

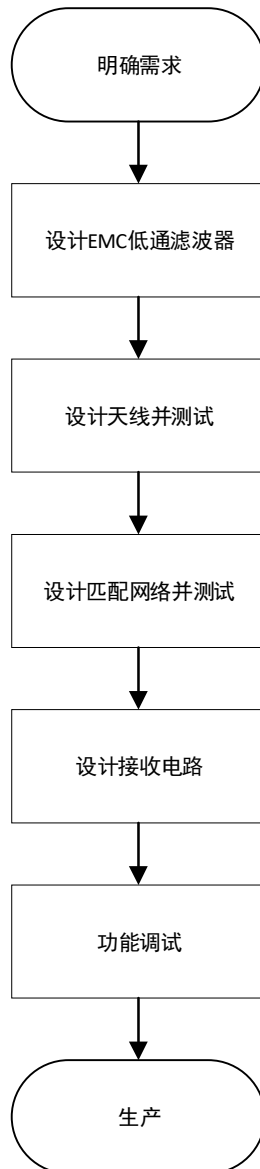
## 第 1 章 简介

### 1.1 摘要

本指南介绍如何在 CH585 系列芯片上进行兼容 ISO14443A 的 NFC 读卡器（后续简称：NFC PCD）的设计与应用。主要内容包括：低通滤波器设计、天线设计、匹配网络设计、接收电路设计、相关软件开发流程的介绍。阅读本指南有助于提升 NFC 通讯的质量和稳定性。

### 1.2 NFC PCD 设计开发流程

开发流程应按照如下步骤进行：



第 2 章 NFC PCD 硬件设计

2.1 典型示例

下图为 CH585 EVT 板 CH585M-R1-1v0 NFC 部分原理图和 PCB 图。

图 2-1 CH585 NFC PCD 原理图

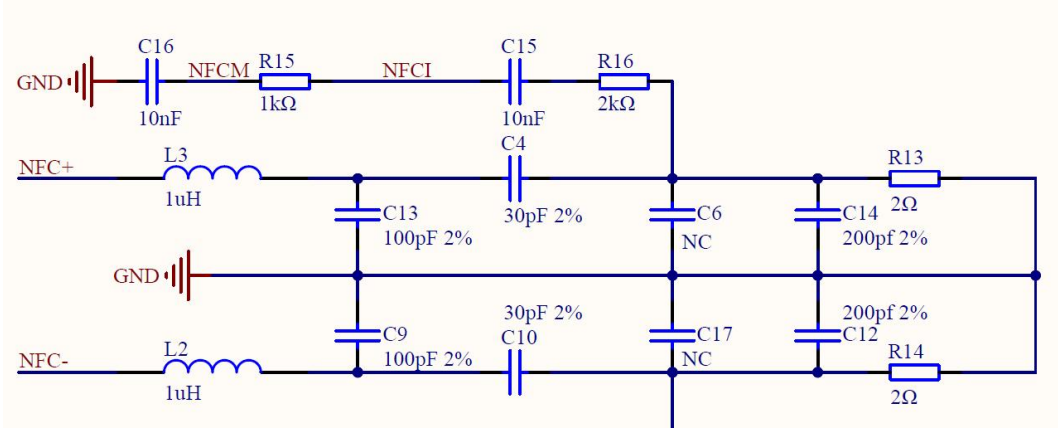


图 2-2 CH585 NFC PCD PCB 图

电路中的参数推荐如下：

表 2-1 CH585 EVT 电路板中 NFC 的器件参数表

元器件	推荐值	备注
L2, L3	1. 0uH ±5%	例如：TDK 1R0J 系列
C9, C13	100pF ±2%	NPO 材料电容
C4, C10	30pF ±2%	NPO 材料电容
C12, C14	200pF ±2%	NPO 材料电容
R13, R14	2 Ω ±5%	
R15	2k Ω ±5%	需要根据实际测试调整
R16	1k Ω ±5%	需要根据实际测试调整

注：NFC 应用中电容精度和材料必须符合上述表内对精度和材料的要求，否则性能有损失。

电路中提供了 C6 和 C17 焊盘，可以在进行匹配时，将 C12, C14 拆分部分电容值到 C6 和 C17 焊盘，例如原 200pF 的可以拆分为：

表 2-2 电容拆分示例表

元器件	推荐值	备注
C12, C14	180pF $\pm 2\%$	NPO 材料电容
C6, C17	20pF $\pm 2\%$	NPO 材料电容

上述电路中包含 EMC 低通滤波器、接收电路、天线匹配电路以及天线，除接收电路的结构示意图如下：

图 2-3 NFC PCD 天线的结构示意图

## 2.2 EMC 低通滤波器

根据 ISO14443-A 规定，NFC 工作于 13.56MHz 频率下，误差为  $\pm 7\text{KHz}$ ，CH585 内部会产生一个 13.56MHz 的频率用于 NFC 工作使用。在实际电路中，还会有其他能量以高次谐波的方式发射出去。所以需要使用一个合适的滤波器减少其他非必要能量的发射和干扰。

EMC 低通滤波器由图中所示的 L2/L3 和 C9/C13 组成，根据 LC 滤波公式计算：

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

该低通滤波器的截止频率无需精准的计算在 13.56MHz，考虑到硬件误差等因素影响，设计在 14MHz~18MHz 之内即可。

L2/L3 选型时必须考虑工作电流，该工作电流与后续天线匹配相关，在设计结束后，需测试工作电流是否与电感相匹配。

## 2.3 天线设计

CH585 采用 **双端天线** 进行 PCD 的通讯，**不支持单端天线**。

天线设计时可以选择板载天线或者 FPC 天线等。FPC 天线成本高，选型难，不易匹配。更推荐使用板载天线。

线圈天线等效于电感，增加天线线圈匝数和面积可以增加电感值，使得天线工作距离更远，但如果天线的等效电感值太大，使得天线工作于 13.56MHz 谐振点时，对应的电容值大小，不易匹配。

在天线电流一定情况下，NFC 天线线圈应能产生较大的磁通量，满足一定的工作距离：

1. 线圈天线，通过近场耦合传输信号，等效为一个电感。
2. 线圈面积、匝数越大，等效感值越大，耦合能量越大，传输距离越远。
3. 天线需要在 13.56MHz 的谐振，太大的感值会导致调谐电容太小，所以通常感值设计在 1~2uH

左右。

### 2.3.1 板载天线的估算

精确计算天线线圈的电感值是非常困难的，但是可以利用公式进行估算，该公式对天线的形状有要求（圆环状或矩形状），所以设计 PCB 天线时也更推荐采用圆环状或者矩形设计。

$$L[nH] = 2 \cdot l_1 \cdot \left( \ln \left( \frac{l_1}{D_1} \right) - K \right) \cdot N^{1.8}$$

L 为天线电感估计值，单位 nH；

$l_1$  为一圈天线导线环的长度，单位 cm；

$D_1$  为 PCB 线圈导线直径或 PCB 板覆铜的宽度，单位 cm；

K 为天线形状系数（圆环状：K=1.07；矩形：K=1.47）；

N 为线圈匝数。

### 2.3.2 通过仿真软件设计天线

通过仿真软件，如 HFSS、CST、ADS 等仿真分析给出电感值  $L_{ant}$ ，通过仿真软件还可以分析出线圈等效电路中的  $C_{pa}$ 、 $R_{coil}$  等参数。

实际上的天线电感和电容值取决于很多情况，比如：

1. 天线的电阻
2. 导体的厚度
3. 线与线之间的距离
4. 附近的材料（金属或者其他电介质）

### 2.3.3 通过矢量网络分析仪测量天线

先将板载天线两端连接 SMA 端子：

图 2-4 NFC PCD 天线测试示意图

使用矢量网络分析仪连接，测试频率范围可以设置为 1MHz~100MHz，通过矢网测量出自谐振频率  $F_{ra}$ ，在矢量网络分析仪中找到 13.56MHz，并记录在该频率下天线的电感值 L 和电阻值  $R_{coil}$ 。

先使用下面的公式计算天线寄生电容：

$$C_{pa} = \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot f_{ra})^2 \cdot L}$$

上述参数都会后续进行匹配时的计算工具中使用到。

## 2.4 匹配网络

根据上述测试得到的天线参数，调试匹配电容，使得谐振频率为 13.56MHz。  
可以使用下面所讲述的计算工具 NFC-Reader Antenna Tuning.xls 进行计算。

图 2-5 NFC PCD 匹配计算工具

图中绿色为需要填入的参数，橙色为输出结果。

将通过上述章节测试得到的数据填入该表格中：

L 填入测试或估算得到的天线电感；

$C_{pa}$  填入测试或仿真得到的天线电容；

$R_{coil}$  填入测试或仿真得到的天线电阻；

Q 填入设计的理想 Q 值，建议在 10 到 35 之前，此处填入 20；

Target Impedence 为目标阻抗，填入 50；

$F_{emc}$  填入 13.56；

L0 填入采用的电感值，采用 1uH 的电感，则填入 1000；

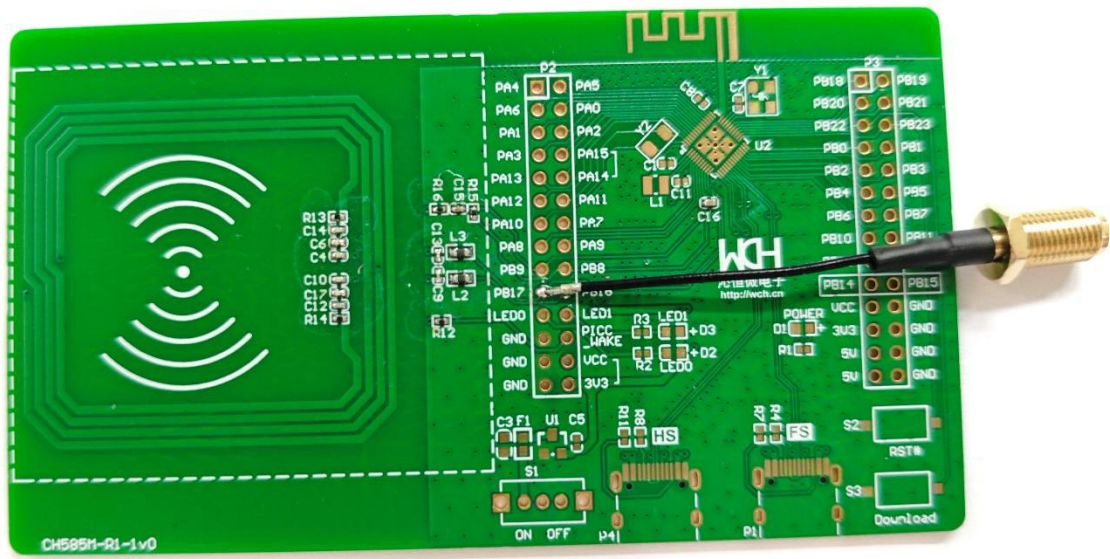
C01 和 C02 填入的值相加为图 2-1 中和 C13 的电容值；

此时会得到输出的 C1 和 C2，该值为理想值，作为调试的初始值使用，还需要通过后续的测试进行调整。

### 2.4.1 通过矢量网络分析仪测量天线匹配的结果

将计算得到的匹配电容和天线中其他的器件焊接到电路板中，通过 SMA 端子连接发射电感的两端：

图 2-6 NFC PCD 天线匹配的测试接线示意图



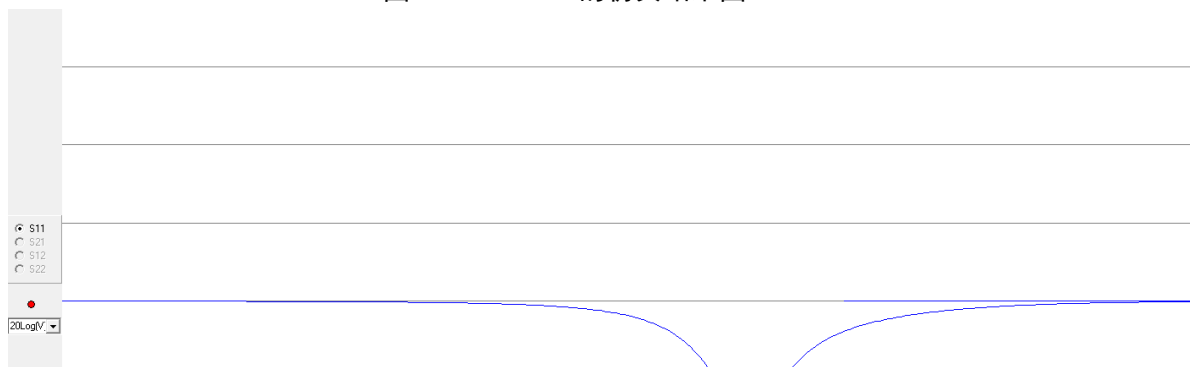
矢量网络分析仪的测试频率范围可以设置为 10MHz~20MHz, 添加 Marker, 找到 13.56MHz 的位置, 观察测试结果。

图 2-7 NFC PCD 天线的矢量网络分析仪测试结果图

#### 2.4.2 通过仿真工具测量天线匹配的结果

使用 Smith 画图工具确定天线匹配结果, 可以使用: Smith 2.0, ADS、Microwave Office、RFsim99 等工具。

图 2-8 NFC PCD 的仿真结果图



## 2.5 接收电路

在使用 NFC 时应保证电源电压稳定，且电压在 2.4V 及以上。保证接收信号的电压范围要求。

在天线匹配完成后，需要对天线上的信号按照下表进行测试，根据测试结果调整 R15 和 R16 的比例。固定 R15 为 1K，调整 R16 的阻值。接收引脚 NFCI 需要保证无卡时，输入 NFCI 引脚电压的峰峰值在  $(3.6V+VDD)/2$  左右，且小于  $VDD+1.4V$ 。同时在有卡片时，载波电压的峰峰值在 1.0V 以上。

$$V_{nfc\_pp} = V_{ant\_pp} \cdot \left( \frac{R15}{R15 + R16} \right)$$

表 2-3 接收信号测试表格

工作电压 Vdd (V)	天线信号的峰峰值 Vant_pp (V)
2.5	10
3.3	13
3.6	14

上表所示为测试示例，请根据电路板测试结果填写上述表格，尽量选取一个可以满足所有工作电平下电阻的理论值，还可按照后续章节中调节发送档位来确定电阻的值。

### 2.5.1 接收引脚信号的测试

信号测试需要在无卡片的环境中进行，和手机等模拟卡片设备通讯可能不会对天线上的信号幅度有过大衰减，所以保证最大时满足要求即可。测试时需要使用寄生电容极小的表笔，寄生电容过大会导致测试得到的数据不准确。

测试步骤：

1. 开启 NFC 的 13.56MHz 信号发送；
2. 使用示波器测量天线上的信号和 NFCI 引脚上的信号；

### 2.5.2 接收电路的电阻调整

当上述测试得到的信号不满足要求时，根据图 2-1 所示，调节 R16/R15 的比例。固定 R15 为 1K，调整 R16 的阻值，R16 越大，NFCI 引脚的峰峰值越低。将支持电压范围内的天线信号都调整到符合要求即可。

### 2.5.3 电压范围支持宽泛时的电路调整

如果通过上述步骤还是无法找到一个完美支持工作电压范围的电阻比例，那么此时需要对电路做出调整，此时需要额外使用一个 I/O，CH585M-R1-1v1 原理图如下：

图 2-9 NFC PCD 的接收动态调整原理参考图

与章节 2.1 中 CH585M-R0-1v0 原理图相比，R15 默认为 NC。天线通过 R17 电阻来决定天线的中心点是否与地相连，默认不连接。

读卡器开始工作时，NFC\_CTR 输出低电平，R12 和 R16 形成分压。通过 NFCI 引脚电压峰峰值，当峰峰值过低时，将 NFC\_CTR 设置为模拟输入，此时天线峰峰值不分压。

如果无需广泛电压范围支持，而且 1v0 原理图也可以满足使用，则可以继续延用 CH585M-R1-1v0 开发板的原理图。

## 2.6 PCB 注意事项

1. 图 2-1 中所示，NFCM 引脚所接的电容 C16 在 PCB 布线时应尽量靠近芯片。
2. 发送引脚 NFC+ 和 NFC- 的布线不可与接收引脚 NFCI 和 NFCM 的布线重合或交叉。
3. 天线区域不要大面积铺铜，并且在天线周围留有一定的净空区。
4. 线圈内和周边禁止将信号、电源、地线画成圆或者半圆。
5. NFC 的 4 个引脚尽量不要打孔布线。
6. NFC 的布线应避开蓝牙天线和高速 USB 信号线。
7. 元器件放置不要过于密集，便于后面的焊接调试。



## 第 3 章 NFC PCD 软件设计

CH585 系列提供兼容 ISO14443A 的 PCD 的软件接口，可以读取符合 ISO14443A 的卡片。

### 3.1 不同电压下的发送档位调节

发送时需要根据实际情况在程序中调节发送档位，来更好的调试接收电路。

CH585 提供 4 个发送档位来调节天线信号强度，调节方法和 API 见 EVT 示例程序。

在不同的电源电压下，推荐使用如下的发送档位：

表 3-1 不同电压下的推荐发送档位表格

Vdd 范围 (V)	发送档位
2.4 <= Vdd < 2.6	Level3
2.6 <= Vdd < 3.0	Level2
3.0 <= Vdd < 3.4	Level1
3.4 <= Vdd <= 3.6	Level0

### 3.2 低功耗检卡的调试

低功耗检卡分为常规低功耗检卡和超低功耗检卡，常规低功耗检卡比超低功耗检卡功耗高，兼容性高。具体需要根据产品的使用场景来决定使用什么样的检卡方案。

#### 3.2.1 常规低功耗检卡

常规低功耗检卡通过周期性的启动发送 WUPA 命令来检测是否有卡片回复的方式实现低功耗检卡。

该方式分为如下 4 个步骤：

1. 打开 13.56M 信号发送；
2. 发送 100us 左右后（以便于卡片获取能量可以正常工作），开始发送 WUPA 命令；
3. 发送完 WUPA 命令后，等待卡片回复（协议规定时间约为 92us）。
4. 如有回复，则进行后续操作，如果无回复，则关闭天线退出检卡。

#### 3.2.2 超低功耗检卡

由于常规低功耗检卡需要工作一段时间才可以判断有卡无卡，功耗太高，所以在一些使用电池的使用场景中，可以使用超低功耗检卡的方式来进行检测。

该方式分为如下个步骤：

1. 打开 13.56M 信号发送；
2. 检测 NFC 内部 ADC 的值；
3. 通过阈值变化等判断来进行有卡无卡的检测，如果有卡则进行后续通讯，无卡则关闭天线。

该方式必须将天线匹配到 13.56M 附件且回波损耗越大越好，不然天线信号的变化不明显，不能有效的检测到卡片靠近。

第 4 章 修改记录

版本	日期	说明
V1.0	2024.08.29	初版发行
V1.1	2024.09.23	增加部分公式的单位说明
V1.2	2025.02.12	电路说明更新 CH585M-R1-1V1 和部分软件设计说明