

BP66FW1242 Qi 无线充电接收端应用

文件编码：AN0578SC

简介

Qi 是一种由无线充电联盟(Wireless Power Consortium, 缩写 WPC)所制定的短距离低功率无线感应式电力传输的互连标准, 主要目的是为手机与其他便携式电子装置提供便利与通用的无线充电标准。Qi 协议分为发射端(Tx)与接收端(Rx), Tx 端负责功率发射、数据通信, Rx 端负责功率接收及数据通信。功率与通信传输均是通过交变电磁场实现, 因此 Rx 端需要具备整流及通信调变功能。

锂电池是可携式电子设备中可充电电池最普遍的类型之一, 具有高能量密度, 无记忆效应, 在不使用时电荷损失缓慢。除了消费类电子产品, 越来越进步的锂离子电池也越来越普及, 可用于军事、纯电动汽车和航空航天等应用。同时因锂具有高活性与易燃性, 充放电的过程需在一定规范下方可确保安全, 不正确的充/放电、电流、电压都可能使电池燃烧产生危害。

Holtek 提供的无线充电接收端 MCU BP66FW1242 内建同步全桥整流功能、线性充电功能、LDO、通信调变功能, 满足了无线充电接收端所需的电路, 可基于 Qi 无线充电标准与无线充电发射端(Tx)进行通信, 并对携带型装置锂电池做线性充电管理, 防止锂电池过充产生危险, 相当适合需求小体积的无线充电接收装置。本文针对 Qi 通信与线性充电的原理及使用方式进行详细的说明。

功能说明

Qi 通信电路可分为两种, 分别是电阻调变与电容调变, 其原理皆是由 Rx 端改变 Tx 所发射出来的能量, 由 Rx 端将数据反射回 Tx, Tx 通过解调电路即可收到 Rx 所发送的数据。由于 Qi 无线充电是基于 LC 谐振原理, 因此越靠近谐振频率时功率越大, 反之, 越远离谐振频率时功率越低, 所以 Tx 端会根据控制信号的内容进行频率调整, 藉此修正发送功率以符合 Rx 的需求。Qi 无线充电架构如下图所示。

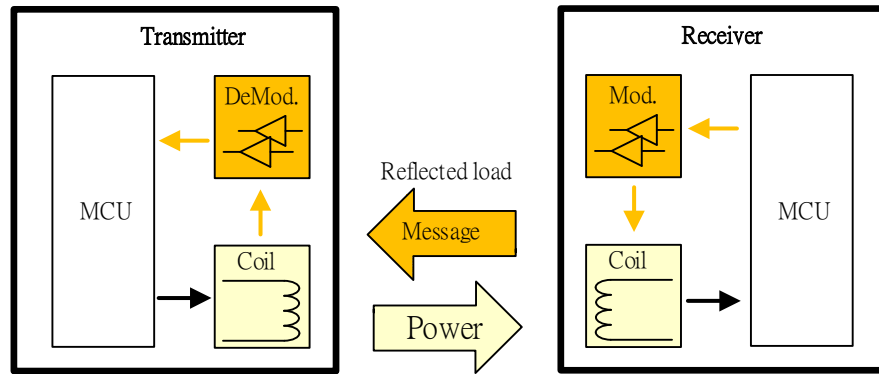


图 1. Qi 无线充电原理

BP66FW1242 内建锂电池充电专用的线性充电电路，如图 2 所示，可自动切换涪流、恒流、恒压模式与回充模式，确保充电安全性。全硬件电路设计无需 MCU 控制，大幅降低开发复杂度。使用者只需通过读取 VCCS 与 CVS 的状态，即可知道线性充电电路处于停止、充电中、已充饱的何种状态。

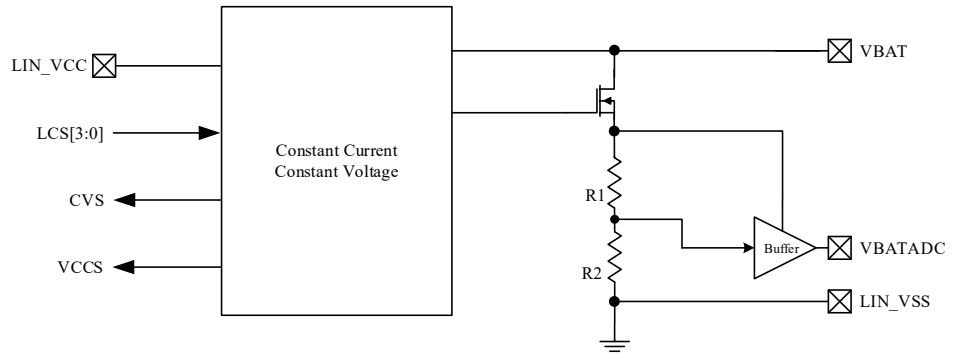


图 2. 线性充电原理

工作原理

1、Qi 通信封包格式：Qi 的 Byte 格式包含有 11 个 bit，转态 1 次为“0”，转态 2 次为“1”，且每个 bit 宽度为 1ms，如下图 b0=1、b1=0。

Byte 格式包含：

- 1 bit 开始位 (固定为 0)
- 8 bit 数据位
- 1 bit 校验位 (偶校验)
- 1 bit 停止位 (固定为 1)

如下图所示。

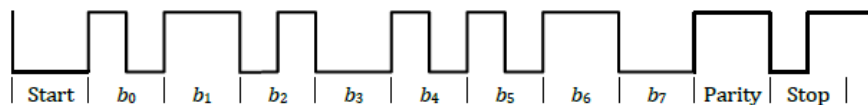


图 3. Qi 通信 Byte 格式

2、Qi 完整封包格式：完整封包格式有前导码、头码、2 笔数据、检查码，共 5 大笔数据所组成。

完整封包组成：

- Preamble (11~25 bits, 固定为‘1’)
- Header (1 byte)
- Message (1~27 bytes)
- Checksum (1 byte)

详细如下：

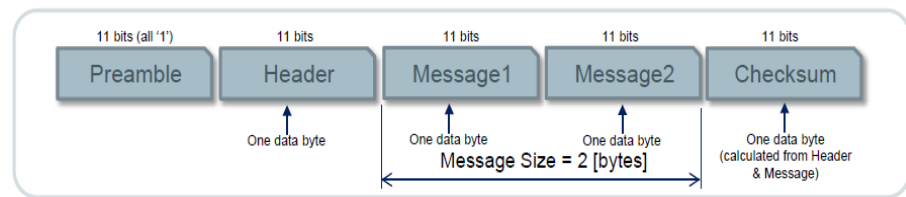


图 4. 完整封包格式

3、Qi 系统通信流程：Qi 通信主要分为 4 个阶段 Selection phase、Ping phase、Identification & Configuration phase、Power Transfer phase。Selection phase 相当于待机，Ping phase 是用来侦测是否有 Rx 放置于 Tx 上，Identification phase & Configuration phase 用来同步各项参数与定义，Power Transfer phase 用来功率控制与效率检测。在各阶段若发生错误或保护皆会回到 Selection phase。

根据 Qi 协议，Tx 端每 40ms 会 Ping Rx 一次，此时为 Ping phase 阶段。

若 Rx 接收到 Ping 的信号，则依所设定的最大信号强度(Umax)计算，并回传所接收到 Signal Strength (0x01, SS)，若 Rx 有正确响应则进入 Identification & Configuration phase，根据 Qi 协议 Signal Strength 计算如下：

$$\text{Signal Strength Value} = U / U_{\text{max}} \times 256$$

Identification (0x71) 包含 Qi 版本号、工厂码、产品 ID，Configuration (0x51) 则包含功率设置、数据长度以及时间参数等，Rx 接收完成后即进入 Power Transfer phase。

Power Transfer phase 阶段 Rx 会传送 Control Error (0x03, CE)、Received Power (0x04, RP)信息，提供 Tx 进行功率控制与异物检测。Control Error(CE)值为 8-bit 数据，范围为-128 ~+127 用以表示-100% ~100%，由 Qi 规范 CE 值计算如下：

$$\text{CE} = \frac{\text{Power(目标值)} - \text{Power(当前值)}}{\text{Power(当前值)}} \times 128$$

Received Power 值为 8-bit 数据，范围为 0~255 表示 0~10W。由 Qi 规范 RP 值计算如下：

$$\text{Received Power Value} = \text{Pre-received Power (接收端功率)} \times 128 / (10W/2)$$

Qi 系统控制架构如下图所示。

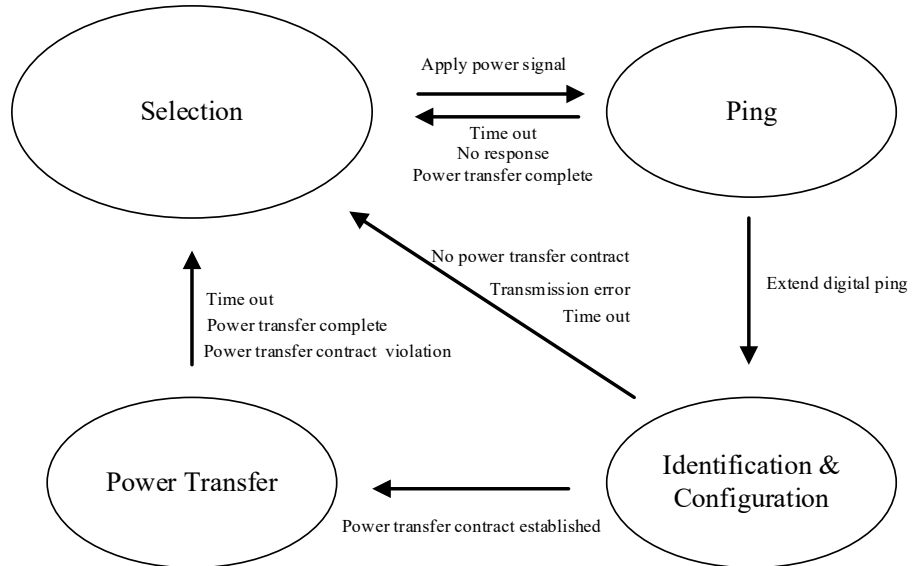


图 5. Qi 系统控制架构

硬件说明

为达成 Qi 通信要求，Holtek 无线充电接收 IC BP66FW1242 提供丰富硬件资源，包含同步全桥整流功能、线性充电功能、LDO、内建 Vref 以及通信调变功能。在 Qi 各个 phase 中，BP66FW1242 需要外部硬件电路搭配达成通信编码、功率计算等功能，Holtek BP66FW1242 Demo 硬件电路图如下所示。

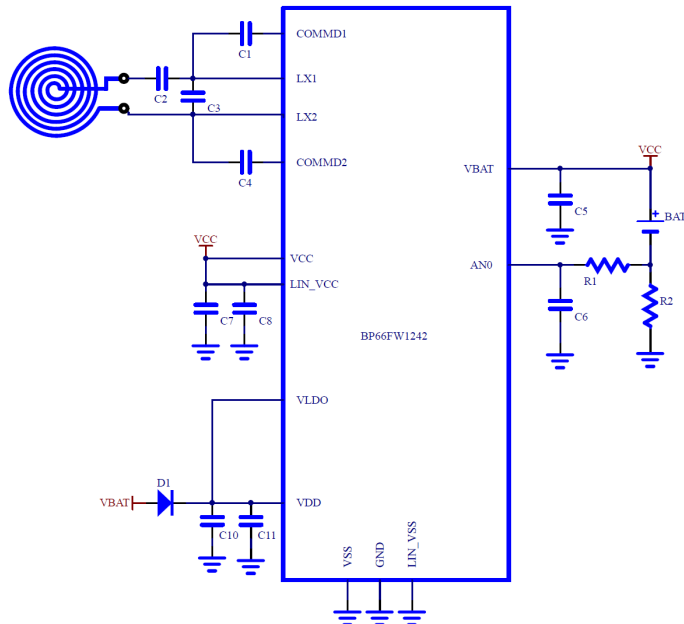


图 6. BP66FW1242 应用电路图

Qi 通信数据计算方式

BP66FW1242 内建调变电路，通过外部电容 C1 与 C4 改变谐振频率，产生调变信号，程序根据 Qi 协议发送不同 phase 阶段定义的封包，相关封包如下几点描述。

1、Signal Strength Packet (0x01)

Signal Strength (SS) 的值为 8-bit 数据，范围为 0~255，用于表示在 Ping phase 阶段所接收到的能量大小。通过内部 $V_{CC}/5$ 的分压电路搭配 V_{BG} 参考电压测量当前 V_{CC} 电压，并以 $8V=256$ 进行比例计算，计算出 SS 值回传给 T_X 。使 T_X 持续进行功率发射以进入 Identification & Configuration phase。

$$SS = \left(\frac{ADC \text{测量值}}{4096} \times ADC \text{参考电压} \right) \times 5 \times \left(\frac{256}{8V} \right)$$

2、Control Error (0x03)

Control Error (CE) 的值为当前 V_{CC} 电压与目标电压的误差，范围为 -128 ~ +127，用以表示 -100% ~ 100%，MCU 依照当前电压与目标电压差异计算出 CE 值。本范例利用 MCU 通过内部 $V_{CC}/5$ 的分压电路搭配 V_{BG} 参考电压测量当前 V_{CC} 电压，并计算出 CE 值回传给 T_X 。

$$CE = \left(\frac{\text{目标}V_{CC}\text{值}}{\frac{ADC \text{测量值}}{4096} \times ADC \text{参考电压} \times 5} - 1 \right) \times 128$$

3、Received Power (0x04)

Received Power (RP) 值为 R_X 的接收功率，范围为 0~255，用以表示 R_X 端的功率，MCU 依照接收到的功率计算出 0x04 数值。接收功率包含 R_X 系统本身消耗功率、充电功率，通过应用电路上的电池充电采样电阻 R_4 ，并搭配 V_{BG} 参考电压，可在不同的 V_{CC} 电压下计算出接收功率。

$$RP = \frac{\left(\frac{\text{电流测量值} \times ADC \text{参考电压}}{4096 \times \text{电流采样电阻值}} + \text{系统消耗电流} \right) \times \frac{ADC \text{测量值} \times ADC \text{参考电压}}{4096} \times 5}{5W} \times 128$$

线性充电器(Linear Charger)

BP66FW1242 针对锂电池式移动产品搭配线性充电功能，由于锂电池充电需经过三个阶段，即涓流、恒流、恒压，若对锂电池充电不当，轻则损坏锂电池，重则造成起火爆炸，BP66FW1242 内建线性充电功能，可配合不同阶段充电的控制，提供不同的充电状态读取，如输入电压异常、充电中、电池充饱等，线性充电器的涓流、恒流、恒压如下说明，并整理流程图如下图 7 所示。

- 涓流模式：用于完全放电或电池电压低于 3V 的电池。此模式为充电的第一阶段。当电压小于 2.5V 时，将使用一个 8.3mA(典型值)的恒定电流对电池进行预充电。当电压大于 2.5V 时，将使用一个 $1/12 \times I_{BAT_CC}$ (典型值)的恒定电流对电池进行预充电。
- 恒流充电模式：当电池电压大于等于 3V，且小于 4.2V 时，充电电流将在第二个充电阶段切换到一个典型的恒流状态。充电电流是由 LCS[3:0]位决定的，并且在 100mA 到 1000mA 范围内。

- 恒压充电模式：一旦电池电压达到 4.2V，在此阶段将使用恒压充电。充电电压应固定在 4.2V，且误差在 1%之内。随着恒压充电时间的增加，充电电流逐渐减小。通常情况下，当充电电流减小到小于 $1/12 \times I_{BAT_CC}$ 的值时，恒压充电阶段就结束了。此时，电池充满而停止充电，而 CVS 位将设为 1。充电后，电池电压将始终受到监控。当电池电压等于或小于 4.0V 时，电池将会重新充电，并将进入下一个充电周期。

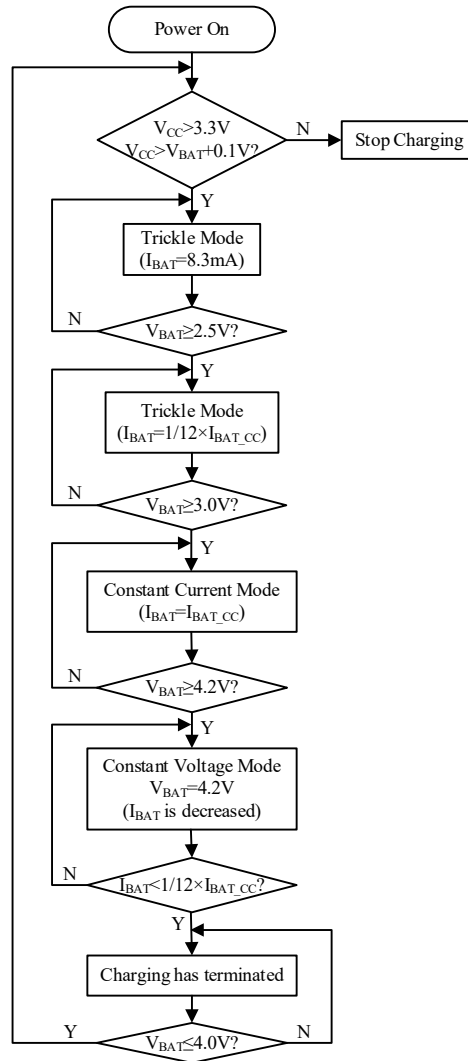


图 7. 线性充电器充电流程图

线性充电的电流调整：BP66FW1242 可通过 LCS[3:0]的设定来调整线性充电器的充电电流，且为防止线性充电功能在 ping phase 影响通信，当 Rx 还处于 ping phase 阶段时，需关闭线性充电器，防止 ping phase 通信失败。当进入 Power transfer phase 后才切换档位使充电电流增加，因此时 Tx 传送功率较强，较大的充电电流已不会影响通信。

BP66FW1242 所提供的线性充电器具有电流调整功能，用户可以根据不同的外部电阻，将恒流充电模式中的电流根据产品需求进行设计，而电阻对应的电流如下图所示。

Qi 通信与线性充电器搭配使用

线性充电电路是低成本稳定度高的锂电池充电方式，因其工作特性，当电池处于低电压时，会有较大跨压在电路上而造成较大的温升，例：当输入 5V、电池电压 3V、充电电流 600mA，将会产生 $(5V-3V) \times 600mA = 1200mW$ 的损耗，过高的损耗会导致 IC 温升。BP66FW1242 在进入 Power transfer phase 后可实时控制 R_x 接收电压与充电电流，因此可依照不同电池电压控制不同的输入电压与充电电流，以达到 IC 的温度控制的目的。

电池电压	输入电压	充电电流	IC 损耗
3.0V	3.5V	300mA	150mW
3.6V	3.7V	400mA	160mW
3.8V	4.2V	400mA	160mW
3.9V	4.5V	500mA	300mW

结论

通过本篇说明可以了解到 Qi 无线充电工作原理、BP66FW1242 线性充电器对锂电池充电的各阶段充电模式以及两者间如何搭配使用，若对于 Qi 无线充电设计有任何问题，欢迎联络当地代理商进行协助。

参考资料

参考文件 BP66FW1242 Datasheet。

如需进一步了解，敬请浏览 Holtek 官方网站 <http://www.holtek.com.cn>。

版本及修改信息

日期	作者	发行	修改信息
2021.03.25	陈振隆	V1.10	修改 MCU 型号为 BP66FW1242
2021.01.26	陈振隆	V1.00	第一版发行

免责声明

本网页所载的所有数据、商标、图片、链接及其他数据等 (以下简称「数据」), 只供参考之用, 合泰半导体 (中国)有限公司及其关联企业 (以下简称「本公司」) 将会随时更改数据, 并由本公司决定而不作另行通知。虽然本公司已尽力确保本网页的数据准确性, 但本公司并不保证该等数据均为准确无误。本公司不会对任何错误或遗漏承担责任。

本公司不会对任何人士使用本网页而引致任何损害 (包括但不限于计算机病毒、系统故障、数据损失) 承担任何赔偿。本网页可能会连结至其他机构所提供的网页, 但这些网页并不是由本公司所控制。本公司不对这些网页所显示的内容作出任何保证或承担任何责任。

责任限制

在任何情况下, 本公司并不须就任何人由于直接或间接进入或使用本网站, 并就此内容上或任何产品、信息或服务, 而招致的任何损失或损害负任何责任。

管辖法律

以本公司所在地法律为准据法, 并以本公司所在地法院为第一审管辖法院。

免责声明更新

本公司保留随时更新本免责声明的权利, 任何更改于本网站发布时, 立即生效。