

# 宽带直流放大器研究

付伟, 冯美英

(柳州职业技术学院, 广西 柳州 545007)

摘要:采用 80C51 单片机作为宽带直流放大器电路的控制芯片,采用 VCA810 组成的放大电路对输入的小信号进行智能的放大,既可以通过电位器来宏观调整放大增益,也可以通过键盘精确设定放大增益,设置步进等级可达 1dB。输出的结果准确显示在 LCD 上,整个系统输出稳定,数控简单可靠。

关键词:程控放大器;宽带;直流;VCA810

中图分类号:TN4

文献标识码:A

文章编号:1008-8725(2011)01-0052-03

## Design of Widthband DC Amplifier

FU Wei, FENG Mei-ying

(Liuzhou Vocational & Technical College, Liuzhou 545007, China)

**Abstract:**This design uses 80C51 as a microcomputer control chip to make a broadband direct-current amplifier circuit, an amplifier circuit composed of VCA810 is used to amplify a small input signals in an intelligent way. It not only adjusts the amplification gain through the potentiometer, but also accurately sets the amplifier gain via the keyboard as low as 1dB. And at the same time, the results of the output are accurately displayed at the LCD. It's good at a stable output and a simple and reliable numerical control.

**Key words:**procedure control amplifier; widthband; DC; VCA810

## 1 系统设计

设计高速宽带放大器以 VCA810, 80C51, OPA37 芯片为核心,加以其它辅助电路,实现对高速宽带放大器的电压放大倍数精确控制。

放大器实现了对交直流小信号( $\leq 20\text{ mV}$ )进行放大,即输入信号不只局限于交流,亦可以是直流电压。该系统的放大倍数可以达到 60 dB,带宽为 10 MHz,是一个性能非常好的宽带放大器。系统结构如图 1 所示。



图 1 放大器系统结构框图

## 2 理论分析

放大器增益取决于增益控制电压  $V_c$ , TI 公司的宽带电压放大器 VCA810 具有这一特性。

VCA810 增益控制采用反馈的形式,通过调节控制电压( $V_c$ )来控制压控增益放大器 VCA810 的放大增益,从而控制正确的输出。增益与电压的关系为: $G(\text{dB}) = -40 \cdot (V_c + 1)\text{dB}$ ,其中  $-2\text{V} \leq V_c \leq 0$ ,当  $V_c = 0$  时,  $G(\text{dB}) = -40\text{dB}$ ,当  $V_c = -2\text{V}$  时,  $G(\text{dB}) = 40\text{dB}$ ,则增益

的变化范围为  $-40 \sim 40\text{ dB}$ 。

$V_c$  控制电压的产生。为使频带内增益的控制准确,使用数字 AGC 来实现增益控制。其控制方法如下:设定放大倍数为某一值,由此计算出理论出现的信号幅度。将由单片机控制 A/D 采集模拟输出信号的真有效值,与理论值进行比较,不断进行调整,消除由 VCA810 的控制特性所产生的误差,使输出的电压与预期值更加接近。

## 3 系统方案选择论证

### 3.1 信号放大模块

方案一:选用结电容较小,  $f_T$  较高的晶体管,采用多种补偿法,多级放大加深度负反馈,以及组合各种组态的放大电路形式,可以组成各种优质的宽带放大器<sup>[1]</sup>,而且成本较低,但若采用晶体管实现信号的可调放大,有一定困难。首先,高频晶体管配对困难,不易购买;其次,晶体管电路增益调节较为复杂,不易实现增益可调;另外,理论计算往往与实际电路有一定差距,工作点不容易调整,而且,晶体管参数易受环境影响,波动较大,影响系统总体性能。

方案二:利用多级放大器直接级联实现全带宽信号放大。采用 TI 公司的 3 种高速运算放大器 OPA842, VCA810, THS3001 构成直接耦合程控放大器。其中, VCA810 是 TI 公司的一款低噪声、高带宽、温度稳定性高、精密控制的<sup>[2]</sup>可变增益放大器,其增益

收稿日期:2010-07-28;修订日期:2010-11-05

作者简介:付伟(1963-),男,广西柳州人,本科学历,柳州职业技术学院讲师,主要从事电气自动化专业的教学及研究工作。

(dB)与控制电压(V)成线性关系,因此可以很方便地使用 D/A 输出电压控制放大器的增益。

综上所述,采用方案二。

### 3.2 控制模块

方案一,主控制器选择 TI 公司的 MSP430F149,该单片机具有低功耗、强大的数据处理和运算能力,丰富的外围模块,稳定的系统工作状态和方便有效的开发环境等优点。

方案二,采用传统 80C51 作为控制核心。该方案不仅价格低廉,使用简单,而且功能较齐备,控制相对简单,在外扩设备的协助下,完全可以满足设计要求,并且目前 80C51 的开发已非常成熟。

基于功能、设计成本考虑,选用方案二。

### 3.3 真有效值测量模块

方案一,利用高速 ADC 对电压进行采样,将一周期内的数据输入单片机并计算其均方根值,即可

$$U = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N U_i^2}$$

得出电压有效值。此方案具有抗干扰能力强、设计灵活、精度高等优点,但调试困难,高频时采样难且计算量大,增加了软件难度<sup>[2-3]</sup>。

方案二,采用集成真有效值变换芯片,直接输出被测信号的真有效值,这样可以实现对任意波形的有效值测量。该方案硬件、软件简单,精度也很高,但成本较高,且适用于高频信号的芯片较少。

方案三,采用集成运放及其外围电路构成峰值检波电路,精确测量真有效值。该方案电路较稳定,硬件设计容易实现。

综上所述,选择方案三,集成运放采用 OPA37。

## 4 系统实现

### 4.1 硬件实现

该系统的结构框图如图 2 所示:

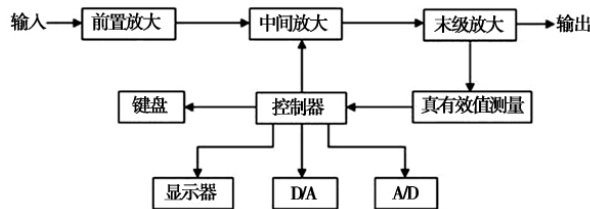


图 2 硬件系统结构框图

#### 4.1.1 信号放大模块实现

(1)缓冲隔离级。前级电路对整个电路的噪声影响非常大,必须尽量减少噪声,故采用高速低噪声电压反馈型运放 OPA842,同时在输入端加上二极管过压保护。另外,OPA842 及其辅助电路构成运算放大器,提高了输入阻抗,完成了电路的阻抗变换。

(2)压控增益级。该部分采用压控增益可变放大器 VCA810 的典型电路,通过调节 VG 控制电路的增益,从而实现电路的增益可调。

(3)固定增益级。为提高信号放大模块的增益,电路设计采用三级放大。固定增益级,采用 TI 公司的高速放大器 THS3001。它是一个高速电流反馈运算放大器,具有非常快的转换速率,很高的带宽,较大的输出电流。在该电路中,通过调节电位器 R12 的阻值改变固定增益级的增益。此电路提高了信号放大模块的驱动负载能力。

#### 4.1.2 真有效值测量实现

真有效值测量模块即峰值检波电路,完成对输出信号幅度的有效值测量。采用运放 OPA37 构成峰值检波电路。电路设计如图 3 所示。

图 3 中, A1 组成线性半波整流电路, A2 组成加法电路,两者构成线性全波整流电路,后端接上电容后就实现了峰值检波的目的。此电路稳定性较好,能达到峰值检波的要求。

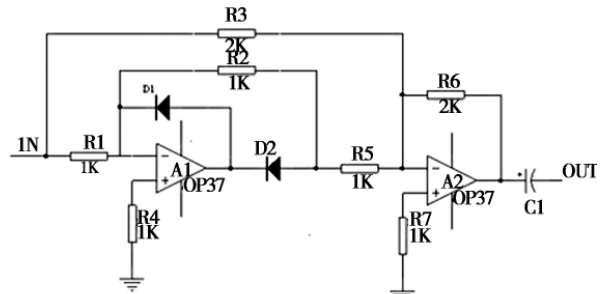


图 3 峰值检波电路

#### 4.1.3 控制模块实现

控制模块是整个系统自动增益控制(AGC)的核心部分。一方面它读取键盘的取值,进行模式的选择,同时将放大增益和放大的实际结果输出在 LCD 液晶显示屏上。另一方面,它根据输出电压的测量值与预定值的比较,自动调节控制电压  $V_c$ ,进而调整 VCA810 的放大增益。

这一部分由 C51 系列单片机、A/D、D/A 和基准源组成。使用 12 位串行 A/D 芯片 ADS7823、和 12 位串行 D/A 芯片 DA7571,方框图如图 4 所示。

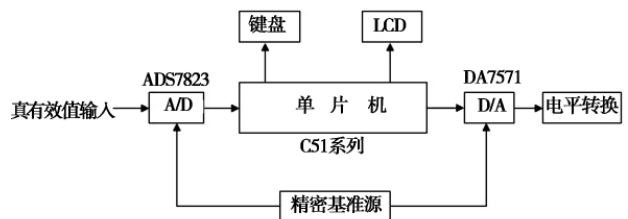


图 4 控制模块结构图

#### 4.1.4 抗干扰措施<sup>[4-5]</sup>

系统总的带宽为 10 MHz,最大增益为 60 dB。必须要做好抗干扰措施,才能避免自激和减小噪声。可采用下述方法减小干扰和噪声,避免自激。

(1)在排版时,将输入缓冲隔离级、压控增益级和固定增益级按顺序放置,元器件之间排列尽量紧凑,信号线尽量走短,使得线上的高频信号受电路板分布电容的影响较小。

(2)电源线和地线不要布成环状,否则容易产生高频干扰。对于地线,PCB板尽量大面积铺铜,形成大面积接地,以吸收高频信号减小噪声。

(3)输入、输出均采用同轴电缆连接。

(4)各级分别装在屏蔽盒内,防止级间及前级与末级之间的电磁耦合,以及外界噪声干扰,有利于系统工作稳定,避免自激。

#### 4.2 软件实现

在主程序中,首先对LCD1602 80C51内部的RAM及各寄存器初始化,并设置有关标志,然后系统自检,显示模式选择,系统读取键值,并根据读取的键值转到相应的两种模式。其主要流程如图5所示。

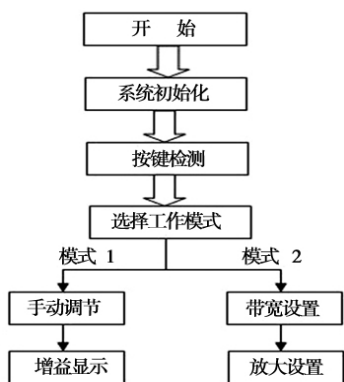


图 5 主程序流程图

在工作模式1中,单片机通过DA送出一个稳定的电压,并把此电压进行转换后作为控制电压送入VCA810,同时可以利用灵敏的滑动变阻器对输入的控制电压进行调节,实现在0~60dB的连续可调。

在工作模式2中,首先要进行带宽的预置,带宽分为5MHz和10MHz,然后进行放大倍数的设定,此时的放大倍数也可以利用灵敏的滑动变阻器进行连续的可调。

### 5 系统性能测试分析

首先将系统增益调整为0dB,即输入信号与输出信号相等,之后接50Ω负载电阻,对系统基本参数进行测试。测试结果如下:

(1)输入电阻,电路设计的输入阻抗为100Ω。

(2)最大输出电压正弦波有效值测量。输入加100kHz正弦波,调整输入电压和增益测得不失真最大输出电压有效值大于10V。

(3)输出噪声电压测量。增益调节为60dB,将输入端短路,测得输出电压峰峰值为270mV左右。

(4)频率特性测量。将系统增益设为40dB,输入有效值为10mV的正弦波,测试数据见表1。

表 1 频率特性测试数据表

频率 /Hz	输出 RMS/V	增益 /dB	频率 /kHz	输出 RMS/V	增益 /dB	频率 /MHz	输出 RMS/V	增益 /dB
10	0.95	39.55	1	1.01	40.09	1	1.00	40
50	0.96	39.65	10	1.00	40	2	0.98	39.82
100	0.96	39.65	50	0.99	39.91	4	0.97	39.74
200	0.97	39.74	100	0.99	39.91	6	0.96	39.65
500	0.98	39.82	200	1.03	40.26	8	0.94	39.46
800	0.99	39.91	500	1.02	40.17	9	0.93	39.37
900	1.00	40	900	1.00	40	10	0.88	38.88

从表1的数据可以看出,在0~10MHz范围内,增益起伏≤1dB。

(5)增益误差测量。输入有效值为10mV,频率为100kHz的正弦波,保持幅度稳定,预置增益值,测量输出信号来计算增益误差,测量结果见表2。

表 2 增益误差测试数据表

预置增益 /dB	输出 RMS /mV	实际增益 /dB	增益误差 /dB
0	0.01	0	0.0
5	0.0175	4.86	+0.14
10	0.0315	9.97	+0.03
14	0.0496	13.9	+0.1
20	0.1	20	+0.0
30	0.31	29.83	+0.17
40	0.998	39.98	+0.02
50	3.152	49.97	+0.03
60	9.96	59.96	+0.04

实验测量的误差主要来源于电磁干扰,由于实验场地有许多电脑和仪器使用开关电源,电磁噪声很大,而且使用的同轴电缆屏蔽效果不好,所以测量输入端短路时的噪声电压时,随输入短接方式的不同而有很大误差。

### 6 结束语

该设计偏重于模拟电路处理,得到了很高的增益和较小的噪声。采用多种抗干扰来处理前级放大,选用集成芯片作增益控制,因而设计很灵活也很容易实现。但是还有许多待改进的地方:提高单片机的时钟频率,加快单片机的处理速度,缩短自动跟踪调整的时间;采用频带范围更宽的运算放大器来搭建峰值检波电路,提高程序增益控制放大器工作频率等。

参考文献:

- [1] 王昊,李昕.集成运放应用电路设计[M].北京:电子工业出版社,2007.
- [2] 高吉祥.高频电子线路[M].北京:电子工业出版社,2003.
- [3] 童诗白,华成英.模拟电子技术基础[M].北京:高等教育出版社,2001.
- [4] 黄智伟.全国大学生电子设计竞赛系统设计[M].北京:北京航空航天大学出版社,2008.
- [5] 张延伟.Protel DXP 电子电路设计技法范例[M].北京:清华大学出版社,2005.

(责任编辑 王凤英)