



# **NuVolta**

## **Application Note**

系统名称: **WPC 10W TX**

芯片名称: **SP3400+NU1007**

# 1 目录

2	简介 .....	2-3
2.1	规格参数 .....	2-3
3	系统说明 .....	3-4
3.1	系统模块图 .....	3-4
3.2	EVM Schematic .....	3-5
3.3	电源： .....	3-5
3.4	QC 电路： .....	3-6
3.5	动态功率限制（DPL）： .....	3-6
3.6	功率传输： .....	3-6
3.7	解调： .....	3-7
3.8	过温保护（OTP）： .....	3-7
3.9	PCB 布局布线 .....	3-1
3.9.1	EVM layout .....	3-1
3.9.2	功率回路 .....	3-2
	.....	3-2
3.9.3	信号隔离 .....	3-2
3.9.4	单点接地 .....	3-3
3.10	Demo 默认指示灯定义 .....	3-3
4	性能 .....	4-3
4.1	5W（VIN=5V）效率测试 .....	4-3
4.2	10W（VIN=9V）效率测试 .....	4-4
5	参考设计 .....	5-6
5.1	参考原理图 .....	5-6
5.2	物料清单 .....	错误!未定义书签。
6	样机 debug .....	6-7
6.1	样机物料确认排查 .....	6-7
6.2	待机问题分析 .....	6-7
6.3	充电异常分析 .....	6-7
7	功能验证 .....	7-8
7.1	FOD 测试 .....	7-8
7.1.1	ping 阶段 FOD 测试 .....	7-8
7.1.2	power transfer FOD 测试 .....	7-8
7.2	快充测试 .....	7-8
7.2.1	苹果快充确认 .....	7-8
7.2.2	三星快充确认 .....	7-9
7.3	充电范围 .....	7-9

7.4	LED 指示灯及一些常用功能验证确认 .....	7-10
7.5	样机充电曲线测试 .....	7-10
7.6	效率测试 .....	7-10

## 2 简介

SP3400+NU1007 组成一个 10W 的无线充电发射端。其中 SP3400 为 Qi 控制器，其协议符合最新的 WPC1.2.4。NU1007 是一颗智能全桥，内部集成了全桥驱动、电流采样等多种功能。方案支持 5V 和 QC2.0(5V/9V)输入，10W 最大输出，支持三星、苹果快充。方案提出了一种具有最小元件数的小封装双芯片解决方案。它完全符合 WPC V1.2.4，并且可以轻松地为任何客户请求的解决方案进行定制。该方案可以与任何兼容 WPC 的接收端进行充电。

本应用手册描述了无线充电发射端的技术细节及电路参数选型的注意事项。

### 2.1 规格参数

名称	符号	最小	典型	最大	单位	备注
输入电压	Vin		5		V	
		5	QC2.0	9	V	
输出功率	Pout			10	W	三星、苹果快充
工作频率	F	110		205	KHz	
效率	$\eta$			83	%	

表 1

### 3 系统说明

#### 3.1 系统模块图

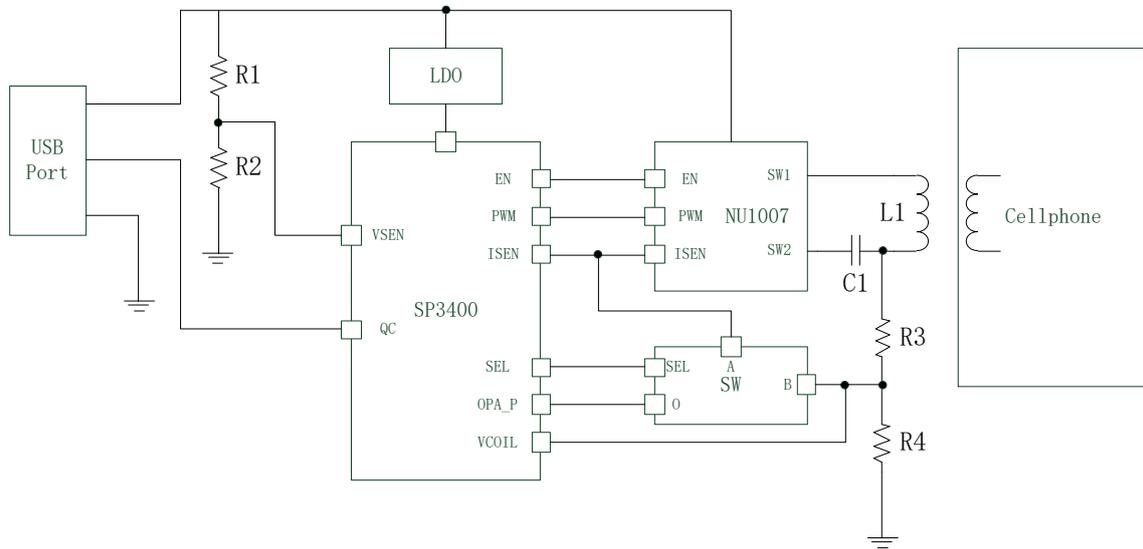
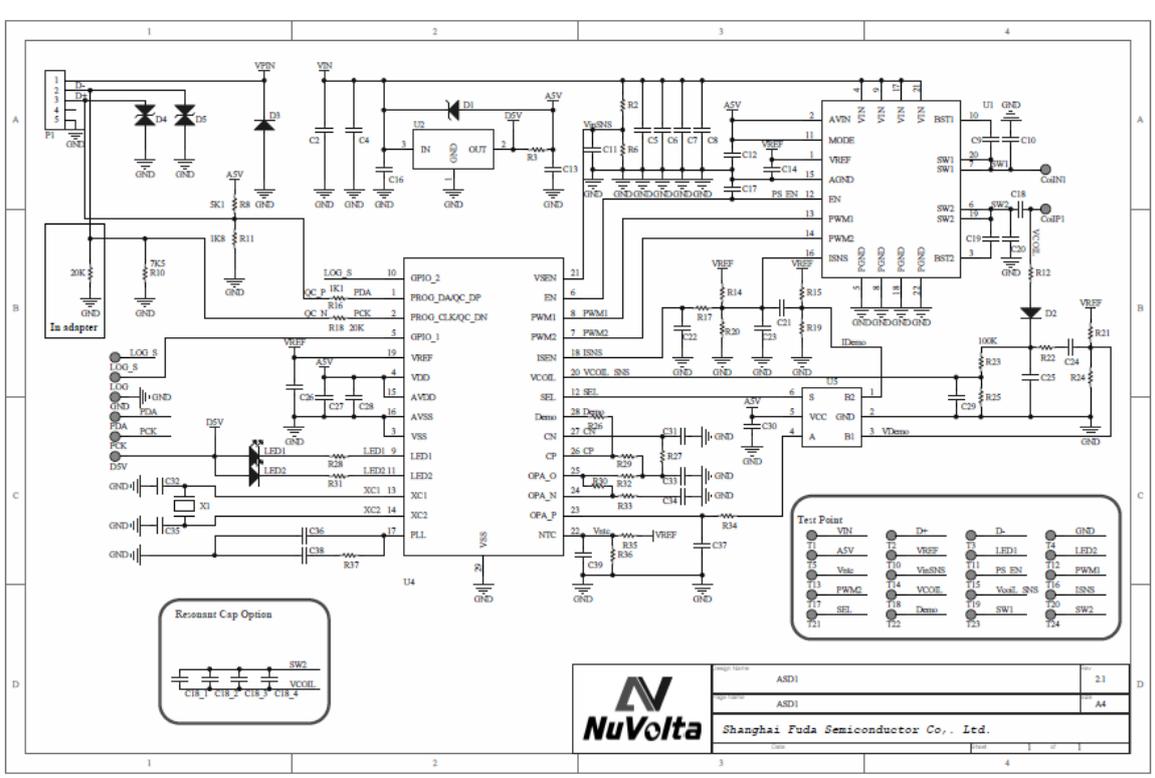


图 一

系统由 Qi 控制器 SP3400+智能全桥 NU1007 组成，其中 VSEN 为输入电压检测，用于识别 DPL。QC 为 QC2.0 逻辑驱动电路。EN 为 NU1007 的使能信号。PWM 为 NU1007 的开关驱动信号，ISEN 为电流采样。SW 为模拟选择开关，通过 SEL 来选择用于 SP3400 解调的电压或者电流信号，通过该信号对 ASK 进行解包。VCOIL 用来检测线圈电压。L1、C1 为谐振腔，系统通过 L1 将能量传输至手机端。

### 3.2 EVM Schematic

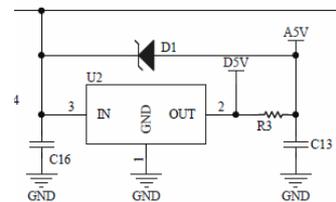


图二

### 3.3 电源:

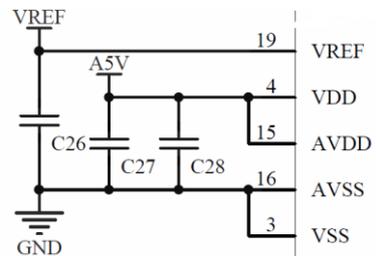
如图一所示，输入电压从 USB 口给 NU1007 供电，通过 LDO 给 SP3400 供电。SP3400 的供电电压为 5V，NU1007 的电压应小于 12V。如果输入电压为 5V，最大输出功率为 5W。如果使用 QC2.0 输入，则最大输出功率为 10W。不支持使用大于 5V 的其他固定电压输入，如 9V，12V。

为了防止热插拔带来的尖峰电压对器件造成损坏，建议在 LDO 的输出加一个 RC 滤波网络，如下图，其中 R3=10R，C13=10uF。



图三

在 Layout 时 C26 尽量靠近 19#PIN，C27，C28 尽量靠近 4#PIN 和 15#PIN。



图四

另外在走线时，功率地和信号地尽量分开，使用单点接地，优先最小功率回路面积进行布线。

### 3.4 QC 电路:

如图三所示, R1, R2 为分压电阻, R3 串联在 QC\_DP 和 D+之间。R4 为适配器内部下拉电阻, R5, R6 为 D-的分压电阻。

当 QC\_DP 为高电平时, D+的电压为:

$$V_{d+} = \frac{5V * R2}{R2 + \frac{R1 * R3}{R1 + R3}}$$

当 QC\_DP 为低电平时, D+的电压为:

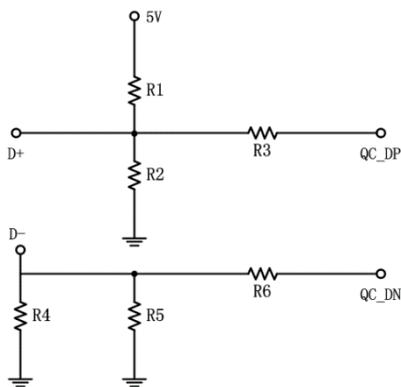


图 五

$$V_{d+} = \frac{5V * \frac{R2 * R3}{R2 + R3}}{R1 + \frac{R2 * R3}{R2 + R3}}$$

如表二所示, 为了得到 5V 和 9V 两个电压, 当 QC\_DP 为高电平时应使 D+为 3.3V, 当 QC\_DP 为低电平时, 应使 D+为 0.6V。

当 QC\_DN 为高电平时, D-的电平为:

$$V_{d-} = \frac{5V * \frac{R4 * R5}{R4 + R5}}{R6 + \frac{R4 * R5}{R4 + R5}}$$

其中 R4 为适配器内部的电阻。

如表 2 所示, 为了得到 5V 和 9V 两个电压, 当 QC\_DN 为高电平时应使 D-为 0.6V, 当 QC\_DN 为低电平时, 应使 D-为 0V。

D+	D-	Adapter voltage
0.6V	0.6V	12V
3.3V	0.6V	9V
0.6V	3.3V	Continuous mode
3.3V	3.3V	20V
0.6V	High-Z	5V(DCP)
3.3V	High-Z	Reserved

表 2

### 3.5 动态功率限制 (DPL):

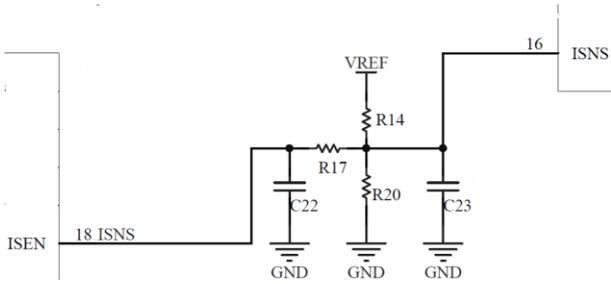
为了达到 5W 输出, 典型的输入功率为 6W (5V/1.2A), 如果使用了 5V/1A 的适配器, 则会进入适配器的恒流输出区间, 甚至发生过流保护, 影响客户体验。我们通过 VSEN (21#PIN) 对输入电压进行监测, 当适配器进入恒流区间后输出电压会有下降, 当电压下降到 4.7V 时, TX 不再会对输出进行增加功率, 并发出 DPL 报警。

### 3.6 功率传输:

系统上电后 SP3400 通过 EN 使能 NU1007, 并通过 PWM1 和 PWM2 对 NU1007 内部的全桥进行驱动控制。连接在全桥上的谐振腔谐振频率小于 100KHz, 通过调节 PWM 的频率或占空比来调节输出功率。PWM 调节频率为 110KHz—205KHz, 频率越高, 输出功率越小, 频率越低输出功率越大。PWM 占空比的调节范围 30%--50%, 占空比越大, 输出功率越大, 占空比越小, 输出功率越小。

**电流采样:** NU1007 无需外部电流采样电阻, 内部集成了电流采样电路, 如下图, 经过滤波和直流偏置, 被 SP3400ADC 采样。

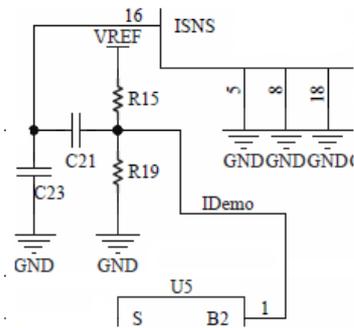
Portable device signal	HVDCP output
------------------------	--------------



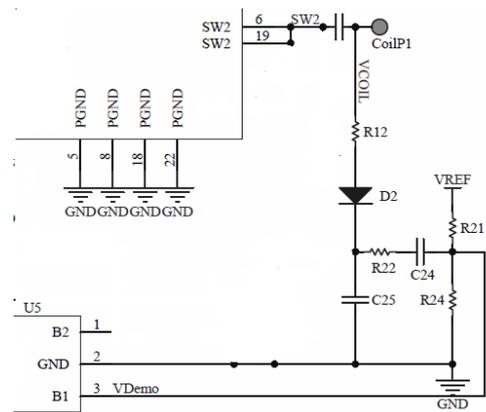
图六

### 3.7 解调:

为了保证通讯质量，我们设计了两路解调，分别是电流解调如下图七和电压解调如下图八。电压和电流信号分别被滤波、隔直、增加直流偏置后被送到 U5，U5 是一颗模拟开关，通过 SEL 信号对电压信号和电流信号进行选优，并将选出的信号输出到 SP3400 内部的运放输入端，再通过比较器，将解调好的数字信号送到 Demo 脚。



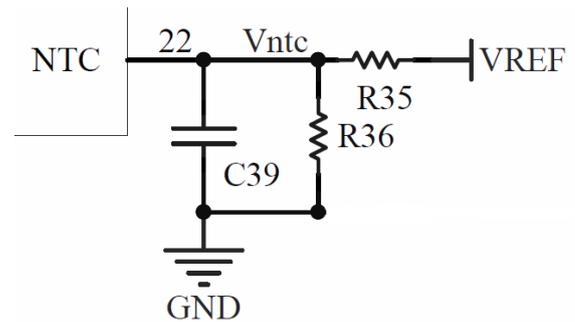
图七



图八

### 3.8 过温保护 (OTP):

在 NU1007 内部已经集成了过温保护，保护点为 155 度，除此之外 SP3400 也设计了外部过温保护功能，如下图九所示，



图九

R35 为一颗 NTC 电阻，R36 为一颗定值电阻，当温度上升，R35 阻值会下降，Vntc 的电压会上升，当电压上升到 Vntc 的保护点时进入过温保护程序，此时会停止功率输出，直到退出过温保护程序。

## 3.9 PCB 布局布线

### 3.9.1 EVM layout

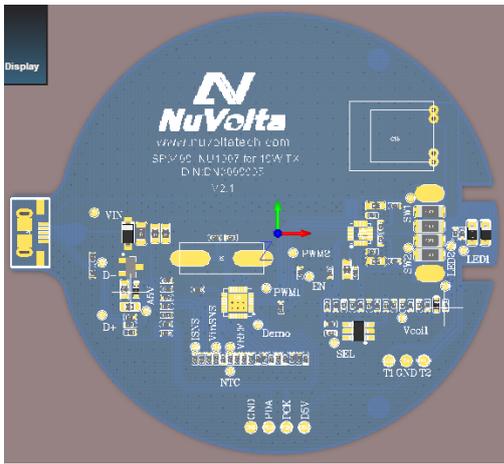


图 十

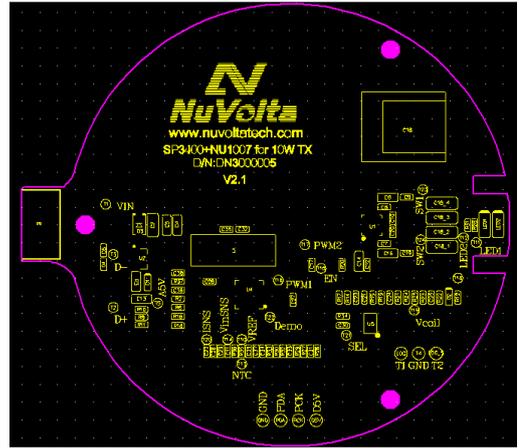


图 十一

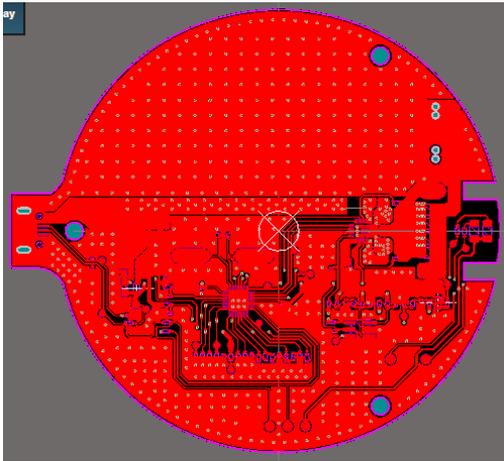


图 十二

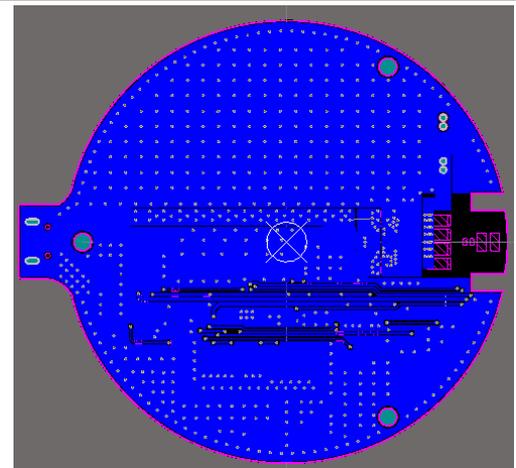


图 十三

### 3.9.2 功率回路

如图十四所示，功率回路面积尽可能的小，以减 EMI 噪声。

功率走线尽量宽、短，增加适量的过孔，以降低回路阻抗，并增加铺铜面积以增强散热。

VIN 的输入电容尽量靠近 NU1007，吸收 RC 也应靠近芯片引脚和 GND，如图示打孔数量不小于 4pcs。SP3400 的滤波电容应尽量靠近 VDD 和 AVDD，芯片下方打孔接地。

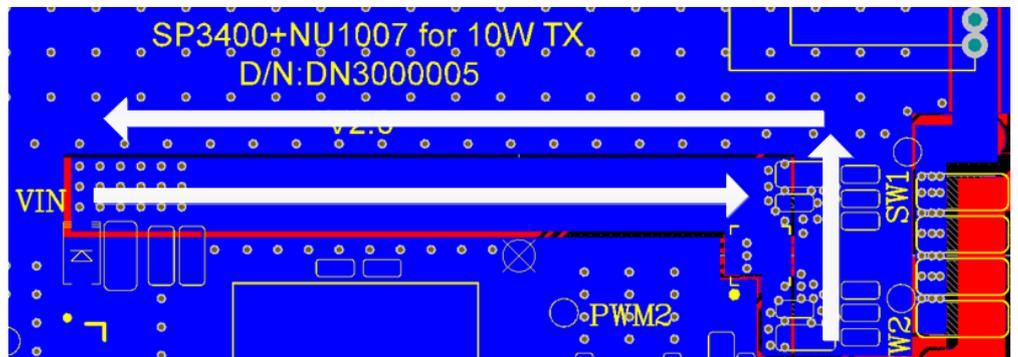
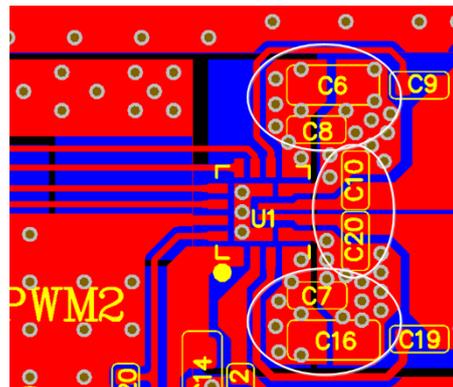
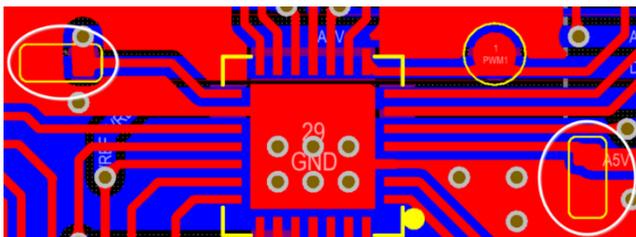
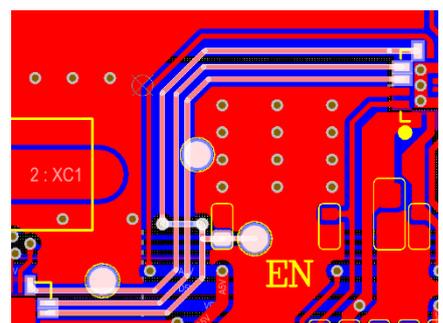


图 十四



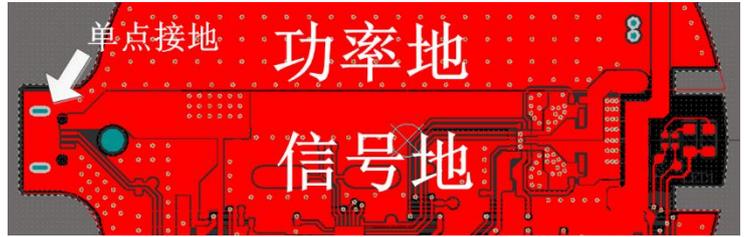
### 3.9.3 信号隔离

高频信号、数字信号走线时尽量远离模拟器件及其布线。必要时需要铺地进行隔离。需要特别关注的电气网络 Vsense, Isense, Vcoil, Vdemo 信号与 PWM 信号的隔离。



### 3.9.4 单点接地

使用单点接地，确保良好的接地线、铺铜，尽量保证完整的参考地，避免地平面对被频繁分割。如图示信号地与功率地输入测箭头示意处单点连接。

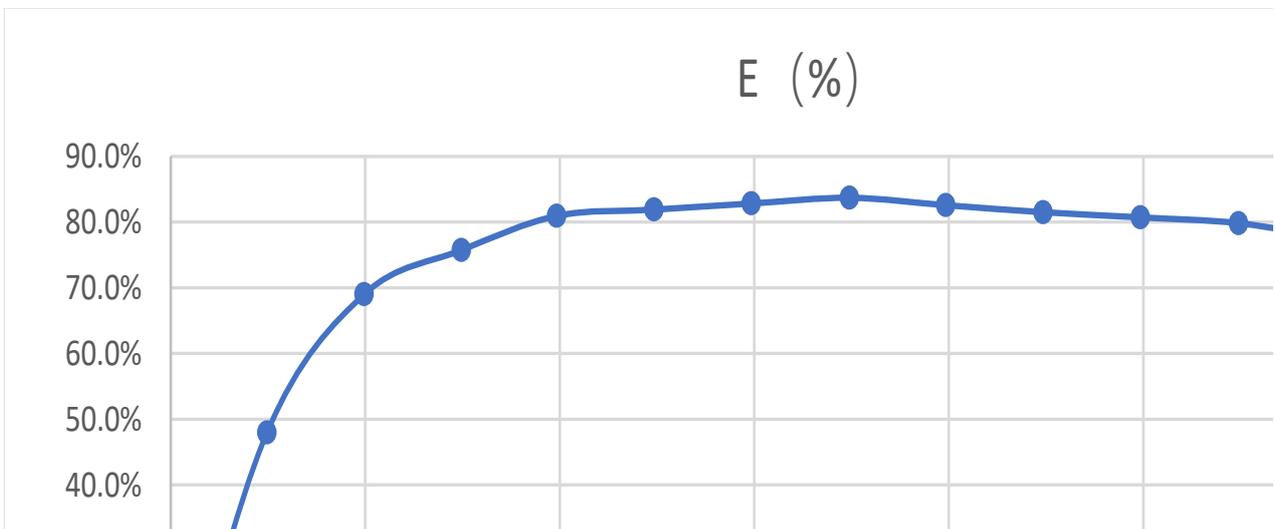


### 3.10 Demo 默认指示灯定义

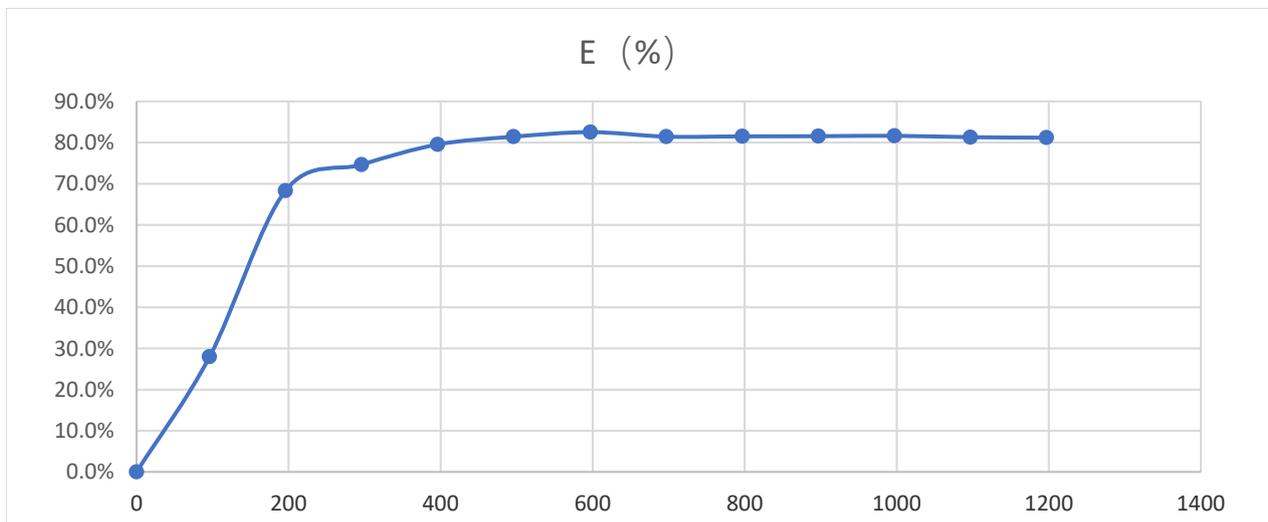
Idle	Charge	Charge complete	Fault	DPL
LED1,LED2 OFF	LED1 Blink 1s	LED1,LED2 OFF	LED2 Blink 1s	LED1,LED2 Blink 1s

## 4 性能

### 4.1 5W (VIN=5V) 效率测试



## 4.2 10W (VIN=9V) 效率测试



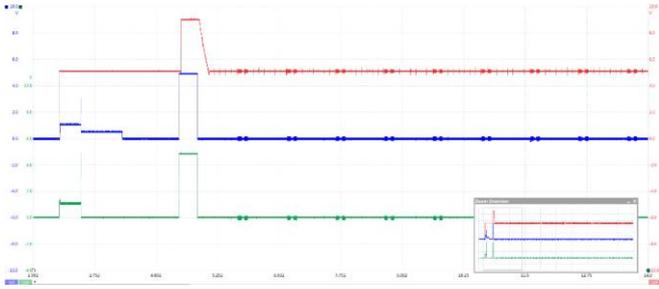


图 十五 上电过程

红色: VIN

蓝色: QC\_DP

绿色: QC\_DN

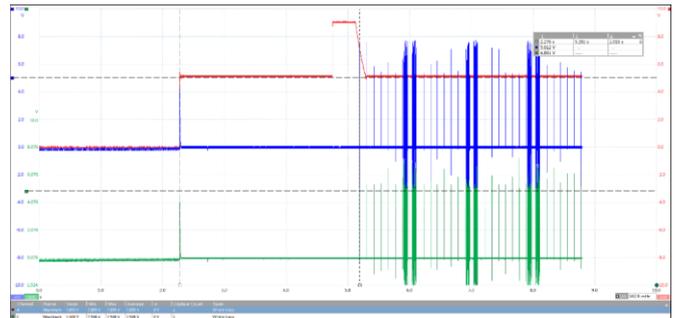


图 十六 上电过程

红色: VIN

蓝色: SW1

绿色: SW2

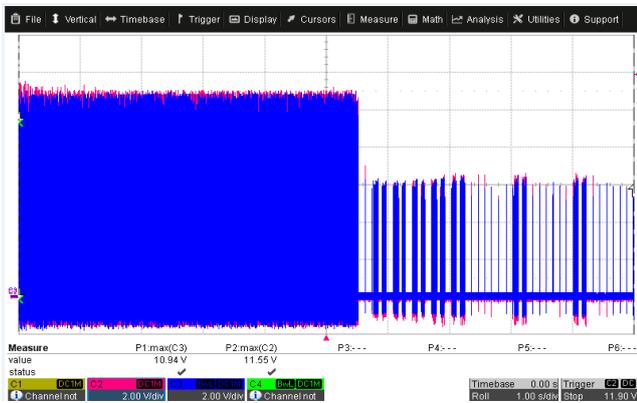


图 十七 手机移除

蓝色: SW1

红色: SW2

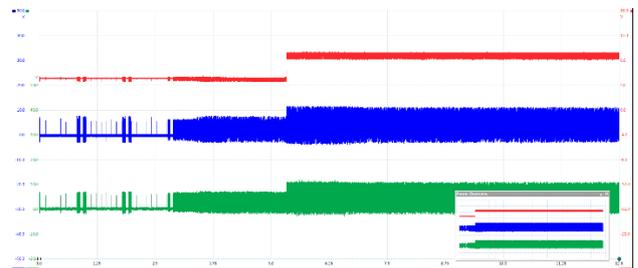


图 十八 放置手机

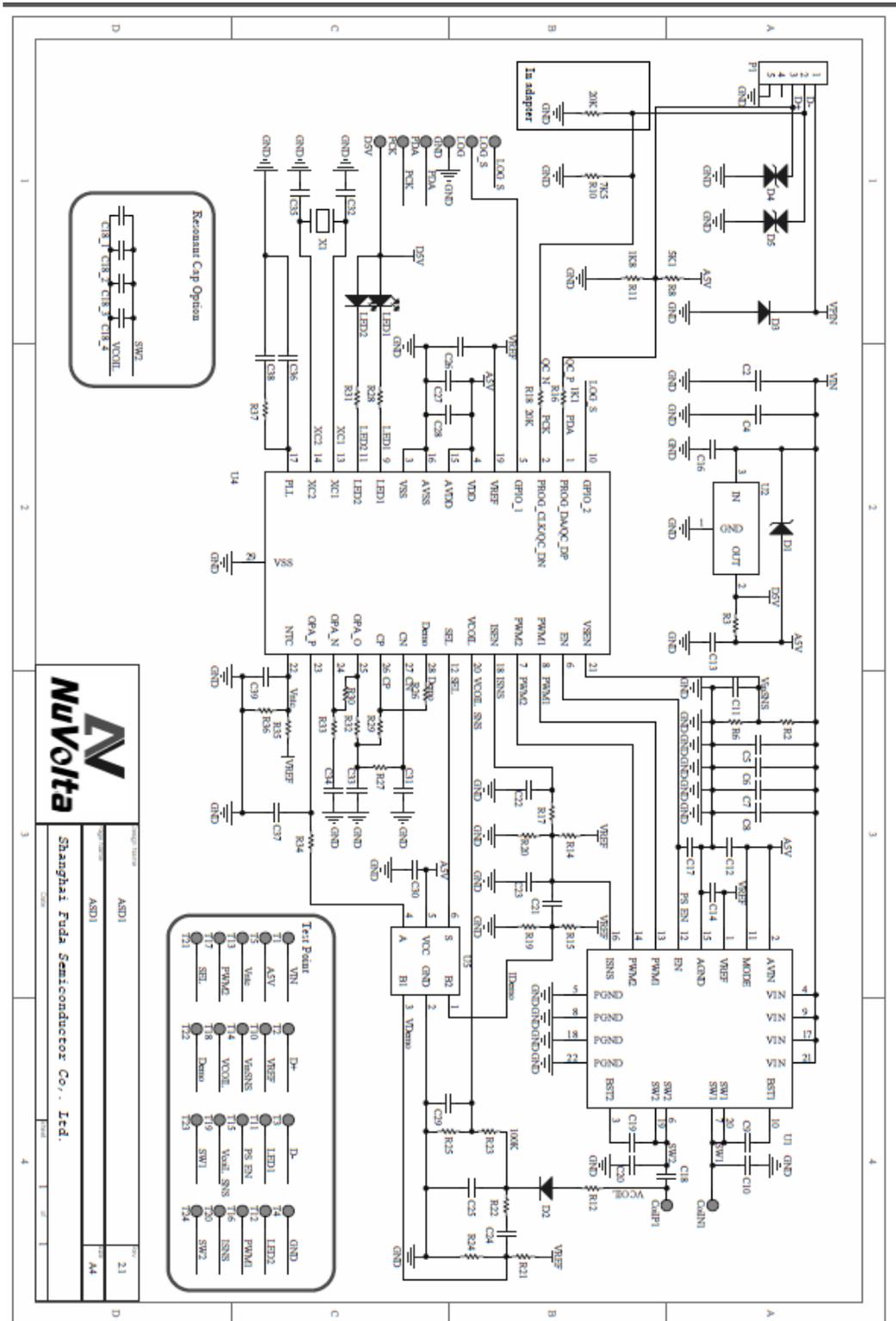
红色: VIN

蓝色: SW1

绿色: SW2

# 5 参考设计

## 5.1 参考原理图



## 6 样机 debug

通常客户主要关注以下几个方面：

- ◆ 充电曲线及时长
- ◆ FOD 及充电范围
- ◆ 兼容性：适配器兼容性、手机快充兼容性、量产治具设备兼容性

### 6.1 样机物料确认排查

样机焊接确保元件的值与参考设计一致，焊接良好，无虚焊、连焊现象。PCB 板线路网络正常，无工艺制程问题。

下面列举一些常见与工艺相关的异常现象及可能的原因：

- a. 没有进入正常待机，PWM/SW 没有波形---检查 MCU 外围物料参数，ADC 采样线路、PLL 元件、QC 线路元件参数及这部分 PCB 线路是否有异常；
- b. 上电报错，FOD 死机---检查 Vcoil，Isense 线路元件参数，线圈，谐振电容及 PCB 走线工艺制程检查；
- c. power IC 充电过程中异常发热---检查 power IC 焊接，该处 PCB layout 铜皮面积是否便于散热；
- d. 待机电流异常偏大---检查 power IC，LDO，MCU 关键器件及周边元件焊接，确认是否有异常短路；

### 6.2 待机问题分析

待机状态有模拟 ping 和 digital ping，代表程序逻辑完成初始化，进入了待机状态。可以借助串口工具和示波器波形进行 debug。串口可以选择性打印系统状态，Isense，Vcoil 等信息。

### 6.3 充电异常分析

充电异常断充串口结合波形确认原因。

- A. 串口收到最后一个包为 04 包通常是 MCU 收到 RX 功率包完成一次 FOD 计算误报 FOD；
- B. 串口收到最后的包不确定，VDEMO, DEMO 网络解包最后 1.6S 内没有明显的解调信息，同时 SEL 电平有出现翻转可以确认是解调问题，可以重点检查解调线路；

- C. 断充后 SW 没有波形输出，考虑异常触发 OTP。一般 OTP 之后 PWM 是关闭的；
- D. RX EPT (02 包) 断充，可以查询 WPC 协议 02 message 分类确认异常原因；
- E. 其他的如 TX 的 OCP,LVP,RX 的 OVP 等需要具体分析；

## 7 功能验证

### 7.1 FOD 测试

#### 7.1.1 ping 阶段 FOD 测试

Step1.手机放置 TX 表面显示充电以后，金属异物（1 角，5 角，1 元，更大的异物）插入线圈 center 确认 FOD 功能；

Step2.重复 step1，金属异物一次 便宜 center 1mm-20mm 找到 FOD 未报出位置，参考 5.5.5 确认 FOD 功能。

#### 7.1.2 power transfer FOD 测试

Step1.手机放置 TX 表面显示充电以后，金属异物（1 角，5 角，1 元，更大的异物）插入线圈 center 确认 FOD 功能；

Step2.重复 step1，金属异物一次 便宜 center 1mm-20mm 找到 FOD 未报出位置，持续充电 10min-15min 要求金属异物温度不超过 60°。如果超过可以根据软件配置文档微调 FOD EPPROM C 值；调整后重复测试满足 3.3 要求。确认充电范围内不会误报 FOD。

### 7.2 快充测试

#### 7.2.1 苹果快充确认

TX 频率在 127.6KHz 左右，iphone 手机会部分通过 control err 逐渐拉载到 7.5W，时间大约 2min 左右。SD1 快充功率下采用 9V 定频 127.6kHz 调 duty 工作模式。

如果 iphone 手机放置长时间没有达到 7.5W 快充功率该怎么排查问题？

1.观察手机放置后的串口 control 包，iphone 稳定状态下加功率发包 0x0A.确认手机是在要功率；

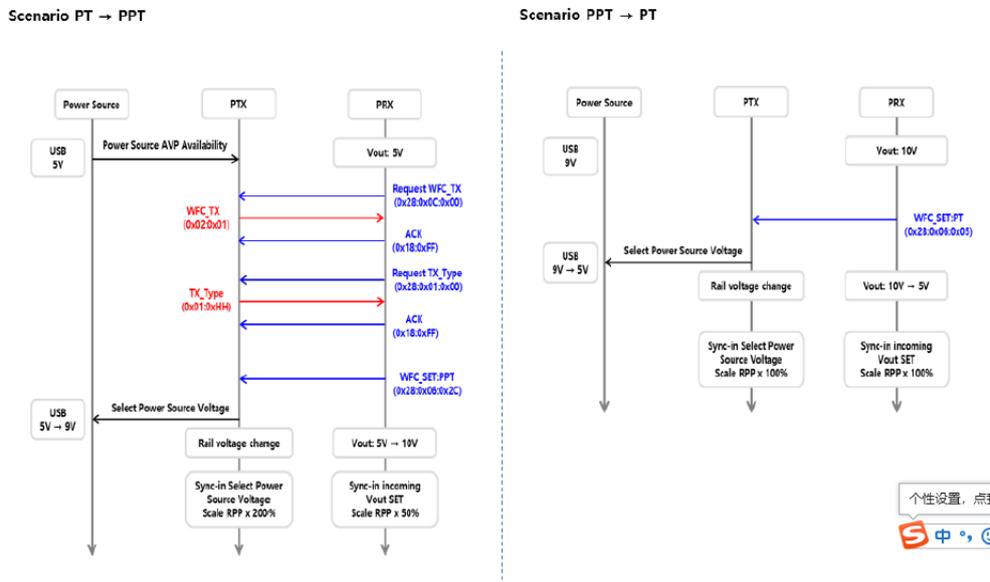
2.确认 5V 下频率是否切到 127.6kHz，是否工作在 duty 模式下。确认 MCU 的 PDA,PCK 电平

的变化 set 9V 电压切换逻辑，再同时确认下 D+,D-电平的变化是否同步；

## 7.2.2 三星快充确认

三星手机自由协议充电采用私有包上 9V 快充。三星慢充 5V@(110KHz-205KHz 变频)，收到私有包 0X28 0X06 0X2C 包 MCU 通过 QC 线路 set 9V(110KHz-200KH 变频)如果调试阶段手机没有显示无线快充该怎么排查问题？

三星私有握手协议时序如下图



1. 检查 TX 的串口是否可以依次收到图示时序的通信包。fsk 信号可能收到影响。如果没有依照上图时序收包，fsk 信号可能收到影响。可以检查下 PLL 及晶振网络；
2. 抓取 QC 相关网络节点确认 MCU 逻辑是否正常，D+、D-电压是否同步与 MCU GPIO 变化正常以排查元件或者其他原因。

## 7.3 充电范围

通常充电范围的要求如下，分别可以看下 ping 的自由度，充电自由度：

	Z 轴充电距离范围 (mm)	X 轴 RX 偏移最大位移 (mm)	X 轴 RX 偏移最大位移 (mm)
合理充电范围	2-8mm	$\pm 10^{\pm 12} \text{mm}$	$\pm 10^{\pm 12} \text{mm}$

推荐分别 Z=2MM,Z=4MM,Z=6MM,Z=MM 分别去测 XY 轴的自由度是否满足设计要求。

示列如下表：

Z=2	12mm								
	10mm								
	8mm								
	6mm								
	4mm								
	2mm								
	0								
		0mm	2mm	4mm	6mm	8mm	10mm	12mm	

## 7.4 LED 指示灯及一些常用功能验证确认

待机，充电，FOD，OTP，OCP，DPL；

◆OTP 验证时可以用万用表热电偶粘结在 NTC 上，用热风枪逐渐加温。确认两台以上 OTP 保护点，过温恢复点是否与客户要求一致。如需要调整可以参考软件配置说明方法调整。

◆OTP 的检测是上拉 NTC，下拉 82K 电阻。可以简单做一个 EXECL 表格，不同温度 NTC 阻值变化会有，ADC 电压可以计算出来。根据计算结果可以微调以保证精度。

◆OCP 测试:用 BPP 治具可以尝试拉载 5V/1A 以上电流，增加 Z,X,Y 轴耦合距离确认 TX 关断瞬间最大电流。通常默认设置 2A，实际测试值有所出入。OCP 保护后 TX 的状态通常是 LED 指示灯闪烁，PWM 没有波形输出。

◆DPL 测试：TX 输入接 5V/500mA 供电给手机或者 RX 充电，确认指示灯状态是否为配置状态，同时也可以观察 ce 包值确认此功能 OK。

## 7.5 样机充电曲线测试

样机进入量产前充电曲线是一个必测项目，iphone，三星，小米，华为每种品牌的手机可以一组充电曲线确认功能；可以匹配几种不同的 QC 适配器，5V 适配器确认输入兼容性。可以协助改善产品散热设计。

## 7.6 效率测试

可以带载伏达 EN300003 测试治具参考测试文档确认效率，效率如有异常可以关注异常发热点排查问题。

