

# iCub ロボット、テクトロニクスのオシロスコープ、電圧／電流プローブを利用してバッテリー電源を搭載

## 概要

2014 年 12 月

### 問題点

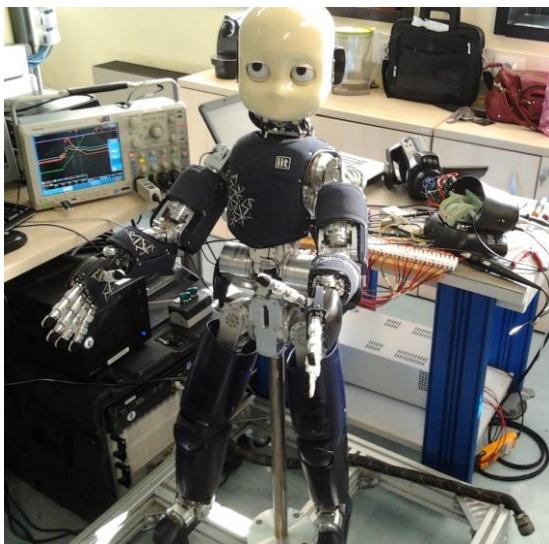
イタリア工科大学（Istituto Italiano Di Tecnologia, IIT）の開発エンジニアは、4 歳児の大きさのオープンソース認知人間型ロボット・プラットフォームである iCub ロボットの新しいバックパック型電源システムを検証／トラブルシューティングする必要があった。

### ソリューション

このプロジェクトのため、IIT はテクトロニクスの MSO4104B 型オシロスコープ、TDP1000 型差動プローブ、TCP0030 型電流プローブ、4 本の TPP1000 型プローブ、デコーダ・モジュールを使用し、アナログ信号、電源特性、バス通信を測定した。

### 利点

テクトロニクスのオシロスコープを使用することで、IIT のエンジニアは問題点を効率的に特定し、起動時の電力スパイクを管理し、バッテリーの放電特性を評価することができた。データ・ストリームがデコードできるため、バックパック設計で使用されている 3 枚の回路基板の CAN、I<sup>2</sup>C のデータ検証に欠かせないことがわかった。



iCub ロボットのバッテリー・バックパック開発で使用された、テクトロニクスの MSO4104B 型オシロスコープ

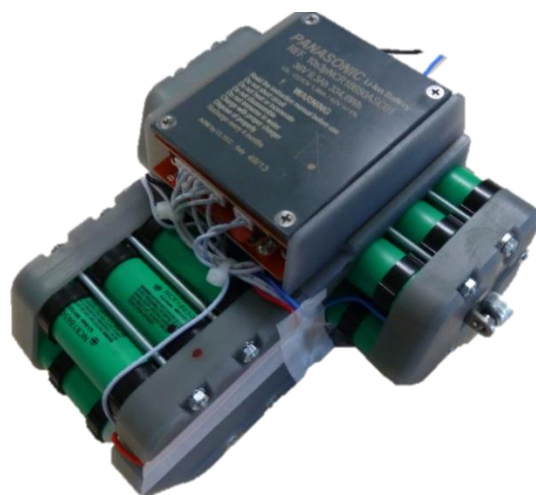
## オープンソースのロボット・プラットフォーム

テクトロニクスのオシロスコープを使用することで、iCub ロボットを外で遊ばせることができます。長い延長ケーブルで電源をとる必要がない代わりに、バッテリー・バックパックを装備しています。テクトロニクスのオシロスコープと電力用プローブでテストし、最適化することで、センサをオンにし、回路に電源を入れ、モータを回します。

iCub は、イタリア工科大学（IIT、[www.iit.it](http://www.iit.it)）で開発された人間型ロボットです。iCub は、GPL ライセンスによるオープンシステム・プラットフォームを利用しており、世界中にある 30 以上の研究機関で採用されています。

4 歳児ほどの大きさの iCub は 53 個のモータを搭載しており、頭、腕、手、腰、足を動かし、四つん這いではったり、起き上がってバランスを取ることができます。見て、聞くことができ、胴体感覚があり、また移動が可能であり（加速度計とジャイロスコプの使用による）、体全体を人工皮膚で覆った世界初のロボットです。

## 優れたパワー・ソリューションにより可動性が追加された iCub プラットフォーム



新たに開発されたバッテリー・バックパックは 36V、9.3Ah の Li-ion 電池で構成されており、iCub を数時間動作させることが可能

しかし、このプラットフォームは、何らかの外部電源と電源ケーブルがないことには、ラボから外へ出ることができませんでした。これに対処するため、IIT のエンジニアはロボットに電源を供給する、新しいバッテリー・バックパックを開発しました。設計内容を以下に示します。

- Li-ion バッテリー・バック、36V – 9.3Ah
- 充電、過電圧、過電流の保護とセル・バランスのためのバッテリー管理システム (BMS) 基板
- 電圧、電流、充電率などのバッテリー状態チェック用モニタ基板 (BMON)
- iCub に電圧を供給するための DC/DC 変換とホット・スワップ・マネージャ (HSM) のためのパワー基板。ロボットは 2 つの DC 電圧レベルを持つ：12V、10A (DC モータと PC 用)、36V、8A (26 個のブラシレス DC モータ用)
- システム全体を管理するためのマスタ基板と Bluetooth インタフェース (BCB)

### 電源管理の検証

バッテリー・バックパックの基本設計の実装において、IIT の設計エンジニアは、電源管理の検証、MOSFET を安全動作領域で動作させるためのリミット設定、消費電力の把握、制御基板で使用される CAN/I<sup>2</sup>C バスのデータ通信検証など、さまざまなテスト/測定問題に直面しました。

これに対処するため、チームはテクトロニクスの MSO4104B 型オシロスコープ、TDP1000 型差動プローブ、TCP0030 型電流プローブ、4 本の TPP1000 型プローブ、DPO4AUTO 型、DPO4EMBD 型データ・デコーダ・モジュールを採用しました。このソリューションで、アナログ信号、電源特性、電子回路基板のバス通信を測定しました。

MSO4104B 型オシロスコープは、1GHz の周波数帯域、5GS/s のサンプル・レートの性能を持ち、4 つのアナログ・チャンネルと 16 のデジタル・チャンネルをサポートしています。デジタル・チャンネルはオシロスコープに統合されているため、すべての入力チャンネルでトリガすることができ、すべてのアナログ信号、デジタル信号、シリアル信号間で時間的に相関をとることができます。

豊富なラインアップを揃えたテクトロニクスの電力用プローブを追加することで、MSO4000 シリーズ・オシロスコープは iCub バッテリー・バックパックなどのパワー・テスト・アプリケーションに最適なソリューションになります。例えば、IIT が採用した TCP0030 型は高性能でありながら使いやすい AC/DC 電流プローブであり、120MHz 以上の帯域で 5A と 30A 測定レンジを切り替えることができます。さらに、優れた低電流測定機能があり、1mA までのレベルが正確に測定できます。

“オシロスコープを使用することでパラメータが簡単に調整でき、MOSFET を正しく保護することができました。”

Marco Maggiali (iCub 開発チーム)

### 狙い通りの測定

DC/DC コンバータと HSM 基板の出力測定では、電圧プローブと電流プローブの両方を使用しました。ロボット内では大きな電流が流れるため、IIT チームは起動時と通常の動作時においてさまざまなテストを実行しました。起動時のホット・スワップ管理 (HSM) 基板の電流、電圧、電力レベルを取込んだスクリーン・ショットを以下に示します。

iCub 開発チームの Marco Maggiali 氏と Andrea Mura 氏によると、HSM の動作を調整して基板の MOSFET トランジスタのパワー・リミットに抑えるためには、起動時のトランジェント解析 (図 1) が重要であるとのこと。Maggiali 氏は、次のように述べています。「基板を実際に解析しないと、現実にもどのように動作しているかはわかりません。オシロスコープを使用することでパラメータが簡単に調整でき、MOSFET を正しく保護することができました」

チームが直面したもう一つの問題は、ロボットは本来ノイズの多い環境であり、さまざまなモータがスタート/ストップを常に繰り返しているということです。このケースでは、TDP1000 型差動プローブを使用し、DC/DC コンバータのシャント抵抗における電圧降下を測定し、出力信号のノイズ・レベルを検証しました。これにより、チョーク・コイルを入れ、グラウンド・ループ、シールドを施してノイズを抑えました。

オシロスコープは、さまざまな条件におけるバッテリー寿命の検証にも適しています。53 のすべてのモータを同時に回してロボットを動作させるのは難しく、チームも真のワーストケースのシナリオを作り出すことはできません。人間のように、同時に動かすような可能性のある組み合わせはめったにありません。ロボットをできる限り多く動かすようにすると、MSO4104B 型の 20M ポイントのメモリ長にはバッテリー放電特性が図 2 のように表示されます。ワーストケース・シナリオに近い状態では、バッテリー寿命は約 1.5 時間で尽きてしまいますが、通常の動作ではより長い時間で動作できます。

3 枚の基板と 2 つのバス技術があり、チームにとってはデータ通信の検証/デバッグが重要な課題になります。これは、マニュアルで実行すると非常に手間のかかる作業です。DPO4AUTO 型と DPO4EMBD 型データ・デコーダ・モジュールを使用すると、BCB (マスタ基板)、HSM と BMON (モニタ基板) におけるデータ通信を簡単に読取り、検証することができます。HSM は 1Mbps の CAN バスで BCB と通信し、BMON は I<sup>2</sup>C で BCB と接続されています。BCB には、モバイル・デバイスまたはロボットの頭部とバッテリー状態を通信するための Bluetooth インターフェースが含まれています。CAN と I<sup>2</sup>C バスの通信信号とデコードされたバイト情報の例を、図 3 に示します。

iCub プラットフォームの開発は、IIT によって iCub 2.0 (バッテリー・バックパックを含む) で引き続き進められています。iCub はまだ単独で外に出て遊ぶことはできていませんが、その機能のレパートリは広がっています。iCub プラットフォームの詳細、研究成果については、ウェブ・サイト (<http://www.icub.org>) をご覧ください。

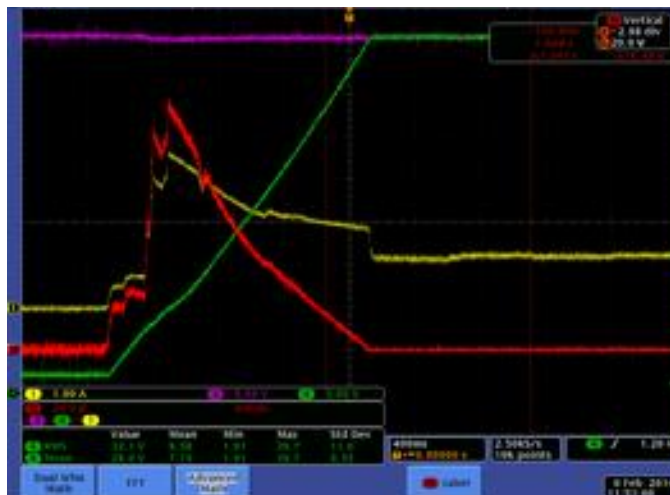


図 1. テクトロニクス製の計測器で測定された、起動時のトランジェント

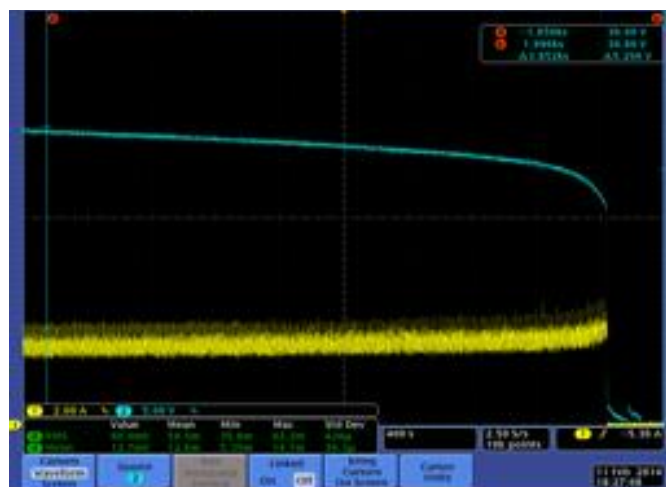


図 2. MSO4104B 型のロング・メモリに取込んだバッテリーの放電特性



図 3. CAN/I<sup>2</sup>C デコード機能により、迅速なデバッグが可能に