

WS18xxx

NFC 硬件设计与天线匹配 调试指导

目录

目录	2
修订记录.....	3
概述	4
一、设计参考原理图.....	4
二、NFC 硬件设计	6
三、天线匹配相关电路及调试方法	7
1、双路 TX 电路.....	7
2、匹配调试方法.....	7
3、LPCD 调试方法以及注意事项	17

修订记录

修订版本	描述	作者	修订日期
V1.0	初稿完成	Ginger	2023/02
V1.1	添加 B 卡调试方法	Ginger	2024/03

概述

本文档是关于 NFC 读卡芯片硬件设计和天线匹配网络调试指导。主要辅助仪器网络分析仪和数字示波器。

一、设计参考原理图

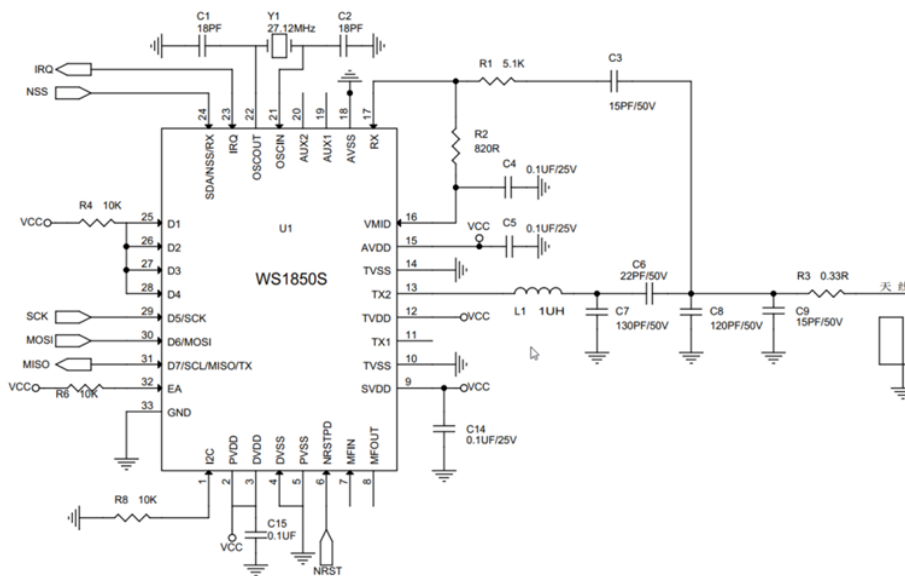


图 1： WS1850S 单路 TX 原理图

注：采用单路 TX2 时，另一 TX 悬空即可，此模式读卡效果没有双路 TX 的读卡效果好，也没双路 TX 的稳定。

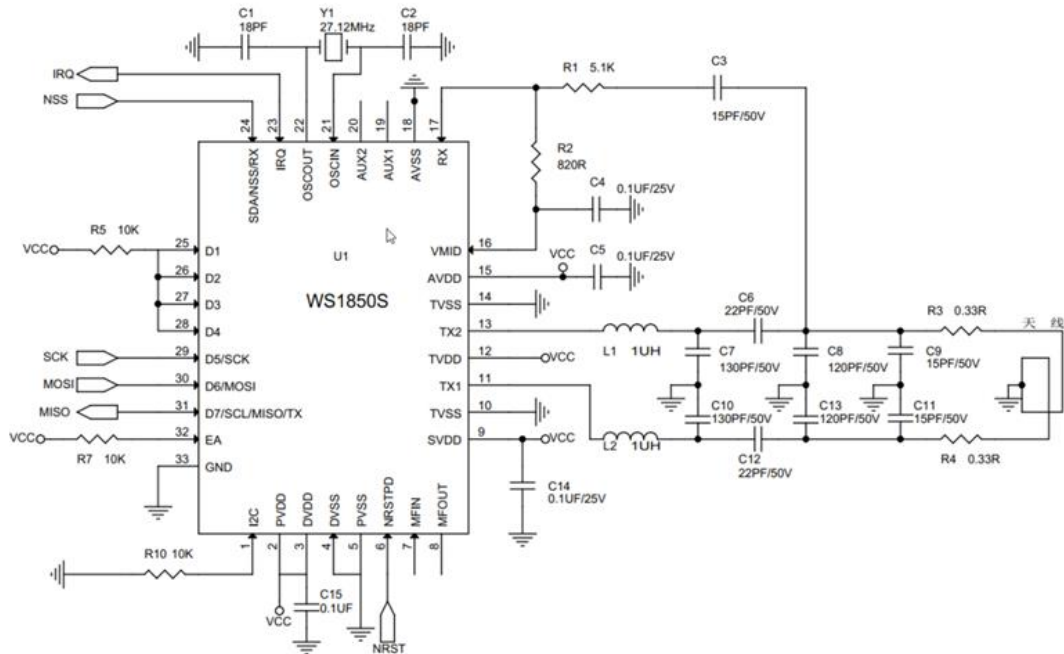
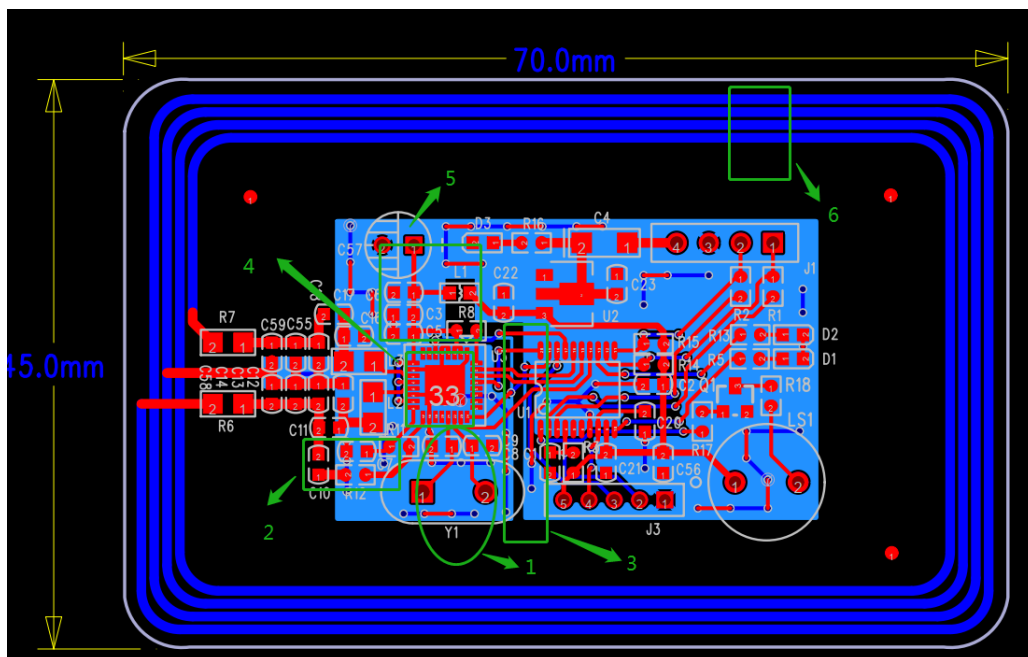


图 2: WS1850S 双路 TX 原理图

二、NFC 硬件设计

以参考 demo 板为例：



- 1、晶振应尽可能靠近芯片引脚，且不能走线太长。晶振下方和旁边不能有其他走线和元器件，晶振走线旁边需要用 GND 包围。
- 2、RX 回路不能太长，且应远离线圈和发射匹配链路，RX 的线宽可稍微加宽一些（比如 30mil）。TX 也是如此。
- 3、在干扰比较大的环境，NFC 地与其它电路模块的地隔离开，使用单点接地法连接。
- 4、芯片要良好接地，可多打过孔，保证回流。
- 5、NFC 电源引脚端应有足够大的滤波电容（10uf 以上，当环境更为复杂时，滤波电容应继续增大），且尽量靠近芯片电源引脚。
- 6、天线匝数常用 4 圈，圆角设计，结构不允许时可适当改变，线圈线宽 30mil（尽量 >20mil），线宽线距比为 3:1 左右，先保证线宽，可适当减小线距。在需要读身份证时，线宽较小，刷卡距离会调不上去。
- 7、建议使用绕线电感（Q 值大于 15，额度电流大于 150mA），叠成电感匹配出来的峰峰值比绕线电感的小，读卡效果也不如绕线电感。
- 8、天线中间加抽头，方便调试（示波器量出来的波形不会抖动，），不加亦可（不影响刷卡性能）。

三、天线匹配相关电路及调试方法

单路 TX 跟双路 TX 的天线匹配调试方法相同。下面以双路 TX 为示例。

1、双路 TX 电路

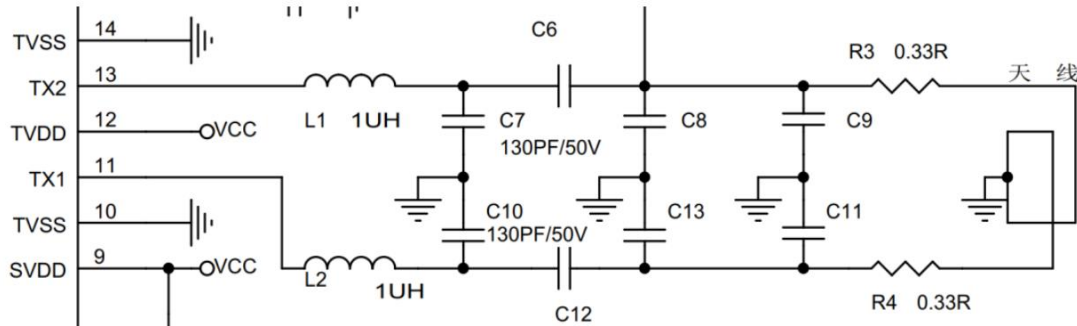


图 3： WS1850S 双路 TX 匹配电路示意

天线匹配相关元器件：L1、C7、C6、C8、C9， L2、C10、C13、C11

- (1)、L1 与 C7 组成第一级谐振网络，谐振中心频点为 13.56Mhz。
- (2)、天线是一个平面电感 L_A ，电感量为 L_{ANT} 。
- (3)、C8、C9 和天线组成第二级谐振网络，谐振中心频点为 13.56MHz。
- (4)、C6 为第一级谐振网络和第二级谐振网络之前的耦合电容。
- (5)、R3，常用值为 0~2 欧姆。用于降低电路 Q 值，对于读取某些频偏比较大的卡，有优化作用。

2、匹配调试方法

- (1)、第一级谐振网络，L1、C7 组成 LC 谐振网络，推荐使用

电感	2.2uH	1uH	820nH	680nH	560nH	470nH	120nH
电容 (EMC)	56pf	120pf	100pf or 120pf	150pf	180pf	200pf	680pf

表 1： EMC 推荐搭配

- (2)、耦合电容(C6)，通常使用电容值为 20~100pf 之间的 NPO 电容。耦合电容对第二级匹配网络的调谐影响。故需要先选定 C6 的电容值（建议先使用 22pf，金属环境可加大些，例：33pf），再进行第二级匹配网络调试。

(3)、第二级谐振网络，由 C8、C9 和天线 (L_A) 组成。C8, C9 使用 NPO 材质。天线的电感量 L_A 可使用 LRC 电桥测量。计算公式： $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ ，其中，f=13.56MHz, L=L_A, C= C8+C9。

实际调试过程中，L_A 受 PCB 和安装环境的影响较大，因此调试时应装好环境，再通过调整 C8、C9 的值来适配

1°、矢量网络分析仪方式：

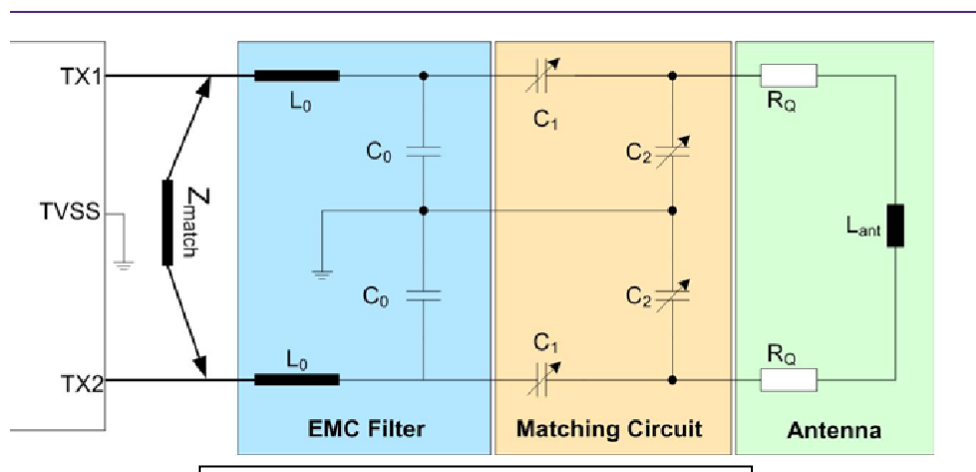


图 4：WS1850S 双路 TX 匹配电路示意图

匹配网络：**C₀**：C7、C10，**C₁**：C6、C12，**C₂**：C8、C9、C11、C13

1) 标准谐振史密斯图

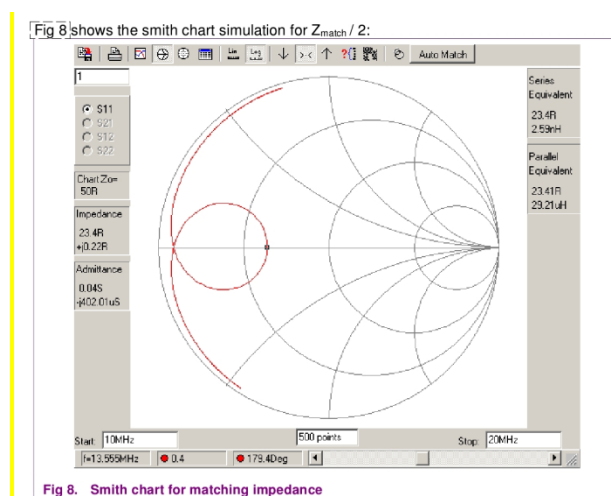
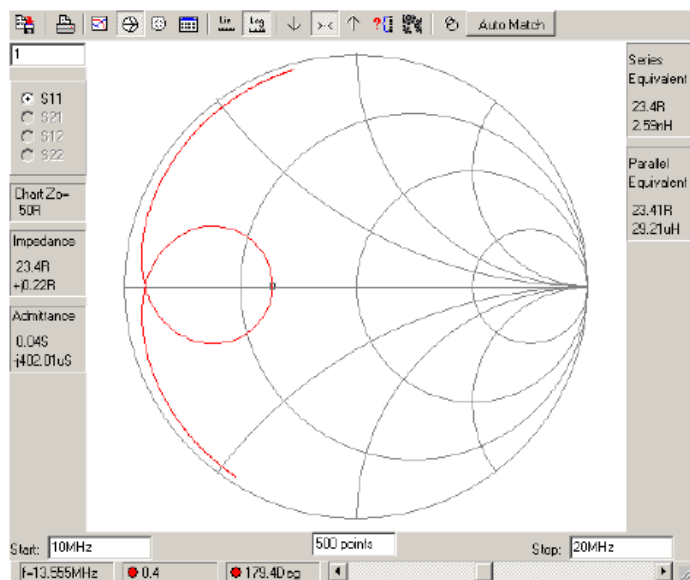


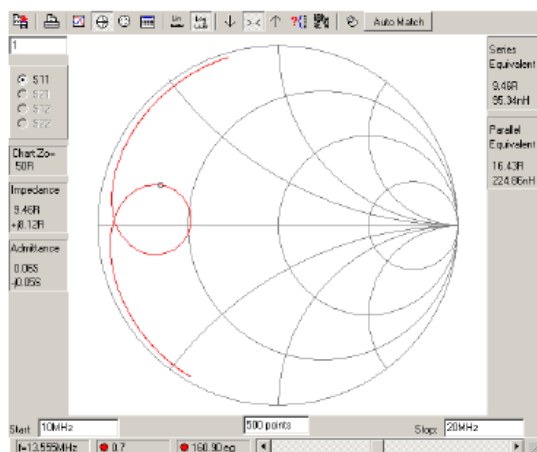
Fig 8. Smith chart for matching impedance

图 6：标准谐振史密斯图

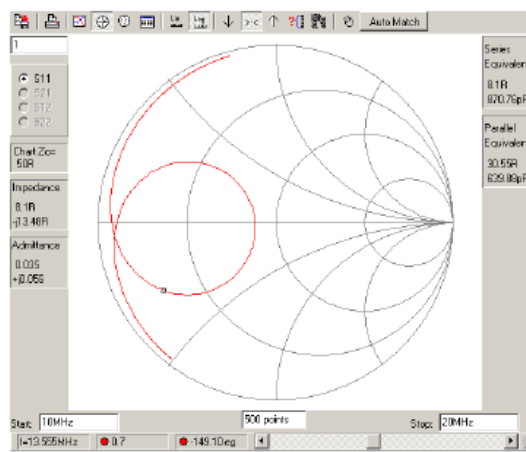
2) C₁ 调试, Smith charts 变化趋势



a. Optimum C₁



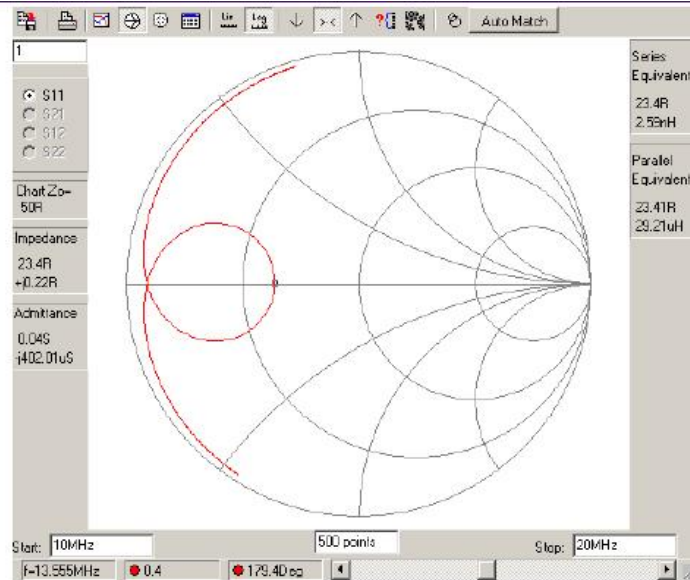
b. C₁ too low



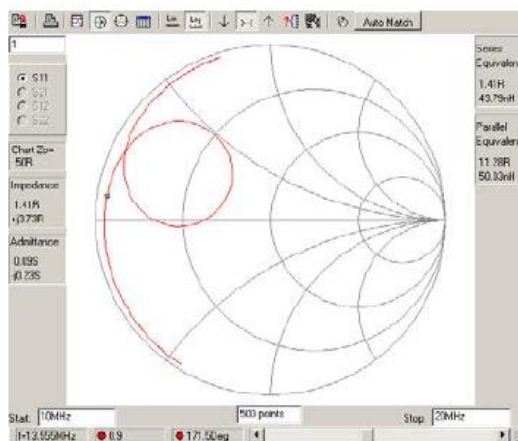
c. C₁ too high

图 7: C₁ Smith charts

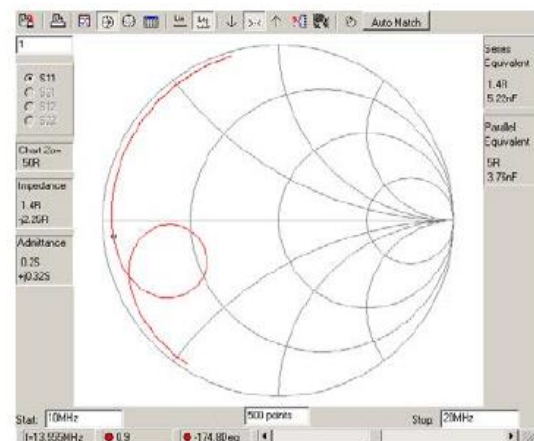
3) C₂ 调试, Smith charts 变化趋势



d. Optimum C₂



e. C₂ too low



f. C₂ too high

图 7: C₂ Smith charts

4) 实际史密斯图偏感量读卡效果更好，匹配阻抗调到 10-20 欧。如下图：

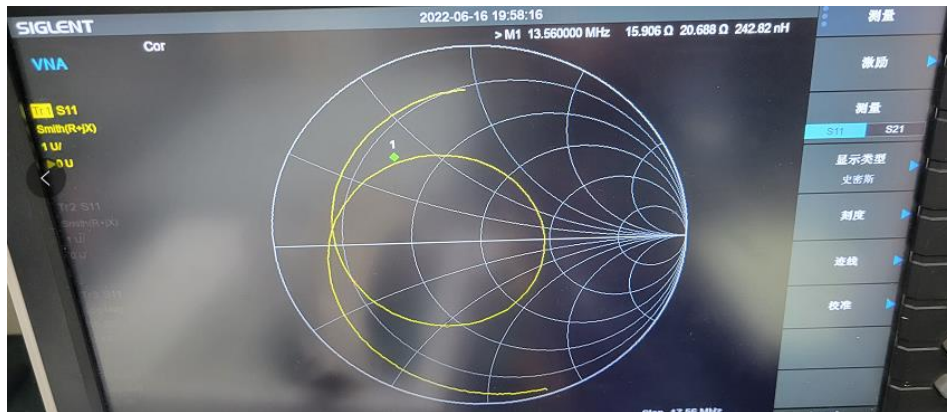


图 8：史密斯参考图

2° 数字示波器方式:

使用数字示波器调试的步骤:

- 1) 在确保电路连接正确的前提下, 上电, 芯片复位脚配置为高电平, 27.12Mhz 晶振起振。程序上面设置为轮询读卡模式。正常的现象是, 在芯片引脚 TX1 和 TX2 上可用示波器探头 (x10 档) 测到 $V_{PP} > 3V$ 的方波。测试点和实际波形如下图:



图 9: 测试点



图 10: 芯片 TX 引脚 13.56MHz 方波

- 2) 在 C8、C13 位置焊一个可调电容(因为匹配网络 TX1 与 TX2 对称, $C8 = C13$)

- 3) 示波器探头设置为 X10 档，探头测试点为 C9 两端，观测 TX 的 Vpp 值，以及波形的包络。
- 4) 调整可调电容，同时观测天线波形，在 Vpp 最大，且波形无明显过冲和第一级谐振峰峰值比第二级谐振峰峰值小（电感与隔直流中间点的峰峰值要比后端的小。即 L1 与 C6 的中间点，C6 与 R3 的中间点），此时匹配达到较好效果。Vpp 值通常可调试到 15~30Vpp，视具体天线大小以及安装环境而定。具体波形和包络参考：图 11、图 12、图 13、图 14。
- 5) 测试可调电容的容值，用相同的值焊到 C8、C13 位置即可。
- 6) 若无可调电容，也可使用固定值的电容，可通过遍历增大或减小电容值找到最大 Vpp。（可采用二分法减小次数）。判断方式与步骤 4 相同。
- 7) 调好 TX 的峰峰值，若读卡效果不是很理想，可再微调耦合电容（C6 = C12），参考步骤 4。
- 8) 调 RX 的 Vpp 在 2.5-2.8Vpp 范围，可通过减小分压电阻（R1）的值来增大 Vpp。参考波形（表笔点到 R1 靠近芯片引脚那一端的点）：图 15
- 9) 遇到复杂环境，调试前面的阻容读卡效果仍不佳，可再微调 C₀（C7=C10）和 R3,R4(0.33Ω)。注：（增大 R3、R4 的值，TX 峰峰值会变小，天线的 Q 值变小）
- 10) 需要读 B 卡时，在调好匹配下，示波器抓 B 卡的调制度（如图 17），B 卡调制度通过 29h 调整（29h 值越大，调制深度越小，反之），一般调制深度在 8%~14%。



图 11：观测 TX 峰峰值的测试点

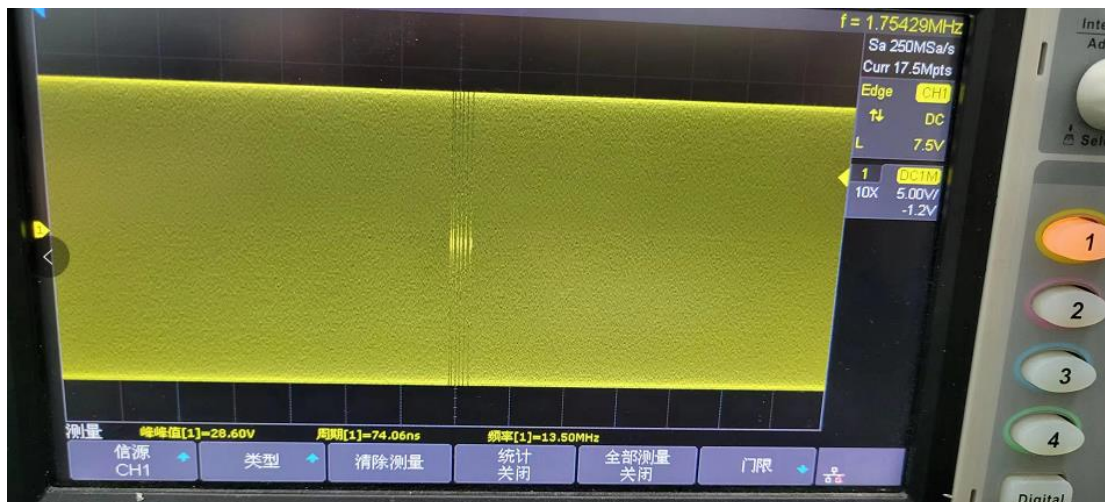


图 12: 发 52 寻卡指令的 TX 波形，无过冲，图形圆滑

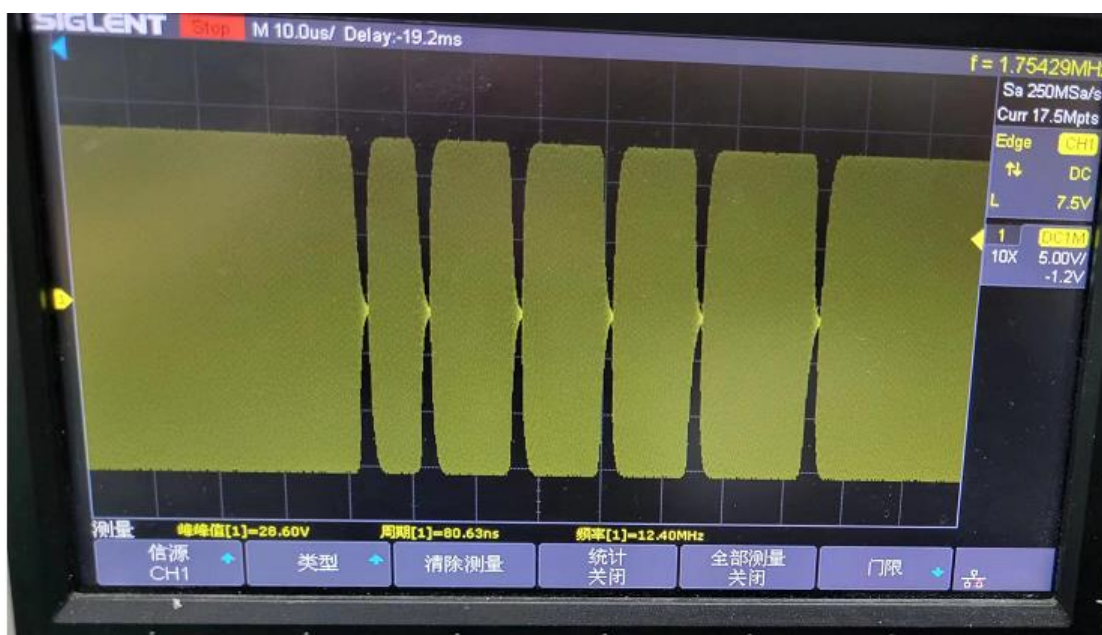


图 13: 展开发 52 寻卡指令的 TX 波形

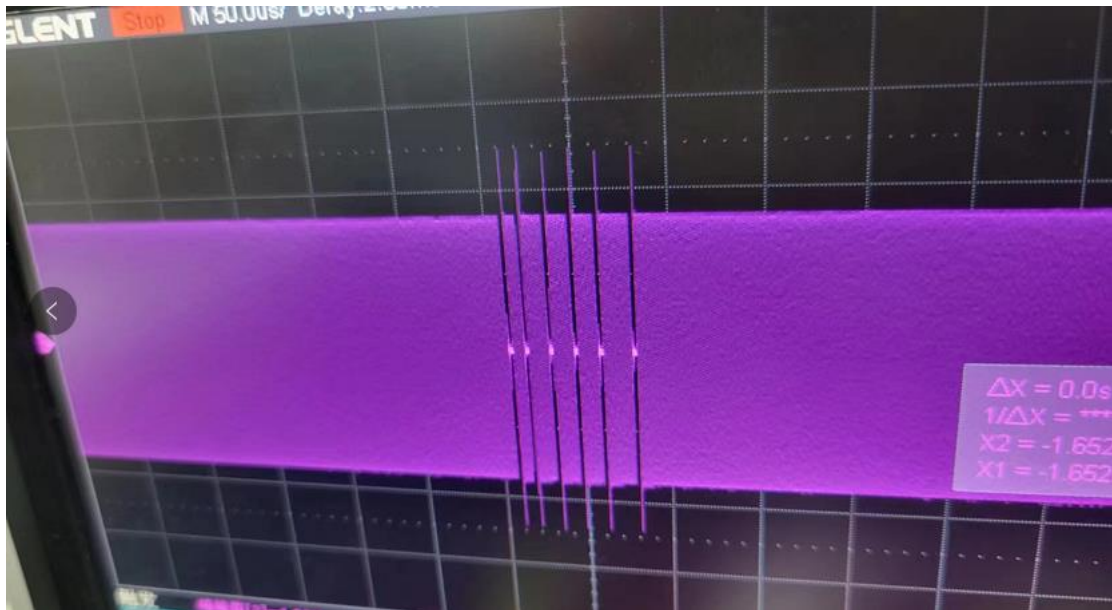


图 14: 发 52 寻卡指令有过冲的 TX 波形

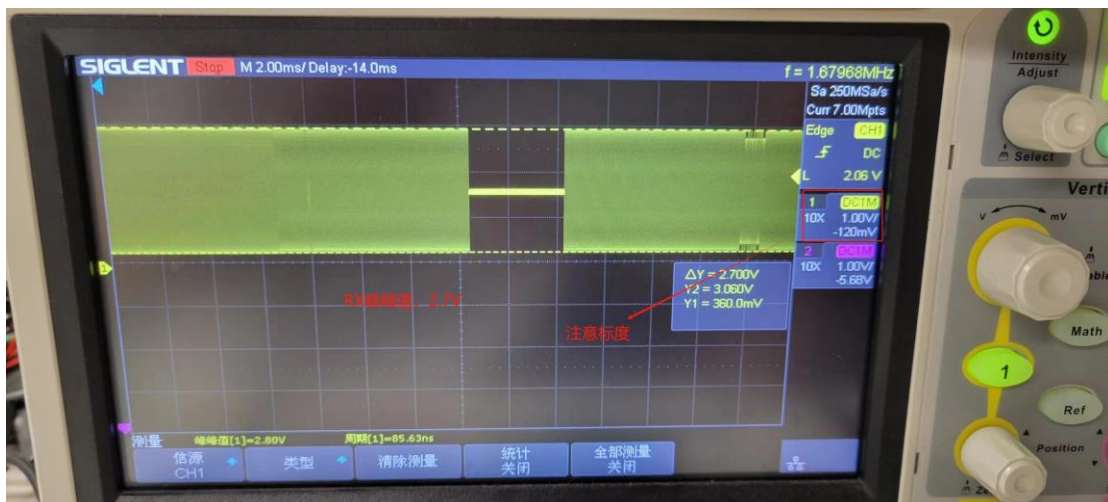


图 15: RX 波形

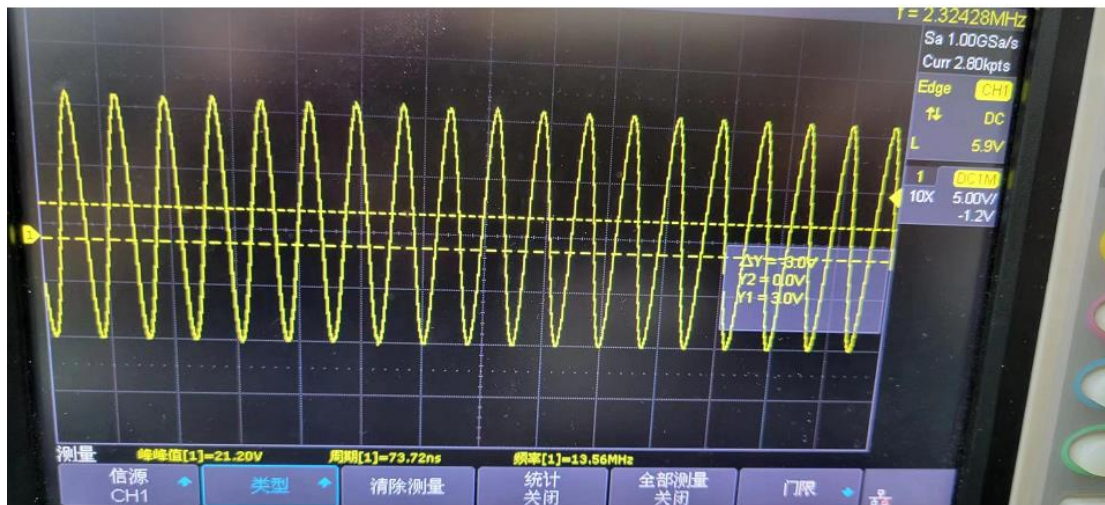


图 16: 耦合电容前端 (L1 与 C6 中间点) 的波形

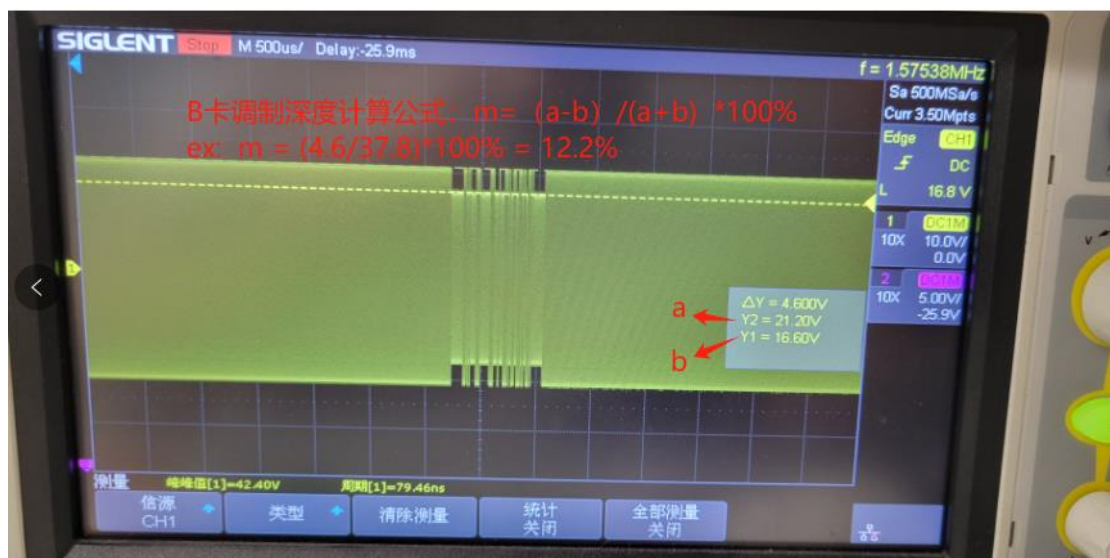
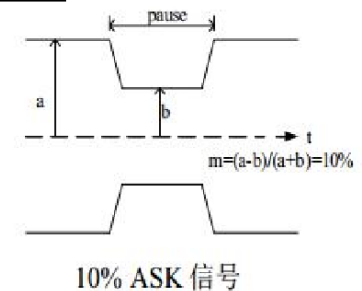


图 17: B 卡调制波形图

注: B 卡调制深度 (8~14%)

计算方法: $m = (a-b) / (a+b) \times 100\%$

(29h 值越大调制深度越小, 值越小调制深度越大)



3、LPCD 调试方法以及注意事项

(1) 芯片在设计原理图时，芯片的 D1-D6 引脚以及 7 脚使用不到时应固定电平。引脚为不确定态，在 LPCD 模式下可能会影响功耗。（注：D1-D6 通讯方式不同，使用不到的 pin 脚也不同）

注：用 LPCD 功能时，IIC 通讯线不能复用，lpcd 休眠期间，iic 通讯线会唤醒，irq 不触发。另外，IIC 通讯进入 lpcd 模式下，读寄存器值也会唤醒，所以软件上面不能通过读寄存器值来调试。

(2) 在轮询模式下调试好匹配（阻抗大概在 15Ω、50Ω，对数幅度较大时效果比较好）、距离后（lpcd 模式比轮询读卡模式距离要低 1-3cm），软件上加入 LPCD 设置，先确保 IRQ 引脚的电平是否与设置的一样。LPCD 波形可通过下面的方式观测波形：

- 1° 示波器表笔点到天线端，即（电阻位置），看波形是否符合，休眠间隔是否正常。示波器表笔点到天线端有可能会造成误触发，属于正常现象。如图 18、图 19。
- 2° 表笔耦合方式看波形，此方法较为便捷的观测 lpcd 模式下的波形，休眠时长，以及会不会产生误触发，如图 20、图 21。
- 3° 若 LPCD 功能正常，即刷卡可正常产生中断，只是距离近，可通过调整 LPCD 里的寄存器 38h、39h 的值来调整波形，LPCD 休眠载波的 Vpp 在 15Vpp 以上更为稳定。由于天线与环境原因调不到的，根据实际情况调试刷卡距离便可，一般 lpcd 场强为唤醒之后读卡场强一半左右，lpcd 刷卡效果会比较好。
- 4° LPCD 模式下，休眠时 RX 的 Vpp 尽量在 1.5-2.5Vpp。

(3) LPCD 软件上的几个主要参数：

- 1° delta 值（灵敏度，0x3C）：可调范围值（1~15），值越大越稳定，当满足刷卡距离的时候，把此值调到最大。
- 2° SwingsCnt(探卡时长设置，0x3e)，时长越久越稳定，功耗也会高一些，一般探卡时长 15us 比较合适。
- 3° 33h：调整步长寄存器，一般按照 lpcd 初始设置的值就行，一般配为 0x60。
- 4° 36h：ADC 参考值，按照 lpcd 初始设置的值，一般配为 0x80。
- 5° 38h：N 驱动电导，值增大，输出功率变大。高四位有效。
- 6° 39h：P 驱动电导，值增大，输出功率变大。低六位有效。

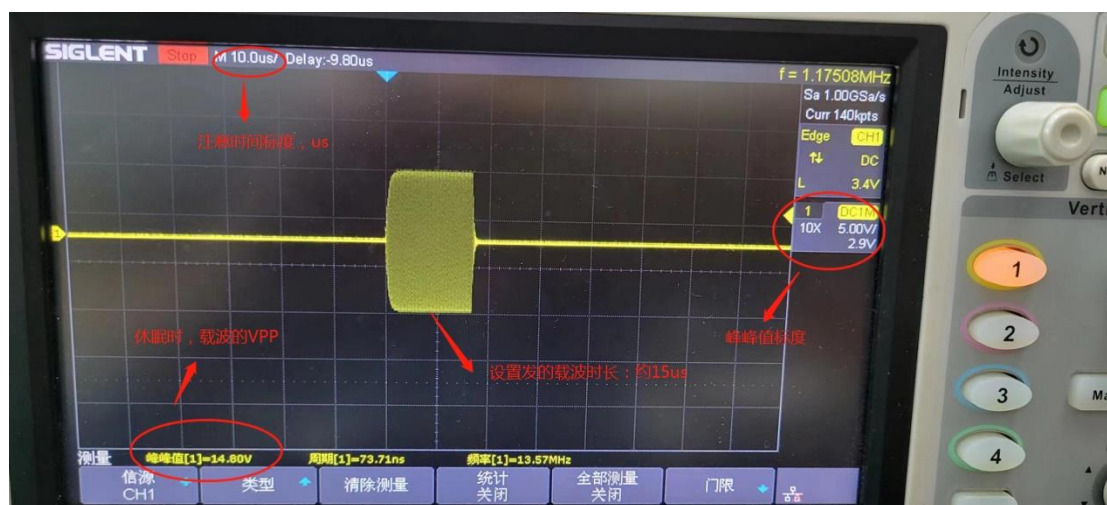


图 18: 表笔点到 R3 的 TX 波形

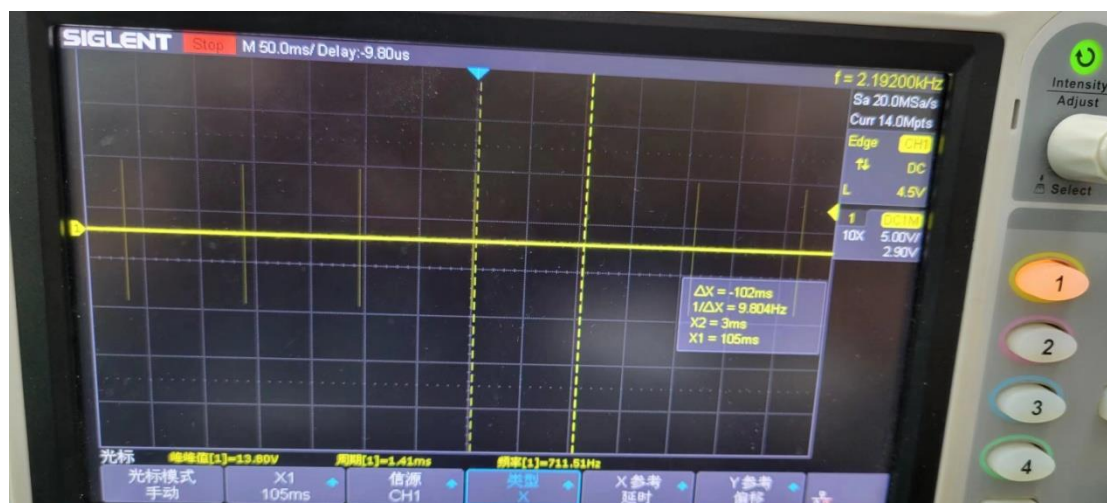


图 19: 休眠时载波



图 20：表笔形成圈与天线耦合

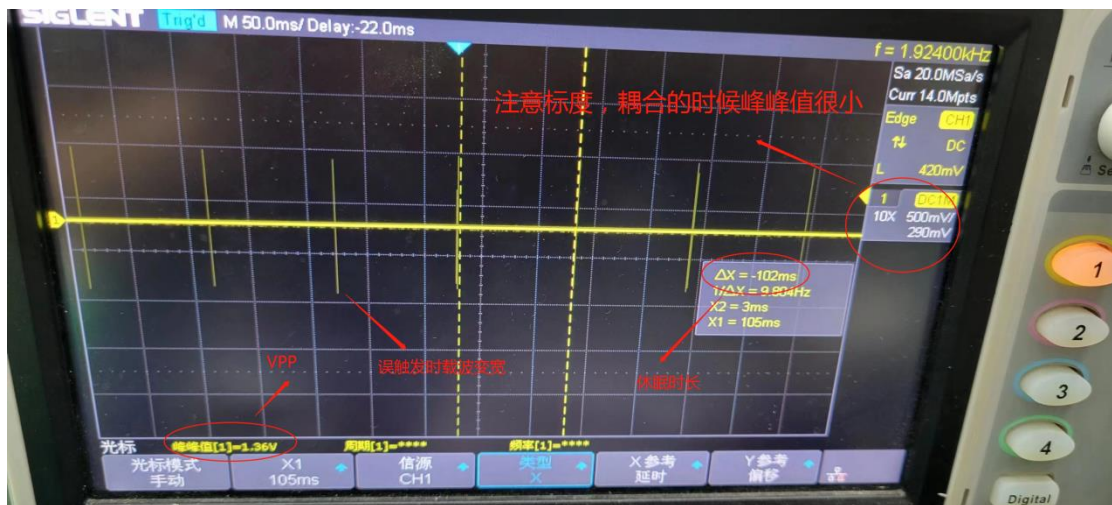


图 21：耦合方式的波形