

应用 MAX264 设计程控滤波器

陈世夏 李树峰 戚甫峰 桑巧莲 韩丹涛

(海军航空工程学院青岛分院航空电子系 青岛 266041)

摘要: 本设计应用集成芯片 MAX264 设计一个程控滤波器。该滤波器主要由 3 个模块组成:前置放大、滤波电路、单片机显示与控制电路等。前置放大采用集成运放 AD620 构成;滤波器采用 MAX264。然后利用单片机对 MAX264 编程,实现低通、高通及椭圆滤波器。通过测试达到了以下要求:输入正弦电压振幅为 10 mV 时,总增益为 40 dB,通频带为 100 Hz ~ 40 kHz;低通和高通滤波器,其 -3 dB 截止频率 f_c 在 1 ~ 20 kHz 范围内可调,频率步进为 1 kHz,低通在 $2f_c$ 处总电压增益不大于 30 dB;高通在 $0.5 f_c$ 处总电压增益不大于 30 dB;四阶椭圆型低通滤波器,带内起伏 ≤ 1 dB, -3 dB 通带为 50 kHz, -3 dB 通带误差不大于 5%。

关键词: 放大器;高通;低通;程控滤波

中图分类号: TH866+.3 **文献标识码:** B

Programmed control filter based on MAX264

Chen Shixia Li Shufeng Qi Fufeng Sang Qiaolian Han Dantao

(Avionics System, Qingdao Branch of the Navy Aeronautical Engineering Academy, Qingdao 266041)

Abstract: This design of circuit is composed by 3 modules: a prime amplifier, a filter and the circuit of MCU display and control. In the preamplifier circuit, the small signal-amplifier is composed by proportional operational circuit of integrated amplifier AD620. The gain can be changed through adjusting the feedback-resistor. The filter-circuit consists of MAX integrated amplifier. The high pass and low pass and ellipse-filter are realized by the medium of the MAX264's programming. The MCU is able to control the display and data processing model.

Keywords: amplifier; high pass; low pass; programmed stop filter

1 方案选择

1.1 可调增益放大器部分

选用集成运放构成比例运算电路,这里对运放的增益带宽积有一定的要求。根据增益带宽积为常数的原理,可先确定单位增益带宽,选择出运放。再根据增益的步进值定出各个反馈电阻的值,利用模拟开关选通各个电阻,从而实现增益的步进可调。

1.2 程控滤波器部分

采用集成芯片 MAX264 构成滤波器。这种滤波器可通过选择工作模式实现低通、高通、带通 3 种滤波方式。其低通、高通截止频率可通过编程设置,低通截止频率可高达 140 kHz,但这种滤波器需要根据参数确定时钟频率,且传输函数较为烦琐,可通过编软件进行模拟实现。该集成器件有些引脚需要 ± 5 V 供电,所以需要电平转换电路。本系统软件编程较为简单,硬件不太复杂。

2 系统设计

系统结构如图 1 所示。

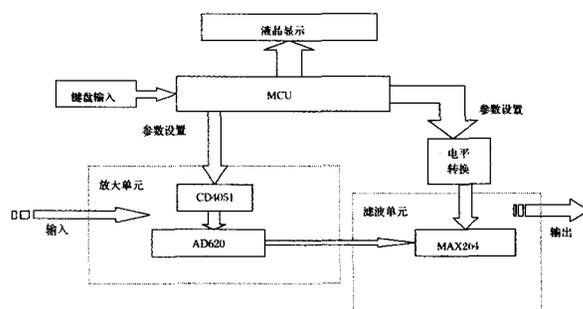


图 1 系统基本结构图

3 理论分析与计算

3.1 放大器增益

放大器部分采用 AD620、模拟开关和精密可调电阻构成。

根据公式: $R_g = 49.4K / (G - 1)$

(1)

即： $G = 49.4K/R_g + 1$ (2)

用单片机控制模拟开关的 3 个输入端以控制所选择的电阻从而达到 10 ~ 60 dB 增益可调的目的,且精度较高。

3.2 滤波器的截止频率

MAX264 内集成了设计滤波器所需的电阻电容,在应用中几乎不用外接器件,使用非常简单,其中心频率、Q 值及工作模式都可以通过对引脚编程控制,它可以工作于带通、低通、高通、带阻或是全通模式,时钟输入(外接时钟信号或晶振)和 5 比特编码控制可以精确地设置中心频率及 Q 值(0.5 ~ 64)。通过减小 f_{dk}/f 比值,可使其通带截止频率达 140 kHz。

低通滤波模式下由 MUX264 资料给出:

$$f_d = f_o \times \sqrt{\left(1 - \frac{1}{2Q^2}\right) + \sqrt{\left(1 - \frac{1}{2Q^2}\right)^2 + 1}} \quad (3)$$

$$Q = 64 / (128 - N) \quad (4)$$

$$f_{dk} / f_o = \pi(N + 13) \quad (5)$$

高通模式下:

$$f_h = f_o \times \left[\sqrt{\left(1 - \frac{1}{2Q^2}\right) + \sqrt{\left(1 - \frac{1}{2Q^2}\right)^2 + 1}} \right] \quad (6)$$

$$Q = 64 / (128 - N) \quad (7)$$

$$f_{dk} / f_o = \pi(N + 13) \quad (8)$$

f_d : 低通截止频率 f_h : 高通截止频率

f_o : 中心频率 Q : 滤波电路品质因素

由上述 4 个独立变量 f_c 、 f_{dk} 、 N 、 Q 的关系式可知,只要 f_c 、 f_{dk} 、 N 、 Q 确定,则截止频率 f_c 即可确定,所以要满足在 1 ~ 20 kHz 范围内可以步进 1 kHz 的要求,即可通过改变 MAX264 的输入时钟频率 f_{dk} , 编程设置 Q 端和 F 端来实现。但参数的不同选择要影响到系统中硬件与软件所占比例,其中 f_{dk} 的变化要由时钟频率变换电路实现,用单片机控制 N 、 F , 同时还需要逻辑电平转换电路。在参数的选择中,尽量发挥软件的灵活性,使硬件电路容易实现。依据公式,借助计算机计算得到满足要求的各组理论解,我们选择 2 个时钟输入频率提供给 MAX264,再选择 N 、 F 来实现截止频率 f_c 在 1 ~ 20 kHz 范围内步进 1 kHz 的要求,低通,高通参数选择值列表如表 3 和表 4 所示。

3.3 $f = 2f_c$ 处总增益理论计算

经查 MAX264 的使用说明,其内部 2 个独立滤波电路都为二阶,且在其通带内的滤波信号放大增益为 0 dB,故在放大器增益为 40 dB 时, $f = 2f_c$ 处总增益为:

$$\text{低通滤波时: } G = 40 \text{ dB} - 3 \text{ dB} - 40 \text{ (dB/dec)} \times (2/10) = 29 \text{ dB}$$

所以理论计算满足设计要求。

$$\text{高通滤波时: } G = 40 \text{ dB} - 3 \text{ dB} + 40 \text{ (dB/dec)} \times (-2/10) = 29 \text{ dB}$$

所以理论计算满足设计要求。

4 单元电路及程序设计

4.1 放大器

本放大器采用集成运放 AD620, 如图 2 所示。

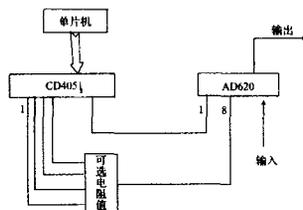


图 2 放大电路结构图

4.2 程控滤波器

MAX264 可以不加外部元件或加少量外部元件就可以实现低通、高通、带通、陷波器, 该芯片的引脚分布如图 3 所示。

1	INB	LPB	28
2	LPA	BPB	27
3	BPA	N/HPB	26
4	N/HPA	Q4	25
5	INA	FO	24
6	QS	F2	23
7	M1	Q3	22
8	M0	Q2	21
9	Q6	OSC OUT	20
10		GND	19
11	F4	V+	18
12	F3	F1	17
13	CLKA	Q1	16
14	CLKB	Q0	15

图 3 CMOS 芯生的引脚分布

利用 MAXIM 公司生产的 CMOS 开关电容滤波器 MAX264 设计的锁相跟踪带通滤波器, 电路简单, 工作可靠, 具有很高的实用价值。MAX264 内部含有 2 个独立的二阶开关电容带通滤波器, 它有 12 个可编程输入端, 其中 5 个用来设置滤波器中心频率, 另外 7 个用来设置滤波器的品质因数 Q, 因此, 不需要外加任何元件, 仅需要外部时钟就可以实现带通滤波功能, 使用极为方便。对 M0、M1 两个引脚编程可使芯片工作于模式 1、2、3、4 几种方式。

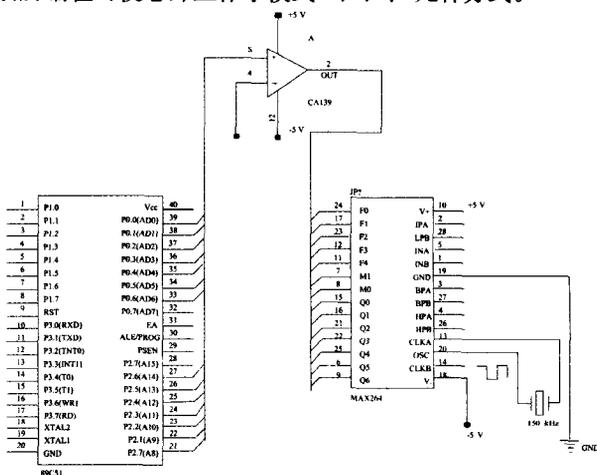


图 4 单片机接口电路

模式 1: 当实现全极点低通或带通滤波器(如: 切比雪夫、巴特沃斯滤波器) 时这种模式是很有用的, 有时该模式也用来实现带阻滤波器, 但由于相关零极点位置固定, 使

得用作带阻时受到限制。

模式 3: 只有该模式下可实现高通滤波器, 该模式下最高时钟频率低于模式 1。

MAX264 与单片机接口电路如图 4 所示。

4.3 程序设计流程图

程序流程如图 5 所示。

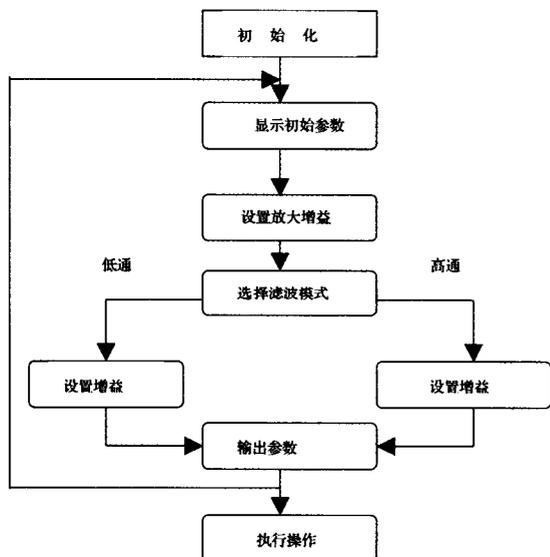


图 5 程序流程图

5 测试方案与结果分析

5.1 测试条件

示波器: YUANLONG oscilloscope VD422M 40 MHz.

函数信号发生器: SNING su3015 DDS 15 MHz.

直流稳压电源: 金盾 JWY-30G.

万用表: VICTOR vc890c+.

5.2 测试方案

首先针对放大模块, 当输入低频和低频信号时测量放大后的电压值和上下限截止频率, 计算放大器增益与通频带是否符合题目要求; 然后将每一级放大后的信号送入滤波器, 分别设置为低通和高通模式, 在截止频率 1 ~ 20 kHz 可调的范围内分别测试其总的电压增益和实际截止频率。

5.3 放大模块测试

输入电压: 10 mV, 当输入低频信号, 信号放大倍数 A_U 与下限频率 F_l 的关系测量值如表 1 所示。

表 1 输入低频信号

R/Ω	∞	22.87 k	5.49 k	1.61 k	499.0	156.8	49.4
A_U/dB	0	10	20	30	40	50	60
V/mV (理论值)	10	31.6	100	31.6	1 000	3 160	10 000
V_{out}/mV	10	32.3	107	322	1 090	3 150	9 950
F_l/Hz	0	50	50	50	50	100	300

当输入高频信号, 信号放大倍数 A_U 与的上限频率 F_h 关系测量值如表 2 所示。

表 2 输入高频信号

R/Ω	∞	22.87k	5.49 k	1.61 k	499.0	156.8	49.4
A_U/dB	0	10	20	30	40	50	60
V/mV (理论值)	10	31.6	100	31.6	1 000	3 160	10 000
V_{out}/mV	10	34.4	109	315	1 050	3 200	9 905
F_h/kHz	∞	42	43	53	65	51	15

5.4 滤波器模块测试条件及结果

条件:用示波器观察输出信号波形不失真,输出端接负载 $R_L = 1 \text{ k}\Omega$ 。从示波器中得到各信号频率值,用万用表

交流档测量输入信号频率变化过程中幅值衰减情况,记录各数据得到截止频率,如表 3 和表 4 所示。

表 3 低通设置参数及测试结果

f_{dk}/kHz	200					600				
NQ	25	7	29	19	12	8	5	3	1	1
NF	1	1	3	3	3	3	3	3	3	11
理论 f_c/kHz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
实际 f_c/kHz	0.8	1.8	3.3	3.6	5.6	6.4	6.5	8.3	9.2	9.7
f_{dk}/kHz	600									
NQ	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
NF	19	27	33	40	47	53	61	70	80	93
理论 f_c/kHz	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
实际 f_c/kHz	11.4	12.1	12.8	13.7	14.8	16.1	16.9	17.6	18.8	19.3

表 4 高通参数参数及测试结果

f_{dk}/kHz	200					600				
NQ	25	7	27	17	12	8	5	3	1	1
NF	107	105	114	125	100	98	99	94	101	74
理论 f_c/kHz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
实际 f_c/kHz	0.9	1.75	2.7	3.5	5.4	6.5	7.2	8.5	9.3	10.3
f_{dk}/kHz	600									
NQ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NF	61	50	42	35	29	24	19	14	10	5
理论 f_c/kHz	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
实际 f_c/kHz	11.6	12.4	13.3	14.3	14.7	16.4	17.2	18.5	19.6	20.7

参 考 文 献

- [1] 何立民. 单片机应用技术选编[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1993.
- [2] 童诗白,华成英. 模拟电子技术基础[M]. 北京:高等教育出版社,2000.
- [3] 李朝青. 单片机原理及接口技术[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2005.
- [4] 曾新民,曾天剑. 运算放大器应用手册[M]. 北京:电子工业出版社,1990.
- [5] 高吉祥. 全国大学生电子设计竞赛培训教材模拟电子线路设计[M]. 北京:电子工业出版社,2007.

- [6] 黄正瑾. 电子设计竞赛赛题解析[M]. 南京:东南大学出版社,2003.
- [7] 何立民. 单片机应用程序设计技术[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2003.
- [8] 秦曾煌. 电工学[M]. 北京:电子工业出版社,1990.

作 者 简 介

陈世夏,男,1957年8月出生,副教授,毕业于西北工业大学,从事电子技术教学。
E-mail:chensx57@163.com

