

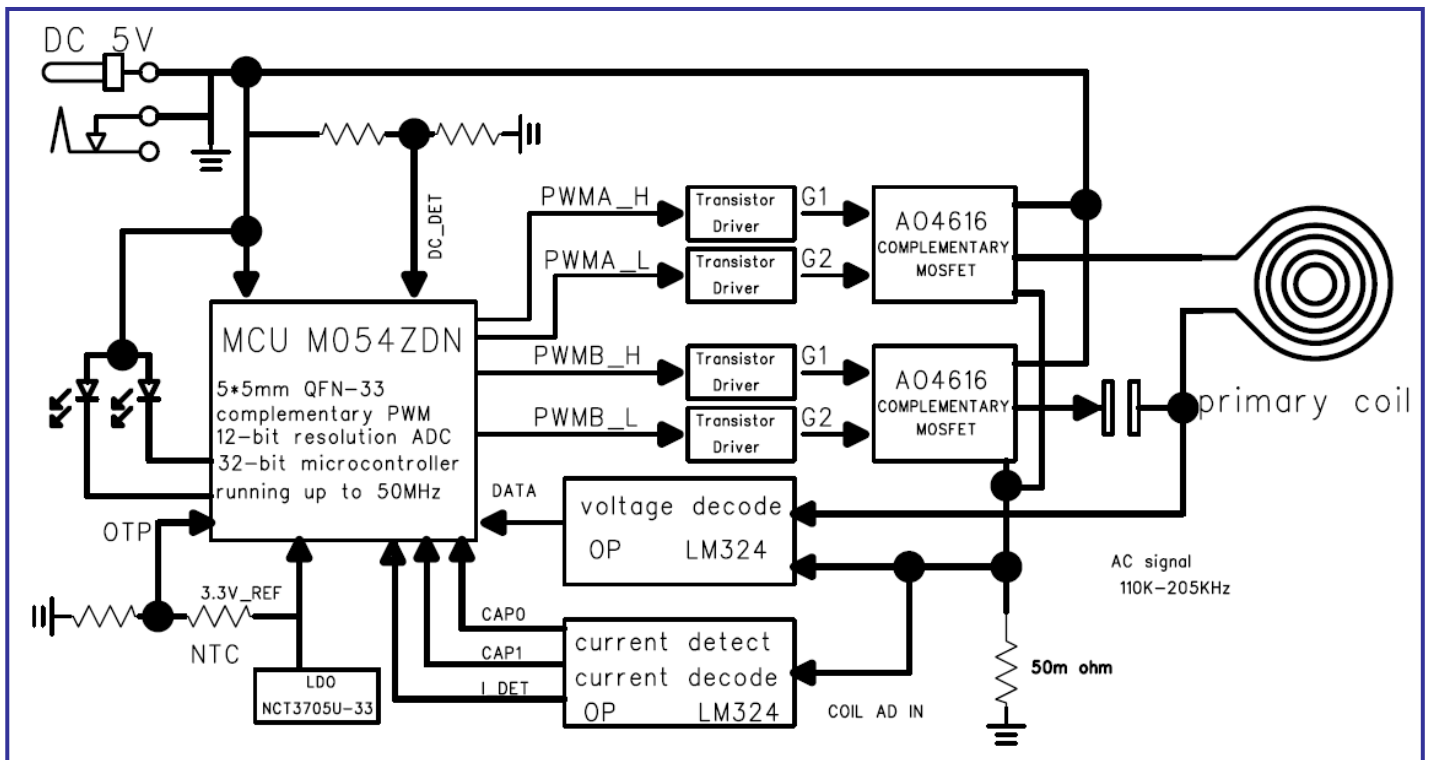
Qi V1.1 标准无线充电发射端解决方案

一、特性

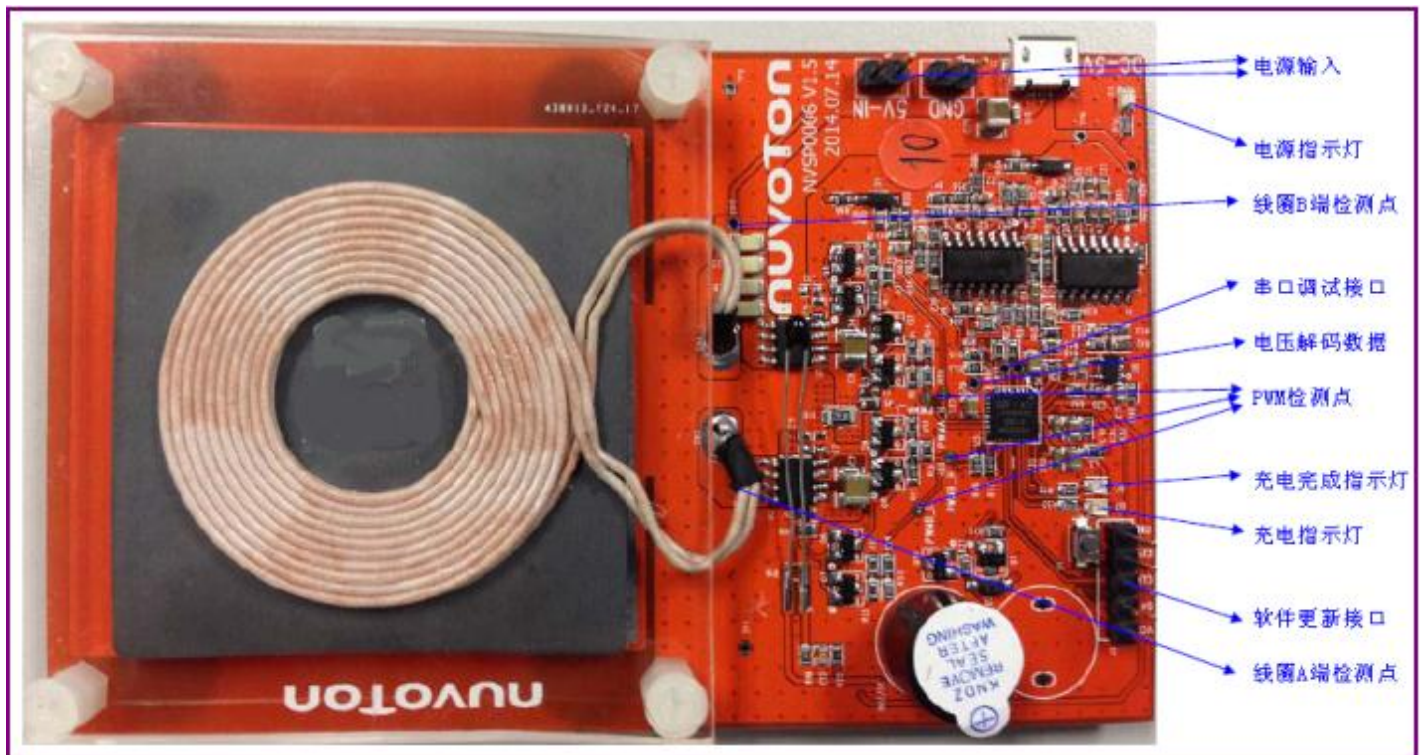
- 5V DC 供电，符合 Qi Ver 1.1 A11 标准
- 智能电源传输控制
- 主控芯片 Nuvoton M054ZDN，主频可达 50MHz
- PWM 分辨率可达 1/25Mhz
- LED 灯或者蜂鸣器作为状态指示
- 最大输出效率：74%
- 支持动态功率调整
- 过温，过流，过压检测与保护

二、系统组成

1、系统硬件框图



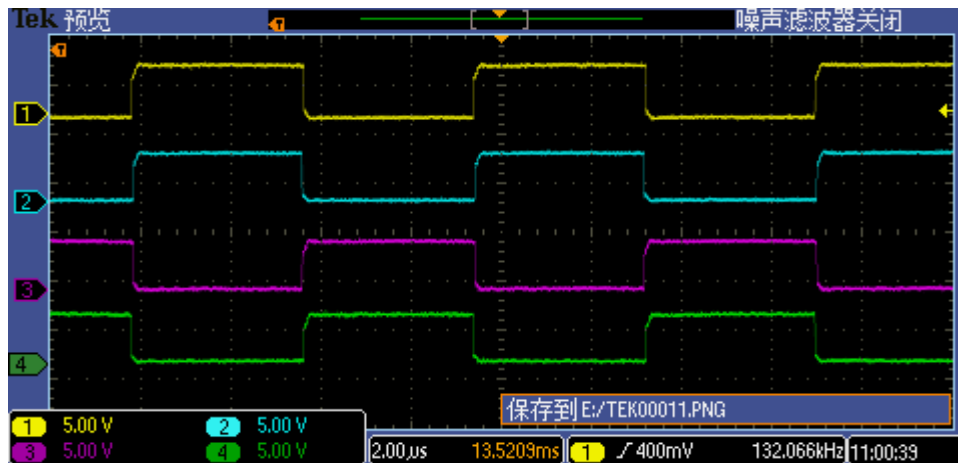
2. 系统实物图



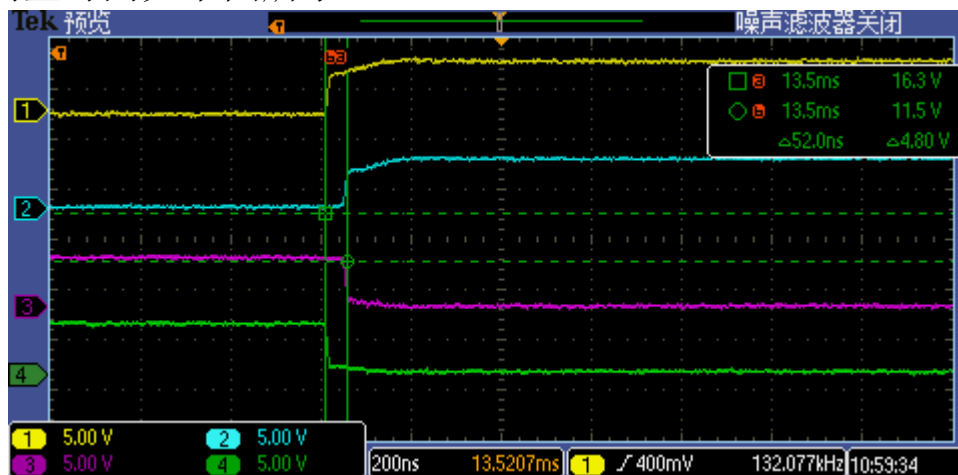
3、系统描述

采用 WPC 规范中的 A11 方案，输入电源为 DC-5V 2A，MOS 电路使用全桥架构，通过两组互补 PWM 驱动，使线圈产生 LC 谐振，来传输功率信号。电力接收设备则通过耦合来接收功率信号，并将其身份认证和电源要求等信息反馈给电力发送设备，然后发送设备通过捕获、解码这些信息，调整 PWM 频率，以适应接收设备的电源请求。因此，电力发送设备只相当于一个听从者，并服务于电力接收设备。

M054ZDN 有 5 个 PWM，其中 PWM2 和 PWM3 形成互补 PWM 对 A，PWM4 和 PWM5 形成互补 PWM 对 B，PWM6 作为接收数据捕获端。通过调整死区时间，可形成如下 PWM 波形图形（示波器 1 和 3 通道为 A 组，2 和 4 通道为 B 组）：



通过调整合适的死区时间，可以在避免 MOS 管短路的同时，又能最大限度减小因 PWM 关断在 MOS 管上损耗的功率，从而改善充电效率。该 DEMO 的死区调整时间如下图所示：



三、系统实现

1、Qi 通信协议

Select 阶段：进行异物判断，通过 ADC 检测，判断当前线圈表面的物体是否是电力接收设备，如果检测到电力接收设备，则进入 Ping 阶段。为防止硬币、钥匙等金属物体放置表面发烫，要求发送设备的 PWM 要间断发送，间断时间 500ms

Ping 阶段：电力接收设备将会返回一个信号强度包，如果信号强度包有效，

电力发送设备将保持线圈通电，并进入 **identification and configuration** 阶段。

Identification and Configuration 阶段：电力接收设备将会返回一些数据包，对其进行身份识别，并向电力发送设备提供配置信息和设置信息。

Power Transfer 阶段：电力接收设备将会返回控制误差包，以增加或者减少电力。正常运行期间，大约每隔 **250ms** 会发送这些电力误差包。大约每隔 **1.5S** 会发送一个电力包。

2、 系统框架

节选自 Qi 规范中的 **System Control**。如下图所示：

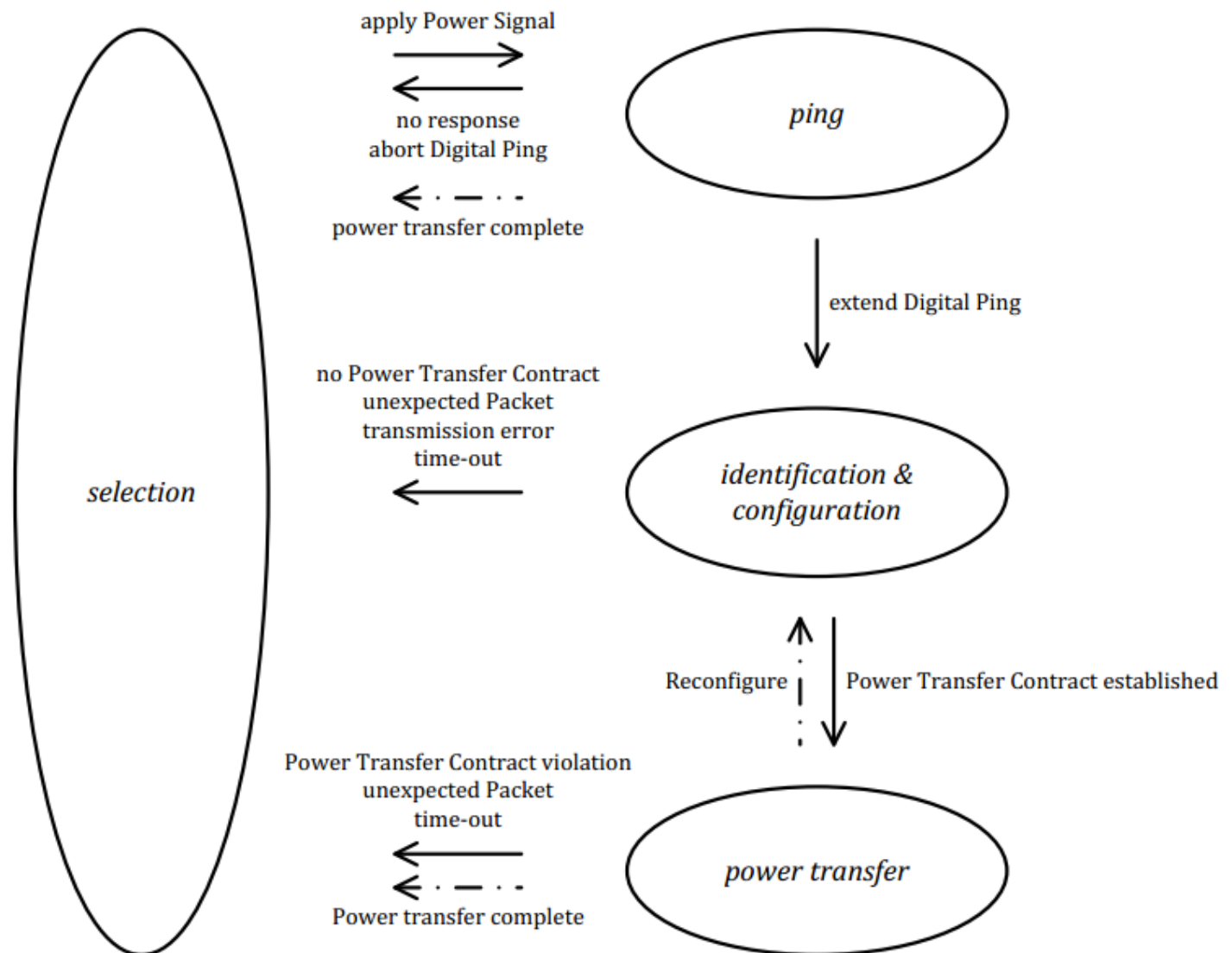


Figure 5-1: Power transfer phases

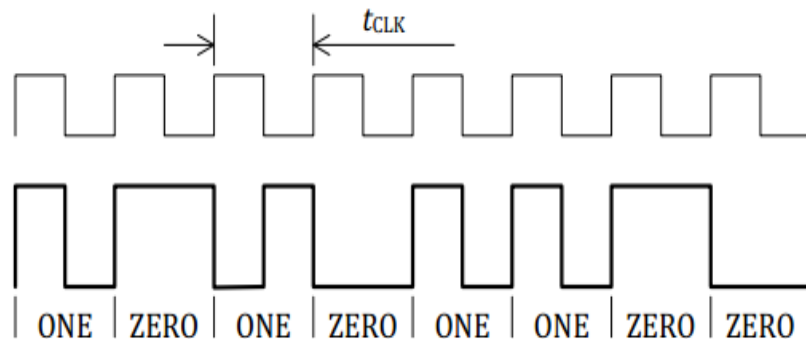
3、解码

单位编码周期: $T=500\mu s$

编码信号 1: high=250us 并且 low=250us

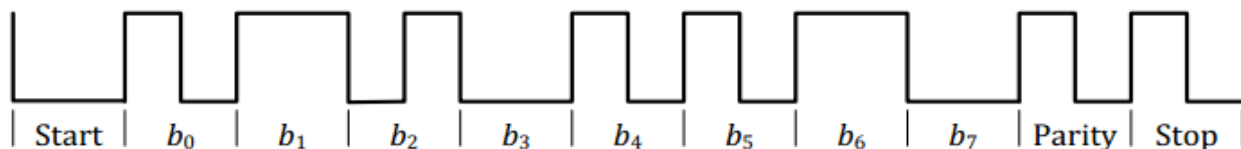
编码信号 0: high=500us 或者 low=500us

如下图所示:



字节的编码格式: 1 个 start 位+8 个 data 位+1 个 parity 位+1 个 stop 位

如下图所示:

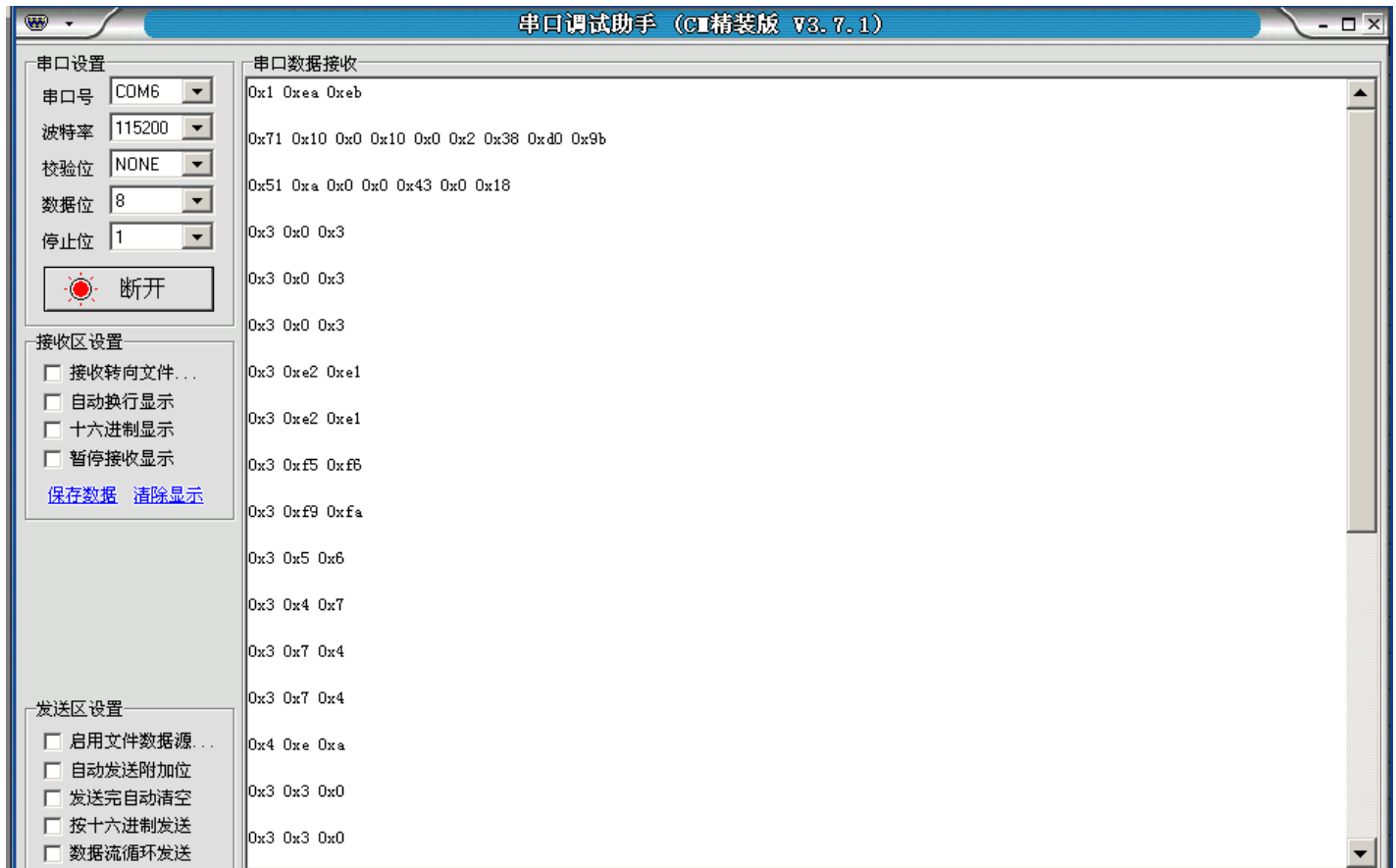


利用 MCU M054 的 PWM6 通道, 进行输入捕获, 判断高低电平的持续时间
解码各个 Bit 位。

一次正确的传输过程有以下阶段:

- ① 同步码: 9~11 个连续为编码为 1
- ② 头码包 : 指示包的类型, 并且还包含有接下来传输的数据包的个数, 如信号强度包、配置包、身份认证等, 具体请参阅 Qi 规范。
- ③ 数据码包: 包含该头码类型的具体数据信息。
- ④ 数据校验码包: 数据校验码包=头码包 \oplus 数据码包

四、数据捕获以及波形参考



Ping 阶段:

0x1 0xea 0xeb

0x1: 表示信号强度

0xea: 数据包

0xeb: 数据校验包 $0xeb = 0x1 \oplus 0xea$

Identification:

0x71 0x10 0x0 0x10 0x0 0x2 0x38 0xd0 0x9b

0x71: 表示身份认证

0x10...0xd0: 身份认证数据包

0x9b: 数据校验包 $0x9b = 0x71 \oplus 0x10 \oplus \dots \oplus 0xd0$

Configuration:

0x51 0xa 0x0 0x0 0x43 0x0 0x18

0x51:表示配置

0xa...0x0:配置信息包

0x18:数据校验包 $0x18=0x51 \oplus 0x0a \dots \oplus 0x0$

Power Transfer:

0x3 0x0 0x3

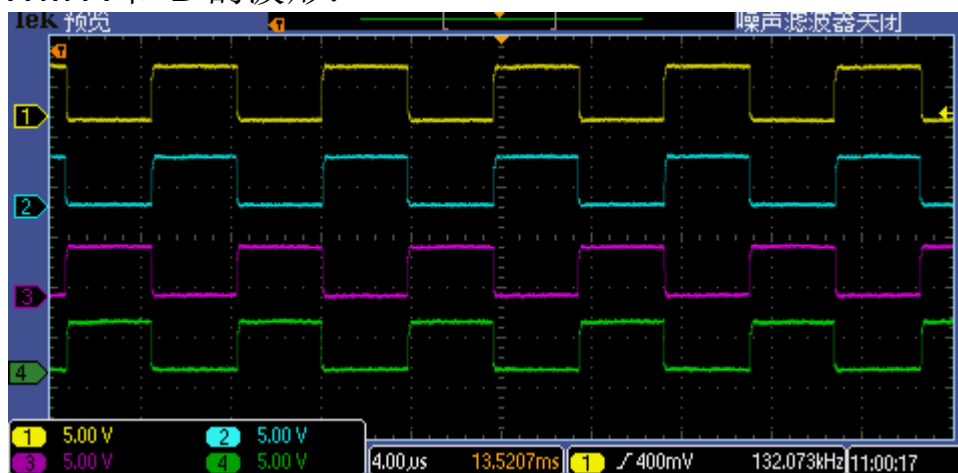
0x3:表示误差错误

0x0:误差错误数据包

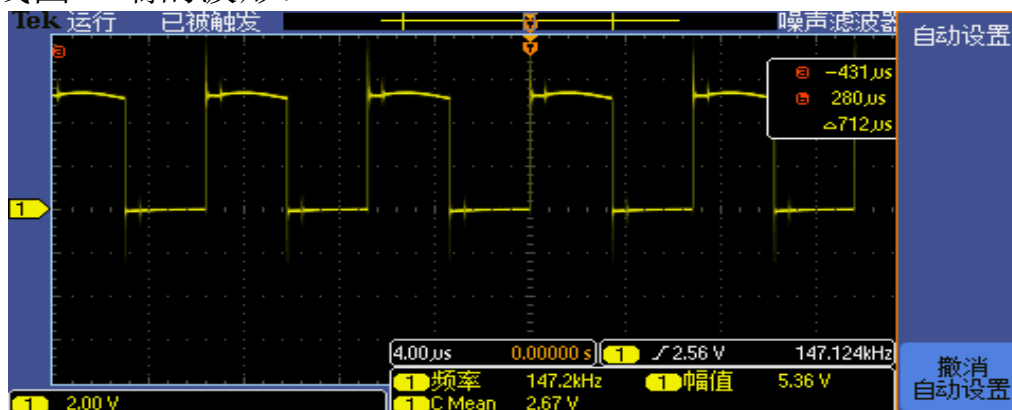
0x3:数据校验包 $0x03=0x03 \oplus 0x0$

正常充电过程中，波形图参考如下：

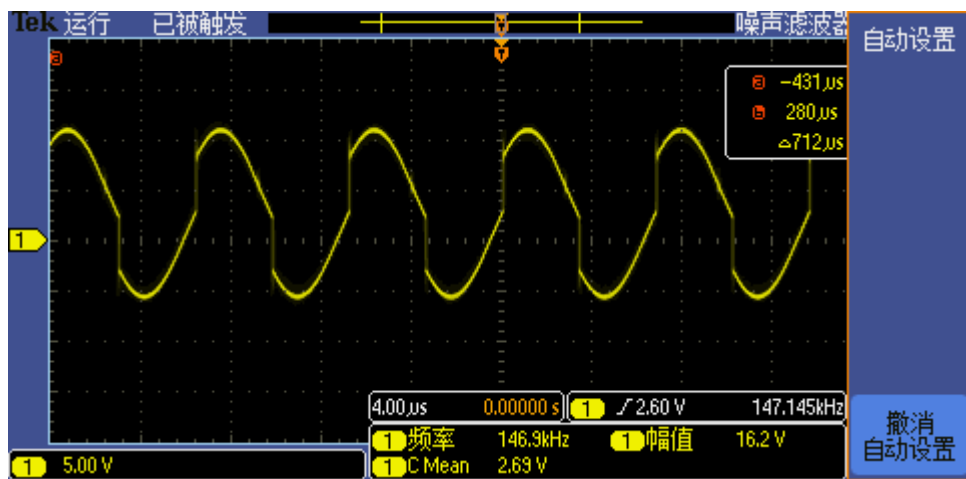
(1) 互补 PWM A 和 B 的波形：



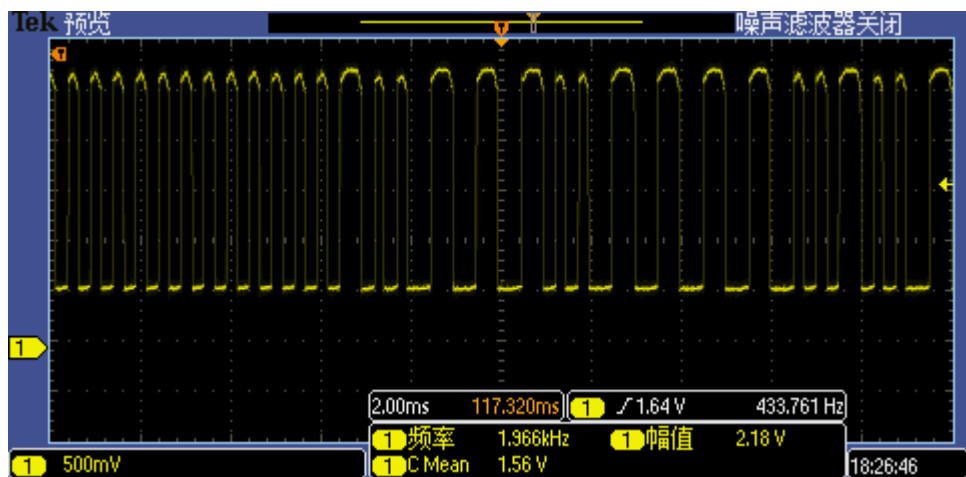
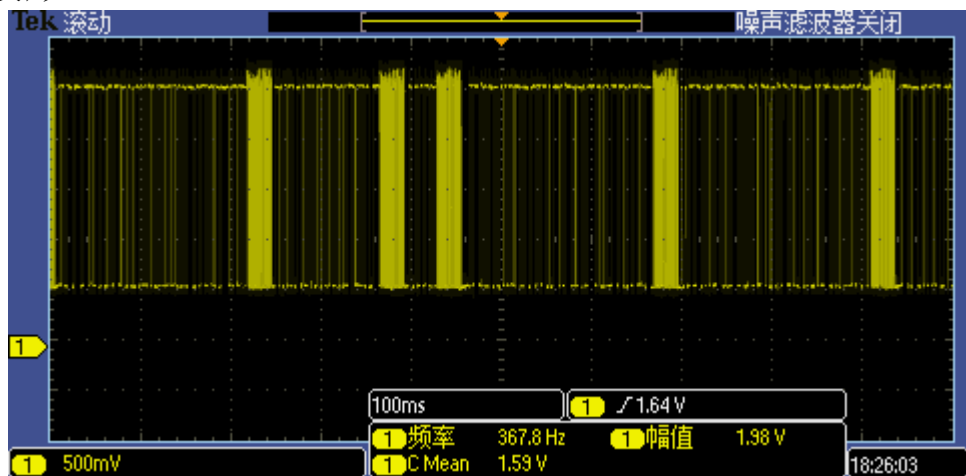
(2) 初级线圈 A 端的波形：



(3) 初级线圈 B 端的波形：

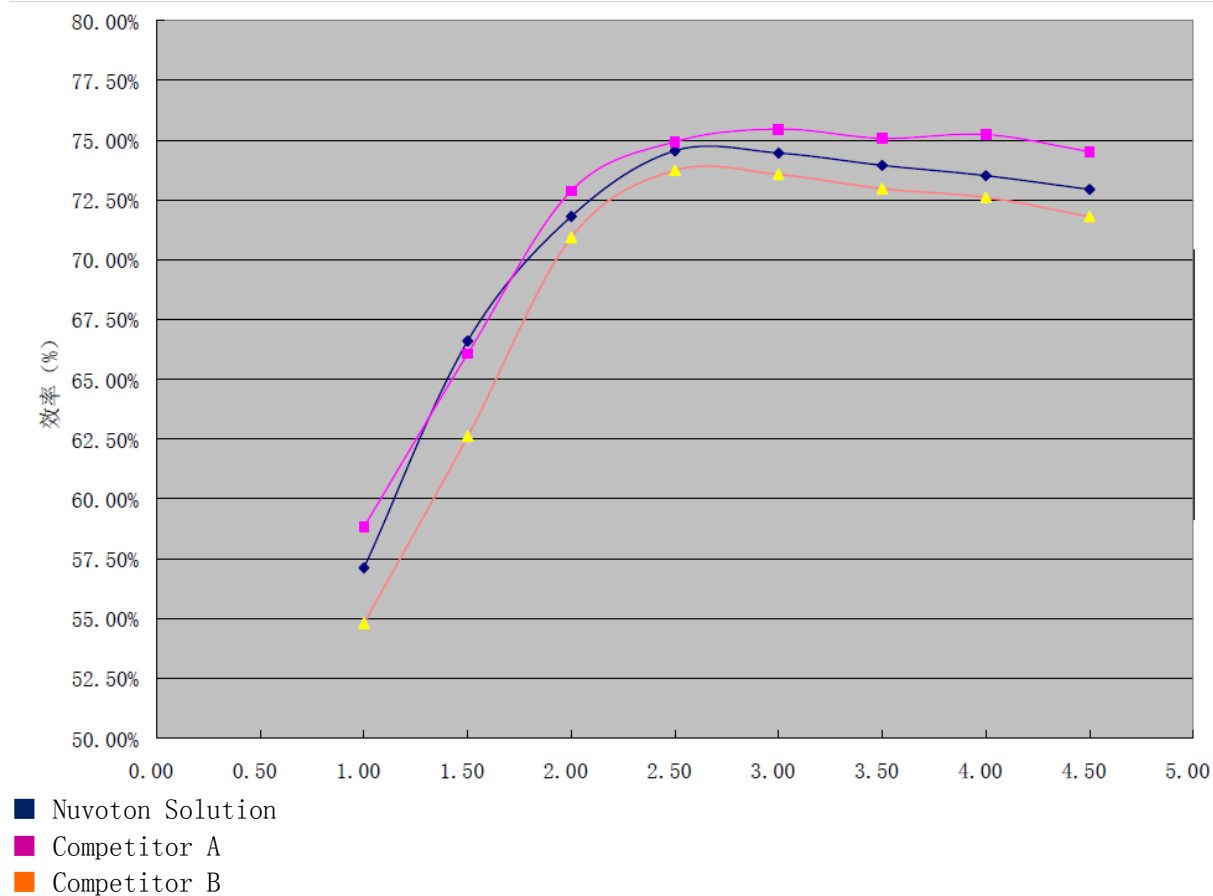


(4) 数据端波形



五、 充电效率测试

效率=接收设备输出功率/发送设备输入功率,如下图所示:



六、 EMI/EMC 测试结果:



ACCURATE TECHNOLOGY CO., LTD.

F1,Bldg,A,Changyuan New Material Port Keyuan Rd,
Science & Industry Park,Nanshan Shenzhen,P.R.China

Site: 1# Chamber

Tel:+86-0755-26503290

Fax:+86-0755-26503396

Job No.: NUVOTON #17

Standard: FCC Class B 3M Radiated

Test item: Radiation Test

Temp.(C)/Hum.(%) 25 C / 55 %

EUT:

Mode: ON

Model: NVSP0006

Manufacturer:

Polarization: Horizontal

Power Source: AC 120V/60Hz

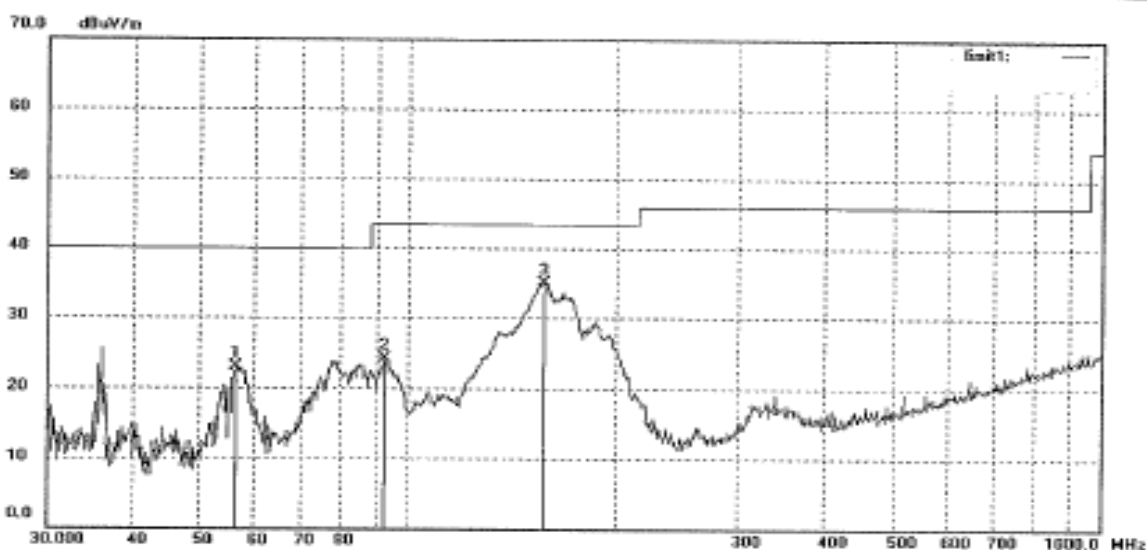
Date: 2014/05/16

Time: 14:22:12

Engineer Signature:

Distance: 3m

Note:



No.	Freq. (MHz)	Reading (dBuV/m)	Factor (dB)	Result (dBuV/m)	Limit (dBuV/m)	Margin (dB)	Detector	Height (cm)	Degree (deg.)	Remark
1	56.5929	43.95	-20.98	22.97	40.00	-17.03	peak			
2	92.4624	46.04	-21.77	24.27	43.50	-19.23	peak			
3	156.4578	58.30	-23.23	35.07	43.50	-8.43	peak			



ACCURATE TECHNOLOGY CO., LTD.

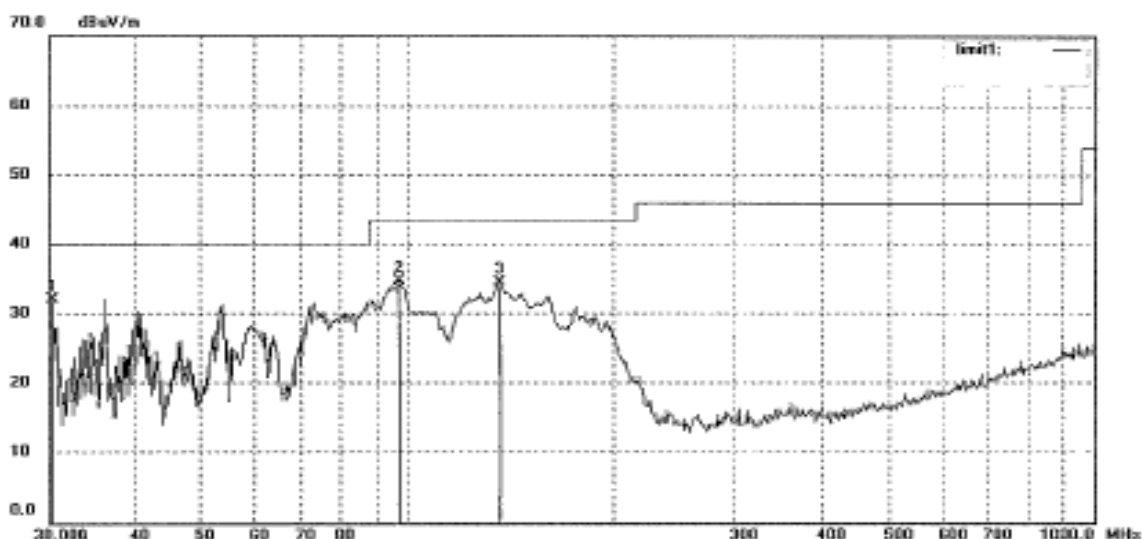
F1,Bldg.A,Changyuan New Material Port Keyuan Rd,
Science & Industry Park,Nanshan Shenzhen,P.R.China

Site: 1# Chamber
Tel:+86-0755-26503290
Fax:+86-0755-26503396

Job No.: NUVOTON #16
Standard: FCC Class B 3M Radiated
Test item: Radiation Test
Temp.(C)/Hum.(%) 25 C / 55 %
EUT:
Mode: ON
Model: NVSP0006
Manufacturer:

Polarization: Vertical
Power Source: AC 120V/60Hz
Date: 2014/05/16
Time: 14:20:27
Engineer Signature:
Distance: 3m

Note:



No.	Freq. (MHz)	Reading (dBuV/m)	Factor (dB)	Result (dBuV/m)	Limit (dBuV/m)	Margin (dB)	Detector	Height (cm)	Degree (deg.)	Remark
1	30.3173	50.03	-17.90	32.13	40.00	-7.87	peak			
2	97.1148	56.99	-22.20	34.79	43.50	-8.71	peak			
3	135.9822	57.82	-23.31	34.51	43.50	-8.99	peak			