

模拟集成电路测试系统软件分析*

陈 芳

(华侨大学电子工程系, 泉州 362011)

摘要 介绍模拟集成电路的硬件结构, 并对直接程序编程和页表式程序编程进行了讨论; 文中着重介绍用 Turbo C 语言进行编程的基本测试软件包, 并举例说明。

关键词 模拟集成电路, 测试软件, 直接程序编程, 页表式编程测试程序

分类号 TN 431.107

1 系统概述

模拟集成电路测试系统是利用 PC 机控制的线性集成电路测试设备, 它能测量被测器件的动态和静态参数。系统软件采用 Turbo C 语言编写。系统可测试运算放大器、D/A 转换器、A/D 转换器、电压调整器、电压比较器等集成电路芯片。

1.1 硬件系统

模拟集成电路测试硬件框图如图 1。由 PC 机控制程序发出控制指令及读出数据, 经接口

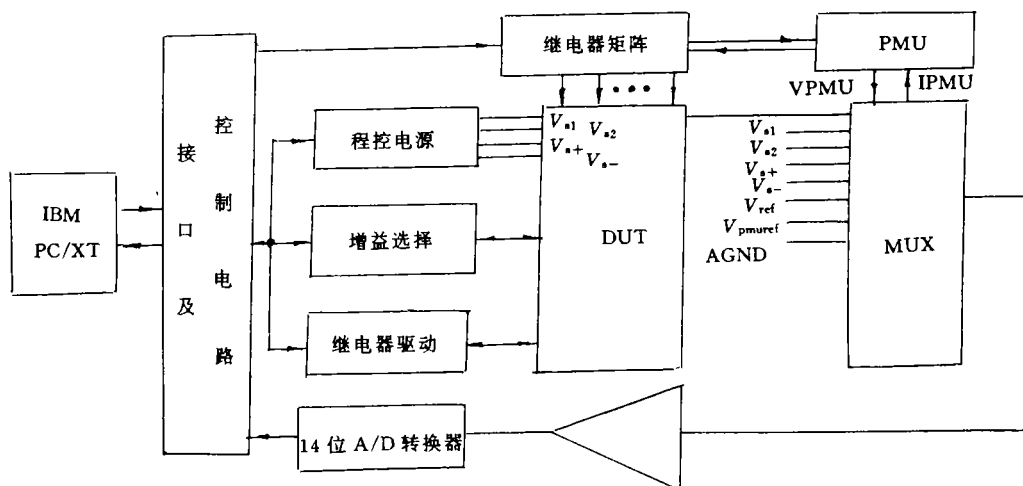


图 1 模拟集成电路测试系统原理图

* 本文 1994-11-29 收到

及控制电路进行 D/A 转换后的模拟量送到程控电源、双向电平转换及继电器矩阵等。经精密测量单元(PMU)以加压测流、加流测压或电压测量等方式获得数据;再经多路开关(MUX)送到 A/D 转换器进行转换;然后把结果返回 PC 机进行运算、比较、处理;最后得出正确的测量结果。

1.2 性能指标

精密测量单元(PMU)各种测量方式指标列于表 1 至表 4,其中 K 为分辨率, S 为精度, PV 为编程值, FV 为满量程值, RV 为读出值。

表 1 加压测流的电压指标

电压范围/V	量程	K/mV	S
± 8.19	1	2.440 0	$\pm(0.2\%PV+0.05\%FV)$
± 16.38	2	4.995 9	$\pm(0.2\%PV+0.05\%FV)$

表 2 加压测流的电流指标

电流范围/mA	量程	K/nA	S
± 0.040	1	2.44	$\pm(0.15\%RV+0.15\%FV)$
± 0.129	2	7.78	$\pm(0.15\%RV+0.15\%FV)$
± 0.400	3	24.40	$\pm(0.15\%RV+0.15\%FV)$
± 1.290	4	78.70	$\pm(0.15\%RV+0.15\%FV)$
± 4.000	5	244.00	$\pm(0.15\%RV+0.15\%FV)$
± 12.900	6	787.00	$\pm(0.15\%RV+0.15\%FV)$
± 40.000	7	2 440.00	$\pm(0.15\%RV+0.15\%FV)$

表 3 加流测压的电流指标

电流范围/mA	量程	K/nA	S
± 0.04	1	2.44	$\pm(0.2\%PV+0.1\%FV)$
± 0.40	2	24.40	$\pm(0.2\%PV+0.1\%FV)$
± 4.00	3	244.00	$\pm(0.2\%PV+0.1\%FV)$
± 40.00	4	2 440.00	$\pm(0.2\%PV+0.1\%FV)$

表 4 加流测压的电压指标

电压范围/V	量程	$K/\mu\text{V}$	S
± 0.10	1	6.10	$\pm(0.05\%RV+0.2\%FV)$
± 0.30	2	18.30	$\pm(0.05\%RV+0.2\%FV)$
± 1.00	3	61.00	$\pm(0.05\%RV+0.2\%FV)$
± 3.00	4	183.10	$\pm(0.05\%RV+0.2\%FV)$
± 10.00	5	610.40	$\pm(0.05\%RV+0.2\%FV)$
± 16.38	6	999.76	$\pm(0.05\%RV+0.2\%FV)$

程控电源电压值指标见表 5. 其中 V_{ref} 为 12 位精密基准电压源, V_{s1}, V_{s2} 为高精度双极性电压源, V_{s+}, V_{s-} 为器件电压源, V_{pmu} 为系统基准电压源。

1.3 软件系统

软件系统采用直接程序设计法,用 Turbo C 语言编写。它可分为用户界面程序、基本测试程序、自测试程序,功能测试程序(包括运放测试程序、模数转换器测试程序、数模转换器测试程序、电压调整器测试程序等)。本文着重介绍其基本测试程序。

表 5 程控电源电压值指标

电源	电压范围/V	K/mV	S	电流范围/mA
V_{ref}	0~+16.38	4.995 9	$\pm(0.002\%PV+0.002\%FV)$	<1
V_{s1}, V_{s2}	-16.38~+16.38	9.277 0	$\pm(0.1\%PV+0.05\%FV)$	<5
V_{s+}	0~+16.38	4.995 9	$\pm(0.1\%PV+0.05\%FV)$	<125
V_{s-}	-16.38~0	4.995 9	$\pm(10.1\%PV+0.05\%FV)$	<125
V_{pmu}	0~+10.00	2.440 0	$\pm 0.001\%$	<1

2 基本测试程序

为了减小程序对测试仪硬件的依赖,我们为用户提供了测试仪的基本测试程序,便于程序员编写应用程序。

2.1 测试函数软件包

2.1.1 turn-light 函数 turn-light 设定测试仪面板上的指示灯,其格式:void turn-light (COLOR light, MODE turn)。

2.1.2 setrange 函数 函数 setrange 设置电压或电流量程,其格式:int setrange (RANGE level)。本系统有 $V_0\sim V_6$ 共 7 个电压量程; $I_0\sim I_7$ 共 8 个电流量程可供选择。使用函数 setrange 之前,必须先调用函数 mvoltage 或函数 measurement。

2.1.3 map 函数 函数 map 选择实际管脚与逻辑管脚的映照关系。其格式:int map (char * pin_table)。其中 char * pin_table 表示实际管脚与逻辑管脚如何对应,形式为 "fact-pin 1 # logy-pin 1, fact-pin 2 # logy-pin 2,..."。

2.1.4 outdaa 函数 函数 outdaa 将数据输出到 12 位 D/A 适配器。其格式:void outdaa (unsigned digital_number)。

2.1.5 inada 函数 函数 inada 从 12 位 A/D 适配器读数据,其格式:unsigned inada (void)。

2.1.6 TTL_CMOS 函数 函数 TTL_CMOS 控制加到精密测量单元(DUT)管脚上电平。其格式:void TTL_CMOS (MODE power)。

2.1.7 multiplexer 函数 函数 multiplexer 选择模拟多路开关的一个通道。其格式:int multiplexer (CHANNEL power)。其中通道 2 的地址 0x301 为 V_{ref} ;通道 5 地址 0x302 为 V_{s1} ;通道 6 的地址 0x303 为 V_{s2} ;通道 7 的地址 0x304 为 V_{sn} ;通道 8 的地址 0x305 为 V_{sp} ;通道 1 的地址 0x307 为 GND;通道 3 的地址 0x308 为 f_{cmv} 。通道 4 的地址 0x309 为 f_{vmc} 。

2.1.8 get-pin 函数 函数 get-pin 从指定的字符串中得到一个继电器号。其格式:unsigned char get-pin(char ** pin_table)。

2.1.9 drive-relay 函数 函数 drive-relay 驱动接通或关闭测试仪中的任一继电器。其格式:int drive-relay (MODEL driver, MODE drive, int number),其中 driver=SR 为驱动开关继电器;driver=AR 为驱动模拟继电器;driver=DR 为驱动数字继电器;drive=1 关闭开关;drive=0 打开开关。

2.1.10 on-AR,off-AR 函数 函数 on-AR 为关闭若干模拟继电器;函数 off-AR 为打开若干模拟继电器。其格式:int on-AR(int number...), int off-AR(int number...)其中 int number...的形式为 "relay1,relay2,..., relay N,REND",最后必须用 RENDEnd 结束。函数 on-SR,

off_SR, on_DR, off_DR 功能类似,这里从略。

2.1.11 init_8255 函数 函数 init_8255 初始化 8255 控制字,其格式: void init_8255(void).

2.1.12 init_power 函数 函数 init_power 复位所有的程控电源,使程控输出电压为零,其格式: void init_power(void).

2.1.13 reset 函数 函数 reset 复位某一芯片,其格式: void reset (IC chip). 其中 chip=8255-1 地址 0x30 C 复位 8255 #1; chip=8255-2 地址 0x31E 复位 8255 #2; chip=8255-3, 地址 0x31C 复位 8255-3; chip=273, 地址 0x30F 复位 273.

2.1.14 init_light 函数 函数 init_light 关闭所有测试灯,其格式: void init_light (void).

2.1.15 init_relay 函数 函数 init_relay 初始化所有继电器,其格式: void init_relay(void).

2.1.16 test_init 函数 函数 test_init 初始化 IC 检测系统,其格式: void test_init(void).

2.1.17 Sample 函数 函数 Sample 驱动 14 位 ADC 采样,其格式: void sample (void).

2.1.18 getadc 函数 函数 getadc 在采样后从 14 位 ADC 读数据,其格式: unsigned getadc (void).

2.1.19 program_power 函数 函数 program_power 将程控电源接到测试电路中,其格式: init_program_power (CHANNEL power, float analog_voltage).

2.1.20 mvoltage 函数 当测试仪作为数字电压表使用时,函数 mvoltage 测量电压值。

2.1.21 measurement 函数 函数 measurement 选择加压测流或加流测压方式,其格式: float measurement (CHANNEL power, float voltage, MODE select). 其中 select=on 联接加流测压电路; select=off 联接加压测流电路。

3 应用举例

下面以测量运算放大器共模抑制比 KCMR 为例说明如何调用基本测试函数。共模抑制比定义为差模电压增益与共模电压增益之比。采用直流测试法的电路原理图如图 2。

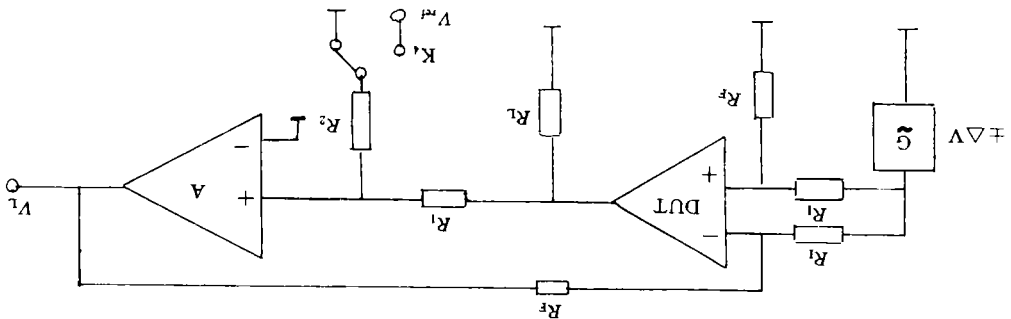


图 2 共模抑制比测量电路原理图

其测量步骤如下: (1) 开关 K_4 置地或规定的参考电压; (2) 输入端施加规定的直流共模信号

电压 $+\triangle V$ 在辅助放大器 A 的输出端测得电压 V_1 ; (3) 输入端施加规定的直流共模信号电压 $-\triangle V$, 在辅助放大器 A 的输出端测得电压 V_2 . KCMR 的计算公式如下

$$\text{KCMR} = \frac{\triangle V}{(V_2 - V_1)} \cdot (R_F + R_1) / R_1$$

测量共模拟制比的程序框图如图 3, 程序如下

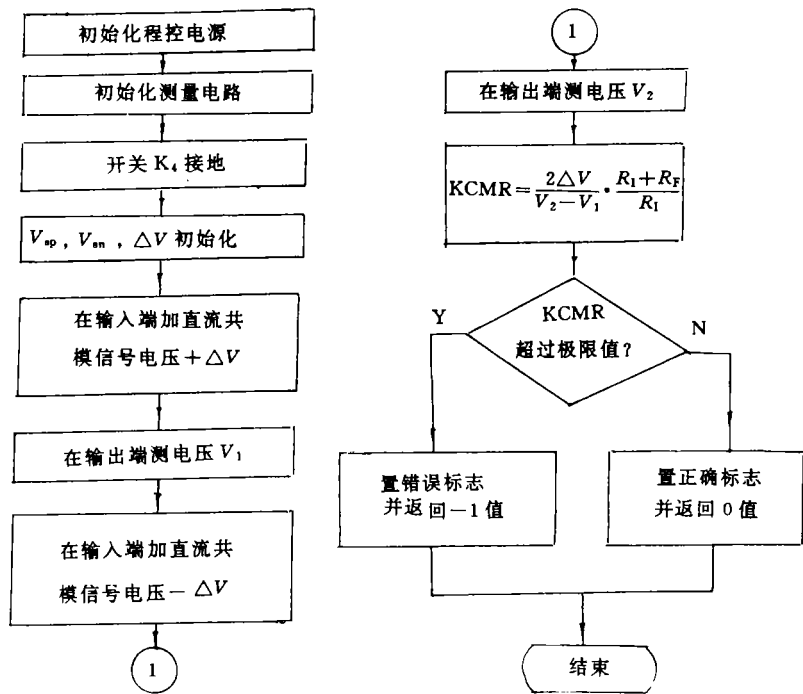


图 3 共模抑制比测量程序框图

```
int tkcmr(void)
{float vsp,vsn,dv,v1,v2;
int power ( );
int circuit ( );
off_DR(14,15,REND);
vsp=0.8 * SUB[svcc]
vsn=0.8 * SUB[svee]
dv=0.3 * DL[Vopp]/2.0;
set_power(dv, FIXED, vsp+dv, vsp+dv);
v1=mvoltage ( );
set_power(-dv, FIXED, vsp-dv, vsp-dv);

v2=mvoltage ( )
TR[curr channel][kcmr].value=
((RF+R1)/R1) * (2 * dv/(v2-v1));
if (TR[curr channel][kcmr].value > DL[kcmr]){
TR[curr channel][kcmr],pf=-1;
return FAIL;
}
TR[curr channel][kcmr],pf=1;
return 0;
}
```

4 讨论

操纵模拟集成电路测试系统来测试芯片有以下几种方法. 低档集成电路测试仪, 通常采用直接输入被测芯片型号, 由测试仪监控程序自动组织测试. 这种方法对用户要求较低, 无需进行任何编程, 但用户对测试仪测试策略、测试条件完全不能控制. 直接程序设计法, 可以实现对测试仪的直接控制. 用户可以充分利用测试仪提供的所有硬件资源, 尤其是开发特殊类型芯片的测试程序时显得尤为重要. 但是采用这种方法编程对程序员的要求较高, 它要求熟悉计算机语言、测试仪硬件及被测芯片特性. 页表式编程测试介于输入芯片型号法和直接程序设计法之间, 它既能避免用户直接书写计算机程序, 又可以让用户对测试进行一定程度的灵活控制. 即直接程序设计法是用户自己做, 输入被测芯片型号法是测试仪监控程序做. 而页表式编程法是由用户告诉测试仪怎样做后, 由测试仪操作系统控制, 这就需要测试仪具有一个能输入用户意图并能据此执行测试的程序^[1].

可见, 直接程序设计法及页表式编程法是较好的方法, 由于我们研制的集成电路测试系统要对多种类型芯片进行测试, 因此采用直接程序设计法, 可取得较好的测试效果.

参 考 文 献

- 1 赵铁周. BJ3140 型中大规模数字 IC 测试系统软件分析. 微电子测试, 1993, (4): 23~29

Analysis of the Software of Analog IC Test Macro

Chen Fang

(Dept. of Electron. Eng., Huaqiao Univ., 362011, Quanzhou)

Abstract Beginning with the hardware architecture of an analog integrated circuit test macro, a discussion is devoted to the methods of direct programming and list-directed programming. The fundamental test function of test macro is written by direct programming in Turbo C language and is exemplified.

Keywords analog integrated circuit, testing software, direct programming, list-directed programming