13，266，pp.145-163(1982-09)。
- (2) 竹内，山本，為貞：“リーフロッグ形SCF構成法に関する一検討”，信学技報，CAS82-13(1982-05)。
- (3) Hosticka, B. J.: "Novel dynamic c. m. o. s. amplifier for switched-capacitor integrators", Electron. Lett., 15, 17, pp.532-533(1979).
(昭和57年12月6日受付)