

文章编号: 1007- 2985(2008) 04- 0065- 03

基于 CCCII 的电流模式全通滤波器结构的设计*

管志利, 刘伟力, 谢平阳

(湖南科技大学信息与电气工程学院, 湖南 湘潭 411201)

摘要: 提出了一种用 CCCII 实现的有高输出阻抗的电流模式全通滤波器, 该电路仅使用 2 个 CCCII 模块, 通过选取 4 个不同的电阻或电容可构成 8 种不同的全通滤波器, 且阻抗匹配、增益可调, PSPICE 仿真结果验证了理论分析的正确性.

关键词: 电流模式; 电流控制传送器(CCCII); 全通滤波器

中图分类号: TN731⁺. 1

文献标识码: A

电流传送器(Current Conveyor, 简称 CC) 是一种万用功能模块, 用它可以方便地实现各种电流、电压模式电路, 与电压运算放大器相比, 电流传输器能提供更大的增益带宽积(Gain Bandwidth Product, 简称 GBP), 但是值得注意的是在 CCII 的 X 端有一个寄生电阻, 而其传输特性并没有考虑这个电阻, 这样就导致了基于 CCII 的传输函数产生误差, 尤其在 X 端外接电容时误差较大. Fabre 等人利用双极型晶体管的线性互导(Translinear Loop) 特性实现了电流控制传送器(Current Controlled Conveyor, 简称 CCC)^[1-2], 其电路结构简单, 提高了频响, 降低了功耗. 笔者运用 CCCII 实现了有高输出阻抗的电流模式全通滤波器, 该电路仅使用 2 个 CCCII 模块, 通过选取 4 个不同的电阻或电容可构成 8 种不同的全通滤波器, 且阻抗匹配、增益可调, 元器件少, 电路结构简单.

1 电路理论与设计

1.1 CCCII 器件简介

1996 年 Fabre 等提出的 CCCII+, 其原理图及电路图如图 1 所示, 反相输出的 CCCII-, 只要在图 1- a 的电路基础上加一个交叉耦合的电流镜即可. CCCII+ 的电路符号如图 1- b 所示, 其端口特性由混合矩阵方程为

$$\begin{pmatrix} i_y \\ v_x \\ i_z \\ \dot{i}_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & R_x & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_y \\ i_x \\ v_z \end{pmatrix}, R_x = \frac{V_T}{2I_B}. \quad (1)$$

其中: $V_T \approx 26 \text{ mV}$ (室温); 电阻 R_x 是 X 端的输入电阻, 被偏置电流 I_B 控制^[3]. 很明显可通过改变偏置电流 I_B 来控制的 R_x 值.

* 收稿日期: 2008- 04- 20

作者简介: 管志利(1979-), 湖南祁阳人, 湖南科技大学信息与电气工程学院教师, 硕士生, 主要从事模拟集成电路和数字电路设计等研究.

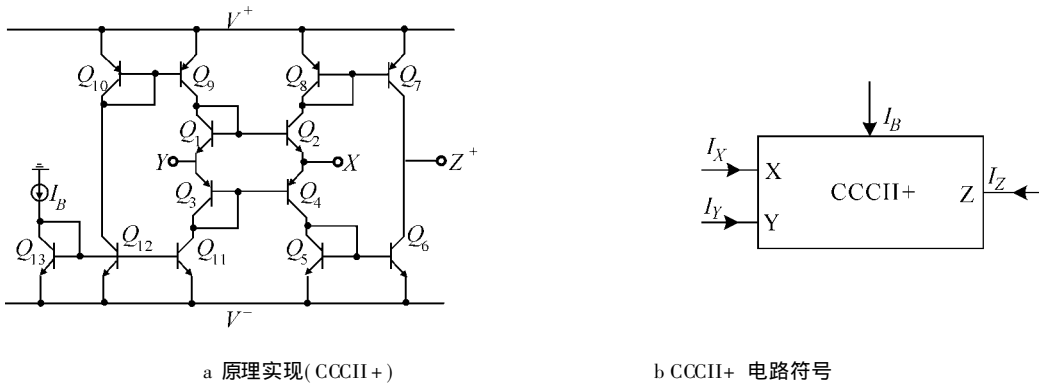


图 1 CCCII+ 原理图与电路符号图

1.2 电路实现

笔者所提出的一种用 CCCII 实现的有高输出阻抗的电流模式全通滤波器如图 2 所示, 由 CCCII+ 器件的理想特性并经电路分析可得:

$$\begin{cases} U_{X1} = U_{Y1} + \frac{I_{X1}}{Y_{X1}}, \\ U_{X2} = U_{Y2} + \frac{I_{X2}}{Y_{X2}}, \\ U_{X1} = U_{X2}, \\ I_{in} = U_{Y1} Y_1 + U_{Y2} Y_3, \\ (U_{Y1} - U_{Y2}) Y_2 = U_{Y2} Y_3, \\ I_{out} = -I_{X2}. \end{cases}$$

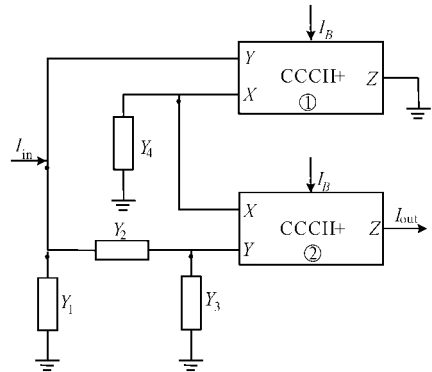


图 2 高输出阻抗的电流模式全通滤波器

化简得到传输函数: $\frac{I_{out}}{I_{in}} = \frac{Y_{X2}(Y_2 Y_4 - Y_3 Y_{X1})}{(Y_1 Y_2 + Y_2 Y_3 + Y_1 Y_3)(Y_{X1} + Y_{X2} + Y_4)}$. 其中 Y_{X1}, Y_{X2} 分别为 CCCII+ ①和 CCCII+ ②的 X 端输入电导. 可以看出, 该电路实现了全通滤波器. 通过选择不同的 Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 可实现 8 种不同的全通滤波器如表 1 所示.

表 1 不同条件下构成的全通滤波器

序号	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	传输函数	增益	匹配条件
1	0	G_2	G_3	sC_4	$K \frac{G_{X1} + G_{X2} - sC_4}{G_{X1} + G_{X2} + sC_4}$	$-\frac{G_{X1} G_{X2}}{G_2(G_{X1} + G_{X2})}$	$G_3 = \frac{G_2(G_{X1} + G_{X2})}{G_{X1}}$
2	0	$G_2 + sC_2$	G_3	G_4	$K \frac{G_3 G_{X1} - 2sC_2 G_4}{G_3 G_{X1} + 2sC_2 G_4}$	$-\frac{G_4 G_{X2}}{G_3(G_{X1} + G_{X2} + G_4)}$	$G_2 = \frac{G_3 G_{X1}}{2G_4}$
3	0	G_2	$G_3 + sC_3$	G_4	$K \frac{G_3 - sC_3}{G_3 + sC_3}$	$\frac{G_4 G_{X2}}{2G_3(G_{X1} + G_{X2} + G_4)}$	$G_2 = \frac{2G_3 G_{X1}}{G_4}$
4	0	G_2	G_3	sG_4	$K \frac{G_3 G_{X1} - sC_4 G_2}{G_3 G_{X1} + sC_4 G_2}$	$-\frac{G_{X1}(G_1 - G_2)}{G_2 G_3}$	$G_{X2} = \frac{G_{X1}(G_1 - G_2)}{G_2}$
5	0	$G_2 + sC_2$	G_3	G_4	$K \frac{G_2 - sC_2}{G_2 + sC_2}$	$-\frac{G_{X1} G_{X2}}{2G_2(G_{X1} + G_{X2}) + G_3 G_{X1}}$	$G_4 = \frac{G_3 G_{X1}}{2G_2}$
6	G_1	sC_2	G_3	G_4	$K \frac{G_1 G_3 - sC_2(G_1 + G_3)}{G_1 G_3 - sC_2(G_1 + G_3)}$	$-\frac{G_{X1} G_{X2}}{G_3 G_{X1} + G_1(2G_{X1} + G_{X2})}$	$G_4 = \frac{G_{X1}(G_1 + G_3)}{G_1}$
7	G_1	G_2	sC_3	G_4	$K \frac{G_1(G_{X1} - G_4) - sC_3 G_{X1}}{G_1(G_{X1} - G_4) + G_{X1} sC_3}$	$\frac{G_4 G_{X2}}{G_1(G_{X1} + G_{X2} + G_4)}$	$G_2 = \frac{G_1(G_{X1} - G_4)}{G_4}$
8	G_1	G_2	G_3	sG_4	$K \frac{G_3 G_{X1} - sC_4 G_2}{G_3 G_{X1} + sC_4 G_2}$	$-\frac{G_{X1}(G_3 - G_2)}{G_2 G_3 + G_1(G_2 + G_3)}$	$G_{X2} = \frac{G_{X1}(G_3 - G_2)}{G_2}$

1.3 计算机仿真

对图 2 取第 1 种情况得电路结构如图 3 所示, 选择偏置电流 $I_{01} = I_{02} = I_0 = 20 \mu\text{A}$, $C_4 = 5 \text{ nF}$, $f_p = \frac{1}{2\pi\tau} = \frac{2I_0}{\pi V_T C_4} = 97.9 \text{ kHz}$, $R_2 = 2R_3 = 1.3 \text{ k}\Omega$, 用 Pspice 进行计算机仿真, 通过改变 R_x 来改变放大倍数, 实现偏置电流对放大倍数的控制, 如图 4 所示. 由图 5 输出电流和频率的关系曲线可见, 该滤波器有比较宽的频率可调范围. 当带宽下降到 3 dB 时所对应的频率正好是谐振频率, 且为 97.5 kHz.

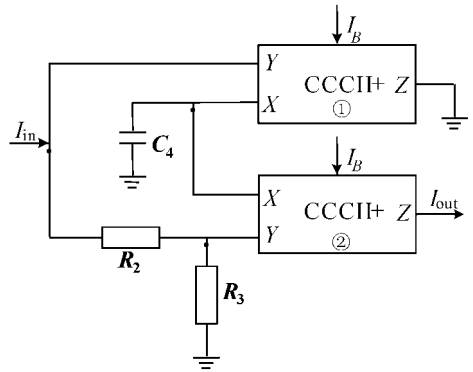


图 3 电路结构

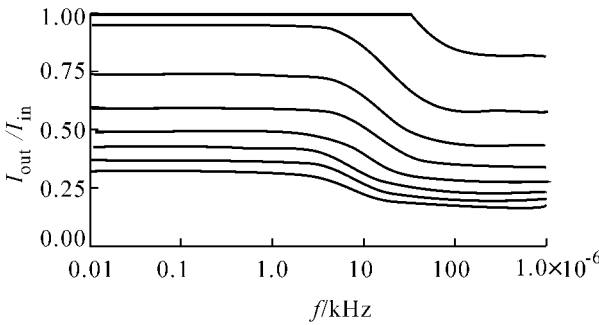


图 4 RC 参数扫描

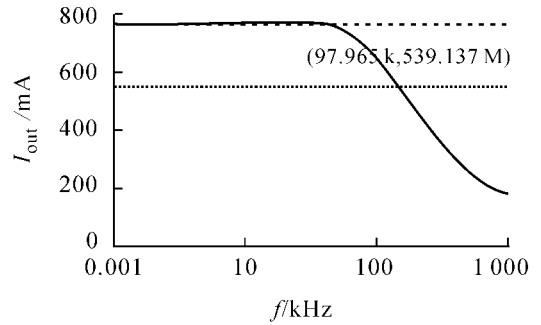


图 5 输出电流和频率的关系

2 结语

用 2 个 CCCII 实现的电流模式全通滤波器新电路, 通过选取 4 个不同电阻或电容可构成 8 种不同的全通滤波器, 且阻抗匹配, 增益可调整. 具有以下优点: (1) 电路简单, 灵活, 方便. (2) 频率可调且范围大. (3) 易于集成.

参考文献:

[1] FABRE A. High Frequency Applications Based on a New Current Controlled Conveyor [J]. IEEE Trans. on CAS (I), 1996, 43(2): 82-91.
 [2] FABRE A. Low Power Current Mode Second order Bandpass IF Filter [J]. IEEE Trans. on CAS (II), 1997, 44(6): 436-446.
 [3] HE Yi-gang. Current-Mode Continuous-Time Based on MOCC [J]. Journal of China Institute of Communications, 2000, 21(3): 88-91.
 [4] 何怡刚, 江金光, 吴杰, 等. 通用有源电流模式滤波器 [J]. 电子学报, 1999, 27(11): 21-23.
 [5] 彭良玉. 连续时间滤波器的设计: CCI, FTFN, CFA [D]. 长沙: 湖南大学, 2003: 40-62.
 [6] 方维. 基于 CCCII 的电流模式多功能双二次滤波器 [J]. 电子与信息学报, 2001, 23(10): 1032-1035.

New Current-Mode All-Pass Configuration Using CCCIIS

GUAN Zh-li, LIU We-li, XIE Ping-yang

(College of Information Engineering and Electrical Science and Technology University of Hunan, Xiangtan 411201, Hunan China)

Abstract: A new configuration for the realization of current-mode all-pass filters with high output impedance is presented. It can realize all-pass filtering function using two Current Controlled Conveyors (CCCIIS) connected to four RC one-port elements. Eight different realizations for the proposed configuration are given in tabular form, which exhibit identical transfer functions but differ in the number of passive components, component matching constraints, possibility of electronically gain adjustment and other properties. PSpice simulation for an actual circuit is conducted, and the result shows that the proposed circuit is valid and effective.

Key words: current-mode; current controlled conveyor; all-pass filter

(责任编辑 陈炳权)