

FLUKE®

福禄克 87V 型数字式万用表维修经验

福禄克 87V 型



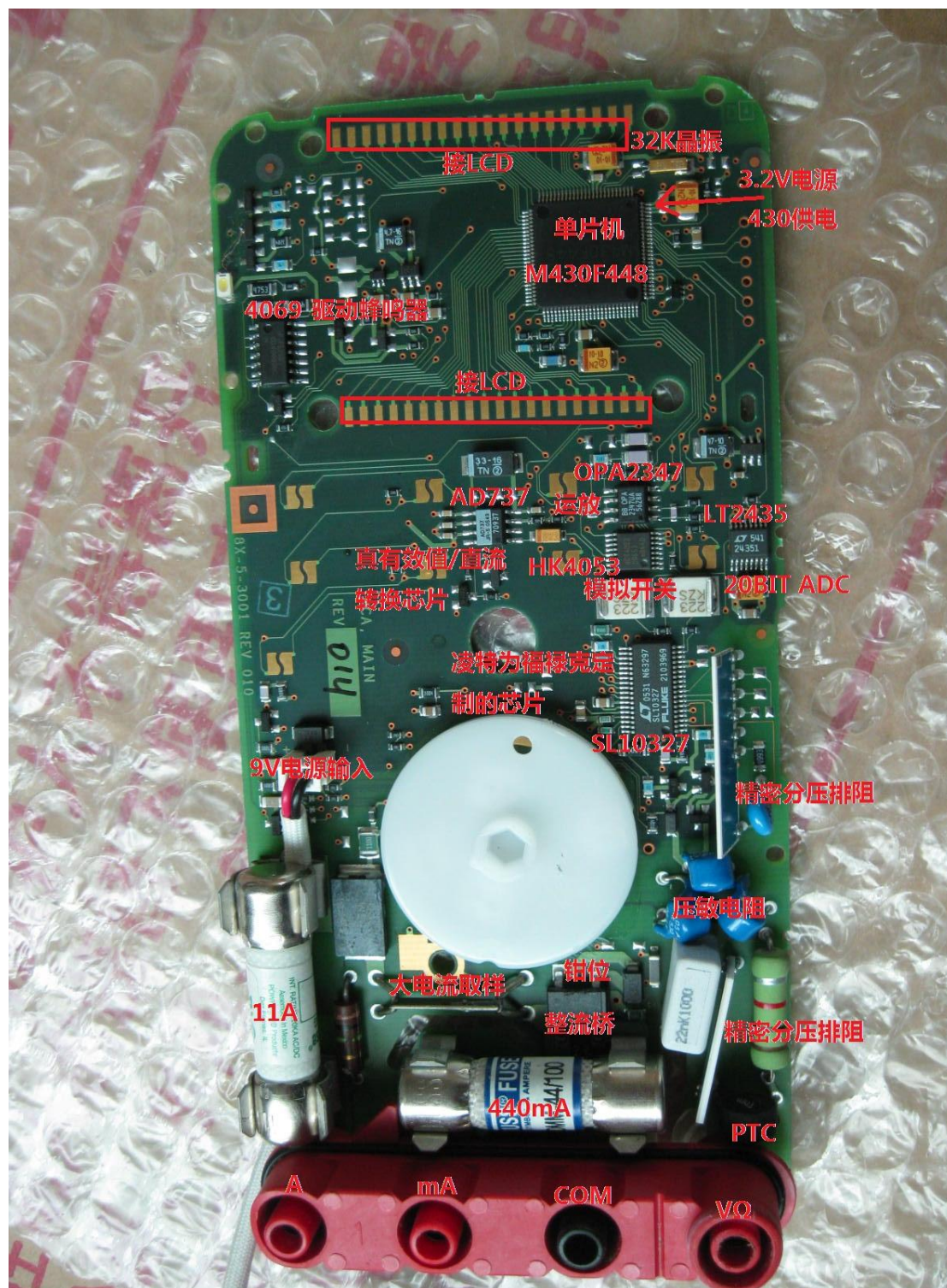
福禄克 87V 型，是 4 1/2 四位半显示的一款高精度数字万用表，该万用表可以测量，电压，电流，电阻，蜂鸣，二极管，频率，电导，温度，等并且交直流电压均为真有效值（TRMS）测量，支持数字和模拟指针同步显示等功能，并且可以切换，自动/手动量程两种测量模式，并且具有，最大值 MAX 和最小值 MIN 测量功能，以及 REL 相对值测量模式，在这里就不在介绍其功能测量和基本参数了，具体的可以自己搜一下，这里只是简单的介绍 87V 型万用表的最基本的功能。

福禄克 87V 型万用表是福禄克新型 430 方案的产品，包括现在的福禄克 11X 系列，福禄克 28X 系列，几乎都是 430 方案。

福禄克 87V 型万用表是采用德州仪器公司生产的 MSP430F448 单片机为核心设计的一款四位半数字万用表，在 A/D 转换部分采用了一颗凌特公司的 LTC2435，20 位的 ADC，属于 Σ - Δ ADC 型 A/D 转换器，在真有效值测量方面该万用表采用的是美国 ADI 公司生产的低功耗真有效值/直流转换芯片型号为 AD737，在蜂鸣器驱动部分采用的是 CD4069 分频进行驱动蜂鸣器发声。

电路板中各部分的元件以及型号

下图为实物拆机图，图中各部分的元件级 IC 作用基本上已经标出。



福禄克 87V 型万用表的故障维修

由于这款万用表没有电路图纸，所以必要时只能靠测绘部分电路来进行维修，了解了部分元件的作用对维修有很大帮助，由于这种万用表都是靠 430 单片机内部程序工作的，一旦单片机内部的程序丢失，万用表就不能正常工作，必要时只能通过更换带程序的 430 单片机来进行维修。（更换完单片机要进行校准）！

1 不开机故障：不开机故障首先要检查电源部分的 9V 电压是否加上来，在包括电池接线部分的保护二极管等元件是否损坏，在通过测量整机工作电流来判断是否是电路中的 IC 击穿造成整机大电流，其次要检查 MSP430F448 单片机的供电电压，以及外接 32K 晶振的好坏，MSP430 单片机的供电不是从 9V 电池电压直接过来的而是经过 DC/DC 降压以后提供到 430 单片机供电，所以不开机还需要检查 DC/DC 降压部分，（在 MSP430 单片机旁边的五脚 IC 就是 DC/DC 降压模块）多数是因为电池输入部分有问题或者就是 MSP430 得不到供电电压，

(DC/DC 降压模块损坏) 或者就是 MSP430 单片机损坏, 还有一种可能就是屏坏, 造成不开机, 这几点都会造成万用表不开机。

2 开机以后部分功能不能使用: 部分功能不使用必要时首先需要对万用表进行从新校准, 具体校准方法, 网上有教程, 这里不在多说, 还有几方面问题就是 MSP430 外接晶振坏, 在其次就是 MSP430 本身损坏造成, 因为像 Range, REL, HOLD, 蜂鸣器, Hz 等几个功能按键都是通过 430 控制来实现的, 所以部分功能如果有问题必须要检查 MSP430 的好坏, 若排除外接晶振损坏, 那么多数就是 MSP430 单片机本身问题, 需要从新刷程序, 或者更换新的 MSP430 单片机。

3 开机后所有功能不能测量: 所有功能不能测量的问题, 首先要对 $V\Omega$ 输入端进行检查, 需要检查保护元件 PTC, 压敏电阻, 是否出现损坏, 保险管是否烧断, 以及整流桥是否击穿, 那个整流桥是并联到 mA 插孔和 COM 端的, 作用是钳位保护, 防止用 mA 插孔去测量电压造成烧坏万用表, 如果保护

元件均无问题，则要对，精密分压排阻进行检查，检查分压排阻是否损坏，若精密分压排阻均无问题，那就要对 LT2435，20 位的 ADC 进行检查，若 ADC 损坏则会出现所有功能失效，（必要时更换 2435）但如果 ADC 正常，所有功能均不能使用，还要对 HK4053 模拟开关以及模拟开关旁边的那个运放进行检查，若都无问题，那就要检查 MSP430 单片机，必要时直接更换带程序的 MSP430 单片机来进行维修。

4 开机报错 Err：一般开机报错有两种原因，一种是万用表本身需要从新校准才可以使用，（会提示 CAL）一种是 MSP430 单片机内部程序丢失造成开机报错（提示 Err EEPR），这种问题必要时只能通过从新刷写 MSP430 单片机程序或者更换带程序的 MSP430 单片机来进行维修，还有一种原因是自检不过造成报错 Err，多数是由于开机以后单片机对 ADC，模拟开关，等元件进行自检，但由于 ADC 或者模拟开关这类 IC 出现了故障造成单片机自检不通过，造成开

机报错，需要对 ADC 和模拟开关等 IC 进行功能检查。

5 交流电压挡无法测量：交流电压挡无法使用，其它档位均正常，首先要对输入端保护元件 PTC 和压敏电阻进行检查一遍，都无问题，则要检查精密分压排阻是否出现烧坏或阻值变化的问题，因为交/直流电压测量是靠两套精密分压排阻来实现电压取样的，如果精密分压排阻损坏，开路，则就会出现交/直流电压挡测量不正常的现象，若精密分压排阻正常，则需要检查 TRMS/DC 转换部分，由于 FLUKE87V 型万用表是属于真有效值响应的 AC/DC 测量电路，所以不像普通万用表是采用二极管和运放构成的平均值响应的 AC/DC 测量电路，真有效值测量万用表是采用 TRMS/DC 转换芯片进行真有效值测量的，图中 AD737 部分就是真有效值转换部分，需要对 AD737 本身以及 737 外围元件进行检查，必要时通过更换 AD737 进行维修。（交流电压挡和交流电流挡都是通过 AD737 来进行转换的）。

6 蜂鸣器不发声问题：87V 型万用表蜂鸣器驱动电路是靠 MSP430 单片机控制 CD4069，CD4069 驱动蜂鸣器进行发声的，如果蜂鸣器不发声，则需要检查蜂鸣器转换功能是否正常，如果正常的话，可以基本断定 430 单片机没有问题，需要对蜂鸣器本身以及蜂鸣器触点进行检查，若无问题，则需要对 CD4069 进行检查，必要时更换 CD4069 来进行维修。（很多 FLUKE 万用表在蜂鸣器驱动电路都是使用这颗 CD4069 驱动的，所以蜂鸣器电路一般有问题多数是 CD4069 坏）。

7 显示数字与模拟指针不同步：出现显示数字与模拟指针不同步的问题，首先要对 MSP430 外接的晶振进行检查，检查其振荡频率是否正常，必要时更换同规格的晶体振荡器，其次要对 MSP430 功能进行功能检查，这种问题多数是由于 MSP430 本身程序的问题，（从新刷写 MSP430 单片机程序）其次是由于外接的晶振出现振荡频率偏差太大造成数字与模拟指针不同步的问题。

8 电流挡不能测量：电流挡出现问题首先要对保险管进行检查，11A 和 440mA 的检查，保险管是否损坏，因为在这里这两只保险管代替分流电阻做电流取样，若保险管损坏则就会出现电流挡不能测量，而且更换保险管的时候必须同规格代换，不能随便更换，否则会影响电流挡精度，单片机的万用表校准不像其它万用表是通过调整机械电位器来进行校准，单片机的万用表是靠本身 430 单片机内部的校准程序进行校准的，若保险管没损坏，还需要检查电流挡测量部分的分流电阻是否损坏或者虚焊造成电流挡不能测量，如果分流电阻没问题，则要对桥堆以及桥堆连接的二极管进行检查是否为桥堆击穿，造成电流挡不能测量，（桥堆起到电流挡保护作用）。

9 温度挡不能测量：温度挡的使用方法一般是将档位置于 mV 挡按下黄色按钮切换到温度挡，若没有将热电偶传感器插在 VΩ 插孔和 COM 端的时候，万用表会显示 OPEN 提示，此时需要将热电偶插在 VΩ 插孔和 COM 端，则万用表进入温度测量模式，若温度挡不

能使用，则要检查热电偶传感器本身是否出现问题，若热电偶本身没问题，则要对 V Ω 插孔所连接的元件进行检查 PTC，压敏，一般是由于传感器元件损坏造成的，其基本原理也就是通过靠热电偶传感器把温度信号变成模拟电压信号在经过 ADC 进行转换成数字信号在给 430 单片机进行显示出测量结果。

福禄克 87V 型万用表的一些维修小结

以 MSP430 单片机为核心进行测量，以外围电路进行辅助来完成变换，一般功能部分不能使用或者有问题需要对 MSP430 单片机以及 MSP430 外围电路进行检查，（必要时从新刷写 M430 单片机程序或者更换带程序的单片机）因为功能部分控制是靠 MSP430 来进行控制的，其次如果是测量部分出现问题，需要对保护元件，如 PTC，压敏电阻，保险管，整流桥等进行检查，若均无问题，要对两个精密分压排阻进行检查，若排阻均无问题，则要对 ADC，LT2435 以及模拟开关 HK4053 做功能检查，不开机的问题则需要对 9V 输入电源电路进行检查，以及单

片机的供电电路进行检查（五脚 DC/DC 降压模块）蜂鸣器不发声要对蜂鸣器驱动部分进行检查，福禄克万用表，11X 系列，28 系列，在蜂鸣器驱动部分一般都会有一颗 CD4069 进行控制的。

福禄克早期生产的 83、85、87、87-3 系列使用的都是福禄克自己生产的 $\Delta \Sigma$ ADC 做万用表的核心，基本测量功能集成到那颗 ADC 内部，如果不开机多数都是那颗 ADC 损坏，而且那种 ADC 为核心万用表，都是采用机械电位器进行校准的，而全新的福禄克 87-5（87V）则是使用的 TI 的 M430 单片机 +LTC 的 2435 $\Delta \Sigma$ ADC 做测量核心，纯单片机程序控制，纯程序校准，所以要比早期生产的 80 系列万用表要高级。

福禄克 87-5 型万用表，液晶屏显示部分控制和模拟条控制还有功能测量控制都是由 MSP430F448 单片机内部的程序来控制的，MSP430F448 单片机内置 12 位 ADC，但由于内置 ADC 分辨率和采样速率比较低，所以

外置了一颗凌特的 LTC2435，20 位的 $\Delta \Sigma$ ADC，专门做模数转换（A/D 转换）。

MSP430 单片机的供电电压一般为 1.8V-3.6V 所以，9V 供电的万用表并不是直接给单片机供电，而是经过 DC/DC 降压模块（在 MSP430 单片机附近的五脚的降压模块）进行 DC/DC 降压以后在给 MSP430 供电的。

福禄克的中高端万用表在设计上都不会使用 MSP430 单片机内置的 ADC，而是独立使用一颗凌特的高分辨率 $\Delta \Sigma$ ADC，像 87-5 和 28-2 这类设计方案相似，核心都是 MSP430 单片机，ADC 部分都是使用的凌特 LT2435（20 位的 $\Delta \Sigma$ ADC），包括福禄克高端万用表 287，289 这类，也是使用独立的 ADC，（LT2415，24 位的 ADC）。

本人对福禄克 87V 型万用表的一些基本故障的维修，由于本人水平有限，写的不对的地方希望大家予以修正。

End

Thanks ! ! ! !