

学生&新人エンジニアのための

トランスタ技術 ジュニア版
4・7・10・1月10日発行

トラ技 Jr.

トラギ
ジュニア

バック・ナンバや
PDF版も
販売中!



2025

秋

特集 使える, 作れる! 切手サイズから電動スクータまで
安全に!リチウム・イオン・バッテリー回路の製作

次世代エース 時間差アナログ信号!

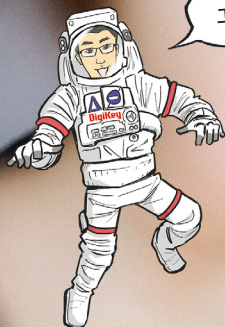
Arduino UnoR3...実はワナだらけ

PICマイコン PICkit4 買わずに書き込み

バッテリー リチウム 1 本なのに 12V(+可変)!

通巻63号

情熱 × 好奇心 × 創造力
= 未来の発明者、君だ!



イチケン登場!
エレキ万博特集も見てね!



digikey.jp

DigiKey

本書は著作物であり，著作権法により保護されています。

本書の一部，または全部を著作権者に断りなく，複製または改変し他人に譲渡すること，インターネットなどに公開することは法律により固く禁止されています。

違反した場合は，民事上の制裁および刑事罰の対象となることがあります。

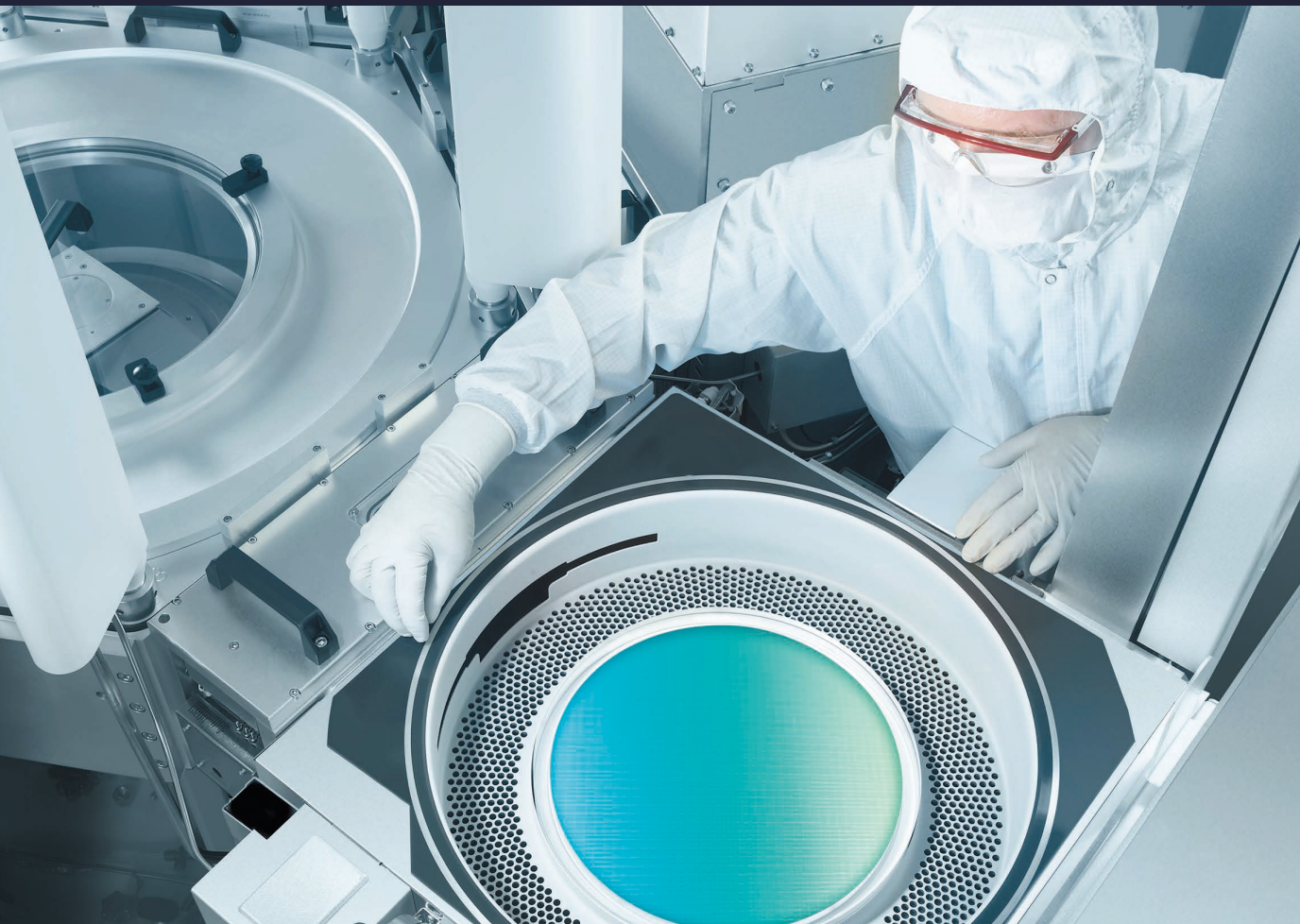
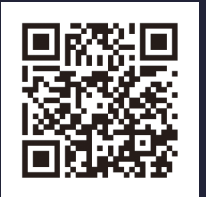
ラムリサーチは技術革新をリードする 半導体製造装置メーカーです

先進的な製造装置で、半導体メーカーと共に、社会を動かすソリューションを実現しています。

未来をつくる挑戦に、あなたも加わりませんか。

Let's *prove it.*[™]

ラムリサーチ合同会社 採用情報はここから ▶
<https://www.lamresearch.com/ja/careers/lrj/>



秋月電子通商

- 各種キット モジュール
- マイコン関連 PIC・H8・AVR
- Arduino・mbed Raspberry Pi
- 各種無線モジュール WiFi・BLE・Zigbee
- LED・センサ 各種電子部品
- ユニバーサル 変換基板
- ACアダプタ 電源各種
- USBシロ テスタ・計測器

ピックアップ商品

<h3>Raspberry Pi</h3> <p>SoC強化にM.2まで! 新めがねのラズパイを今すぐ体感しよう!</p> <p>Raspberry Pi スターターキット 8GB 販売コード F129363 1個 ¥19,100(税込) ★2倍以上のSoC、PCIe(M.2)搭載、USB3、内蔵I/Oチップを採用(セット内容)①ラズパイ本体 ②ケース ③USB-C ACアダプタ ④HDMIケーブル ⑤OS書き込み済microSDカード 32GB 詳細はこちらをご覧ください!</p> <p>4GBに迫る! Pi4 スターターキット 4GB 販売コード F129607 1個 ¥13,400(税込) (新品Pi4)専用電源ケーブルが付属向上した! Raspberry Pi Zero2 WH 販売コード 129607 1個 ¥3,360(税込)</p> <p>WiFi Bluetoothに対応したPi4が売れまわっています! Raspberry Pi Pico WH 販売コード 118886 1個 ¥1,340(税込)</p> <p>Raspberry Pi Pico 2H 販売コード 130982 1個 ¥1,180(税込)</p> <p>Raspberry Pi 3 model A+ 販売コード 114878 1個 ¥4,620(税込) 唯一の一体型マイコンが採用された高性能なラズパイ! Raspberry Pi 500 日本語版 販売コード 130200 1個 ¥17,800(税込)</p>	<h3>Arduino</h3> <p>WiFi機能で便利! SoC強化! 新品登場! Arduino!!</p> <p>Arduino UNO R4 WiFi 販売コード 118246 1台 ¥4,640(税込) ★ESP32-S3をホストに2.4GHz WiFi & Bluetooth5 (BLE)をサブポートにUSB-Cケーブル一本ですぐに遊べる★Qi wirelessをサポート! 対応! 最高レベルの性能を手に入れよう! ※このArduino UNOがWiFi機能で便利!</p> <p>Arduino UNO R4 Minima 販売コード 118114 1台 ¥3,190(税込) ★ハードウェア互換性を維持しつつ、Renesas RA4M1へ強化! また128MB DRAM、オプティクスの新チップ搭載、Rev.9からの標準移行もスムーズに行うことが可能な新進化のUNOがここに!!</p> <p>Arduino UNO Rev.3 販売コード 107385 1台 ¥4,710(税込)</p> <p>Arduino Mega2560 Rev.3 販売コード 107381 1台 ¥7,980(税込)</p> <p>Nano (Renesas RA4M1)が搭載された超強化! Arduino Nano R4 pinヘッダー付 販売コード 131211 1台 ¥2,720(税込)</p> <p>Arduino Nano Every 販売コード 114848 1台 ¥2,360(税込)</p> <p>AE-ATMEGA328-MINI 販売コード 110347 1台 ¥950(税込)</p>	<h3>SONY SPRESENSE</h3> <p>SPRESENSE メインボード 販売コード 114584 1台 ¥6,050(税込) ★充電電池でも動く! 手軽なハードウェア、そして高音質オーディオの世界へ!</p> <p>SPRESENSE 拡張ボード 販売コード 114585 1台 ¥3,850(税込)</p> <p>SPRESENSE LTE拡張ボード 販売コード 114884 1個 ¥10,240(税込)</p> <p>SPRESENSE GNSSアドオンボード 販売コード 118171 1台 ¥8,470(税込)</p> <p>SPRESENSE エッジAI学習キット HDRカメラ版 販売コード 130136 1個 ¥31,000(税込) ★数量限定、キャンペーンでお買い得なエッジAI学習キットです!</p> <p>Micro:bit V2 販売コード 115882 1個 ¥2,920(税込) ★BBCの教育向けシングルボードコンピュータで★プログラミング学習が楽しく簡単にできるようにデザインされています★V2になりタッチセンサーやオプトセンサー、カメラ、MEMSマイクロボット等が搭載された。できる事が多岐にわたり開発環境は日本語化されていますので安心です★単3電池、電池ボックスは別売りです!</p>
--	--	--

初めての電子工作に最適なパーツやモジュール製品を多数お取り扱いしています!

<h3>M5 Stack</h3> <p>M5Stack BASIC V2.7 販売コード 1117375 1台 ¥7,680(税込) ★ESP32-D0WDQ6-V3 ★寸法:54mm×54mm×13mm</p> <p>M5Stack Core2 IoT Kit 販売コード 116170 1台 ¥9,650(税込) ★ESP32-D0WDQ6-V3+MPU6886 ★寸法:54mm×54mm×16mm</p> <p>M5Stamp S3M 販売コード 118194 1個 ¥3,780(税込) ★総重量:5g! 切手サイズのエッジIoTデバイス! ★寸法:26mm×18mm×5mm</p> <p>M5StickC Plus2 販売コード 118338 1個 ¥4,900(税込) ★ESP-PICO-V3-02 ★寸法:48.2mm×25mm×13mm</p>	<h3>Espressif Systems ESP32</h3> <p>ESP32-DevKitC-32E(4MB) 販売コード 115673 1個 ¥1,800(税込) ★Espressif Systems社の無線通信モジュールの評価基板です★ほとんどのI/Oを引き出している、手軽に実験や評価が行えます★モジュールのみのお取り扱いもあり!</p> <p>AE-ESP32-WROOM-32E-MINI 販売コード 116108 1個 ¥800(税込) ★定番のESP32の中でもAOTに最適なWROOM-32Eを扱いやすくレイアウト! ★電源:3.0~5.5V★MCU:ESP32-D0WD-V3 embedded, Xtensa® dual-core 32bit LX6★Flash:ROM:16MB, RAM:520KB★インターフェース:UART/OTA★Wi-Fi:IEEE802.11b/g/n★Bluetooth:V4.2 BR/EDR★LED★アンテナ:PCB★基板寸法:48mm×25.5mm</p>	<h3>Seed社 XIAO製品</h3> <p>Seeduino XIAO 販売コード 115178 1個 ¥950(税込) ★Seeduino最小のArduino互換ボード★小型で開発が簡単なワンボードマイコン★Arduino IDEで開発★基板寸法:20mm×17.5mm×3.5mm</p> <p>Seed XIAO RP2040 販売コード 117044 1個 ¥980(税込) ★Raspberry Pi 4 RP2040を搭載した超コンパクトのマイコン★MicroPython, CircuitPythonで開発OKです★電源:5V★基板寸法:17.8mm×21.2mm</p>
<p>PICマイコンデジタル時計キット Ver.3 (卓上型) 販売コード 101996 1セット ¥2,000(税込) ★1.1インチの赤色大文字LEDを使用したデジタル時計です★Ver.3は基板部分を90°回転させて卓上型として製作できます★CPU:PIC16F57W★ワンチップIC★電源:単体4.5~4.9V★400kHzの高精度クリスタル★内蔵機能:アラーム、ストップウォッチ、タイマー、積算計</p> <p>モロイヤレス社ワイヤレスワイヤレスモジュール(標準/高出力) ★TWE-LD-W (標準) 1-TmW 販売コード 106760 1個 ¥1,380(税込) ★MW-RD-W (高出力) 10mW 販売コード 112504 1個 ¥3,030(税込) ★超低消費電力・長距離通信★2.54mmピッチ28ピン(600mV) DIP型(外形に1.25mm)専用ソフトウェアを搭載★無線規格:IEEE802.15.4★受信感度:-95dBm★スリープ電流:1.1μA★動作電圧:2.3~3.6V★電圧認証:ARIB STD-T68(技術)★ワイヤレス型</p>	<p>新着! 高専PICマイコン学習キット Ver.2 販売コード 106971 1個 ¥2,780(税込) ★新着! 高専高等専門学校授業で実際に使われている本格的な学習キットです★学習資料も付属!</p> <p>新着! 高専学習キット Ver.3 販売コード 117424 1個 ¥2,780(税込) ★ももらたき電子サイロIC★7種類の機能がプログラムされたPICマイコンを使って、電子回路を学ぶ!</p> <p>VLS31LX使用 レーザー測距センサーモジュール 販売コード 114249 1台 ¥1,320(税込) ★STマイクロ社のレーザー距離センサVLS31LXを使用した小型レーザーモジュール★最大400cmまで測定でき、PCでデータを取得し、Raspberry PiやArduinoで手軽に測定計測! ★電源電圧:3.3V~5.0V★測定方式:赤外線ToF★計測範囲:10cm~400cm</p>	<p>タコラッチ ★(AkaDako) シリウスScratch拡張ボード(USB1本PCやiPadに接続! 環境センサーや加速度センサーなど様々な付録センサー)★50種以上のGroveモジュールを接続してオプション教材からビジュアルプログラミングによる様々な学習を楽しめます!</p> <p>タコラッチ 販売コード 130317 1個 ¥8,778(税込) ★タコラッチ 3.0 基本セット 販売コード 1309 1個 ¥2,970(税込)</p> <p>手帳型ハイグレード デジタルポットメタスタ DE-03M 販売コード 113762 1個 ¥3,240(税込) ★人気! デザイン! フラット! オートでも高精度な測定ができる! LCRメーターならこれ! ★メタ20000/サブ20000カウントのデュアル表示★相対モード/内部成分分析機能★4層フルレンジ設計計測2層接続計測! ★日本語説明書付き★006P電池付属</p>
<p>DIodes Incorporatedのステレオ級フルタレスオーディオアンプを使用したオーディオアンプキットです★電源電圧:5V★消費電流:500mA以下★定格出力:3W+3W(4Ω, 10% THD+N)★基板寸法:56.0mm×36.0mm</p> <p>BME280使用 温湿度・気圧センサモジュール 販売コード 109421 1セット ¥1,380(税込) ★BOSCH社のBME280を搭載したセンサモジュール★温度、湿度、気圧を同時に測定できます★I2C/SPI選択可能★電源:1.7V~3.6V★湿度:40~85℃±1℃(分解能:0.001℃)★温度:100±1%±3%(分解能:0.01℃)★気圧:300~1100hPa±1hPa(分解能:0.18hPa)</p>	<p>OKL-T/G-W12N-C使用 最大6A DCDCコンバーター可変電源キット 販売コード 107728 1セット ¥1,320(税込) ★ムラタ製作所のOKL-T6-W12N-Cを使用した小型高効率降圧DC-DCコンバーター可変電源キットです★出力方式:降圧チョップ★出力正負:正電源 入力電圧:4.5~14V★出力電圧:0.9~5.5V★出力電流:~6A★発振周波数:500kHz★出力電圧:非絶縁</p> <p>太陽電池用モジュール・ソーラー充電コントローラー ★多結晶シリコンセル★逆流入防止ダイオード付き★寸法:435mm×250mm×25mm ★ソーラー充電コントローラー 12V A販売コード 110606 1個 ¥3,900(税込) ★最大入力電圧:25Vdc★充電電圧:14.4V(フロート:13.7V)★負荷電流:10A</p>	<p>SeedStudio XIAO ESP32C3 販売コード 117454 1個 ¥1,080(税込) ★Espressif ESP32-C3 WiFi / Bluetooth デュアルチップをベースにした小型IoT開発ボードです★Arduino IDEで開発できます★プロセッサ:ESP32-C3 32bit RISC-V @160MHz★アンテナ:外部アンテナ付属! ★メモリ:400KBのSRAM、4MBのフラッシュ★フラッシュインターフェース:SPI/I2S/40Pin(排他接続)★GPIO x11, PWM x11, ADC x4★電源:USB Type-C★寸法:20 x 17.5mm</p>



<https://akizuki-denshi.com/>

インターネット通販は、ご購入金額11,000円(税込)以上で送料無料です!(代引/銀行振込手数料は掛かります)
通販・秋葉原店・八潮店ともにクレジットカード決済 (VISA/Mastercard) がご利用いただけます。

※表示価格は変更になる場合がございます。最新の価格や営業時間・営業日は弊社通販サイトをご確認ください。

秋月電子通商 秋葉原本店
〒101-0021 東京都千代田区外神田1-8-3 野水ビル
[9/15 時点] 営業時間: 11:00 - 18:00
(年末年始・お盆を除く年中無休)
JR秋葉原駅から徒歩3分! 2階フロアも掘り出し物いっぱい! 大好評営業中!
多数の部品を直接お手にとってお買物いただけます。ぜひご来店ください!

秋月電子通商 八潮店
〒340-0813 埼玉県八潮市木曾根 315
[9/15 時点] 営業時間: 11:00 - 18:00
定休日: 月曜・火曜・水曜
駐車場完備! 広々とした店内でゆっくりお買物いただけます。
オトクなアウトレ品や掘り出し物もたくさん! ぜひ一度足を運んでください。

公式 X

公式 X

超薄型リチウムイオン二次電池

エナセラ®
EnerCera

現在お使い中のデバイス(端末)の

もっと小さく、
もっと軽く、
もっと薄くを
実現します。



1.3mm

size: 12.5mm

0.45mm

size: w27mm x h38mm

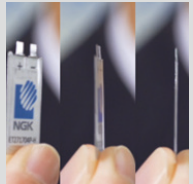
高い安全性

電解液はごく少量
クギを刺しても
発火せず



薄い

厚さ 0.45mm で
薄型デバイス
実現可能

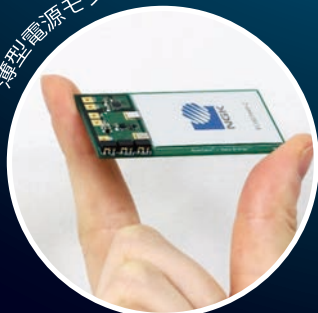


軽量

一円玉よりも
軽い!



薄型電源モジュール



ランタンも浮く軽さ



温度監視



光るバンゲル



お問い合わせ先

 **日本ガイシ**

デジタルソサエティ事業本部 電子デバイス事業部 営業部
enercera-sales@ngk.co.jp

EnerCera
特設サイト
公開中!



トラ技Jr.は、第一線のプロが現場の生きた技術をかみくだいて解説します。技術者の卵である学生と新人エンジニア(25歳以下)の皆さんには、小誌を無料で配布します。ホームページから、お申し込みください。

<https://toragijr.cqpub.co.jp/>



リチウム・イオン × 電動スクーター



切手サイズのリチウム・イオン「エナセラ」

CONTENTS

特集記事

6 使える, 作れる! 切手サイズから電動スクーターまで

安全に! リチウム・イオン・バッテリー回路の製作

- 第1章 公道もOK! 回生ブレーキ搭載! 24V30Ahリチウム・イオン電池! 時速20km電動スクーターの製作 山田 智生
- 第2章 釘刺しでも過放電でも燃えない安全さ! 24mAhリチウム・イオン電池! 買える薄型「エナセラ」 中村 浩和

- 29 次世代エース 時間差をアナログ値に! 距離センサにA-D変換に…半導体の高性能化を目指して 超微小psレベルの時間差をデジタル回路で測る エルキンス礼
- 32 トラ技Selection① 500ステップの高精度サーボ制御や20ビットDDSによる微妙音階生成も楽々 ロジック回路も内蔵の機能リッチPICマイコン PIC16F18857 後閑 哲也
- 33 トラ技Selection② マイクロチップが提供するオープンソースをフル活用! 1万円超PICKit4を買わずに済ませる数百円マイコン書き込み回路 山田 浩之
- 34 トラ技Selection③ 間違っても動いちゃう危険…ひとこと言わせて! 実はワナだらけ…確実に動かす Arduino Uno R3 下間 憲行
- 39 トラ技Selection④ 3.7V1セルから昇圧! 12Vファンを回してみた リチウム・イオン電池1本から4.7V~12.6V出力! お手軽可変電源TPS61088 川出 和希
- 44 就職の扉 「銀リング自作システムの開発」というお仕事 加藤 優
- 42 送付先の学校一覧 43 トラ技ジュニアの申し込み方法
- 21 トラ技ファン感謝イベント「エレキ万博 2025」後夜祭(開催レポート)

46 GET! 読者プレゼント

- エナセラ 3.3/3.8V 電池モジュール
- デジタル・マルチメータ CD5001
- プリント基板定規 2本+PCBWay 10ドル割引券 2枚 ほか



【お知らせ】

親雑誌の月刊「トランジスタ技術」2024年6月号では、今回特集として扱った切手サイズ、電動スクーターのほかにも、さらにリチウム・イオン電池を中心にして、さまざまなバッテリーを使った製作を詳しく特集しています。あわせてお楽しみください。



テセックは未来を担う技術者を大募集しています!

社は「Enjoy」仕事も 遊びも…
すべてを Enjoy しよう!!
注目度上昇中の「パワー半導体」

そのテストシステムを一緒につくろう!!



株式会社テセック 東京都東大和市上北台 3-391-1
TEL: 042-566-1111 <https://www.tesec.co.jp>





安全に!リチウム・イオン・バッテリー回路の製作

初出：トランジスタ技術2024年6月号, pp.54-61

第1章 公道もOK!回生ブレーキ搭載!

24V30Ahリチウム・イオン電池! 時速20km電動スクータの製作

山田 智生 Tomoki Yamada

近年急速に普及し、街中で見かけることも多くなった電動キックボードや電動バイク、電動アシスト自転車はリチウム・イオン電池に蓄えられたエネルギーで走行します。

今回は、実際に電動キックボード(写真1、写真2)を製作し、電力を効率よく利用できる電力回生ブレーキまで搭載してみました。

改造を行いました。物によっては寸法が合わずモータが取り付けられない場合もあり、保安基準に適合しない大きさの物も販売されているため製作の際は注意が必要です。

● モータ…車輪にモータを組み込んだものを使用

今回製作した車両は特定小型原動機付自転車に分類され、16歳以上であれば運転に免許は必要ありません。特定小型原付の場合、モータの定格出力は0.6kW以下と定められているため、基準に適合するものを選択します。今回は350Wのインホイール・モータを使用しました。

インホイール・モータはホイール自体がタイヤとなり駆動力を生むため、チェーンなど部品が要らず、組み込みがとても簡単です。さらに、ドラム・ブレーキがモータ本体に付属しているという親切っぷりです。

300Wを超える誘導機だと数万円を超える製品も多い中、こんな素晴らしい製品が1万円程度というお手頃価格で購入できてしまうことに驚きを隠せません。

製作する電動キックボード(スクータ)

今回製作した電動キックボード(スクータ)全体のシステム構成を図1に示します。また、使用した部品は表1に示します。

なお、道路運送車両法上の保安基準を満たしており、運輸局にてナンバ・プレートの交付を受けたため、公道にて走行が可能です(写真2)。回生ブレーキも搭載します。

● 車体…キックボードを改造

手法としては、金属材料を溶接してフレーム自体を製作する方法と、既製品を購入し改造する方法がありますが、今回は後者を選択しました。

ネット通販で足蹴り仕様のキックボードを購入し、

● モータの駆動回路…シンプルな120度通電

使用するモータはブラシレス・モータのため、電圧を印加するだけでは駆動できません。そのため駆動回路が必要ですが、市販の物は回生ができないものが多

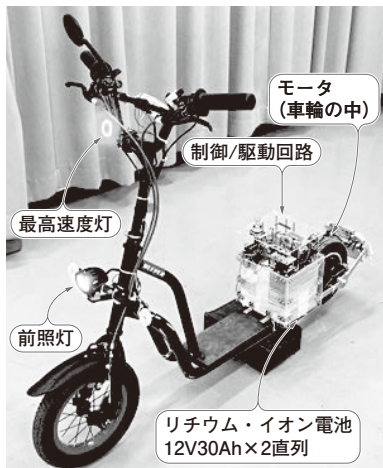


写真1(左) 最大時速20km/ 回生ブレーキ搭載の自作電動キックボード(スクータ)

写真2(右) 市役所にてナンバ・プレートの交付を受けて公道も走れるようにした

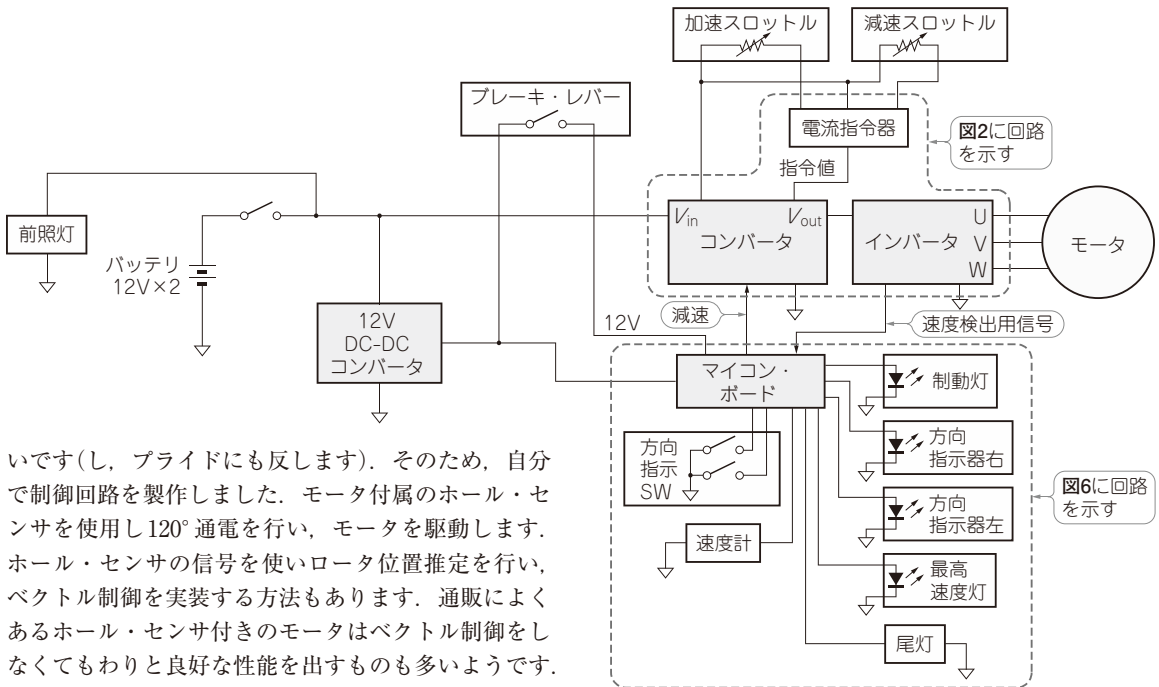


図1 製作した電動キックボードの構成

いです(し、プライドにも反します)。そのため、自分で制御回路を製作しました。モータ付属のホール・センサを使用し120°通電を行い、モータを駆動します。ホール・センサの信号を使いロータ位置推定を行い、ベクトル制御を実装する方法もあります。通販によくあるホール・センサ付きのモータはベクトル制御をしなくてもわりと良好な性能を出すものも多いようです。

表1 自作電動キックボードに使用した部品

部品	型名	メーカー	参考単価(円)	個数	主な入手先
Nch MOSFET	TK100E08N1	東芝デバイス&ストレージ	140	8	秋月電子通商
ゲート・ドライバ	TLP250H		150	2	秋月電子通商
ゲート・ドライバ	TLP152		80	6	秋月電子通商
NPNトランジスタ	TTC015B		25	3	秋月電子通商
ファストリカバリ・ダイオード	1JU41		5	4	秋月電子通商
マイクロインダクタ	AL0510—473K	Core Master Enterprise	18	2	秋月電子通商
ゲート・ドライバ	IRS2003	インフィニオン・テクノロジーズ	160	1	秋月電子通商
コンデンサ	ELXJ350ELL 222ML35S	日本ケミコン	50	2	DigiKey
シャント抵抗	SL1TER010F	KOA	10	4	秋月電子通商
制御用IC	TL494IN	テキサス・インスツルメンツ	50	1	秋月電子通商
ロジックIC	TC74HC08AP	東芝デバイス&ストレージ	30	2	秋月電子通商
ロジックIC	TC74HC04AP		30	2	秋月電子通商
パワー・インダクタ	不明	不明	200	1	日本橋などの店頭
抵抗類	—	—	1	40	—
コンデンサ類	—	—	不明	15	—

(a) 駆動回路

部品	型名	メーカー	値	参考単価(円)	個数
リチウム・イオン(リン酸鉄)バッテリー	リン酸鉄リチウム・イオン・バッテリー ^{注1}	LiTime	12V/ 20Ah	25960円	2
キックボード	Deeper DKS—1200	DEEPER	12 インチ	15800円	1
インホイール・モータ	ホイールハブモーター 24v350w	VGBY	24V/ 350W	10000円	1

(b) 車体…Amazon等のネット通販で購入

部品	型名	メーカー	参考単価(円)	個数
前照灯	B01MQKZLKT ^{注2}	AutoGo	1400	1
スロットル	Zwindy86Fq	Zwindy	1900	2
後部反射器	B0BQLPZ95Y ^{注2}	evermotor	1000	1
ブレーキ・レバー	B07BNJ57PK ^{注2}	VGBY	2300	1
後写鏡	KW—60	川住製作所	968	1
方向指示器スイッチ	304—611	キジマ	2200	1

(c) 灯火類(機械部品のみ)

注2：型名が不明のためAmazonのASINで代表させています。

● バッテリ

車両を走行させるためには大きな電力が必要であり、それなりにバッテリーの性能が要求されます。今回はリン酸鉄リチウム・イオン・バッテリー^{注1}を2つ直列に接続し使用しました。

PSEマークが付いていますが、念のため短絡試験、過電流試験、過放電・過充電試験を行ったところ、保護動作が確認できました(記事初出時の製品)。

走行効率を上げるために使いたい 回生ブレーキとは

● 力行/回生システム

今回は、減速するときに失う運動エネルギーを電気エネルギーとして利用する回生ブレーキを搭載します。車両は加速時に加速度を一定に保ち、減速度を回生ブレーキにより自在にコントロールする必要があります。

インバータは双方向チョッパによる定電流制御で駆動します。制御ICには定番のPWMコントローラTL494(テキサス・インスツルメンツ)を使用しました。定電圧出力も可能なように設計しているため、汎用のDC-DCコンバータとしての使用も可能です。

● 物体が減速して失うはずのエネルギーを再利用する

回生ブレーキは洗濯機などの家電から電気自動車、電車に至るまでさまざまな場面で活用されています。

高速で動いている物体を減速させる際にエネルギーを消費させると、せっかく加速に使ったエネルギーが無駄になってしまいます。そこで、物体の運動エネルギーを何か別のエネルギーへと変換し、再度使用できるよう蓄えるというシステムが発案されました。これが回生ブレーキです。

● 運動エネルギーから電気エネルギーを発生させる

学校教材などでよく使われる手回し発電機は、中に入っているモータ(電動機)を手で回すことにより電気を発生させています。手回し発電機に逆に電池をつなぐと取っ手が回る、という経験をした方も多いのでは

ないでしょうか。大まかに言えば、これが回生ブレーキの仕組みです。運動エネルギーを電気エネルギーに変換し、再度蓄積することによりブレーキをかけます。電動機と発電機は表裏一体なのです。

● 減速時に発生した電気エネルギーをバッテリーに充電

回生ブレーキを搭載したシステムとしてよく知られているのは鉄道ですが、鉄道においては一部の車両を除き、回生により得たエネルギーを車両に蓄積しません。これは、架線(列車に電気を供給する電線)につながれている他の加速している車両に電力を供給でき、エネルギーを蓄積する必要がないためです。

対する車は、外部に電力を供給する手段を持たないため、回生電力を自車バッテリーに蓄積します。

家庭用電源に接続されている機器は系統に回生電流を送り込むことが可能ですが、さまざまな理由から採用していない場合もあります。この場合、別のブレーキ機構を用いたり、回生制動によるモータからの電力を機器内の抵抗器で消費したりすることがあります。

ちなみに、回生電力を利用しない場合は熱として捨てることになります。

駆動部の回路

今回車両に搭載した回路の動作の詳細を問題点も踏まえ解説します。コンバータとインバータの回路は図2に示す通りです。製作したコンバータは写真3に、120°通電用インバータは写真4に示します。

● 加速時の電流経路

モータが回転すると誘導起電圧が発生し、この起電圧が電源電圧とつりあう状態でモータの回転数は安定します。しかし、モータが回転していない状態で電源を直接接続すると、電源電圧との差が大きくなり電流が流れすぎてしまいます。そのため、モータに流し込む電流を一定に調整する必要があります。

120°通電の場合、インバータ側でPWM制御を行いモータに流れる電流を制御することが多いのですが、今回はインバータ側の出力電圧を常に最大とし、インバータ自体に流し込まれる電流を一定に制御する

注1：記事初出時に使用された製品が販売終了となったので、表1(b)に代替品を掲載しています。

共立電子産業 創業 55 周年セール開催中!

共立エleshop取り扱い
品目、急遽拡大中!
ぜひwebサイト
ご覧ください!



学校・官公庁様式での
「電子パーツ・モジュール」
ご注文お受け承ります。



KYORITSU
共立電子産業株式会社

Electronic Devices, Parts, Kits & Robots 商店街の物産展 共立電子
■共立エleshop(インターネット通販) <https://eleshop.jp/>
■法人営業部(学校・官公庁/売掛対応) 06-6646-0707

総店: シリコンハウス・デジット 〒956-0005 大阪府海津区日本橋 5-8-26 fr-jp-0510
■シリコンハウス(大阪・日本橋店舗) 06-6644-4446
■デジット (大阪・日本橋店舗) 06-6644-4555

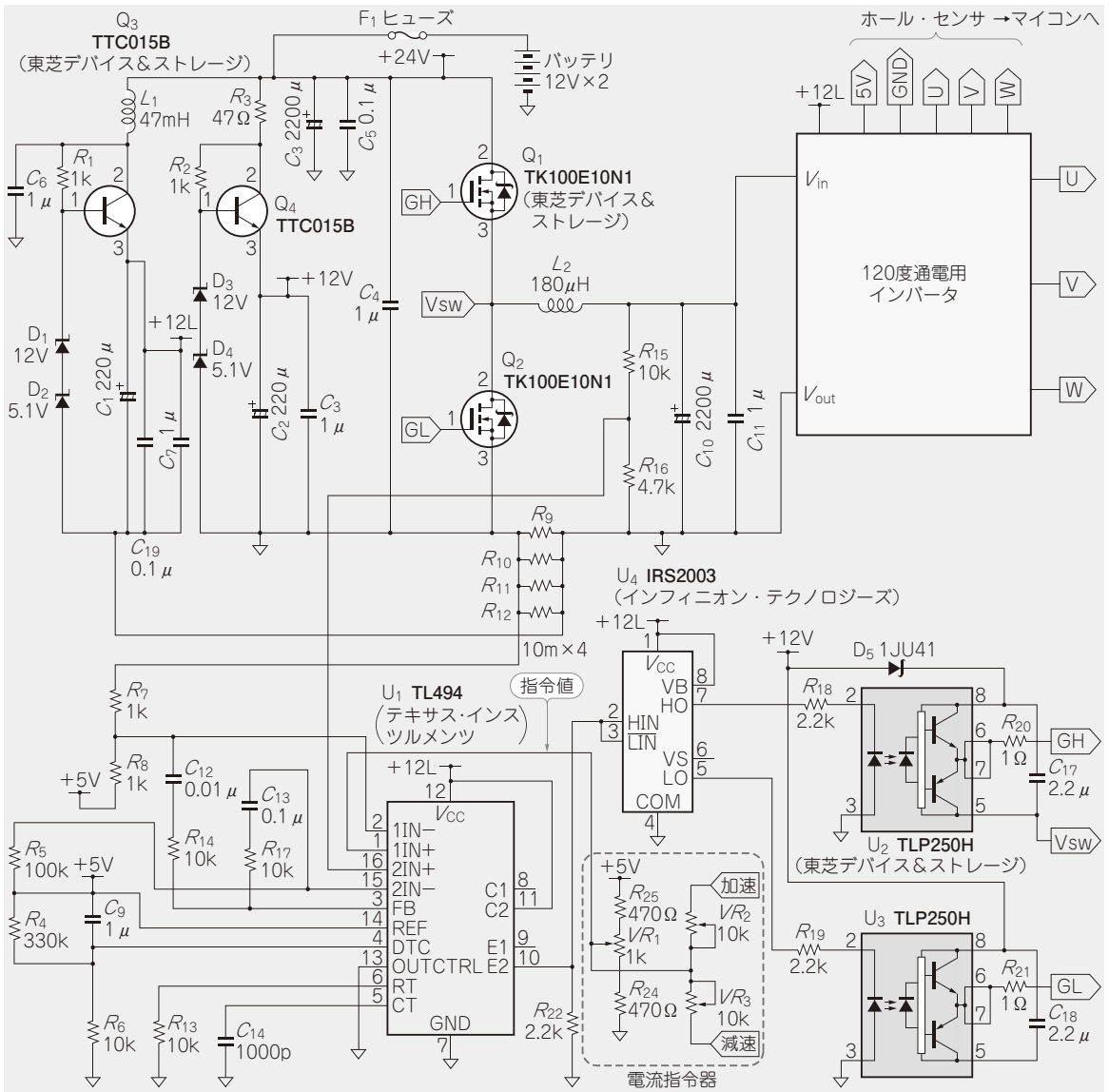


図2 コンバータとインバータの回路

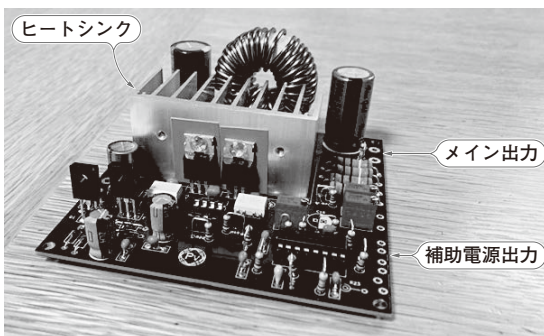


写真3 製作したコンバータ(定電流ユニット)



写真4 製作した120° 通電用インバータ

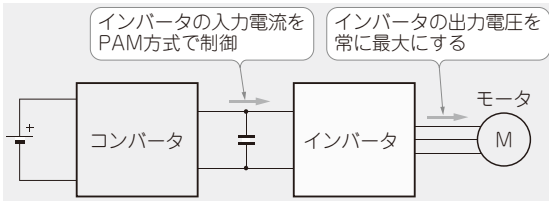


図3 加速時はPAM方式でインバータに流れる電流を制御

PAM方式を採用しました(図3)。

モータの回転速度が上がるにつれて、インバータ側の出力電圧も上昇します。電流を制御するコンバータは双方向動作が可能な降圧チョップを用いています。加速時は降圧チョップとして動作し、インダクタ電流を監視することにより定電流駆動を行います。Q₁とQ₂が相補的にスイッチングすることにより、同期整流動作を実現しています。

大電流用途のコンバータではダイオードの順方向電圧降下は大きな損失発生要因となるため、同期整流による導通損失の低減は効率改善に大きく寄与します。

● 回生時の電流経路

モータの回転速度が遅く、誘導起電圧が電源電圧より低い時、インバータを電源に接続するだけでは回生ブレーキを実現できません。

そこで、先ほどのコンバータを逆方向に動作させます。インバータから電池に向かって電流指令を与えることにより、モータから電力を取り出します。この時、コンバータはインバータ側から見て昇圧チョップとして動作しています。この時の電流指令値を調整することにより回生ブレーキ力を調整します(図4)。

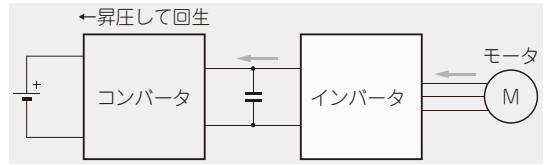


図4 回生時はコンバータは昇圧チョップとして動作する

● 電流はハンドルのスロットルで調整する

加速、回生共に電流の指令はハンドルに固定されたスロットルにより行います。スロットルの出力電圧は0.8～4.8Vなので、これを電流に変換しコンバータに指令を与えます。

回生に失敗する「回生失効」 状態を引き起こす原因と対策

● 回生失効原因1…速度が低いとバッテリーに電流が流れなくなる

速度が低下し、モータの起電圧が低下すると、モータの内部抵抗値により電流が流れにくくなります。この回路の場合、電流値が指令を下回り続けるとQ₂が常に導通状態となり、インバータの電源ラインを短絡します。

この状態ではバッテリー側に電流は流れないため回生ブレーキは徐々に弱くなり失効してしまいます。ゼロ速度まで電気的な制動を使いたい場合は、ベクトル制御など別の駆動方法を使用する必要があります。

安全に停止できるよう、回生以外の物理的制動も併用しなければなりません。

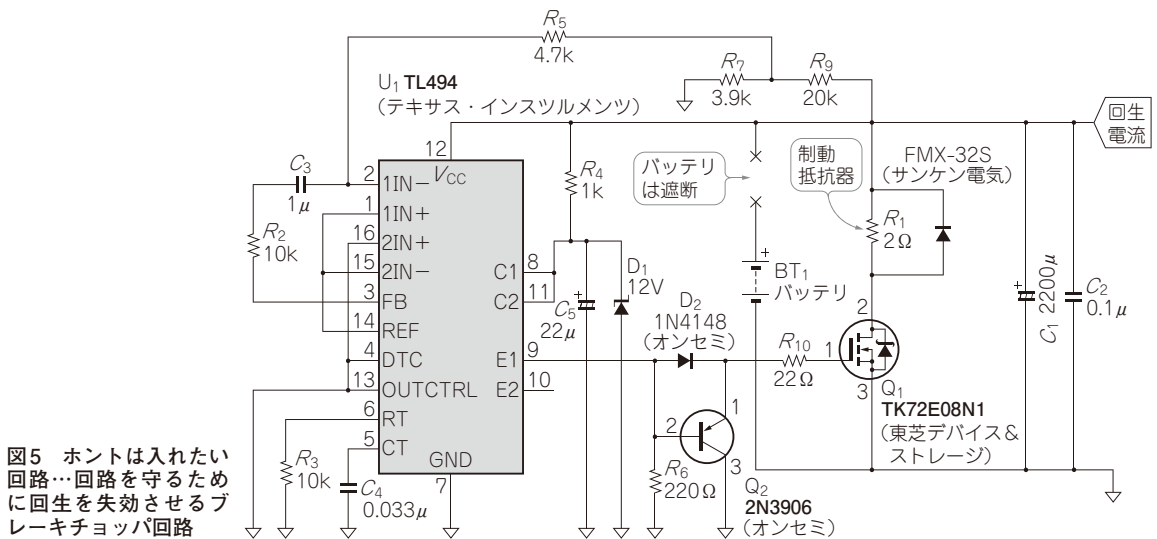


図5 ホントは入れた回路…回路を守るために回生を失効させるブレーキチョップ回路

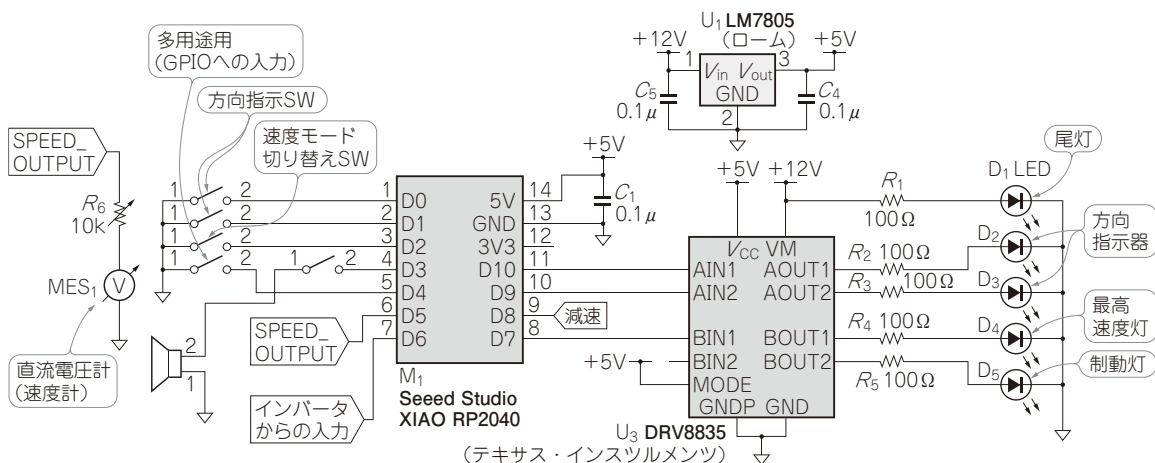


図6 マイコン RP2040 を使った灯火類の制御回路

● 回生失効原因2…バッテリーの過充電保護機能により回生電力があふれる

リチウム・イオン・バッテリーやその類のバッテリー(リチウム・ポリマ, LiFePO4など)は過充電による発火の危険性があり, また過放電による性能低下を防止するため, 過充放電保護および短絡, 過電流保護を備えていることが多くなっています。

そのため, バッテリーが満充電された状態で回生ブレーキを使用すると過充電保護が働き, バッテリーは電流を遮断します。そして, バッテリーから切り離されてしまったコンバータの電池側端子の電圧が回生電力により過剰に上昇し, 回路自体の破壊を招きます。

これを防止するために, 回生を失効させる, または回生電力を処理する回路による過電圧の対策が必要となります。図5に一例を示します。

この回路では, 電源電圧がある一定以上に上昇した際にトランジスタを導通し, 抵抗で回生電力を消費します。抵抗に流れる電流はPWMにより制御され, 電源電圧を一定に保ちます。

このような装置は制動抵抗器やブレーキ・チョップと呼ばれる, 回生失効対策に欠かせない存在です。一般の電気自動車の場合, 失効時には自動で油圧ブレーキを立ち上げるものが多く, 体感的に回生失効を感じることは少ないかもしれません。

**灯火類…
マイコンはRP2040でまとめて制御**

灯火類は公道を走行する上で重要な保安部品です。特定小型原動機付自転車(特小車)の場合は前照灯, 尾灯, 制動灯, 方向指示器に加え特小車であることを示す緑色の最高速度表示灯が必要になります。面積や輝度, 取り付け位置に関する規定も道路運送車両法により厳格な取り決めがあるため, 製作の際は全て正確に

把握する必要があります。

今回はラズベリー・パイ Pico などにも搭載されているマイコン RP2040 を使用して灯火類の制御を行っています(図6)。まとめて制御するため, モータ・ドライバをライトとマイコンの間に挟み, 電力増幅機構としています。

マイコンの減速ピンはコンバータの電流指令線につながっており, 速度が 20 km/h を超過したときに自動的に制動を行います。

組み立て

● モータの取り付け

モータはフレームの後輪部分に誤差なく収まる製品を購入したため, ネジを締めるだけで取り付けが可能でした(写真5)。

● 制御回路の固定

市販の電動キックボードであれば制御回路とバッテリーは足元に封入されていることがほとんどです。しかし, 今回の車種にそのようなスペースはなかったため, 足を置く部分の後ろにバッテリーと制御回路を搭載しま



写真5 モータの取り付け。軸をネジで固定するだけ

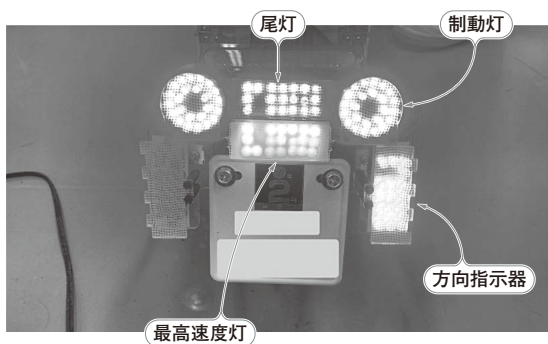


写真6 灯火類…発光がわかりやすいように簡易レンズも作成した

した。

バッテリーの上に各種制御回路が格納されています。透明な材料で製作したため回路が透けて見えるようになりました。切断にはレーザ・カッターを使用しました。

● 灯火類の取り付け

走行に必要な灯火類を取り付けます。前照灯は通販サイトで専用の物を購入、その他はLEDを使用しライト基板を作成しました。発光がわかりやすく見えるよう、簡易的なレンズをレーザ・カッターで作成し取り付けています(写真6)。

● 操作系統

車のアクセルおよびブレーキにあたる部分はハンドルにスロットルとして取り付けます(写真7)。右手のスロットルで加速、ブレーキ・レバーで減速します。

勾配を下るとき専用ですが、左手のスロットルで回生ブレーキのみを動作させることも可能です。方向指示器のスイッチは左手側に設置しています。

試験走行

● 電流のチューニング

加速時の電流と、回生時の電流を調整します。回生ブレーキは、ブレーキ・レバーを握ったときに一定の制動力を発生します。加速力と操作感の観点から調整を行い、力行電流30 A、回生電流15 Aとしました。



写真7 スロットルはハンドルに付ける

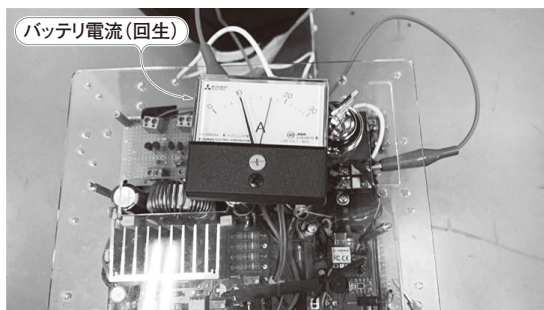


写真8 回生電流を観測!

回生のみを動作させる左手スロットルを扱った際は、回生電流を30 Aまで指令することも可能です。

● 回生ブレーキの試験

長い下り坂がある場所を試験走行区間に選び、回生ブレーキのみで速度を抑制する試験を行いました。結果、走行前より走行後のバッテリー電圧が上昇しており、回生電力によるバッテリーの充電が確認できました。回生電流が流れていることも電流計を使用し確認できました(写真8)。

● 実車での回生失効

今回製作した車両は、およそ5 km/h程までは回生制動が有効でしたが、下回ると全くブレーキは効かなくなります。降坂時や高速からの減速では問題ないのですが、停止性能としては問題があるように感じました。

“三ツイBIKE”開発の ワクワクを面白がれる人!

スーパーエンブレ技術で ものづくりをアクティブに
株式会社 日榮 <https://www.nichiei-ind.com/>

開発スタッフ募集

第2章 釘刺しでも過放電でも燃えない安全性

24mAhリチウム・イオン電池!買える薄型「エナセラ」

中村 浩和 Hirokazu Nakamura

AI時代はIoTがより重要になり、データ分析による効率化や最適化が進むと予想されます。電源について、形状や重さの制約、無線など出力電流の大きさ、電池容量、安全性、さらに動作温度、耐久性、給電方法などの課題が挙げられます。

本章では、小型軽量デバイスや屋外設置デバイスに適した2次電池として、EnerCera^{エナセラ}(日本ガイシ)とその使い方について、一般的な電池との比較も交えて紹介します。

安全性OK! 買って試せる
リチウム・イオン電池「エナセラ」

● 小型薄型! 切手サイズとコイン・サイズ

エナセラは、電池内部の電極材に結晶配向セラミックス正極板を用いたリチウム・イオン2次電池です。一般的なリチウム・イオン電池に比べて低抵抗で放電電流が大きく、動作温度が広い特徴があります。

エナセラには写真1のようにパウチ形とコイン形の2つの形状があります。パウチ形は厚さ0.45mmで1g未満、コイン形は品番によって異なりますが、厚さ2mm以下で重さ3g未満です。

● 公称電圧は2.3Vタイプと3.8Vタイプ

公称電圧は、一般的な3.8VのECシリーズと、負極にチタン酸リチウム(LTO)を用いた2.3VのETシリーズの2種類があります。表1におもな仕様を示します。また、今回比較に用いた2種類の市販電池を表2に示します。

● 容量は24mAh程度…小容量のため間欠動作向き
エナセラは最大でも24mAhと、一般的なリチウム・イオン電池と比べて小容量です。発光する表示器やスリープせずに入力待ちやデータ受信待ちをする用途には不向きです。この電池は間欠運転で長時間使用する用途に適します。

並列接続して容量を増やすこともできますが、ECシリーズはCC-CV充電方式のため、それぞれの充電電流が規定値を超えないように注意が必要です。一方、ETシリーズはCV充電のため、電池を並列接続して容易に充電できます。

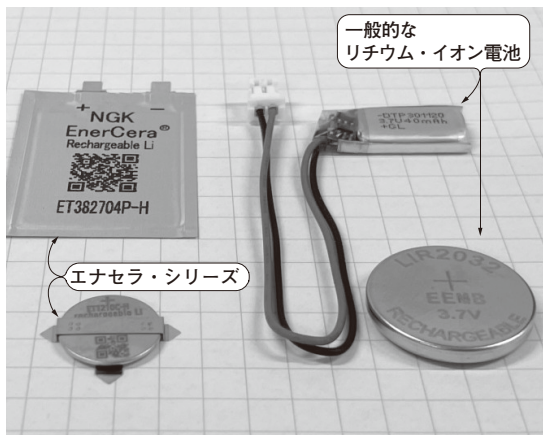


写真1 日本ガイシが出した安全で買えるリチウム・イオン電池「エナセラ(EnerCera)」

表1 エナセラのおもな仕様

パウチ形は2.3V(ETシリーズ)と3.8V(ECシリーズ)の2種類、コイン形は2.3Vのみ

品番	EC382704P-T	EC382704P-Hr	ET382704P-H	ET2016C-R	ET1210C-H
形状	パウチ形			コイン形	
公称容量	24mAh(4.2V)	20mAh	20mAh	25mAh	4mAh
公称電圧	3.8V			2.3V	
サイズ(端子含まず)	38×27×0.45mm			φ20×1.6mm	φ12.5×1.0mm
重さ	1g未満			3g未満	1g未満
充電方式	CC-CV(定電流・定電圧)充電			CV(定電圧)充電(LDOレギュレータで充電可能)	
標準充電電流	12mA(0.5C)	10mA(0.5C)	(CV充電のため規定なし)		
標準放電電流	24mA	10mA	40mA	2.5mA	0.8mA
放電ピーク電流	560mA	130mA	300mA	60mA	20mA
作動温度	放電: -20~+45℃ (充電: 0~45℃)	放電: -20~+60℃ (充電: 0~60℃)	-40~+70℃		-20~+105℃
おもな負荷/用途	LTE, Wi-Fi, GPS, 電子ペーパー, IDカード, など			LPWA, BLE, GPS, リアルタイム・クロックのバックアップ, 屋外センサ, 車載機器, など	

● エナセラの購入方法

エナセラは、チップワンストップやAS ONEで購入できます。

また、EC382704P-Tと充放電回路がセットになった「超薄型リチウム・イオン電池モジュール」がスイッチサイエンスから販売されています。

タイプ1… 屋外でも使える2.3V系ETシリーズ

● 1.8Vのマイコンやセンサの直接駆動が可能!

ETシリーズは、負極材にチタン酸リチウム(LTO)を用いた公称電圧2.3Vの2次電池です。屋外用途からウェアラブル・デバイス、さらには高速回転体に設置する無線センサなど幅広く使用できます。

公称電圧2.3Vと一見使いにくそうですが、動作電圧1.8V(耐圧3.6V)であればマイコンやセンサなどを電圧変換なしに直接駆動することも可能で、さらに無負荷時の電圧変換ロスがないため間欠動作デバイスで有利です。

● -40℃~+105℃対応! 屋外やFA/車載もOK

一般のリチウム・イオン電池では有機バインダや導電助剤を含む塗工電極が用いられており、これが高温下では化学変化で電池性能の劣化を、低温下ではリチウム・イオンの移動が遅くなり放電容量の減少を引き起こします。

ETシリーズは正極材/負極材ともにセラミックス材料(コイン形はセパレータもセラミックス)を使用しており、電極内に有機バインダや導電助剤を一切含みません。また、正極材はコバルト酸リチウムからなる結晶配向セラミックス正極板のため高出力で、高温下や低温下でも電池性能を維持します。

図1に各電池の温度特性を示します。一般のリチウム・イオン電池は-40℃では電池としてまったく機能しないのに対し、パウチ形のET382704P-Hは-40℃でも公称容量のおよそ90%を維持します。低温下の容量維持率が高く、高温下での性能劣化も少ないため、冷凍庫や寒冷地/炎天下の屋外に常設するIoT

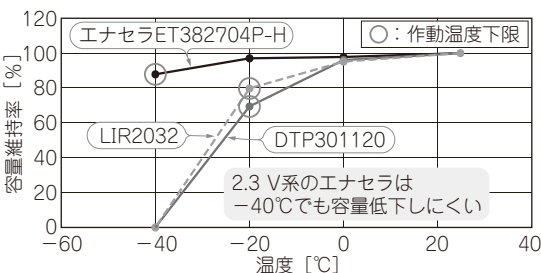


図1 各温度で充放電したときの実質的な放電容量(25℃充電)

表2 比較に用いた市販の小型リチウム・イオン電池

品番	DTP301120(PHR)	LIR2032
メーカー	Shenzhen Data Power Technology	EEMB
サイズ	20 × 11 × 3 mm	φ 32 × 2 mm
重さ	1.6 g	2.9 g
公称容量/電圧	3.7V, 40 mAh	3.7V, 40 mAh
充電方式	CC-CV充電	
標準(最大)充電電流	8 mA (40 mA)	
標準(最大)放電電流	8 mA (40 mA)	
作動温度	放電: -20 ~ +60℃ (充電: 0 ~ 45℃)	放電: -20 ~ +60℃ (充電: 記載なし)

センサなどに適します。

また、コイン形のET1210C-Hは、高い耐熱性と耐久性が要求されるFA機器のリアルタイム・クロック(RTC)のバックアップ電源に採用されています。

● 充電方式はシンプルな定電圧「CV」のみでOK

一般的なりチウム・イオン電池は定電流(CC)-定電圧(CV)充電方式ですが、ETシリーズは2.6V~2.7VのCV充電方式です。そのため、降圧レギュレータで簡単に充電でき、電池の並列接続も可能です。また、ET382704P-Hは14分でおよそ80%まで充電可能なため、太陽電池と組み合わせる際に発電量の多いタイミングに無駄なく充電できます。

また、CV充電方式のためフロート充電(満充電を保持する使い方)で使いますが、ETシリーズは高温下でもフロート充電における劣化が少ないです。

図2に、ETシリーズと高温に対応していないチタン酸リチウム(LTO)電池の高温下でのフロート充電の試験結果を示します。ETシリーズは高温下でも性能を維持するため、FA機器などのバックアップ電源として有効です。

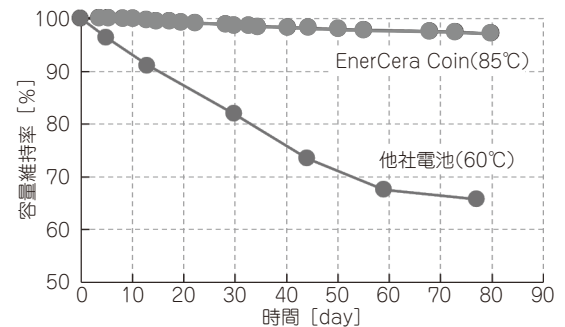


図2 エナセラET1210C-Hと高温に対応していないチタン酸リチウム電池を高温下でフロート充電したときの容量維持率

エナセラは電池が劣化しやすい高温下でも性能維持している

● 省電力デバイスに適した放電特性

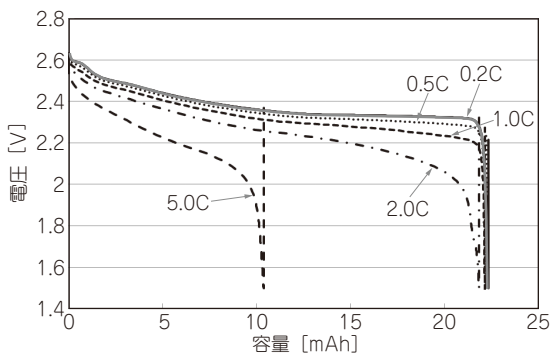
図3, 図4に, ETシリーズと一般的なリチウム・イオン電池の特性を示します。図3(a), 図4(a)の放電カーブでは, 一般的な電池に比べて定電圧特性に優れています。

また, 一般的に小容量の電池で大電流を流すと, 電圧降下によって早い段階で負荷の動作電圧範囲を下回ってしまいますが, エナセラ(ET/EC両シリーズ)は内部抵抗が小さいため, 小さな電圧降下で大電流を出

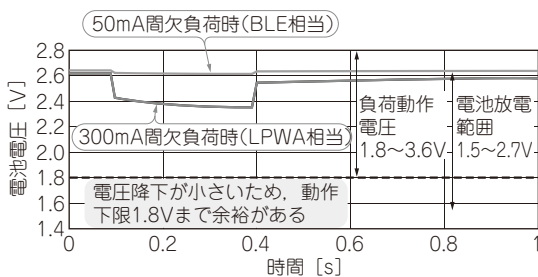
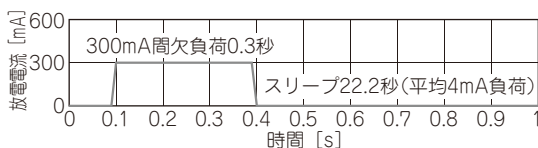
力できます。図3, 図4の(b), (c)は, LoRaなどのLPWA(Low Power Wide Area)無線通信を模擬した比較結果ですが, エナセラは負荷動作電圧範囲を下回りにくく, 小容量でも長く使用できます。

● 内部構造としても安全に作られている

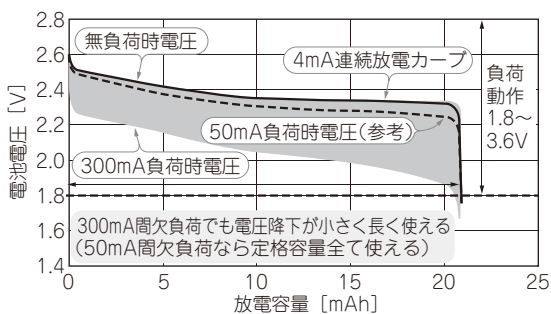
一般的なリチウム・イオン電池では, 電流集中によって析出した金属リチウム・デンドライトや, 過放電によって負極集電体から溶けて析出した銅デンドライ



(a) 放電カーブ(データシート抜粋)



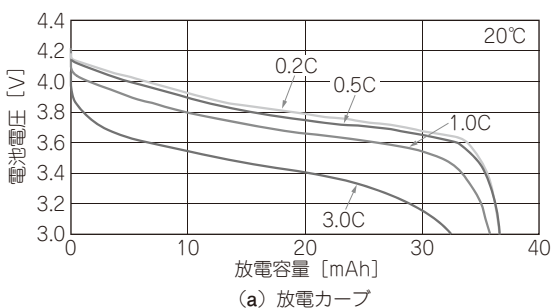
(b) 300mA負荷時の電圧降下



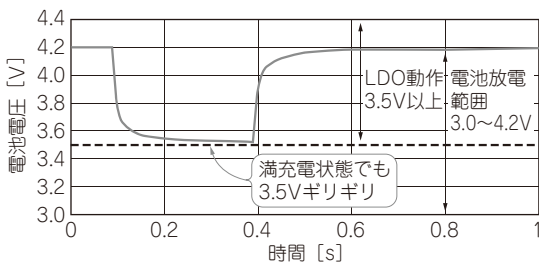
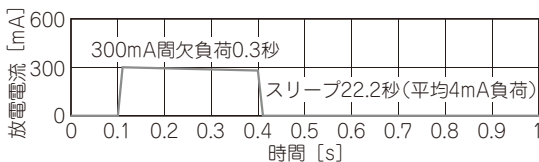
(c) 間欠放電時の電圧推移(平均4mA)

図3 エナセラET382704P-H(容量20mAh)

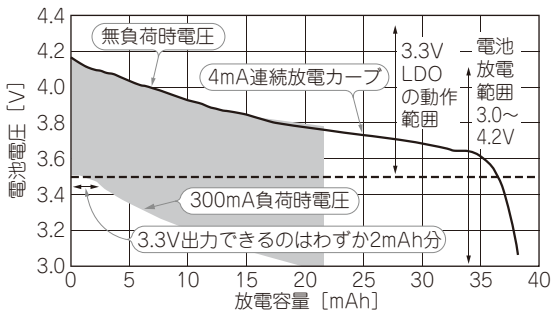
電圧降下が小さいため, ピーク300mAの間欠負荷でも負荷動作範囲を下回らずに定格容量を使いきれ



(a) 放電カーブ



(b) 300mA負荷時の電圧降下



(c) 間欠放電時の電圧推移(平均4mA)

図4 一般的なリチウム・イオン電池DTP301120(容量40mAh)

電圧降下が大きいため, 2mAh放電ただけでLDO動作範囲下限3.5Vを下回ってしまう。Wi-FiやLPWA無線通信を間欠駆動するには大容量バッテリーが必要

トが、正極と負極とを絶縁するセパレータを突き破り、内部ショートを起こして熱暴走し発火するリスクがあります。

これに比べてETシリーズは、低電圧のため金属リチウム自体が発生せず、電極部材に銅を使用していないため過放電状態になっても銅の溶出も起こらず安全です。

また、電池の外的損傷(釘刺しや変形)に対しても、損傷部界面のセラミックス材が割れることで電気伝導がしにくくなるため大電流が流れません。そのため、内部短絡した際に一般のリチウム・イオン電池で起こるような熱暴走は起こらず、発火/爆発する可能性も極めて低いです。

● 過放電にも強くて0Vになっても再充電できる

一般のリチウム・イオン電池は過放電状態が続くと著しく劣化するため、保護ICを用いて過放電を防止します。また、過放電状態になった場合に再充電させないケースも多いです。

これに対してETシリーズは、ディープ・サイクル(放電深度の深い使い方)や過放電にも強く、終止電圧を下回って仮に0Vになったとしても再充電して使用できます。そのため、在庫保管時の過放電にも安心です。

また、太陽電池への積雪/着氷などで発電できず過

放電になる恐れのある用途、コンセントやメイン・バッテリーを外して長期保管するような機器(季節家電など)のリアルタイム・クロックのバックアップにも適します。

● 自己放電が少なくエネルギーを無駄にしない

エナセラは、一般的なリチウム・イオン電池に比べて自己放電(自然放電)が少なく、長期バックアップ用途のほか、室内用太陽電池やWPT(Wireless Power Transfer)などの僅かな発電エネルギーでも確実に充電できます。

● 回転体に組み込める遠心力耐性

ETシリーズのパウチ形は薄くて軽いうえ、微細孔を有するセラミックスや電池の内部構造により、厚み方向へ遠心力を受けても電解液の偏りが抑制されるため、電池性能が維持できる特徴があります。

図5に示すとおり、なんと7200G(重力加速度=1G)の環境下でも90%の電池容量を維持できることを確認しました。高速回転体に設置する無線センサやロガーなどの電源にも使用できそうです。

タイプ2…一般的な3.8V系 リチウム・イオン電池ECシリーズ

公称電圧3.8VのECシリーズは、正極材にメーカ独

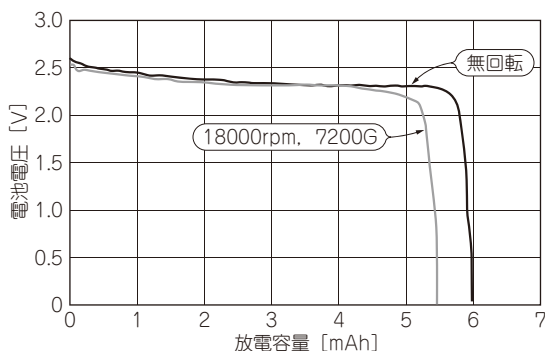


図5 7200G環境下でも電池性能を維持

被試験エナセラに抵抗を接続して放電しながら、電池電圧の変化を別のエナセラを電源とする自作無線センサでデータ収集。無線センサも含め18000rpmで高速回転

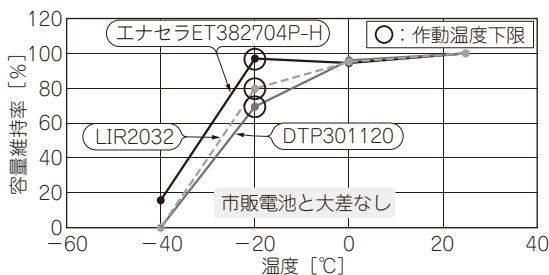


図6 エナセラ3.8V系ECシリーズの温度特性(充電は25°C)

EC382704P-Tの低温特性は市販のリチウム・イオン電池と大差なし

ALPHA BOARD SERIES **AlphaProject** Embedded System & Software

Alpha SMARC® SoM [i.MX, RZ] Alpha Board Series [RA, RX, RZetc.]

Development Starter Kit GUI Creation Tool FlashROM Writing Software JTAG Debugger Virtual COM Port Software

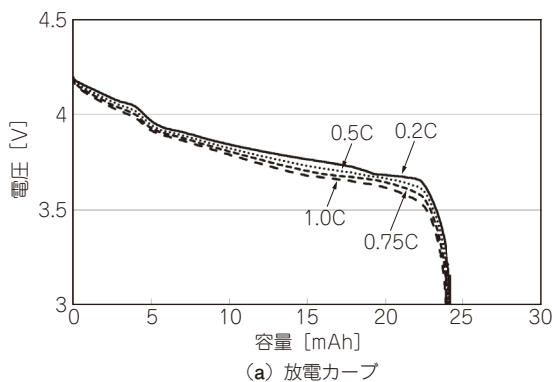
若い力が会社を育てます ともに成長するエンジニア募集

～あなたの技術を生かせる会社がある～
1986年創業「ひと、もの、こと」づくりの好きな技術集団です

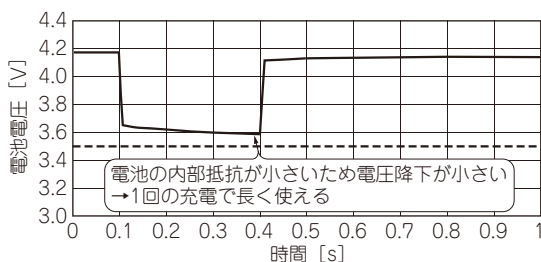
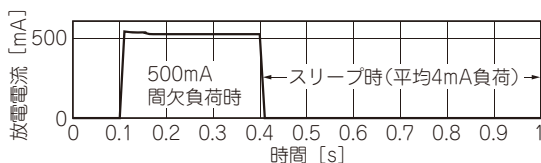
株式会社アルファプロジェクト
〒431-3114 静岡県浜松市中央区積志町834
Tel: 053-401-0033 E-mail: sales@apnet.co.jp



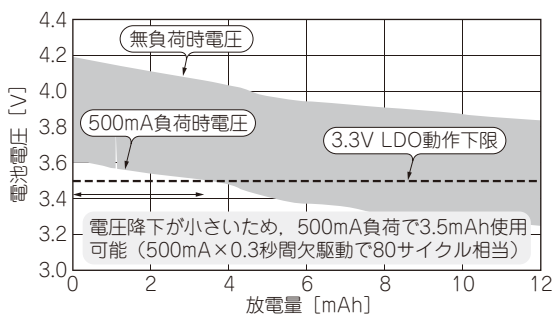
採用情報はここから



(a) 放電カーブ



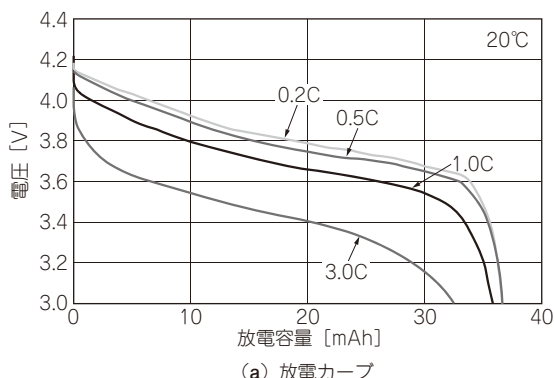
(b) 500mA負荷時の電圧降下



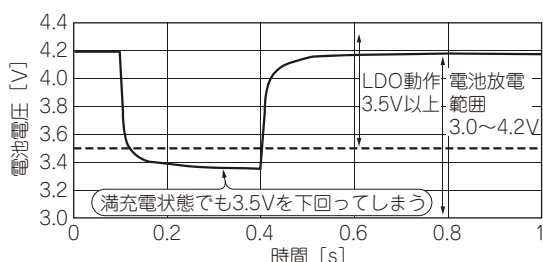
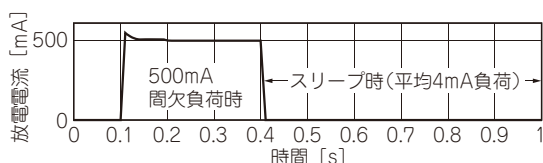
(c) 間欠駆動時の電圧推移(平均4mA)

図7 エナセラEC382704P-T(容量24mAh)

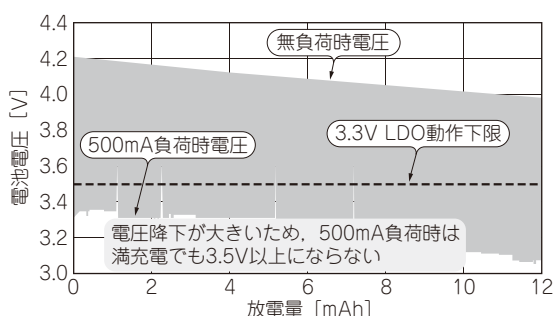
放電カーブは一般的な電池と同等だが、電圧降下が小さいため500mA負荷でも駆動できる



(a) 放電カーブ



(b) 300mA負荷時の電圧降下



(c) 間欠放電時の電圧推移(平均4mA)

図8 一般的なリチウム・イオン電池DTP301120(容量40mAh)

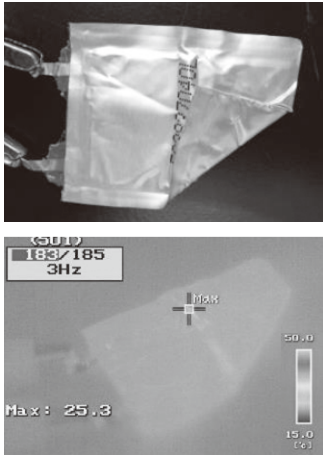
電圧降下が大きいため3.3V、500mA負荷を駆動できない。大電流負荷には不向き

自の結晶配向セラミックス板、負極材に一般的なカーボン塗工電極を用いた薄型軽量のリチウム・イオン電池です。そのため、図6、図7および図8に示すとおり、一般的なリチウム・イオン電池と同等の温度特性/放電カーブとなっており、降圧レギュレータなどによって定電圧に変換して使用できます。

正極材の特性と構造から以下の特徴を有します。

● 小容量なのにWi-Fiなどの大電流負荷を駆動可能
表1および図7のとおり、ECシリーズも小容量にも関わらず内部抵抗が小さく、放電電流が大きいのが特徴です。公称3.8V、24mAhのEC382704P-Tは、小さな電圧降下で放電ピーク電流として560mA流せるため、Wi-FiやLTEなどの無線通信の間欠駆動も可能です。

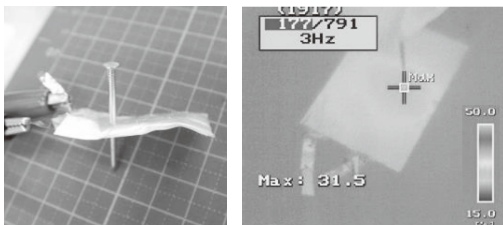
■折曲げ試験 ※ET382704P-Cで実施



温度上昇
ほとんどなし

Max: 25.3

■釘刺し試験



温度上昇
約6℃
(発火せず)

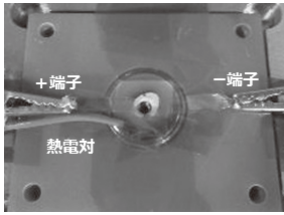
Max: 31.5

当データは参考用であり、保証を行うものではありません。

(a) 3.8V系エナセラ・パウチ(ECシリーズ)

■釘刺し試験 ※ET2016C-Rで実施

試験後




+端子 -端子
熱電対

満充電, 85℃の高温環境下で釘刺し
→ 温度上昇は1.3℃, 発火せず

■衝撃試験

試験時のようす



試験後

ステンレス丸棒を上に乗せた状態で60cm高さから9kgの重りを落下*
→ 温度上昇は0.6℃, 発火せず

*: JIS C 8715-2
産業用リチウム二次電池の単電池及び電池システム: 安全性要求事項

当データは参考用であり、保証を行うものではありません。

(b) 2.3V系エナセラ・コイン(ETシリーズ)

図9 エナセラはリチウム・イオン電池で一般に「燃えるので厳禁」とされている釘刺しや変形に対しても安全な作りになっている

釘刺し試験や加熱試験など、一般的なリチウム・イオン電池では発火/爆発するような条件に対しても安全性が確認されている

● ウェアラブル・デバイスに適した安全性と軽さ
外的損傷(釘刺しや変形)に対しても、ETシリーズ同様の理由から熱暴走する危険性が低く、ウェアラブル・デバイスに適しています。一般的なリチウム・イオン電池同様に金属リチウムや銅のデンドライトが析出する可能性はありますが、小容量で表面積が広いことから内部ショートを起こしても高温にまで発熱する危険性は極めて低いです(図9)。

なお、電池の劣化を抑制して長く使用するために、過充電/過放電保護回路の使用が推奨されています。

また、パウチ形は厚さ0.45mm, 重さ1g未満, 湾曲可能であり、クレジットカード・サイズのスマート・カード規格に対応します。とくにEC382704P-Hrは、ホット・ラミネート加工も可能です。

薄物・小物 精密板金部品 **金属オーダーパーツ**

1個からでも特急試作!

クロダ精機株式会社
〒399-3202 長野県下伊那郡豊丘村神稲 9268-1
TEL:0265-35-1101 FAX:0265-35-1103

エレキ万博2025
ありがとうございました!

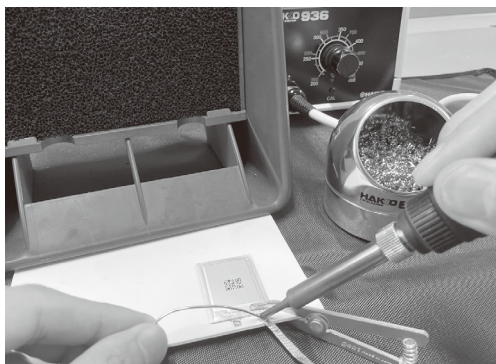
クロコヤン webはコチラ→

製作例: モーターコア、バスバー、端子、コネクタ等

コラム パウチのはんだ付けのコツ

パウチ・タイプのECシリーズのプラス端子およびETシリーズの両端子は、アルミ材のため通常のはんだではまったく付きません(ECシリーズのマイナス端子のみニッケル材)。パウチをはんだ付けするには、以下の準備が必要です。

- アルミはんだK4-EHA-3(石川金属)
- 温度調整可能なはんだこて
- こて先900M-T-4C(白光)など、先端が平なもの



写真A タブへ予備はんだをする

はんだ吸い取り線を電池タブとはんだこてとの間に挟み、均一に熱をかけた状態で新しいはんだを流し込む

- こて先クリーナ599B-01(白光など)
- 平やすり(被膜を削り取るため)
- はんだ吸い取り線
- ヒートクリップ

以下は、筆者のはんだ付け方法です。アルミタブは予備はんだをします。タブ表面を350℃程度に均一に加熱すると、はんだが濡れやすくなります。銅製のはんだ吸い取り線は伝熱が良いため、筆者はアルミはんだを染み込ませたはんだ吸い取り線を電池タブとはんだこてとの間に挟み、均一に熱をかけた状態で新しいはんだを流し込み、予備はんだします(写真A)。

予備はんだができれば、その面を基板に当てて上からこてで加熱すればきれいにはんだ付けできます。なお、こて先を酸化させないために、こて先にはアルミはんだを盛って常に濡れた状態にしてください。

● コイン形の実装はとても簡単

コイン形のET2016C-RとET1210C-Hは、普通の糸はんだやクリームはんだで簡単にはんだ付けできます。ET1210C-Hは表面実装が可能です。

〈中村 浩和〉

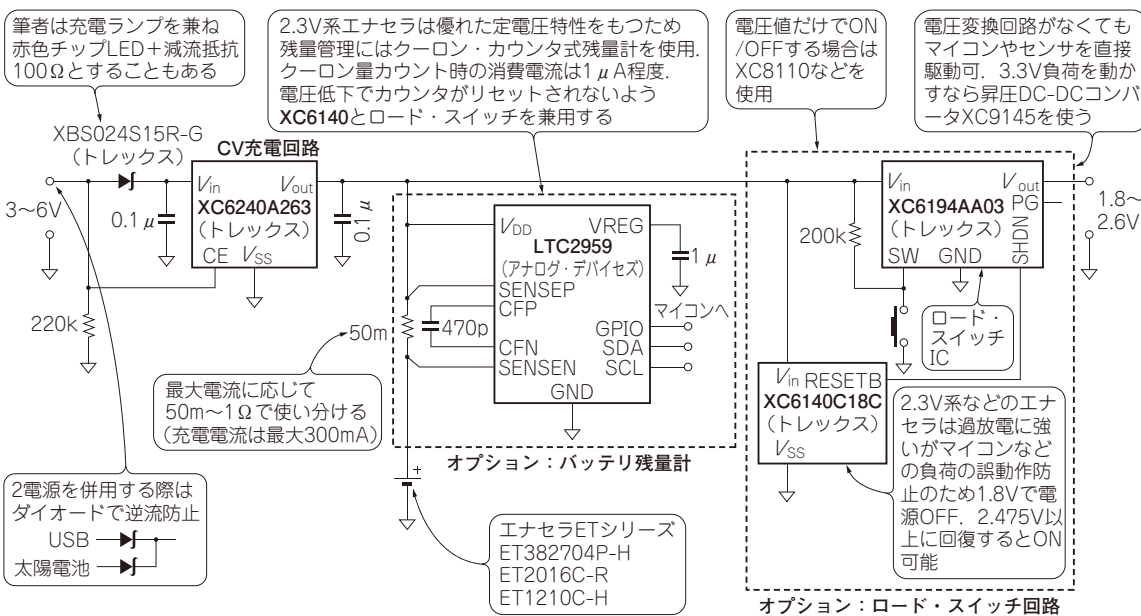


図10 公称電圧2.3VのエナセラETシリーズの充放電回路

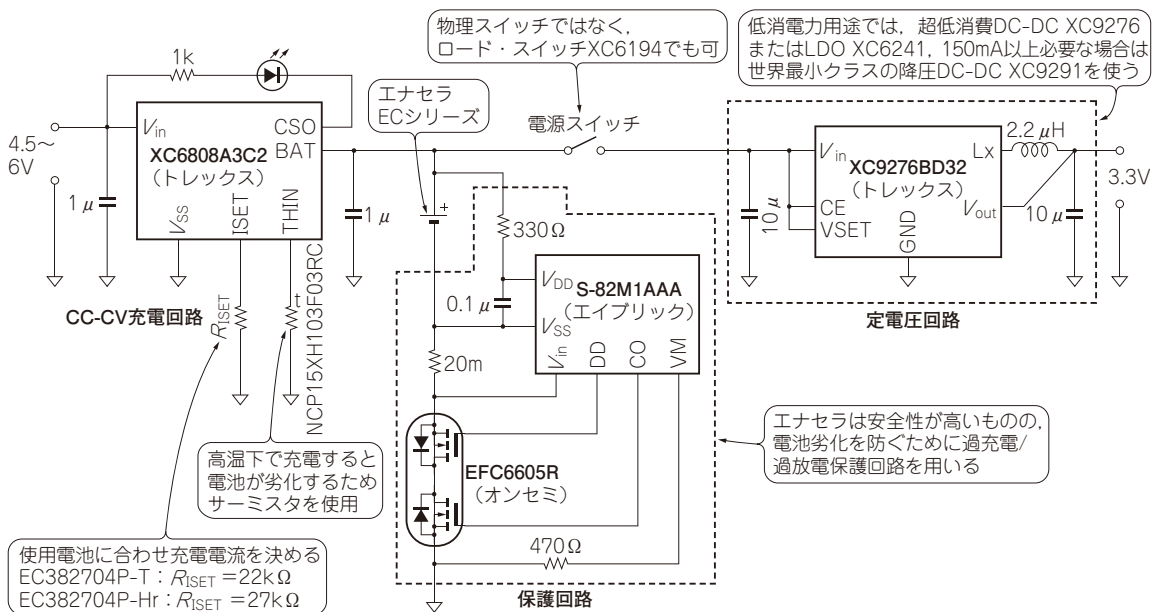


図11 公称電圧3.8VのエナセラECシリーズの充放電回路

基本的な充放電回路

● 2.3V系エナセラETシリーズの充放電回路

図10は、公称電圧2.3VのETシリーズの充放電回路例です。2.63V出力のCV充電用定電圧レギュレータXC6240(トレックス・セミコンダクター)で充電します。電池電圧は1.8~2.63Vとなります。1.8V動作(3.6V耐圧)のマイコンは直接駆動可能です。

ETシリーズは過放電に強く保護回路は不要ですが、電池電圧低下時の負荷回路の誤動作防止のために電圧低下を検出する電圧検出器XC6140と低電圧時に電源遮断するロード・スイッチXC6194(ともにトレックス・セミコンダクター)を用います。このロード・スイッチは、プッシュ・ボタンにてON/OFF制御が可能です。また、シャットダウン機能により出荷後の放電防止としても役立ちます。

ETシリーズの正確な残量管理には、クーロン・カウンタ方式の残量計を使用します。LTC2959(アナログ・デバイセス)は、1.8Vから動作するクーロン・カ

ウンタ方式の残量計です。

● 3.8V系エナセラECシリーズの充放電回路

図11は、公称電圧3.8VのECシリーズの充放電回路例です。この回路例では、CC-CV充電ICに小容量リチウム・イオン電池用のXC6808(トレックス・セミコンダクター)を用いています。定電流充電の電流値 I_{CHG} は、下式より R_{ISET} で設定できます。

$$R_{ISET}[\text{k}\Omega] = 351 \times I_{CHG}^{-1.11} \dots \dots \dots (1)$$

I_{CHG} : CC充電の電流値[mA]

電池の過充電/過放電保護回路や、マイコンなどに電源供給するための降圧DC-DCコンバータ、またはLDOレギュレータが必要です。図11では保護ICにS-82M1A(エイブリック)を、降圧DC-DCコンバータにXC9276(トレックス・セミコンダクター)を使用しています。

放電カーブは図8のような一般のリチウム・イオン電池と同様のため、おおよその電池残量は電池電圧から推測できます。正確な残量管理には1セル用の残量計を使用します。

製品化への! ものづくりトータルソリューション

試作/PoC/量産

基板AW設計

デザイン

機構/筐体設計

回路設計

ソフト開発

STUFF

株式会社スタッフ

電話でのお問い合わせ **0120-39-0708**

●本社: 大阪 ●拠点: 東京、名古屋 ●開発拠点: 大阪梅田 ●海外: STUFF USA Inc., STUFF KOREA

製品化への全プロセスの対応から、必要な部分だけのサポートまで、お客様にとって最も利便性の高いソリューションを提供しています。

株式会社スタッフ
公式マスコットキャラクター
「スタッフイー」

◀この他にも情報満載!
公式サイトを
今すぐCHECK!!

▶<https://www.rd-stuff.com/>

トランジスタ技術 × トラ技 Jr.
特別広告企画

トラ技ファン感謝イベント

エレキ万博 2025 後夜祭

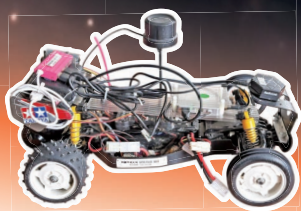
満員御礼!!

宇宙エレクトロニクスが牽引する最新技術

エレクトロニクス技術の専門誌として1964年10月号(9月10日)に創刊した月刊トランジスタ技術は、2024年10月号で創刊60周年を迎えました。

小誌では、これを1つの大きな節目と捉え、日頃よりご愛顧いただいている読者、筆者、関連の行政・教育機関、スポンサ企業に、今注目のエレクトロニクス技術を体感いただくとともに、じっくりと技術交流いただけるファン・イベント「エレキ万博2025 ~宇宙に届け! 日本の電子回路技術~」を開催いたしました。

ここでは約2000名の方にご来場いただいたビッグ・イベントを振り返ります。



トラ技ファン感謝祭

~宇宙に届け! 日本の電子回路技術~

好奇心を刺激する! 5つのパビリオン

- 1 宇宙・未来エレクトロニクス館
- 2 トラ技電子工作館
- 3 先進テクノロジー館
- 4 トラ技Jr.次世代研究館
- 5 ジュニア応援館

別館開催

トラ技キット実習館

※キット購入者限定のワーク・ショップ

▶ エレキ万博2025 特設Webサイト!

レビュー記事や動画で
イベントの様子を公開中! >>>

<https://toragi.cqpub.co.jp/event/>



協賛スポンサ



CQ出版社
おかげで
創業70周年

主催: CQ出版社 トランジスタ技術編集部 後援: 秋葉原駅前商店街振興組合

エレキ万博2025後夜祭

～来場者2000名のビッグ・イベントを振り返る!～

産官学&読者/筆者が一堂に会する 技術交流イベント

このイベントは、トランジスタ技術の読者、筆者、行政・教育機関、企業の方が技術交流できるようにと、同誌編集部により主催されました。開会式では、同誌編集長より、日ごろ直接話をする機会が少ない読者との交流を大切に考えて企画したファン・イベントであり、近年の記事企画の中で反響が大きい宇宙エレクトロニクスをテーマにしたとの説明がありました。イベントの事務局によれば、約1700人の事前登録に加え、約200人の当日登録があり、2000人近くもの来場があったそうです。秋葉原という場所が、たまたま来ていたので立ち寄りてみたという方も多かったようです。

5つのテーマで講演と展示を実施

本イベントは、講演と展示で構成されていました。複数の会場を用いて、5つのテーマが設定されていました。

① 宇宙・未来エレクトロニクス館

メイン・ステージでは、宇宙エレクトロニクスをテーマにしたさまざまな講演が行われました。

準天頂衛星みちびきと、月/火星探査をテーマにした2つの基調講演(写真1・写真2)や、学生による宇宙開発で直面する問題について議論されたパネル・ディスカッション(写真

写真1

基調講演①…内閣府 三上 建治氏による「宇宙×測位技術の最前線～フル体制のみちびき、利用は地上からLEO・月までも～」

日本の宇宙開発やロケット技術、人工衛星の利用の話からはじまり、準天頂衛星みちびきにより、誤差約6cmという高精度測位が可能になること、それにより農業や行政で高品質な利用が可能になることなどを説明



写真2 基調講演②…JAXA 田邊 宏太氏による「月&火星探査の現状と未来～人類は再び月へ、そして火星へ～」

人類を火星に到達させることを目的とする国際宇宙探査では、まず月を目指す必要があること、そのための国際的な動向や日本(JAXA)の月/火星探査ミッションの概要について説明

3)、多数の超小型衛星により実現する通信システムに関する技術講演(写真4)は、立ち見スペースまでなくなるほどの聴講者を集めていました。

衛星測位技術を活用した地理空間情報システムについての技術講演では、位置を測ったり伝えたりするしくみの説明がありました。旅先などで目にすることがある電子基準点の内部や、設置環境に合わせた外観の紹介は興味深いものでした。最後にはトラ技×電子基準点フォト・コンテスト結果発表が行われました(写真5)。

このほか、1辺が10cmの小型衛星CubeSatの開発や一般の会社員・学生による衛星開発をテーマにした3つのミニ講演(写真6)や、VTuber宇推くりあと話をしながら進行したSPECIAL対談(写真7)などがありました。

② トラ技電子工作館

展示会場に設けられたトラ技電子工作館トランジスタ技術に掲載された製作物などが並びました。プログラムによれば33人・団体からの出展がありました。

記事で見覚えのある製作物というのは興味深いものです。



写真3 パネル・ディスカッションがんばれ日本! 産官学対談…これからの宇宙開発と学生たちが期待すること

左からKARURAプロジェクトの高松 俊介氏、辻 紅那氏、内閣府 三上 建治氏、ソニーセミコンダクタソリューションズの太田 義則氏。火星探査ローバ開発に参加する学生の視点による3つの悩みごとについて、官・産の立場からのアドバイスを受けるスタイルで進行した



写真4 技術講演①…インターステラテクノロジズの森岡 澄夫氏による「民間宇宙スタートアップが研究開発を進める次世代通信衛星技術」

次世代通信衛星をターゲットに、数cmサイズの衛星を1万～10万個編隊飛行させ、1つのアンテナとして機能させるアイデアとそのために必要な技術の説明



写真5 トラ技×電子基準点フォト・コンテスト結果発表

国土地理院が設置・運用している電子基準点とトランジスタ技術のバックナンバーをワンショットで撮影した写真のコンテスト。2025年3月10日～5月12日に応募を受け付け、6月10日～7月20日にX(旧Twitter)にて投票が行われた。大賞は三輪 昭生氏の「#瀬戸大橋と#電子基準点 倉敷1」

写真6

ミニ講演B…リーマンサット・プロジェクト 杉山 洋憲氏による「趣味の宇宙開発! 宇宙から音楽を届ける超小型人工衛星の製作」

2025年8月25日に打ち上げられたRSP-03の機体やミッションについて紹介。手に持つのがRSP-03の機型



写真7

SPECIAL対談…ロケット工学VTuber 宇推くりあ、内閣府 細田 聡史氏、JAXA 村上 滋希氏、高橋 一平氏、五十嵐 祐貴氏、柴田 雅弘氏による「宇宙愛が止まらない! ロケット工学VTuber 宇推くりあと電波系の仲間たち」

VTuber宇推くりあ(画面右側)と話をしながら、測位のしくみや通信技術などを説明



とくに画像や音などにかかわる製作物の場合、動作を直接見聞きできるのは魅力的です。

展示コーナーには、筆者が常駐し、直接説明してくれており、記事に書かれている設計・製作にまつわる内容への質問などもできました(写真8)。記事にはなっていない製作物もたくさん並べられていました。

3 先進テクノロジー館

企業・団体による展示もありました。電子部品、機構部品、ボード製品、計測器のメーカー/代理店/販売店のほか、宇宙開発にかかわる企業・行政機関・団体など、25社・団体が出展していました(写真9)。

写真8

トラ技電子工作館…筆者による展示

トランジスタ技術に掲載された製作物が展示された。筆者が常駐し、直接説明してもらえた



写真9

先進テクノロジー館…企業による展示

宇宙関連機器など、高性能なモノ作りに欠かせない測定器がずらりと並ぶ大型の企画展示コーナー[東洋計測器ほか、6社の合同展示]

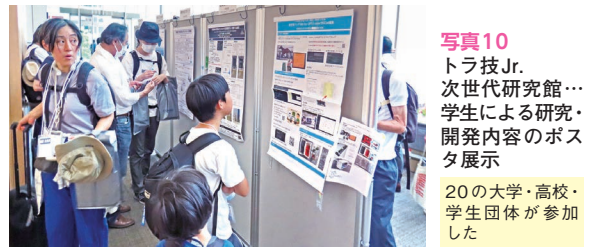


写真10
トラ技Jr.次世代研究館…学生による研究・開発内容のポスタ展示

20の大学・高校・学生団体が参加した

4 トラ技Jr.次世代研究館

トラ技Jr.企画としてエントランス・ホールでは学生によるポスタ展示が行われていました。20の大学・高校・学生団体が参加していました(写真10)。

大学の研究内容の中には専門的で難解なものもありましたが、教育視点のものや学生団体の活動内容など比較的わかりやすいものもありました。小学生と思われる子供が熱心に読んでいたのが印象的でした。

5 ジュニア応援館

トラ技Jr.企画として特設会場が設けられ、産学技術交流講演会が開催されました。学生による研究成果の発表[ライトニング・トーク(LT)]が17件(写真11,表1)のほか、企業か

秋葉原の計測器総合商社

東洋計測器株式会社

計測器のことなら何でもご相談を!

千代田区外神田 1-3-12 計測器ランドビル 1F TEL:03-3255-8035

YouTube チャンネルにて計測器の新製品情報や使用方法の動画をUP中!計測器ランド ch.のご登録お待ちしております!



計測器ランド ch.



東洋計測器 HP



写真11 学生による研究成果の発表[ライトニング・トーク(LT)]
1件あたり6分で、合計17件の発表が行われた

表1 大学技術系学部だけではなく教育系学部や学生団体、高校の研究会から全17件がチャレンジ！
6分1本勝負のミニ講演「ライトニング・トーク(LT)」

1	マイクを使わず光で音を記録する！イベントカメラを用いた光学式マイク 筑波大学デジタルネイチャー研究室 丹羽 遼吾
2	月面地中探査のための中空振動貫入に関する研究 芝浦工業大学宇宙探査・テラメカトロニクス研究室 大依 立
3	実験室で作製可能な手作りラジオの開発 東京学芸大学教育学部物理学教室フォブリ研究室 眞鍋 涼
4	IoT開発システムとE.E.R.C.システムについて 東海大学情報理工学部コンピュータ応用工学科汎用研究室 田村 真, 山本 準
5	学生による国際宇宙開発 KARURA PROJECT 芝浦工業大学 システム理工学部 機械制御システム学科 3年 西田 颯太
6	次世代デバイス材料H2Oを用いた有機FETの作製 大阪工業大学大学院工学研究科物質応用ナノシステム研究室 北村 太慈
7	高速オペアンプのディスエーブル機能を利用したAMラジオ 東京学芸大学教育学部 矢島 里歌, 大山 晴生, 荒川 悦雄
8	埃の持つ静電容量を活用した堆積量の検出 神奈川工科大学大学院電子電気工専攻 陳 鉄元
9	車輪型ローバの脚部ひずみ情報を利用した走行状態推定方法の提案 芝浦工業大学・理工学研究科・システム理工専攻 宇宙探査・テラメカトロニクス研究室 眞下 桜子
10	面倒事はGPT-5にやらせよう！GPT-5 CodexにKiCad編集をさせる 慶應義塾大学仰木研究室 yasushi
11	ARLISSにおけるプロジェクトマネジメントとシステムズエンジニアリングの実践の教育的効果について NPO法人 大学宇宙コンソーシアム ARLISS学生運営 吉田 湧人
12	月に届け、ラズベリーパイ！世界初のオープンソース月測位受信機 中部大学海老沼研究室 曾布川 瑞音, 須藤 雄哉
13	ARES 火星探査世界大会へ挑戦 東北大学工学部機械知能・航空工学科 西村 星哉
14	Mongolian Balloon Challenge results presentation 尼崎双星高等学校宇宙科学部 才野木 啓斗
15	振動発電駆動で三軸加速度波形送信 無線センサノードの開発 nezumi_tech
16	1週間でできるミニマルファブCMOS LSI製造をアルバイトに 東海大学大学院情報通信工学研究科情報通信専攻福原研究室 穂刈 成晃
17	4号機BOTAN in エレキ万博 千葉工業大学高度技術者育成プログラム 4号機Team

らは学生・新人エンジニア向けの技術紹介が5件(写真12～写真16)行われました。

企業による講演は、本イベントのテーマにピッタリな「電子工作から宇宙へはばたけ！ ローム半導体でできること」と題したモータLSI開発担当エンジニア(協賛：ローム)による夢のある技術講演からのスタート。

中でも電気電子工学系YouTuberイチケン氏が参加した講演[提供：DigiKey(写真13)]は、個人でCMOS OPアンプICを設計してしまうという、一見すると特殊過ぎそうなテー



写真12 スポンサーセッションA…ローム 立郎氏による「電子工作から宇宙へはばたけ！半導体でできること」

鉱石ラジオから現在の高機能機器への技術の進化や、現在の宇宙開発では民生部品が活用されていることなどを紹介

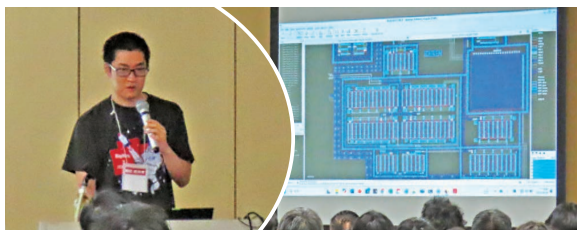


写真13 スポンサーセッションB…電気電子工学系YouTuberイチケン氏とDigiKey 鈴木 加修氏による「半導体チップの自作に挑戦！回路設計からオリジナル・シリコンチップ完成まで〜DigiKeyで購入した部品で同じ回路を再現できる？〜」

OPアンプICの設計事例を元に、個別部品を使った回路設計とIC回路設計の違いから、IC設計の具体的な手順、とくにレイアウト設計の難しさなどについて説明



写真14 スポンサーセッションC…内閣府 細田 聡史氏による「衛星エンジニアと遊ぼう〜シスルナ・太陽系大航海時代に向けて〜」

はやぶさ2のイオン・エンジン開発担当。はやぶさ2と現在担当しているみちびきについて、初公開の資料をふんだんに使って紹介



写真15 スポンサーセッションD…Mouser Japan本間 雅晴氏とソニーセミコンダクタソリューションズ 早川 知伸氏による「SPRESENSE × Mouser × 宇宙〜Sony SPRESENSEとMouserで宇宙開発に挑もう！〜」

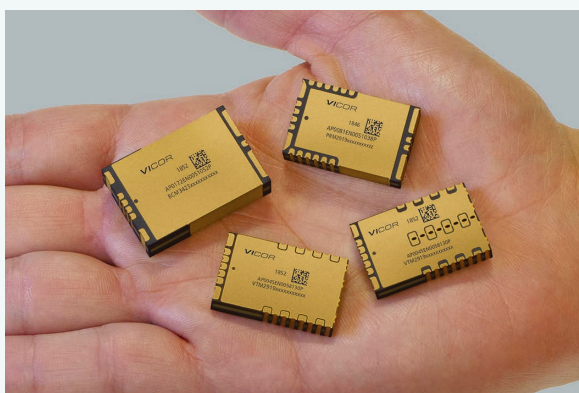
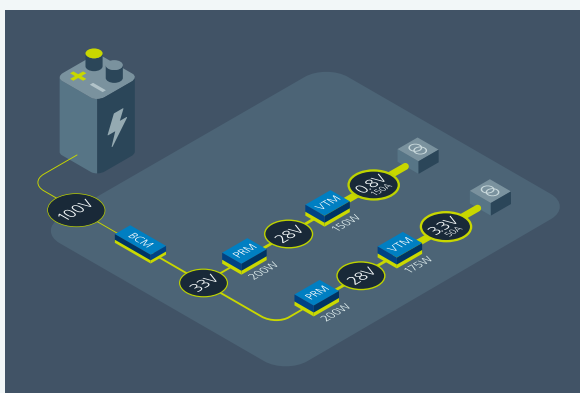
宇宙開発における電子部品の重要性が述べられるのち、マイコン・ボードSPRESENSEの特徴や応用事例について紹介

マでしたが、聴講希望が早々に打ち切られるほど大盛況でした。聴講者の1~2割程度の方は業務などでIC設計の経験があったようで、じつは身近なテーマだったというのも技術交流イベントならではといえそうです。

マイコン・ボードの講演[協賛：ソニーセミコンダクタ

最新の低軌道・中軌道衛星向け Vicorの耐放射線電源ソリューション

Vicorの耐放射線電源モジュールを使うことで、高性能ネットワーク通信用ASICやプロセッサに必要な高効率、高電力密度、低ノイズの電圧変換を実現できます。最新の低軌道・中軌道衛星に理想的な電力供給ネットワーク (PDN) を構築できます。



BCM3423 バスコンバータモジュール

絶縁 電圧変換比固定

入力電圧: 100V
(94 - 105V, 120V最大定格)

出力電圧: 33V (31 - 35V)

出力電力: 400W

Kファクター: 1/3

ピーク効率: 96%

33.5 x 23.1 x 7.4mm

26g

50krad, 35MeV•cm²/mg

PRM2919 レギュレータ

非絶縁 レギュレータ

入力電圧: 33V (30 - 36V)

出力電圧: 25V (13.4 - 35V)

出力電力: 200W

出力電流: IOUT 7.69A

ピーク効率: 97.5%

29.2 x 19.0 x 7.4mm

18.2g

50krad, 35MeV•cm²/mg

VTM2919 (0.8V / 150A) 電圧変換モジュール

絶縁 電圧変換比固定

入力電圧: 25V (13.4 - 35V)

出力電圧: 0.42 - 1.1V

出力電流: 150A

Kファクター: 1/32

ピーク効率: 94.3%

29.2 x 19.0 x 4.9mm

13.3g

50krad, 35MeV•cm²/mg

VTM2919 (3.3V / 50A) 電圧変換モジュール

絶縁 電圧変換比固定

入力電圧: 26V (16 - 32V)

出力電圧: 2 - 3.8V

出力電流: 50A

Kファクター: 1/8

ピーク効率: 95.2%

29.2 x 19.0 x 5.5mm

11g

50krad, 35MeV•cm²/mg

vicorpower.com/ja-jp/satellite

世界の技術革新を支える、モジュールで構成する電源ソリューション

Vicorは、業界をリードする、競争力のある電源モジュールを開発・製造することで、お客様の技術革新に貢献できるよう努めています。高電力密度、高効率、小型で高い信頼性を兼ね備えた、使い勝手の良い電源モジュールを採用することは、お客様の開発コスト低減と、製品の機能・性能の向上につながります。 vicorpower.com/ja-jp



Vicor株式会社
141-0031 東京都品川区西五反田8-9-5
FORECAST五反田WEST 6F
03 5487 3016

VICOR



写真16 スポンサー・セッションE...キーサイト・テクノロジー 西堀 孝文氏による「キーサイト・テクノロジー社の宇宙分野，電子回路設計への取り組み」

計測器の基本的な活用方法の紹介したのち、RF信号発生器、ネットワークアナライザ、オシロスコープの機能を紹介

ソリューションズ、マウザー・エレクトロニクス(写真15))でも、SPRESENSEを知っている方との質問に半数以上の手が上がり、講演者は初めて見た光景だと驚いていました。

そのほかにも、「衛星エンジニアと遊ぼう! ~シスルナ・太陽系大航海時代に向けて」[協賛：内閣府宇宙開発戦略推進事務局(写真14)]や「キーサイト・テクノロジー社の宇宙分野，電子回路設計への取り組み」[協賛：キーサイト・テクノロジー(写真16)]など、宇宙エレクトロニクス感満載の講演が行われました。

学生による研究発表(ライトニング・トーク、LT)の詳細(記事&動画)は、以下QRコードならびにURLのエレキ万博2025特設Webサイトに紹介しています。

● **エレキ万博2025特設Webサイト**

<https://eleki-expo2025.cqpub.co.jp/>



キット購入者向けのワークショップを開催

講演・展示が行われた会場の近くにある東洋計測器の会議室において、トランジスタ技術やトラ技ジュニアで紹介したキット、コンピュータ・ボード、測位モジュールなどの使い方を実習形式で解説する3つのワークショップが開催されました(写真17)。

- 実習①**： SpresenseとHDRカメラで学ぶ エッジAIワークショップ
[講師：ソニーセミコンダクタソリューションズ 早川 知伸]
- 実習②**： Raspberry Piとmosaicモジュールで RTK受信機を作ってみよう！
[講師：セプテントリオ データーク ヨハネス]
- 実習③**： オーディオ・アンプTROP-009の製作
[講師：Nakano Lav 西村 康]

短時間だけ、ようすを見学させていただいたところ、10人ほどの規模で、講師のほか補助スタッフもついており、キットの製作/活用が初めての方でも一歩ずつ確実に進められていたようです。

トラ技風レトルト・カレーを発見!

エントランス・ホールには、小規模ながら物販コーナーがありました。



写真17 ワークショップのようす

講師と補助スタッフがよりしっかりとサポートされていた



写真18 物販コーナー

トランジスタ技術誌を模したデザインの箱に入っているレトルト・カレーが販売されていた



写真19 サイエンスを体験できるキットからステッカ、トートバッグ、宇宙食まで宇宙関連グッズがずらりと並び「宇宙の店」

CQ出版社秋葉原店では、雑誌や書籍のほか、イベント・オリジナル商品としてTシャツやレトルト・カレーなどが販売されていました(写真18)。レトルト・カレーはトランジスタ技術誌を模したデザインの入っており、書棚に並べて保管するのもよさそうだと感じました。

宇宙の店(写真19)では、宇宙食やステッカ、トートバッグといった宇宙関連グッズが並べられていました。

スタンプ・ラリー実施! 景品は「はんだ水」?

会場ではスタンプ・ラリーが実施されていました。講演会場、展示ブース、物販ブースなど、各所に設置されているスタンプを集めるという企画です。非常に数が多く、事実上、すべてのブースを巡ってほしいという主催者の期待が感じられました。

スタンプラリーの景品として配られていたのは、はんだ水! はんだ成分が混入している水...というわけではなく、飲み終えた後、水道水を入れて、こて台のそばに置いておくのにちょうどよい300mlボトルという意味があるそうです。

[取材・記事執筆：那須 尚輝 (なす・なおき)]

デジタルものづくりの祭典

テクノロジーが創り出す未来社会を体験しよう!

テックシーカーコレクションは、最新テクノロジーを学んで、楽しみながら未来社会について考える体験型コミュニティイベントです。



テックシーカー コレクション 2025

入場
無料

ワークショップは一部有料

詳しくはWEBサイトで!

テックシーカー 🔍

<https://techseeker.jp>

テックシーカーハッカソン
参加チームによる
展示コーナーでは、
作品を実際に見て触れて
楽しめます!

10:00~17:00

※ブースによって開催時間が異なります。詳細は各ブース情報をご覧ください。
※小学生以下のお子様は、保護者同伴でご参加ください。

ワークショップ受付開始!

9/29 月 12時~

※事前申込が必要なワークショップにつきましては、先着順での受付または抽選となります。
※イベント内容は予告なく変更する場合がございます。最新情報はWebサイトにてご確認ください。



ほかに、当日参加可能なワークショップが多数!

日時

2025
10/25 土 26 日

場所

大阪咲洲ATC
ITM棟2F・4F特設会場

電子工作や最先端AI、プログラミング等の展示を見たり、体験したり♪
ご来場、お待ちしております☆

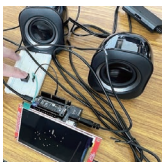
事前申込

ソニーセミコンダクタソリューションズ(株)

ボードコンピュータ・ プログラミング教室

10/25 (土) 10/26 (日) 開催

- 参加費：無料
- 所要時間：60分/回
- 定員：各回10名
- 対象：小学5年生以上
- 時間：11:00~、13:00~、15:00~



当日申込

テクノ園工部

電子工作で魔法少女の光る アクセサリを作ろう!

10/25 (土) 10/26 (日) 開催

- 参加費：1,000円~
- 所要時間：10分程度
- 定員・時間：随時受付
- 対象：全年齢対象
(未就学児は保護者同伴推奨)



大阪で開催決定!

トラ技オフ会 with テックシーカーコレクション

日時とテーマ

- 10/25 (土) 10:30~15:30 (途中休憩1時間)
Spresense とHDRカメラで学ぶエッジAIワークショップ
- 10/26 (日) 13:00~15:30
技術交流会：自作アイデア回路を持ち寄って自慢し合おう!

- 場所：大阪咲洲ATCビルITM棟6F
- 開催協力：ソフト産業プラザTEQS
- 定員：各日20名
(定員オーバーした場合は抽選)
- 費用：無料
- 応募・詳細：
<https://toragi.connpass.com/>



主催：ソフト産業プラザTEQS(公益財団法人大阪産業局)、一般社団法人i-RooBO Network Forum

共催：咲洲サテライト万博実行委員会 運営協力：ProtoPedia(一般社団法人MA)、NPO法人 Code for Osaka

協賛：(株)ワオ・コーポレーション、共立電子産業(株)、ソニーセミコンダクタソリューションズ(株)、(株)ダイセン電子工業、(株)デナリパム、(株)インターネットイニシアティブ、BouqueTec(株)、(株)bitset、創新テック(株)、(一社)OpenStreetMap Foundation Japan
お問合せ：ソフト産業プラザTEQS(公益財団法人大阪産業局) TEL:06-6615-1000 月~金10:00~18:00(土日祝を除く)



10/25(土)・26(日)
10:00~17:00
大阪咲洲ATC
ITM棟 特設会場

参加費
無料

ワオラボ

ロボット出動！ ハロウィンお菓子工場

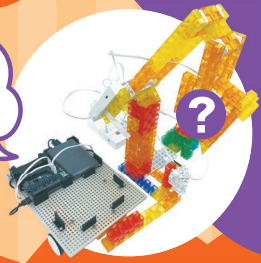
対象 小5～中学生
費用 無料
時間 10:00 / 11:30 /
14:00 / 15:30
(各回60分)



お申し込みはコチラ↑

1回あたりの定員は**6名**
※定員を超えた場合は抽選となります。

お菓子を
クレーンで
運びよ



参加費
無料

ワオ未来塾

太陽光発電について知ろう！ ～ハロウィンエコランタン作り～

対象 小3～6年生
費用 無料
時間 10:00 / 11:30 / 14:00 / 15:30
(各回60分)



お申し込みはコチラ↑

1回あたりの定員は**24名**
※定員を超えた場合は抽選となります。

太陽の光で
光るよ



出展社
情報

KYOHITSU

共立電子産業は大阪・日本橋を拠点に、電子部品・モジュールなどの販売&自社製品開発を行い、教育・産業分野・個人のものづくりを支える専門・総合エレクトロニクス企業です。直営店舗「シリコンハウス」「デジット」やオンラインショップ「共立エレショップ」を通じて幅広いニーズに応え、法人営業部では企業・教育機関向けに最適なソリューションを提案しています。

テックシーカーコレクションでは電子工作キット・の販売・はんだ付けワークショップを開催予定です。



今年もワークショップや電子工作キット・電子部品の販売を開催予定です。(写真は去年の様子)

次世代エースみつけた!

時間差をアナログ値に! 距離センサにA-D変換に…半導体の高性能化を目指して 超微小psレベルの時間差をデジタル回路で測る

Ray Elkins

芝浦工業大学 理工学研究科 電気電子情報工学専攻 エルキンス礼

電気信号=電圧の限界

● 電気信号の多くは電圧信号

皆さんが「電気信号」という言葉を思い浮かべるとき、真っ先に思い浮かぶのは電圧信号ではないでしょうか。私たちの身の回りの機器では、オーディオ信号やデジタル信号の1と0など、ほとんどが電圧の高さで情報を表現しています。例えばオーディオ機器では音声信号が電圧信号で処理されてスピーカから音波に変換されますし、スマートフォンやパソコンなどでは1と0を電圧が高い、低いで表しています。

● 現実からコンピュータへの入口… A-D変換も電圧値が信号

現実世界の信号(音、明るさ、傾きなど)はアナログですが、コンピュータはデジタル値を扱うので、アナログ値をデジタル値に変換する必要があります。まず連続して変化するアナログ電圧を一定の間隔で記録します(標本化)。記録する頻度が高ければ高いほど、より高速な入力信号も正しく変換できます。次に記録したアナログ値を離散的な値に直していきます(量子化)。このときに用いる離散的な値はA-D変換の分解能で決定されます。分解能が高ければ高いほど高精度にデジタル値に変換できます(図1)。重要なのは1LSBステップ(デジタル値の最小単位に対応する電圧幅)の大きさです。例えば、10ビット分解能で動作電圧が5Vの場合、1LSBステップは約4.8mVですが、動作電圧が2.5Vに下がると約2.4mVとなり、電圧判定回路により高い精度が要求されます(図2)。

● 半導体の低電圧化によって精度が悪くなる問題

近年、半導体が微細化・高速化・低電圧化しています。電圧を1/2にすると消費電力を1/4に削減でき、動

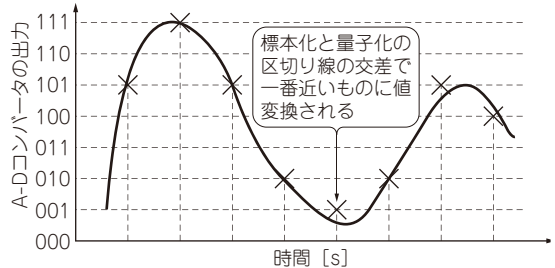


図1 A-Dコンバータは電圧値が信号

標本化と量子化を通して、アナログ値をデジタル値に近似

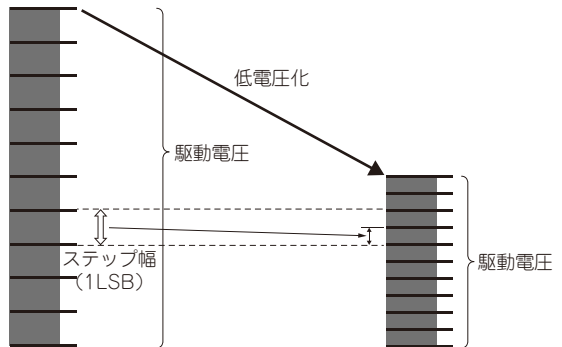


図2 半導体が低電圧化するとステップ幅(1LSB)が小さくなりノイズの影響を受けやすくなる

同じ分割量で駆動電圧が低下するとステップ幅が小さくなり、誤差の余地が少なくなってしまう

作電圧を低下させることがカギとなります。しかし一方、わずかなノイズや特性等のバラつきによりA-D変換の精度が劣化してしまう問題があります。

not電圧! 時間差を信号とする フリップフロップ回路の基本

● 時間差を信号とするメリット…低電圧化で逆に精度がよくなる

動作電圧が下がっていく中、1つのトレンドが着目

未来をつくるエンジニア達を応援!
あなたの知りたい情報をお届けするWEBサイト

設計のイロハを学べる技術情報サイト
Tech Web



電源やモーター制御、パワーデバイスなど、デバイスの基礎知識から応用、セミナー情報まで、設計のイロハを学べる技術情報サイト

エンジニアライフにプラス1の情報を
+ DEVICE PLUS



ラズベリーパイ、ArduinoやM5Stackなどを使った「おもしろ」電子工作を連載。熱い高専・大学のロボコン大会レポートや最新トレンド紹介であなたのエンジニアライフを充実させる情報発信サイト



ローム株式会社
www.rohm.co.jp

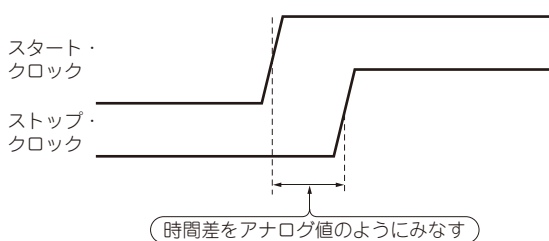


図3 アナログ信号は時間差でも表現できる

2つの信号の立ち上がり時間の幅をアナログ値として解釈できる

され始めています。それは、電圧信号ではなく、時間差信号を用いることです。電圧がカクンと立ち上がる矩形波信号(クロック信号)を2つ用意し、立ち上がりタイミングの時間差をアナログ値とみなします(図3)。動作電圧が低下しても時間差信号には悪影響がありませんし、むしろ立ち上がり時間が短くなって時間分解能が向上します。このように、時間差信号を用いることは低消費電力化が進む中で、精度が求められるときなどにおいてアナログ値を伝送する代替となり始めています。

● 時間を信号値に…フリップフロップを使ったT-Dコンバータの基本構造

コンピュータが時間差信号を理解するには時間差デジタル変換回路(T-Dコンバータ, Time to Digital Converter)が必要になります(図4)。多段に接続されたDフリップフロップ(DFF)とクロック遅延回路から構成されます。ここでのDFFは2つの立ち上がりを入力したとき、どちらの信号が早かったかを判定するために使われます。クロックに遅延をもたせる遅延回路が多数直列に接続された遅延線(ディレイ・ライン)にスタート・クロックを入力すると、各遅延回路の出力からは少しずつタイミングがずれた信号が出力されます。これを後から入力されたストップ・クロックと比較すると、ストップ・クロックが到達するタイ

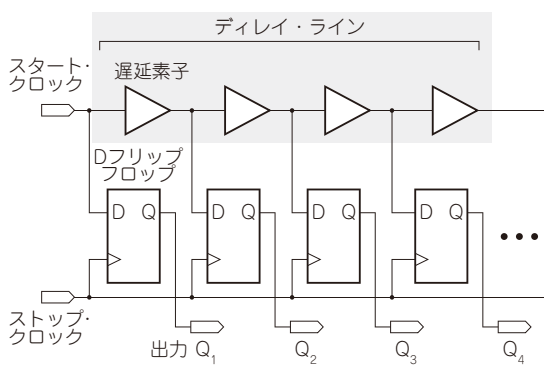


図4 時間差を信号値にする基本回路…フラッシュ T-D コンバータ

各DFFは2信号の前後を判定するコンパレータとして機能する

ミングより遅い段の DFF は出力が“L”であり、早い段の DFF は出力が“H”になります。このようにして、出力されるのは 111111000000…のようなもので、時間差をデジタル値に変換することができました。

● より高精度に…差分を比べて十数 ps レベルの時間差を測る

この構成でも時間差をデジタル値に変換できるのですが、少し構成を変えることでさらに高精度な測定を可能にします。

今まではディレイ・ラインが1つしかありませんでしたが、遅延量が若干違うもう1つのディレイ・ラインを用意します。例えば、一方は100 psの遅延回路をもつディレイ・ラインでもう一方は105 psの遅延回路をもつディレイ・ラインとします。

イメージとして、100 km/hで進む車と105 km/hで進む車を想像してみてください。この2台の車は速度差が5 km/hであるので、追い越したタイミングが非常に正確に観測できることです。各段の DFF で両信号のタイミングを比較すると、段数が進むにつれて105 ps - 100 ps = 5 ps ずつ相対的な位置関係が変化し、やがて追い越されます。この追い越したタイミングを検出することで、基本的な遅延時間よりもはるかに細かい時間測定が可能になります。

この方法は、ノギスについているようなバーニヤと呼ばれる補助目盛りと同じような動作をすることから、バーニヤ型と呼ばれています。このようにして、実際に10数 ps までの変換を可能としています。

微小な ps レベルの時間差を測る

● フリップフロップの遷移タイミングによる出力不安定「メタステーブル」問題

ここまでで、時間差をおおよそ測定できてきましたが、より精密な測定や回路の特性評価を行うには、別のアプローチが必要です。

図5のような回路構成を考えてみます。一方の立ち上がり信号がデジタル制御可能な可変遅延回路(PDL: Programmable Delay Line)を通過し、2つの遅延信号がそれぞれ異なる DFF に入力されます。可変遅延回路により遅延を制御するための遅延コード(デジタル値)を変化させながらクロック信号を入力し続けると、2つの信号の時間差に従って一方の DFF は“H”から“L”に、もう一方の DFF は“L”から“H”に遷移します。

興味深いのは、時間差が0になったタイミングで即座に切り替わるのではなく、時間差0を中心として、両方の DFF とも“L”となる範囲が現れることです。これは、メタステーブル(クロック入力とデータ入力のタ

イミングが重複すると、出力が不安定になる現象)によるものです。

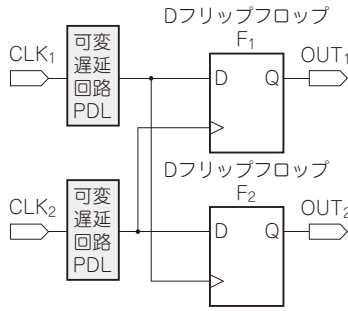


図5 遅延を制御すれば精度よく時間差が測れるのだが…

簡単なセットアップ・タイム測定回路。ここではCLK₂のPDLは固定されており、CLK₁のPDLは各クロック毎に少しずつ遅延が追加されていく

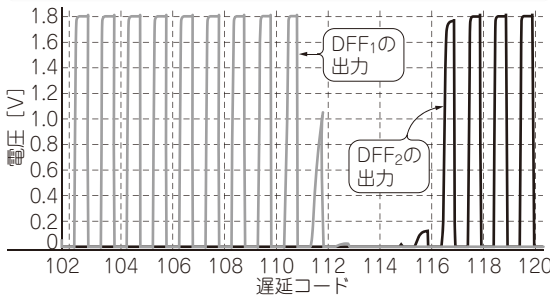


図6 遅延コードを一つずつ変えたときのDFF₁とDFF₂の出力…もしメタステーブルによる出力不安定があっても精度良く推定できる

DとCLKがほぼ同時に入力されるセットアップ・タイム付近では信号が立ち上がっていない

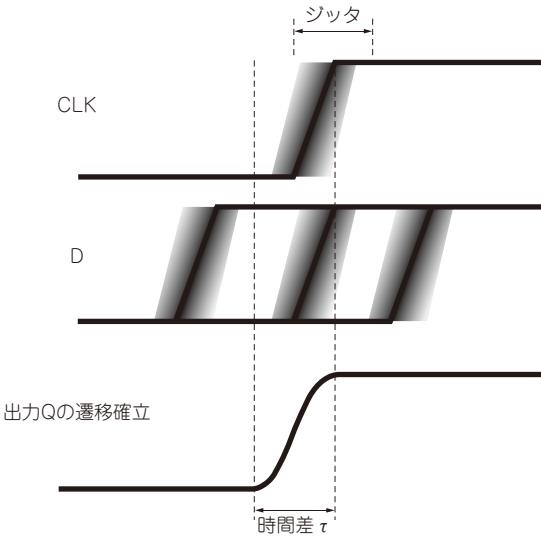


図7 ジッタによってDFFの出力遷移確率が変化するイメージ

同じ時間を入力したつもりでも、ほぼ同時に入力されるとDFFからは“H”が出力されたり“L”が出力されたりする

● メタステーブルがあっても時間差をpsレベルで測る原理

2つのDFFの遷移開始点が分かっているため、その中央が時間差0であると推定できます。この時間差0になったときの遅延コードを参照することで、元々入力された時間差を推定できます。例えば図6を見るとF₁は遅延コード112で“H”から“L”に遷移し、F₂は遅延コード116で“L”から“H”に遷移しているため、中央の遅延コードは114であると推定できます。この手法の利点は、回路試作時にps単位の高精度測定器を使わなくても、比較的簡単に時間差を評価できることです。

しかし、これほど精密な時間差測定を行う場合、信号の立ち上がりタイミングが揺れるジッタを考慮しなければなりません。実は、この回路はそのジッタを逆に利用して、より高精度な測定を可能にします。

従来は1つの遅延コードにつき1回の入力を行っていましたが、この測定回数を増やします。ジッタは正規分布に従って現れるため、図7のようにDFFの出力も確率的に変化します。そのような状態でDFFが判定を行うと、境界付近のタイミングでは“H”を出力したり、“L”を出力したりします。遅延コードを変えながら“H”と“L”を出力した回数を記録していくと、図8のような確率遷移グラフが現れます。これも先ほどと同様に遷移開始点が明確に分かるため、正確な時間差推定を可能にします。

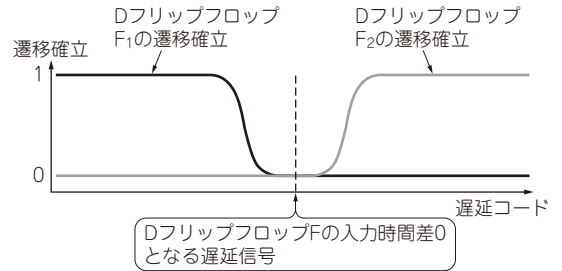
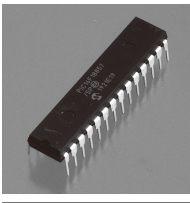


図8 ジッタを考慮した遷移確率の概形

ジッタがあることによって、細かい時間差まで測定することが可能

推薦者 芝浦工業大学 工学部 電気電子工学課程 先端電子工学コース 教授・佐々木 昌浩

エルキンズ君は、集積回路上でpsレベルの微小な時間差を計測・増幅・調整する研究に取り組んでいます。国際感覚にも優れ、実践型短期留学プログラムのアシスタントとして活躍しました。今後はロボットの距離センサの高精度化やアナログ-デジタル変換回路の高性能化に貢献、電子機器メーカーでの商品開発において活躍が期待されます。



私の部品箱

初出：トランジスタ技術
2021年5月号, p.158.

ロジック回路も内蔵の機能リッチPICマイコン PIC16F18857

500ステップの高精度サーボ制御や20ビットDDSによる微妙音階生成も楽々

● 従来PICと何が変わったのか

28ピン8ビットPIC16F18857は、表1のようにデジタル処理用の内蔵ペリフェラルが多く、とくにPWM方式のパルス出力や計測パルス入力の処理に向きます。主な電気的仕様は、電源電圧が1.8～5.5V、クロック周波数が最大32MHzと従来品と大きく変わりませんが、メモリはフラッシュROMが56Kバイト、RAMが4Kバイト、EEPROMが256バイトと2倍大きいです。

● 内蔵ロジック回路の応用例

図1に内蔵CLC(TTLロジック・ブロック設定)機能を活かした高分解能PWMパルス出力の設定例を示します。分解能10ビットのPWMモジュールを構成し、RCサーボ・モータの位置制御ができます。単に10ビ

ットPWMを使う場合、ON時間が1ms(約20ms周期内)なので、位置分解能が50ステップ(=1024/20)しかなく、RCサーボの軸はガクガク動きます。

PWMモジュールに加えてCLC1～3とTimer2/4を使用する場合、「CLC2 OUT」からは20msごとにPWM3のPWMの1周期分すべての信号を出力できます。ON時間は0.9m～2.0ms(約2ms周期内)まで設定でき、OFF時間との割合が半分なので位置分解能が500ステップと大きく確保できます。さらにCLCがもう1つ使えるので、PWM4とANDブロックを追加すれば2台のRCサーボを独立に動かせます。CLCの設定レジスタはたくさんありますが、MCC(MPLAB Code Configurator)機能を使えばGUI画面で設定でき、コードを自動生成してくれます。 (後関 哲也)

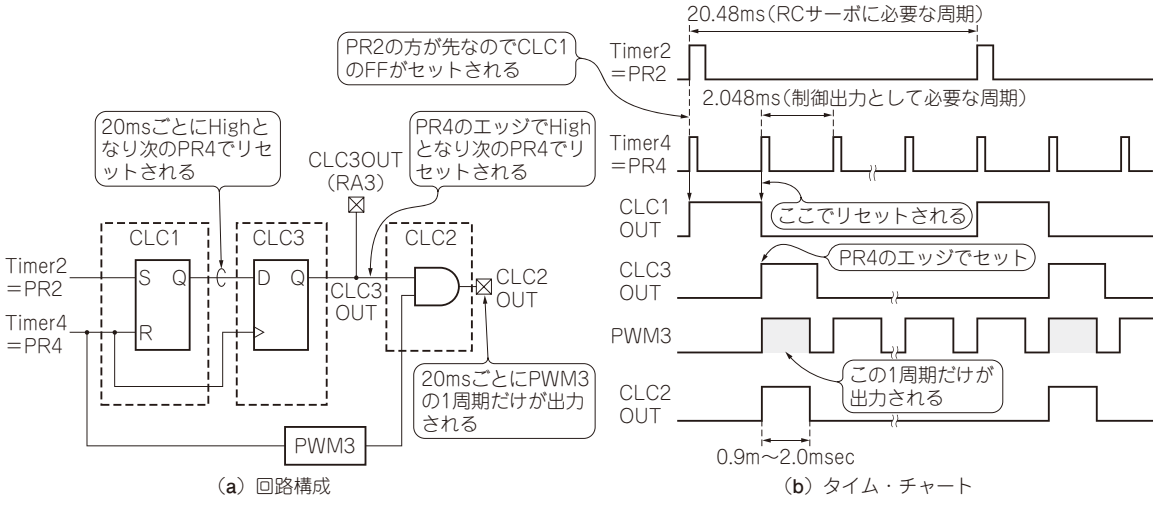
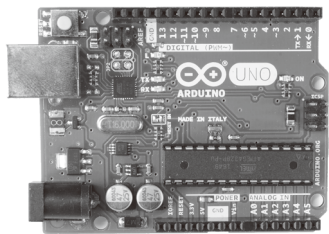


図1 RCサーボ・モータ制御用の内部ロジック構成例

表1 内蔵ペリフェラルが多く高性能

内蔵ペリフェラル	備考
PWM×2, CCP(Capture Compare PWM)×5	10ビットのPWM出力ができるモジュールが計7組
NCO(Numerically Controlled Oscillator)	20ビットのDDSを内蔵したパルス出力モジュール
SMT(Signal Measurement Timer module)×2	24ビット幅のカウンタを内蔵した信号計測タイマが2組
CWG(Complementary Waveform Generator)×3	相補パルス出力モジュールが3組
CLC(Configurable Logic Cell)×4	ロジック回路が構成できるモジュールが4組
8ビット・タイマ×3, 16ビット・タイマ×4	-
ADCC(Analog to Digital Converter with Computation)	演算機能付き10ビットA-Dコンバータ
COMP×2	D-Aコンバータ付きアナログ・コンパレータが2組
ZCD(Zero Cross Detect)	アナログ信号のゼロ・クロス検出
WWDT, CRC	窓付きウォッチ・ドッグ・タイマとCRC演算で高信頼化



間違っても動いちゃう危険…ひとこと言わせて!

実はワナだらけ… 確実に動かす Arduino Uno R3

Uno R4
ユーザも
必見!

下間 憲行 Noriyuki Shimotsuma

便利だけれども ミスが潜んでいるのがArduino

Arduinoは、電子回路製作の便利でお手軽なツールとして手放せないものですが、簡便なツールとはいえどもその頭脳はマイクロコンピュータです。電子回路を扱う基本を忘れてはいけません。

本稿では、Arduino Uno R3搭載のマイコンATmega328Pの中身を見ながら、ハードウェアとソフトウェアの注意点を追いかけてみます。製作した回路やスケッチ(プログラム)、ちゃんと動いているようでも実はミスが潜んでいるという可能性、これを重箱の隅をつつくように探ってみます。最新のArduino Uno R4を使用する際の注意点にもなるはずです。

A-D変換のワナ

● A-D変換値を analogRead で読む場合

例えばArduino IDEのサンプルとして掲載されているリスト1(01.Basics¥ReadAnalogVoltage)です。読み出したA-D値を電圧値に変換してシリアル出力します。リスト1内(ア)の5.0はA-Dコンバータの基準電圧値で、デフォルトの設定では電源電圧です。(イ)の1023.0はanalogReadで読める値の最大値です。これで正しいようですが、一歩引いて見てみましょう。

▶実際の電源電圧で結果が変わる

実際の電源電圧をテストで計ってみます。ほんとうに5.0Vでしょうか。パソコンが変わればUSBで供給

される電圧が変わります。DCジャックからの電源供給でも変わります。「(ア)の値は環境に合わせて修正が必要だ」と明記していないサンプルは誤解を与えます。

テストで読み取った実値と計算結果の差が気になるときは、このことを思い出してください。

▶1023を使うべきか1024を使うべきか

リスト1内(イ)の1023は10ビットA-Dコンバータが出す最大値です。しかし、電圧を計算する場合は、1024を使わなければなりません。1023だと半値の512で2.500Vが正しく出てきません。これは誤差ではなく間違いです。1/1023と1/1024の差は0.1%ほどとわずかです。しかし原理的に誤りです。

10ビットA-Dコンバータの最大値1023は、Vref電圧より-1LSBだけ小さい入力電圧以上のときに得られます。変換値が1023のときの入力電圧はVrefジャストではありません。1024で計算しなければならぬのに、これを1023としているスケッチ例があちこちにありますが(補足1、補足2)。

補足1：10ビットのA-Dコンバータ

リスト1 一見正しそうなA-Dコンバータ値を読みとる analogReadのサンプル・プログラムだが…

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  int sensorValue = analogRead(A0);
  float voltage = sensorValue * (5.0 / 1023.0);
  Serial.println(voltage);
}
```

(ア)A-Dコンバータの基準電圧値

(イ)analogReadの最大電圧値

Innovation Farm, Inc.

〒175-0052 東京都板橋区蓮沼町34-1 TEL:03-6807-9990

表1 A-Dコンバータの分解能を2ビットにすると

入力10ビットA-D値	0	...	255	256	257	...	511	512	513	...	767	768	769	...	1022	1023
1/1023で計算した電圧値	0.00000		1.2463	1.2512	1.2561		2.4976	2.5024	2.5073		3.7488	3.7537	3.7586		4.9951	5.0000
1/1024で計算した電圧値	0.00000		1.2451	1.2500	1.2549		2.4951	2.5000	2.5049		3.7451	3.7500	3.7549		4.9902	4.9951
2ビットにしたA-D値	0	...	0	1	1	...	1	2	2	...	2	3	3	...	3	3
1/3で計算した電圧値	0.00		0.00	1.67	1.67		1.67	3.33	3.33		3.33	5.00	5.00		5.00	5.00
1/4で計算した電圧値	0.00		0.00	1.25	1.25		1.25	2.50	2.50		2.50	3.75	3.75		3.75	3.75



10ビットのA-D変換値(ADC)と入力電圧(V_{in}),
そして基準電圧(V_{ref})には次に示す関係があります。

$$ADC = (V_{in} / V_{ref}) \times 1024$$

$$V_{in} = (ADC \times V_{ref}) / 1024$$

※搭載マイコンのデータシートの「23.7 ADC Conversion Result」に記されています。

補足2：半値の512だと

5Vの半分の電圧2.5Vを入力したときのA-D値は512です。1023で計算すると2.5024Vとなり、正しい半値の2.500Vが得られません。8ビットのA-Dコンバータだと、1/255と1/256で差が0.4%ほどになり、誤差に気付くはずで

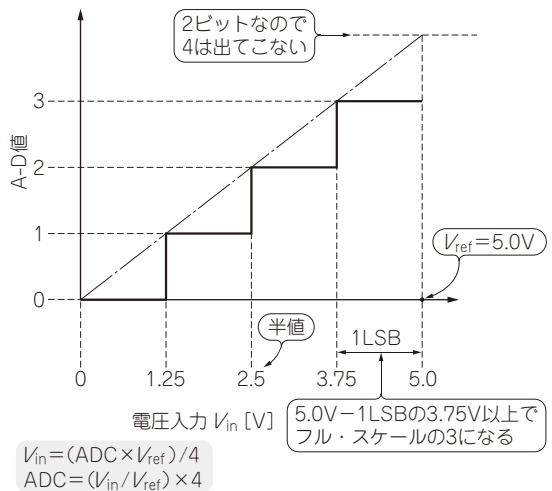


図1 2ビットのA-Dコンバータで考える

● 極端に2ビットのA-Dコンバータで考えると...

1/1024を検証するのに、10ビットA-Dコンバータの値を1/256した2ビットのA-D値を考えてみます(10ビットの上位2ビットだけを使う)。2ビットだと図1に示すような変化になります。2ビットでのフル・スケール値は5Vではなく「 $V_{ref} - 1LSB$ 」の3.75Vになります。

1/1023と1/1024の例にならうと、電圧を求めるのに1/3と1/4で計算することになります。 $V_{ref} = 5V$ でA-D値が0~1023のときの電圧計算結果を表1に示します。1/4ごとの数値変化に注目すると1/1023や1/3で計算した場合の誤りが見えてきます。

線形補間のワナ

● mapで線形補間を行う場合

線形補間を行うmap()関数の例題にも間違いが見られます。リスト2(a)は、A-D変換で得られた10ビ

ット値を8ビットにしてanalogWriteに渡してPWM出力するスケッチです。リスト2(a)内(ウ)はanalogReadの最大値、(エ)はanalogWriteの最大値です。

PWM出力にLEDをつなぎ、A-Dコンバータの入力電圧で調光しようという回路例で使われます。入力電圧が0Vなら消灯、2.5Vで半点灯、5Vで全点灯という仕掛けです。

もともと、10ビットから8ビットへの変換は値を1/4するだけです。しかし、(0,1023,0,255)だと傾きが $255/1023 = 0.249267$ となり、本来の $1/4 = 256/1024 = 0.25$ の補正線から外れてしまい、正しい値が得られません。

また、10ビットの半値である512を変換すると、

ヒロスギのものづくり
4大規格

- ① スペーサーの規格
- ② PC取付パーツの規格
- ③ ワッシャー、プッシュ、ネジの規格
- ④ メカニックパーツの規格

スペーサー国内トップシェアの実績

全116,000規格

総合カタログ30,000部発行
新商品 6,000アイテム発売開始

メカニカル&エレクトロニクスパーツ
株式会社 廣杉計器

本社/〒216-0035 神奈川県川崎市宮前区馬絹6-1-28
HP:<http://hirosugi.co.jp> TEL:044-855-1320 FAX:044-854-7364

無料カタログ請求で
サンプルセットプレゼント

リスト2 線形補間するmap関数のサンプルでは…
analogReadしたA-D値をPWM出力させるプログラム

```
void loop() {
  int val = analogRead(0);
  val = map(val, 0, 1023, 0, 255);
  analogWrite(9, val);
}
```

※正しくは map(val, 0, 1024, 0, 256);

(a) map関数のサンプル

```
long map(long x, long in_min, long in_max, long out_min, long out_max)
{
  return (x - in_min) * (out_max - out_min) / (in_max - in_min) + out_min;
}
```

x : 入力値
in_min, in_max : 入力数値範囲
out_min, out_max : 出力数値範囲

※longをfloatに書き換えれば、浮動小数点で計算できる
※in_maxとin_minが同値だとゼロ除算エラーが起こる

(b) map関数のソース

128が出てほしいのに127になってしまいます。単純に1/4すればよいだけなのに、明らかに間違っています。1LSB大きい1024を変換しても256とならず255になってしまいます。

リスト2(b)はmap関数のソースコードです。整数演算ですので除算の切り捨てが絡んできます。longをfloatに書き直せば浮動小数点で計算できます。しかし、floatで作り直してもこの誤りは変わりません。もしmapが浮動小数点を許すのなら、この問題はmap(x, 0.0, 1023.0, 0.0, 255.75)で解決です。得られた値を四捨五入するか切り捨てるかは別問題です。

● 3ビット→2ビット変換にmapを使うと

10ビット→8ビットの変換では数値が大きくて誤差が見えにくいので、極端な例として3ビット(0~7)→2ビット(0~3)への変換を考えてみます。この場合、単純に2で割ればよいだけです。割り算じゃなくてもマイコンの命令なら右シフトを1回だけです。

これをmapで書くと次のようになります。

$$y = \text{map}(x, 0, 7, 0, 3) \quad \dots(1)$$

$$y = \text{map}(x, 0, 8, 0, 4) \quad \dots(2)$$

式(1)が(0, 1023, 0, 255)と同様の記述です。変換前と変換後の下限値, 上限値を指定しています。式(2)が補間直線の傾きを考慮して記したものです。例えば半値のx=4だと式(1)の結果は1で、式(2)は正しく2になります。

mapでは上限値を超えても正しい変換結果が得られますので、2倍のx=16を試してみると式(1)は6で、式(2)は正しく8になります。明らかに式(1)の記述は間違っています。

関数の説明に「上限, 下限」という表記があるのでanalogRead, analogWriteの最小, 最大値を記入していると推測できます。線形補間の式であるmap関数を10ビット→8ビットの変換に使うとき、(x, 0, 1023, 0, 255)を用いるのは根本的に誤っています。

PWM出力のワナ


● analogWriteによるPWM出力のデューティ比が微妙にズレる

Arduino Unoでは3つのタイマを使った6つのPWM出力が可能です。それぞれ8ビットの分解能で、設定できるのは0~255の値です。0で出力“L”固定になり、255で出力“H”固定、1~254の範囲で設定したデューティ比のパルスが出ます。


また、ピン番号で使うタイマが決まり、例えばD5, D6への出力ならタイマ0が用いられます。タイマ0の場合、クロックが250kHzで8ビットですので、1.024ms周期となり1ビットが4μsの分解能になります。

analogWriteを単にPWM出力ということではなく、8ビットのD-Aコンバータとして使う場合を考えてみます。0~255のデータを、可変範囲が0~5VのD-Aコンバータで出力すると、最大値は(255×5V)/256で、電源電圧の5Vより約20mV低いおおよそ4.98Vがフル・スケール値となります。ところがanalogWriteは0(0V = “L”に張り付いてパルスなし)から255(5V = “H”に張り付いてパルスなし)まで出力できます。

本来ならフル・スケール(255×1.024ms)/256で、



MinebeaMitsumi Group




アナログ半導体で、不可能を可能にする。

エイブリックは、日本国内で回路設計から製造までを行うことができる垂直統合型アナログ半導体メーカーです。

50年の時を超え培われてきた技術のルーツや
エイブリックの今をご紹介します。

はじめまして
エイブリックです



エンジニアの
様々な役割

エイブリック株式会社

本社 〒105-0021 東京都港区東新橋 1-9-3

国内拠点：高塚事業所・秋田事業所・幕張オフィス・立川オフィス他

1020 μs の“H”パルスに4 μs の“L”パルスが残るはずですが、それがなぜか255で“H”に張り付いて5Vが出てしまいます。1/256で制御されているとしたら、おかしな挙動です。どこかで1/256だけずれています。

● タイマ0のPWM出力

analogWriteはwiring_analog.c内で処理されています。リスト3がそのソースコードです。リスト3内の(オ)と(カ)で0と255を分離して“L”と“H”への張り付きを処理し、リスト3内の(キ)で1～254のときだけ、PWMパルスが出るようにしています。

そこで、タイマ0のanalogWriteに対して0～255の数値を順に与えてみました。周期1.024msのPWMパルスに対して表2に示すパルス幅の波形が観察されます。

タイマ0のPWM出力に関して、設定値1〔表2内の(A)〕で、ほんとうなら4 μs になって欲しいのが8 μs となっています。また、デューティ比50%の方形波を得ようとしてanalogWrite(6, 128)としても、“H”=512 μs 、“L”=512 μs の波形にはなりません。〔表2内の(B)〕のように“H”が516 μs 、“L”が508 μs になり、デューティ50.4%くらいの方角波が出てきます。50%きっちりにしたいのならanalogWrite(6, 127)としなければなりません。

● タイマ1とタイマ2のPWM出力

ピン指定D9とD10がタイマ1、D11とD3ではタイマ2が使われます。しかし、タイマ1とタイマ2の制御がタイマ0とは異なるのです。このため、タイマ0とは違ったPWM波が出てきます。また、タイマ1、2

リスト3 一見正しそうなPWM(D-A変換)出力するanalogWriteサンプル・プログラムだが…

```
void analogWrite(uint8_t pin, int val)
{
    pinMode(pin, OUTPUT); // 指定ピンを出力に
    if (val == 0) { // (オ)
        digitalWrite(pin, LOW); // 値が0ならLOWに張り付き
    }
    else if (val == 255) { // (カ)
        digitalWrite(pin, HIGH); // 値が255ならHIGHに張り付き
    }
    else { // ArduinoCPUによる区別
        switch(digitalPinToTimer(pin)) { // その代表で
            case TIMER0A: // タイマ0のとき
                sbi(TCCR0A, COM0A1); // OC0Aピン非反転PWM出力モード
                OCR0A = val; // (キ) 値が1～254のとき set pwm duty
                break;
            :
        }
    }
}
```

表2 タイマ0のanalogWriteで出力される波形
PWM分解能は4 μs

val値	H,Lパルス幅 [μs]
0	— ずっとL
(A) 1	H : 8 L : 1016
2	H : 12 L : 1012
:	:
127	H : 512 L : 512
(B) 128	H : 516 L : 508
129	H : 520 L : 504
:	:
253	H : 1016 L : 8
254	H : 1020 L : 4
255	ずっとH —

表3 タイマ1, 2のanalogWriteで出力される波形
PWM分解能は8 μs

val値	H,Lパルス幅 [μs]
0	— ずっとL
1	H : 8 L : 2032
2	H : 16 L : 2024
:	:
127	H : 1016 L : 1024
(C) 128	H : 1024 L : 1016
129	H : 1032 L : 1008
:	:
253	H : 2024 L : 16
254	H : 2032 L : 8
255	ずっとH —

の周期は2.040msとなっていて、タイマ0とは同期しません(2倍の2.048msではない)。

タイマ0は8ビット高速PWMモードで初期化されています。対して、タイマ1とタイマ2は8ビット位相基準PWMモードに設定されていて、PWM出力の動作が異なるのです。この差が設定数値に対するPWM波形出力に影響を与えます。

タイマ1とタイマ2に同じように0～255の数値を与えてみました。表3に示します。

0～255での変化を見ると、8 μs ずつ“H”区間が伸びていき、PWM波が変化します。ところが表3内の(C)のように128でデューティ50%になりません。127でも129でもデューティ50%は得られません。これはタイマ1とタイマ2は1/255で処理されているからです。周期が2.040msとなっているのもそのせいです。

● analogWriteは誤差をもつ

analogWriteと名付けられたのは、PWM出力をフィルタに通せばDC電圧が得られて、D-Aコンバータとして使えるからです。しかし、わずかですが誤差が発生します。まとめると次のようになります。

- タイマ0は数値0～1の部分で値が飛び、1が1/256ではなく2/256になってしまう
- タイマ0でデューティ50%を得るには128ではなく127をセットしなければならない
- タイマ1とタイマ2はデューティ50%を設定できない。127でも128でも4 μs ずれてしまう

● D-Aコンバータとして使えるPWM出力

現在のタイマ0はトップ値255の高速PWM動作(モード3)にイニシャルされていて、analogWriteのPWM出力制御が非反転動作になっています。非反転動作の場合、TCNT(タイマ・カウンタ)とOCR(出力比較レジスタ = PWMの設定値)の一致で“L”を出力、

リスト4 12ビット分解能のPWM

```
// setup内でタイマ1の動作モードを変更
#define PWMTOP1 4095 // タイマ1 PWMのTOP値
// 12ビットで

void setup() {
  :
  // タイマ1 PWM出力 (A:PB1:D9, B:PB2:D10)
  TCCR1A = 0b11110010;
  //      ||||  +-+ PWM モード14 ICR1で
  //      ||+---- PWM B (反転動作)
  //      +------ PWM A (反転動作)
  TCCR1B = 0b00011010;
  //      || |+++- クロックセレクト 16MHz/8 2MHz
  //      || +---- PWM ICR1 モード14
  //      |+----- ICES1
  //      +----- ICNC1
  ICR1 = PWMTOP1; // 12ビット, 2.048msサイクル
  :
  DDRB |= (1 << PB1); // PB1, 2(D9, D10)を出力に
  DDRB |= (1 << PB2); // 出力にしないとパルスは出ない
  OCR1A = OCR1B = PWMTOP1; // 全LOW出力に
}

// PWM D9出力 (タイマ1A)
// 0~4095で全L~4095/4096
// >=4096の処理はしていない
void pwmdala(int val) {
  OCR1A = PWMTOP1 - val; // 12ビット 0~4095
}

// PWM D10出力 (タイマ1B)
void pwmdalb(int val) {
  OCR1B = PWMTOP1 - val; // 12ビット 0~4095
}
```

TCNTのボトム値(=0)で“H”を出力します。

非反転動作では全区間“L”のPWMパルスは出力できません。つまり、OCRを0にしてもデューティ1/256のパルスが発生します。その代わりに、OCR = 255を設定すれば全区間“H”が得られます。これがタイマ0で1を設定すると2/256が出てくる原因です。

0~255の設定で0/256~255/256が出るPWM、これはATmega328Pの高速PWM動作での反転動作を使うと実現できます。反転動作では比較一致で“H”、ボトムで“L”を出力します。OCRへの設定値が0で255/256のPWMパルスとなり、255を設定すれば全区間“L”の出力が得られます。

トップ値(255)から設定値(val)を引いた値(255 - val)をOCRに設定すれば、0~255で全“L”~255/256のPWMパルスが得られます。これでデューティ0~255/256のPWMパルスを発生できるようになり、8ビットD-Aコンバータとして使うときの誤差が出なくなります。

また、analogWriteの設定値valは、int値で256を許容しています。全区間で“H”が必要なときは256以上でポートを“H”にという処理を入れ込めば256/256も実現可能です。

さらに、タイマ1は16ビットですので、トップ値をICR1で設定するモード14の高速PWM動作を使えば、PWMによる12ビット分解能のD-Aコンバータが2チ

ヤネル得られます。analogWriteが8ビットですので簡単に性能アップできます。設定例をリスト4に示します。

時間待ちのワナ

● delayMicrosecondsで待てるのは16383 μ sまで! 50msは待てない

Arduinoでの時間待ち関数、あれこれ用意されていますが

- μ s単位で設定できる
- ソフトウェアのループで処理してる
- 割り込みを止める処理内でも使える

というdelayMicrosecondsが便利です。

delayMicrosecondsの関数プロトタイプを見ると、void delayMicroseconds(unsigned int us)となっていて、unsigned intつまり16ビット値で待ち時間を指定できることがわかります。最大が65535で「65msちょっと」まで時間待ちできると読んでしまいます。

ところが、Arduino Unoのような16MHzクロックで動いているAVRマイコンでは、us値を4倍にして時間待ちループ・カウンタの値を得ているのです。delayMicroseconds内部のループ・カウンタは2バイトのままなので、us値として設定できる有効な最大値は16383となっています。delayMicrosecondsはwiring.cの中でリスト5のように記述されています。関数のプロトタイプを見ただけではusの最大が16383だとは気が付きません。

● 50ms待ちを試すと

最大の65535に近いdelayMicroseconds(50000)と50ms待ちをやってみると50000*4 = 200000 → & 0x0FFFF → 3392と0.85msほどになってしまい、望んでいた50msとはかけ離れた待ち時間になってしまいます。delayMicrosecondsの関数リファレンスには

- 16383 μ s以内の値を指定する
- 数千 μ sを超える場合はdelay関数を使うことの注意書きが記されています。

リスト5 delayMicrosecondsの処理

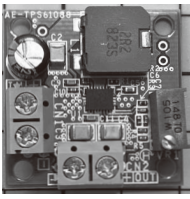
```
#elif F_CPU >= 16000000L // クロック16MHz
:
  us <<= 2; // x4 us, = 4 cycles us値を4倍に
:
  L1: sbiw us, 1 // 機械語で減算 4クロックでloop
  brne L1
:
```

秋月部品箱



3.7V 1セルから昇圧！ 12Vファンを回してみた
リチウム・イオン電池1本から4.7V ~ 12.6V出力！
お手軽可変電源TPS61088

川出 和希
Kazuki Kawade



4.7V ~ 12.6V出力、同期式昇圧型スイッチング電源モジュールTPS61088(テキサス・インスツルメンツ)を使ったキットAE-TPS61088(秋月電子通商, 写真1)を紹介します。スイッチング電流が最大10A, 最大効率95%以上と、大電力、高効率です。面実装部品は専用基板に実装されています。

お手軽な昇圧4.7 ~ 12.6V出力 スイッチング電源TPS61088の押しポイント

● **ポイント①…リチウム・イオン電池1本で動作可**
通常、5.0Vや3.3Vで駆動するマイコンを乾電池で動かすためには、最低3 ~ 4本が必要です。リチウム・イオン電池を使って安定動作させるには最低2本以上が必要です。

その点、TPS61088は最低動作電圧が2.7Vなので、リチウム・イオン電池(公称電圧3.7V)が1セル(1本)あれば動作可能です。1セルで駆動可能ということは、充放電がはるかに簡単になります。例えば、複数セルを直列接続させた電池パックを充放電させる場合、セルごとの不均衡を解消するために、セル電圧の監視回路や均衡を保つための回路が必要になります。1セルの場合はこれらが不要になり、端子電圧の監視で事が足ります。

1セルのリチウム・イオン電池であれば、モバイル機器に内蔵されているような薄型・長方形の形状をし

たものを採用できます。後述しますが省スペース、低背のTPS61088の特徴と相性がよく、機器をとてもコンパクトに上げることが可能になります。

● **ポイント②…最大10Aまでスイッチング可能**

最大で10Aまでの入力電流をスイッチングすることが可能です。

入出力電圧差により出力電流は変わりますが、10Aまで入力できれば十分にモータを回せます。筆者の場合、定格12V, 0.6Aのプロウ・ファン(羽根が筒状に配置された換気扇)を1セルのリチウム・イオン電池で稼働させています。

● **ポイント③…最大効率95%以上**

出力電流に依存するため常時この効率が出るわけではありませんが、最大で95%の変換効率を誇ります。

これはバッテリーの長時間使用に直接的に寄与しますが、隠れた恩恵として無視できないレベルで、放熱構造が簡素になるという効果があります。変換効率が上昇すると、ロスとして排出される熱も減ります。これは思いのほか、大きな恩恵を与えます。

変換効率が93%から95%へ2%向上した場合を考えましょう。ただかか2%程度の効率向上と思いがちですが、排出熱の観点から考えると、28.6%も低減されます。その分、放熱構造を簡素化(放熱フィンの表面積や質量低減=原価低減)させられることになります。

変換効率の向上はバッテリーの長時間使用のみならず、ほかにも多大な恩恵を与えます。

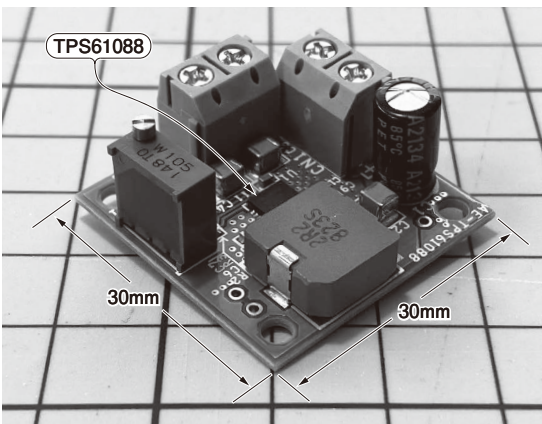


写真1 最低2.7V入力から4.7 ~ 12.6Vを出力できる同期式昇圧型スイッチング電源モジュールAE-TPS61088(秋月電子通商, 税込み1,480円)
リチウム・イオン電池(3.7V)1本で動かせる。表面実装部品(実装済み)とリード部品(端子台, 多回転式VR, 電解コンデンサ: はんだ付けする)がひしめき合っている

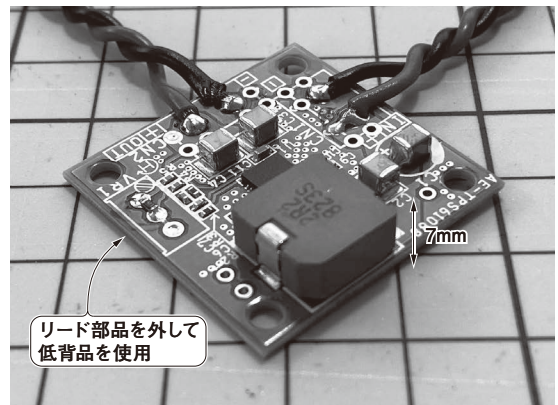


写真2 リード部品を低背品に置き換えることもカンタン
高さ約7mmに収まり、基板背面もフラット

こんな用途で使える

● リチウム・イオン電池1個から12V駆動のアクチュエータが動作可能

市販されているモータやソレノイドなどの駆動電圧は、鉛蓄電池の公称電圧が12Vということを考慮して12Vを基本にしているものが多いです。

そのため、12Vが用意できると使用可能なアクチュエータが爆発的に多くなります。本品はスイッチング電流が10Aと比較的大電流を制御できるため、アクチュエータの駆動用電源としても十分使用できます。

豊富な電力を用いて、一部を5.0Vや3.3Vへ綺麗にレギュレートしたうえでマイコンの電源に、大部分をアクチュエータの駆動電力に使うことも簡単です。

● 電圧可変が容易、高精度

本品は出力電圧が可変式であり、25回転の多回転式VR(可変抵抗器)で電圧を決める仕様になっています。25回転で4.7V~12.6Vまでを設定するため、電圧可変が容易なうえ、かなり高精度に設定できます。

電圧可変の必要がない場合は、1608サイズのチップ抵抗1つで固定できるため、不用意な電圧変更を防ぐこともできます。

回路

● 低背部品への変更が容易に可能^(注)

AE-TPS61088は表面実装部品のみ実装された状態で販売されています。この状態での製品厚みは約7mmです。そのため、付属している背の高いリード部品は使用しない、あるいは別部品に交換することで、7mmという非常に薄いまま使うことができます(写真2)。

▶①ターミナル・ブロック

入出力配線を接続する部位用にターミナル・ブロッ

クが付属されています。これは配線を頻繁に抜き差しする用途には便利ですが、一度接続したら外さない場合は不要な部品になります。そのため、配線を直接はんだ付けすることが可能ならば、使用する必要はありません。

配線の接続信頼性の面からも、直接はんだ付けするほうが、ネジ緩みの心配がないので安心です。

▶②入力平滑用電解コンデンサ

付属部品の中で一番背が高いのは入力電圧平滑用の電解コンデンサ(耐圧25V, 220 μ F)です。用途的にそこまで高い入力耐圧が必要ない場合は、過剰スペックです。

例えば、リチウム・イオン電池1セルであれば、公称電圧3.7V、充電時の最大電圧でも4.2V程度までしか上昇しません。この場合、耐圧6.3V, 220 μ Fのチップ・セラミック・コンデンサ(部品高さがわずか2.5mm)に変更できます。

さらにリチウム・イオン電池の場合は内部抵抗がとても小さいため、少々の電圧変更が許容できる用途や配線がとても短い場合は未実装でも稼働可能です。

▶③多回転式VR

AE-TPS61088は、多回転式VRにより出力電圧が変更できる仕様になっています。

ただ、用途によっては電圧変更が必要ない場合があります。この場合は、多回転式VRを実装するランドに所望する電圧に対応した1608サイズのチップ抵抗を実装することで対応可能です。

状況に応じて頻繁に出力電圧を手動で変更したい場合(モータの回転数を出力電圧で変更したい場合など)は、精密ドライバが必要な多回転VRではなく、操作しやすいつまみの1M Ω 、Bカーブのボリュームが適当と考えます。

多回転式VRを実装するランドに配線を接続し、操作しやすい箇所に取り付けたボリュームまで延長すると良いでしょう。

AE-TPS61088を 火起こしハンディ・ブロフに使ってみた

● 背面がフラットなため放熱が容易

AE-TPS61088は片面実装の製品で、基板裏面に部

注：部品の変更や未実装、延長は想定外の挙動変化を誘発する可能性があるため、実機検証は必要不可欠です。



RYOYO RYOSAN
HOLDINGS

「商社」で働くエンジニアに迫る!

変わる商社。
変える商社。

商品を仕入れて販売する商社の仕事に、技術の力で付加価値を与えるエンジニアの仕事とは？

技術を牽引するエンジニアの働き方や仕事の面白さを覗いてみよう!



商社のエンジニアが作るマガジンサイト [リョーサン テクラボ](#) [リョーサン 菱洋ホールディングス株式会社](#)

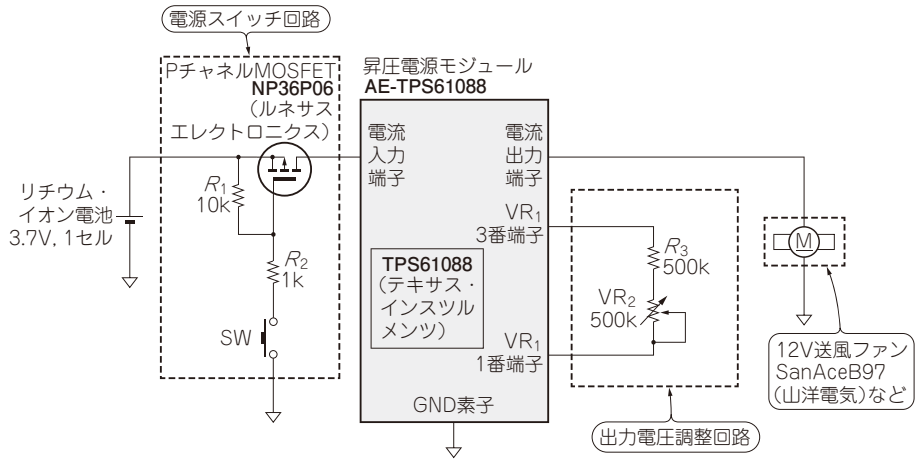


図1 お手軽可変電源 AE-TPS61088を使った送風ブロワの回路

品は実装されていません。さらに、前述した部品変更を実施すると、リード部品をはんだ付けした際に残る背面への足の引っ張りも発生しません。そのため、フラットな背面を得ることができ、面として熱結合させられます。

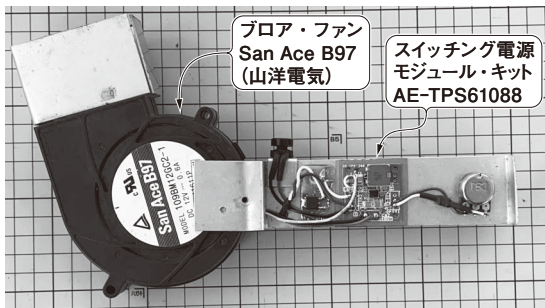
カプトン・テープなどで絶縁だけ確保しておけば、アルミ製の筐体や放熱板に両面テープを用いて貼り付けるだけで、放熱できます。放熱用グリスやねじ止め用の穴の確保も不要になるのでとても便利に固定・放

熱を行えます。

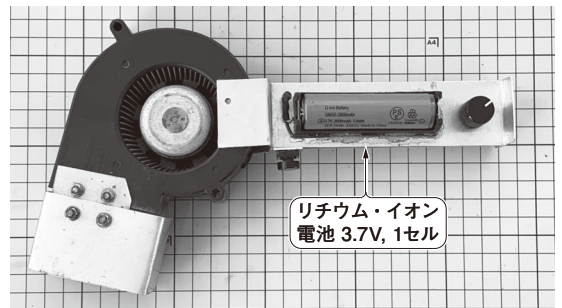
● 12Vのハンディ・ブロワを回してみた

AE-TPS61088モジュールを使って12Vの送風ブロワを回してみました。モジュールの入力側にFETのスイッチをつけ、出力側にブロワ・ファンをつなげただけのものです。

回路を図1に、本体を写真3に示します。



(a) キット基板実装面



(b) リチウム・イオン電池面

写真3 4.7~12.6V出力電源AE-TPS61088を使ってリチウム・イオン電池1本で12Vの送風ブロワを回してみた

GW INSTEK

マルチチャンネル
ファンクションジェネレータ

- ☑ 独立した入出力のパワーアンプ搭載
- ☑ 最高320MHzのRFチャンネル
- ☑ CH1 & CH2で同期運転可能
- ☑ 16kポイントの任意波形出力

マルチ出力で多彩な使い方を実現!

アンプ搭載モデルなら、
変調波を出力して復調波で
スピーカーを鳴らすことも可能!

20dB/20W Amp
1.6A MAX

CH1/CH2は、基本波形として、
正弦波・方形波・三角波・
パルス・ランプ波・ノイズと
任意波形をサポート!

MFG SERIES

¥86,000より

テクシオ MFG 検索

株式会社 テクシオ・テクノロジー
TEXIO TECHNOLOGY CORPORATION

トラ技 Jr.

トラギ
ジュニア



ご存知ですか？トラ技ジュニアの
無料送付を申し込めるんです！
(先生のみ)



学生無料
¥0
TAKE FREE

4・7・10・1月
10日発行

トラ技ジュニアとは

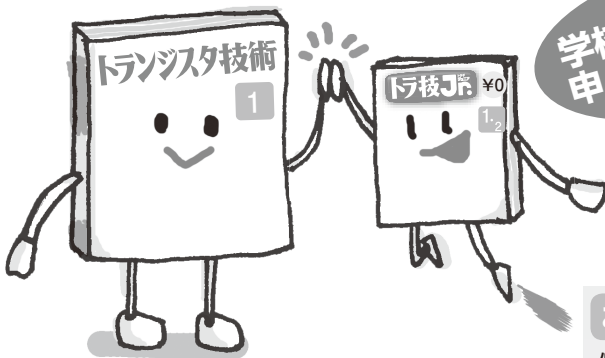
トラ技ジュニアは、全国の高校、高専、大学、専門学校の先生から生徒に手渡しする無料の小冊子です。エレクトロニクスの専門誌「トランジスタ技術」の弟分で、実用的な技術情報をかみくだいてわかりやすく解説します。

優れた電子技術者を育てるとき

自動車が電子化されたり、食品メーカーがLED照明を開発したり…。今やすべての産業ができる電子技術者を必要としています。

エレクトロニクスを楽しめるとき

個人でも最新の半導体やマイコンが安価に買えたり、プリント基板を手作りできる時代です。今なら誰でもものづくりを楽しめます。



学校の先生のみ
申し込めます！

トラ技ジュニアは、学校の先生方に送付先を登録していただき、希望部数（先生1人につき最大14部）を無料で送付しています。

トラ技ジュニアのホームページから「送り先登録」をクリックしてお申し込みください。

よし！さっそく
申し込むぞ！！



お知らせ

個人の方、企業にお勤めの方は有償頒布でお求めいただけます。詳細はトラ技ジュニアのホームページをご覧ください。

➔【お申し込み方法】

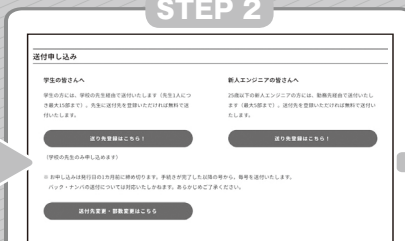


STEP 1



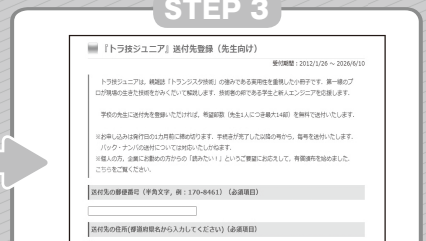
トラ技ジュニアのホームページ
(<https://toragijr.cqpub.co.jp/>)
にアクセスします

STEP 2



トラ技ジュニアのホームページの
「送り先登録」をクリックします

STEP 3



送付先や部数、先生のお名前などを
入力してください

就職の扉

未来のモノづくりを支える

「銀リング自作システムの開発」というお仕事

株式会社 dot-hzm
加藤 優

● 目指していること

私たちの仕事は、誰もがこだわりを持ってデザインに取り組める仕組みを目指しています。

デザインする対象は、ランプシェードや指輪、衣服など多岐にわたります。用いる手法も、電子工作や生成 AI、刺繍ミシンまで、デザインするものに応じて使用する技術も変わるため、日々が実験と検証の連続です。

● 独自開発した銀リング自作システム

例として、指輪づくりのプロジェクト「清澄製銀」を紹介します。

清澄製銀では、焼くと純銀になる素材「銀粘土」に着目し、誰でもオリジナルのシルバー・リングを手軽に作れる仕組みを開発しました。従来、銀の指輪は「鍛造」と「鋳造」という2つの製法で作られてきました。それに続く「第三の手法」として、銀粘土用の3Dプリンタを独自開発しました。

さらに、iPadで一筆書きのようにデザインできるシ

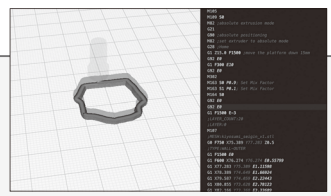
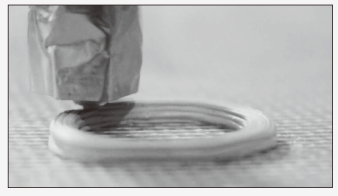


写真1 一筆書きで描いた線の3Dモデル(左) 3Dプリンタの動きを制御する gcode(右)

写真2 独自開発した銀粘土 3D プリンタ。銀粘土を積層することで造形をする



ステムと組み合わせることで、その場でデザインが形になる体験を可能にしています。

● ロンドンに出展…身近な問いから世界へ

このプロジェクトを始めたきっかけは、自分の婚約指輪をオーダーした経験からでした。簡単なカスタマイズでも納期まで4ヵ月かかると知り、「もっと気軽にデザインできて、すぐに手元に届く仕組みは作れないだろうか」と考えたのが出発点です。半年ほどの開発期間を経て、体験工房として指輪づくりのサービスをスタートしました。海外からも注目が集まり、ロンドンへの出展も決まるなど、多くの人たちがオリジナル・リングをデザインしています。

編集余録

- トラ技/ジュニア読者イベント「エレキ万博(秋葉原)」が終わり、大阪万博も終わったところ、大阪で読者の集いやりませう! (54)
- 10月25~26日、大阪・咲州で、ものづくりの祭典テックシーカーが開催されます。トラ技も参戦、当日お会いしましょう。(川)
- 今の個人的流行はSlay the Spire。スマホでできるログライク・カードゲーム。難しくて負けるのでやめられない!(理)

- トランジスタ数を減らした回路をいじっていると動作点の温度変化が気になる。差動回路とカレントミラーは偉大。(老)
- ホットケーキ作りにハマり中。高い位置から生地を落とすと、ダメになっても良いから混ぜ過ぎないことがコツ。(御)
- エレキ万博も無事おちついたので、友人が監督した映画を見に行きました。身内びびり無しで良すぎました。(ほ)

● 掲載記事利用上のご注意

本誌掲載記事には著作権があり、また産業財産権が確立されている場合があります。従って個人で利用される場合以外は所有者の承諾が必要です。また、掲載された回路、技術、プログラムなどを利用して生じたトラブルについては、当社ならびに著作権者は責任を負いかねます。

本誌に記載されている社名および製品名は、一般に開発メーカーの登録商標または商標です。なお、本文中では™、®, ©の各表示を明記していません。

発行元 CQ 出版株式会社
〒112-8619 東京都文京区千石 4-29-14
販売 03-5395-2141 広告 03-5395-2132

表紙・目次デザイン アイドマ・スタジオ
イラスト 神崎 真理子
DTP 株式会社麒麟三隻館
印刷・製本 三共グラフィック株式会社

トラ技Jr. 2025年秋号 第63号

© 2025 CQ 出版株式会社

編集長 上村 剛士
編集スタッフ 及川 健, 新谷 あやこ, 内門 和良,
御園 英伸, 堀 雅紀

発行人 櫻田 洋一 Printed in Japan

表紙解説



DigiKeyは世界有数の総合的な電子部品ディストリビュータです。DigiKeyは創業以来、サービス内容と諸実績を重視し、一流メーカーから直接仕入れた業界トップクラスの製品を世界中のお客様に提供してきました。この継続的な取り組みにより、お客様から高い評価をいただいています。学生と技術者に向けた少量の試作・設計用部品から、購買担当者に向けた量産用部品に至るまで、多種多様な製品を幅広いお客様にお届けしています。www.digikey.jpにアクセスして、DigiKeyの膨大な製品とリソースを是非ご覧ください。DigiKeyは、お客様のプロジェクトを成功へと導くお手伝いをいたします。

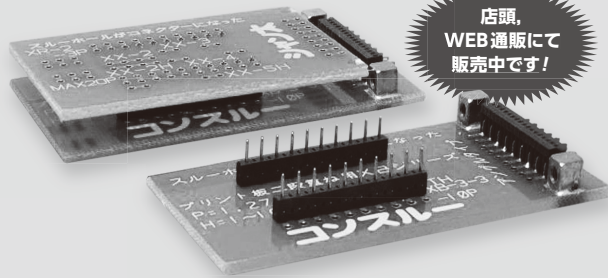


DigiKey

プリント板二段重ね用コンスルーが新入荷!

試作等で上部の板は抜き差し可能です
高さ(ピン含まず)2mmと3.5mmの2シリーズ展開

ピン数: 2P/3P/7P/8P/12P/13P/17P/18P/20P



店頭、
WEB通販にて
販売中です!

廣杉計器 インサートナット

HUD IVシリーズ 販売中!

店頭、
WEB通販にて
販売中です!

材質: 黄銅
サイズ展開: M2.6/M3/M4/M5/M6/M8/M10



JINSON 同人オーディオ基板

表面実装部品のハンダ付け練習にも最適!



Stick MT Ver2
スティックタイプ
の小型真空管
ポタアン

¥2,200

※基板、ケース、スペーサー以外の部品は
一切付属致しません
※技術サポートは一切行いません

- ・真空管は6DJ8 (6922) / 12AQ7に対応しています。Tube MT / MTaのソケットをお持ちの方は5670/5755 (470A)を使用することができます。
- ・真空管によっては相性等の問題が発生する可能性があります。あらかじめご了承ください。
- ・熱がこもるカバンの中等で使うと、ケースが歪む可能性があります。

スマートフォン向けIRサーマルイメージングカメラ

アルミニウム合金製ケースを採用し、80×62ピクセルの赤外線アレイを搭載。
視野内の物体の赤外線分布を検出し、表面温度データに変換して熱画像を生成。
Type-Cポートを搭載し、スマートフォンやPCと直接接続可能。
プラグ&プレイ対応。



スマートフォン向け
IRサーマルイメージングカメラ 90° FOV
Thermal-90 USB Camera (B)
¥14,380

広角バージョン: 視野角90° (FOV)
温度測定範囲: -20~400°C
(広角版は-40~400°C)
絶対精度: ±2°C (周囲温度10~70°C)
動作温度範囲: -20~85°C
(広角版は-40~85°C)

スマートフォン向け
IRサーマルイメージングカメラ 45° FOV
Thermal-45 USB Camera (B)
¥14,380

広角バージョン: 視野角45° (FOV)
温度測定範囲: -20~400°C
(広角版は-40~400°C)
絶対精度: ±2°C (周囲温度10~70°C)
動作温度範囲: -20~85°C
(広角版は-40~85°C)

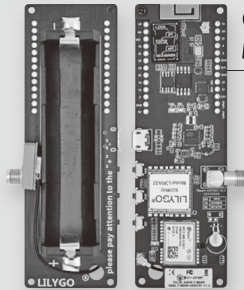
LILYGO



H716 T5 e-Paper ¥7,180

Q435 T-Beam
Meshtastic
¥5,680

K258-03-Mesh T-Echo
920MHz BME280 白J
(Meshtasticファームウェア搭載)
¥13,780



H722-Mesh
T-Deck Plus
(Meshtastic
Firmware搭載版)
¥13,450

パーツとツールの
スーパーマーケット



千石電商

秋葉原本店

〒101-0021 東京都千代田区外神田1-8-6 丸和ビル B1-3F
TEL 03-3253-4411

秋葉原新2号店

(アケコンパーツ/ギターパーツ/
映像・音声・通信・充電ケーブル等)
〒101-0021 東京都千代田区外神田1丁目9-9
TEL 03-3253-4412

大阪 日本橋店

〒556-0005 大阪府大阪市浪速区日本橋4-6-13 NTビル 1F
TEL 06-6649-2001

せんどくネット通販

<https://www.sengoku.co.jp/>

TEL 03-5976-1059
FAX 03-6681-4825



公式X (旧ツイッター)

@sengoku_densyo

新商品紹介や入荷状況などを更新しています。
フォロー限定企画も不定期開催中!



本店2階ネジ/テープ/接着剤売場 大幅にラインナップ増!

GET!

今月の読者プレゼント



プレゼントのお申し込みはこちら：
https://cc.cqpub.co.jp/system/enquete_entry/1154/
 ★応募は一人1回でお願いします (*^_^*)



GET! 1 デジタル・マルチメータCD5001 (提供：三和電気計器) 1名様



製品情報はこちら

分解能0.1V
フル4桁カウント

GET! 2 プリント基板定規2本+ PCBWay10ドル割引券2枚 (提供：PCBWay) 10名様



定規は3種類からランダムで!

プリント基板製造
10ドル割引



PCBWay Web サイト

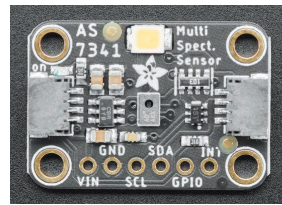
GET! 3 切手サイズの24mAh リチウム・イオン電池 (提供：日本ガイシ) 5名様



製品情報はこちら

エナセラ3.3/3.8V電池
電池の厚み0.45mm!

GET! 4 マルチチャンネル光/色センサ・モジュール (提供：スイッチサイエンス) 1名様



8種の色光の
帯域を検出!



製品情報はこちら

GET! 5 20×4行LCDモジュール バックライト付き (提供：秋月電子通商) 2名様

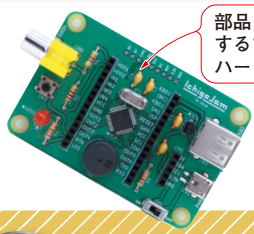


バックライト付きで見やすい!



製品情報はこちら

GET! 6 RISC-Vチップ搭載 コンピュータIchigoJam (提供：IchigoJam財団) 5名様

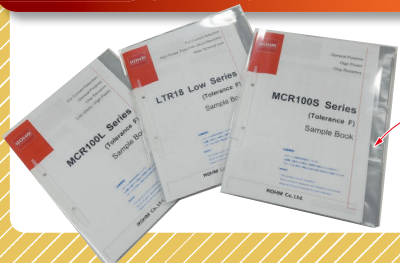


部品を自分で実装
するプリント基板
ハーフキット R



製品情報はこちら

GET! 7 抵抗サンプルブック Bセット(電流検出・測定用低抵抗MCR100S, MCR100L, LTR18) (提供：ローム) 2名様



ロームの抵抗
がセットに!
非売品3冊

GET! 8 デジットお楽しみ袋 (提供：共立電子産業) 1名様

電子部品や工具など、何が
入っているかはお楽しみに!



お店の情報はこちら



私たちは未来のエンジニアを応援しています！

<p>秋月電子通商</p>	<p>AlphaProject 株式会社アルファプロジェクト</p>	<p>Innovation Farm, Inc.</p>
<p>アナログ半導体のエイブリック</p> <p> ABLIC MinebeaMitsumi Group</p>	<p> EdgeTech+ 2025</p>	<p> KYORITSU</p>
<p>薄板金属パーツの試作・カスタム製作</p> <p> クロダ精機株式会社</p>	<p> STUFF ELECTRONICS RESEARCH & DEVELOPMENT</p>	<p>パーツ・ツール・スーパーマーケット</p> <p> 千石電商</p>
<p> DigiKey</p>	<p> TEXIO</p>	<p>世界水準の技術力 半導体検査装置メーカー</p> <p> TESEC®</p>
<p> 計測器ランド® TOYO KEISOKUKI CO., Ltd.</p>	<p> Nichiei Creating the Finest</p>	<p> 日本ガイシ NGK</p>
<p> VICOR</p>	<p>スペーサーの総合メーカー</p> <p> 株式会社 廣杉計器</p>	<p> Lam® RESEARCH</p>
<p>エンジニアによりそうマガジンサイト</p> <p> リョーサン テクラボ</p> <p> リョーサン 菱洋 RYOYO RYOSAN HOLDINGS</p>	<p> ROHM SEMICONDUCTOR</p> <p>ローム</p>	

生成AIで進化する開発現場。 ものづくりは『AIと創る』新時代へ

会場受付中!

EdgeTech+ 2025

11月19日(水) - 21日(金) パシフィコ横浜
10:00-17:00 (20日[木]は18:00まで)

エッジテックプラス



主催：一般社団法人組み込みシステム技術協会 (JASA)
企画・推進：株式会社ナノソフト・メディア

来場無料

セミナー & 展示

エンジニアを刺激する 技術情報の“最先端”

生成AI

組み込みハード/
半導体デバイス

組み込みソフト

開発支援

開発環境

ワイヤレス

自動車開発でのソフトウェア技術にフォーカス。



DX社会実現へ、画像認識・解析AI技術が集結



マイクロプロセッサ黎明期からのファミリー展

チップミュージアム mini #

問い合わせ：EdgeTech+事務局 ((株)ナノソフト・メディア内) E-mail: edgetech-info@f2ff.jp 〒160-0022 東京都新宿区新宿1丁目12-5 Uni-works新宿御苑3階

Copyright © Japan Embedded Systems Technology Association. (JASA)