手持智能多功能频率计

PLJ－5110C

用户手册

V 1.0

三剑工作室

淡荣生

2011 年 **12** 月

广西 南宁 隆安

目　录

概　　述 1

技术参数 3

工作原理 6

性能测试 21

使用操作 27

有关套件 35

有关 DIY 40

后　　记 41

概　述

PLJ－5110C 是一款性能较高的便携测量工具，它集成了频率计、微功率计和电容电感表等多种功能于一体，具有小巧精致，功能丰富，性能可靠等优点，为日常测量提供方便。本仪器的主要特点如下：

■ 频率计

- 以 Microchip 公司 8 位单片机 PIC16F876A 为核心的高性能 1.1 GHz 频率计
- 板载时间基准采用温度补偿型压控晶体振荡器（±2.5 ppm VC-TCXO)
- 定时闸门三档(0.01 秒/0.1 秒/1.0 秒)可选
- 测频四通道(低通道/高通道/自动通道/晶振测量通道)可选
- 频率值显示
  - 最高可显示 9 位数字
  - 频率值无效零自动消隐
  - 无效频率值显示滤波可选
- 闸门时间显示
- 通道模式显示
- 电池电量 4 级图形模拟显示

■ 微功率计

- 采用 OZ2CPU 的方案，以 ADI 公司 AD8307 为核心的微功率计
- 可显示 dBm、mW 和 dBuV、mVrms 为单位的功率和电压数据
- 0 dBm 校正功能
- 40 格进度条模仿显示

■ 电容电感表

- 采用 VK3BHR 的方案，以 LM311 为核心的电容电感表
- 关键电容采用 AE 银云母电容
- 标准电容数值可预置

■ 其它特点

- 采用 NOKIA5110 图形液晶屏显示
- 无按键操作自动关机，自动关机可选。
- 液晶屏背光可选
- 充满自停的锂电恒流充电设计
- 人机界面良好的四按键控制设计
- 各项设置自动保存

技术参数

一、频率计指标

1. 闸门时间

- 0.01 秒
- 0.1 秒
- 1.0 秒

2. 测量通道（高低通道均为高阻）

- 低通道

测量范围：0.1MHz ~ 75MHz

测量精度：± 100Hz (0.01 秒闸门时)

± 10Hz (0.1 秒闸门时)

± 1Hz (1.0 秒闸门时)

低通道灵敏度：

0.1MHz ~ 10MHz：优于 50mV$_{PP}$

10MHz ~ 60MHz：优于 50mV$_{PP}$

60MHz ~ 75MHz： 未测试

- 高通道（64 分频）

测量范围：10MHz ~ 1.1GHz

测量精度：± 6400Hz(0.01 秒闸门时)

± 640Hz(0.1 秒闸门时)

± 64Hz (1.0 秒闸门时)

高通道灵敏度：

10MHz ~ 30MHz：优于 100mV$_{PP}$

30MHz ~ 60MHz：优于 50mV$_{PP}$

60MHz ~ 1.1GHz：未测试

- 自动通道

依据输入信号频率自动选择高低通道

- 晶振测量通道

测量范围：1 MHz ~ 50 MHz（最低端及最高端未测试）

3. 频率基准

采用 5032 封装 13.000 MHz 温补压控晶体振荡器（VC-TCXO），频率稳定度是 ±2.5 ppm。

二、微功率计指标

- 输入功率范围：−60 ~ +30 dBm（1 nW ~ 1 W）
- 输入频率范围：1 kHz ~ 500 MHz
- 测量精度：未测试
- 四位数显示

三、电容电感表指标

- 电感测量范围：0 ~ 10 mH
- 电容测量范围：0 ~ 0.1 uF
- 测量精度：优于 2 %
- 标准电容设置范围：1000 ±127 pF
- 四位数显示

四、其它指标

1. 工作电压

直流输入：DC 9V ~ 16V

电池电压：7.4V Li-ion

2. 工作电流

背光启用：≤110 mA

背光禁用：≤90 mA

3. 电池能力

工作时间≥5 小时（测试环境：①欧能 7.4V 600mAh Li-ion　②背光开启连续工作）

4. 充电电压

直流输入：DC 12V ~ 16V

5. 充电电流

充电电流：125 mA，约 5 小时充满（测试环境：欧能 7.4V 600mAh Li-ion）

6. 物理尺寸

长×宽×高：70mm×47mm×21mm

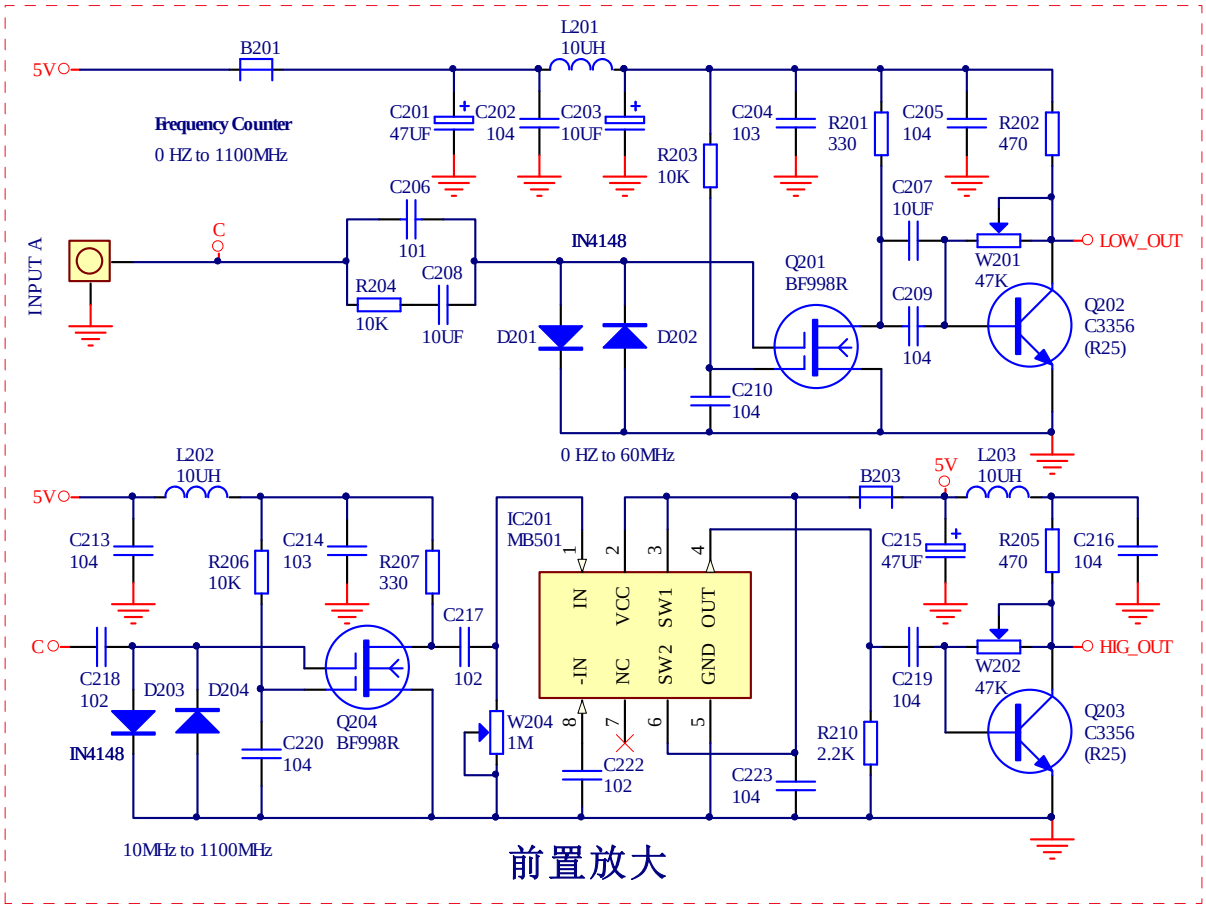
7. 板载接口

INPUT A (频率测量信号接口)：	SMA-KWE（外螺内针）
INPUT B (电压功率测量信号接口)：	SMA-KWE（外螺内针）
ICSP INPUT（MCU 编程接口）：	XH2.54-6P 弯针方口插座
POWER INPUT（外部电源接口）：	Φ3.5mm DC 插座（内正外负）
7.4V Li-ion（内部电池接口）：	XH2.54-2P 弯针方口插座
L/C IN（电容/电感测试接口）：	圆口 2P 插座 & 方口 2P 插座（可接测量延长线）
CRYSTAL IN（晶振测试接口）：	圆口 2P 插座 & 方口 2P 插座（可接测量延长线）

工作原理

一、频率计

前置放大

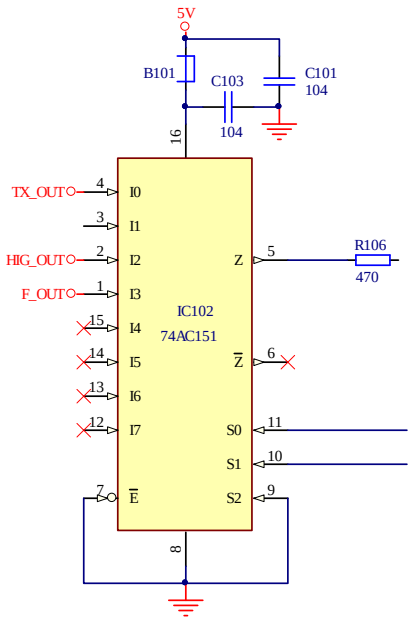


射频信号由 INPUT A 输入后分两路进入前置宽带放大。

低通道放大由双栅场效应管 Q201 BF998R 和 Q202 C3356 及外围元件组成，W201 调整 Q202 工作点改变低通道灵敏度，微弱的放大后信号进入 IC102 74AC151 的输入端 I1 待选导通。

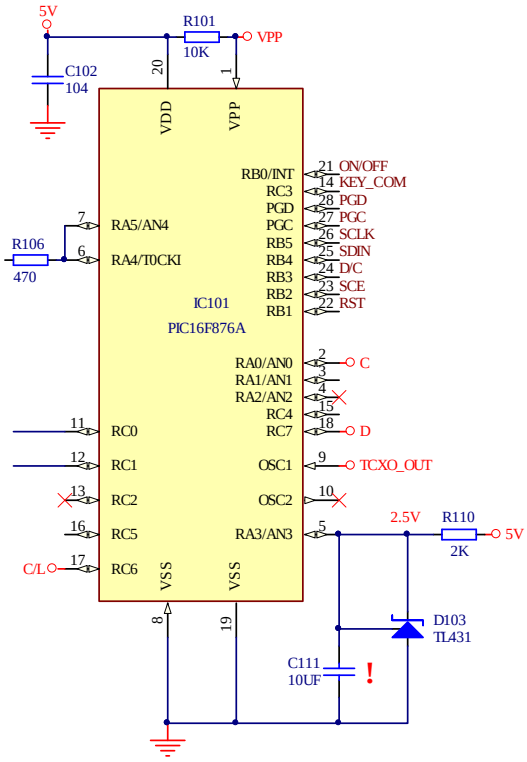
高通道放大由 Q204 BF998R、前置分频 IC201 MB501 和 Q203 C3356 及外围元件组成，W204 调整与 IC201 MB501 输入的匹配（实验测定，此电阻 470K 最佳，既可保证通道灵敏度，也可避免无信号输入时频率值示数乱跳），W202 调整 Q203 工作点改变高通道灵敏度，放大后信号进入 IC102 74AC151 的输入端 I2 待选导通。

通道选择



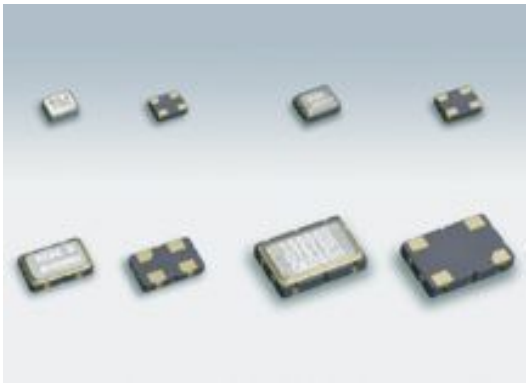
由高速 8 选 1 数据选择器 IC102 74AC151 构成通道信号选择电路，IC102 74AC151 的 11、10 脚根据来自 IC2 PIC16F876A 11、12 脚的电平，控制 IC102 74AC151 的输出脚 5 是输出低通道信号、高通道信号、晶振频率信号还是电容电感表频率信号。

MCU



- 有关频率基准

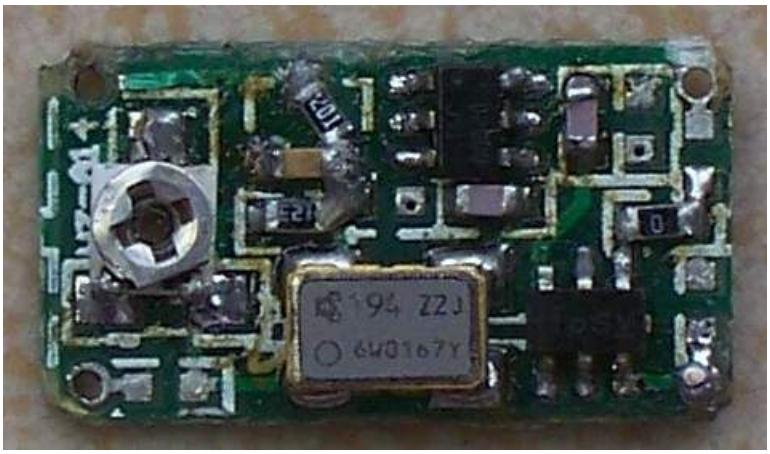
频率基准采用广泛用于手机的 13.000 MHz 温度补偿型压控晶体振荡器（VC-TCXO），频率稳定度是±2.5 ppm。



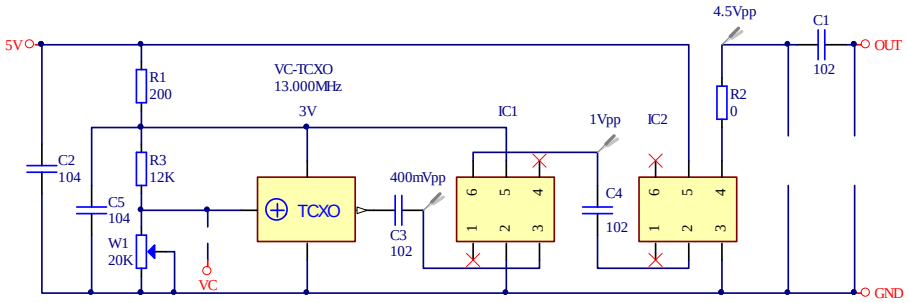
由于此类频点为大规模生产，所以成本很低，淘宝价为 3 元左右，为收发信机信号合成等场合提供了价廉物美的频率基准，在此感谢 BH7KVE，他提出了设想并积极实践。

此前曾为寻找合适的频率基准头痛，普通晶体频率稳定度只有±100 ppm，前面发布的 PLJ－5110B 采用了全尺寸 4.000 MHz 温度补偿型晶体振荡器（TCXO），标称频率稳定度也是±2.5 ppm。

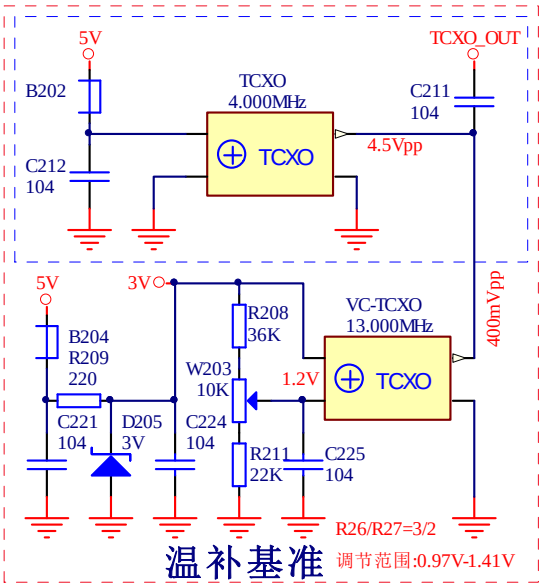
这种 TCXO 体积大，而且价格高，淘宝上标价 50 元/只，几十只的价格是 35 元/只，大大限制了其广泛应用。曾因电源接反损坏过一只，打开看看内部结构。



其核心也是手机所用的温度补偿型压控晶体振荡器（VC-TCXO），增加了压控微调频率及电平放大转换电路。以下是根据实物绘制的电路图：

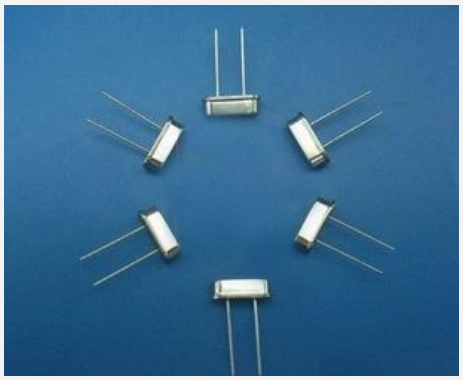


以下是本机实际采用的电路，R221、D205 等构成 3V 稳压电路，R208、W203 和 R211 构成分压微调频率。



各种频率基准

普通晶体振荡器（SPXO）



可产生 10^{-5}～10^{-4} 量级的频率精度，标准频率 1～100MHZ，频率稳定度是±100ppm。SPXO 没有采用任何温度频率补偿措施，价格低廉，通常用作微处理器的时钟器件。封装尺寸范围从 21×14×6mm 及 5×3.2×1.5mm。

电压控制式晶体振荡器（VCXO）

VCXO 的精度是 10^{-6}～10^{-5} 量级，频率范围 1～30MHz。低容差振荡器的频率稳定度是±50ppm。通常用于锁相环路。封装尺寸 14×10×3mm。

温度补偿式晶体振荡器（TCXO）

采用温度敏感器件进行温度频率补偿，频率精度达到 10^{-7}～10^{-6} 量级，频率范围 1～60MHz，频率稳定度为±0.1～±2.5ppm，封装尺寸如 DIP14，DIP8 等，通常用于手持电话、蜂窝电话、双向无线通信设备等。

恒温控制式晶体振荡器（OCXO）

OCXO 将晶体和振荡电路置于恒温槽中，使电路元件及晶体工作在晶体的零温度系数点的温度上，以消除环境温度变化对频率的影响。OCXO 频率精度是 10^{-10}～10^{-8} 量级，中精度产品频率稳定度为 10^{-7}～10^{-8}，高精度产品频率稳定度在 10^{-9} 量级以上，主要用作频率源或标准信号。

铷原子振荡器

FE-5680A 是铷原子振荡器是美国 FEI 公司生产的高性能铷原子振荡器产品，其准确度高，价格低廉，被广泛应用于电信、时统、计量标准等领域。

频率 10MHZ（工厂可设置为 1HZ 到 20MHZ）

输出 0.5Vrms50Ω 正弦波

可调节 1×10^{-11}

重现性 5×10^{-11}

晶振的主要参数有标称频率，老化率、频率准确度、频率稳定度，相位噪声等。

标称频率：晶振的标称输出频率；

老化率：随着时间的推移，频率值随着变化的大小，有年老化和日老化两种指标， 也有一些厂家提到 10 年或 20 年老化率的指标；

频率准确度：通常是指常温（25 度）下，所测晶振频率相对标称频率的差值

频率稳定度： 一般是指频率温度稳定度，是指在晶振的工作温度范围内频率随着温度变化的大小，一般用 ppm 或 ppb 来标示，1ppb=0.001ppm=$1*10^{-9}$；

相位噪声：信号功率与噪声功率的比率(C/N)，是表征频率颤抖的技术指标。一般来说雷达等设备会对相位噪声有特殊要求；

- 有关闸门

待测信号经 R106 进入 PIC16F876A 的 6 脚进行计数，闸门时间到后 PIC16F876A 的 7 脚由输入高阻状态变为输出，阻止 6 脚电平变化，T0 停止对外计数，这种闸门控制方式不需专门闸门芯片，简单可靠，易于移植至其他单片机，此为本频率计设计亮点之一。

- 有关计数

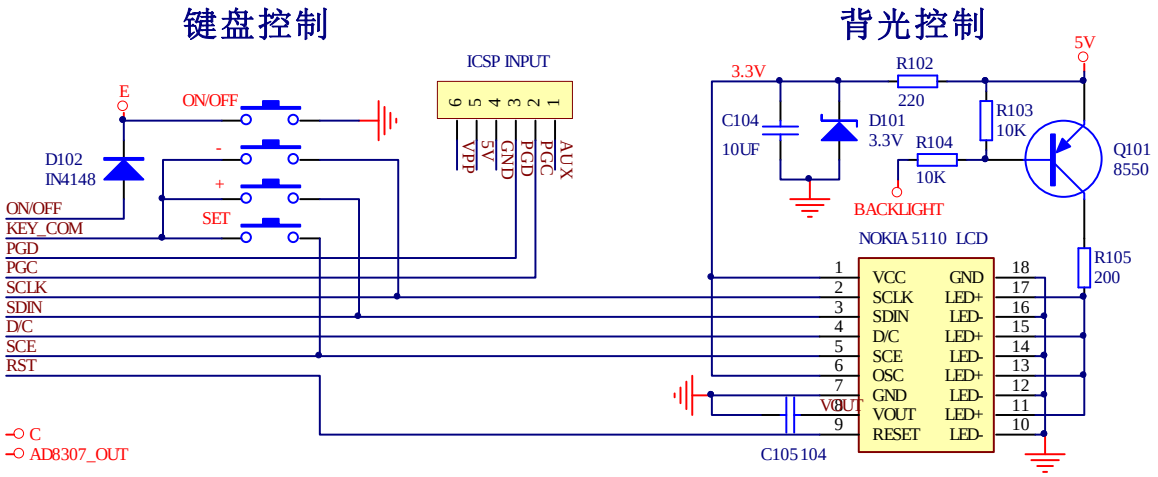
对于 89S51 单片机来说，当定时/计数器工作于计数功能时，其最大的计数频率值不会超过时钟频率 F_{OSC} 的 1/24，即通过 T0 或 T1 完成的频率计数器的频率小于 $F_{OSC}/24$。因此，要想用 51 单片机来实现超过 100 MHz 以上的频率计数功能，就得使用外部扩展分频电路（如 74LS393、74AC4040 等）来完成，这样会使得系统的电路变得复杂。

PIC 单片机内部 TMR0 拥有预分频器，无需扩展外部电路，就可以轻松实现 75 MHz 以下的频率计数。但这里有一个问题，就是 PIC 单片机内部的预分频器是不可直接读写的，当闸门时间到时，如何知道预分频器里的计数值呢？设计思路是如下：当闸门时间到时，PIC16F876A 的 7 脚由输入高阻状态变为输出状态，PIC16F876A 的 6 脚停止对来自 74AC151 的脉冲计数，同时 PIC16F876A 的 7 脚产生模拟脉冲信号并记录脉冲的个数 N，使 PIC16F876A 的 6 脚 T0 进行计数，当 T0 溢出时计算 255－N，即为闸门时间到时预分频器里的计数值，无需扩展外部电路是本频率计设计亮点之二。

- 有关定时

用单片机做频率计许多设计者采用 Timer 溢出中断的方式来定时，中断的延迟问题尚可通过改写定时器初值来补偿，但中断时单片机响应的时间有时是无法确定的，这决定中断时单片机正在执行什么样的指令，如 MCS-51 单片机中断系统中的中断响应时间为 3～8 个机器周期，补偿起来相当麻烦。本频率计不采用 Timer 溢出中断的方式，而是采用软件延时的方法来精确计时。具体做法是：在软件延时过程中加入 Timer 溢出检测，发现溢出软件计数器加 1，Timer 溢出标志清零，然后继续执行延时程序直至延时时间结束，这里最关键的地方是：①执行 Timer 溢出检测所耗的时间也包含在延时时间中；②插入 Timer 溢出检测的时机要合适，即每次 Timer 溢出都不能错过。采用软件延时的方法来确保定时的精准是本频率计设计的亮点之三。

按键输入&显示输出&背光控制&在线编程

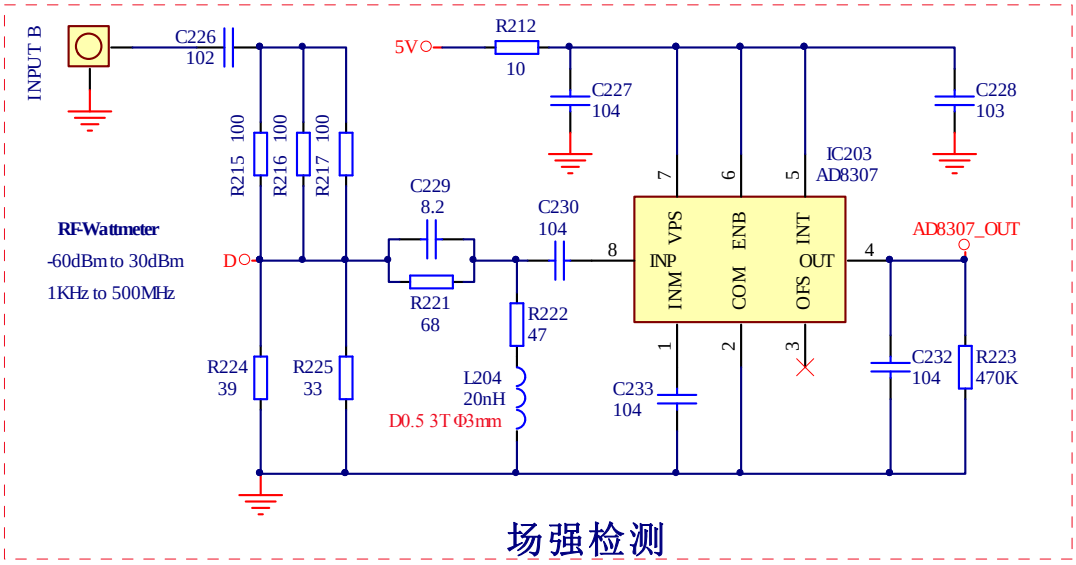


按键输入、显示输出和在线编程接口由 PIC16F876A 的 RB 口控制，R102、D101 等为 LCD 屏提供 3.3 V 工作电压，Q101 控制 LCD 屏背光。

市售的 LCD5110 显示屏质量相差较大，前版本使用了左图中普通导电橡胶连接件的显示屏不良率很高，本机使用右图中金色导电橡胶连接件的显示屏，可靠性大大提高。

开机状态时短按电源/背光键，D102 阴极接地，IC101 PIC16F876A 21 脚检测到低电平后再判断按键时长，若为短按 IC101 PIC16F876A 15 脚输出电平翻转，BACKLIGHT 高电平时 Q101 截止，背光关闭，BACKLIGHT 低电平时 Q101 导通，背光开启。

二、微功率计



射频信号由 INPUT B 进入多个电阻构成的射频分压网络，分压后的信号进入对数放大器 IC203 AD8307 进行放大转换成直流电压，输出端的直流电压信号送入单片机的 ADC 处理后数显相关数据。AD8307 的输入电平与输出电压的关系为 25mV/dBm（AD8307 输出对地不接电阻时的曲线），AD8307 输入 0 dBm 信号时输出电压为 2V 左右，从图中看出，不同频段曲线的截距有少量差异，工作不同频段应分别进行 0 dBm 的校正。其中 L204 是高频段补偿绕圈，R223 配合软件算法微调曲线斜率。

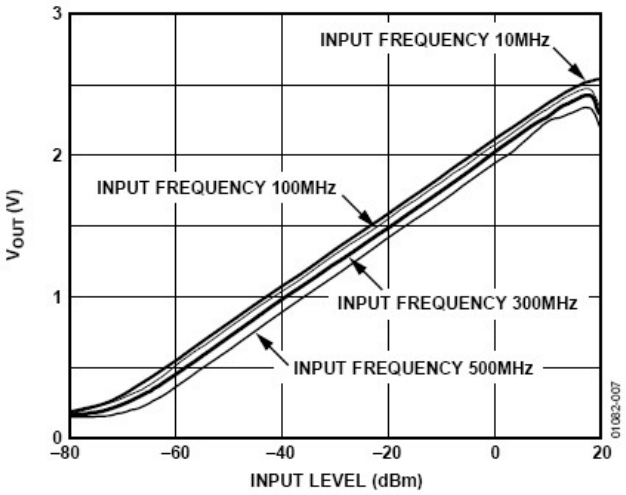
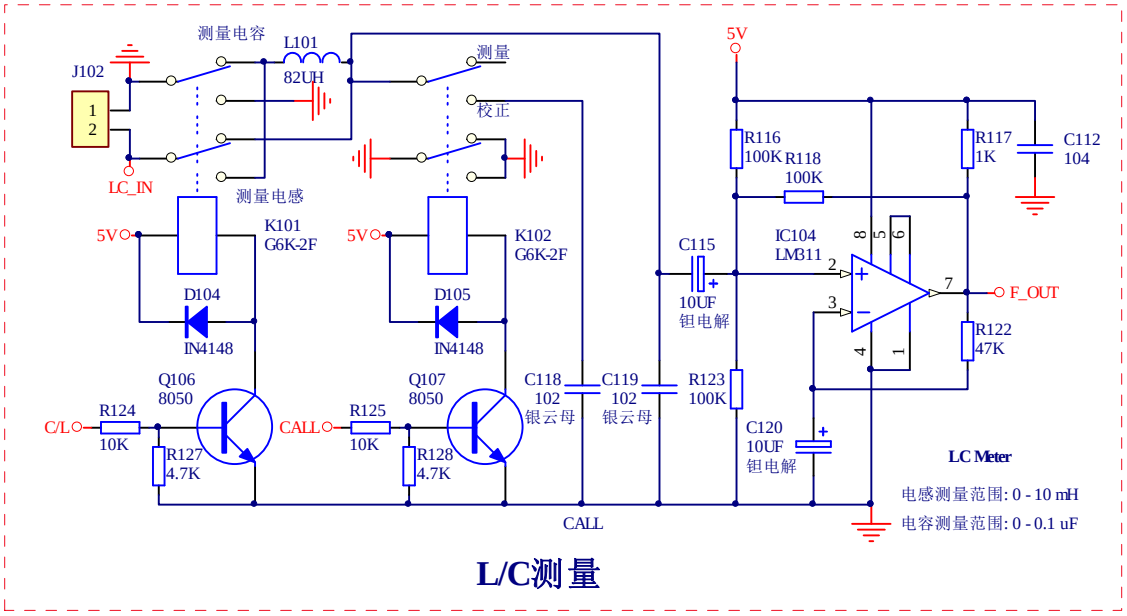


Figure 7. V_{OUT} vs. Input Level (dBm) at Various Frequencies

三、电容电感表



L/C测量

- 测量原理

本机的核心电路是一个由 LM311 组成的 LC 振荡器。测量的原理是由单片机测量 LC 振荡回路的频率，然后再依据振荡频率计算出对应的电容或电感量。当标准电容 C118 未接入电路时，由 L101、C119 组成的振荡器的频率

$$F1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L1C1}}$$

然后由继电器 K102 控制将标准电容 C118 与 C119 并联，这时由 L101 和 C118 + C119 组成的振荡器的频率

$$F2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L1(C1+C2)}}$$

将以上两式变换整理后可得

$$C119 = F2^2 * C118/(F1^2 - F2^2)$$

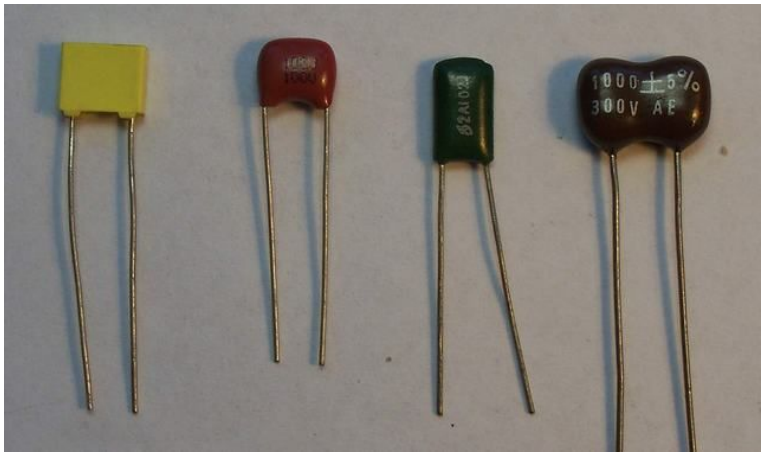
和

$$L101 = 1/4\pi^2 * F1^2 * C119$$

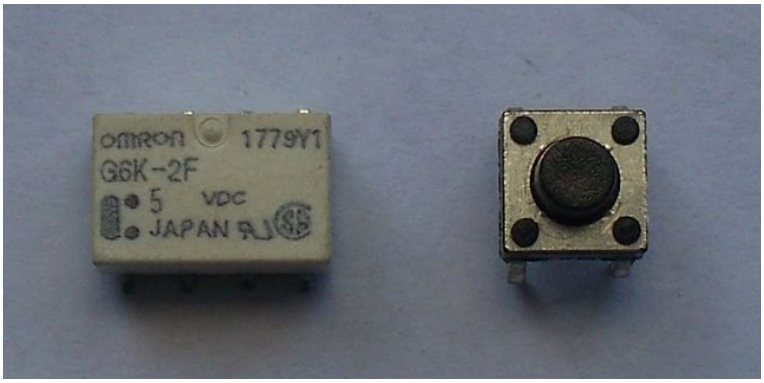
计算出的 C119、L101 已经不是图中的 L101、C119 了，而是包含了元件引脚、布线以及环境影响造成的分布电感和分布电容。所以仅用一个标准电容 C118，不但可以消除分布参数的影响，而且对 L101、C119 精度几乎没有要求，既降低了成本，又提高了精度。测算出 F1、L101 和 C119 之后，再用待测电容 Cx 代替 C118 接入回路中，测出由 L101 和 C119 + Cx 组成的振荡器的频率 F2，由公式 $Cx = (F1^2/F2^2 - 1) * C119$ 就可以求出 Cx，同理也可以用公式 $Lx = (F1^2/F2^2 - 1) * L101$ 测出待测电感 Lx。

- 硬件电路

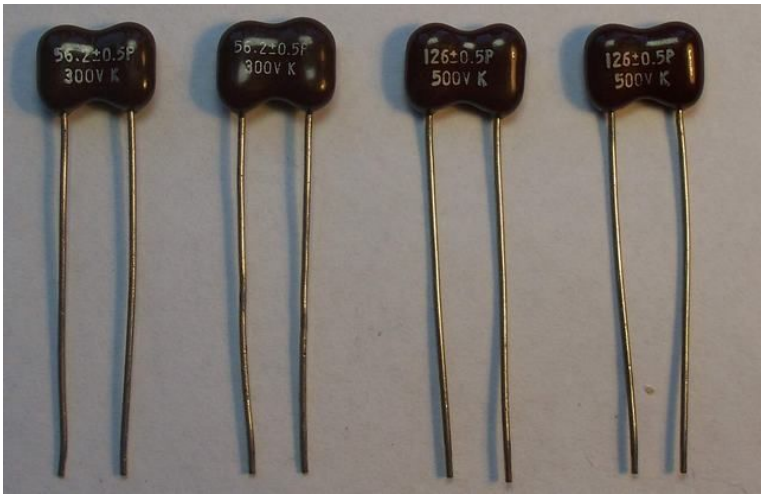
LM311 是电压比较器，它和 L101、C119 组成振荡器。由测量原理可以看出电路对 L101、C119 的精度无严格的要求，但是要求尽可能的稳定。标准电容 C118 影响整个电路测试准确度，本机 C118、C119 采用两只精度为 5%的 AE 银云母电容（下图中最右边棕黑色电容），云母电容特点是介质损耗小，绝缘电阻大、温度系数小，配合本频率计高精度、高稳定度的基准，性能较用普通器件有较大提升。器件的切换采用了两只欧姆龙超小型信号继电器，C118 用高精度电容校正储存在单片机的 EEPROM 中。



实验过的四种电容



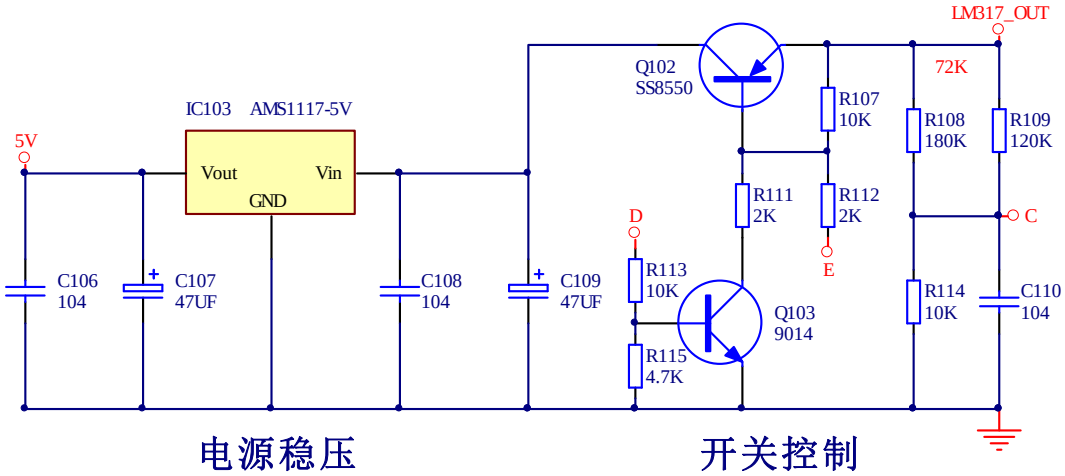
欧姆龙超小型信号继电器



校正用的高精度云母电容

三、其它附属电路

开关控制&电源稳压

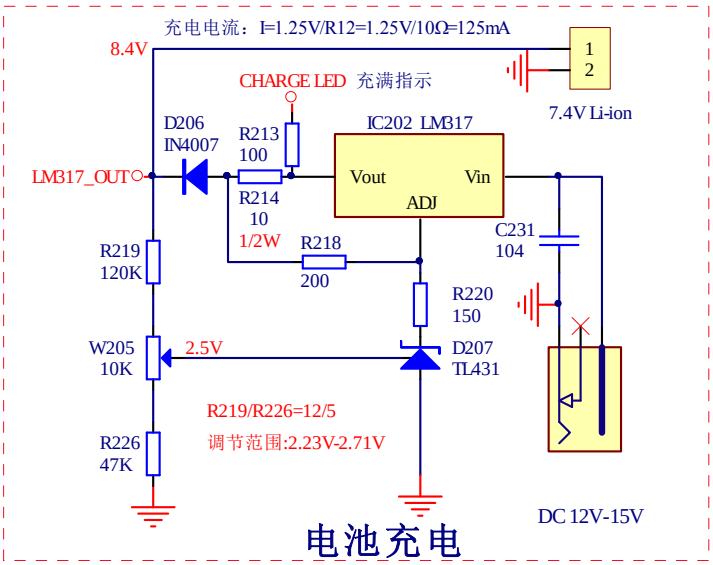


关机状态时按下【电源/背光】键，R112 接地，Q102 的基极有电流通过而导通，经电源稳压 IC103 AMS1117-5V 稳压后得到 5V 电压，整个电路得电暂时工作。IC101 PIC16F876A 工作后 18 脚输出高电平，使 Q103 导通 R111 接地，放开【电源/背光】键后 Q102 的基极仍有电流通过而持续导通，开机完成。

开机状态时长按【电源/背光】键，D102 阴极接地，IC101 PIC16F876A 21 脚检测到低电平后判断按键时长，如为长按 IC101 PIC16F876A 18 脚输出低电平，Q103 截止，Q102 的基极无电流通过关断，关机完成。

R108、R109 和 R114 构成电池工作时电压取样，经单片机处理后进行电池电量模拟显示及 ADC 数据显示。

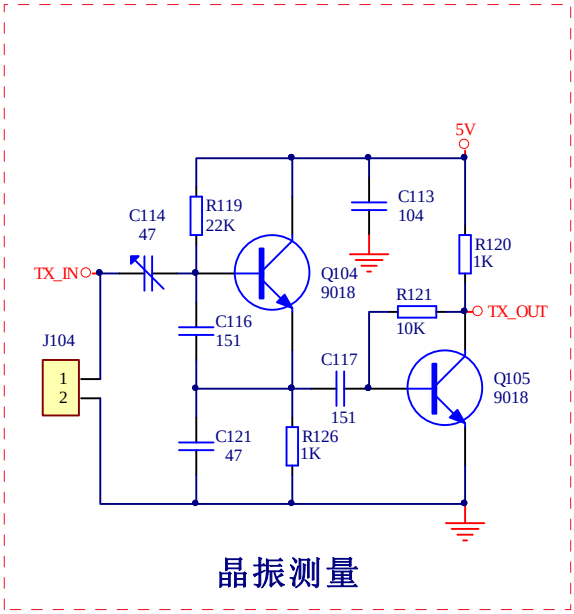
电池充电



充电电压由DC12V-15V插座输入，IC202 LM317、R213、R218构成恒流电路，恒流I＝1.25V/R214＝1.25V/10＝125mA，改变R214数值可调整充电电流，电流经D206对7.4V Li-ion进行充电。R213、CHARGE LED构成充电指示电路，充电进行时LED亮起。

R226、W205、R219、D207构成充电时电池电压取样电路，当电池充电至接近设定电压后，D207导通，IC202 LM317 的ADJ端电平被拉低，IC202 LM317 进入恒压状态，且LM317_V_{OUT}端输出电压降低，充电电流减小，涓细电流使电池电压完全达到设定值后CHARGE LED灯灭，充电完成。

晶振测量



Q104 及其外围元件（包括被测晶振）共同组成一个电容三点式振荡器。当探头 J104 两端接入被测晶振时，电路振荡，振荡信号经 C117 耦合至 Q105 放大后输出，信号送到 IC102 74AC151 的输入端 I0 待选导通。改变 C114 的值可微调频率。

- 有关软件

本版本采用 C 语言编写，定时部分内嵌汇编，占用 8040 words 程序空间。

性能测试

一、频率计

• 测量范围测试

低通道：最低可至 0.1 MHz，最高可至 75 MHz，但大于 70 MHz 时，通道增益减小，需输入＞100 mVpp 信号方可稳定显示，该通道建议测量范围为 0.1 MHz ~ 60 MHz。

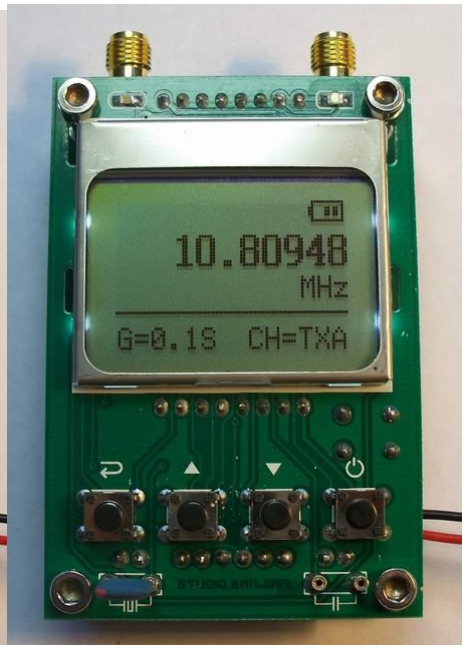
高通道：最低可至 2 MHz，但需要输入较大幅度的信号。理论上最高可至 1.1 GHz，因条件限制目前无法验证，以下图片是测 150 MHz 和 450 MHz 对讲机的频率，该通道建议测量大于 20 MHz 的信号。

测量 150 MHz 对讲机的频率

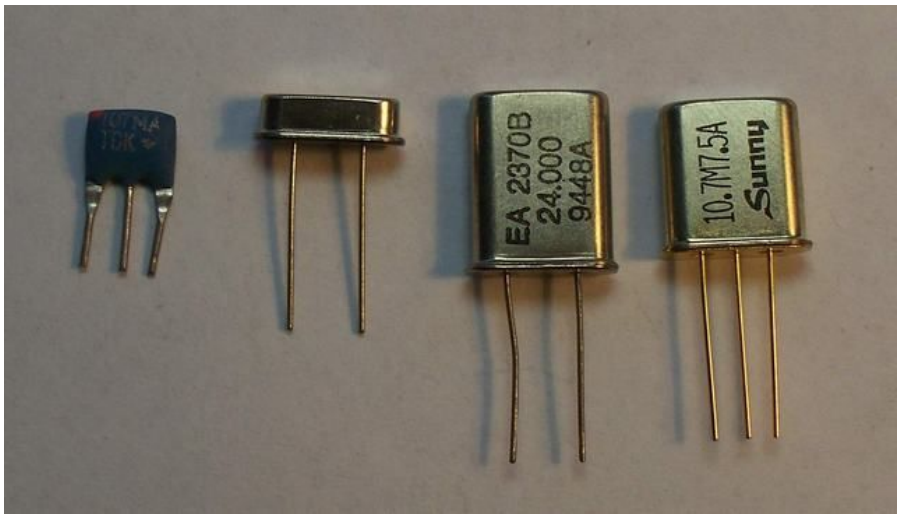
测量 450 MHz 对讲机的频率

晶振通道：晶振谐振频率测量，最低端及最高端未做测量。以下所测量器件为随机选择。

测量 10.245 晶振



测量 10.7 陶瓷滤波器



晶振测量通道支持的一些器件

• **通道灵敏度测试**

工作室里那台高龄的 YM8178 锁相信号发生器终于罢工了。不得已翻出经改装可调节输出幅度的 NWT-7，配合电脑当信号发生器了，再用一台同样是高龄的 COS5100 示波器观察频率计可靠计数时的电压峰值，测试环境简陋，欢迎有条件的朋友帮忙测试。

通道灵敏度测试数据（参考值）

低通道		高通道	
测试频率	通道灵敏度	测试频率	通道灵敏度
15MHz	40 mVpp	10 MHz	100 mVpp
20 MHz	38 mVpp	15 MHz	120 mVpp
25 MHz	38 mVpp	20 MHz	60 mVpp
30 MHz	40 mVpp	25 MHz	60 mVpp
35 MHz	40 mVpp	30 MHz	80 mVpp
40 MHz	40 mVpp	35 MHz	30 mVpp
45 MHz	43 mVpp	40 MHz	25 mVpp
50 MHz	50 mVpp	45 MHz	25 mVpp
55 MHz	60 mVpp	50 MHz	60 mVpp
60 MHz	50 mVpp	55 MHz	50 mVpp
65 MHz	50 mVpp		
70 MHz	100 mVpp		
75 MHz	未测试		

以上数据测试环境简陋，仅做参考。

用无线路由的天线做频率计感应天线，C150 对讲机 H 档发射，距 2 米之外的频率计能可靠显示。

• 精度&稳定度测试

测试目的：测量频率稳定度

测试对象： PLJ－5110C

信 号 源：FE-5680A 铷原子钟输出的 10.000 000 MHz 0.5 Vrms 正弦波信号（FE-5680A 铷原子钟拥有超高的频率精确度和稳定度 ±0.00001 ppm，比恒温晶振 OCXO 性能高 1000 倍。）

闸　　门：1.0 S

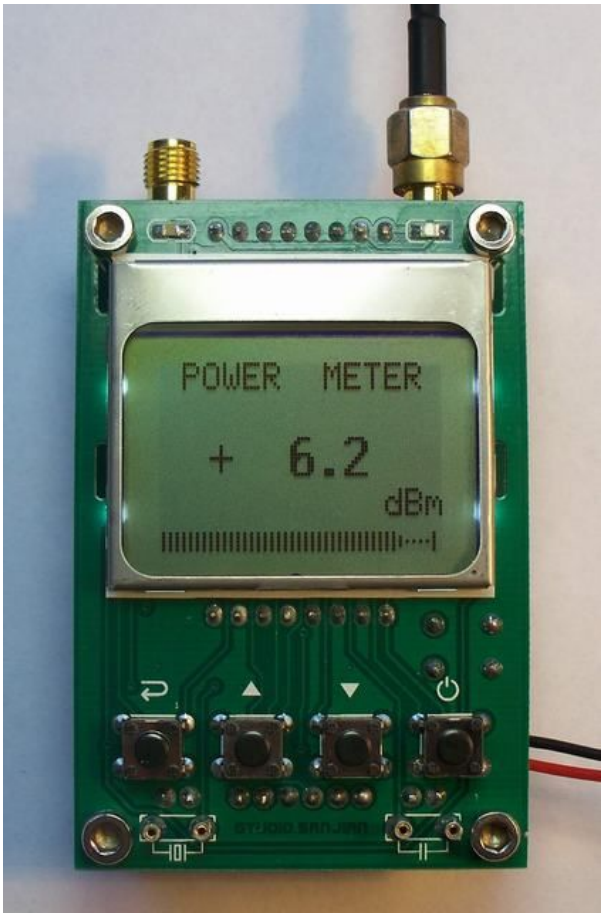
通　　道：AUTO

测试结果：长时间工作中，LJ－5110C 最末一位示数偶尔在“0”和“1”之间跳动。

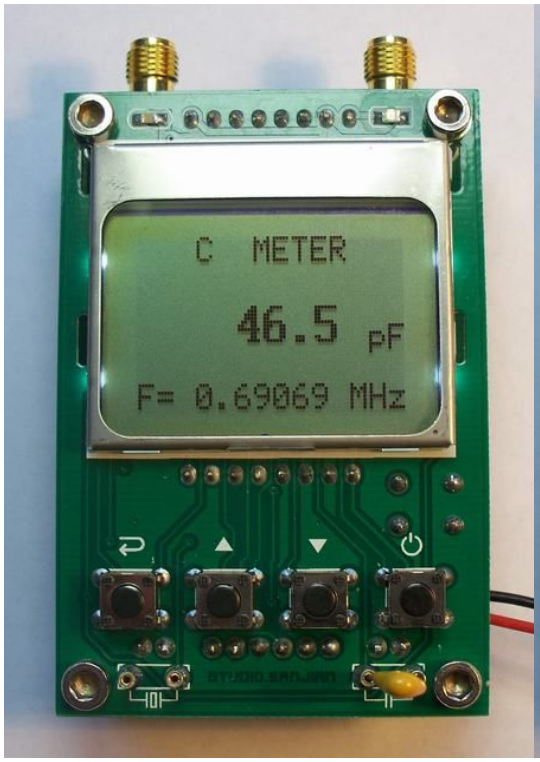
10.000000
MHz
G=1.0S CH=LOW

二、微功率计

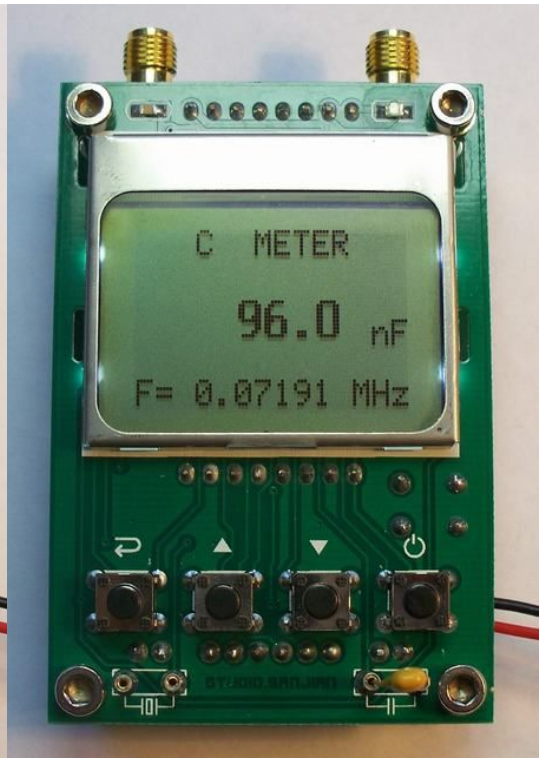
POWER METER
+ 0.0
dBm


POWER METER
+ 6.2
dBm

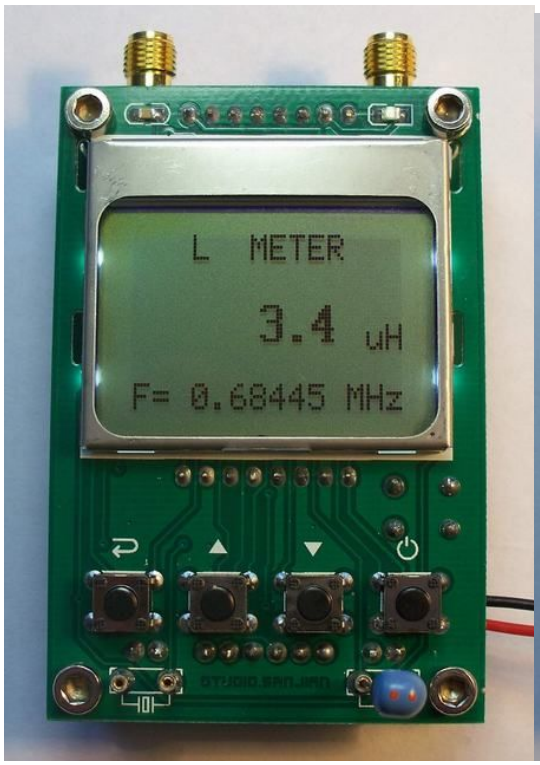
三、电容电感表（以下所测器件为随机选择，不代表本机精度）



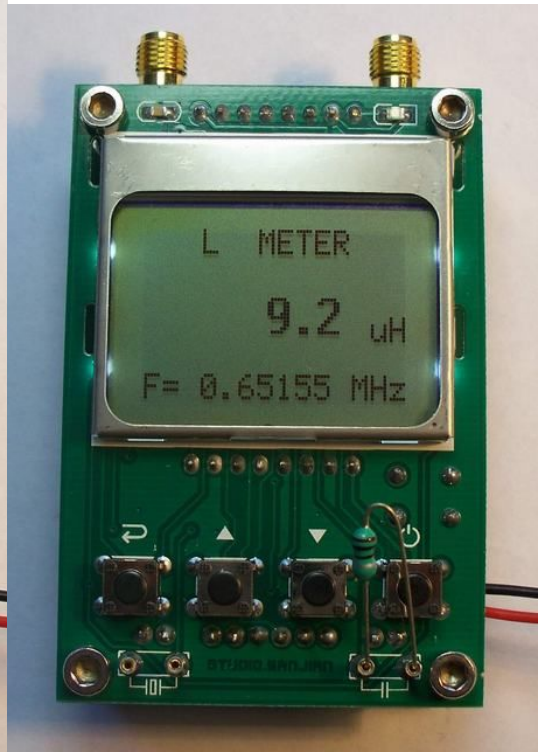
测量 47 pF 电容



测量 100 nF 电容



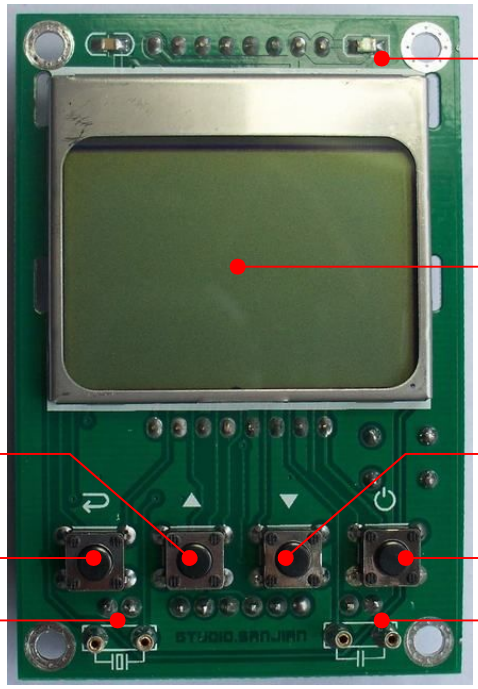
测量 3.3 uH 电感



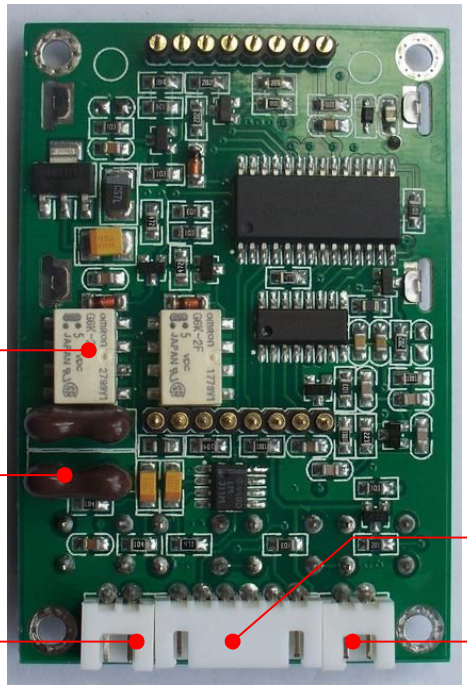
测量 10 uH 电感

使用操作

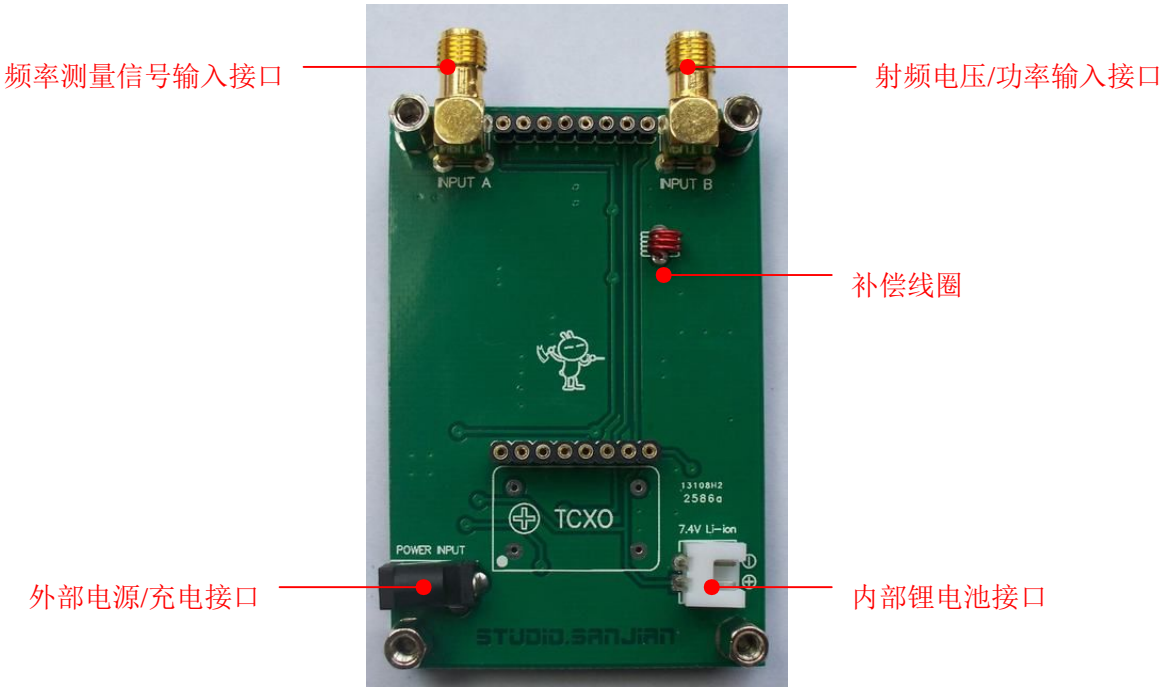
一. 本机结构



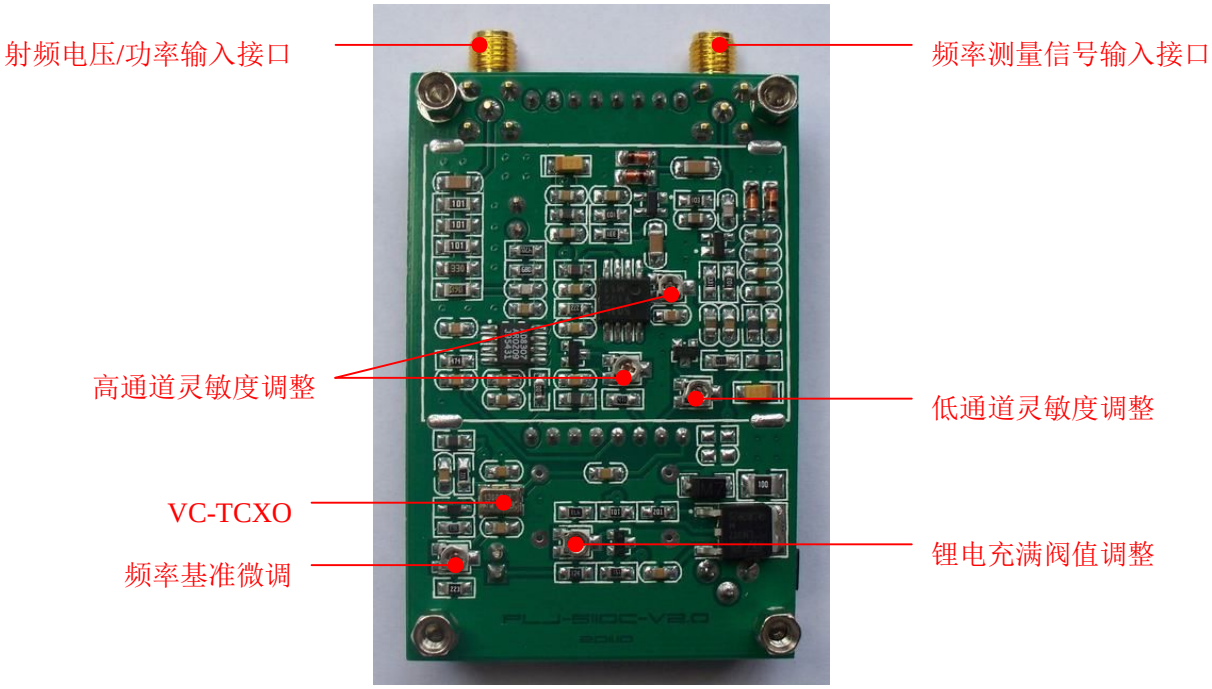
前板正面



前板背面


频率测量信号输入接口
射频电压/功率输入接口
INPUT A
INPUT B
补偿线圈
TCXO
POWER INPUT
7.4V Li-ion
外部电源/充电接口
内部锂电池接口
STUDIO.SANJIAN

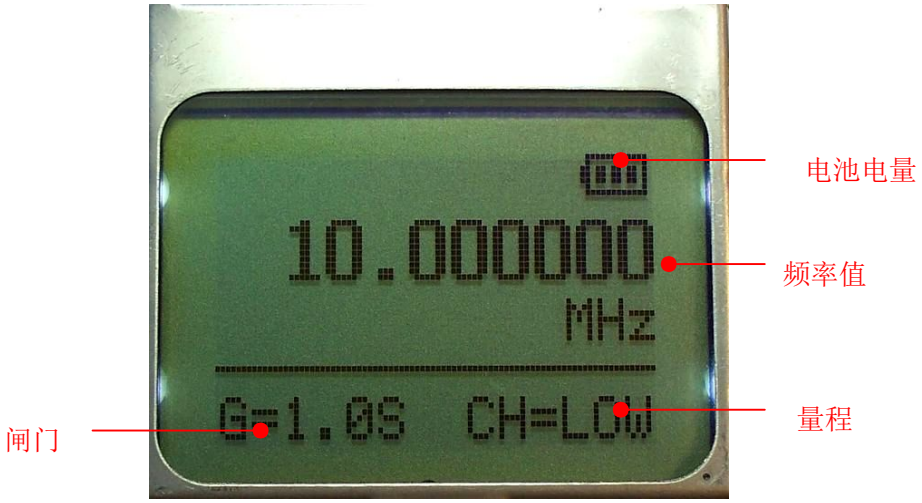
后板正面


射频电压/功率输入接口
频率测量信号输入接口
高通道灵敏度调整
低通道灵敏度调整
VC-TCXO
锂电充满阀值调整
频率基准微调

后板背面

二. 显示说明

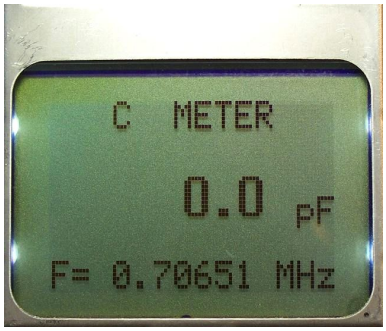
- 频率计



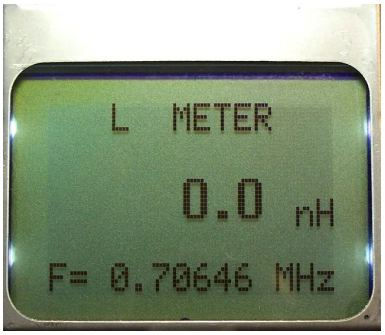
- 微功率计

dBm 数据　　mW 数据　　Vrms 数据　　dBuv 数据

- 电容电感表



测量电容



测量电感

三. 操作步骤

（一）准备工作

1. 使用前请先检查电源电压（DC 9V ~ 16V）及极性，确认后方可将电源插头插入本仪器Φ3.5mm DC 插座内（内正外负）。如使用内置电池，也先检查电池电压及极性，确认后方可将电池插入本仪器的内部电池接口。
2. 仪器电源开启预热几分钟待频率基准稳定后再进行测量操作。

（二）开机/关机

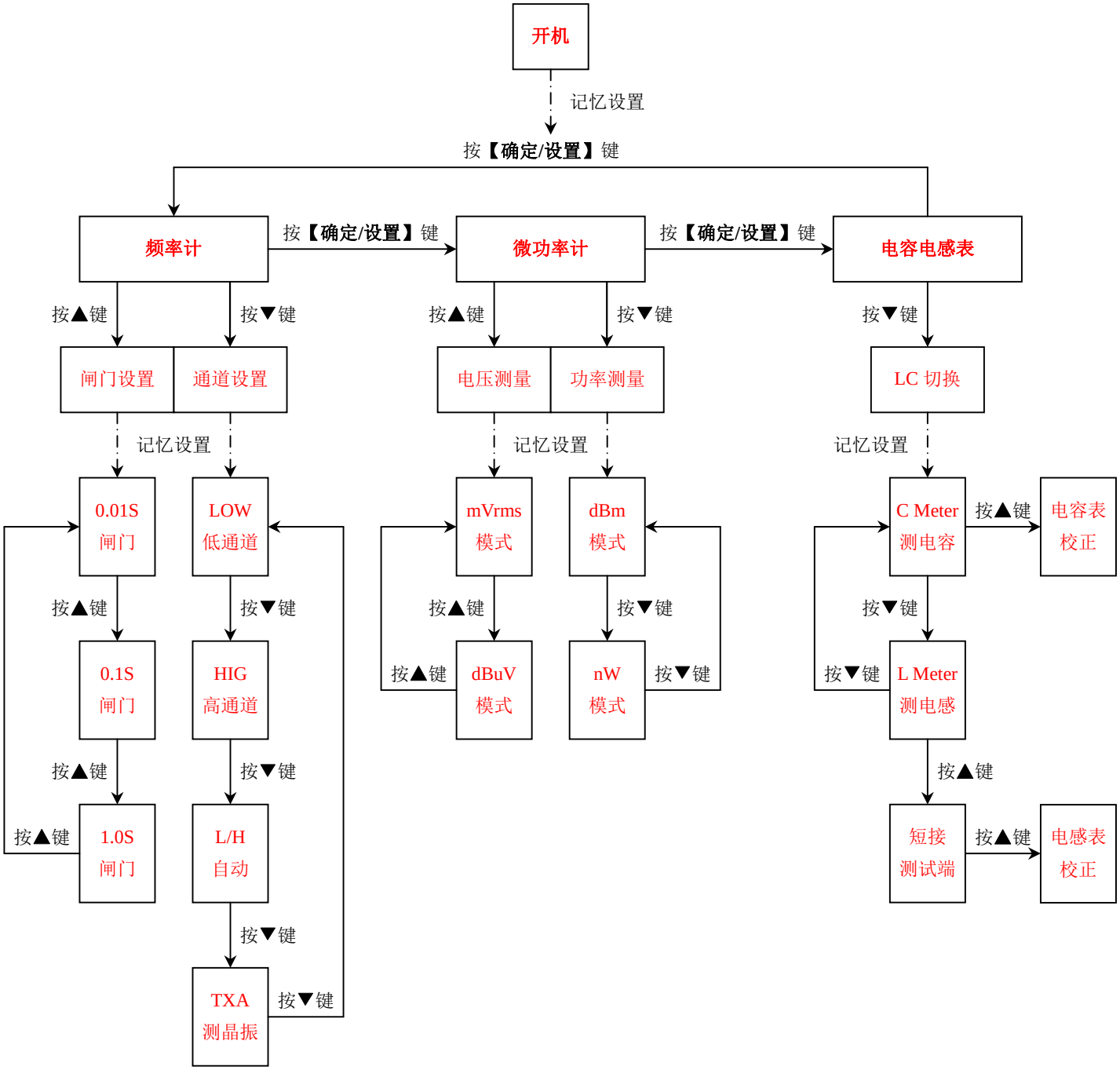
1. 在关机状态下长按【**电源/背光**】键 2 秒钟后放开，开机完成。
2. 在开机状态下长按【**电源/背光**】键 2 秒钟后放开，关机完成。

（三）打开/关闭背光

1. 背光关闭状态下短按【**电源/背光**】键，背光开启。
2. 背光开启状态下短按【**电源/背光**】键，背光关闭。

（四）工作模式设置

设置机器的当前工作状态。



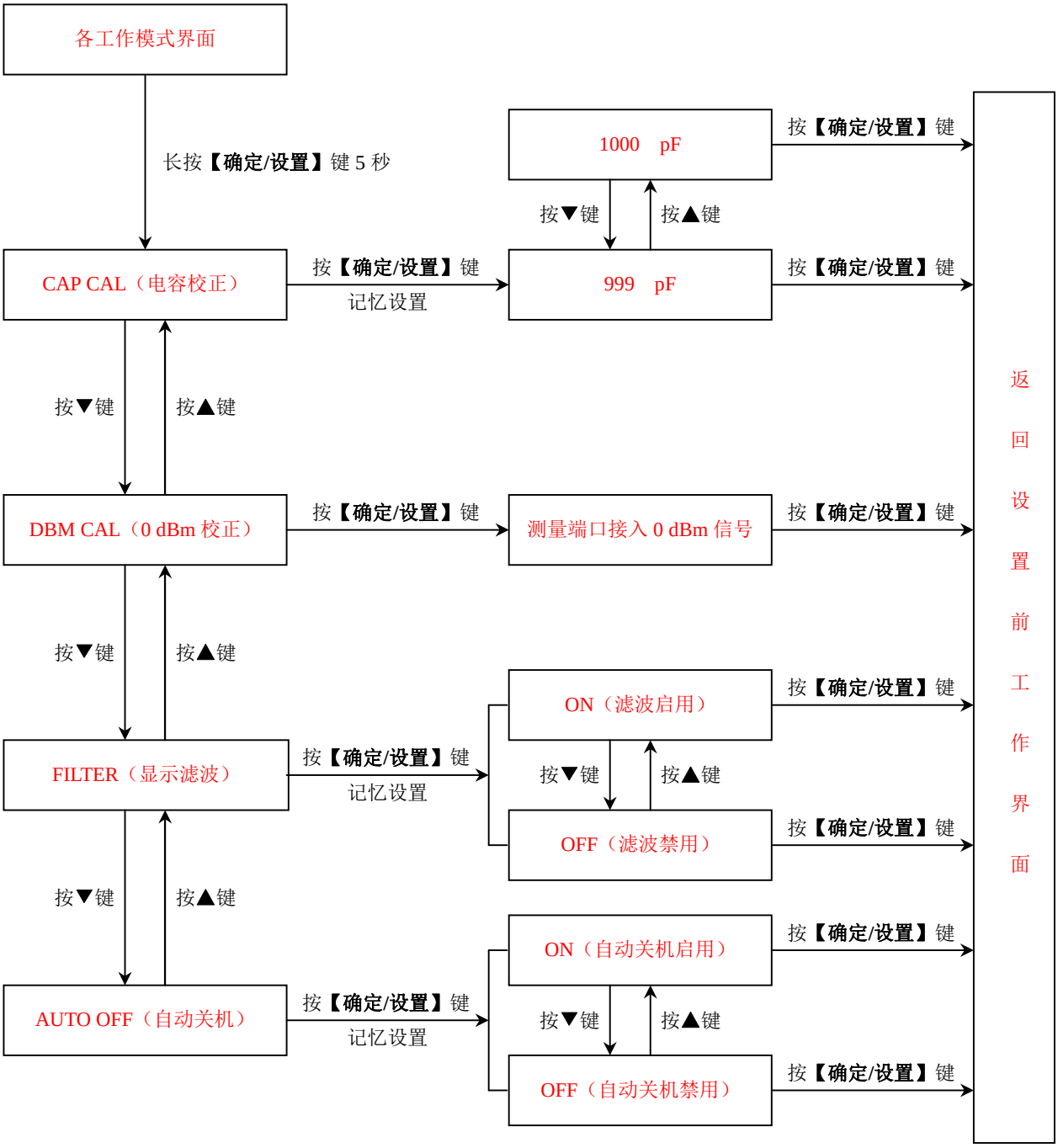
注：

- 记忆设置是指系统根据上一次设置作为该项当前状态。
- 在 1.0 S 闸门下各按键操作长按 2 秒钟以上方有效。
- 各设置自动保存，下次开机自动调用。

（五）高级设置

长按【**确定/设置**】键 5 秒钟后放开进入高级设置菜单页面。

1. 菜单结构



注：

- 记忆设置是指系统根据上一次设置作为该项当前状态。
- 调整电容校正值时长按▼键或▲键可连续改变数值。
- 各设置自动保存，下次开机自动调用。

2. 菜单说明

（1）CAP CAL（电容校正）

设置板载标准电容数值。确定所测电容或电感值有误差，请调整该项数据，标准电容调整范围为 1000 ± 127 pF。出厂前已经校正，除非您拥有更高精度的电容或电感，否则请勿更改出厂值。本项设置影响到电容电感测量的准确度。

（2）DBM CAL（0 dBm 校正）

在 INPUT B (电压功率测量信号输入）输入 0 dBm 信号后按【确定/设置】键返回功率表界面，dBm 数据应显示 0 dBm，否则应重复校正。校正值自动储存，下次开机自动载入，同一频段的测量无需重新校正。如要进行不同频段的测量，测量前应进行 0 dBm 校正，以减少器件响应所产生的误差。因缺乏仪器，本项参数未作校正，未经 0 dBm 校正的测量数据仅作参考。本项设置影响到电压功率测量的准确度。

（3）FILTER（显示滤波）

- ON（滤波启用）：为避免无信号输入时杂乱信号引起的假象计数，程序滤除频率＜3 MHz 的信号，频率计界面频率值显示 0 MHz。
- OFF（滤波禁用）：对频率＜3 MHz 的信号不作滤除处理，在测量频率＜3 MHz 的信号时应选择本项设置。

（4）AUTO OFF（自动关机）

- ON（自动关机启用）：在 5 分钟内无任何按键操作时，系统自动关机，达到省电的目的。
- OFF（自动关机禁用）：仪器持续开机，长时间测量某一信号时应选择本项设置。

✧ **恢复出厂设置：**在关机状态下首先按住**【确定/设置】**键不放，再按住**【电源/背光】**键至 LCD 屏背光亮起，然后先松开**【电源/背光】**键，再松开**【确定/设置】** 键，仪器即可恢复出厂设置。在仪器工作不正常时应执行此操作。

（五）测量操作

- 频率测量

1. 按【**确定/设置**】键选择频率计为当前工作模式。
2. 输入待测信号。
   - 有线方式：在 INPUT A (频率测量信号接口）端口与信号测量点间通过测试线连接测量频率。如本振信号的测量。
   - 感应方式：在 INPUT A (频率测量信号接口）端口接上天线，对发射信号的设备感应的方式测量频率。如对讲机等无线发射设备频率的测量。
3. 按【**向上/递增**】键切换工作闸门，按【**向下/递减**】键切换工作通道。

- 电压功率测量

1. 按【**确定/设置**】键选择微功率计为当前工作模式。
2. 在 INPUT B (电压功率测量信号接口）输入待测信号。
3. 按【**向上/递增**】键切换 mVrms 或 dBuV，按【**向下/递减**】键切换 dBm 或 nW。
4. 不同频段的信号测量前应在高级设置中进行 0 dBm 校正。

注：输入的信号幅度请勿超过本机的允许范围，以免损坏仪器。

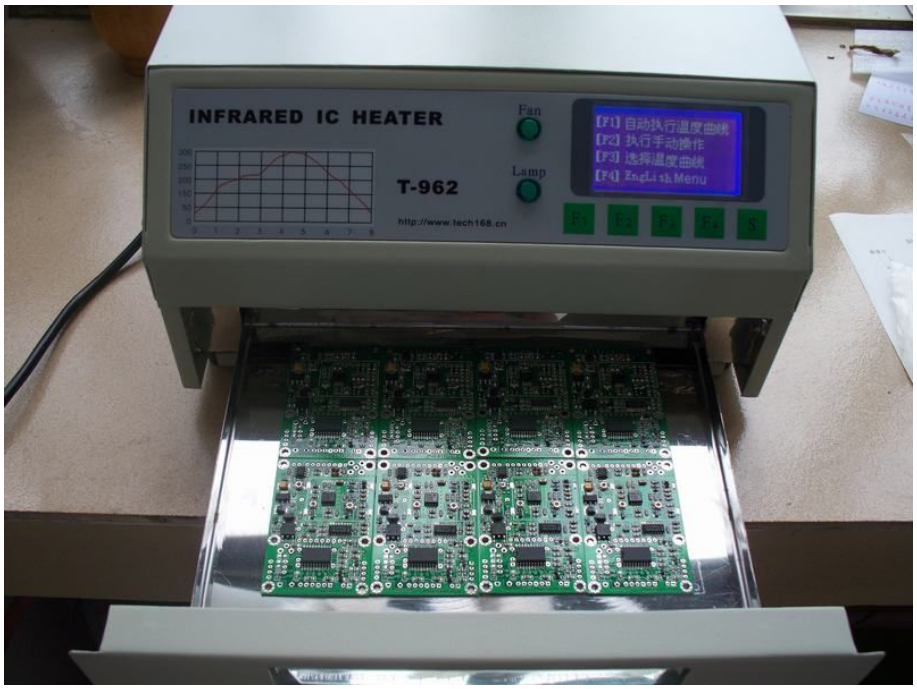
- 电容电感测量

1. 按【**确定/设置**】键选择电容电感表为当前工作模式。
2. 按【**向下/递减**】键切换 C Meter（电容表）或 L Meter（电感表）。
3. 进行校正操作。
   - 电容表校正：电容/电感测试座置空，短按【**向上/递增**】键，听到继电器滴答声响毕完成校正操作，此时应显示 0.0 pF，否则重复此项操作。
   - 电感表校正：电容/电感测试座用导线短路，短按【**向上/递增**】键看到提示后，再次短按【**向上/递增**】键，听到继电器滴答声响毕完成校正操作，此时应显示 0.0 nH，否则重复此项操作。
4. 在电容/电感测试座上接入待测器件。
5. 在测量过程中发现 0.0 pF 或 0.0 nH 有较大偏移应重新校正后再接入器件测量。
6. 如测量值有较大出入，测量前应在高级设置中进行标准电容的设置。

有关套件

为方便大家测试使用，提供少量成品，有兴趣请进入三剑工作室的淘宝链接（http://shop57711450.taobao.com）。

一. 成品



回流焊接

套件说明：

- 贴片器件安装
- 回流焊工艺
- 镀镍铜柱安装
- 无外壳成品

包装清单：

- 主机　　1 台
- XH2.54-2P 20cm 电池扣　　1 条
- SFF-50-1.5 镀银测试线（0.5 米单头 SMA 内螺内孔）　1 条
- 防静电包装

注意事项：

- 频率计模式下无信号直接输入可能是非零显示属正常现象，不影响正常测量及准确度。
- 本机出厂前时钟基准已用铷原子钟校正，灵敏度调整至最佳状态，电容电感用已知电容校正，请勿自行调整。微功率计 0 dBm 未作校正，如有仪器请自行校正，未校正前的测量数据仅作参考。
- 请勿将仪器置于高温、潮湿、多尘的环境，并应防止剧烈震动。
- 在正常的使用情况下保修期为一年。保修不适用于因错误使用、改装等非正常条件下导致损坏的产品。

二. 选件

欧能 7.4V 600mAh Li-ion 电池

性能指标

（供货方提供）

品牌：欧能

容量：600 mAh

种类：锂离子充电电池（内置保护板）

额定电压：7.4 V

充电次数：1000 次

制造商：广州欧能电子有限公司

12V 1A 电源适配器/锂离子电池充电器

性能指标

（供货方提供）

电源厂家：DAKE 电源适配厂

输入电压：交流 AC100-240V 50/60HZ

输出电压：直流 DC12V

输出电流：1 A

电压精度：±5%（空载）

电源极性：内正外负

插头样式：3.5*1.35 mm

输出线长：总长 1.1 m

带显示灯：不带灯

橡胶天线

性能指标

（供货方提供）

频率范围：2400 MHz～2483 MHz

带　　宽：83 MHz

增　　益：6 dBi

驻 波 比：<1.5

长　　度：19 CM

输入阻抗：50Ω

极化方式：垂直

最大功率：5W

接头型号：天线 REVERSE SMA 母座

工作温度：-20℃～65℃

存储温度：-30℃～75℃

有关 DIY

PCB 板可自行制作，我的评估板就是用感光膜制作的双面板，可适当更改 PCB 文件，以符合您的制板习惯。

MB501 可用 MB506 代替，74AC151 也可用其它相近产品代替，但应选择工作频率较高的系列，PIC16F876A 不能用其它器件代替。

烧写文件中已设置了烧写位，大部分烧写器有读入烧写位的功能，无需人工干预。如您的烧写器无法识别，晶振类型选 HS，其余选项关闭即可。

总结前版的种种状况，在论坛所公布的烧写文件中加入了使用次数限制，开机第 25 次时，会显示“BETA VERSION”限制继续使用，此时按照使用操作中的系统重置方法（按住【确定/设置】键开机）即可恢复正常使用。除此以外，硬件及软件无任何技术陷阱。

本产品版权为三剑工作室所有，所公布资料可任意复制转载，并鼓励个人仿制测试，但不得用于商业用途。

后　记

有关频率计的第一个贴子于 2008 年底发布，至今已有 3 年时间，这几年来，结识了不少的朋友，是他们的支持与帮助，开发工作得以坚持下去。频率计经多次改版，功能得到了完善，电路日趋成熟，性能有较大的提升。

使用汇编编程已经很多年，随着程序量的增大，其弊端突显。于是下定决心学习 C 语言编程，从零开始学习，花了三个月时间，终有小成。索性把前面发布的几款作品重新设计，程序用 C 重写。由于各方面的原因，这次发布可能是最终版，至少短期内不会再推出新版本。

期望这系列小作品的资料能给大家的 DIY 提供有益的帮助，文档或设计当中有可改进之处敬请指正。

附：

- 历次在 hellocq.net 发布的资料
  - 2008-11-03,
    http://www.hellocq.net/forum/showthread-t-189583.偶弄的几款频率计.html
  - 2008-11-04
    http://www.hellocq.net/forum/showthread-t-189696.我为论坛做贡献之频率计一.html
  - 2008-11-05
    http://www.hellocq.net/forum/showthread-t-189718.我为论坛做贡献之频率计二.html
  - 2009-03-30
    http://www.hellocq.net/forum/showthread-t-200868.发布两款嵌入式智能频率计(加强版)的制作资料.html
  - 2011-04-27
    http://www.hellocq.net/forum/showthread-t-264417.再发布一款频率计的制作资料.html
  - 2011-12-14
    http://www.hellocq.net/forum/showthread-t-282626.再次公布新版频率计资料.html

- 参考资料
  - 电容电感表
    http://ironbark.bendigo.latrobe.edu.au/~rice/lc/
  - 数字功率表
    http://www.webx.dk/oz2cpu/radios/miliwatt.htm