

智能手表/灯泡无线充电器

2017-10-01

设计: yaya376459

1. 简介:

本智能手表/灯泡无线充电器设计, 是利用 Integrated Device Technology (IDT) 所提供 WP3W-RK 里面的发射器 P9235A-R (Fig.2a) 和 接收器 P9027LP-R 的 PCB 底板(Fig.2b), 分别安装在 G2-T 机壳 (Fig.3) 和 Q3 智能手表内(Fig.4).

用电磁感应原理, 把能量从发射器线圈 L1 无线传递到接收器线圈 L2 (Fig.1). 在接收器里利用整流器把交流电变成直流电, 调整至 5v 电压输出, 再焊接 Q3 智能手表的 5v 电源输入, Qi 无线充电设计便完成。

2. 设计原理:

电磁感应原理 (Principle Of Electromagnetic Induction)

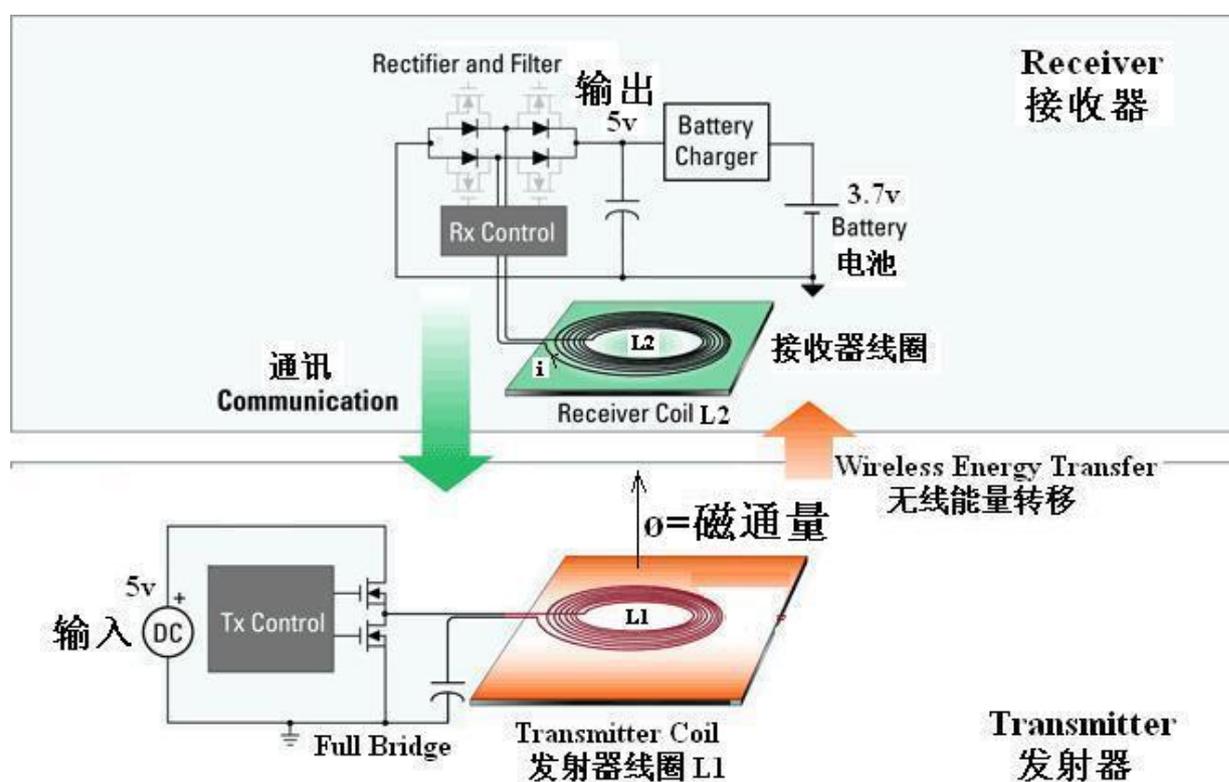


Fig. 1 电磁感应原理(Electromagnetic Induction) (注 1 在最后一页)

根据法拉第电磁感应定律 (Faraday's law of electromagnetic induction) 及楞次定律 (Lenz's law), 得如下公式:

感应电流 = 磁通量变动率 (rate of change of magnetic flux)

(微分方程) $i = - d\phi/dt$ where ϕ =Magnetic Flux (磁通量)

-负号表示 L2 感应电流 i 方向 Fig. 1 与 L1 的磁通量方向相反, t=时间(秒)

电磁感应原理方块图 (Electromagnetic Induction Block Diagram)

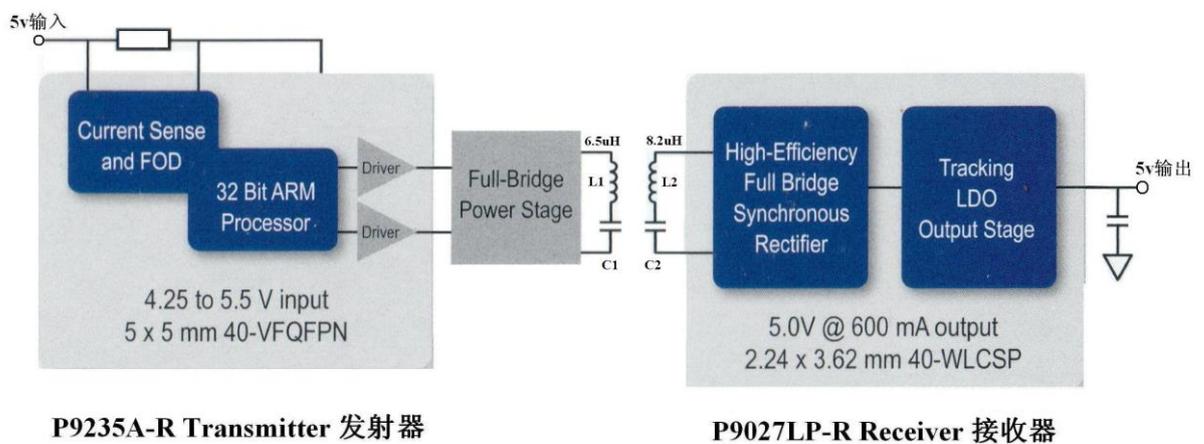


Fig 2 电磁感应原理方块图 (注 2)

从 Fig 2 电磁感应原理方块图中, 发射器 P9235A-R 的外置线圈 $L1=6.5\mu\text{H}$, $C1=100\text{nF} \times 4=400\text{nF}$, 接收器 P9027LP-R 的外置线圈 $L2=8.2\mu\text{H}$, $C2=2\text{nF}$

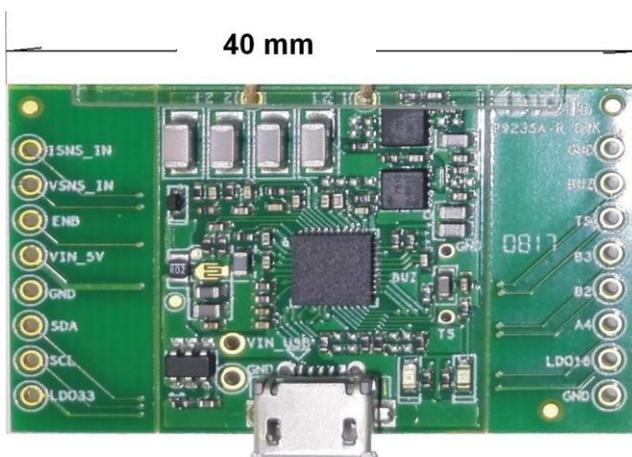


Fig.2a 发射器 P9235A-R 实物图

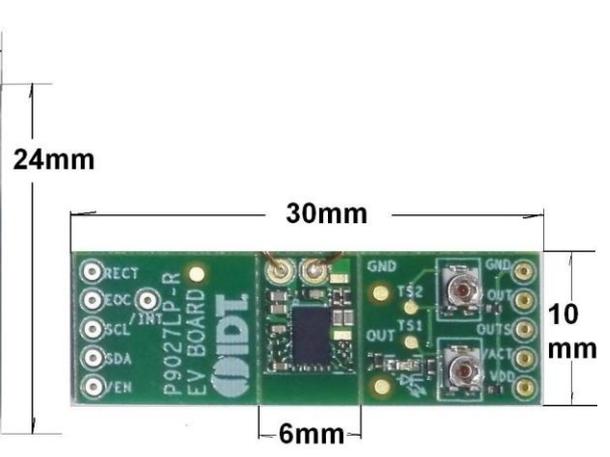


Fig. 2b 接收器 P9027LP-R 实物图

发射器 P9235A-R 的外置线圈 L1

接收器 P9027LP-R 的外置线圈 L2

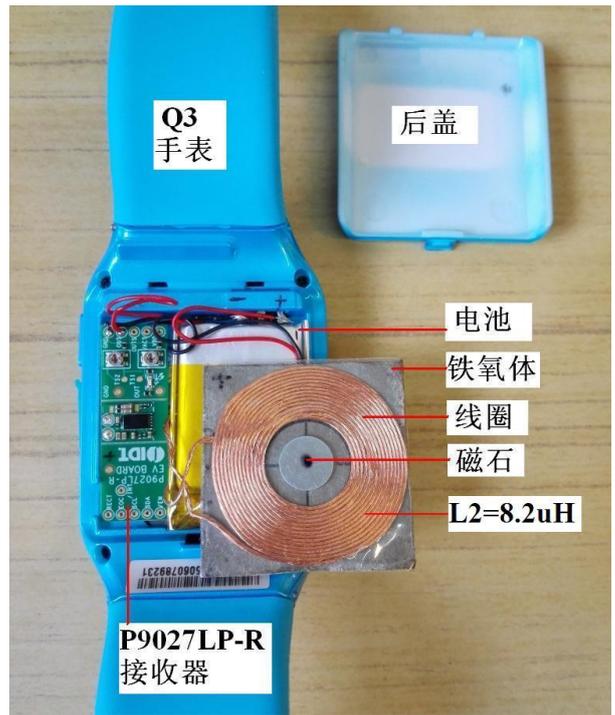
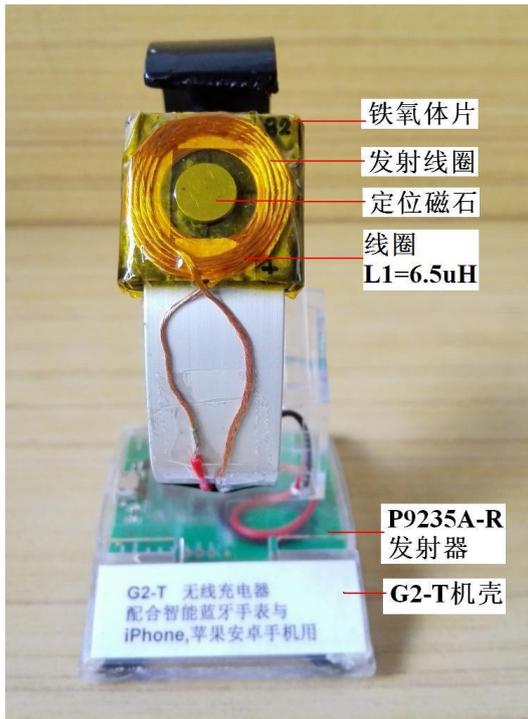


Fig 3 发射器的外置线圈 L1

Fig 4 接收器的外置线圈 L2

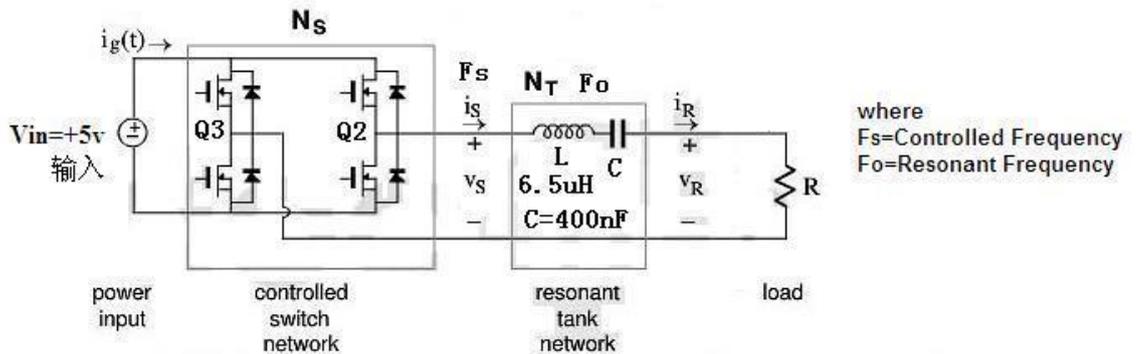


Fig 5 发射器简化电路 (注3)

控制开关网络频率(C Controlled Switch Network Frequency $F_s=140\text{ kHz}$) (Fig. 6)

输出频率 Output Frequency, $F_{out}=F_s=140\text{ kHz}$ (Fig. 7)

谐振频率 (Resonant Frequency F_o)

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

where $\eta = 3.1416$, $L=L_1=6.5\mu\text{H}$, $C=C_1=400\text{nF}$

$\Rightarrow F_o=98.7\text{ kHz}$

$\therefore F_o \approx 100\text{ kHz}$ (谐振频率)

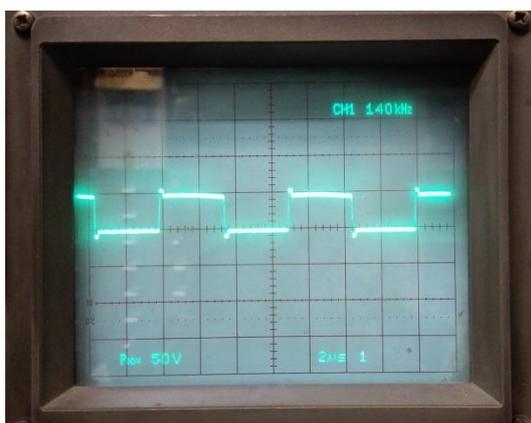


Fig.6 发射器控制开关网络频率
Fs=140 kHz, Vp-p=5v

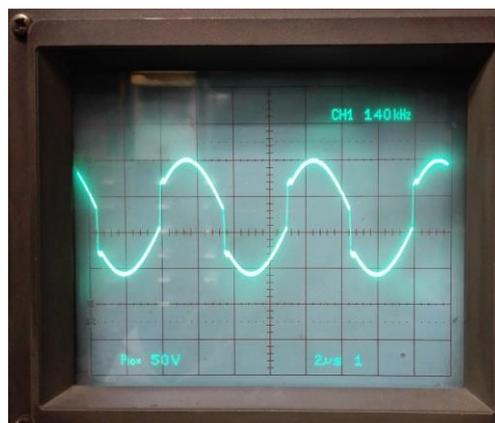


Fig.7 发射器输出频率
Fout=Fs=140 kHz, Vp-p=16v

当发射器收到从接收器发过来的控制错误信息包 Control Error Packet(CEP)指令，发射器会调整控制开关频率 Fs (Fig.6)，输出频率 Fout (Fig.7)也跟随改变，从 L1 线圈直接感应到 L2 线圈，接收器 Vin (Fig.8)的输入频率 F 也跟随改变以达成指令目标，若 CEP 的指令目标是降低电压，最后接收器 Vin 的电压便降低。

接收器 P9027LP-R :

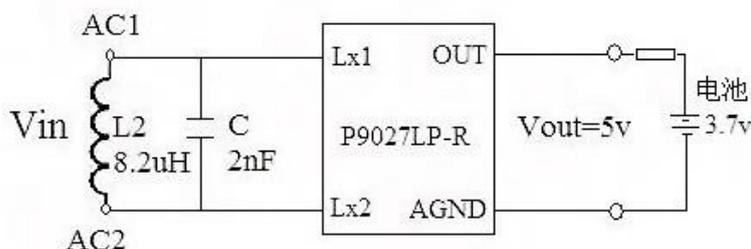


Fig.8 接收器 P9027LP-R 简化电路

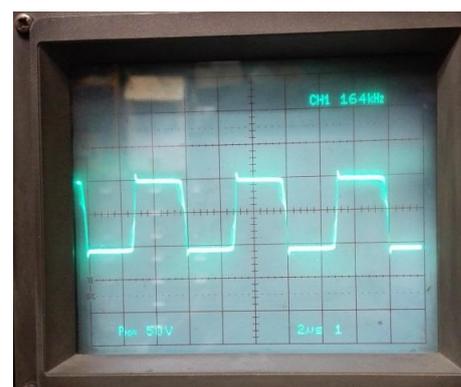


Fig.9 接收器 Vin 输入频率
F=164 kHz. Vp-p=12v

当 3.7v 电池充满电，接收器发出信息包 End Power Transfer(EPT)来通知发射器停止活动，发射器进入备用状态及进行数码“ping”命令。

3. 实验论证-电磁波干扰对系统稳定性影响



Fig. 10 智能手表 Q3 放在发射器上充电

要令接收器输出稳定的 5v 电压和电流给 Q3 智能手表充电如图 Fig.10, 需要做以下防电磁干扰方法如下:

- i. 发射器需要安装隔磁的铁氧体片于线圈上
此外, 铁氧体片可以加强磁通量 Φ (Magnetic Flux)
- ii. 线圈要用漆包线以减低迟滞现象(Hysteresis)和涡流(Eddy Current)做成的能量损失。
- iii. 使用磁石固定发射线圈和接收线圈。
- iv. 接收器 IC 与线圈尽量远离(Fig.12a), 甚至用铜片相隔离(Fig.12), 由于电磁波干扰, 不同位置安装会得如下结果 :

项目	电压 v/输入	电流 A/输入	安装方法	结果
1	4.97v	0.28A	接收器 IC 与线圈 面对	电流小， 不稳定
2	4.97v	0.35A	接收器 IC 与接收 器线圈背对	电流中， 稳定
3	4.97v	0.43A	接收器 IC 与线圈 背对，加一块薄铜 片在接收器与线 圈中间如图 Fig.12 示	电流大， 稳定 图 Fig.10

Fig. 11 实验论证-电磁波干扰对系统稳定性影响

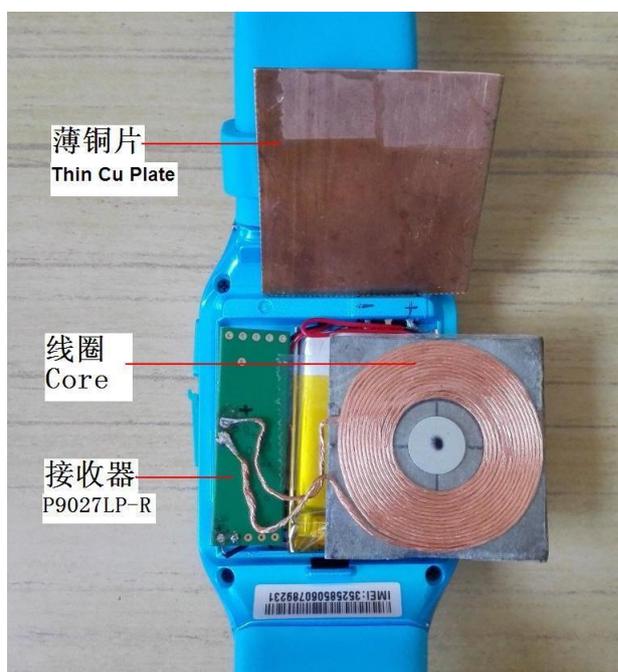


Fig. 12 安装铜片在接收器与线圈中间

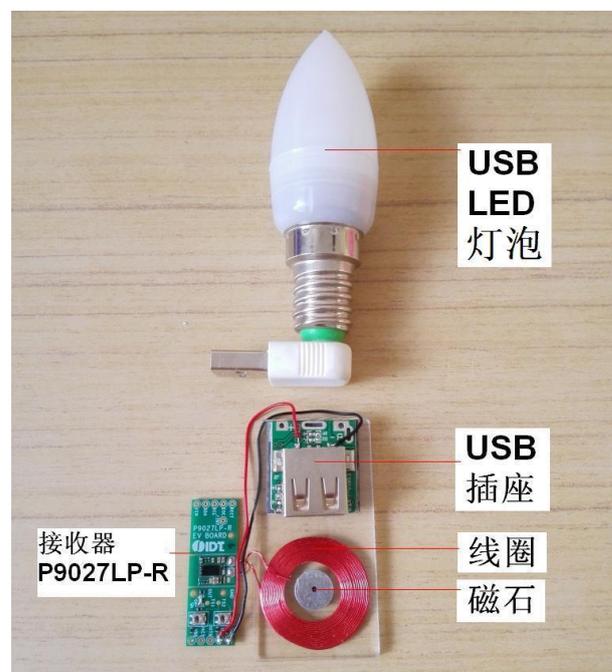


Fig. 12a 接收器 IC 与线圈远离,可以把接收器底板中间部分(10mmx6mm)拆下来安装在 USB 底板下

4. 安全充电

发射器可以令 Q3 智能手表充电，也可以令 Qi 兼容的灯泡点亮，由于接收器只输出+5v 电压，电流也只是 400mA (2 Watts)，所以儿童和长者，充电时较为安全，由于没有插线于手表或灯泡，防止触电问题出现，也解决有线充电时出现接触不良问题。此外，无线充电时没有外露接口，可以提高防水，防尘的 IP 标准。



Fig 13 智能手表 Q3 与无线灯泡在安全充电中

5. 结论:

设计无线充电智能穿戴产品时，需要考虑电磁波干扰对系统稳定性影响，可以利用隔磁和吸磁物料，或将接收器 IC 与线圈远离，把影响减至最低，提高系统稳定性。

随着苹果 iPhone 8 在 2017 年 10 月份开始发售，手机或智能穿戴产品的 Qi 标准无线充电时代即将开始普及，用户因安全问题及方便充电心理，接受而流行起来。无线充电产品将是未来一个庞大市场和机遇，把电子产品推向另一个高峰。

最后先感谢 IDT 大赛所提共的免费无线充电套件 WP3W-RK，和 elecfans 电子发烧友网站平台(注 4)的咨询与上载视频支援。

再感谢幕后一班无名英雄的献策和建议，遂得以把设计完成，谢谢！

(注 1) IDT Integrated Device Technology - Introduction to Wireless Battery Charging

<https://www.idt.com/products/power-management/wireless-power/introduction-to-wireless-battery-charging>

(注 2) IDT Integrated Device Technology - WP3W-RK

Wireless Power Reference Solution for ≤ 3 Watt Application

(注 3) Electrical, Computer and Energy Engineering - University of Colorado Boulder Fig 2.1

<http://ecee.colorado.edu/~ecen5817/notes/sin/ch2.pdf>

(注 4) 电子发烧友网站

<http://www.elecfans.com/>

--- End Of Page ---