第5卷 第2期 无锡轻工业学院学报 JOURNAL OF THE WUXI INSTITUTE OF LIGHT INDUSTRY Vol. 5 1986 No. 2

微机控制集成运放参数的自动测试

朱定芬 孙星海

（自动化系）

REPORT
OF MEASUREMENT
××× ××× ×××
9 =00个
A =00个
B =01个
C =01个
SUM =02个
××× ××× ×××
……(01)……B
V_{os} = 26.0×10^{-4}V
I_{os} = 00.2×10^{-8}A
I_b = 08.0×10^{-8}A
A_{od} =105.0 dB
$CMRR$ = 91.0 dB
V_p^+ = 12.9 V
V_p^- = 12.7 V
I_C^+ = 19.1×10^{-4}A
I_C^- = 17.9×10^{-4}A
××× ××× ×××
……(02)……C
V_{os} = 17.0×10^{-4}V
I_{os} = 00.2×10^{-8}A
I_b = 02.0×10^{-8}A
A_{od} =100.0 dB
$CMRR$ =101.0 dB
V_p^+ = 12.1 V
V_p^- = 12.3 V
I_C^+ = 21.0×10^{-4}A
I_C^- = 19.5×10^{-4}A
* * * *
WU XI QING YUAN
Zhi Dong Hua Xi
19 年 月 日

一、概 述

随着集成运算放大器在自动控制、计算技术、航天通讯等技术领域中获得越来越广泛地应用，对运放参数的测试也相应地提出更多更高的要求，生产厂家希望对批量产品能进行自动检测与分档，并对用户提出的某些特定技术指标能进行自动记录，以便分析、研究和提高产品的质量；使用单位则希望测试简易、迅速，并有必要的数据备查。而目前国内生产的几种集成运放参数测试仪大部分为手动测试、表头指示，或由较复杂的电子线路组成。因此，如何使测试仪微型计算机化，具有数据处理、计算、显示、打印等功能是急需探讨的课题。

Tp—801单板机控制的集成运放参数自动测试仪，就是基于上述情况而进行研制的，经无锡元件一厂在生产线上使用，测试精度达到：直流参数误差≤3～5%，交流参数误差≤1～2 dB，满足技术指标要求。该测试仪具有下述功能：

①自动测试、分档、档号显示、越限报警（测试参数包括失调电压V_{os}，失调电流I_{os}，偏置电流I_b，开环电压增益A_{od}，共模抑制比$CMRR$，最大正负向输出幅度V_p^+、V_p^-，正负向静态电流I_C^+、I_C^-等九个主要参数）。

②分档计数、总计数及其显示（包括等外、A、B、C档等）。

③参数显示(根据需要可显示1个、4个或20个器件的参数)。

④打印结果。(打印格式如左)。

二、系统结构

测试仪主要由Tp—801单板机(PIO接口)、主测试回路、A/D转换、译码驱动、电源以及Tp—801p微型打印机等六部分组成，结构框图如图1。

本文1985年10月12日收到。

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

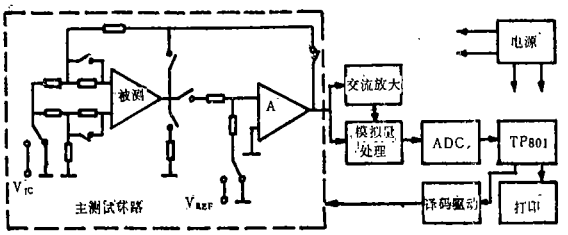


图 1　硬件结构框图

①主测试回路采用国际上通用的带辅助运放的测试线路，其中 V_{os}、I_{os}、I_b、V_p^+、V_p^-、I_C^+、I_C^- 等 7 个参数采用直流测试，A_{od}、$CMRR$ 二个参数采用交流测试(信号源为有效值等于 4V 的 7 Hz 正弦波)。

交流放大器采用高输入阻抗(通过自举电路实现)同相交流放大器，因为最小交流输入信号只有几 mV～几十mV，采用高输入阻抗放大电路后对提高测试精度、保持稳定的放大倍数是极为有利的。

②A/D 转换部分采用 ADC0809 模数转换芯片，该片的分辨率为 8 位，除具有无须调零及满量程调整，且易与微处理器相联结等优点外，还有 8 个输入通道，我们利用这个特点使线路结构更为简化，至于该片总的不可调误差 $\pm\frac{1}{2}LSB$～1 LSB 可根据实际测试精度要求，采取一些相应措施完全能满足设计要求。

A/D 转换芯片的启动 ($START$)信号由 $\overline{PS_0}$ 与 $\overline{IOW}$ 经或非门控制，输出允许信号 (OE) 由 $\overline{PS_0}$ 与 $\overline{IOR}$ 控制。时钟信号 ($CLOCK$) 由计算机主振频率经 4 分频得到。基准源单独供电。

③Z—80PIO 接口部分以A口作为位控输入，PB_7 作为符号位输入控制参数运算，PB_0～PB_6 为输出，控制译码驱动，同时选择模拟输入的通道口。

④译码驱动部分由 PB_0～PB_6 输出信号经译码放大后驱动继电器，分别控制主测试回路中的触点，改变测试不同参数时的回路结构以获得所需参数值。

⑤电源部分共有 ±15V、+24V、+5V 四组及 +5V 基准源，为适应测试各运放要求，±15V 采用± 5V～±25V 可调式集成稳压片。

⑥Tp—801p 微型打印机是为 Tp—801 单板机专门配备的微型点阵式打印机。

三、自动测试、计算方法及测试范围的确定

当测试某参数时，先由 CPU 发操作码指令，由 PIO 的B口输出，在相应继电器动作同时 A/D 转换片中某输入通道被选通，使被测参数的模拟量经该通道输入 A/D，经 A/D 转换后 8 位数字量输出至 PIO 的A口，再进入 CPU 进行一系列的数据处理。下面通过 Aod 测试进行具体说明。

测试 Aod 参数时，CPU 发出相应的 Aod 操作码，继电器作相应动作，经继电器各触点切换，接入交流信号源，交流放大器及相应的负载，同时选通 A/D 片的 6 通道作为输入通道，如图 2 所示

根据国标 GB3442—82[1]

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

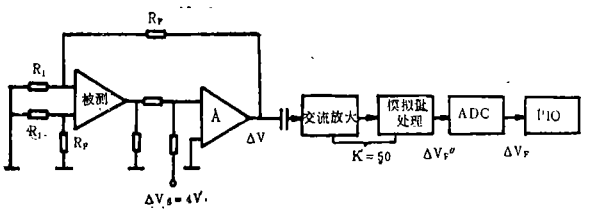


图 2 Aod 测试示意图

$$Aod=\left(1+\frac{R_F}{R_1}\right)\frac{\Delta Vs}{\Delta V_F'} \tag{1}$$

或
$$Aod=\left(1+\frac{R_F}{R_1}\right)\times\frac{\Delta Vs}{\Delta V_F''/50} \tag{2}$$

若令
$$\left(1+\frac{R_F}{R_1}\right)=195.3,\ \Delta Vs=4\,V$$

则
$$Aod=195.3\times4\times\frac{1}{\Delta V_F}\times\frac{256}{5}\times50$$

$$Aod=\frac{2000}{\Delta V_F}\times10^3 \tag{3}$$

一般表达式可表示为 $Aod=\frac{K_{Aod}}{\Delta V_F}\times10^3$（其中 $K_{Aod}=2000$）

根据 ADC0809 单 5 V 供电时，最大模拟输入量为 5 V，则由式(2)求得

$$AOd\min=195.3\times\frac{4}{5/50}=7812$$

或 $20\log Aod_{min}=20\log7812=77.8dB$

此数据可以满足一般运放的测试范围，为满足 Aod 小的运放器件，扩大测试范围，可使$\left(1+\frac{R_F}{R_1}\right)$缩小 4 倍，则 Aod_{min} 可下降为 66dB。同理，我们可获测试仪的测试范围如下表

测试仪测试范围

参数名称	测试范围	参数名称	测试范围
失调电压 V_{os}	0～100mV三档	共模抑制比$CMRR$	60～120dB三档
失调电流 I_{os}	0～2000nA三档	最大正负向输出幅度V_p±	0～±20V
偏置电流 I_b	0～4000nA三档		
开环增益 Aod	66～125dB三档	正、负向静态电流I_C±	0～±10mA

注：如需扩大 I_b、I_C 测试范围可通过改变相应阻值来满足要求

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

四、软件结构

1．程序设计

首先按功能要求设计子程序模块，然后在编制程序时，可按不同的功能要求进行调用。整个程序由主程序、14 个基本子程序与 5 个表格构成。

2．主程序流程图

3．子程序流程图

以参数显示子程序为例，如图 4

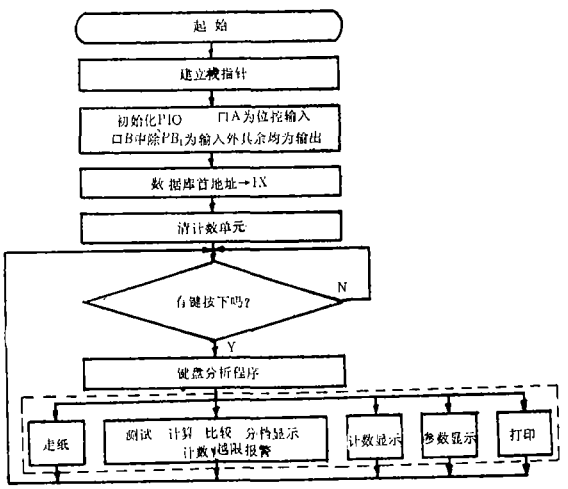


图 3　主程序流程图

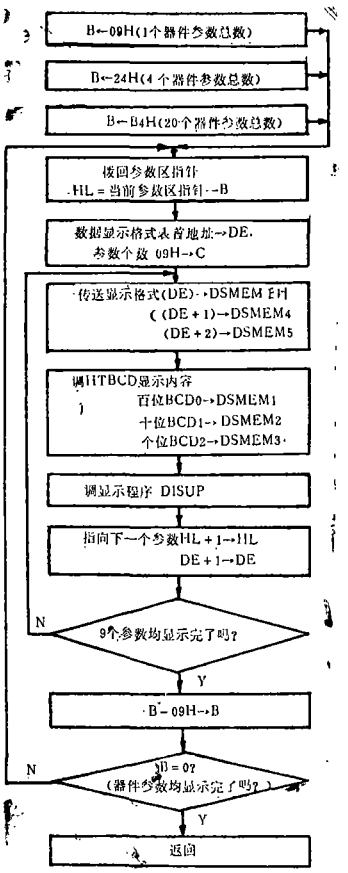


图 4　参数显示子程序流程图

五、调试与整定

为使系统稳定，保证测试精度，在调试与整定过程中采取如下措施。

1．分部调试

它是系统调试的基础。

1）主测试回路　主要是消振与闭环放大倍数的整定。

① 消振　采用辅助运放构成的大闭环系统容易引起自激。经过理论计算与实验调整，在辅助运放上加了一个 *RC* 串联校正环节，使除待测运放外（包括辅助运放在内）的其它环节所形成的反馈特性有一个较宽的平坦区，这样，从波特图上来看，各种不同型号运放的幅频特性与反馈特性的交点将被限制在 -20dB/dec 上，从而保证了系统的稳定。通过测试 FOO4、FOO7、BG305、FC54 等器件以及在无锡元件一厂生产线上对批量产品的测试，证实测试系统是稳定的。

② 闭环放大倍数的整定　为保证测试范围与精度，共分三档进行整定，假设正常测试档 $A_f=195.3$ 倍，则扩大档 $A_f=195.3\times4$ 倍，缩小档 $A_f=195.3\times\frac{1}{4}$ 倍，以适应不同类型器件或同一类型高、低质量器件的需要。例如有的器件 $V_{os}<1\text{mV}$ 可采用扩大档，有的器件

21994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

$V_{o.}$>25mV 可采用缩小挡。

2）交流放大器 主要是正确选择工作区，保证在输入信号 $\Delta V_F'$ 的输入范围内获得稳定的放大倍数，这对提高测试精度是至关重要的。工作区按半导体器件手册部颁"参数规范"选择。以 FOO7 为参考数据，该器件的"参数规范"为：Aod≥86dB～94dB；$CMRR$≥70～80dB

根据式（1）$Aod=\left(1+\frac{R_F}{R_1}\right)\frac{\Delta Vs}{\Delta V_F'}$ 可求得 $\Delta V_F'$ 的输入范围为

$$\Delta V_F'(Aod)\geqslant 15.6\text{mV}\sim 39.15\text{mV}$$

$$\Delta V_F'(CMRR)\geqslant 77.7\text{mV}\sim 245.6\text{mV}$$

但高质量的运放器件 Aod 可≥110dB，低质量的运放器件 Aod≥66dB 即可，因此工作区应在保证覆盖正常规范区的同时，适当考虑国内外产品的实际情况来确定。

3）模拟量处理电路 部分器件质量要求比较高，注意严格挑选元器件的精度与正确匹配。

2. 系统总调试

在分部调试基础上将主测试回路、A/D、PIO 等全部联起来进行系统调试。为保证总的测试精度，设有相应的补偿程序以进行适当的软件补偿。

3. 抗干扰措施

采用低通滤波器以抑制电源引进的干扰、在印刷电路板设计中合理安排走线，级间设置有效的退耦电路以提高仪器的抗干扰能力。

六、结束语

微机控制集成运放参数的自动测试系统与一般电子线路测试系统相比有下述优点：

① 微机具有信息存储、数据处理、计算的功能，可以取代一般电子线路中采样保持、对数运算与加减运算等电路

② 微机具有方便地实现顺序控制自动测试的功能，可以取代一般电子线路中的程控部分线路

③ 微机控制能实现自动分档、显示参数、打印记录数据等功能，且结构简单、可靠、测试简便、直观，可大大减轻劳动强度，提高工作效率。

致谢：在研制过程中，得到无锡元件一厂和我院自动化系一些老师与同学的支持、帮助，深表谢意。

参考文献

[1] 中华人民共和国国家标准 GB3442—82，《半导体集成电路运算（电压）放大器测试方法的基本原理》

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

86014

盘形凸轮机构几何尺寸的计算及计算机辅助设计《无锡轻工业学院学报》1986年，第5卷，第2期

主题词 凸轮机构；计算机辅助设计；移动式或摆动式盘形凸轮机构

摘 要 本文从简单的几何图形出发，对移动和摆动滚轮从动件盘形凸轮机构几何尺寸的计算提出了一套简便而行之有效的方法，尤其是凸轮廓线曲率半径的精确计算，并为这类机构的机辅设计提供了一套程序流程图。

作者：陈金元

86015

一种中碳钢的疲劳短裂纹特性《无锡轻工业学院学报》1986年，第5卷，第2期

主题词 疲劳短裂；疲劳力学；短裂机理；中碳钢／疲劳特性；短裂纹

摘 要 用复型技术研究含碳0.4%钢的扭转疲劳的起始阶段和短裂纹特性。发现疲劳短裂纹在铁素体中发生并扩展。裂纹增长速度取决于裂纹端部塑性范围的大小和程度。因而每循环的裂纹增长正比于滑移带强度。裂纹扩展的减速和可能停止证明晶界是裂纹扩展的强障碍。升高应力值后，原有的不扩展裂纹可能产生支裂纹或连接其它裂纹继续扩展。这个过程反复到一个或多个主导性裂纹的应力达到能导至破坏的继续增长的临界值为止。

作者：唐志祥等

86016

微机控制集成运放参数的自动测试《无锡轻工业学院学报》1986年，第5卷，第2期

主题词 微机测运放参数

摘 要 TP—801控制集成运放参数的自动测试系统具有自动测试、自动分档、计数、显示、打印等功能。速度快、结构简单、测试简便、可靠与成本低是系统的主要特点。本文介绍了硬件框图、软件结构和主程序流程图。通过介绍一个测试过程、调试与整定方法，简述计算方法、测试范围与测试精度等问题。

作者：朱定芬 孙星海

86017

铂电阻测温电路非线性补偿的计算机辅助设计《无锡轻工业学院学报》1986年，第5卷，第2期

主题词 计算机辅助设计／非线性补偿，铂电阻测温电路

摘 要 本文阐述了对铂电阻测温电路进行非线性补偿的微型计算机辅助设计方法，给出了程序框图、计算机运行结果和实验数据。由于本程序解决了把形式为 $y=f(x, k)$ 的方程式直接输入计算机的技术问题，所以有较广泛的适应性。

作者：朱立强

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

86016

AUTOMATIC MEASUREMENT of OP. AMP. PARAMETERS by μC. «Journal of the Wuxi Institute of Light Industry», Vol.5, No.2, 1986

SUBJECTWORD Measuring parameters of OP. AMP. by UC

ABSTRACT This paper describes an automatic measuring system for OP. AMP. parameters by Tp-801. The system presented here has the functions of auto-measuring, auto-dividing of elements, calculating, displaying and type-writing etc. Fast speed, simplicity, easy operation, high reliability and low cost are the special features of this system. This paper presents the block diagram ofthe hardware, the software configuration and the flow chart of main program. It introduces the measuring procedure, adjusting and setting method, in which the calculation method, measuring scope and accuracy are showed.

Author: Zhu Ding fen Sun Xing hai

86017

COMPUTER AIDED DESIGN OF PLATINUM THERMO—METER CIRCUIT FOR NON —— LINEARITY COMPENSATION«Journal of the Wuxi Institute of Light Industry», Vol.5, No.2, 1986

SUBJECTWORD Computer aided design/Nonl——inearity compensation; Platinum thermo—meter

ABSTRACT A method of computer aided design for the non-linearity compensation of the platinum thermo meter circuit is described. The block diagram, result of computer calculating, and experimental data are given also in this paper. As this program has solved the technical problem of inputting the equation, which is in the form of $y=f(x,k)$, into the computer directly, it might be used generally in other cases.

Auther: Zhu Liqiang

86014

CALCULATION METHODS of GEOMETRIC SIZES of DISC-CAM MECHANISMS and THEIR CAD. «Journal of the Wuxi Institute of Light Industry», Vol.5, No.2, 1986

SUBJECTWORD cam mechanism; CAD/disc cam mechanisms with translating or swinging roller followers

ABSTRACT In the paper, a set of simple and effective calculation methods of geometric sizes of disc cam mechanisms with translating or swinging roller followers is presented based on simple geometric graphs, in particular, precise calculations of cam profile curvature radii. A series of calculation flow charts for CAD of this mechanisms is also given in the paper.

Author: Chen jinyuan

86015

SHORT CRACK FATIGUE BEHAVIOUR in a MEDIUM CARBON STEEL «Journal of the Wuxi Institnte of Light Industrv», Vol.5, Nn.2, 1986

SUBJECTWORD fatigue fracture fatigue mechanics; mechanism of fracture; medium carbon steels/fatigue behaviour; short crack

ABSTRACT The initiation stage and short crack behaviour in torsional fatigue of a 0.4% C steel was investigated by a replication technique. The initiation and propagation of fatigue crachs ware obserred in the ferrite phase. It is proposed that the crack growth rate depends on the extent and intensity of the plasticity at the tip of the crack. Crack growth per cycle is thus proportional to the strength of the slip band. The ferritepearlite boundaries are strong barriers to the crack, propagaton which is manifested by a deceleration of growth and possible arrest. On raising the seress level the original non-propagating crak may continue to grow by branching or connecting with other crachs. This process is repeated until the stress fields of one or more dominant cracks attain a critical value to sustain continued growth that leads to failure.

Author: Tang Zhixiang; E. R. de los Rios and K. J. Miller