

白皮书

RL78/G12 在电动工具充电控制中的应用

2019 年 5 月

引言

根据动力来源的不同，电动工具主要可以分为传统电力式电动工具以及充电式（无绳式）电动工具。其中，无绳式电动工具起步相对较晚，初期仍以镍镉电池为主，但由于其在环保及性能上存在明显的劣势，镍镉电池注定难逃被替换的命运，而锂电池也被认为是镍镉电池最佳的替代品。除了较为环保之外，使用锂电池的电动工具具有更加轻便等优势，而随着锂电池材料的使用推广，其价格将会逐步降低，锂电池在电动工具中的应用会越来越受到欢迎。为此，研发性能稳定、安全可靠、高效经济的电动工具（锂电池）充电器显得尤为重要。

本应用在综合考虑电池充电的安全性以及成本的基础上，设计了一种基于 **RL78/G12** 单片机 **PWM** 控制的开关电源式锂电池充电器，有效地克服了一般充电器过充电、充电不足、效率低的缺点，利用 **MCU** 对锂电池的整个充电过程进行智能化管理，在充电过程中实时采集充电电流、电压及温度信息，动态调整充电电流。该系统同时兼具智能报警、实时监测、充电保护等多种功能，达到了预期效果。该方案设计灵活，可满足多种型号的锂电池充电需求，且 **RL78/G12** 集成化的闪存使其便于软件调试与升级。

锂电池充电特性

首先介绍的是单节锂电池的充电特性。

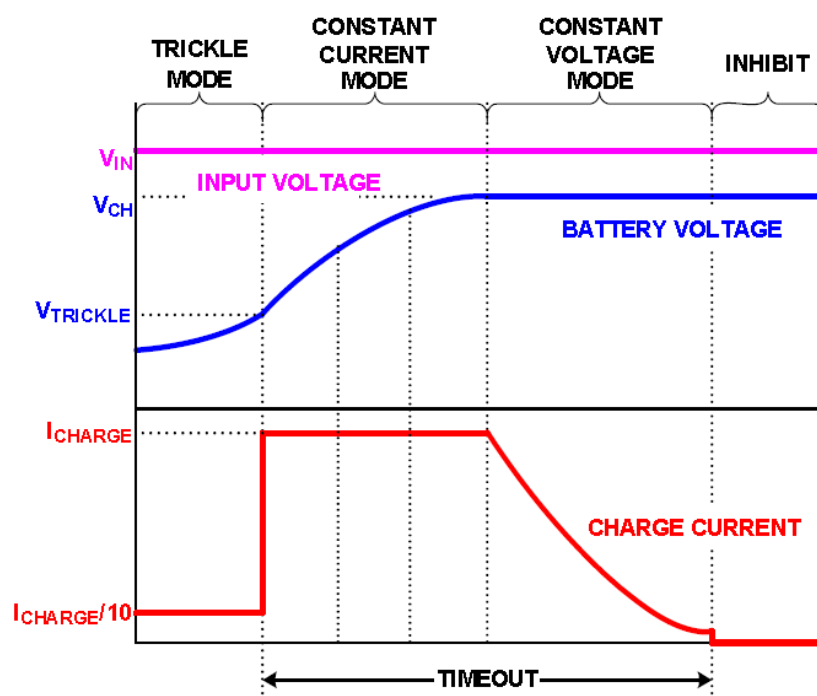
锂电池充电需要控制其充电电压，限制其充电电流。锂电池的充电主要分三步完成：

第一步：判断电压 $< 3V$ ，要先进行涓流充电， $0.05C$ 电流；

第二步：判断 $3V < \text{电压} < 4.2V$ ，恒流充电 $0.2C \sim 1C$ 电流；

第三步：判断电压 $> 4.2V$ ，恒压充电，电压为 $4.2V$ ，电流随电压的增加而减少，直到充满。

下面是锂电池典型充电曲线图：

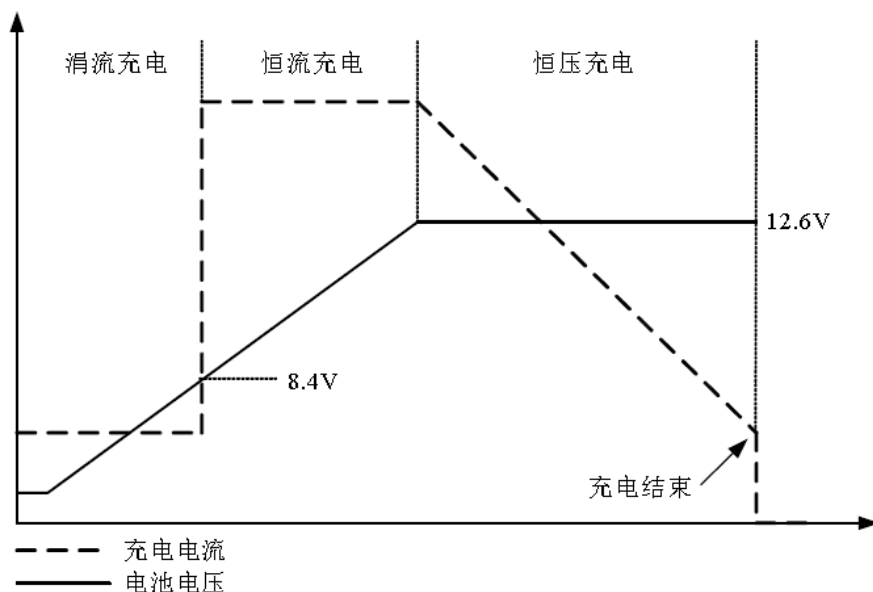


注：充放电电流一般用 C 作参照， C 是对应电池容量的数值。电池容量一般用 Ah 、 mAh 表示，如 M8 的电池容量 $1200mAh$ ，对应的 C 就是 $1200mA$ 。 $0.2C$ 就等于 $240mA$ 。

而对于电动工具来说，我们这里以 3 节锂电池（如： $12V/3Ah$ ）串联作为电动工具的电池为例，来具体介绍。

如果电池电压低于涓流充电阈值，充电器进入涓流充电模式，此时充电电流为所设置的恒流充电电流的 10% ($0.05C$)。当电池电压大于涓流充电阈值，充电器进入恒流充电模式。当电池电压继续上升接近恒压充电电压时，充电器进入恒压充电模式，充电电流逐渐减小。当充电电流减小到恒流充电电流的 10% 时，充电结束。在充电结束状态，如果断开输入电源，再重新接入，将开始一个新的充电周期；如果电池电压下降到再充电阈值，那么也将自动开始新的充电周期。

充电电流和充电电压示意图如下图所示。



另外，锂电池保护板是对串联锂电池组的充放电保护；在充满电时能保证各单体电池之间的电压差异小于设定值（一般±20mV），实现电池组各单体电池的均充；同时检测电池组中各个单体电池的过压、欠压、过流、短路、过温状态，保护并延长电池使用寿命；欠压保护使每一单节电池在放电使用时避免电池因过放电而损坏。

RL78/G12 特性

RL78/G12 微控制器系列是具有最低的消耗电流（CPU：63 μ A/MHz，待机（STOP）：230 nA）和 30 DMIPS（24 MHz）的高性能的平衡产品。具有内部振荡器、数据闪存、A/D 转换器等。其内置的安全功能（检测硬件非法操作）支持家用电器安全标准（IEC/UL 60730），采用 20 ~ 30 引脚紧凑封装。

RL78/G12 微控制器的概要如下所示：

RL78-S2 CPU内核 (24MHz/2.7 ~ 5.5V) (16MHz/2.4 ~ 5.5V) (8MHz/1.8 ~ 5.5V)	ROM: 2KB~16KB
乘除和乘加运算器	RAM: 256B~2KB
HOCO (24/16/12/8/6/4/3/2/1)	数据闪存: 2KB
LOCO (15kHz)	DMA (2通道)
WDT (17位×1通道)	TAU (16位×4通道)
串行阵列单元 UART×3/CSI×3/ 简易IIC×3	PWM输出 (3通道)
IIC×1通道	外部事件计数器
CRC	输入脉冲间隔测量
8/10位A/D转换器 (11通道)	间隔定时器 (12位×1通道)
	POR/LVD

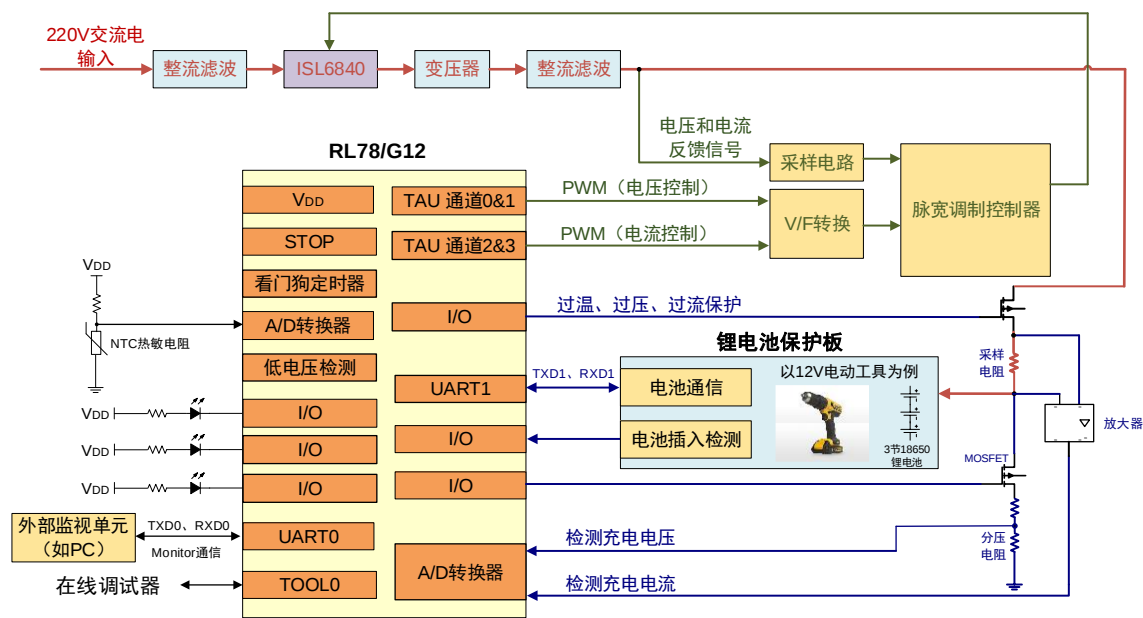
系统设计

RL78/G12 在充电过程中实时采集充电电流、电压及温度信息，动态调整充电电流。同时兼具智能报警、温度自动调节、实时监测、充电保护等多种功能。

系统要求:

- 锂电池组电压规格：三节锂电池（10.8V ~ 12.6V/3Ah）。
- 电池过温保护值（可恢复）：60 度
- 组合电池过流保护值（10ms）：30 ~ 35A（根据客户电动工具的马达设计）
- 充电模式：恒流恒压
- 单节过充保护电压：4.25V
- 单节过放保护电压：2.70V

系统框图



RL78/G12 使用的外围功能

外围功能	用途
定时器阵列单元 通道 0 和通道 1	输出 PWM，进行电流控制
定时器阵列单元 通道 2 和通道 3	输出 PWM，进行电压控制
A/D 转换器	检测充电电流、充电电压和温度
串行阵列单元 通道 0 和通道 1	UART0：和锂电池之间进行电池通信
串行阵列单元 通道 2 和通道 3	UART1：和外部监视单元（如 PC）之间进行 Monitor 通信
I/O 端口	LED 指示控制（3 个端口） 检测是否有电池插入 通过 MOSFET 控制充电电流/电压的截断（发生过温、过流、过压时） 控制检测充电电压

使用到的引脚

引脚名称	输入/输出	概要
P16/TO01	输出	输出 PWM 控制充电电流
P31/TO03	输出	输出 PWM 控制充电电压
P20/ANI0	输入	检测充电电流
P21/ANI1	输入	检测充电电压
P22/ANI2	输入	检测温度
P12/TxD0、P11/RxD0	输入/输出	和锂电池之间进行电池通信
P00/TxD1、P01/RxD1	输入/输出	和外部监视单元（如 PC）之间进行 Monitor 通信
P13、P14、P15	输出	LED 指示控制（3 个端口）
P30	输入	检测是否有电池插入
P51	输出	通过 MOSFET 控制充电电流/电压（异常处理）
P10	输出	控制检测充电电压
P40/TOOL0	输入/输出	片上调试
RESET	输入	硬件复位

ISL6840 特性

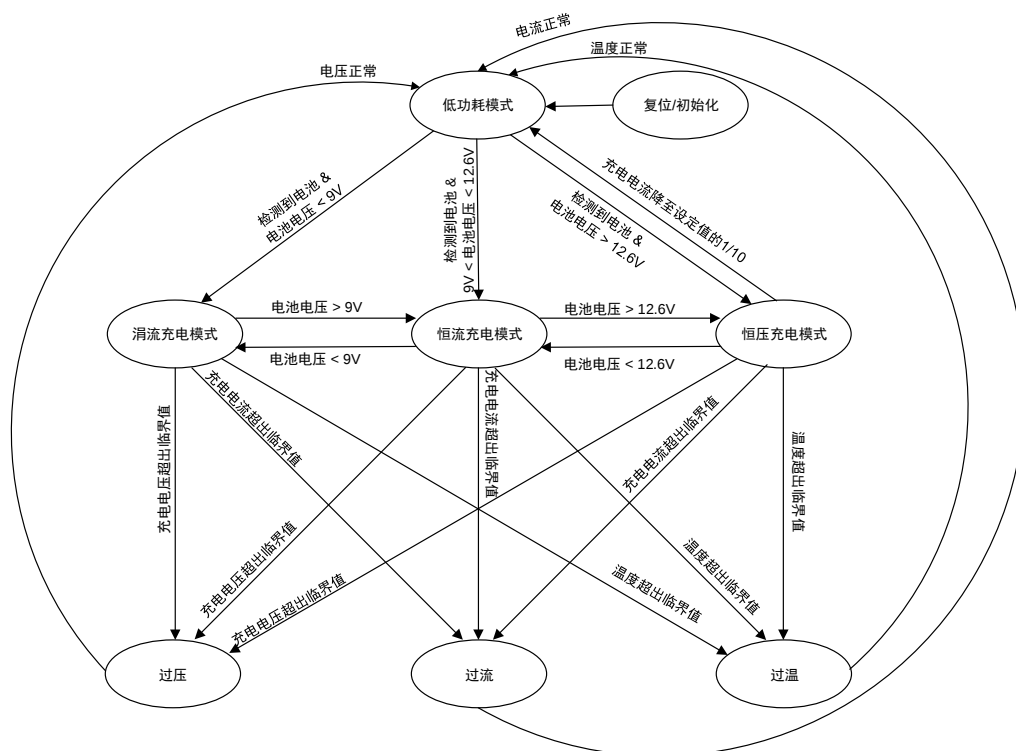
ISL6840 是频率可调、低功耗、脉冲宽度调制（PWM）电流模式控制器，专为各种电源转换应用而设计，包括升压、反激和隔离输出配置。峰值电流模式控制能有效地处理电源瞬变并提供过流保护。

这种先进的 BiCMOS 设计与业界标准的 384x 系列控制器引脚兼容，并提供显著改进的性能。其特点包括低工作电流、60 μ A 启动电流，工作频率可调节至 2MHz 以及上升和下降时间为 20ns 的高峰值电流驱动能力。

操作概要

使用 RL78/G12 对电压和电流进行控制，当检测到有电池时，先检测待充电电池的电压，如果电压低于 9V，要先进行涓流充电，充电电流为设定电流的 1/10，一般选 0.05C 左右。电压升到 9V 后，进入标准充电过程。标准充电过程为：以设定电流进行恒流充电，电池电压升到 12.6V 时，改为恒压充电，保持充电电压为 12.6V。此时，充电电流逐渐下降，当电流下降至设定充电电流的 1/10 时，充电结束。当检测到电池被移走，则停止充电。另外，在充电过程中，如果发生过温、过压、过流，则充电中止。

状态转移如下图所示：



结束语

由于 RL78/G12 良好的性价比，使得产品的智能性与应用性大大提高，且缩短了开发时间，降低了开发成本。此外，在系统现有功能实现的基础上，充分利用 RL78/G12 的片内外资源，通过其所具有的 UART 通信功能，可以很方便的将锂电池充电器升级为智能电源管理系统。

© 2019 Renesas Electronics Corporation. All rights reserved.

Notice

1. 本文档所记载的内容，均为本文档发行时的信息，瑞萨电子对于本资料所记载的产品设计、规格、或其他信息可能会作改动，恕不另行通知。
 2. 瑞萨电子明确声明，本文档的所有信息和资料以其“现状”提供，瑞萨电子对本文档所含信息和资料不作任何种类的保证，无论是明示、默示、法定的保证，还是因交易、使用或贸易惯例引发的保证，包括但不限于对适销性、对特定目的适用性和非侵权性的保证。本文档所记载的关于电路、软件和其他相关信息仅用于说明半导体产品的操作和应用实例，瑞萨电子对用户或第三方因使用或依赖本文档所含信息造成的任何直接、间接、特殊、结果、偶然或其他损失概不承担责任，即使已提示相关损失的可能性亦不例外。
 3. 本文档所记载的内容不应视为对瑞萨电子或其他人所有的著作权、专利权、商标权或其他知识产权做出任何明示、默示或其他方式的许可或授权。
 4. 用户不得对瑞萨电子的任何产品进行全部或部分的更改、修改、复制或反向工程。对于用户或第三方因上述行为而遭受的任何损失或损害，瑞萨电子不承担任何责任。
 5. 本文档所记载的任何产品、服务或技术信息，包括文字、图表、图像、照片等，均受到著作权法以及其他条约和法规的保护。在事先未得到瑞萨电子书面认可的情况下，不得以任何形式或方式部分或全部再版、转载或复制本文档，或因任何公开或商业目的而修改、分发、发布、传播本文档的任何内容或制作其衍生作品。
 6. 所有商标及注册商标均归其各自拥有者所有。
- (注) 瑞萨电子：在本文档中指瑞萨电子株式会社及其控股子公司。