

# 参数独立可调的 MOCCII 电流模式滤波器

王春华<sup>1</sup>, 沈光地<sup>2</sup>

(1.湘潭大学 信息工程学院, 湖南 湘潭, 411105;

2.北京工业大学 电子信息与控制工程学院和北京光电子技术实验室, 北京 100022 )

**摘 要:** 为了设计多功能电流模式滤波器和进行滤波器的调谐, 提出了一种参数独立可调的二阶电流模式滤波器的信号流图及与之相应的 MOCCII(多端输出的第 2 代电流传输器)电流模式滤波器. 该滤波器由 3 个 MOCCII, 3 个电容及 4 个电阻构成, 能产生低通、带通、高通、带阻及全通滤波输出. 滤波器的固有频率及品质因数等参数能独立可调, 且具有很低的有源及无源灵敏度. 对提出的电路进行了计算机模拟, 结果证明提出的电路是正确的.

**关键词:** 滤波器; 电流模式; 多端输出的第 2 代电流传输器

**中图分类号:** TN713

**文献标识码:** A

**文章编号:** 0254-0037(2004)01-0018-05

近年来, 连续时间电流模式滤波器受到了国内外的重视. 用 MOCCII 所构成的连续时间电流模式滤波器除了具有较宽的动态范围、较好的线性度、较高的速度外, 还具有电路结构非常简单的突出特点. 所以, 基于 MOCCII 的电流模式滤波器受到人们的青睐<sup>[1-10]</sup>. 在滤波器的设计中, 参数独立可调是十分重要的. 文献 [2-4, 6-7, 9] 中基于 MOCCII 电流模式的二阶滤波器, 固有频率和品质因数一般都不能独立调节. 作者提出一个参数独立可调的信号流图及 MOCCII 电流模式二阶滤波器电路. 对信号流图及电路进行了分析, PSPICE 仿真结果证明提出的电路是正确的.

## 1 MOCCII 电路符号及端口特性

图 1 为 MOCCII 的电路符号.  $y$  端为电压信号输入端,  $x$  为电压跟随端,  $z_1, z_2, z_3, \dots, z_n$  为同相电流输出端,  $\bar{z}_1, \bar{z}_2, \bar{z}_3, \dots, \bar{z}_m$  为反相电流输出端. 其理想端口特性为

$$\begin{aligned} i_y = 0, v_x = v_y, i_{z_1} = i_{z_2} = \dots = i_{z_n} = \\ -i_{\bar{z}_1} = -i_{\bar{z}_2} = \dots = -i_{\bar{z}_m} = i_x \end{aligned} \quad (1)$$

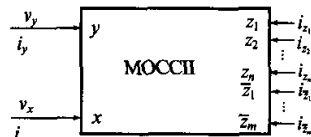


图 1 MOCCII 电路符号  
Fig.1 The circuit symbol of MOCCII

## 2 提出的信号流图及其 MOCCII 电流模式滤波器

### 2.1 信号流图

单输入多输出的信号流图如图 2 所示. 其中,  $K_1 / (S + K)$  表示阻尼积分器,  $K_2 / S$  表示积分器,  $SK_3$  表示微分器.

在图 2 中, 可同时实现 5 种滤波输出:  $I_{o1}, I_{o2}, I_{o3}, I_{o4}$  及  $I_{o5}$ , 它们分别对应的为带通、低通、高通、带阻及全通输出. 由信号流图理论可推出此 5 种输出的电流传递函数为

$$I_{oi} / I_i = K_i S / (S^2 + KS + K_1 K_2) \quad (2)$$

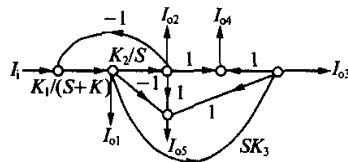


图 2 单输入多输出电流模式滤波器的信号流图  
Fig.2 The signal flow graph of current mode filters with single input and multiple outputs

收稿日期: 2003-07-28.

基金项目: 国家重点基础研究发展规划基金资助项目(G20000683-02); 湖南省教育厅基金资助项目(01C080).

作者简介: 王春华(1963-), 男, 湖南祁阳人, 副教授, 博士.

$$I_{o2} / I_i = K_1 K_2 / (S^2 + KS + K_1 K_2) \tag{3}$$

$$I_{o3} / I_i = K_1 K_3 S^2 / (S^2 + KS + K_1 K_2) \tag{4}$$

$$I_{o4} / I_i = (K_1 K_2 + K_1 K_3 S^2) / (S^2 + KS + K_1 K_2) \tag{5}$$

$$I_{o5} / I_i = (K_1 K_2 - K_1 S + K_1 K_3 S^2) / (S^2 + KS + K_1 K_2) \tag{6}$$

其中固有频率 $\omega_0$ 和品质因数 $Q$ 分别为：

$$\omega_0 = (K_1 K_2)^{1/2} \quad Q = (K_1 K_2)^{1/2} / K \tag{7}$$

由式(7)可知,由于 $\omega_0$ 的表达式中不含 $K$ ,而 $Q$ 的表达式中含有 $K$ ,故 $\omega_0$ 和 $Q$ 能独立调节。

### 2.2 MOCCII 电流模式滤波器

根据图2可构成MOCCII电流模式滤波器(如图3所示)。其中： $R_1, C_1, R_2$ 与第①个MOCCII构成阻尼积分器； $R_3, C_2$ 与第②个MOCCII构成积分器； $R_4, C_3$ 与第③个MOCCII构成微分器。

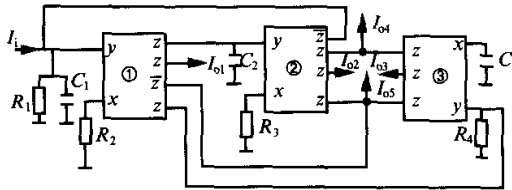


图3 参数独立可调MOCCII电流模式滤波器

Fig.3 The proposed MOCCII current mode filter with parameters adjusted independently

对比图2及图3可得

$$K_1 = 1 / (R_2 C_1), K = 1 / (R_1 C_1), K_2 = 1 / (R_3 C_2), K_3 = R_4 \tag{8}$$

将式(8)代入式(2)~(7)可得

$$I_{o1} / I_i = SR_1 R_3 C_2 / \Delta, I_{o2} / I_i = R_1 / \Delta, I_{o3} / I_i = S^2 R_1 R_3 R_4 C_2 C_3 / \Delta \tag{9}$$

$$I_{o4} / I_i = (S^2 R_1 R_3 R_4 C_2 C_3 + R_1) / \Delta, I_{o5} / I_i = (S^2 R_1 R_3 R_4 C_2 C_3 - SR_1 R_3 C_2 + R_1) / \Delta \tag{10}$$

其中  $\Delta = S^2 R_1 R_2 R_3 C_1 C_2 + SR_2 R_3 C_2 + R_1$   (11)

固有频率及品质因数分别为

$$\omega_0 = [1 / (R_2 R_3 C_1 C_2)]^{1/2} \quad Q = R_1 [C_1 / (R_2 R_3 C_2)]^{1/2} \tag{12}$$

由式(12)可知, $\omega_0$ 的表达式中不含 $R_1$ ,而 $Q$ 的表达式里含有 $R_1$ ,所以 $\omega_0$ 与 $Q$ 能独立可调。其调谐方法为：先通过调节 $R_2, R_3$ 改变 $\omega_0$ ,然后通过调节 $R_1$ 可改变 $Q$ ,当改变 $Q$ 时 $\omega_0$ 的值不受影响,从而实现了 $\omega_0$ 与 $Q$ 的独立调节。

由式(9)、(10)可知, $I_{o1}$ 为带通输出, $I_{o2}$ 为低通输出, $I_{o3}$ 为高通输出。当满足条件 $R_2 = R_4, C_1 = C_3$ 时, $I_{o4}$ 为带阻输出;当满足条件 $R_2 = R_4, C_1 = C_3$ 及 $R_1 = R_2$ 时 $I_{o5}$ 为全通输出。

如果利用电路理论,直接从图3中也可得出式(9)、(10)的结果。

### 3 灵敏度分析

根据灵敏度的公式： $S_x^y = (x/y) \cdot (\partial y / \partial x)$ ,通过式(12)可计算出无源灵敏度为

$$S_{R_1, R_3, C_1, C_2}^{\omega_0} = -1/2, S_{R_1, R_3, C_1}^Q = -S_{C_1}^Q = -1/2, S_{R_1}^Q = 1$$

要求出滤波器的有源灵敏度,必须求出非理想情况下滤波器的传递函数。非理想情况下MOCCII的端口特性为： $i_y = 0, v_x = \alpha_v v_y, i_z = i_{z_1} = \dots = i_{z_n} = \alpha_{i_+} i_x, i_{z_1} = i_{z_2} = \dots = i_{z_m} = -\alpha_{i_-} i_x$ 。其中： $\alpha_v = 1 - \epsilon_v; \alpha_{i_+} = 1 - \epsilon_{i_+}; \alpha_{i_-} = 1 - \epsilon_{i_-}$  ( $|\epsilon_v| \ll 1, |\epsilon_{i_+}| \ll 1, |\epsilon_{i_-}| \ll 1$ )。  $\alpha_v, \epsilon_v$ 分别称为MOCCII的电压跟踪系数及电压跟踪误差; $\alpha_{i_+}, \alpha_{i_-}$ 分别称为同相输出端及反向输出端的电流跟踪系数; $\epsilon_{i_+}, \epsilon_{i_-}$ 分别称为同相输出端及反向输出端的电流跟踪误差。将MOCCII的非理性特性应用于图3,得出非理想情况下滤波器的传递函数:

$$I_{o1} / I_1 = SR_1 R_3 C_2 \alpha_{i1} + \alpha_{v1} / \Delta', I_{o2} / I_1 = R_1 \alpha_{i1} + \alpha_{v1} \alpha_{v2} / \Delta' \quad (13)$$

$$I_{o3} / I_1 = S^2 R_1 R_3 R_4 C_2 C_3 \alpha_{i1} + \alpha_{i3} + \alpha_{v1} \alpha_{v3} / \Delta' \quad (14)$$

其中,  $\Delta' = S^2 R_1 R_2 R_3 C_1 C_2 + SR_2 R_3 C_2 + R_1 \alpha_{i1} + \alpha_{i2} - \alpha_{v1} \alpha_{v2}$   
固有频率及品质因数分别为

$$\omega_0 = [\alpha_{i1} + \alpha_{i2} - \alpha_{v1} \alpha_{v2} / (R_2 R_3 C_1 C_2)]^{1/2}, Q = R_1 [C_1 \alpha_{i1} + \alpha_{i2} - \alpha_{v1} \alpha_{v2} / (R_2 R_3 C_2)]^{1/2} \quad (15)$$

其中:  $\alpha_{vn} (n = 1, 2, 3)$  为第  $n$  个 MOCCII 电压跟踪系数;  $\alpha_{in+} (n = 1, 2, 3)$ 、 $\alpha_{in-} (n = 1, 2, 3)$  分别为第  $n$  个 MOCCII 同相输出端及反相输出端的电流跟踪系数。

由式(15)可得滤波器的有源灵敏度为

$$S_{\alpha_{i1}, \alpha_{i2}, \alpha_{v1}, \alpha_{v2}}^{\omega_0} = S_{\alpha_{i1}, \alpha_{i2}, \alpha_{v1}, \alpha_{v2}}^Q = 1/2, S_{\alpha_{in-}, \alpha_{i2}, \alpha_{v3}, \alpha_{v3}}^{\omega_0} = S_{\alpha_{in-}, \alpha_{i2}, \alpha_{v3}}^Q = 0 \quad (16)$$

所以, 由式(16)知, 该滤波器具有很低的有源灵敏度。

### 4 PSPICE 计算机仿真

为验证提出电路的正确性, 对图 3 所示的电路进行了计算机仿真。仿真时所采用的 MOCCII 电路为作者提出的 CMOS MOCCII 电路<sup>[10]</sup>(如图 4 所示)。图中各晶体管的尺寸为  $W/L = 30 \mu\text{m} / 3 \mu\text{m}$ , 所采用的 PSPICE 参数如表 1 所示。

表1 NMOS管、PMOS管的PSPICE参数

Tab.1 The PSPICE parameters of NMOS transistor and PMOS transistor

参数	LEVEL	LD	TOX	NSUB	VTO	KP	GAMMA	PHI	UO	UEXP
NMOS管	2	$2.25 \times 10^{-7}$	$4.08 \times 10^{-8}$	$6.27 \times 10^{15}$	0.775	$5.50 \times 10^{-5}$	0.538 8	0.6	652.0	0.100 9
PMOS管	2	$0.21 \times 10^{-6}$	$4.08 \times 10^{-12}$	$5.60 \times 10^{15}$	-0.774	$2.26 \times 10^{-5}$	0.508 8	0.6	263.3	0.169 0
参数	UCRIT	DELTA	VMAX	XJ	LAMBDA	NFS	NEFF	NSS	TPG	RSH
NMOS管	$9.379 \times 10^4$	$1 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^5$	0.25	$2.75 \times 10^{-3}$	$2.06 \times 10^{-1}$	1.000	$1 \times 10^{10}$	1	31.00
PMOS管	$2.349 \times 10^4$	7.315	$1.709 \times 10^4$	$0.25 \times 10^{-6}$	$1.41 \times 10^{-2}$	$2.77 \times 10^{-11}$	1.001	$1 \times 10^{10}$	-1	88.94
参数	CGDO	CGSO	CGBO	CJ	MJ	CJSW	MJSW	PB		
NMOS管	$3.17 \times 10^{-10}$	$3.17 \times 10^{-10}$	$4.26 \times 10^{-10}$	$1.040 \times 10^{-4}$	0.649	$4.74 \times 10^{-10}$	0.327 0	0.800		
PMOS管	$2.71 \times 10^{-10}$	$2.71 \times 10^{-10}$	$3.65 \times 10^{-10}$	$2.734 \times 10^{-4}$	0.530	$2.71 \times 10^{-10}$	0.252 5	0.800		

图 3 中取  $R_1 = R_2 = R_3 = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $C_1 = C_3 = 1.5 \text{ nF}$ ,  $C_2 = 3 \text{ nF}$ , 得计算机 PSPICE 的仿真结果如图 5 所示。

由图 5 可以看出,  $I_{o1}$ 、 $I_{o2}$ 、 $I_{o3}$ 、 $I_{o4}$ 、 $I_{o5}$  分别的带通、低通、高通、带阻及全通滤波器输出。从而证明所提出的电路是正确的。

### 5 结束语

本文提出了单输入 5 输出的电流模式信号流图及 MOCCII 电流模式滤波器。提出的滤波器电路具有以下特点:

- 1) 能同时产生二阶低通、带通、高通、带阻及全通滤波器输出;
- 2) 固有频率与品质因数独立可调;
- 3) 电路结构简单, 仅由 3 个 MOCCII、3 个电容及 4 个电阻构成;
- 4) 具有较低的无源及有源灵敏度。

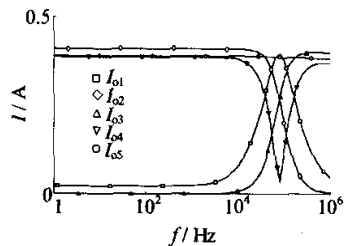


图5 提出电路的计算机PSPICE仿真结果  
Fig.5 The simulation results of the proposed circuit

## 参考文献:

- [1] WU J, MASRY. Current-mode ladder filters using multiple output current conveyors[J]. IEE Proceeding G, 1996, 143(4): 218-224.
- [2] 郭静波, 王基赞, 戴逸松, 等. 基于 MCCII 的差分式电流模式连续时间滤波器[J]. 通信学报, 1997, 18(6): 59-63.  
GUO Jing-bo, WANG Ji-zan, DAI Yi-song, et al. MCCII-based fully differential continuous-time current-mode filter[J]. Journal of China Institute of Communications, 1997, 18(6): 59-63. (in Chinese)
- [3] GUNES E O, TOKER A, OZOGUZ S. Insentive current-mode universal filter with minimum components using dual-output current conveyors[J]. Electronics Letter, 1999, 35: 524-525.
- [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.  
HE Yi-gang, JIANG Jin-guang, WU Jie, et al. Universal active current-mode filter[J]. Acta Electronica Sinica, 1999, 27(11): 21-23. (in Chinese)
- [5] 何怡刚. 基于 MOCC 的电流模式连续时间滤波[J]. 通信学报, 2000, 21(3): 88-91.  
HE Yi-gang. Current-mode continuous-time filters based on MOCC[J]. Journal of China Institute of Commuications, 2000, 21(3): 88-91. (in Chinese)
- [6] WANG Hung-yu, LEE Ching-ting. Versatile insensitive current-mode universal biquad implementation using current conveyors[J]. IEEE Transactions Circuits and Systems-II, 2001, 48(4): 409-413.
- [7] WANG Chun-hua, ZOU De-shu, YAN Jian-zhuo, et al. A MOCCII current-mode KHN filter and its non-ideal characteristic research[A]. 2001 4th International Conference on ASIC Proceedings[C]. Beijing: People's Posts & Telecommunications Publishing House, 2001. 289-292.
- [8] 王春华, 闫健卓, 沈光地. 基于 MOCCII 的多环反馈电流模式滤波器的系统设计[J]. 通信学报, 2002, 23(4): 11-16. (in Chinese)  
WANG Chun-hua, YAN Jian-zhuo, SHEN Guang-di. The systematic design of multiple-loop feedback current-mode filters based on MOCCII[J]. Journal of China Institute of Communications, 2002, 23(4): 11-16. (in Chinese)
- [9] 王春华, 沈光地. 最少元件的多输入多输出 MOCCII 电流模式滤波器[J]. 电路与系统学报, 2002, 17(4): 104-107.  
WANG Chun-hua, SHEN Guang-di. Multi-input multi-output current-mode filters based on MOCCII with minimum components[J]. Journal of Circuits and Systems, 2002, 17(4): 104-107. (in Chinese)
- [10] 王春华. MOCCII 及其构成的电流模式连续时间滤波器研究[D]: [学位论文]. 北京: 北京工业大学电子信息与控制工程学院, 2003.  
WANG Chun-hua. MOCCII and its current mode continuous time filter research[D]: [Dissertation]. Beijing: School of Electronics Information and Control Engineering of Beijing University of Technology, 2003. (in Chinese)

## MOCCII-based Current Mode Filter With Parameters Being Adjusted Independently

WANG Chun-hua<sup>1</sup>, SHEN Guang-di<sup>2</sup>

( 1.College of Information Engineering, Xiangtan University, Xiangtan, Hunan 411105, China;

2.College of Electronic Information and Control Engineering,

Beijing University of Technology and Beijing Optoelectronic Technology Laboratory, Beijing 100022, China )

**Abstract:** In order to design multiple function current mode filter and make tune to filters, the authors present a signal flow graph of second order current mode filter and its corresponding

MOCCH-based current mode filter whose parameters can be adjusted independently. The filter circuit is constructed by three MOCCHs, three capacitors and four resistors. It can realize low-pass, band-pass, high-pass, band-stop and all-pass filtering outputs. The parameters (natural frequency and quality factor) of the filter can be adjusted independently. Moreover, the passive sensitivity and active sensitivity of the filter are very low. The proposed circuit is computer-simulated and proved to be correct.

**Key words:** filter; current mode; multiple-end current conveyor II

---

上接第4页

## Establishment of Multimedia Platform Based on Web Service Technique

JIA Ke-bin, FANG Sheng, YANG Da-peng  
( College of Electronic Information and Control Engineering,  
Beijing University of Technology, Beijing 100022, China )

**Abstract:** In order to solve the problem of establishing general multimedia platform brought by complexity of multimedia technology and heterogeneous environment, Web Service is used to establish loosely-coupled web-based distributed multimedia platform that can operate across all major operating systems and programming languages, and includes H.264 encoder service and content-based image retrieval service. The platform's architecture, advantages and the method of establishing such a platform are also detailedly introduced. Common application servers are used in the server end to deploy a H.264 encoding service and an image match service based on image color and spatial information. Traditional windows GUI application, web browser and embeded platform simulator are used at client end.

**Key words:** Web Service; H.264 coder; image retrieval