

## AVR188 : ATtiny43Uに関する設計の指針

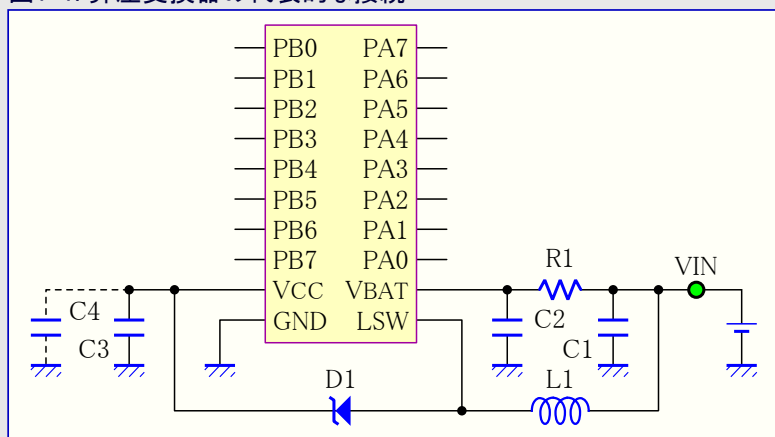
## 要点

- 昇圧変換器動作の概要
- 部品値の最適化
- 推奨PCB部品配置
- 供給電圧に於ける波動(リップル)と尖頭(スパイク)の低減
- 低電圧用始動回路構築
- ハードウェア制御の迂回と電池の完全放電
- ファームウェア例

## 1. 序説

ATtiny43Uの統合された昇圧変換器は、より低い電圧の外部供給から生成した一定の供給電圧を持つマイクロコントローラと周辺機能を提供します。昇圧変換器は高速切り替え式(スイッチング方式)の昇圧調整器で、完成のためにいくつかの外部部品が必要です。これは外部のインダクタ、ダイオード、それといくつかの迂回(バイパス)コンデンサを含みます。インダクタはVBAT節とLSWのピン間、そしてショットキーダイオードはLSWとVCCのピン間に接続されます。加えて、一般的に入力コンデンサとVCCからGNDへの迂回コンデンサが必要とされます。

図1-1. 昇圧変換器の代表的な接続



昇圧変換器は外部インダクタのエネルギー充填とエネルギー引き出しを継続的に切り替えます。充電段階中、インダクタの電流は変換器の入力電圧によって決められる速度で徐々に上がります。放電段階中、インダクタに充填されたエネルギーが負荷へ放たれ、インダクタの電流は入出力電圧間の差によって決められる速度で徐々に下がります。

## 2. 部品の最適化

下の表2-1は性能に最適化した設計用の部品値を表します。その他の部品推奨に関しては、8頁の「代表的な部品値」をご覧ください。

表2-1. 推奨部品値

部品指示名	値	注記	外圍器	部品番号
C1	4.7 $\mu$ F	ESR<100m $\Omega$	0805	GRM219R60J475KE19
C2,C4	0.1 $\mu$ F		0603	
C3	22 $\mu$ F	ESR=100m $\Omega$	0805	GRM21BR60J226ME39
D1	VF=0.35V IR=7 $\mu$ A@25 $^{\circ}$ C		SOD323	PMEG2005EJ
L1	15 $\mu$ H	DCR=260m $\Omega$	4 $\times$ 4 $\times$ 1.8mm	LPS4018-153MLC
R1	1k $\Omega$		0603	



8ビット **AVR**<sup>®</sup>  
マイクロコントローラ

## 応用記述

本書は一般の方々の便宜のため有志により作成されたもので、ATMEL社とは無関係であることを御承知ください。しおりのはじめにでの内容にご注意ください。

Rev. 8206C-06/10, 8206CJ1-12/13

## 2.1. インダクタ

CoilcraftのLPS系列のインダクタ(コイル)は低直流抵抗(DCR)と低コア損失を持ちます。これらは遮蔽され、そして相対的に小さな外囲器で入手可能です。大きな外囲器番号の任意選択も利用可能です。

DCRはインダクタの形式と作り方に依存します。例として、或るインダクタ(コイル)のDCRが下の表2-2.で要約されます。より低いDCRが昇圧調整器の効率をより良くします。

下の図2-1.はインダクタの形式、結果としてDCRで昇圧効率がどう変わるのかを図解します。使用される部品値は表2-1.でそれらが一覧にされます。

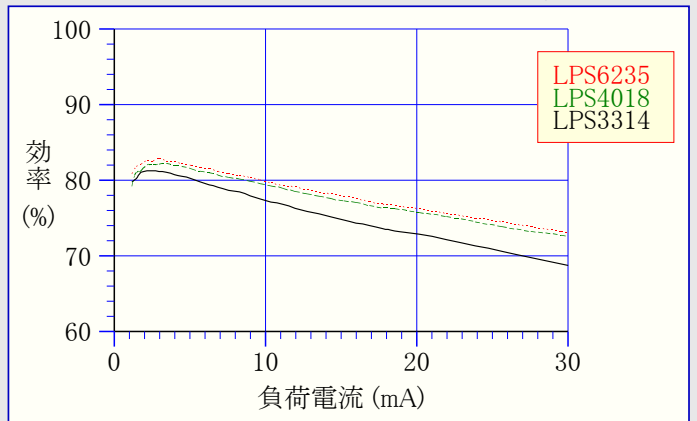
表2-2. 或るインダクタ(コイル)の最大DCR(製造業者のデータ)

インダクタ	直流抵抗	インダクタンス
LPS3314-153MLC	440mΩ	15μH
LPS4018-153MLC	260mΩ	15μH
LPS6235-153MLC	125mΩ	15μH

コア損失はデバイス固有でコイル製造業者によって与えられます。より低いコア損失が昇圧調整器の効率をより良くします。

経験則として、低負荷電流でコア損失が重要で、大負荷電流でDCRが重要です。

図2-1. 昇圧効率 対 インダクタの形式 (VBAT=1.2V, TA=25°C)



## 2.2. ダイオード

ショットキー ダイオードは低い順方向電圧(VF)を持ちますが、相対的に高い逆方向漏れ電流(IR)を持ちます。

ダイオード選択を行う前に、順方向電圧と逆方向漏れ電流が高い温度依存変数なので、設計の温度範囲を知ることが重要です。一般的に、設計依存性は作られるべきVFとIRの必要性間で交換条件を行います。この目的に関して以下のように、2つのパラメータが昇圧動作にどう影響を及ぼすかを知ることが大事です。

- ・ダイオードの順方向電圧は高い負荷と負荷電流で効率に影響を及ぼします。より低い順方向電圧は高電流での効率をより良くします。
- ・逆方向漏れ電流は活動低電流動作形態と軽負荷での動作に影響を及ぼします。より低い逆方向漏れ電流は低電流での効率をより良くします。

室温で行われた交換条件が必ず他の温度で成立する訳ではないことに注意すべきです。下の図2-2.は昇圧効率が温度にどう依存するかを図解します。全ての部品値は表2-1.で一覧にされます。

VFとIRの温度依存性は使用するダイオードの作り方と形式での特性です。下の図2-3.は高温での昇圧効率が使用するダイオードの形式によってどう影響されるのかを図解します。(ダイオードと除く)部品値は表2-1.でそれらが一覧にされます。

図2-2. 昇圧効率 対 ダイオード温度 (VBAT=1.2V)

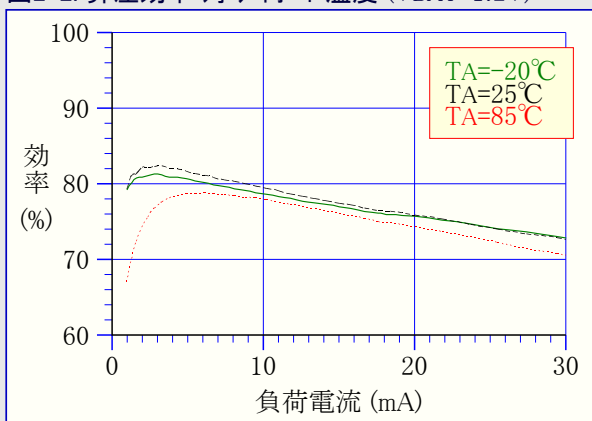
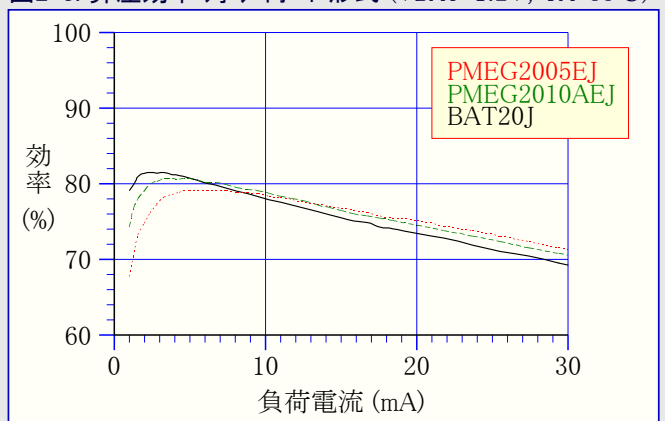


図2-3. 昇圧効率 対 ダイオード形式 (VBAT=1.2V, TA=85°C)



下の表2-3はダイオードの2つの形式と2つの動作条件での代表的な電池からの平均引き込み電流を示します。両方の場合に於いて、ウォッチドッグ タイマは禁止と許可でのパワーダウン形態で、昇圧変換器は低電流動作(LCM:Low Current Mode)活動状態に留まります。(ダイオードを除く)部品値は表2-1.でそれらが一覧にされます。

表2-3. 低電流動作形態に於ける代表的な電池からの平均流入電流

低電流動作(LCM) (TA=25°C,VBAT=1.2V,FDC=ON)	BAT20J (IR=0.75μA)	PMEG2005EJ (IR=7.5μA)
パワーダウン動作形態、ウォッチドッグ タイマ禁止	2.7μA	15μA
パワーダウン動作形態、ウォッチドッグ タイマ許可	16μA	28μA

下の表2-4はダイオードの2つの形式と5つの異なる負荷条件での代表的な電池からの平均引き込み電流を示します。これら全ての場合に於いて、昇圧変換器は調整動作活動状態に留まります。

表2-4. 調整動作形態に於ける代表的な電池からの平均流入電流

低電流動作(LCM) (TA=25°C,VBAT=1.2V,FDC=OFF)	BAT20J (IR=0.75μA)	PMEG2005EJ (IR=7.5μA)
ICC=1mA (VCCからの引き込み負荷電流)	3.2mA	3.2mA
ICC=5mA	15mA	15mA
ICC=10mA	32mA	31mA
ICC=20mA	66mA	64mA
ICC=30mA	100mA	97mA

応用に於ける電池からの総平均引き込み電流( $I_{in,tot}$ )は各種負荷条件の平均時間( $t_x$ )とそれらの入力電流( $I_{in,x}$ )が各々既知の時に下の式で計算することができます。

$$I_{in,tot} = \frac{\sum (t_x \times I_{in,x})}{\sum t_x}$$

### 3. PCB配置

正しい調整器機能のためには良好な部品配置が重要です。以下はいくつかの指針が重要な順で一覧にされます。

1. PCBの1つ層はGND専用に予約されるべきです。広げられたGND領域とビアは可能な限り高いコンダクタンス(抵抗の逆数)を持つべきです。
2. (LSWピン、インダクタL1、ダイオードD1間の)LSW節の配線(幅)は可能な限り広くすべきですが、節点領域は可能な限り小さくすべきです。ダイオードはインダクタの近くにすべきです。
3. 出力コンデンサC3は可能な限りダイオードD11の近くであるべきです。同様に、コンデンサC3(と実装されているならばC4)は可能な限り供給(VCC)と接地(GND)の近くであるべきです。
4. 入力コンデンサC1は可能な限りインダクタL1の近くに配置されるべきです。また、電池から入力コンデンサへの配線も可能な限り短くすべきです。電池へ行く配線は高電流のために高いコンダクタンスを持つべきです。
5. 低域通過濾波器(図1-1.でのR1とC2)のコンデンサは可能な限りVBATとGNDのピン近くに配置されるべきです。

PCB配線、特に高電流を運ぶそれらは高コンダクタンス(抵抗の逆数、故に低い抵抗値)を持つべきです。下の表3-1.は設計に於ける高電流経路を要約します。推奨配線配置については図3-1.と図3-2.をご覧ください。

表3-1. 高電流の経路

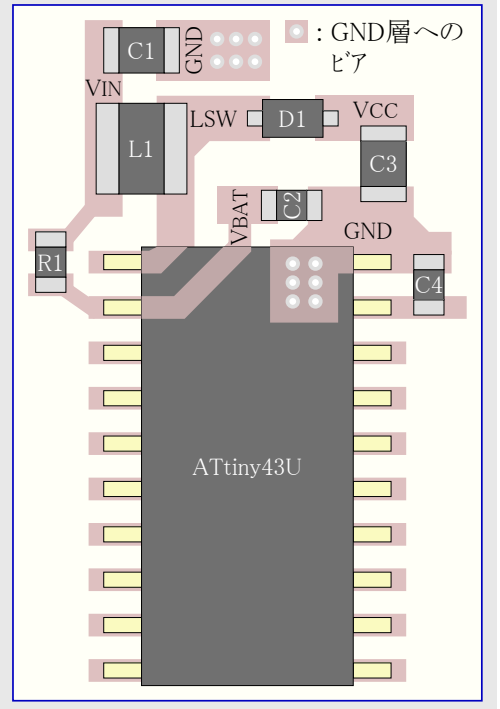
電流経路	説明	注記
電池+極 - VIN - L1 - LSWピン	切り替え周期のON時間中の電池からデバイスへの電流の流れ	電流は時間の約70%間、ここを流れます。
GNDピン - GND層 - 電池-極	切り替え周期のON時間中の電池への戻り電流	ここを流れます。
電池+極 - VIN - L1 - D1 - C3	切り替え周期のOFF時間中の電池からの電流の流れ	電流は時間の約30%間、ここを流れます。
C3 - GND層 - 電池-極	切り替え周期のOFF時間中のGND層経由の電池への戻り電流	ここを流れます。

### 3.1. SOIC外圍器

右の図3-1はSOIC外圍器のATtiny43Uを使用する設計に於ける最上層の例を示します。部品値は表2-1で得られます。

最上層に加えて、独立したGND層を含むことと、最上層のGND領域が多数のビアによってしっかりとGND層に接続されることも推奨されます。最上層のGNDへタ面はそれらが雑音を拾いがちなため避けられるべきです。

図3-1. SOIC外圍器用推奨部品配置

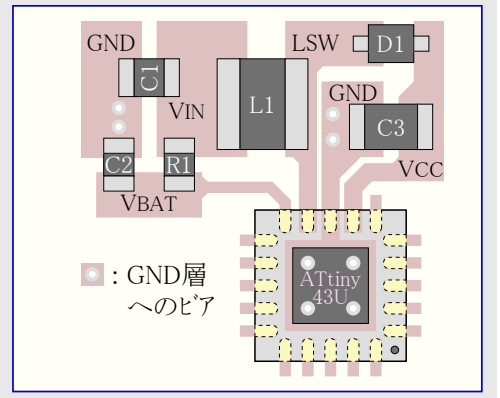


### 3.2. MLF外圍器

右の図3-2はMLF外圍器のATtiny43Uを使用する設計に於ける最上層の例を示します。部品値は表2-1で得られます。

最上層に加えて、独立したGND層を含むことと、最上層のGND領域が多数のビアによってしっかりとGND層に接続されることも推奨されます。MLF外圍器のダイ露出パッドはビア配列を通してGND層に接続されるべきです。最上層のGNDへタ面はそれらが雑音を拾いがちなため避けられるべきです。

図3-2. MLF外圍器用推奨部品配置



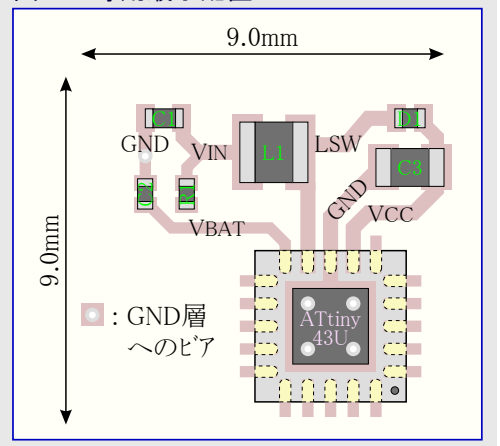
### 3.3. 最小配置

右の図3-3は仕様との或る交換条件で使用され得る最小配置の検証例です。この配置は利用可能な最小部品とPCBでの狭い線幅と空間用に作られています。

この配置での部品間の空間は最小で1mmです。選択する部品配置手順に応じ、空間はそれによって補整することができます。線幅は電源経路(VIN,LSW,VCC,GND線)で0.3mmです。線の太さは線が最大250mAまでのRMS電流に耐えることができるように選択されるべきです。

Coilcraftの新しいEPLとXPLのインダクタ系列は非常に小さな外圍器が有用ですが、それらは10 $\mu$ Hまでのインダクタンス値でしか利用できません。けれども、ATtiny43Uは或る制限付きで10 $\mu$ H( $\pm$ 20%)のインダクタを使用することができます。より低いインダクタは公称15 $\mu$ Hのインダクタに比べてより速くてより高い上昇勾配の電流を引き起こし、電力経路でより高い損失を引き起こします。これらの損失のため、部品と線の温度が全負荷で数 $^{\circ}$ C増加します。

図3-3. 専用最小配置



この最小配置用の部品とそれのより厳密な仕様が下の表3-2.で示されます。

表3-2. 最小配置用の部品と仕様限度

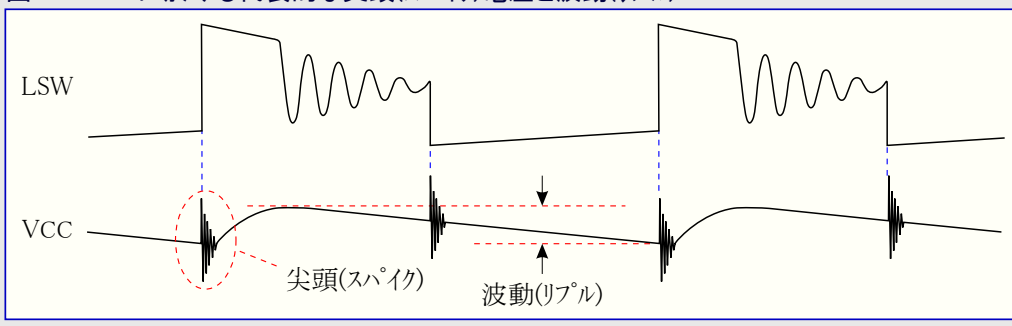
部品指示名	値	注記	外圍器	部品番号
C1	4.7 $\mu$ F		0402	GRM155R60G475ME
C2	0.022 $\mu$ F		0201	GRM033R60J223KE01D
C3	22 $\mu$ F		0805	GRM21BR60J226ME39
D1	VF=0.45V	IR=2 $\mu$ A@25 $^{\circ}$ C	SOD882	PMEG2005EL
L1	10 $\mu$ H	DCR=460m $\Omega$	2 $\times$ 2 $\times$ 1.4mm	EPL2014-103MLC
R1	1k $\Omega$		0201	RC0201JR-071KL
最大負荷電流		ILOAD(Max)=20mA		
最大入力電圧		VBAT(Max)=1.6V		

この配置で物理的な大きさは最小に低減されますが、仕様限度と変換の効率は多少低下します。

#### 4. 供給電圧の平滑

下の図4-1.で示されるように、インダクタがONとOFFに切り替えられる時のその瞬間で供給電圧(VCC)に高周波数尖頭(スパイク)電圧が出現します。尖頭間の低い周波数の電圧変動は波動(リップル)として参照されます。

図4-1. VCCに於ける代表的な尖頭(スパイク)電圧と波動(リップル)



供給電圧の尖頭(スパイク)と波動(リップル)は昇圧調整器の動作に影響を及ぼしませんが、いくつかの応用に於いて望まれないかもしれません。

VCC波動の振幅は主に以下の要素に依存します。

- ・ 負荷電流の大きさ。より大きな負荷電流はより大きな電圧波動になります。
- ・ 出力コンデンサの容量と数。電圧波動は代表的に大容量と小容量のコンデンサの組み合わせによって適度に保つことができます。
- ・ 出力コンデンサの品質。低い等価直列抵抗(ESR)が電圧変動を低減します。

VCC波動の尖頭電圧は主に以下の要素に依存します。

- ・ 実際のPCB部品配置。貧弱な配置と長い配線は尖頭振幅を増加し、より長い振鈴周期を誘引するかもしれません。出力コンデンサは可能な限りVCCピンの近くに配置されるべきです。
- ・ 出力コンデンサの品質。低い等価直列抵抗(ESR)が尖頭電圧を低減します。

下の表4-1.は代表的な期待し得る電圧波動を示します。実際の電圧波動が高い応用依存で、変化することに注意してください。

表4-1. 代表的なVCC電圧波動(リップル)

負荷電流	VCC濾波器コンデンサ	代表的なVP-P尖頭電圧	代表的なVP-P波動電圧
1.5 mA	22 $\mu$ F, 0.1 $\mu$ F	10 mV	5 mV
30 mA	47 $\mu$ F, 0.022 $\mu$ F	20 mV	20 mV
	22 $\mu$ F, 0.1 $\mu$ F	30 mV	40 mV
	22 $\mu$ F, 0.022 $\mu$ F	40 mV	40 mV
	22 $\mu$ F, 4700pF	60 mV	40 mV
	22 $\mu$ F	100 mV	40 mV



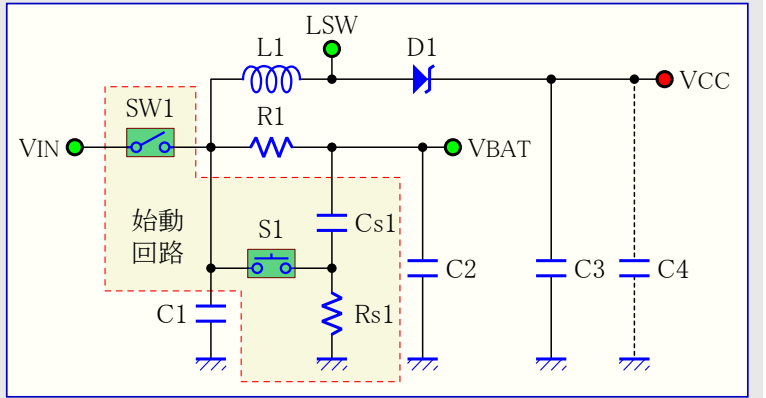
## 5. 低電圧用始動回路

昇圧変換器の最低動作電圧は始動電圧よりも低い電圧です。標準動作中に電池の充電が落ちると、その結果として電池電圧も下がるでしょう。電池電圧が昇圧始動電圧以下に落ちてしまったとき、供給電圧の崩壊は昇圧変換器を始動するのに低すぎる電池電圧の状態のままに应用をするかもしれません。供給電圧の崩壊は望まれません、例えば電池駆動応用が偶然に落とされた時に起きるかもしれません。

電池電圧が既に昇圧変換器始動水準以下に減らされてしまった状況で、回復して動作を継続することが可能です。回復に関する1つの方法は下の図5-1.で図解されるような低電圧始動回路を実装することです。実際の始動回路は点線で囲われます。

釦S1が押されると、供給電圧は瞬間的に始動電圧以上の水準に上げられ、昇圧変換器の始動を許します。

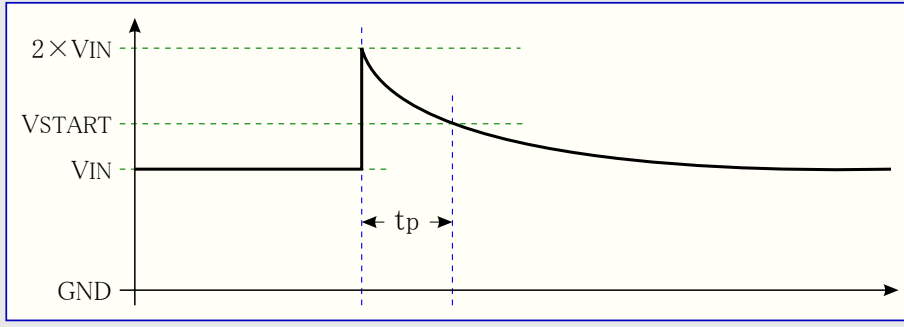
図5-1. 低電圧始動での昇圧変換器回路図



### 5.1. 動作

電池がVINに印加されると、全てのコンデンサが充電を開始し、VBATでの電圧が電池電圧レベルまで素早く傾斜上昇します。コンデンサ充電後、 $C1=Cs1$ と仮定され、釦S1押下が2つのコンデンサを直列に接続し、VBATでの電圧を簡単に倍にして昇圧変換器の始動を助けます。下の図5-2.で図解されるように、その最大到達後、VBATでの電圧は落ち始めます。

図5-2. S1押下時に生成される代表的な始動パルス



成功する低電圧始動回路に関して、VBATでの電圧は十分な長さで始動レベルVSTART以上に留まる必要があります。必要な時間 $t_p$ は電池電圧と振幅頂点に依存します。代表的な値が右の表5-1.で要約されます。与えられた値は1.35Vの最悪始動電圧との仮定です。実際の値はより低いかもしれません。

スイッチSW1は長く閉じ籠っている間の電池流出から設計物を防ぐ方法を提供します。この最も簡単な形態は、電池の極とコネクタ間の1片の絶縁テープで、そして設計物が使用される時には単に引き去ることができます。

表5-1. 低電圧始動に必要なとされる代表的なパルス幅

電池電圧(VIN)	パルス幅( $t_p$ )
0.7 V	5 ms
0.8 V	3 ms
0.9 V	1 ms
1.0 V	0.1 ms

### 5.2. 部品値

表5-2.で与えられる値は電池電圧が最低1Vの場合に最低0.3ms間1.35V以上の始動パルスに帰着します。これは昇圧変換器の始動に充分です。

始動パルスはR1を増すことによって延長することができますが、R1とC2の低域通過濾波器の限度内を保つように注意が求められるべきです。また、電池電圧測定にA/D変換器(ADC)を使用する時に、R1の抵抗値は観測を必要とします。より多くの詳細についてはデバイスのデータシートをご覧ください。

パルス幅はCs1の値を増やすことによっても増すことができます。

表5-2. VIN ≥ 1V用の代表的な部品値

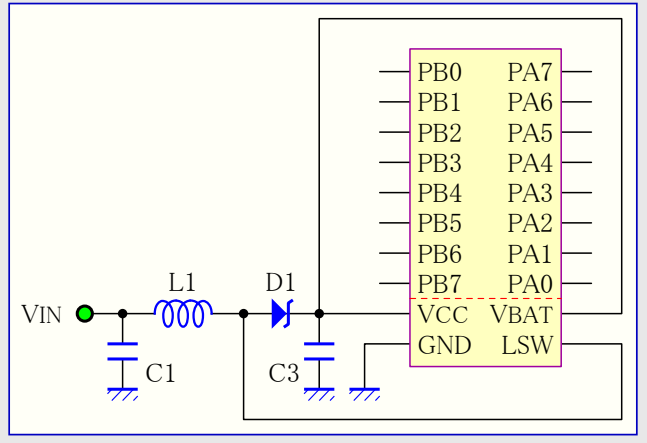
部品	代表値
C1, Cs1	2.2 $\mu$ F
C2	0.1 $\mu$ F
C3	100k $\Omega$
C4	決定的ではありません。
D1	
L1	
R1	680 $\Omega$
Rs1	100k $\Omega$

## 6. 停止ハードウェアの迂回

電池電圧が停止電圧以下に落ちた時に停止動作形態へ移行しないように昇圧変換器を形態設定することが可能です。これは電池セルの完全放電をその設計に許します。この手段は1次(再充電不能)電池に対してだけ推奨されます。殆どの2次(再充電可能)電池の化学的特性に関して、電池放電が有害なことに注意すべきです。

昇圧変換器の停止ハードウェアはVBATを停止電圧以下に落ちない電圧元に接続することによって迂回されます。最も明白な選択は右の図6-1.で示されるように、VBATをVCCに短絡することです。この接続は昇圧変換器を始動し、一旦変換器が始動して走行すると、可能な限りVBATを高く保つためにVINからVBATへ充分な電圧を許します。この動作形態に於いて、昇圧調整器はファームウェアによって停止することができません。

図6-1. 電池放電形態設定用回路図



電池放電時、昇圧変換器入力電圧が落ち、変換器効率を落とします。これはより低い入力電圧に於いて同じ負荷電流を性絵師するのにより多くの入力電流が必要とされることを意味します。それはより低い電圧に於いて昇圧変換器最大負荷電流が低められることも意味します。これは下の表6-1.で描かれ、ここでのILOADは未だ調整を維持する間に提供できる昇圧変換器の最大電流です。

表6-1. ハードウェア制御迂回での代表的な供給と負荷

入力電圧 (VIN)	負荷電流 (ILOAD) (注1)	入力電流 (IIN) (注2)
0.6 V	11 mA	80 mA
0.5 V	8 mA	70 mA
0.4 V	5 mA	60 mA
0.3 V	2.5 mA	45 mA
0.2 V	1 mA	30 mA

**注1:** 変換器は調整を維持する(VCC>2.7V)間に最大電流を提供できます。  
**注2:** 与えられた負荷電流に於いて供給元から引き込む電流。

## 7. OFF切り替えスイッチ付き低電圧設計

この設計は直前に記述された低電圧と電池流出の技術を組み合わせます。これには双極双投のスイッチを含み、これは完全にOFFへ切り替わり、従って電池寿命を伸ばすことを設計に許します。この設計は右の図7-1.で図解されます。部品値は表7-1.で一覽にされます。

図7-1. 低電圧と電池流出形態用回路図

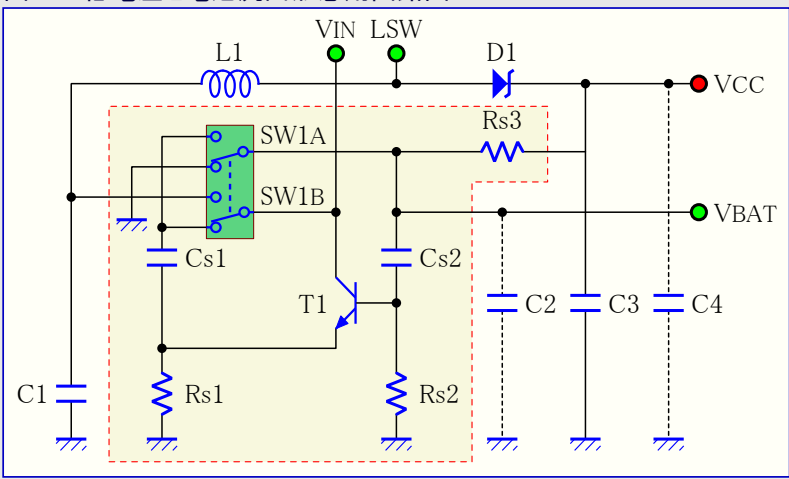


表7-1. 部品値

部品	値	注記
C1	4.7 μF	
C3	22 μF	
Cs1	1 μF	
Cs2	0.47 μF	
D1	(決定的ではありません。)	設計の指針については2頁をご覧ください。
L1		
Rs1	220kΩ	
Rs2	470kΩ	
Rs3	22kΩ	
T1	BC847C	NPN

## 8. 代表的な部品値

代表的な昇圧変換器の使い方が1頁の図1-1.で図解されます。1頁の「部品の最適化」章で検討されるように、部品は応用の形式に依存して最適化することができます。下の表8-1.は3つの応用形式(高性能、領域最適化、費用効率の重視)に対する推奨を提供します。全ての値は指針の意味だけです。他の製造業者の同様の仕様を持つ部品も使用することができます。

表2-3. 代表的な部品値 対 強調設計

部品	強調設計		
	高性能	小領域	低費用
C1	GRM219R60J475KE19 (注1)	GRM155R60G475ME (注2)	2 $\mu$ F
C2	0.1 $\mu$ F	0.1 $\mu$ F (注2)	- (注3)
C3	GRM21BR60J226ME39 (注1)	GRM21BR60J226ME39 (注1)	20 $\mu$ F
C4	0.1 $\mu$ F	- (注4)	- (注4)
D1	PMEG2005EJ (注5)	PMEG2005EL (注6)	IRMS(Max) $\geq$ 0.5A
L1	LPS4018-153MLC	LPS3314-153MLC	IRMS(Max) $\geq$ 0.5A
R1	1k $\Omega$	1k $\Omega$ (注2)	- (注3)

注1: 外周器 : 0805

注2: 外周器 : 0402

注3: VBATピンでのリップル電圧増加

注4: MLF外周器のデバイスが使用されるなら、不要

注5: 低電流動作(LCM)での非常に低い入力電流のためにはBAT20Jを使用してください。3頁の表2-3.をご覧ください。

注6: 外周器 : SOD882

## 9. ファームウェア例

下のアセンブリ言語コードは電池電圧を監視するためのA/D変換器(ADC)の使用と、電圧が与えられた閾値以下に落ちた時に昇圧調整器を停止する方法を説明します。このコード例はAVR Studioのアセンブラ用に書かれています。

```

;*****
; Program: ATtiny43U_ADC_STOP_example
; $Date: 2010/06/01 12:00:00 $
; $Revision: 1.2 $
;*****
    .include "tn43Udef.inc"
    .def      temp      =r16      ; 一時作業レジスタ
    .def      temp2     =r17      ; 一時作業レジスタ
    .def      tempL     =r18      ; A/D変換結果下位バイト一時保存
    .def      tempH     =r19      ; A/D変換結果上位バイト一時保存
    .def      accL      =r20      ; 累積器下位バイト
    .def      accH      =r21      ; 累積器上位バイト

    RJMP     RESET          ; リセット ベクタ

    .org     $0080

RESET:     LDI      temp2, HIGH($015F) ; 初期スタック位置上位取得
           LDI      temp, LOW($015F)  ; 初期スタック位置下位取得
           OUT     SPH, temp2         ; スタック ポインタ上位初期化
           OUT     SPL, temp          ; スタック ポインタ下位初期化
           RJMP    ADC_VBAT          ; VBAT電圧測定へ

ADC_VBAT: LDI      temp, 0b01000110 ; 内部1.1V基準電圧、VBATチャンネル選択
           OUT     ADMUX, temp
           LDI      temp, 0b10000011 ; ADC許可、8前置分周(1MHzシステム クロック時)指定値取得
           OUT     ADCSRA, temp      ; ADC許可、対応前置分周設定
           LDI      temp, 0b00000000 ; 0値取得
           OUT     ADCSRB, temp      ; ADLARビット解除(右揃え)

```



```

ADC_start: LDI    accl, 0          ; 累積器初期化
           LDI    acch, 0
           RCALL  Make_conversion ; 1回目A/D変換実行
           ADD    accl, tempL     ; 1回目A/D変換結果を累積加算
           ADC    acch, tempH
           RCALL  Make_conversion ; 2回目A/D変換実行
           ADD    accl, tempL     ; 2回目A/D変換結果を累積加算
           ADC    acch, tempH
           RCALL  Make_conversion ; 3回目A/D変換実行
           ADD    accl, tempL     ; 3回目A/D変換結果を累積加算
           ADC    acch, tempH
           RCALL  Make_conversion ; 4回目A/D変換実行
           ADD    accl, tempL     ; 4回目A/D変換結果を累積加算
           ADC    acch, tempH
           LSR    acch            ; 累積値÷4(平均値取得)
           ROR    accl
           LSR    acch
           ROR    accl
           ; accH:accLのレジスタ内に10ビット平均値
           ; 下位2ビット破棄(8ビット有効値)
           LSR    acch
           RLR    accl
           LSR    acch
           ROR    accl          ; 8ビット平均値取得
; VBATが8ビット停止レベル以下かを調べるのに内部1.1V(代表値)基準電圧を使用します。
; $74=1.0V
; $68=0.9V
; $5D=0.8V
           CPI    accl, $68      ; VBAT対0.9V比較
           BRLO   Stop_boost    ; VBAT<0.9Vなら、昇圧停止へ
;
           RJMP  ADC_start      ; VBAT≥0.9Vなら、再計測へ

Make_conversion:
           SBI    ADCSRA, ADSC   ; A/D変換開始
Wait_conversion_ready:
           SBIC   ADCSRA, ADSC   ; A/D変換完了でスキップ
           RJMP  Wait_conversion_ready
;
           IN    tempL, ADCL     ; A/D変換値複写
           IN    tempH, ADCH
           RET

Stop_boost:
           LDI    temp, 0        ; 0値取得
           OUT    DDRA, temp     ; 全ポート入力設定(出力禁止)
           OUT    DDRB, temp
           LDI    temp, 0b01000000 ; 内部1.1V基準電圧、ADC0チャンネル選択
           OUT    ADMUX, temp
           LDI    temp, 0b00000000 ; ADC禁止
           OUT    ADCSRA, temp
           ; 昇圧停止手順
           LDI    temp, 0b11000000 ; 昇圧変換器停止指示第1語設定
           OUT    PRR, temp
           LDI    temp, 0b10000000 ; 昇圧変換器停止指示第2語設定
           OUT    PRR, temp
           LDI    temp, 0b01000000 ; 昇圧変換器停止指示第3語設定
           OUT    PRR, temp
           RJMP  Read_Boost_Status

Read_Boost_Status:
           ; 昇圧状態フラグ検査とその処理
           SBIS   ADCSRB, 7      ; 昇圧再開でスキップ
           RJMP  Read_Boost_Status ; PORまたはBODリセット以前で、調査継続へ
;
           RJMP  RESET          ; 昇圧再開でリセット(再始動)

```

## 10. 目次

AVR188:ATtiny43Uに関する設計の指針	1
要点	1
1. 序説	1
2. 部品の最適化	1
2.1. インダクタ	2
2.2. ダイオード	2
3. PCB配置	3
3.1. SOIC外圍器	4
3.2. MLF外圍器	4
3.3. 最小配置	4
4. 供給電圧の平滑	5
5. 低電圧用始動回路	6
5.1. 動作	6
5.2. 部品値	6
6. 停止ハードウェアの迂回	7
7. OFF切り替えスイッチ付き低電圧設計	7
8. 代表的な部品値	8
9. ファームウェア例	8
10. 目次	10



## 本社

### *Atmel Corporation*

2325 Orchard Parkway  
San Jose, CA 95131  
USA  
TEL 1(408) 441-0311  
FAX 1(408) 487-2600

## 国外営業拠点

### *Atmel Asia*

Unit 1-5 & 16, 19/F  
BEA Tower, Millennium City 5  
418 Kwun Tong Road  
Kwun Tong, Kowloon  
Hong Kong  
TEL (852) 2245-6100  
FAX (852) 2722-1369

### *Atmel Europe*

Le Krebs  
8, Rue Jean-Pierre Timbaud  
BP 309  
78054 Saint-Quentin-en-  
Yvelines Cedex  
France  
TEL (33) 1-30-60-70-00  
FAX (33) 1-30-60-71-11

### *Atmel Japan*

104-0033 東京都中央区  
新川1-24-8  
東熱新川ビル 9F  
アトメル ジャパン株式会社  
TEL (81) 03-3523-3551  
FAX (81) 03-3523-7581

## 製品窓口

### ウェブサイト

[www.atmel.com](http://www.atmel.com)

### 技術支援

[avr@atmel.com](mailto:avr@atmel.com)

### 販売窓口

[www.atmel.com/contacts](http://www.atmel.com/contacts)

### 文献請求

[www.atmel.com/literature](http://www.atmel.com/literature)

お断り: 本資料内の情報はATMEL製品と関連して提供されています。本資料またはATMEL製品の販売と関連して承諾される何れの知的所有権も禁反言あるいはその逆によって明示的または暗示的に承諾されるものではありません。ATMELのウェブサイトに位置する販売の条件とATMELの定義での詳しい説明を除いて、商品性、特定目的に関する適合性、または適法性の暗黙保証に制限せず、ATMELはそれらを含むその製品に関連する暗示的、明示的または法令による如何なる保証も否認し、何ら責任がないと認識します。たとえATMELがそのような損害賠償の可能性を進言されたとしても、本資料を使用できない、または使用以外で発生する(情報の損失、事業中断、または利益の損失に関する制限なしの損害賠償を含み)直接、間接、必然、偶然、特別、または付随して起こる如何なる損害賠償に対しても決してATMELに責任がないでしょう。ATMELは本資料の内容の正確さまたは完全性に関して断言または保証を行わず、予告なしでいつでも製品内容と仕様の変更を行う権利を保留します。ATMELはここに含まれた情報を更新することに対してどんな公約も行いません。特に別の方法で提供されなければ、ATMEL製品は車載応用に対して適当ではなく、使用されるべきではありません。ATMEL製品は延命または生命維持を意図した応用での部品としての使用に対して意図、認定、または保証されません。

© Atmel Corporation 2010. 全権利予約済 ATMEL®、ロゴとそれらの組み合わせ、AVR®とその他はATMEL Corporationの登録商標または商標またはその付属物です。他の用語と製品名は一般的に他の商標です。

### © HERO 2013.

本応用記述はATMELのAVR188応用記述(doc8206.pdf Rev.8206C-06/10)の翻訳日本語版です。日本語では不自然となる重複する形容表現は省略されている場合があります。日本語では難解となる表現は大幅に意識されている部分もあります。必要に応じて一部加筆されています。頁割の変更により、原本より頁数が少なくなっています。

必要と思われる部分には( )内に英語表記や略称などを残す形で表記しています。

青字の部分はリンクとなっています。一般的に赤字の0,1は論理0,1を表します。その他の赤字は重要な部分を表します。