

# 特集 ハイブリッド車用バッテリー監視ユニット\*

## Battery Monitoring Unit for Hybrid Vehicles

清水 工

Takumi SHIMIZU

A Battery ECU has been provided to the market for more than twelve years and was installed on the 1st model PRIUS (the world's first mass produced hybrid vehicle). The 3rd model PRIUS, which was released in spring 2009, is equipped with a Battery Monitoring Unit that is an advanced type of Battery ECU. When compared with the size and weight of the Battery ECU on the 1st model PRIUS, the Battery Monitoring Unit has been reduced to approximately 1/10 of the size and weight, thus achieving dramatic miniaturization. This paper describes the developed miniaturization technology.

**Key words:** Battery monitoring unit, Hybrid vehicles, Sensor

### 1. はじめに

プリウスをはじめとするエンジンとモータを組み合わせたハイブリッド車(以下HV)が、近年の環境保護意識の向上、税制優遇等の施策、および原油価格高騰などにより注目されている。

2009年春に発売の3代目プリウスは、環境性能と走行性能および低価格を両立させた車として市場から大きな支持を得ることができている。HVの開発競争は激化しており、トヨタ以外の車両メーカーにおいても開発・販売を急ぐ動きが活発になっている。

HVには、重要なユニットである高電圧電池を監視・制御するため、バッテリーECUが搭載されている。デッソーは、1997年発売の初代プリウスよりHV関連製品の開発を行っており、バッテリーECUに関しても以降継続して開発・供給している。

HVの課題の一つに、HV用コンポーネントの大きさがある。特に、高電圧電池はHVにおいて大きな搭載スペースを要している。搭載性の向上、対衝突スペースの確保、荷室・乗員スペースの確保といった車両側の要請から強い小型化を要求されている。高電圧電池とパッケージ搭載されているバッテリーECUに関しても同様である。本稿では、バッテリーECUの主要機能と小型化技術について紹介する。

### 2. バッテリーECUとは

Fig. 1にバッテリーECUの機能概要図を示す。バッテリーECUは、大別すると下記機能を持つ。

- (1) 高電圧電池の状態を把握するためのセンシング機能
- (2) 得られた情報より電池状態を演算する機能
- (3) 演算結果により外部機器を制御する機能

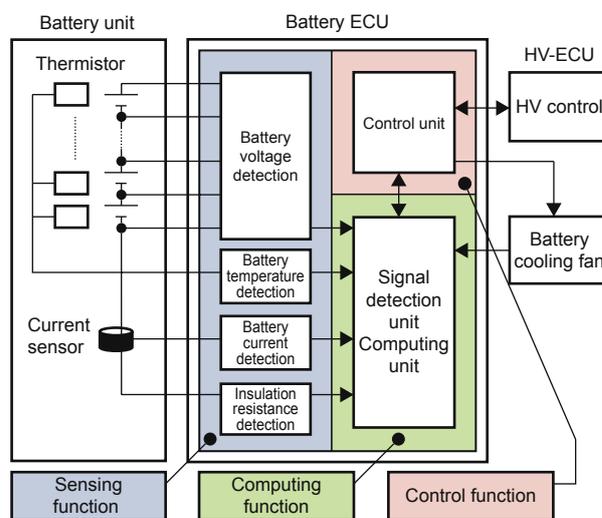


Fig. 1 Overview of functions

#### 2.1 センシング機能

バッテリーECUは高電圧電池の状態を把握するため以下のセンシング機能を有している。

##### (1) バッテリー電圧検出機能

HVに搭載されている高電圧電池(ニッケル水素電池)の電圧を検出する。ニッケル水素電池の起電圧は約1.2V/セルであり、最大240セルを直列接続して高電圧を作り出している。セルは幾つかのブロックにまとめられており、バッテリーECUはそれぞれのブロック電圧を検出する。バッテリーECUは最大で20ブロックまで検出することができる。

##### (2) バッテリー電流検出機能

高電圧電池には、電流測定用の電流センサが取り付けられている。バッテリーECUは電流センサへの電源供給と電流センサからの信号受信を行う。

\* 2009年9月28日 原稿受理

(3) バッテリー温度検出機能

電池は温度によりその特性が大きく変化する。電池状態を把握するためには、詳細な電池温度情報が必要である。また電池冷却ファンの制御や、万一の高発熱時の安全処理のためにも必要である。バッテリー ECU は車種毎に必要な多チャンネルの温度検出機能を持つ。

(4) 絶縁低下検出機能

高電圧電池を含む高電圧部位は、安全のため車両ボデーに対し絶縁された状態にある。高電圧部位とボデー間の絶縁異常が発生した場合は、感電等の危険性が発生する。バッテリー ECU は高電圧部位とボデー間の絶縁状態を検出する機能を持つ。

(5) バッテリー冷却ファン動作検出機能

電池を冷却するファンの動作状況を検出する。バッテリー冷却ファンが指令通りの動作を行っているか監視する。

2.2 演算機能

(1) 電池異常検出機能

電池電圧・温度・電流から電池のさまざまな状態を演算し、異常が発生していないか判断する。

(2) 電池残存容量検出機能

電池電圧・温度・電流から電池の残存容量を演算する。

2.3 外部機器制御機能

(1) 電池冷却ファン制御機能

バッテリー温度情報などをもとに決定された動作条件に基づき電池冷却ファンを駆動する。

(2) 通信機能

車両に合わせ、CAN (Control Area Network) 通信機能、シリアル通信機能を用意している。

3. バッテリー ECU の遷移

バッテリー ECU の質量と体格の遷移を Fig. 2 に、基板外形を Fig. 3 に示す。

1997 年の初代プリウス向け電池 ECU から小型化を進めており、大幅な質量・体格の削減を行っている。

4. 小型化技術

前述の小型化達成のキーワードは、以下の三つである。

- (1) メインバッテリー電圧検出方式の変更
- (2) 機能最適配置
- (3) 高電圧部品の最適配置

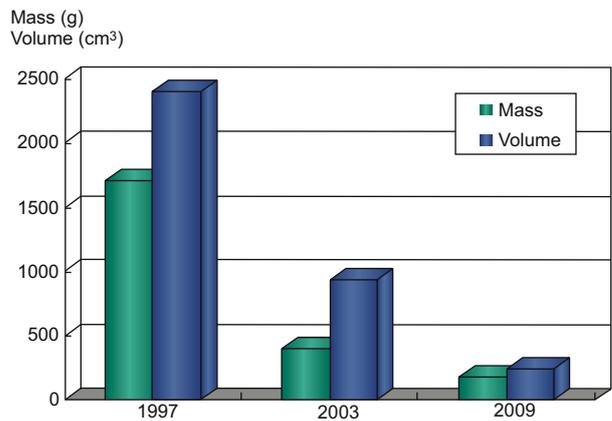


Fig. 2 Transition in the mass and volume of the Battery ECU

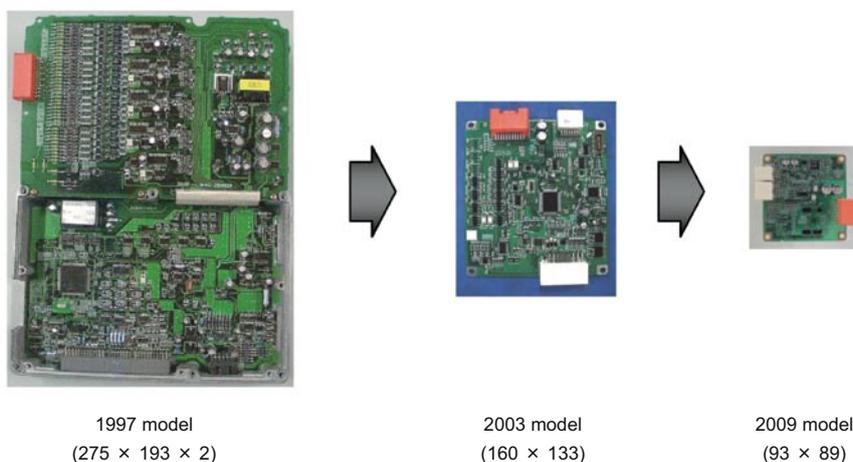


Fig. 3 Photo of Battery ECU

4.1 メインバッテリー電圧検出方式の変更

従来、メインバッテリーの電圧検出には、抵抗分圧方式 (Fig. 4) を使用していた。本方式では、多くの直列接続された電池電圧を短い時間で検出できるメリットがある反面、専用の絶縁電源および絶縁素子が必要であり、体格が大きくなった。

2003年以降の開発品には、広く知られている計測器の技術を応用したフライングキャパシタ方式 (Fig. 5) を適用している。切り替え手段であるフォトリレーが絶縁機能を兼ねるため、フライングキャパシタ方式では絶縁電源等が不要である。フライングキャパシタ方式の動作原理を Fig. 6 に示す。

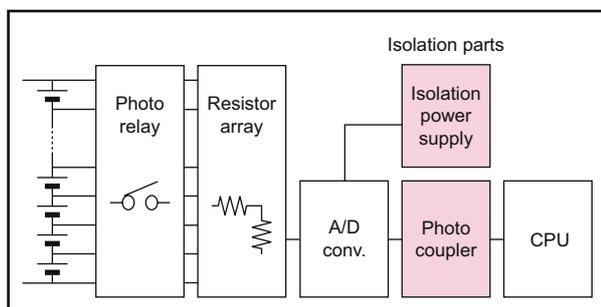


Fig. 4 Resistance voltage dividing method

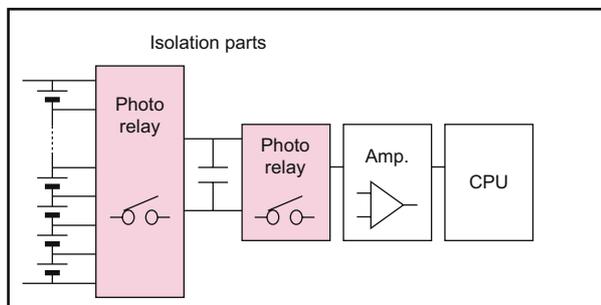


Fig. 5 Flying capacitor method

また、キャパシタを1個使用したシングルフライングキャパシタ方式 (Fig. 7) に対し、オリジナル技術としてフライングキャパシタを2個使用するダブルフライングキャパシタ方式 (Fig. 8) を適用している。ダブルフライングキャパシタ方式には以下のさまざまなメリットがある。

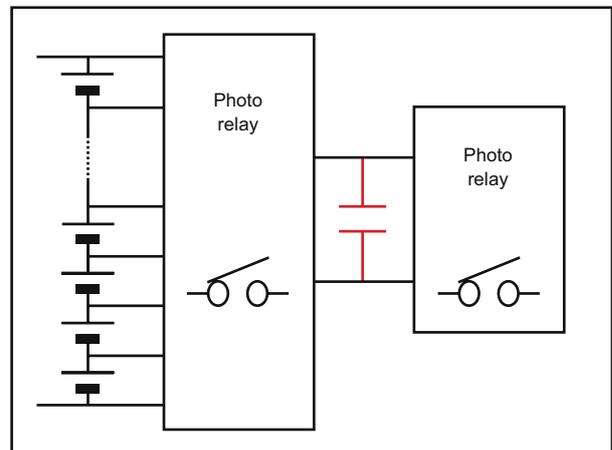


Fig. 7 Flying capacitor method (Single)

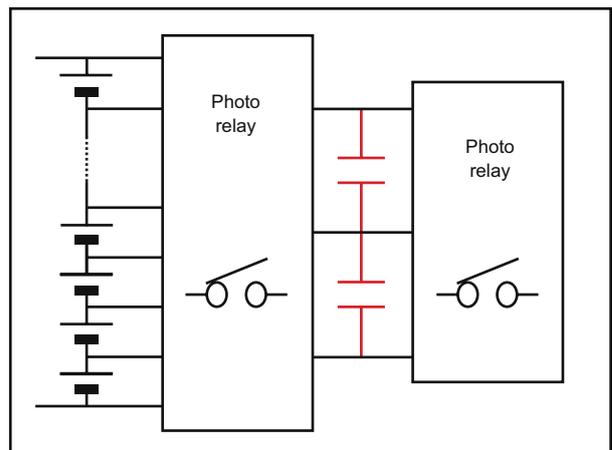


Fig. 8 Flying capacitor method (Double)

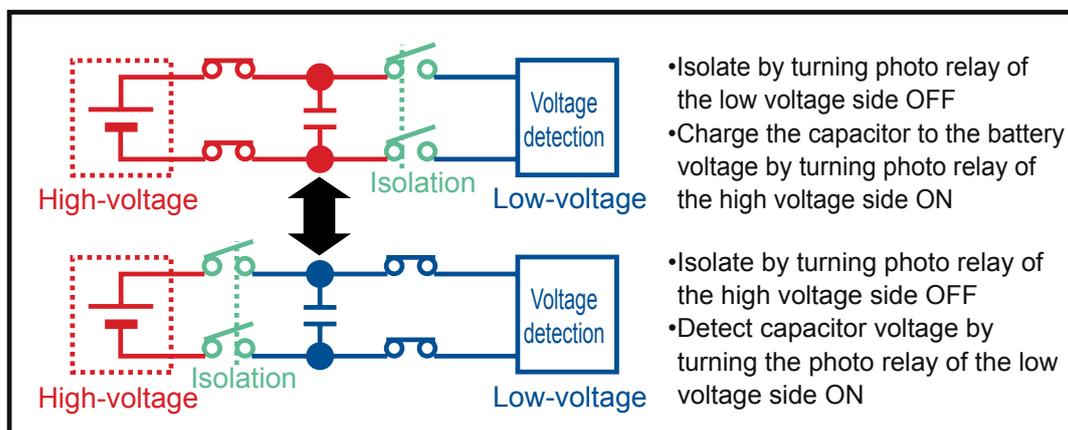


Fig. 6 Principles of operation of the flying capacitor

(1) シングルに比して、計測時間の短縮が可能

2個のキャパシタを用いることで、単純に単位時間で2倍チャンネル数の検出が可能となる。また、キャパシタ容量が同じ場合、Fig. 9に示す充電時定数により早く充電を終了することが可能であるため検出周期を早くすることが可能である。

(2) 故障検知が容易

2系統の情報を比較することで、どちらかの検出回路の故障検知が可能となる。例えばFig. 10の如く、同一電池の電圧を2個のキャパシタに充電し、その電圧差を比較する。その電圧差が回路が持つ公差以上発生した場合は故障したと判断することができる。

本ダブルフライングキャパシタ方式の適用により、小型で高速かつ高信頼性の電圧検出が可能となった。

4.2 機能最適配置

バッテリー ECU では、高機能マイコンを搭載しバッテリー残容量や内部抵抗値などを演算していた。2005年以降の開発品では電圧・電流・温度等の各情報をHV-ECUに送信し、演算等はHV-ECU搭載の高機能マイコンで行うように機能の最適配置を行っている (Fig. 11)。これにより、バッテリー ECU はセンサ機能に特化したバッテリー監視ユニットとなり、従来の高機能マイコンを必要としない構成が可能となった。Fig. 12にマイコンの詳細を示す。マイコンは32ビットから8ビットへと大幅に簡略化し、かつセンサ機能としては従来同等の性能を確保することができている。

4.3 高電圧部品の最適配置

バッテリー監視ユニットは、最大20chの高電圧電池電圧を計測することができる。電圧検出回路の入力部にはフォトリレーによる切り替え回路が配置されている (Fig. 13)。フォトリレーは絶縁機能も併せ持つ。高電圧部には最大で数百Vを超える電圧が入力される。安全のため、高電圧部品は車両に対して絶縁されている必要がある。

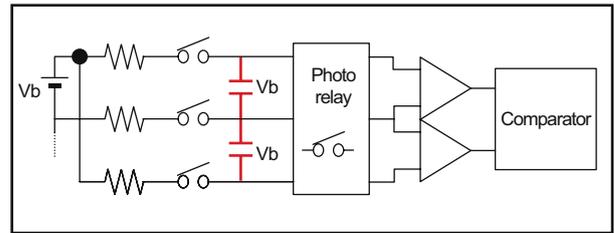


Fig. 10 Fault detection

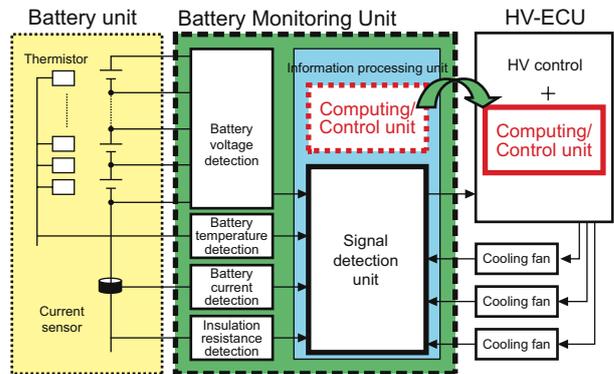


Fig. 11 Optimized layout of function

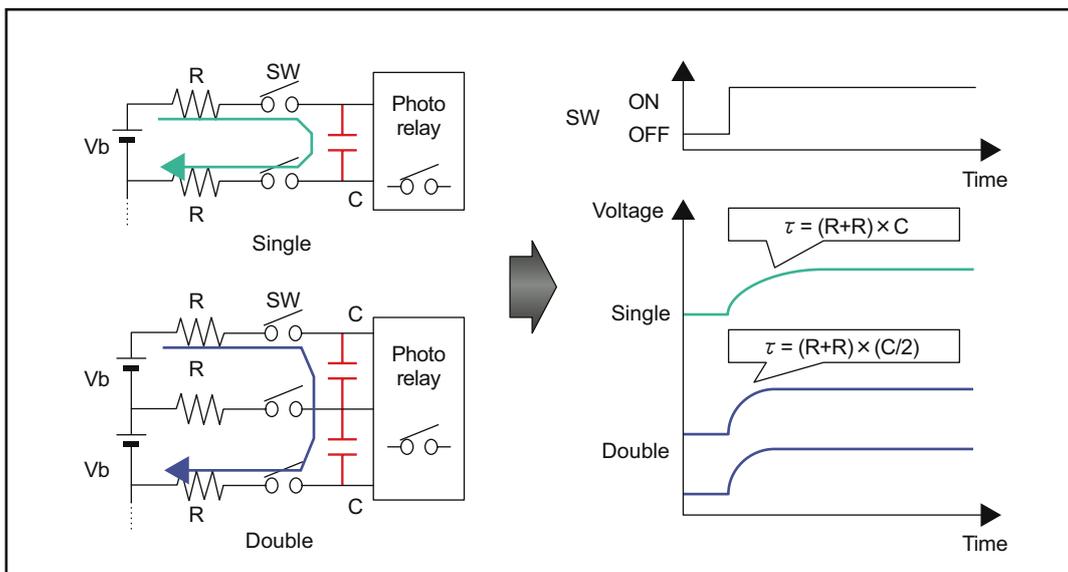


Fig. 9 Comparison of detection time by flying capacitor method

バッテリー監視ユニットのフォトリレーの配置を Fig. 14 に示す。基板の厚み方向の絶縁を活用し、表裏および隣り合う高電圧部品間に高電圧がかからないように配置している。このため、実際に隣り合う高電圧素子間にかかる電圧は最大でも数十 V 程度までに抑えながら、必要な絶縁距離を少なくすることができた。また、フォトリレーを 2 列に向かい合って配置することでコネクタからの配線を効率的に配置でき、高電圧エリアを 50% 以上小さくすることができた。

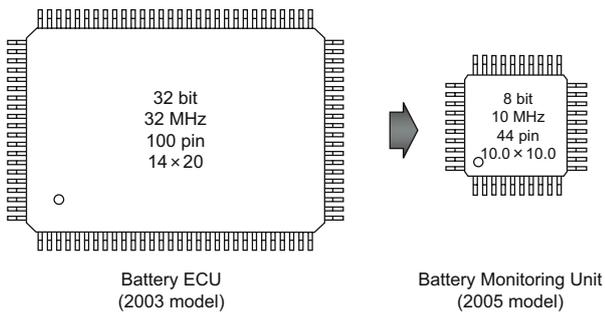


Fig. 12 Microcomputer

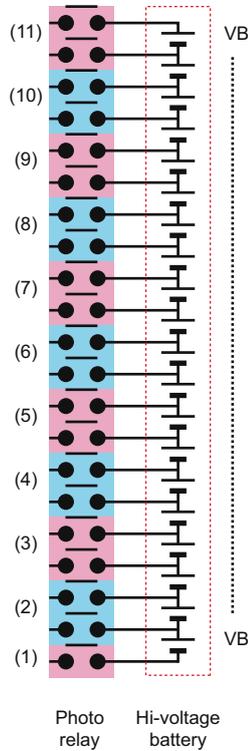


Fig. 13 Layout of photo relay

### 5. おわりに

2009 年モデルのバッテリー監視ユニットの概要を Fig. 15 に示す。1997 年モデルのバッテリー ECU に比べ、2009 年モデルのバッテリー監視ユニットは体格 13%、質量 11% にすることができた。地球環境保護の観点からも HV に代表される低公害車はもっと増えることを願う。我々は、市場拡大に貢献できるよう、更なる改良と開発に今後とも取り組んでいく。

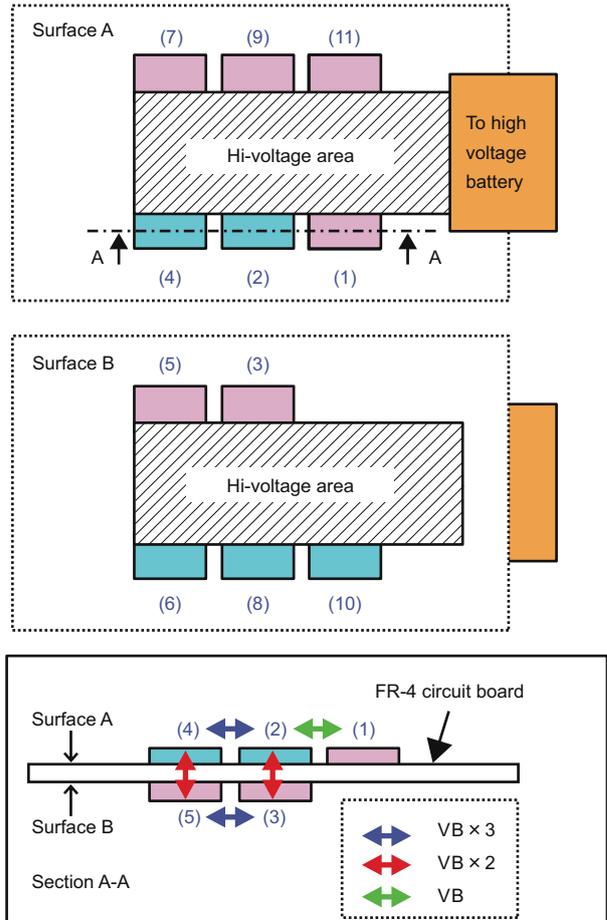
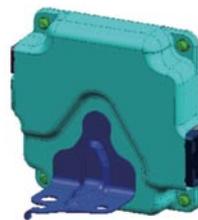


Fig. 14 Layout of high-voltage parts



Mass	176 g
Size	97 mm × 96 mm × 28 mm
Voltage detection	14 ch
Temperature detection	4 ch
Current detection	1 ch
Fan mode detection	1 ch

Fig. 15 Overview of 2009 model Battery Monitoring Unit



<著 者>



清水 工  
(しみず たくみ)

EHV 機器技術部  
電池 ECU・電池監視ユニットの開発・  
設計に従事