

---

## ホワイトペーパー

# 電動工具充電制御への RL78/G12 の応用

2019 年 5 月

---

## はじめに

電動工具は主に従来型のコード式電動工具と、充電式（コードレス）電動工具に区別することができます。コードレス電動工具は歴史が浅く、それに使用される電池として初期はニッケルカドミウム電池が主流でしたが、環境保護の観点や性能面において不利であったため、次第にリチウム電池がニッケルカドミウム電池に置き換わるようになりました。リチウム電池を使用した電動工具は比較的環境にやさしいだけでなく、より手軽であるという利点もあるため、昨今ではリチウム電池の使用が主流になりつつあります。その結果、価格も徐々に下がり、電動工具へのリチウム電池の搭載に拍車がかかっています。このような背景から、性能が安定し、安全性が高く、高効率で経済的な電動工具（リチウム電池）用充電器の研究開発が重要となっています。

このホワイトペーパーでは、バッテリー充電の安全性とコストメリットを総合的に検討し、RL78/G12 シングルチップマイコンによる PWM 制御のスイッチング電源式リチウム電池充電器を設計した例を挙げ、一般的な充電器の過充電、充電不足、低効率などの課題を効果的に解決する方法について説明します。MCU を利用することでリチウム電池の充電プロセス全体をスマートに管理でき、充電中の充電電流、電圧、温度情報をリアルタイムに収集し、充電電流を動的に調整することができます。このシステムはスマートアラーム、リアルタイムモニタリング、充電保護等のさまざまな機能を兼ね備え、充電制御に関わる課題の解決に貢献します。柔軟な設計で各種リチウム電池の充電ニーズに対応し、また RL78/G12 に内蔵されたフラッシュメモリにより、ソフトウェアのデバッグと更新も容易です。

## リチウム電池の充電特性

まず、単一セルリチウム電池の充電特性について説明します。

リチウム電池の充電では、充電電圧を制御し、充電電流を制限する必要があります。リチウム電池の充電は主に 3 つのステップで完了します。

第1ステップ：電圧が3V未満であると判断した場合、まず0.05Cの電流でトリクル充電を行います。

第2ステップ：電圧が3V以上4.2V未満であると判断した場合、0.2C~1Cの電流で定電流充電を行います。

第3ステップ：電圧が4.2V以上であると判断した場合、電圧4.2Vで定電圧充電を行います。電流は電圧の増加に伴い、満充電まで徐々に減少します。

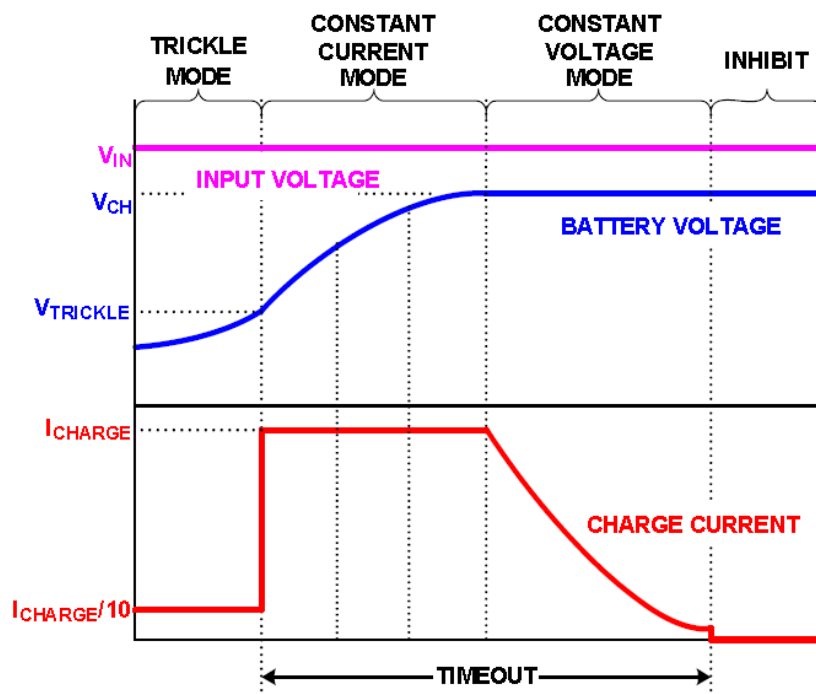


図1. リチウム電池の典型的充電曲線図

注：充放電の電流は一般的にCレートといい、通電する際の電流の大きさを示します。電池容量は一般にAh、mAhを用いて表します。例えばM8の電池容量1200mAhに対応するCは1200mAです。0.2Cは240mAに相当します。

ここでは3セルのリチウム電池（例：12V/3Ah）の直列接続を電動工具の電池とした例で具体的に説明します。

電池の電圧がトリクル充電閾値より低い場合、充電器はトリクル充電モードに入り、このとき充電電流は設定された定電流充電電流の10%（0.05C）となります。電池の電圧がトリクル充電閾値より大きい場合、充電器は定電流充電モードに入ります。電池の電圧が継続して上昇し、定電圧充電電圧に近付くと、充電器は定電圧充電モードに入り、充電電流が徐々に減少します。充電電流が定電流充電電流の10%まで減少すると充電が終了します。充電が終了した状態で入力電源を切り、再度接続すると新しい充電サ

サイクルが開始されます。電池の電圧が再充電閾値まで下がっても、新しい充電サイクルが自動的に開始されます。

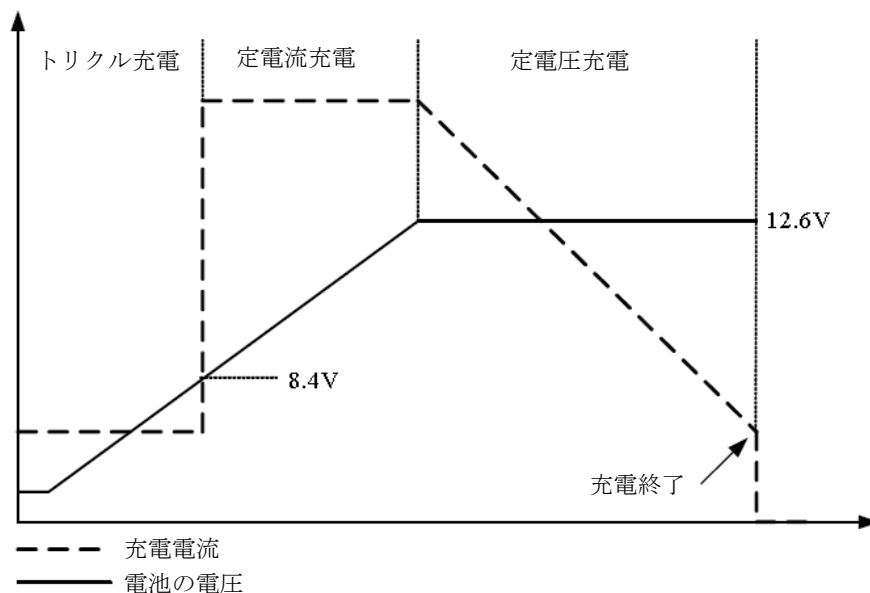


図2. 充電電流と充電電圧

また、リチウム電池保護ボードが直列接続されたリチウム電池パックの充放電に対する保護を行います。満充電時に各単体の電池間の電圧差異が設定値（通常±20mV）より小さくなるようコントロールし、電池パックの各単体電池の均一な充電を実現します。同時に電池パックの各単体電池の過電圧、電圧不足、過電流、短絡、過熱状態を測定し、電池を保護して使用寿命を延ばします。電圧不足に対する保護により、各単一セル電池の放電時における過放電による破損も回避します。

## RL78/G12 の特性

RL78/G12 マイコングループは業界最少レベルの消費電流（CPU 動作時：63  $\mu$ A/MHz、スタンバイ（STOP）：230 nA）と、32.4 DMIPS（24 MHz 時）の高性能を両立した製品です。内部オシレータ、データフラッシュ、A/D コンバータ等を搭載しています。安全機能（ハードウェアの不正動作を検出する機能）の搭載により、家電安全規格（IEC/UL 60730）をサポートし、20～30 ピンの小型パッケージを採用しています。

RL78-S2 CPU コア (24MHz/2.7 ~ 5.5V) (16MHz/2.4 ~ 5.5V) (8MHz/1.8 ~ 5.5V)	ROM: 2KB~16KB
乗除・積和演算器	RAM: 256B~2KB
HOCO (24/16/12/8/6/4/3/2/1)	データフラッシュ: 2KB
LOCO (15kHz)	DMA (2 チャンネル)
WDT (17 ビット× 1 チャンネル)	TAU (16 ビット× 4 チャンネル)
シリアルアレイユニット UART×3/CSI×3 /簡易 IIC×3	PWM 出力(3 チャンネル)
IIC×1 チャンネル	外部イベントカウンタ
CRC	入力パルスインターバル測定
8/10-ビット A/D コンバータ (11 チャンネル)	インターバルタイマー (12 ビット× 1 チャンネル)
	POR/LVD

図 3. RL78/G12 マイコンの概要

## システム設計

RL78/G12 は充電過程において充電電流、電圧及び温度情報をリアルタイムで収集し、充電電流を動的に調整します。同時にスマートアラーム、温度自動調節、リアルタイムモニタリング、充電保護等のさまざまな機能も担います。

### システム要件：

- リチウム電池パック電圧規格：3セルリチウム電池（10.8V~12.6V/3Ah）。
- 電池過熱保護値（回復可）：60度
- 組電池過電流保護値（10ms）：30~35A（顧客の電動工具モーター設計に基づく）
- 充電モード：定電流定電圧
- 単一セル過充電保護電圧：4.25V
- 単一セル過放電保護電圧：2.70V

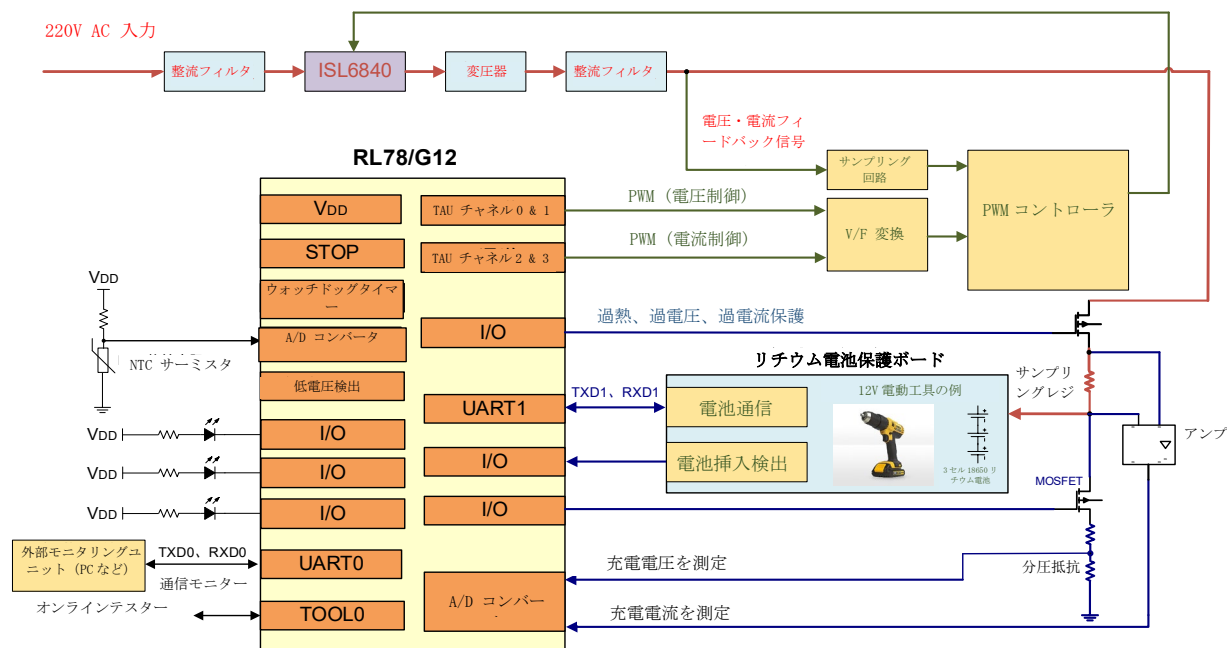


図 4. システムブロック図

周辺機能	用途
タイマアレイユニット チャンネル 0 とチャンネル 1	PWM 出力、電流制御を行う
タイマアレイユニット チャンネル 2 とチャンネル 3	PWM 出力、電圧制御を行う
A/D コンバータ	充電電流、充電電圧、温度を測定
シリアルアレイユニット チャンネル 0 とチャンネル 1	UART0 : リチウム電池との間で電池通信を行う
シリアルアレイユニット チャンネル 2 とチャンネル 3	UART1 : 外部モニタリングユニット (PC など) との間で Monitor 通信を行う
I/O ポート	LED 指示制御 (3 つのポート) 電池挿入の有無を検出 MOSFET により充電電流/電圧の切断を制御 (過熱、過電流、過電圧の発生時) 充電電圧測定を制御

表 1. RL78/G12 を使用した周辺機能

ピン名	入力/出力	概要
P16/T001	出力	PWM 制御充電電流を出力
P31/T003	出力	PWM 制御充電電圧を出力
P20/ANI0	入力	充電電流を測定
P21/ANI1	入力	充電電圧を測定
P22/ANI2	入力	温度を測定
P12/TxD0、P11/RxD0	入力/出力	リチウム電池との間で電池通信を行う
P00/TxD1、P01/RxD1	入力/出力	外部モニタリングユニット（PC など）との間で Monitor 通信を行う
P13、P14、P15	出力	LED 指示制御（3 つのポート）
P30	入力	電池挿入の有無を検出
P51	出力	MOSFET により充電電流/電圧を制御（異常処理）
P10	出力	充電電圧測定を制御
P40/T00L0	入力/出力	オンチップデバッグ
RESET	入力	ハードウェアリセット

表 2. 使用するピン

## ISL6840 の特性

ISL6840 は周波数調整が可能な低消費電力のパルス幅変調（PWM）電流モードコントローラで、昇圧、フライバック、および絶縁型出力構成を含む、各種電源変換用途向けに設計されています。ピーク電流モード制御による効果的な過渡応答が可能で、過電流保護を提供します。

この先進的な BiCMOS 設計は業界標準の 384x シリーズコントローラピンと互換性があり、優れた性能を提供します。低い動作電流、60  $\mu$ A のスタートアップ電流、2MHz まで調整可能な動作周波数、立ち上がり/立ち下がり時間 20ns での高ピーク電流駆動能力等の特徴があります。

## 動作の概要

RL78/G12 を使用して電圧と電流に対する制御を行います。電池があることが検出されると、まず充電する電池の電圧を測定し、電圧が 9V 未満である場合、先にトリクル充電を行います。充電電流は設定電流の 1/10 で、通常約 0.05C が選択されます。電圧が 9V 以上になると、標準充電プロセスに入ります。標準充電プロセス中は設定電流にて定電流充電を行います。電池の電圧が 12.6V まで上がると、定電圧充電に変わり、充電電圧を 12.6V に保持します。このとき、充電電流が徐々に低下し、電流が設定充電電流の 1/10 まで下がると、充電が終了します。電池が取り除かれたことが検出されると、充電を停止します。また、充電プロセス中、過熱、過電圧、過電流が発生した場合、充電が中止されます。

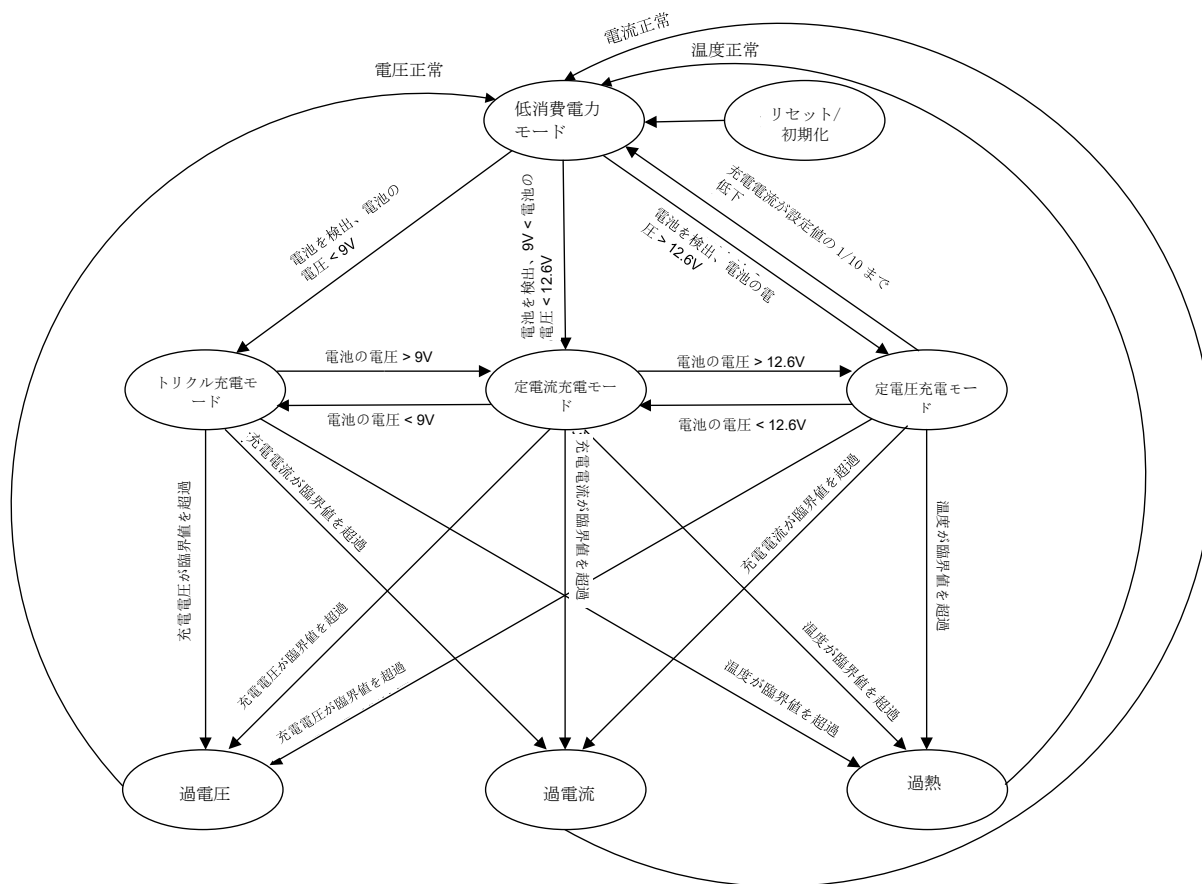


図5. 状態の変化

## おわりに

RL78/G12 はコストパフォーマンスが良いため、製品のスマート性と応用性を大幅に高めるとともに、開発時間を短縮し、開発コストを抑制することができます。このほか、システムが現在備えている機能をベースに、RL78/G12 のチップ内外リソースを活用し、UART 通信を通じてリチウム電池充電器をインテリジェントな電源管理システムに手軽にアップグレードすることができます。

---

©2019 Renesas Electronics Corporation またはその関連会社（Renesas）が全著作権を所有。すべての商標および商品名は、それぞれの所有者のもので。ルネサスは、本書に記載されている情報は提供された時点では正確であると考えていますが、その品質や使用に関してその責任を負いません。すべての情報は、商品性、特定の目的への適合性、または非侵害を含みますがこれらに限定されないことを含め、明示、黙示、法定、または取引、使用、または取引慣行の過程から生じるかどうかにかかわらず、いかなる種類の保証もなく現状のまま提供されます。ルネサスは、直接的、間接的、特別、結果的、偶発的、またはその他の損害について、そのような損害の可能性が通知された場合でも、本書の情報の使用または信頼から生じる責任を負いません。ルネサスは、予告なしに製品の製造を中止するか、製品の設計や仕様、または本書の他の情報を変更する権利を留保します。すべてのコンテンツは、米国および国際著作権法によって保護されています。本資料で特に許可されている場合を除き、本資料のいかなる部分も、ルネサスからの書面による事前の許可なしに、いかなる形式または手段によっても複製することはできません。訪問者またはユーザーは、いかなる公共または商業目的のために、この資料の派生物を修正、配布、公開、送信、または作成することを許可されていません。