

小型IoTモジュールは状態・環境をモニタし通信することを主機能とし、産業機器、医療、ホームオートメーション等に多く使用されています。

主に各種センサ、MCUそして無線通信で構成され、小型電池での長期間動作が要求されます。

※12Vや24Vで駆動されるIoTデバイスに対するソリューションは[産機センサ](#)を御覧ください。

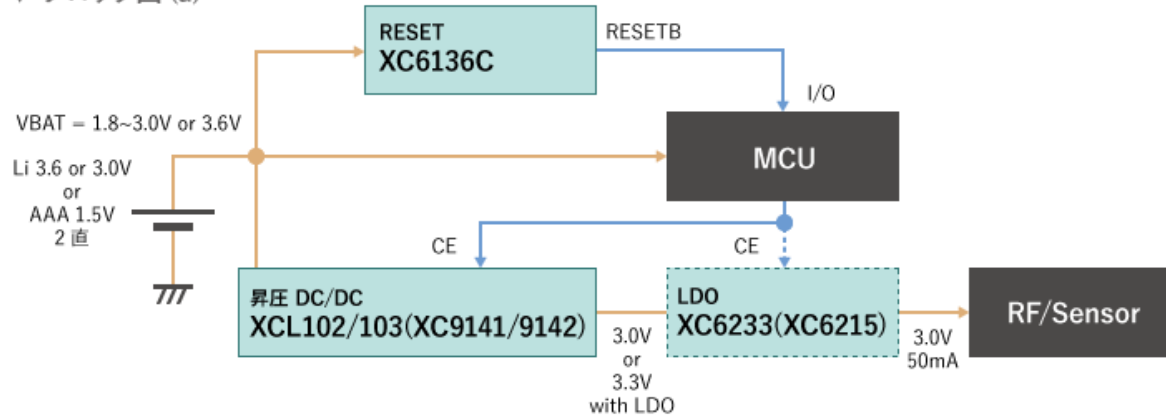
●IoTデバイス（1次電池）

多くの小型IoTデバイスは1次電池での長期間動作が要求されます。

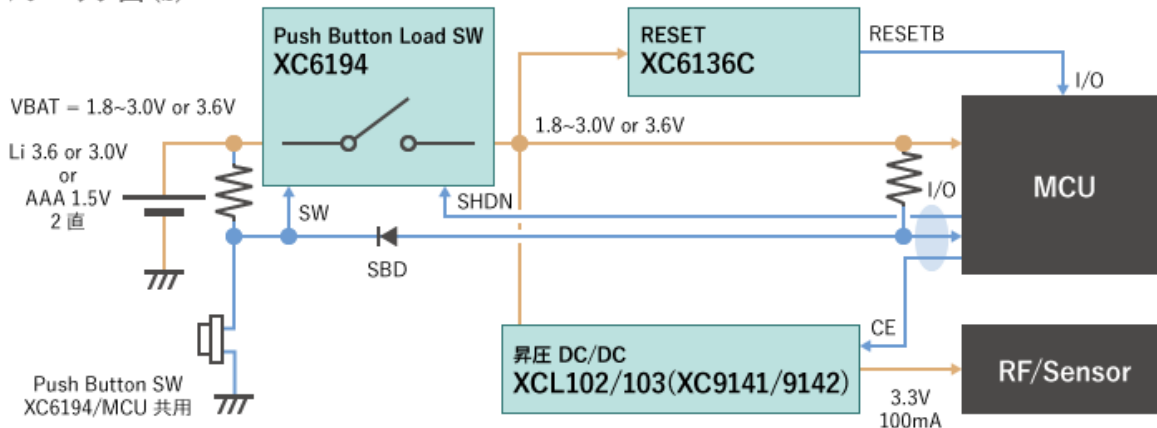
このため、センサ、MCU、無線通信の各機能向けに超低消費動作で、かつ高効率な電源を供給するとともに、電池の制御・モニタも重要になります。

ここでは、一般的かつ電池の長期間動作に適した電源構成と、輸送や不使用時の電源消費をカットする機能を付加したソリューションを例示します。

▼ブロック図 (a)



▼ブロック図 (b)



【参考】 Li 1次電池について
3.0Vは二酸化マンガンタイプ / 3.6Vは塩化チオニルタイプ

ブロック図	要求項目	推奨製品	特徴
Push Button Load SW 電源カット用	<ul style="list-style-type: none"> ■要求仕様 スタンバイ電流 0uA ■その他 - 製品出荷時シャットダウン - Pushボタンで起動 - Pushボタン長押しで強制OFF 	XC6194	<p>Push Buttonインテリジェントロードスイッチ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・シャットダウン機能により、出荷時のスタンバイ電流1nA ・機器のメインON-OFFスイッチとしても使用可能 ・機器フリーズ時の強制OFF や UVLOによる液漏れ防止としても使用可能 <p>V_{IN} : 1.8~6.0V I_{OUT} : 1A I_q : 0.001μA@シャットダウン, 0.13μA@ON時 SHDN Pin or Pushボタン長押し(Type A)で OFF、Pushボタンで ON</p>
昇圧 / LDO RF/Sensor 用	<ul style="list-style-type: none"> ■要求仕様 V_{OUT} : 3.0V I_{OUT} : 50mA ■その他 - MCUから ON/OFF制御 - 低ノイズ 	<p>XCL102 / XCL103 (XC9141 / XC9142)</p> <p>XC6233 (XC6215)</p>	<p>コイル一体型昇圧DC/DC, PWM (XCL102), PWM/PFM (XCL103)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・低リップルとコイル一体型の低EMIでRF/センサに最適 ・チップイネーブル機能で、RF/センサ動作時にのみ電圧供給 ・高効率用途にはXC9141 / XC9142 (コイル外付け) が最適 <p>V_{IN} : 0.9~6.0V V_{OUT} : 2.2V~5.5V I_{OUT} : 350mA (1.8V to 3.3V) f_{osc} : 3.0MHz</p> <p>高速過渡応答 / 高リップル除去電圧レギュレータ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・前段のDC/DCからのリップルを低減 ・高速過渡応答でRFに最適 ・100kHz以上のノイズが重要な用途には低消費レギュレータ: XC6215が適する場合も有り <p>V_{IN} : 1.7~5.5V V_{OUT} : 1.2V~3.6V I_{OUT} : 200mA</p>
RESET 電池電圧モニター用	<ul style="list-style-type: none"> ■要求仕様 検出電圧 : 2.0V 超低消費電流 ■その他 - 検出後も低消費電流 	XC6136	<p>超低消費電圧検出器</p> <ul style="list-style-type: none"> ・100nAクラスで電池への負担が極小 ・MCUと電池電圧が同一の場合、CMOS出力が最適 (XC6136 Cタイプ) <p>V_{IN} : 0.4~6.0V (検出状態保持可能なVin電圧) 検出電圧: 1.2V~5.0V I_q : 117nA@1.8V</p>

ソリューション概要

昇圧ICについて

ブロック図(a) は MCUを電池に直結できるケースです。シンプルな IoT/セキュリティ/ウェアラブル/医療の小型デバイスはこの構成のものが多くあります。

近年1.8V~3.8Vと広い範囲で動作する MCUが多くなり、この場合は電源ICを使うことなく電池直結で使うことができます。

これに対し、RFやセンサは3.3Vと決まった電圧が必要だったり、動作電圧が広くてもスペックを満足するには一定電圧以上が必要な場合が多く、昇圧 ICが必要になります。

RFやセンサは常時動作することは殆どなく、RFが通信するのは 1日1回、しかも数秒というような場合もあります。

また、常時動作しているように見えても、細かにON/OFF制御することで消費電流を削減し電池を長持ちさせている場合も多くあります。

上記動作の実現のため、RFやセンサが必要な時に、MCUがRFやセンサの動作を ON/OFF制御します。また停止時は RFやセンサの機能を止めるだけでなく、昇圧 ICおよび 電圧レギュレータを動作停止させ、電池を長く使えるようにします。

動作時のリップルを抑え、そのノイズ周波数を一定とするにはPWM固定タイプが適しています。軽負荷の動作状態が存在する場合は、PWM/PFM自動切り替えタイプを用います。また EMIを抑え、小型化するにはコイル一体型が適しています。

昇圧 DC/DC

- XCL102: PWM, コイル一体型
- XCL103: PWM/PFM, コイル一体型
- XC9141: PWM, コイル外付け
- XC9142: PWM/PFM, コイル外付け

LDOについて

RFやセンサへの電源をより低ノイズとするため、昇圧 ICの後段に電圧レギュレータを用いるケースがあります。このレギュレータには高リップル除去率/低ノイズかつRFのような急峻な消費電流の変化に対応できる優れた負荷過渡応答特性を持つ高速 LDOが最適です。

なお、センサ用途で100kHz以上のノイズが重要なケースでは、高周波ノイズが低い低消費タイプが高速タイプよりも適するケースも有ります。

電圧レギュレータ

- XC6233: 高速
- XC6215: 低消費

ソリューション概要

RESET ICについて

電池電圧を監視し、電圧が下がると MCUに信号を送ります。超低消費タイプを使用し、電池への負担を抑えます。

MCUの電源電圧とモニターしている電圧が同じなので CMOS出力品を使用できます。CMOS出力品ではプルアップ抵抗が不要なため部品削減、かつプルアップ抵抗に流れる消費電流を削減できます。Nchオープンドレイン品では、電池電圧低下時に "L"を出力する際に、プルアップ抵抗の消費電流が増えるので、電池には優しくありません。

MCUにはUVLOやA/Dコンバータなど電圧監視をできる製品もありますが、低消費での電圧監視や機能安全として MCU外部にモニター機能が必要な場合に電圧検出器は重宝されます。

電圧検出器

XC6136 Cタイプ: $I_q \sim 100\text{nA}$ (Cタイプ : CMOS出力)

ソリューション概要

電池の持ちを改善したソリューション / Push Button Load SWについて

ブロック図(b)は Push Button ロードスイッチを付加して、機能追加と電池の持ちを大幅に改善するソリューションです。

SW端子の右側のSBDとMCUのVDDへのプルアップ抵抗は、MCUのコントロールとプッシュボタン制御を共用するために必要です。

Push Button ロードスイッチ
XC6194: 1A SW内蔵
XC6193: 外付け Pch駆動大電流対応

本ソリューションには以下の大きなメリットがあります。

1.製品出荷から、使用開始までの電池放電を防止

Storageモードや Ship モードと呼ばれます。

電池が取り外せない機器に最適です。この際の消費電流はほぼ 0になります。

プッシュボタンを押すことで、すぐ使用開始できます。もちろん MCUのコントロール用のプッシュボタンをこの ICと共有できます。

2.メイン電源ON-OFF SWとして利用可能

メカニカル SWの代わりにプッシュボタンで ON-OFFできます。例えば防水機器に最適です。MCUがSHDN端子に信号を送って Push Button ロードスイッチをOFFさせることができます。加えて、プッシュボタン長押しにより、Push Button ロードスイッチをOFFできるタイプも準備しています。

3.フリーズの解除

機器がフリーズ等の異常時には、プッシュボタン長押しによるOFF機能が活用できます。5秒や10秒と長いタイプを選択すると誤操作で OFFする可能性が低く、フリーズ対策に好適です。OFF後は再度プッシュボタンを押して通常にスタートさせることができます。

さらにPush Button ロードスイッチには 電池に優しい機能として以下の特徴を備えています。

・突入電流防止機能で、起動時の突入電流を抑えます。立上り終了を PG端子で出力しますので、それを用いて次段の電源 ICや MCUを動作させることができます。

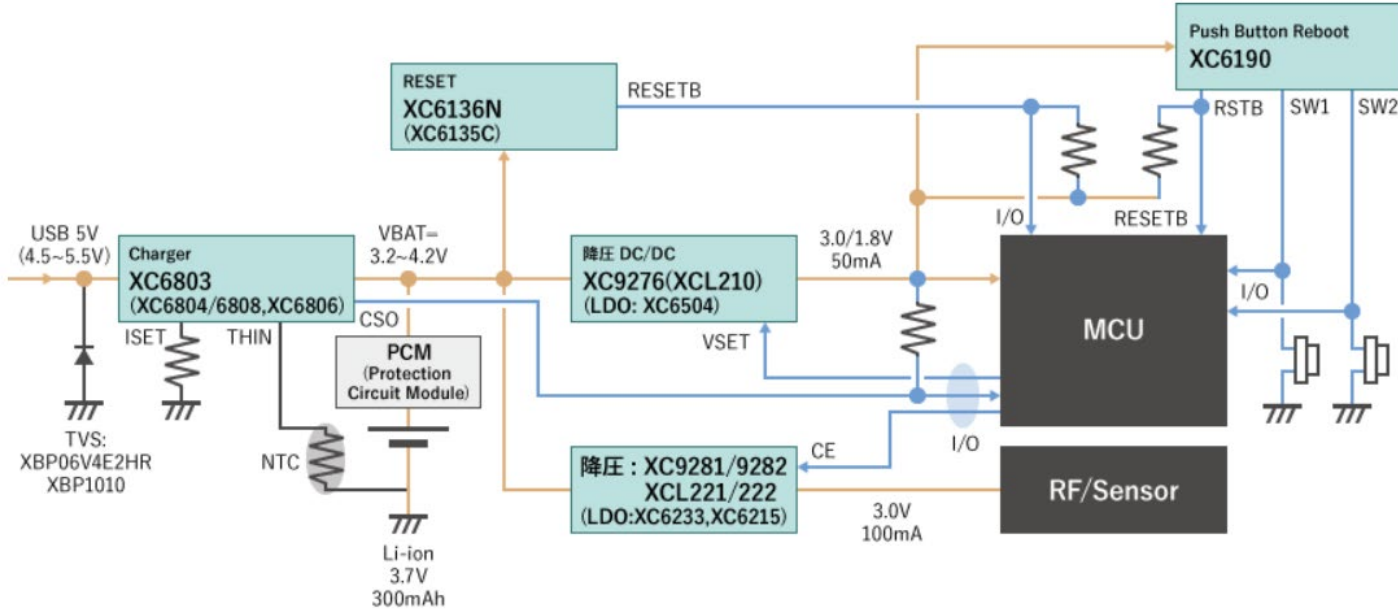
- ・ 1.2Vの UVLOで Shutdown状態に入り、電池の液漏れ防止の効果も有ります。
- ・ V_{OUT} が大きく下がると、出力短絡保護機能により Shutdownして守ります。

以上のように電池直結で動作する MCUをコアとしたシンプルな IoTデバイスでも、少しの工夫でさらに電池持ちを良くしたり、小型高感度に応えることが容易に可能になります。

IoTデバイス（Li-ion/Polymer）

電池動作でありながら、センサや通信の頻度が高く、かつ機能が複雑なIoTデバイスは、Li-ion/Polymer 2次電池を用いるケースが多くあります。

1次電池に対し充電制御と電源電圧を合わせるための超低消費降圧の追加が代表的な電源構成になります。



ブロック図	要求項目	推奨製品	特徴
Charger Li-ion/Polymer充電用	<ul style="list-style-type: none"> ■要求仕様 CV: 4.2V, CC: 200mA ■その他 - 電池内蔵 NTCを用いた温度制御 	XC6803 (XC6804 / XC6808, XC6806)	Linear Li-ion Charger ・シンプル、かつ NTC充電制御で USB他 5Vからの充電に最適 ・充電電流を抵抗で設定可能 ・充電電流に合わせてピン互換製品を準備 XC6803 (40~280mA), XC6804 (200~800mA), XC6808 (5~40mA) V_{IN} : 4.5V~6V CV: 4.2V CC: 40~280mA 温度監視: JEITA準拠 (他 3タイプを用意) 超低消費 & 出力電圧切替(VSET)機能付き降圧DC/DC ・超低消費 200nA ・VSET機能でMCUの状態に応じて出力電圧切替 (Sleep時に出力電圧を下げて、低消費化を実現 etc) ・コイル一体型XCL210もあり (出力電圧切替機能無) V_{IN} : 1.8V~6.0V V_{OUT} : 0.6V~3.6V (2電圧を選択) I_{OUT} : 150mA I_q : 200nA 低消費 出力コンデンサレス 電圧レギュレータ ・コストパフォーマンス良 / 省面積 ・低消費 0.6μA ・出力コンデンサ不要 V_{IN} : 1.4V~6.0V V_{OUT} : 1.1V~5.0V I_{OUT} : 150mA I_q : 0.6μA
降圧 / LDO MCU用	<ul style="list-style-type: none"> ■要求仕様 V_{OUT}: 3.0V (動作時) 1.8V (Sleep時) I_{OUT}: 50mA ■その他 - MCUからの出力電圧切替 - 軽負荷 (1μA~10μA)での高効率 	XC9276 (XCL210) XC6504	超低消費 & 出力電圧切替(VSET)機能付き降圧DC/DC ・超低消費 200nA ・VSET機能でMCUの状態に応じて出力電圧切替 (Sleep時に出力電圧を下げて、低消費化を実現 etc) ・コイル一体型XCL210もあり (出力電圧切替機能無) V_{IN} : 1.8V~6.0V V_{OUT} : 0.6V~3.6V (2電圧を選択) I_{OUT} : 150mA I_q : 200nA 低消費 出力コンデンサレス 電圧レギュレータ ・コストパフォーマンス良 / 省面積 ・低消費 0.6μA ・出力コンデンサ不要 V_{IN} : 1.4V~6.0V V_{OUT} : 1.1V~5.0V I_{OUT} : 150mA I_q : 0.6μA

ブロック図	要求項目	推奨製品	特徴
降圧 / LDO RF/Sensor用	<ul style="list-style-type: none"> ■ 要求仕様 V_{OUT}: 3.0V I_{OUT}: 100mA ■ その他 - MCUから ON/OFF制御 - 低ノイズ 	XC9281 / XC9282	超小型 HiSAT-COT 降圧DC/DC, PWM(XC9281), PWM/PFM(XC9282) ・ 世界最小ソリューション (3.52mm ²) ・ HiSAT-COT制御で RFに適した高速過渡応答 ・ 高foscで低リップル、RF/センサに最適 V _{IN} : 2.5V~5.5V V _{OUT} : 1.2V~3.6V I _{OUT} : 600mA fosc: 4.0MHz, 6.0MHz
		XCL221 / XCL222	コイル一体型 HiSAT-COT 降圧DC/DC, PWM (XCL221), PWM/PFM (XCL222) ・ 低リップルとコイル一体型の低 EMIで RF/センサに最適 ・ HiSAT-COT制御で RFに適した高速過渡応答 V _{IN} : 2.5V~5.5V V _{OUT} : 0.8V~3.6V I _{OUT} : 500mA fosc: 1.2MHz
		XC6233 (XC6215)	高速過渡応答/高リップル除去電圧レギュレータ ・ RF/センサに適した低ノイズ ・ 過渡応答にも優れ、RFの電流変化にも最適 ・ 100kHz以上のノイズが重要な用途には低消費レギュレータ: XC6215が適する場合も有り V _{IN} : 1.7V~5.5V V _{OUT} : 1.2V~3.6V I _{OUT} : 200mA
RESET 電池電圧モニター用	<ul style="list-style-type: none"> ■ 要求仕様 検出電圧: 3.0V 超低消費電流 	XC6136N (XC6135C)	超低消費電圧検出器 ・ 100nAクラスで電池への負担が極小 ・ Li-ion/Polymerと MCUの電源電圧が異なるので、Nchオープンドレイン出力 ・ 消費電流削減する場合は、検出端子分離(XC6135)のCMOSタイプ V _{IN} : 1.1V~6.0V 検出電圧: 1.2V~5.0V I _q : 150nA@2.7V
Push Button Reboot	<ul style="list-style-type: none"> ■ 要求仕様 Pushボタンを長押しすることにより、MCUをリセット 	XC6190	Push Button リポートコントローラー ・ 機器がフリーズなど異常時、強制リセット/リポート ・ Pushボタン 1つ長押し と 2つ同時押しでのMCUリセット ・ MCUコントロール用 Pushボタンと共用が可能 ・ 非押下時 ほぼ消費電流無し V _{IN} : 1.75V~6.0V リポート遅延時間: 1~20 sec I _q : 0.01μA (Pushボタン非押下時)

ソリューション概要

CHARGER ICについて

Li-ion/Polymerを用いた IoTデバイスでは、充電用の電池充電ICと MCUの電源電圧範囲に電圧を落とす降圧 DC/DC または電圧レギュレータが必要です。

まずは電池充電ICの使い方を説明します。

充電電圧(CV : Charge Voltage)と充電電流(CC : Charge Current)が基本的な選択になります。必要とする 充電電流に合わせて 充電ICおよび抵抗 R1SETを選定します。

電池充電IC

XC6808: 5mA ~ 40mA

XC6803: 40mA ~ 280mA

XC6804: 200 mA ~ 800 mA

本ブロックのLi-ion/Polymer電池は NTCが内蔵され PCM(電池保護回路)が外付けの場合です。PCMは内蔵/外付けに関わらず必須です。

NTCについては、電池に内蔵されていない場合は置き場所に注意して外付けしてください。

NTCが不要な場合は電池充電IC指定の方法でNTC接続端子の処理を行って下さい。

ここでは充電状態を示す CSO端子は MCUに充電状況を送るために使用しています。

CSO端子は Nchオープンドレイン出力で、MCUの I/O電圧範囲に信号の "H"レベルを合わせるために MCUの電源に抵抗でプルアップしています。

LEDで充電状態を表示する場合は、電流制限用の抵抗を通して LEDを駆動し、その電源はVINからとるようにします。これは充電ICが供給した充電電流でLEDを駆動しないようにするためです。

V_{IN} にサージ保護用の TVSを置いています。外部端子ですから ESD等サージの可能性が有ることと、粗悪な USBアダプタでは無負荷の際にかなり高い電圧が出る可能性もあり、TVSやツェナーダイオードで対策します。

さらに、充電しながら負荷電流を引くケースや常時 5Vが給電されていてバックアップに Li-ion/Polymer電池を用いる場合には、 V_{IN} から電池と出力双方に適正な電流供給をする Current Path機能を持つ高機能充電 ICが用いられます。

Current Path, Shutdwon付き 電池充電IC

XC6806

ソリューション概要

MCU向け降圧DC/DCおよびLDOについて

Li-ion/Polymer電池は、CV = 4.2Vや 4.35Vと高く、一般的に最大 3.8V程度の MCUには 降圧DC/DC または電圧レギュレータが必須になります。
IoT機器では、MCUは多くの期間 Sleep状態で動作するため、IOUTが μA オーダー(Sleep時)から100mA以上(動作ピーク時)まで高効率である必要が有ります。

この用途には超低消費とともに出力電切替(VSET)機能を搭載している降圧 DC/DCを使用することで更に電池持ちを良くすることができます。
出力電圧切替機能を用いると 消費電流は同じでも動作電圧を下げることができ、消費電力を大きく低下させることができます。
一般的に MCUは内蔵する RFや A/Dや高速演算等のため、動作時に高い電源電圧が必要ですが、Sleep時には最小電圧で動作可能です。
例えば、Sleep時に VOUTを3.0Vから 1.8Vに低下させることで、MCUの消費電力を削減し電池持ちを大きく改善することが可能です。

降圧DC/DC

XC9276: $I_q = 200\text{nA}$, 出力電圧切替機能

XCL210: コイル一体型 $I_q = 0.5\mu\text{A}$ (出力電圧切替機能無)

安価にソリューションを構成する場合には電圧レギュレータが適します。
また充電が可能なアプリケーションでは効率が劣る電圧レギュレータでも問題ないと判断されて使用される場合もあります。

電圧レギュレータ

XC6504: $I_q = 0.6\mu\text{A}$, 出力コンデンサ不要

ソリューション概要

RF/Sensor向け降圧DC/DC および LDOについて

RFやセンサも電池電圧が高いことから 降圧 DC/DCや電圧レギュレータが必要になります。RFでは低リップルかつ低 EMIが重要です。またRFは特に送信時の電流変化が急峻で、過渡応答に優れた HiSAT-COT制御が適します。

降圧DC/DC

- XC9281: PWM, 世界最小ソリューション (3.52mm²)/低 EMI
- XC9282: PWM/PFM, 世界最小ソリューション (3.52mm²)/低 EMI
- XCL221: コイル一体型 PWM, 1.2MHz/高効率/低EMI
- XCL222: コイル一体型 PWM/PFM, 1.2MHz/高効率/低EMI

MCUが必要なおきのみ CE="H"にして降圧 DC/DCを動作させて、RFやセンサに電圧供給をして動作させます。

停止時は RFやセンサの機能を止めるだけでなく降圧 DC/DCの動作も停止させ、電池を長く使えるようにします。

動作時のリップルを抑え、そのノイズ周波数を一定とするには PWM固定タイプが適します。軽負荷の動作状態が有る場合は PWM/PFM自動切り替えタイプを用います。

電圧レギュレータを用いる場合は、高リップル除去/低ノイズかつ RFのような消費電流の変化が急峻な負荷過渡応答に優れる高速 LDOが最適です。

なお、センサ用途で100kHz以上のノイズが重要なケースでは、高周波ノイズが低い低消費タイプが高速タイプよりも適するケースも有ります。

電圧レギュレータ

- XC6233: 高速
- XC6215: 低消費

RESET ICについて

電池電圧監視用に超低消費電圧検出器を用いています。

検出する電池電圧と MCUの電源電圧が異なるため Nchオープンドレインタイプを用い、MCUの電源電圧に抵抗でプルアップして MCUに信号を渡します。

検出後のプルアップ抵抗による消費電流を削減したい場合には、センス(VSEN)端子が電源(VIN)端子から分離、かつ CMOS出力タイプを用います。

電源を MCUの電源電圧から取ることにより CMOS出力タイプを使用することができます。

電圧検出器

- XC6136 Nタイプ: I_q~100nA (Nタイプ: Nchオープンドレイン出力)
- XC6135 Cタイプ: I_q~100nA, センス端子分離タイプ (Cタイプ: CMOS出力)

ソリューション概要

Push Button リブートコントローラについて

フリーズ対策として付加したPush Button リブートコントローラについてです。

Push Button リブートコントローラ
XC6190

Li-ion/PolymerのIoT機器は一般には電池を取り外すことができないため、フリーズ等機器の異常時に RESETをかけて再起動させる機能が必要です。

この例では MCUのコントロール用にプッシュボタンが 2つあり、これを Push Button リブートコントローラと共用しているケースを示しています。

フリーズ時、両 SWを同時に押し続けて規定の時間が経つと RSTBが "L"に落ちて MCUを RESETすることができます。RSTBは Nchオープンドレイン出力ですので、MCUの電源電圧にプルアップします。

また、ここでは MCUに RESETB信号を送っていますが、例えば MCUの電源の降圧DC/DCの CEをドライブして、長押し RESETで DC/DCを OFFして強制的に再起動する方法もあります。

以上のように、最適な機能のICを配置することにより、シンプルながら産業機器に要求される低ノイズや長寿命の高性能な IoTデバイスを実現することができます。