

文章编号:1005-0523(1999)03-0043-04

用CC II实现电流模三阶低通巴特沃思特性分析

刘子英, 肖荣

(华东交通大学电气与信息工程信学院, 江西南昌 330013)

摘要: 利用第二代电流传输器,提出了三阶低通巴特沃思电流模式实现电路。通过适当的设计来补偿CCII的非理想特性对分母系数的改变。网络的有源灵敏度实际上是不灵敏的。

关键词: 电流传输器;电流模电路;最大平坦响应

中图分类号: TN 713 **文献标识码:** A

0 引言

第二代电流传输器(CC II)是一种新颖的有源器件^[1]。由于采用了单位增益缓冲器、电流镜及电流模等新技术和互补双极工艺,使其具有宽通带、高速度、高精度的电流传输特性,因此在有源滤波器的应用中异军突起,颇受注目^[2]。笔者讨论利用CC II实现具有最大平坦频率响应特性的电流模三阶低通巴特沃思滤波器的设计方法^[3]。

电流传输器是一种接地三端口电流模有源电路,方框图如图1^[3]。如果规定三端电流流入为正,则理想情况下第二代电流传输器的端口电压、电流关系用混合矩阵表示为^[1]

$$\begin{bmatrix} i_Y \\ u_X \\ i_Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & \pm 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_Y \\ i_X \\ u_Z \end{bmatrix} \quad (1)$$

其中:矩阵方程中的“+”号表示电流在CC II的Z端口和X端口都是流进传输器的,标为CC II+,也称为同相电流传输器;而“-”号表示电流在CC II的Z端口和X端口,若*i_x*是流进传输器的,则*i_z*是流出传输器的,或者反之,标为CC II-,也称为反相电流传输器^[3]。

1 滤波器电路结构及分析

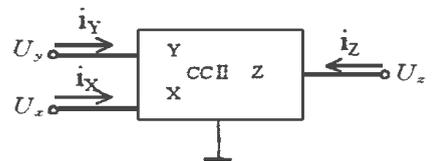


图1 CC II电路符号及电流参考方向

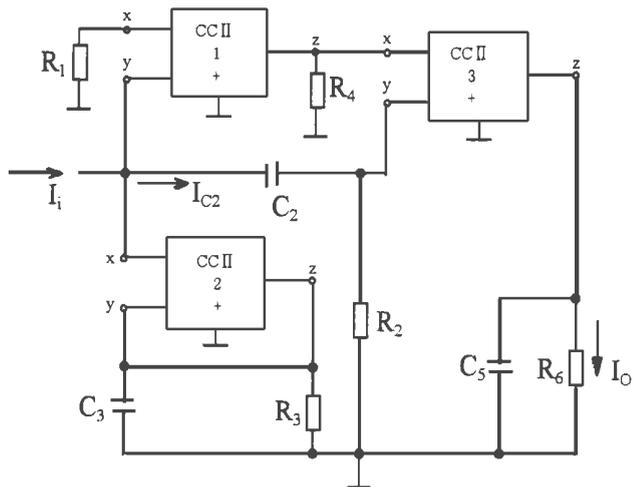


图2 电流模三阶低通巴特沃思滤波器电路

收稿日期:1999-01-21; 修订日期:1998-05-18

作者简介:刘子英(1964-),女,江西于都人,华东交通大学讲师

图2为电流模巴特沃思电路,根据电流传输器的端口特性及基尔霍夫定律

$$\left. \begin{aligned} I_i &= I_{x2} + I_{z2} \\ U_{y2} &= U_{z2} = -I_{x2} \left/ \left(\frac{1}{R_3} + SC_3 \right) \right. \Rightarrow I_{x2} = -U_{y2} \left(\frac{1}{R_3} + SC_3 \right) \\ U_{x2} &= U_{y2} = I_{z2} \left(R_2 + \frac{1}{SC_2} \right) \Rightarrow I_{z2} = U_{y2} \left/ \left(R_2 + \frac{1}{SC_2} \right) \right. \\ I_0 &= \frac{-\frac{1}{SC_5}}{R_6 + \frac{1}{SC_5}} I_{z3} \Rightarrow I_{z3} = -I_0 (1 + SR_6 C_5) \\ U_{z1} &= -R_4 (I_{z1} + I_{x3}) = -R_4 \left(-\frac{U_{y2}}{R_1} + I_{z3} \right) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

由上式可推出电流传递函数

$$T(S) = I_0(S) / I_i(S) = [R_4/R_1 - SR_2 C_2 (1 - R_4/R_1)] / \{ S^3 R_2 C_2 R_3 C_3 R_6 C_5 + S^2 [R_2 C_2 R_3 C_3 + R_6 C_5 (R_2 C_2 + R_3 (C_3 - C_2))] + S [R_2 C_2 + R_6 C_5 + R_3 (C_3 - C_2)] + 1 \} \quad (2)$$

若选择合适的参数,即 $R_1 = R_4, R_2 = R_3 = R_6 = R = 1\Omega, C_2 = C_3 = C_5 = C = 1F$

并且令 $R_4 = R/K$, 则(2)式可简化为

$$T(S) = \frac{K}{d_3 S^3 + d_2 S^2 + d_1 S + 1} \quad (3)$$

式中: $d_1 = d_2 = 2, d_3 = 1$, 即得到最大平坦巴特沃思响应^[13]调节 R_1 和 R_2 可得期望的增益 K ^[13]

2 实现

从端口特性来看, CC II 的 X 端口为电压跟随器, Z 端口为电流跟随器¹⁹在电路实现上 X 端口的输入阻抗不能做到无限小, Z 端口的输出阻抗不能做到无限大, 故在跟随特性存在一定的误差¹⁹这时 CC II 端口特性为

$$\begin{bmatrix} i_Y \\ u_X \\ i_Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 - \epsilon & 0 & 0 \\ 0 & 1 - \epsilon & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_Y \\ i_X \\ u_Z \end{bmatrix} \quad (4)$$

式中: ϵ, ϵ 为电压与电流的跟随误差, 它们都是频率的函数.

若令 $a_n = 1 - \epsilon_n, b_n = 1 - \epsilon_n, (n = 1, 2, 3)$.

则得到电流传递函数

$$T(S) = (a_3 b_3 R_3 / R_4) [\lambda - SR_2 C_2 (1 - \lambda)] / \{ S^3 R_2 C_2 R_3 C_3 R_6 C_5 + S^2 [R_2 C_2 R_3 C_3 + R_6 C_5] R_2 C_2 + R_3 (C_3 - C_2) \} + S [R_2 C_2 + R_6 C_5 + R_3 (C_3 - C_2)] + 1 \} \quad (5)$$

式中:

$$\lambda = a_1 b_1 R_4 / b_3 R_1, C_3 = C_3 / a_2 b_2; R_3 = a_2 b_2 R_3. \quad (6)$$

若令 $\lambda = 1$, 并且 $a = b = 1$ 时, 则(5)式即转化为理想情况下的传递函数 $T(S)$

从式(5)、(6)可看出, 由于 CC II 非理想特性改变了滤波器传递函数中分母的系数, 为补偿 CC II 的非理想特性对电流模式滤波器的影响, 接一电容 C_c 与 $C_3 (=C)$ 串联, 接一电阻 r_c 与 R_3

(=R) 串联, 即可得相应的补偿方程

$$\left. \begin{aligned} a_2 b_2 (1/C + 1/C_c) &= 1/C \\ a_2 b_2 (r_c + R) &= R \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

在很宽的频率范围内跟随误差为很小的常数^[2]($\varepsilon_u \ll 1$), 因此可忽略误差的乘积项, 则

$$a_2 b_2 = (1 - \varepsilon_1)(1 - \varepsilon_2) = 1 - \varepsilon_1 - \varepsilon_2 + \varepsilon_1 \varepsilon_2 \approx 1 - \varepsilon_1 - \varepsilon_2 = 1 - \varepsilon_t \quad (8)$$

式中: $\varepsilon_t = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$

将式(8)代入式(7)得补偿电容和电阻分别为

$$C_c = \frac{(1 - \varepsilon_t)C}{\varepsilon_t} \approx \frac{C}{\varepsilon_t}; \quad r_c = \frac{\varepsilon_t R}{1 - \varepsilon_t} \approx \varepsilon_t R \quad (9)$$

在非理想情况下, 为满足 $\lambda=1$ 的实现条件, 令 $R_1 = a_1 b_1 R_4 / b_3$ (10)

则修正后的增益 K 为

$$K = a_3 b_3 \frac{R_3}{R_4} = a_3 b_3 \frac{a_2 b_2 R_3}{R_4} = a_2 a_3 b_2 b_3 K \quad (11)$$

3 有源灵敏度分析

极点角频率 ω 和品质因数 Q 的有源灵敏度 S^ω 和 S^Q 的表达式为^[3]

$$S^\omega = S_1^\omega - S_2^\omega; \quad S^Q = S_3^Q - (S_1^Q + S_2^Q) \quad (12)$$

在非理想条件下, 经计算得分母系数 $d_1 = d_2 = 2 + \varepsilon_1, d_3 = d_3 = 1$ ^[13]此式表明在图2中只有第二个电流传输器的跟随误差($\varepsilon_1, \varepsilon_2$)影响系数 d_1, d_2 , 所以对所有跟随误差, 极点角频率 ω 的有源灵敏度 $S^\omega = 0$, 对品质因数 Q 的有源灵敏度为

$$S_{\varepsilon_{i,un}}^Q = \begin{cases} \frac{2 \varepsilon_{un}}{2 + \varepsilon_i} & (n = 2) \\ 0 & (n = 1, 3) \end{cases}$$

以上分析表明, 用CC II+构成的电流模三阶低通巴特沃思滤波器实际上是有源不灵敏的^[13]

4 结论

本文讨论用CC II实现电流模三阶低通滤波器的设计方法^[13]由于CCII_o存在一定的跟随误差, 改变了分母多项式的系数, 通过接入合适的补偿元件, 可以精确地修正由跟随误差引起的偏差^[13]网络的有源灵敏度计算表明, 网络实际上是有源不灵敏的^[13]

[参 考 文 献]

- [1] 姚玉洁等译. 模拟集成电路设计—电流模法[M]. 北京: 高等教育出版社, 1996. 62~94.
- [2] WILSON B. Recent developments in current conveyors and current mode circuits[J]. IEE Proc G, 1990, 137: 63~77.
- [3] SODERSTRAND M A, MITRA S K Sensitivity analysis of third order filter[J]. Int. J. Electron, 1972, 30: 265~272.

Implementation of Current-mode Third-order Lowpass Butterworth Characteristics Using CCII

LIU Zi ying, XIAO Rong

(College of Electrical and Electronic Information, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: The realisation of third-order lowpass Butterworth in the current mode by using the second-generation current conveyor (CC II) is presented. With nonideal CC II the denominator coefficients are slightly altered, however it can be precisely compensated by suitable design. The network active-sensitivities are practically insensitive.

Key words: current conveyor; current-mode circuits; maximally flat response

(上接第 42 页)

Analysis and Design of Driver for IGBT Modules

ZHAO Li

(College of Electrical and Electronic Information East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: This paper describes the basic requirements for IGBT driving circuit and presents its characteristics. The problem of multi-power supply in bridge converter driver is solved by designing a compact and practical driving circuit for IGBT module. The circuit is verified by experiment.

Keywords: IGBT; driver; module