

# Fluke 8840A 数字多用表原理及检修

The principle and mend of Fluke 8840 A digital multimeter

王立放 Wang Lifang

【作者简介】王立放,男,工程师。工作单位:成都市计量监督检定测试所。通讯地址:610021 成都市东风路北二巷5号。

【摘要】本文介绍了 Fluke8840A 数字多用表的特点及工作原理并列出了检修实例。

【关键词】Fluke 8840A 数字多用表 测量 检修

【收稿时间】2004 - 09 - 09

## 1. 概述

Fluke8840A 是美国福禄克公司研制的一种 5 $\frac{1}{2}$  位高性能数字多用表。具有交直流电压、交直流电流、两线和四线制电阻等多量程测试功能,直流电压准确度达 0.005%。

### 1.1 特点

(1) 具有诊断自测试功能,能够将自检中检测到的错误以错误码的形式在显示屏上显示出来,对照错误码可以确定故障之所在。

(2) 配有 IEEE-488 标准接口,通过编程,可以使 8840A 成为一台由远程母线控制,具有“听/讲”功能的自动仪器的一部分,以便于联接数据采集器或打印机。

(3) 采用真有效值测量交流电压和交流电流。区别于使用平均响应的交流变换器,其有效值变换器对测量混频波、调制波、方波、锯齿波、占空比 10% 的矩形波具有更加精确的读数。

(4) 具有每秒读数达 100 次的读数速率,以保证仪表的测量显示数据快速、稳定。在连续触发模式

中,根据工频频率自动调节变换器的时序特性,以得到最佳的串模抑制比。

(5) 四线电阻测量,能自动地消除测量低电阻时长测试线和接触电阻引入的测量误差。

(6) 无须开盖,用外部面板按钮通过仪表显示提示输入标准源进行校准的功能。

### 1.2 结构

8840A 在电路结构上可以分成四部分(仪器电路原理见图 1):

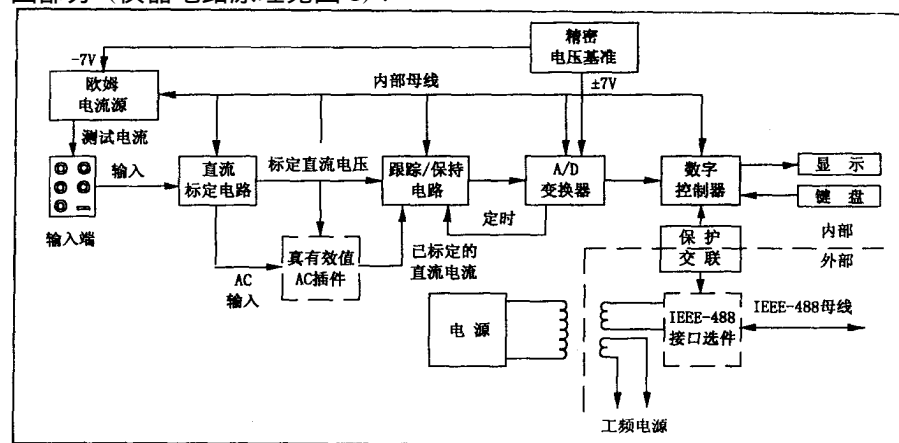


图 1 整机原理图

### (1) 测量部分

直流标定电路构成仪器的“前部测量部分”。它有两个主要的功能,第一,在直流电压(DCV)、直流电流(DCA)和欧姆( $\Omega$ )测量时,它直接以一等效的直流电压进入输入端(DCA 测量时,由一个精密的分流器将电流转换成电压输入;测量时,使用一个已知的由电流源产生的测试电流在被测电阻上产生一个直流电压)。而在交流(AC)输入

时由 True RMS AC (真有效值)选件转换成直流电压。第二,直流标定电路将量程范围的等效直流电压调整到 A/D 变换器的输入量程( $\pm 2V$ )范围内。直流标定电路还具有输入保护和模拟滤波功能。

跟踪/保持(T/H)电路构成仪器“后部测量部分”。T/H 电路采样已经标定的直流电压,给 A/D 变换器的每一个 A/D 变换期输送一个恒定电压。

### (2) 数字控制器部分

包括 A/D 变换器、数字控制、按键和显示屏电路。数字控制的核心是仪器的微处理器(CPU)芯片,它控制了 8840A 各部分的工作。它读取前面板按键指令,对使用者选定的测量功能和量程进行组态;发出指令触发 A/D 变换器,计算每一个 A/D 变换周期的输入值;控制显示并通过保护交联电路和 IEEE-488 接口电路交换信息。

(3) IEEE—488 接口电路部分

IEEE—488 接口电路采用浮置供电,数字控制器和 IEEE—488 接口之间由保护交联电路采用电隔离方式进行串行数据交换。

(4) 电源部分

这部分电路包括为整机提供多组稳定的电源的主电源和为 A/D 变换器和 电流源提供基准的精密的参考基准电压。

2. 工作原理

2.1 测量部分工作原理

(1) 直流标定 (见图 2)

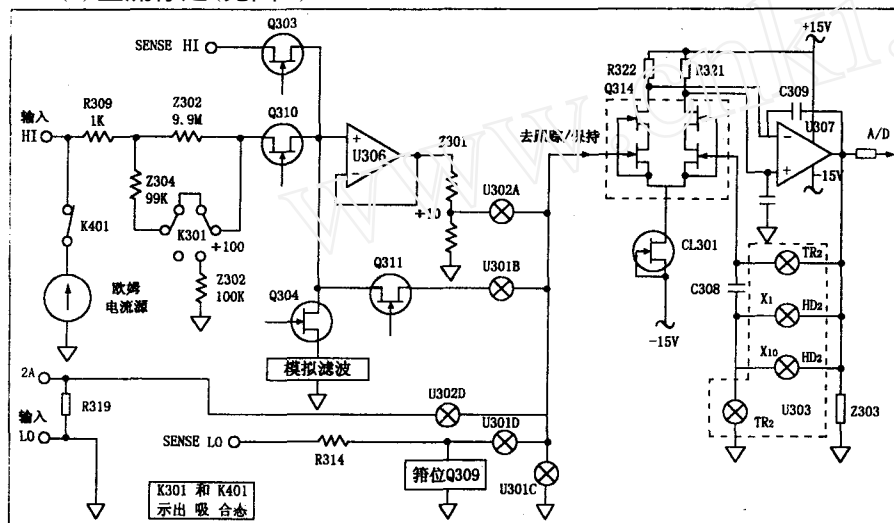


图 2

所谓标定:即对输入的待测量值,电路提供相应的衰减或放大,以使输入 A/D 转换器的被测量恒定在一定范围内。

在 DCV 量程,标定由两个精密电阻网络 Z301 和 Z302 来执行,由继电器 K301、开关管 Q301、Q311、器模拟开关 U301A 和 U301B 来组态,以对每一量程提供正确的量程标定。在 200mV 和 2V 量程,输入电压通过 Q310、Q311 和 Q301B 直接加到 T/H 放大器。在 200mV 量程 T/H 放大器增益为 10,其余量程放大器增益为 1。在 20V 量程,输入电压经增益为 1 的放大器 U306 缓冲后经 Z301 衰减 10 倍。在 200V 和 1000V 量程 K301 释放,输入电

压由 Z302 衰减 100 倍,在 200V 量程,衰减的电压直接加到 T/H 放大器,象 2V 量程一样。在 1000V 量程,经衰减器的电压经 U306 缓冲并衰减 10 倍,象 20V 量程一样。在 DCA 量程,待测的电流在分流器 R319 上产生电压降,这个电压被象 DCV 量值一样标定。

(2) 电压保护

输入保护由可熔断电阻 R309 和四个金属氧化物压敏电阻 (RV301、RV402、403、404) 及附加的箝位电路组成。当输入电压超过

1200V 时,将由压敏电阻箝位,超过 1560V 时熔断电阻 R309 将失效开路。在 200mV、2V、20V 量程,输入电压超过 ±25V 时,Z304 将进行限流,U306 的同相输入端由 Q307、Q308 箝位到 ±25V。

(3) 跟踪/保持(T/H)电路

T/H 电路的功能是为 A/D 变换器在 A/D 变换的输入期提供一个稳定的电压。T/H 变换器由 T/H 放大器,保持电容 C308、四模拟开关 U301、U302 和 U303 等组成。T/H 电路由 T/D 变换器通过时钟线 PC、HD1、TR1 和 TR2 提供的时序开关信号在跟踪、稳定、保持和予充电四个组态间周期运行,最后将稳定的已标定的量值由 U307 输送给 A/D

放大器的 U103,作为模拟量输入。

(4) 精密基准电压与欧姆测量

8840A 为 A/D 变换器和欧姆电流源设置了一个精密基准电压,它提供了 -7.00000V 和 +7.00000V 的精密电压。欧姆电流源为欧姆功能提供一个精密的测试电流。-7.00000V 的精密基准电压在精密电阻 R401 上产生了一个精密的基准电流,第二放大器 U404 与精密电阻网络 Z401、模拟开关 U402 和 U403 构成一个电流放大器,其输出电流大小由 CPU 控制模拟开关的通断来选择。两线欧姆测量是通过 K401 继电器将欧姆电流源的电流输送到被测电阻,在被测电阻上产生电压降,再将此电压按 DCV 量值进行测量。四线欧姆测量与两线基本一样,只是将测试端改由 (SENSE HI/LO) 端输入,跳过前端的高电阻网络,有效地消除了测试线的阻值影响。

(5) 交流电压(ACV)测量

本仪器的交流部分采用真有效值测量,即采用均方根值 ( $\sqrt{AC^2 + DC^2}$ ) 测量,输入的待测量 DC 部分通过直流标定电路,AC 部分经 C801 和 K801 的切换送至 AC 板,再经 AC 板前面部分的 ACV 标定、频率响应补偿,最后进入真有效值/直流变换器 U802。U802 对输入信号作平方 ( $V_{in}^2$ ) 再与输出作除法运算得  $U_{ovt} = (\frac{V_{in}^2}{V_{out}}) = \sqrt{V_{in}^2}$ 。最后经 J2014 脚、U302C 耦合进入 T/H 电路,与直流分量合成得到真有效值测量。交流电流也是先变换成交流电压,再参照交流电压进行处理。

2.2 数字控制部分工作原理

(1) A/D 变换器 (见图 3)

A/D 变换器主要由三部分组成:时间/数据控制器、精密的数模 (D/A) 变换器 (DAC)、A/D 放大器及自举供电电路,各部分的组成如

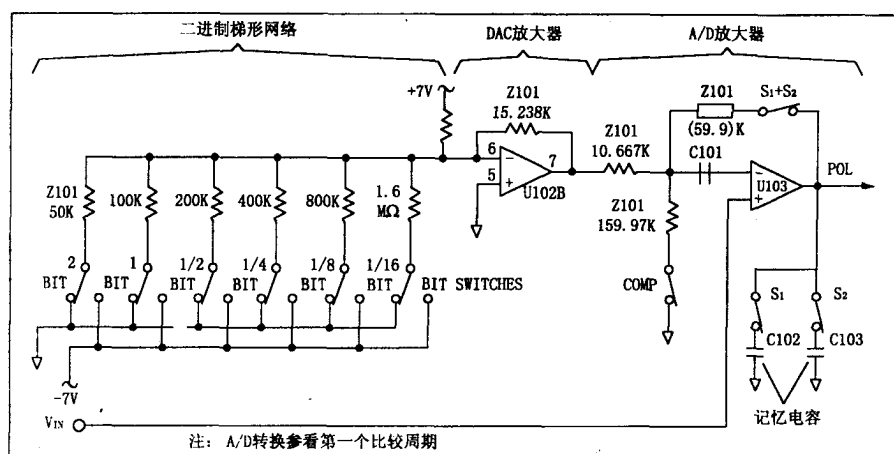


图3 A/D变换器

下:时间/数据控制电路(U101的数字部分)通过控制A/D放大器的增益开关和精密的DCA的bit开关,以定时地控制A/D变换器。精密的数模变换器由DAC放大器U102B和由Z101电阻组成的二进制阶梯网络及U101中的数字控制模拟bit开关构成。A/D放大器由比较放大器(U103)和两个余数存贮电容器(C102、C103),一个自动零存贮电容器(C101)和U101中的几个数控模拟开关组成。8840A的A/D变换器采用了“余数再循环技术”(Recirculating remainder technique)。A/D变换器有三个工作模式:自动零模拟、比较模式、余数存贮模式。变换过程有五个周期,在五个测量期后自动零终止,自动零模式既是变换期的终止,又是下一个变换期的开始。在第一个比较期,A/D放大器(U103)的正端接已标定的 $V_{in}$ 信号,负端接DAC放大器的输出信号,两者比较,以确定A/D放大的输出值。在此期间DAC的每一个bit开关顺序地接通形成不同的DAC输出,与A/D放大器的 $V_{in}$ 信号比较,最终在A/D放大器输出端产生一个6bit的数据串,并存贮到时间/数据控制电路(U101的数字部分)。比较期之后的是余数存贮期,在此期间 $V_{in}$ 和DAC输出值比较后的值,由A/D放大器放大16倍并存贮

到电容器C102上。在此后的比较期和余数存贮期中,存贮在C102上的余数电压与 $V_{in}$ 电压合成一起加入 $V_{in}$ 电压。如此反复五次,五个比较期每一次产生6bit的数据段,均存贮到时间/数据控制器。每次测量后U101通过ADD—ADS线将6bit的数据段发送到CPU,CPU对每个数据段以相对前一数据1/16的权算出输入值。

(2) 数字控制器

数字控制器由微处理器(U202)(CPU)、外部程序存贮器(U222)、校准存贮器(U220)、键盘/显示接口和一些其他元件组成。CPU是一块单片Z8型微芯片,它内含4kbyte的ROM、144byte的RAM、一个通用的异步收发器UART和四个8bit的

I/O接口。CPU经I/O接口通过内部母线向仪器各单元发出指令或读取键盘与存贮器里的信息。所有内部母线通讯采用存贮器方式。每一个在母线上发送或接收数据的单元有固定的地址。内部母线由AD0—AD7和A8—A11组成。AD0—AD7传送低位地址和数据。A8—A11传送高位地址。

CPU执行如下功能:量程和功能转换、A/D控制和计算、校准校正、键盘/显示控制与IEEE—488接口串行通讯、诊断自测试及故障检测。

IEEE—488接口是通用部件本文从略。电源采用变压器电源,结构简单,观之一目了然,显示器采用普通的译码电路将BCD码译成7段码,限于篇幅不再详述。

3. Fluke8840A 检修流程

Fluke8840A 检修流程见图4。

4. Fluke8840A 检修实例

(1) 直流电压显示数值误差较大

直流电压档,误差较大→检查各组稳压电源是否符合标准值输出→用数字电压表检查DCV通过输入电压是否畅通→测A/D转换器输入端Q314(3)脚输入电压正常→检查A/D转换器工作情况→首先测精

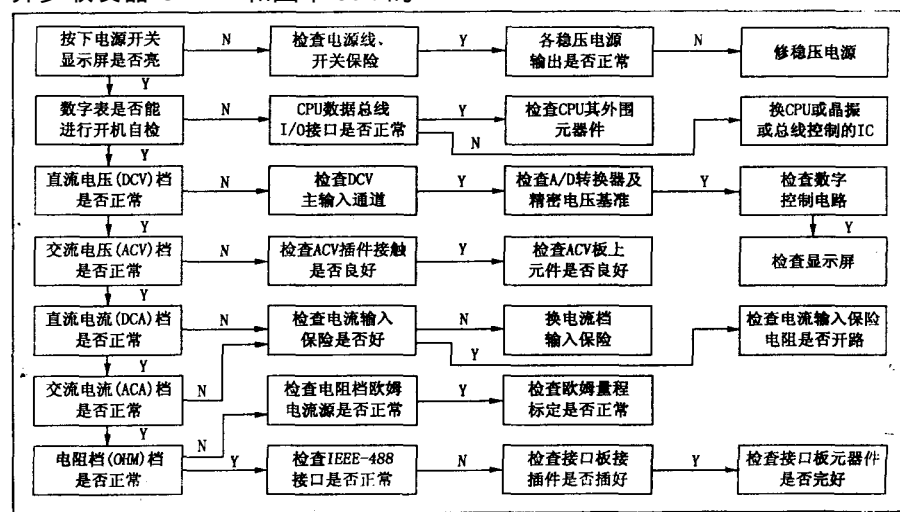


图4 数字多用表故障检修流程图

(下转第38页)

送此帧。

(3) 回应帧:检测子机接收到错误信息发送此帧。

(4) 结束信号帧:激励子机通知检测子机激励结束时发送此帧。

协议的第一件事就是能够识别噪声和有效数据。噪声是以随机字节出现的,没有明显的方式。通过测试和试验,发现 0xFF 后跟 0x00 在噪声中不容易发生,传输协议应该在帧前加开始字节 0xFF 后跟 0。

### 3.2 主机软件设计

上位机程序设计的总体思路是:通过调用 API 函数来实现串行通信。既能保证数据的完整,又可以让我们清楚地掌握串口通信的机制,熟悉各种配置和自由灵活采用不同的流控进行串口通信。

串口的读写操作采用异步方式(Overlapped)。当调用 CreateFile() 函数打开端口时,就会使用 FILE\_FLAG\_OVERLAPPED 标志通知 o/s(读写完成标志):将在重叠的格式下使用文件。这种情况意味着对 ReadFile() 函数和 WriteFile() 函数调用后立即返回,无需等待它们的操作完成。这时 ReadFile() 函数和

WriteFile() 函数使用 OVERLAPPED 管理重叠输入/输出,把这个结构传递给函数,直到异步输入/输出完成才会释放它,之后再把它同一结构传递给 GetOverlappedResult() 函数,以获得最后的输入/输出操作的数据。一旦读写不成功,就将读写挂起,函数直接返回,可以通过 GetLastError() 函数得知读写未成功的原因,具体程序如下:

```
fReadStat = ReadFile ( COMDEV (
np TTYInfo ), lpszBlock ,
dwLength , &dwLength ,
&READ_OS ( np TTYInfo ) );
if ( ! fReadStat )
{
if ( GetLastError ( ) == ERROR
_ IO _ PENDING )
{
while ( ! GetOverlappedResult
(COMDEV ( np TTYInfo ) ,
&READ _ OS ( np TTYInfo ) ,
&dwLength , TRUE ) )
{
dwError = GetLastError ( ) ;
if ( dwError == ERROR _ IO
_ INCOMPLETE )
continue ; // 读写未完成 ,继续
```

```
else
{
ClearCommError ( COMDEV
( np TTYInfo ) ,
&dwErrorFlags , &ComStat ) ;
// 发生错误 ,清除错误标志
break ;
}
} }
```

### 4. 结束语

该系统采用主从计算机结构,无线数据传输,解决了以往飞机电缆检查中操作复杂、周期长、联接难等难题。应用结果表明:该系统操作简便、插拔联接容易、可靠性高,具有快速自动检查等优点,提高了飞机维护效率,取得了显著的经济效益和军事效益。

#### 参考文献

- [1] 讯通科技, PTR2000 使用手册
- [2] 张立科. Visual C++ 串口通信工程开发实例导航. 人民邮电出版社, 2003
- [3] 窦振中等. PIC 系列单片机原理和程序设计. 北京航空航天大学出版社, 1998
- [4] 赵茂泰. 智能仪器原理及应用. 电子工业出版社, 1999
- [5] 沙占友. 新编实用数字化测量技术. 国防工业出版社, 1998

(上接第 35 页)密基准电压 +7V、-7V 是否正常 → -7V 正确, V702B7 脚输出的 +7V 电压只有 +6.2V → 测 U702B 反馈电阻 Z702 (20K) 阻值变小 → 换新后故障排除。

#### (2) 交流电压不能测量

直流电压能显示, 交流电压不能显示, 故障在 ACV 板 → 输入 1V、1kHz 正弦信号, 用示波器检查信号流程 → 放大器 U807、U806、U801A 输出端均有信号 → 频响补偿器输出端 U801B (1 脚) 没有信号输出 → U801 ±15V 供电正常 → 换 U801 故障排除。

#### (3) 按键不起作用

测量功能正常, 就是按键不起

作用 → 所有按键都不起作用 → 故障应该在 CPU 和总线控制部分 → 开机自检能通过说明 CPU 总线完好 → 打开面板仔细检查 → 发现电路板案件触电是炭质走线 → 经常按动按键炭膜出现短接 → 接点间出现短接等于封锁了按键扫描脉冲 → 用小刀消除短接炭粉(不可擦试) → 故障排除。

#### (4) 欧姆档不能测

其他档功能正常欧姆档不能测 → 测欧姆也要用到 DCV 主通道, DCV 正常, 主通道正常 → 用欧姆档测电阻再用另一个好表测电阻两端电压 → 电阻两端无电压 → 说明欧姆电流源无输出 → 查欧姆电流源 → -7V 基准, 电流源形成电流放大器均

工作正常 → 查 R410 (1k) 开路, 该电阻是可熔式线绕电阻 → 换新故障排除。

(5) 做各种测量均出现数据不稳

做各种测量均不稳, 故障应该在公共主通道 → 首先排除电源故障, 经查各组输出值均稳定 → DCV 主通道输入放大器、A/D 转换器、基准电压均未发现问题 → 由于表现现象是时好时坏 → 故采用补焊的方式, 首先补焊输入通道、基准电压 → 再补焊 A/D 转换器 → 最后补 U301、U302 增益控制开关 IC → 故障排除估计是增益控制开关 IC 出现虚焊。