

# 运放测试系统

杜欣慧

(电机工程系)

**摘要** 论述了运放测试系统的硬件设计,并进行了软件调试。该系统能进行自动零点校准、偏位法补偿;采用步进激励、步进采样及最小二乘法进行运放参数的测试,所应用的原理是全新的。

**关键词** 运算放大器; 硬件设计; 软件设计; 测试

**中图分类号** TN 722 · 77

随着计算机技术的迅猛发展,单片机在自动控制系统、仪器仪表测量及电力电子设备中得到了越来越广泛的应用。从事科研、精密测量及控制的工程技术人员都迫切希望得到准确的运放参数,这就要求对运放各参数进行迅速准确的测量。本文所论述的运放测试技术是在ICE—GB的基础上,吸取国外的先进技术,采用步进激励、步进采样及最小二乘法的统计测试原理<sup>[1]</sup>,采用高精度的A/D、D/A转换电路<sup>[2]</sup>。在硬件上,充分运用统计原理测试;在软件编程中,采用浮点数运算测出运放的各个参数。整个测试系统所采用的测试原理是较先进的。

## 1 总体设计

本系统主要由单片机、A/D、D/A转换板、程控电源板、接口板、程控继电器矩阵、键盘、打印机等部分组成。整个系统在单片机程序控制下运行。按系统的设计能力可直接测试的运放参数为: $V_D$ ,  $I_{B1}$ ,  $I_{B2}$ ,  $A_{VD}$ ,  $K_{CMRR}$ ,  $K_{SVR}$ ,  $R_I$ ,  $R_O$ ,  $V_{EM}$ ,  $I_{CC}$ ,  $V_{OPP}$ ; 间接测量参数为  $I_D$ ,  $I_B$ ,  $P_O$ , 见图1。

系统在完成上述的测试功能过程中,单片机控制各电路板完成以下操作:

(1) 通过接口板的继电器驱动矩阵,控制继电器切换,构成各参数测试所要求的环路。

(2) 通过4路D/A控制程控电源板,给出4路程控电源:

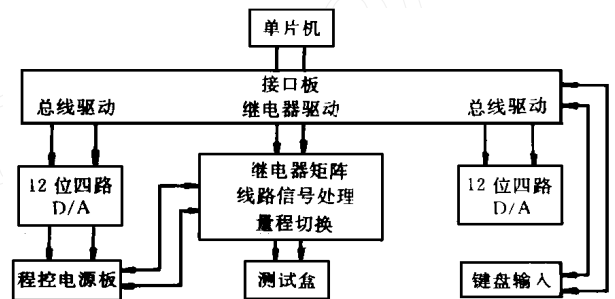


图1 总体设计图

PS1:  $0 \sim +25V$ , 被测器件正电源;

PS2:  $0 \sim -25V$ , 被测器件负电源;

PS3:  $0 \sim \pm 25V$ , 激励信号源  $V_I$ ,  $V_E$ ;

PS4:  $0 \sim \pm 10V$ , 补偿电压  $V_Z$

(3) 检测辅助运放输出电平,据不同的状态,进行闭环增益切换A/D转换的量程。

(4) 控制A/D转换板,采集测试结果,进行数据处理。

(5) 控制打印机输出测试结果。

## 2 测试主电路的设计

### 2.1 测试环路

测试环路的功能: 将待测运放接成多谐振荡器以检查其好坏;通过继电器切换成各参数的测试线路和条件,好坏测试电路如图2。

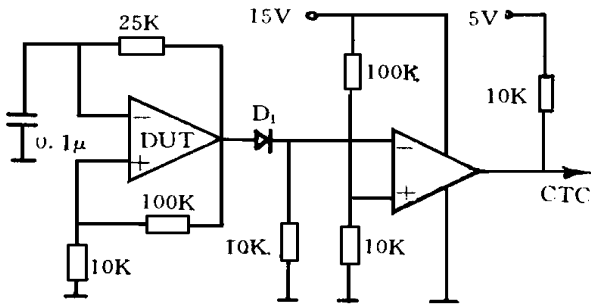


图2 测试电路

被测运放接成多谐振荡器。振荡器的输出经整流和整形, 变为与TTL兼容的方波序列, 接到CTC 0<sup>#</sup>通道的计数触发端。CTC 0<sup>#</sup>通道设定为计数器工作方式, 时间常数为10D<sub>0</sub>。同时将CTC 1<sup>#</sup>通道设为计时工作方式, 时间常数为196D<sub>0</sub>。被测运放的振荡频率均为1kHz, 计10个数要10ms, CTC 1<sup>#</sup>通道定时20ms等待中断。通道0中断, 运放是好的, 继续测试; 通道1中断, 运放是坏的或插座接触不良, 打印错误信息<sup>[3]</sup>。

### 2.2 辅助电路

辅助电路包括: 程控电源板、零点校准、低通滤波器等电路, 现介绍两个主要的。

#### (1) 程控电源板

基本原理是将D/A转换的4路输出引入电源板, 根据需要进行电流、电压放大。

施加于被测运放的PS1, PS2电路如图3。PS1, PS2结构对称, 只介绍PS1。

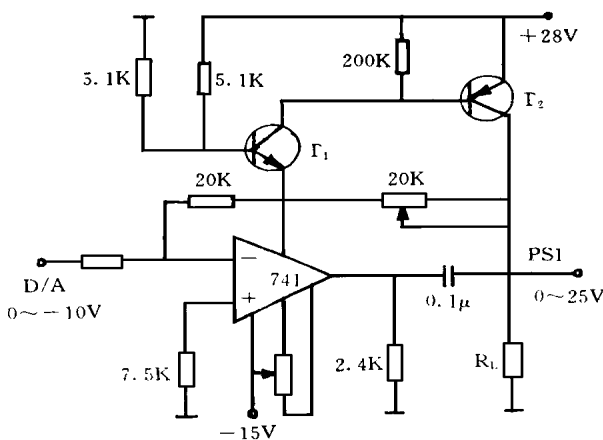


图3 运放PS1, PS2电路图

电路工作原理, T<sub>1</sub>一方面通过基极电位将组件μA 741的正电源端钳位在13.4V, 另一方面进行共基放大, 将组件电源的电流经集电极输出推动T<sub>2</sub>。由于T<sub>2</sub>的发射极接到+28V电源上, 所以负载端的电压将接近+28V, 同时, 输出电流也增大。

PS3提供V<sub>L</sub>, V<sub>R</sub>的程控电源, 所要求的输出电压不大, 故直接用LM 344接成反相放大器构成, PS4直接由D/A板的一种输出提供。

#### (2) 零点校准与低通滤波器

为了在A/D转换之前滤掉由于干扰引起的交流成分, 采用负反馈二阶有源滤波器, 其转折频率为f<sub>0</sub>=7.9Hz, 足以滤掉工频和干扰, 对于直流电压, 是一个典型的反相器。校零开关S<sub>23</sub>闭合时, 启动A/D转换, 将低通滤波器、量程切换电路、A/D转换控制电路的失调误差存贮到内存单元, 在数值计算时进行软件扣除, 从而实现系统的实时零点校准。量程切换电路配合补偿电压V<sub>2</sub>和输出电压V<sub>M</sub>的量程查询程序实现偏位法补偿功能, 见图4。

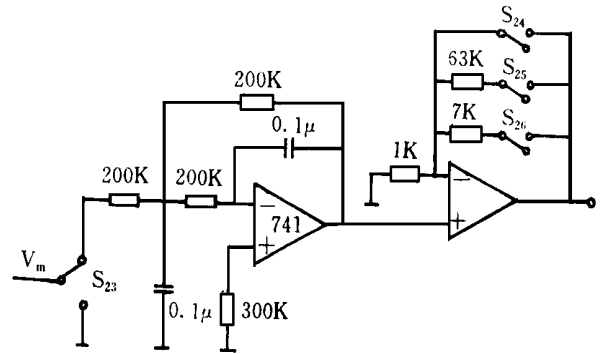


图4 补偿电路图

## 3 软件设计

系统的测试过程是一个软硬件结合的过程。在整个测试中, 所涉及到的软件是非常庞大的, 为了便于调试和修改, 采用子程序结构, 通过主程序联接。现介绍其中的两个主要子程序。

#### (1) 步进激励等精度采样子程序

步进激励分析: V<sub>1</sub>给出V<sub>max</sub>=±5V的程控电压, 由于程控电压板的放大倍数为-2.5, 所以由12位D/A输出的电压值应为±2V。对于±2V进行量化处理, 其步进量为: 4/(32-1)=129.032258, 而数字量对应的量化值为: 20/4096=4.8840048, 从而求得步进激励之间的数字量为: 129.032258/4.8840048=26.4258。

本程序中取整数26量化单位为步进点的间距。为了使V<sub>1</sub>在正负激励时对称出现, 从而消除最小二乘法中的X项, 故以D/A量化值的0点双向推, 求各激励点的量化值, 见图5。

#### (2) 实时零点校准子程序

辅助运放输出V<sub>M</sub> 低通滤波 量程切换 A/D

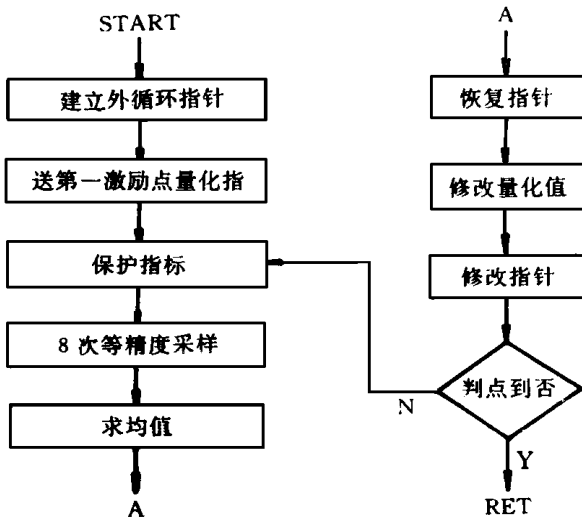


图 5 步进激励等精度采样子程序

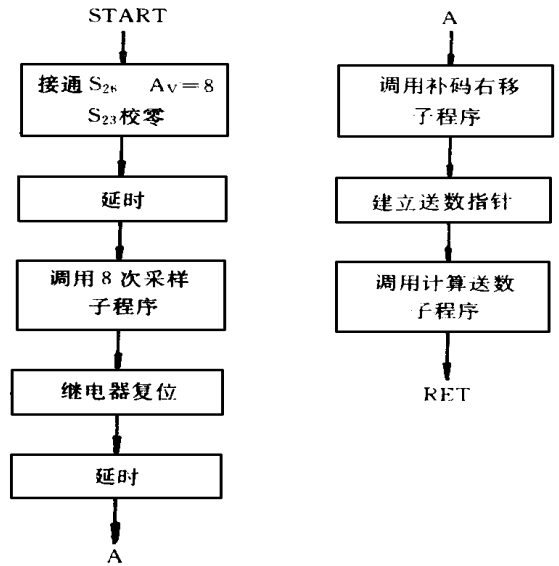


图 6 实时零点校准子程序

D 转换控制电路, 测出失调误差, 供数值计算扣除, 见图 6.

整个程序在主程序支持下, 调用各子程序进行参数测试并得出最后结果。

#### 4 结论

本文所采用的测试原理是较先进的。这套测试系统可做成便携式运放测试仪, 它与目前国内同类产品相比, 有测试原理新、速度快、测试精度高、成本低等优点, 且用途广泛。

#### 参 考 文 献

- 1 刘汉生, 张宝玉. 应用数理统计基础. 太原: 山西科学教育出版社, 1988. 100~ 200
- 2 王秀玲. 微型计算机 A/D、D/A 转换接口技术及数据采集系统设计. 北京: 清华大学出版社, 1986. 21~ 130
- 3 王维远. 集成运算放大器测试系统: [硕士学位论文]. 太原: 太原理工大学电机系, 1989

## Test System of Calculation and Amplification

Du Xinhui

(Dept. of Electr. Eng.)

**Abstract** Design of hardware of calculation and amplification test system was elaborated and software of system was also debugged. The functions of zero adjustment and deviation compensation can be realized in the system. It may estimate parameters of amplifiers by using the step-by-step excitation, the step-by-step sample, and the least square method. The principle of measuring system is completely new.

**Key words** calculation amplifier; design of hardware; design of software; testing