

二、有源滤波电路

滤波器是通信系统和电子设备中应用最为广泛的部件之一,在构成系统及对信号进行处理的过程中需要各种类型的滤波器,如低通、高通、带通、带阻(或陷波)与特殊性能(如线性相位式、可编程式等)的滤波器。

长期以来,人们不断地探求各种滤波器的设计与实现方法,以简化设计、减小体积、改善性能、提高灵活性和可靠性及便于制作,相继出现了 LC、机械、陶瓷、晶体与有源 RC 等型式的滤波器,并广泛地应用于各个领域。近些年来,随着微电子技术和电路技术的发展,已将滤波器集成于单一芯片,陆续有电荷耦合器件(CCD)滤波器、开关电容滤波器(SCF)、数字滤波器及连续时间滤波器(CTF)等新型集成滤波电路问世。

目前普遍应用的集成滤波器是 SCF,它是一种采用 MOS 工艺,将 MOS 电容、运放、开关集于一体,构成的单片开关电容滤波器。这种 SCF 基于有源 RC 滤波器技术,为便于集成工艺的实现,采用“开关电容(Switched Capacitor)”代替电阻,如图 2-1 示。

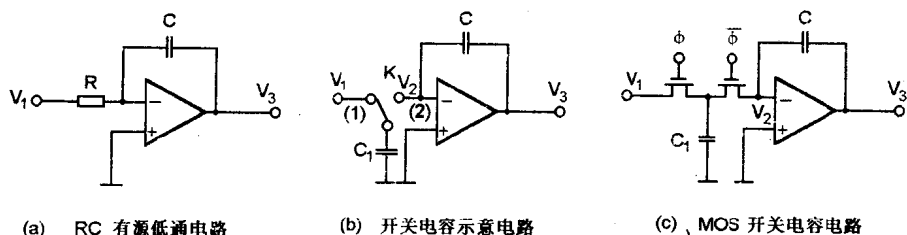


图 2-1. 开关电容滤波器的原理

由(b)可见,当开关K从(1)侧转换到(2)侧时,电容 C_1 上储存电荷量相应变化了 $\Delta Q = C_1(V_1 - V_2)$,即该电荷从(1)侧传送到(2)侧。若开关转换频率为 f_0 ,周期为 T_0 ,则在一个周期内所传送的平均电流为:

$$\bar{I} = -\frac{\Delta Q}{T_0} = -\frac{C_1}{T_0} (V_1 - V_2)$$

(1)-(2)间等效电阻为:

$$R = \frac{V_1 - V_2}{\bar{I}} = \frac{T_0}{C_1} = \frac{1}{C_1 f_0} \quad (2-1)$$

如果用 MOS 开关和 MOS 电容分别置换图 2-1(b) 中的开关与电容,且以两同频反相时钟脉冲 Φ 、 $\bar{\Phi}$ 驱动两个 MOS 开关,则可构成与(a)等效的最简单的 MOS 开关电容滤波单元,如图 2-1(c) 示。借助 SCF 单元可以组合成各种形式的开关电容滤波电路。

在模拟电路中,图 2-1(a) 所示 RC 有源滤波电路的 S 域传输函数为:

$$H(S) = -\frac{1}{SRC}$$

若将式(2-1)代入,可以得到图 2-1(c)SCF 的频率特性为:

$$H(j\omega) = -\frac{1}{j\omega} f_0 \left(\frac{C_1}{C} \right)$$

可见SCF的频率特性只与开关转换频率和两个电容的比值有关,而与电容各自的大小无关。基于上述的分析和原理,SCF与LCF、RCF相比,具有稳定性好、准确度高、容易控制频率特性以及便于集成和占用芯片面积小等优点,因而使它成为目前一种引人注目的集成化滤波器,得到广泛应用。

目前国外已研制与生产出各种类型的SCF,包括开关电容通用滤波器(如美国 RETICON 公司的低通滤波器 R5609;高通滤波器 R5611;带通滤波器 R5604、R5605、R5606;带阻滤波器 R5612 等)、PCM 话路滤波器(如美国 INTEL 公司的 2912A;MOTOROLA 公司的 MC14413、MC14414 等),MODEM 滤波器(如美国 AMI 公司的 S3521;MOTOROLA 公司的 MC145441、MC145450 等),及线性相位特性滤波器(如 R5613、MC145415 等)和其它专用集成滤波电路。这些 SCF 的频带均为固定的。为了增强滤波器的灵活性和扩展频带,近些年来国外也开发了多种形式的可编程控制频率特性的开关电容滤波器,已商品化的产品有 AMI 公司的 S3528(低通)、S3529(高通)和 RETICON 公司的 R5620 等。我国现已研制和生产出部分集成 SCF,如 CH5606、CH5612、CH5620、CF2932、CFBP3 等。

这里主要介绍一些目前应用广泛且具有代表性的有源集成滤波电路。扼要介绍其典型数据、应用参数、特点并给出实际应用线路。

PCM抽样数据滤波器

MC14413

简要说明

该电路是 MOTOROLA 公司生产的 PCM 发送、接收滤波电路，它主要在 PCM 基群数字电话终端机作为发送防混叠(限带)和接收平滑滤波用。通常与 PCM 解编码器一起实现话路信号之 A/D、D/A 变换；有时也可作一般话路滤波单独使用。该电路内含发送带通、接收低通滤波器及相应的定时、电平位移、偏置与降功耗控制，缓冲放大等单元。电路的基本特性为：

(1) 片内包括发送带通和接收低通，发送带通中具有 50/60Hz 和 15Hz 抑制滤波功能；接收低通对输入的 15%~100% 占空比脉冲调幅 (PAM) 信号兼容，特性符合 CCITT G.712 建议。

(2) 电源 (V_+ - V_-) +12V

(3) 典型功能 (P_D) 30mW

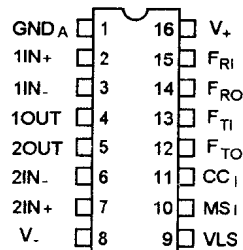
(4) 具有降功耗能力 < 1mW

(5) 提供数字接口 (TTL, CMOS) 电平控制选择功能。

(6) 工艺 CMOS

(7) 封装 DIP-16 PIN

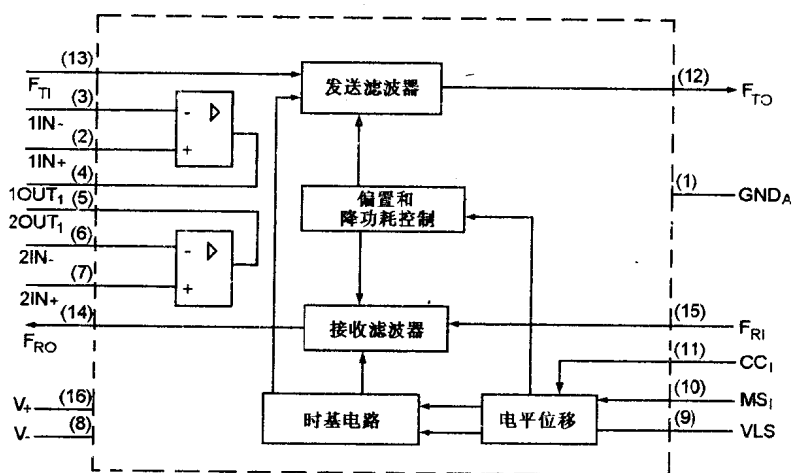
引出端排列



引出端符号说明

GND_A	模拟地	$2IN_+$	运放2同相输入	F_{TO}	发送滤波输出
$1IN_+$	运放1同相输入	V_-	负电源	F_{TI}	发送滤波输入
$1IN_-$	运放1反相输入	VLS	TTL/CMOS逻辑电平控制	F_{RO}	接收滤波输出
$1OUT$	运放一输出	MS_I	主同步输入	F_{RI}	接收滤波输入
$2OUT$	运放2输出	CC_I	转换时钟输入	V_+	正电源
$2IN_-$	运放2反相输入				

功能框图



引出端功能说明

VLS — 确定对 CC_1 、 MS_1 输入的逻辑兼容性。若 $VLS = V_- \sim (V_- + 0.8V)$, 为 CMOS 接口模式; 若 $VLS = (V_- - 2V) \sim (V_+ + 2V)$, 为 TTL 接口模式。若 $VLS = (V_+ - 1V) \sim V_+$, 为电路降耗模式。

MS_1 — 主同步输入, 通常为 8kHz 定时脉冲信号, 其上升沿对应于接收滤波器输入 PAM 抽样(来自 PCM 解码器), 并于 8 个 CC_1 时钟后输出一个新的发送滤波器输出样值。

CC_1 — 发送、接收滤波器开关电容转换时钟输入, 通常为 128kHz。滤波器通带拐点频率为 $f_0 = 0.02422f_{CC1}$, 若 $f_{CC1} = 128\text{kHz}$, 则 $f_0 = 3100\text{Hz}$ 。

F_{TO} — 发送带通滤波器输出, 为 8kHz 速率的 100% 占空比 PAM 信号。

F_{TI} — 发送滤波器输入。

F_{RO} — 接收滤波器输出, 为 128kHz 速率的 100% 占空比 PAM 信号。

F_{RI} — 接收滤波器输入, 可为 8kHz 速率的 15% ~ 100% 占空比 PAM 信号。

V_+ — 正电源, 通常为 +12V。

电路的功能说明

该电路主要由五部分组成:

(1) 发送滤波器 由五阶椭圆函数低通与三阶切贝雪夫高通开关电容滤波器组合而成, 前者为 PCM 防混叠限带 (-3400Hz) 用; 后者为抑制 15Hz 与 50/60Hz 交流哼声用。开关转换频率通常是 128kHz。

(2) 接收滤波器 由五阶椭圆函数低通开关电容滤波器组成, 它接收来自 PCM 解码输出的 PAM 信号, 进行平滑滤波, 以恢复出模拟信号。开关转换频率也为 128kHz。在该电路中, 首先对输入的 F_{RI} (PAM) 信号进行 8kHz 再抽样, 占空比变为 12.5%, 从而大大减小了 PAM 信号所带有的 $\sin x/x$ 形抽样频率畸变, 这样即使在 F_{RI} 输入 15% ~ 100% 占空比 PAM 信号的情况下, 也可省去 $\sin x/x$ 畸变补偿网络。

(3) 定时与同步电路 由 CC_1 输入的 128kHz 信号与 MS_1 输入的 8kHz 信号进行控制, 时间关系如上所述。为正常工作, CC_1 、 MS_1 的上升沿不应大于 $3\mu\text{s}$ 。两输入可由 VLS 选择与 TTL 或 CMOS 逻辑电平兼容。

(4) 降功耗电路 此电路可由 GND_A 或 VLS 端控制, 若 GND_A 或 VLS 为 $(V_+ - 1V) \sim V_+$ 时, 该电路输出信号使芯片处于降功耗状态。

(5) 两独立运放 适当连线和外接元件可选用于缓冲或放大信号。

主要电参数

(1) 数字信号电特性 ($V_- = 0V$, $T_A = +25^\circ\text{C}$)

特性	符号	V_+ (V)	最小值	典型值	最大值	单位
电源电压	V_+		10	12	16	V
转换时钟频率	f_{CC1}		50	128	400	kHz
主同步频率	f_{MS1}			8	32	kHz
工作电流	I_{DD}	12		2.0	4.3	mA
降功耗电流	I_{PD}	12		10	40	μA
输入电容	C_m	12		5.0	7.5	pF

(2) 模拟信号电特性 ($V_+ = 12V$, $T_A = +25^\circ C$)

特性	符号	最小值	典型值	最大值	单位
GDN _A 输入电流	I_i			± 10	μA
F_{Ti} , F_{Ri} 输入电流	I_i		$\pm 10^{-5}$	± 1.0	μA
F_{Ti} , F_{Ri} 交流输入阻抗 (1kHz)	Z_i	1.0	2.0		$M\Omega$
F_{Ti} , F_{Ri} 输入共模电压	V_{ICR}	1.5		10.5	V
F_{TO} , F_{RO} 输出电压 ($R_L = 20k\Omega$) ($R_L = 600\Omega$) ($R_L = 900\Omega$)	V_{OR}	1.5		10.5	V
		2.0		9.3	
		1.5		10.5	
小信号输出阻抗 (1kHz)	F_{TO}	Z_o	50		Ω
	F_{RO}		50		
F_{TO} , F_{RO} 输出电流	($V_o = 11V$)	I_{OH}	-5	-6.0	mA
	($V_o = 1V$)	I_{OL}	5	7	

运放电特性 ($V_+ - V_- = 12V$, $T_A = +25^\circ C$)

特性	最小值	典型值	最大值	单位
输入失调电压			± 50	mV
开环增益 ($Z_L = 600\Omega + 200pF$)		45		dB
输入偏置电流		± 0.1		μA
输出 电压 ($R_L = 200k\Omega$) ($R_L = 600\Omega$) ($R_L = 900\Omega$)	1.5		10.5	V
	2.0		9.3	
	1.5		10.5	
输出噪声		-3		dB _{ms}
压摆率		2		V/ μs

开关特性 ($V_+ - V_- = 10V$, $T_A = 0 \sim +70^\circ C$)

特性	符号	最小值	典型值	最大值	单位
CC ₁ , MS ₁ 脉冲宽度	t_w	200			ns
CC ₁ , 时钟脉冲频率	f_{CK}	50		500	kHz
CC ₁ 占空比	DC	40		60	%
建立时间	t_{su}	-3.0		+3.0	μs

发送滤波器特性 ($V_+ - V_- = 12V$, $f_{CCI} = 128kHz$, $f_{MSI} = 8kHz$, $V_I = -10dB_{mo}$, 最大 $+3dB_{mo}$, $7V_{P-P}$, $T_A = +25^\circ C$)

特性		最小值	典型值	最大值	单位
增益 (1020Hz)			± 0.2		dB
通带起伏 (相对于 1.02kHz 0dB _{mo}) (300 ~ 3000Hz)			± 0.08		dB
抑制比 (相对 1.02kHz)	50Hz	-26	-28		dB
	60Hz	-22.7	-25		
	180Hz		-0.3		
	3400Hz		-0.5	-0.8	
	4000 ~ 4600Hz	-14	-15.5		
	4600Hz ~ 64kHz	-32	-33		
输出噪声 (300 ~ 3400Hz)			10	15	dB _{mo}
动态范围 (最大 $7V_{P-P}$)		78	84		dB
绝对延时差	1150 ~ 2300Hz		12	22	μs
	1000 ~ 2500Hz		25	35	
	800 ~ 2700Hz		31	41	
串话 (3kHz, 0dB _m) (F_{TO} , F_{RO})			76		dB
电源抑制比 ($V_+ = 12V + 0.1V_{RMS}$, 1kHz)			40		dB

接收滤波器特性 ($V_+ - V_- = 12V$, $f_{CCI} = 128kHz$, $f_{MSI} = 8kHz$, $V_I = -10dB_{mo}$, 最大 $+3dB_{mo}$, $7V_{P-P}$, $T_A = +25^\circ C$)

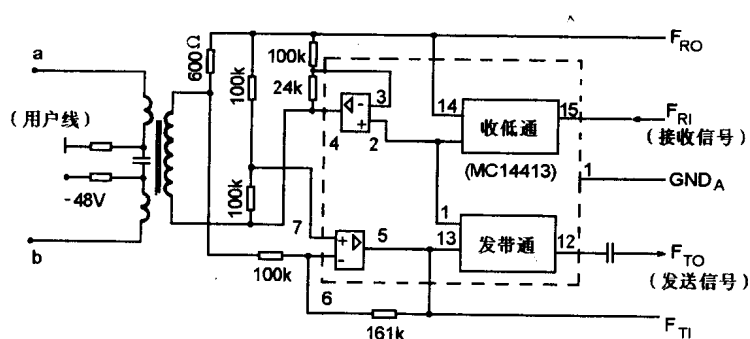
特性		最小值	典型值	最大值	单位
增益 (1020Hz)			± 0.2		dB
通带起伏 (50 ~ 3000Hz) (相对 1.02kHz)			± 0.08		dB
阻带抑制比:	3400Hz		-0.5	-0.8	dB
	4000 ~ 4600Hz	-14.5	-15.5		
	4600Hz ~ 64kHz	-30	-33		
输出噪声 ($F_{RI} = GND_A$) (900 Ω)			8	12	dB _{mo}
动态范围		81	83		dB
绝对延时差	1150 ~ 2300Hz		12	22	μs
	1000 ~ 2500Hz		25	35	
	800 ~ 2700Hz		31	41	
串话 (3kHz, 0dB _m)			76		dB
电源抑制比 ($V_+ = 12V + 0.1V_{RMS}$, 1kHz)			40		dB

(3) 极限参数

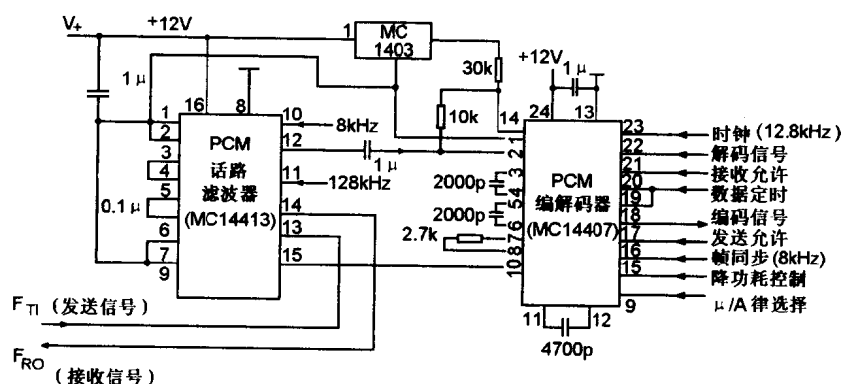
参数	符号	最小值	最大值	单位
电源电压	$V_+ - V_-$	-0.5	18	V
输入电压	V_i	-0.5	$V_+ + 0.5$	V
每端(除 V_+, V_-) 漏电流	I_L		10	mA
工作温度	T_A	-40	+85	℃
贮存温度	T_{stg}	-65	+150	℃

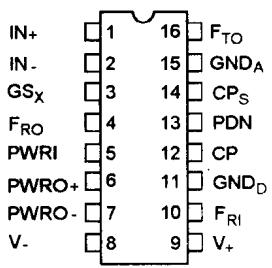
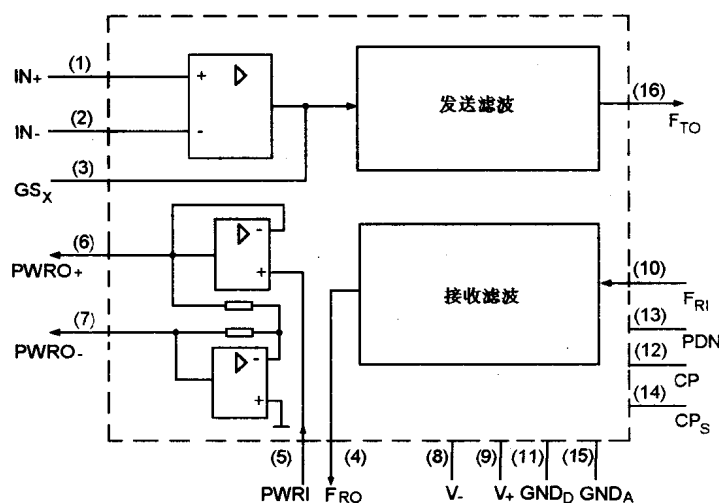
典型应用电路

(1) 利用 MC14413 构成二线接口电路:



(2) PCM 编解码/滤波电路



PCM发送与接收滤波器		I2912A																																					
简要说明 该电路是INTEL公司生产的PCM发送与接收滤波电路，主要用在PCM基群数字电话终端机，作为话音信号编解码所需的发送防混叠与接收恢复滤波电路。有时也可单独作话路频带低通滤波器用。采用开关电容技术和 NMOS 工艺。电路基本特性为： (1)片内包括发送低通（含 50/60Hz抑制）滤波器和接收低通（含six/x补偿）滤波器，特性符合CCITT G·712建议和美国电话电报公司(AT&T) D3/D4标准。 (2)能够直接与I2911APCM编解码器接口，构成PCM数字电话终端。 (3)可直接与变压器或电子混合电路相接。 (4)发送、接收通路的增益分别可调。 (5)电源 +5V (6)典型功耗 50mW(不用功放); 80mW(用功放); 0.4mW(降功耗) (7)工艺 NMOS (8)封装 DIP-16PIN		引出端排列 																																					
引出端符号说明 <table><tr><td>IN₊</td><td>发送运放同相输入</td><td>PWRO₋</td><td>接收驱动放大反相输出</td><td>GND_D</td><td>数字地</td></tr><tr><td>IN₋</td><td>发送运放反相输入</td><td>V₋</td><td>负电源</td><td>CP</td><td>时钟信号输入</td></tr><tr><td>GS_X</td><td>发送增益控制</td><td>V₊</td><td>正电源</td><td>PDN</td><td>降功耗控制</td></tr><tr><td>F_{RO}</td><td>接收滤波输出</td><td>F_{RI}</td><td>接收滤波输入</td><td>CP_S</td><td>时钟频率选择</td></tr><tr><td>PWRI</td><td>接收驱动放大输入</td><td></td><td></td><td>GND_A</td><td>模拟地</td></tr><tr><td>PWRO₊</td><td>接收驱动放大同相输出</td><td></td><td></td><td>F_{TO}</td><td>发送滤波输出</td></tr></table>				IN ₊	发送运放同相输入	PWRO ₋	接收驱动放大反相输出	GND _D	数字地	IN ₋	发送运放反相输入	V ₋	负电源	CP	时钟信号输入	GS _X	发送增益控制	V ₊	正电源	PDN	降功耗控制	F _{RO}	接收滤波输出	F _{RI}	接收滤波输入	CP _S	时钟频率选择	PWRI	接收驱动放大输入			GND _A	模拟地	PWRO ₊	接收驱动放大同相输出			F _{TO}	发送滤波输出
IN ₊	发送运放同相输入	PWRO ₋	接收驱动放大反相输出	GND _D	数字地																																		
IN ₋	发送运放反相输入	V ₋	负电源	CP	时钟信号输入																																		
GS _X	发送增益控制	V ₊	正电源	PDN	降功耗控制																																		
F _{RO}	接收滤波输出	F _{RI}	接收滤波输入	CP _S	时钟频率选择																																		
PWRI	接收驱动放大输入			GND _A	模拟地																																		
PWRO ₊	接收驱动放大同相输出			F _{TO}	发送滤波输出																																		
功能框图 																																							

引出端功能说明

IN_+ ——发送滤波器模拟信号同相输入,经低噪声放大、防混叠滤波和 50/60Hz 抑制后加到发送低通滤波器。

IN_- ——发送滤波器模拟信号反相输入。

GS_x ——发送滤波通路增益控制端。此端是低噪声运放的输出,外接反馈电阻可改变增益。如 $IN_- \sim GS_x$ 、 $IN_- \sim GND_A$ 间分别接调节电阻 R_2 与 R_1 ,则运放同相输入时的增益为 $1 + R_2/R_1$ 。

F_{RO} ——接收滤波器模拟信号输出端。可直接与外部混合电路连接,若需要变压器平衡输出时,则 F_{RO} 信号要经电阻分压,由中间抽头经 $PWRI$ 驱动桥式运放,放大后两平衡输出端 $PWRO_+$ 、 $PWRO_-$ 可直接与变压器相连。

$PWRI$ ——接收驱动放大电路输入端。当需要时,可作 F_{RO} 输出信号的功放输入。若此端接 V_- 时,功放处于低功耗状态。

$PWRO_+$ 、 $PWRO_-$ ——接收驱动放大器同相、反相输出端。

F_{RI} ——接收滤波器输入端,可与 PCM 解码器的抽样—保持输出 (PAM) 信号接口。

CP ——时钟信号输入,可采用三种外部时钟: 1.536、1.544 与 2.048MHz,由 CP_S 状态确定。此端为高阻抗输入,要求 TTL 电平。

PDN ——低功耗控制信号输入端。此信号通常由相应的 PCM 编解码器提供,若 PND 为高电平,则控制该电路处于低功耗状态。

CP_S ——时钟频率选择端。若此端接 V_- ,则 CP 应输入 1.536MHz;若接地,则 CP 应输入 1.544MHz;若接 V_+ ,则 CP 应输入 2.048MHz。

F_{TO} ——发送滤波器输出,其电压范围可直接与 PCM 编码器兼容。

GND_A ——模拟地。发送与接收部分模拟电路的公共地,片内不与 GND_D 相连。

电路的功能说明

该电路内部包括五部分:

(1) 发送滤波器 由可调增益(外接电阻)低噪声运放、防混叠低通、50/60Hz 哼声抑制、发送主低通及输出平滑等滤波器组成。

可调增益运放提供宽带电压预放,由基本运放加外接反馈电阻构成反馈放大器,控制其增益。可采用交流或直流耦合,同相、反相或差分方式输入,共模输入范围为 $\pm 2.2V$ 。

防混叠滤波器是一个二阶有源 RC 低通滤波器,其功能是为解决后面开关电容网络开关作用引起的混叠现象,它在 256kHz 下具有 35dB 以上的衰减。

抑制滤波器是一种状态变量开关电容网络,用于抑制输入信号中的 50/60Hz 交流声干扰,在 50Hz 时,衰减为 28dB。

发送主低通滤波器是一个五阶椭圆函数梯形开关电容滤波网络,开关频率为 256kHz。通常在 (300 ~ 3000Hz) 范围,起伏为 $\pm 0.125dB$ 以内,阻带衰减为 14dB(4000Hz)、32dB(4600Hz)。

输出平滑滤波器的结构与前述防混叠滤波器相同,它主要来自前面开关滤波器的宽带噪声和钟频噪声,对信号进行平滑,恢复出模拟波形。

(2) 接收滤波器 它与发送主低通相似,也是五阶椭圆函数梯形开关电容滤波器,开关

频率为256kHz。但其频率特性在高频段隆起，设计成 $x/\sin x$ 形以补偿输入之PCM解码抽样保持波形所引起的 $\sin x/x$ 畸变(其中 $x=\pi f/8000$)。

(3)功放电路 由两个功放接成平衡桥形式，以驱动低阻变压器负载。功放输入端可连到接收滤波器输出端分压电阻上，输入电压范围为 $\pm 3.2V$ ，增益约为6dB。

(4)时钟电路 由输入的时钟信号(1.536或1.544或2.048MHz)变换为256、128kHz双相不重叠定时信号，以驱动各开关电容滤波器。该部分电路包括输入整形、可控分频、输入时钟频率选择与控制及输出等单元。我国PCM采用欧洲制式，时钟频率为2.048MHz，此时控制端 CP_s 应接 V_+ 。

(5)降功耗电路 由PDN端控制，若PDN输入高电平，该电路输出低电平，控制片内运放栅极使其截止，电路降功耗，处于备用状态；若PDN输入低电平，电路处于工作状态。

主要电参数

(1)直流特性 ($V_+ = +5V$, $V_- = -5V$, $GND_A = 0V$, $GND_D = 0V$, $T_A = 25^\circ C$)

特性	符号	最小值	典型值	最大值	单位
V_+ 电源电流: 备用时	I_{DD0}		40		μA
工作时(功放不起作用)	I_{DD1}		5		mA
工作时(功放起作用)	I_{DD2}		8		mA
V_- 电源电流: 备用时	I_{B0}		40		μA
工作时(功放不起作用)	I_{B1}		5		mA
工作时(功放起作用)	I_{B2}		8		mA
IN_+ 、 IN_- 共模抑制比	K_{CMR}		75		dB
GS_x 直流开环电压增益	A_v		6000		

(2)交流特性 ($V_+ = +5V$, $V_- = -5V$, $GND_A = 0V$, $GND_D = 0V$, $T_A = 25^\circ C$)

特性	符号	最小值	典型值	最大值	单位
外接时钟频率	f_{cp}		1.536 1.544 2.048		MHz
发送信道失真	THD_T			-50	dB
接收信道失真	THD_R			-50	dB
发送输出幅度(10k Ω 负载)	V_{OT}	3.2			V
接收输出幅度(10k Ω 负载)	V_{OR}	3.2			V
发送输出总噪声(运放增益为1)	N_{CT1}		6		dB _{no}
发送输出总噪声(运放增益为20dB)	N_{CT2}		9		dB _{no}
接收输出总噪声(功放增益为1)	N_{CR}		3		dB _{no}

(3) 极限参数

参数	符号	最小值	最大值	单位
直流电源电压	$V_+ - V_-$	-0.3	14	V
输入最大电压(相对 V_-)	V_I	-0.3	14	V
输出最大电压(相对 V_-)	V_O	-0.3	14	V
输出电流	I_O	-50	50	mA
工作温度	T_A	-10	80	℃
贮存温度	T_{stg}	-65	150	℃
功耗	P_D		1	W

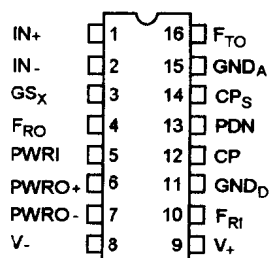
PCM发送与接收滤波器

CF2912

简要说明

该电路是清华大学研制的PCM信道滤波器，采用开关电容技术和椭圆函数型式，能与 CCITT G.712 和 AT&T D3/D4 标准兼容。频率响应在 300~3000Hz 范围内增益波动不大于 $\pm 0.125\text{dB}$ ；带功放时小于 280mW，无功放时小于 210mW，待用时小于 55mW；电源为 $\pm 5\text{V}$ 。其各种性能、引出端排列及主要电参数均与 I2912A 相同。

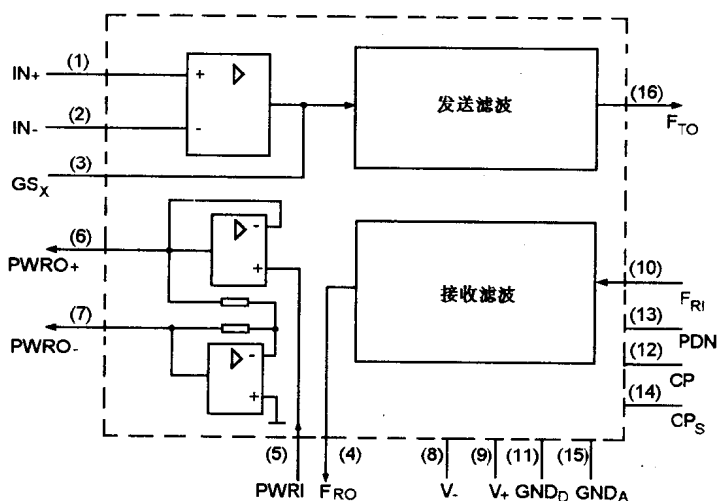
引出端排列



引出端符号说明

IN ₊	发送运放同相输入	PWRO ₋	接收驱动放大反相输出	GND _D	数字地
IN ₋	发送运放反相输入	V ₋	负电源	CP	时钟信号输入
GS _x	发送增益控制	V ₊	正电源	PDN	降功耗控制
F _{RO}	接收滤波输出	F _{RI}	接收滤波输入	CP _s	时钟频率选择
PWRI	接收驱动放大输入			GND _A	模拟地
PWRO ₊	接收驱动放大同相输出			F _{TO}	发送滤波输出

功能框图



开关电容低通滤波器

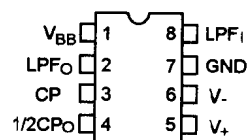
R5609

简要说明

该电路是 RETICON 公司生产的开关电容低通滤波器。它内部包含时钟电路电路和七阶椭圆函数低通滤波器。目前广泛应用于电话、数字通信、信号处理等领域，作为通用限带滤波电路。电路的基本特性为：

- (1) 采用七阶椭圆函数滤波网络结构。
- (2) 低通滤波器的截止频率 f_c 可由外加时钟信号频率 f_{cp} 控制， f_{cp}/f_c 约为 100。
- (3) 最高时钟频率约为 3MHz，因而通带可变范围为 0.1Hz~25kHz。
- (4) 时钟输入电平与 TTL、CMOS 兼容。
- (5) 电源 $\pm 10V$
- (6) 工艺 NMOS
- (7) 封装 DIP-8PIN

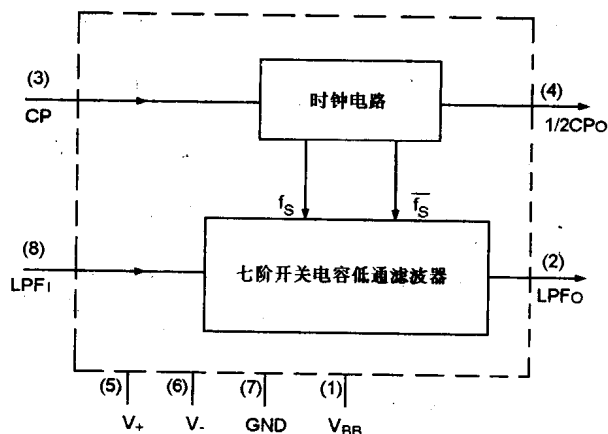
引出端排列



引出端符号说明

V_{BB}	电源(衬底)	V_+	正电源
LPF_O	低通滤波器输出	V_-	负电源
CP	时钟信号输入	GND	公共端
$1/2CP_O$	二分频时钟信号输出	LPF_I	低通滤波器输入

功能框图



电路的功能说明

电路的 CP 输入经时钟单元产生开关信号 f_s 、 $\bar{f}_s$ ，控制七阶 SCF 低通滤波网络工作和截止频率 f_c ，其典型频率特性如图 2-2 所示。该 SCF 网络等效电路和对应的 RLC 原型电路示于图 2-3(a)(b)。

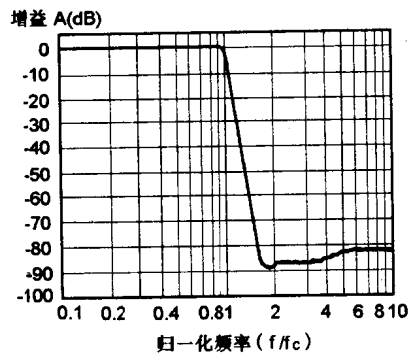
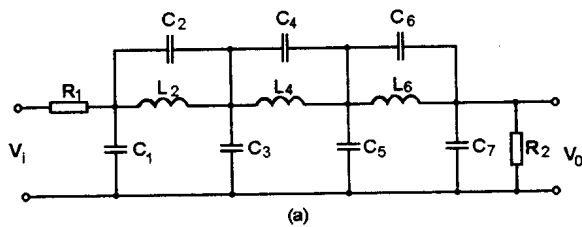
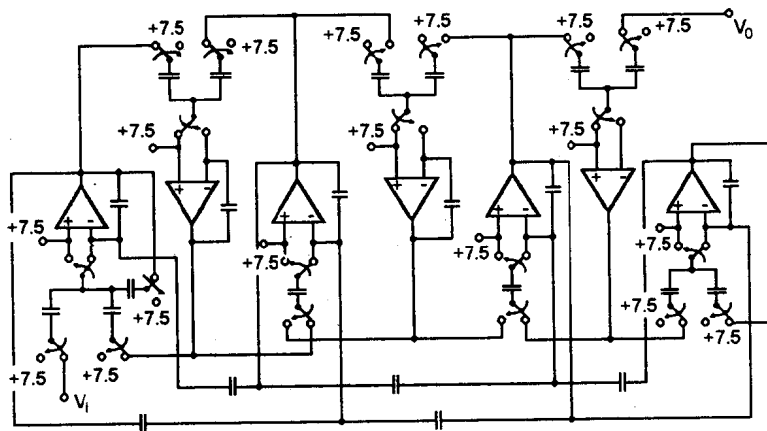


图2-2 R5609的频率特性



(a)



(b)

图 2-3 (a) R5609 对应的 RLC 滤波原型电路；

(b) R5609 等效的 SCF 电路

主要电参数

特性	符号	最小值	典型值	最大值	单位
正电源电压	V_+	+4		+11	V
负电源电压	V_-	-4		-11	V
工作电流	I_{DD}	6	9	11	mA
时钟输入电压	V_{CP}	3		V_+	V
时钟频率	f_{ϕ}			3	MHz
时钟脉宽	$t_{w\phi}$	100	$\frac{1}{2f_{\phi}}$	$\frac{1}{f_{\phi}} - 100$	ns
截止频率	f_c	0.1		25k	Hz
f_{ϕ}/f_c 比值	f_{ϕ}/f_c	97	100	103	
通带起伏	RIP_{PB}			0.2	dB
过渡衰减速率			100		dB/oct
动态范围	DR		75		dB
通带增益	A_{PB}	-0.4	0	0.4	dB
阻带衰减 ($f > 1.7f_c$)	A_{RB}		80		dB
总谐波失真	THD			0.3	%
输入阻抗	R_i	1			M Ω
输入电容	C_i		15		pF
最大输出电流	I_{OM}	4			mA
输出阻抗	R_O			250	Ω
输出噪声	V_{NO}			2.5	mV

开关电容低通滤波器

MN6514
5G6514

简要说明

MN6514是日本松下公司生产的开关电容低通滤波器。它内部包含五阶椭圆函数开关电容低通滤波网络与时钟电路。主要作电子与通信设备通用滤波器用。电路的基本特性为:

5G6514是上海无线电五厂生产的开关电容低通滤波器。其性能、构成、电参数均与日本松下公司的 MN6514 类同,引出端也完全兼容。

(1)采用五阶椭圆函数开关电容低通滤波网络结构。

(2)低通滤波器的截止频率 f_c 可由外加时钟频率 f_{cp} 控制,其比值 $\frac{f_{cp}}{f_c}$ 约为 18。

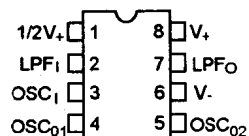
(3)最高输入时钟频率为 500kHz,低通滤波器带宽最大为 28kHz 左右。

(4)电源 $\pm 5V$

(5)工艺 CMOS

(6)封装 DIP-8PIN

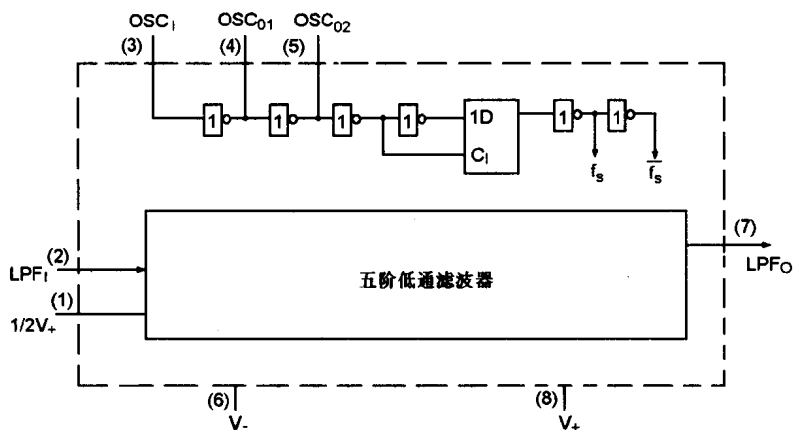
引出端排列



引出端符号说明

$1/2V_+$	$1/2V_+$ 电源	OSC_{O2}	时钟振荡器输出
LPF_I	低通滤波输入	V_-	负电源
OSC_I	时钟振荡器输入	LPF_O	低通滤波输出
OSC_{O1}	时钟振荡器输出	V_+	正电源

功能框图



引出端功能说明

$1/2V_+$ —— $1/2V_+$ 电源电压输入, 通常由电源 V_+ 分压馈给, 作 SCF 运放同相输入端偏压。

V_+ 、 V_- —— 正电源, 一般接 +5V; 负电源, 通常作为信号地。

OSC_1 、 OSC_{O1} 、 OSC_{O2} —— 分别接电阻 R_1 、 R_2 和电容 C , 构成时钟振荡器, 经时钟电路产生 SCF 所需开关信号。

LPF_1 —— 低通滤波网络输入端。

LPF_O —— 低通滤波网络输出端。

电路的功能说明

OSC_1 、 OSC_{O1} 、 OSC_{O2} 分别接 R_1 、 R_2 、 C (并于一点) 构成时钟振荡器, 所产生时钟信号 (f_{cp}) 经触发器得到开关脉冲序列 (f_s 、 $\bar{f}_s$), 馈送至 SCF。

输入信号 LPF_1 经五阶椭圆函数型开关电容低通滤波网络而由 LPF_O 端输出。

$1/2V_+$ 电压通常由 V_+ 电阻分压得到, 输入到第 1 端, 作 SCF 中运放同相输入端的偏置电压。

主要电参数

特性	符号	典型值	单位
电源电压	V_+	+5	V
工作电流	I_{DD}	4	mA
最高时钟频率	f_{cpm}	500	kHz
f_{cp}/f_c 比值		18	
通带增益	A_{PB}	-2	dB
通带起伏	RIP_{PB}	0.2	dB
过渡带速率		90	dB/倍频率
阻带衰减	A_{RB}	> 36	dB
总谐波失真	THD	-50	dB

典型应用线路

