

## AVR243：行列型キーボード復号器

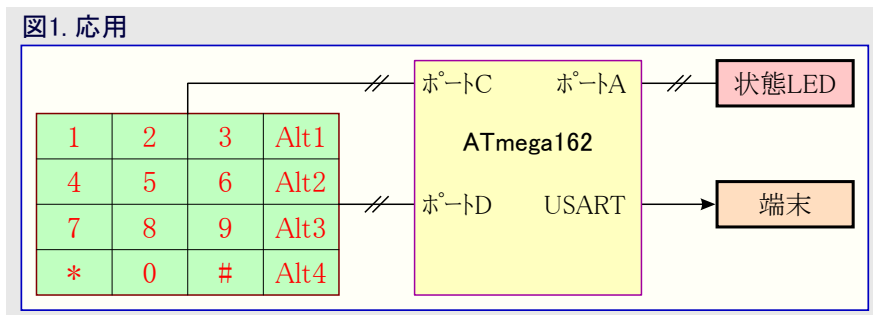
### 要点

- 8×8配列での64キー押釦キーボード
- 外部部品必要なし
- 休止状態からのキー押下での起動
- 他の応用への容易な実装
- 低電力消費
- ソフトウェア接触反動消去(チャタリング除去)
- 機能切り替えキー支援、コード量低減のために容易に削除可能
- 最小17本のI/O線とピン変化割り込みを持つどのAVR<sup>®</sup>にも適合  
(**訳補**:原書執筆時点に於いて、)現在、ATmega162とATmega169のみ)
- 1つの共通割り込みの使用で他のデバイス用に変更可能  
(「AVR240:4×4キーボード、キー押下での起動」応用記述をご覧ください。)

### 序説

この応用記述は8×8キーボードをインターフェースするソフトウェアドライバを記述します。この応用は低電力電池動作用に設計されています。AVRは殆どの時間をパワーダウン動作で過し、キーが押された時に起きます。そしてキーボードが走査されて走査符号が処理され、最後にAVRは休止状態へ移行します。

応用はCaps Lock, Ctrl+, Shift+, Altのような機能を実装するためのユーザー定義切り替えキーも支援します。試験応用は各キーで1つの数字と3つの文字を持つ4×4キーボードを実行します。切り替えキーがキーの機能を選びます。



この応用は行列型キーボードを使う全ての応用、例えば、遠隔操作、自動車電話、警報と入出のシステムに適合します。それはAVRの実装書き換え能力、またはATmegaデバイスの自己プログラミング機能を使って容易に上位更新可能です(「AVR910:実装書き込み」と「AVR109:自己プログラミング」の応用記述をご覧ください)。自己プログラミング機能使用での例は汎用書き換え可能な遠隔制御です。

この応用記述で記載される実装は対象としてATmega162デバイスを使っています。けれども、コードは小変更でATmega169(**訳補**:条件に一致するその他デバイス)で使用することができます。



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. 2532A-01/03, 2532AJ3-03/21

## 動作の理屈

キーボード行列は図2.で示されるように行と列の線で接続された8×8の押釦で構成されます。キー押下がキーの行と列の線を接続します。左上のキーを押すと、最も左側の列の線が最も上側の行の線に接続されます。

行列型キーボードは色々な方法で走査することができます。1つのキーだけが押された時の素早い方法は最初に全ての行線を選択(Low駆動)して列の結果を読むことです。そして全ての列線が選択され、行の結果が読まれます。返された列と行は押された特定キーに対する固有の走査符号へと組み合わせられます。この方法が本応用で使われます。

同時キー押下能力が必要とされる時に上の方法は使うことができません。行が独立して走査されなければなりません。行線は連続的に選択(Low駆動)されなければならず、各行に対して列の結果を読み、従って押された全てのキーを得ます。1つの制限は望まれない内部結合が出現するような形態でキーが押される時です。図3.に於いて、押された3つの緑色の(訳注:原書は強調された)キーは赤色の(訳注:原書はXで記された)キーも押されたように見える、そんなふうに行と列の線を接続します。従って、この“幽霊”キーは誤り状態を表します。

キー押下を検知して休止状態から起すためにAVRのピン変化割り込みが使われます。休止状態へ移行するのに先立って全ての行が選択(Low駆動)され、従ってどの行のどのキー押下でも列線をLowに駆動します(キーの結末(訳補:ON⇒OFF)が割り込みを引き起こしますが、“キー押下なし”として復号します)。

ピン変化割り込みを使うので、キー押下毎に1つのキー事象を受け取るだけです。割り込みによる自動繰り返しキーは本実装に於いて不可能です。繰り返しは全てのキーが開放されるまでそのキーの関連する動きを手動で繰り返すことにより、主応用で独立して処理されなければなりません。

図2. キーボード接続

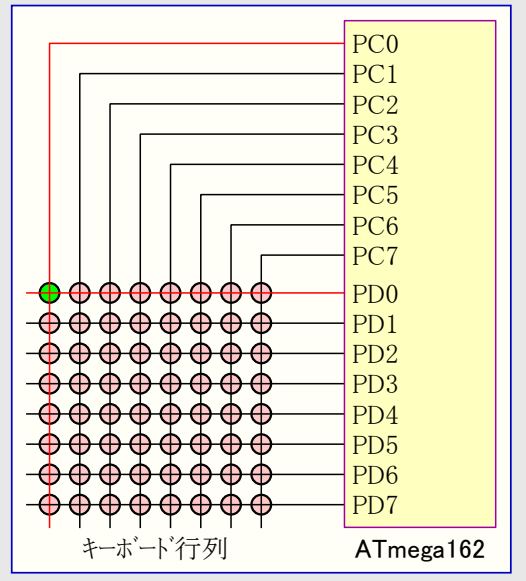
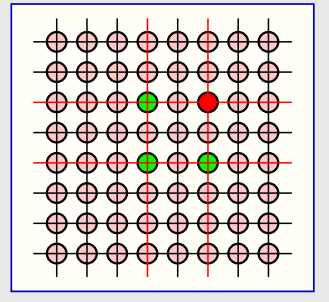


図3. 同時多重キー押下の結果としての幽霊キー



## 切り替えキー

多くのキーボードインターフェースは第2のキー機能を使います。これは多くの方法で実装することができます。1つの一般的な方法は少数の切り替えキーを定めることです。通常キーと同時に押される時に第2の走査符号が生成されます。これは通常キーが2つ目の符号を生成するのに先立って切り替えキーが押される連続結合の使用でも共通です。これは同時キー押下を処理する必要をなくします。

切り替えキーはそれが活性(有効)にされた後の最初の通常キー押下にだけ適用します。この形式の切り替えキーは本資料に於いて“単発”切り替えキーとして参照されます。

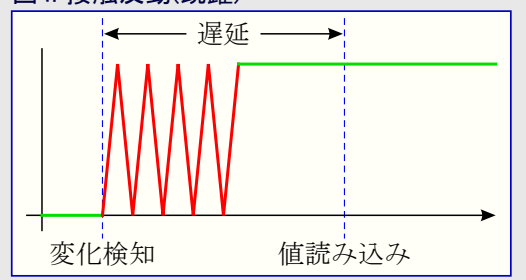
切り替えキーでの最初の押下が第2の種別を許可して次がそれを再び禁止する、交互切り替え機能として切り替えキーを実装することも可能です。この切り替えは後続する全てのキー押下に適用し、その切り替えキーでの2回目の押下によってのみ終了されます。これは通常パソコンのキーボードの‘Caps Lock’キーで使われています。本応用は単発と固定に基く両方の切り替えキーの組み合わせを使います。

同時キーよりもむしろ連続キーを使うことにより、幽霊キーでの問題が避けられます。この応用は単純に押されたキーの左上(訳補:押された複数キー内の最下位の行と列に位置するキー)以外の全てを無視します。

## 接触反動

キーボードの釦が押された時に図4.で図解されるように一様なON状態に安定する前に幾らかの時間の間、接触が撥ねます。これは複数のキー押下を生成しないように処理されなければなりません。これを行う1つの方法はキー押下検知から短時間待って接触を安定させ、そして実際の状態を読むことです。これは線での尖頭雑音のための誤りもなくします。代わりに、ハードウェア実装の反動(跳躍)消去器、またはソフトウェアでのデジタル濾波器を適用することができます。本応用はそれが最も安く且つ最小の能力しか使わないので、単に接触が安定するのを待つ最初の方法を使います。

図4. 接触反動(跳躍)



## 実装

以下の実装はATmega162デバイスを使います。ATmega169デバイスへの移転に於ける指針が6頁で一覧にされます。

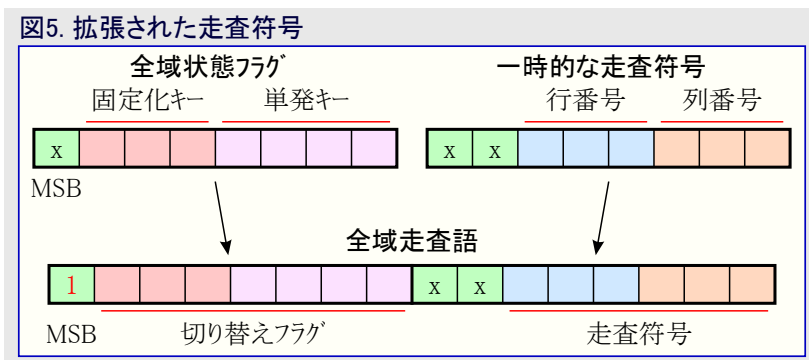
キーボードは2つの8ビット入出力ポートを使ってAVRへ接続されます。1つのポート(ポートD)は出力として構成設定され、行選択線に接続されます。もう1つのポート(ポートC)は入力として構成設定され、列戻り線に接続されます。詳細については図2をご覧ください。キーボード行列走査時、現在出力に使われているポートはLowに駆動されなければならない、同時に入力ポートは内部的にHighへプルアップされなければならない、そしてキー押下のためにLowへ駆動されるのを待ちます。

本応用の試験関数はキー押下情報を送信するためのUART直列出力としてポートBのPB3(TXD)も使います。UART使用の詳細については「AVR306:C言語でのAVR UARTの使い方」応用記述をご覧ください。

例えば行と列の全てが使われていなくても、通常のキー押下は0~63(8出力線×8入力線)の範囲の走査符号を生成します。切り替えキーの押下も通常の走査符号を生成しますが、加えてそれによって切り替え状態フラグが更新されます。状態フラグは全域変数に含まれません。

切り替えキーの3つは固定化キーとして構成設定され、2回目が押されるまで以降の全てのキーに於いて第2の種別を許可します。(状態フラグの下位側4つは単発で、そのフラグが自動的に解除される前の次のキー機能だけを変更します。より多くの詳細については図5をご覧ください。押下時、切り替えキーも通常の走査符号を返され、通常キーとして切り替えキーを扱うことを応用に許します。

切り替えフラグと共に走査符号を応用へ渡すために別の全域変数が使われます。符号(0~63)を示すために下位側6ビットが使われ、同時にMSB(ビット15)が更新状態を示します。キーボードドライバはキーが押された時にこのビットを設定(1)します。応用はこのビットをポーリングしてその走査符号を読んだ時にそれを解除(0)します。全域変数のバイトと語が図5で図解されます。

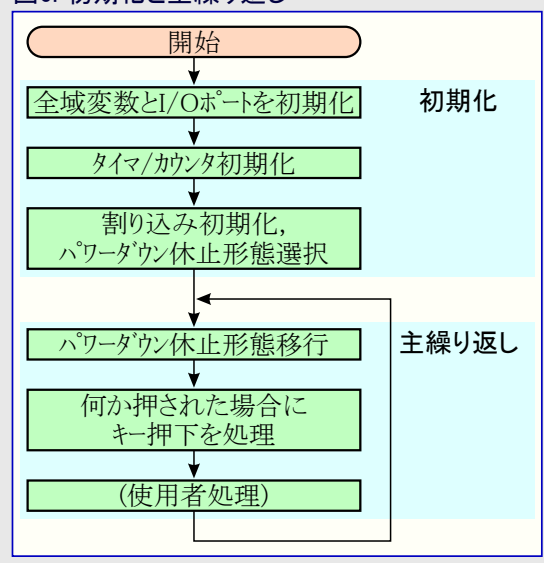


キーボードソフトウェアは割り込み制御されたドライバとして実装されます。主応用はキー押下を待つ時に休止状態へ移行します。キーが押された時にAVRが起き、キーボードドライバが走査符号を得て全域変数を更新します。割り込み内部でのSLEEP命令がCPUを停止してしまうので、主応用には休止状態へ再移行する責任があります。

## 初期化と主繰り返し

ドライバ初期化と主繰り返しループが図6で示されます。切り替えフラグと全域変数が解除され、先の記述に従ってポートが初期化されます。パワーダウン休止形態が選択され、処理の必要が全くない時に休止状態へ移行することを応用に許します。

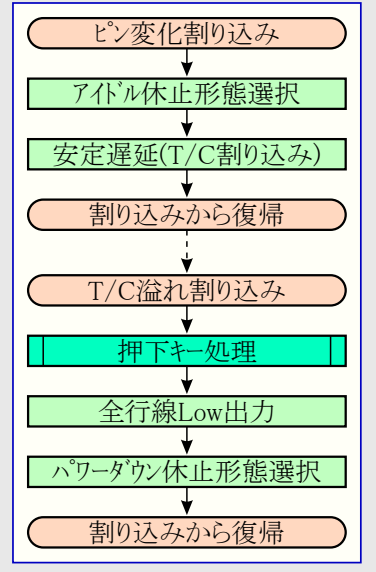
図6. 初期化と主繰り返し



## キーボード復号主繰り返し

ドライバの主繰り返しはピン変化割り込みで実行されます。これは最初にタイマ/カウンタ溢れで起すことをAVRに許すアイドル休止形態を選択し、これはタイマ/カウンタ溢れ割り込みがパワーダウン休止形態からAVRを起せないからです。そしてタイマ/カウンタは接触が安定するまでの短い時間(代表的に5ms)を待つように設定されます。この遅延の間に主応用は制御を回復し、休止状態へ移行するかもしれません。遅延終了時、キー押下処理関数が呼ばれます。これがキー押下の取得を完了します。最後に、全ての行線がLowに駆動されてパワーダウン休止形態が選択され、休止状態へ移行して次のキー押下で起きることを主応用に許します。この繰り返しに関する流れ図が図7.で示されます。

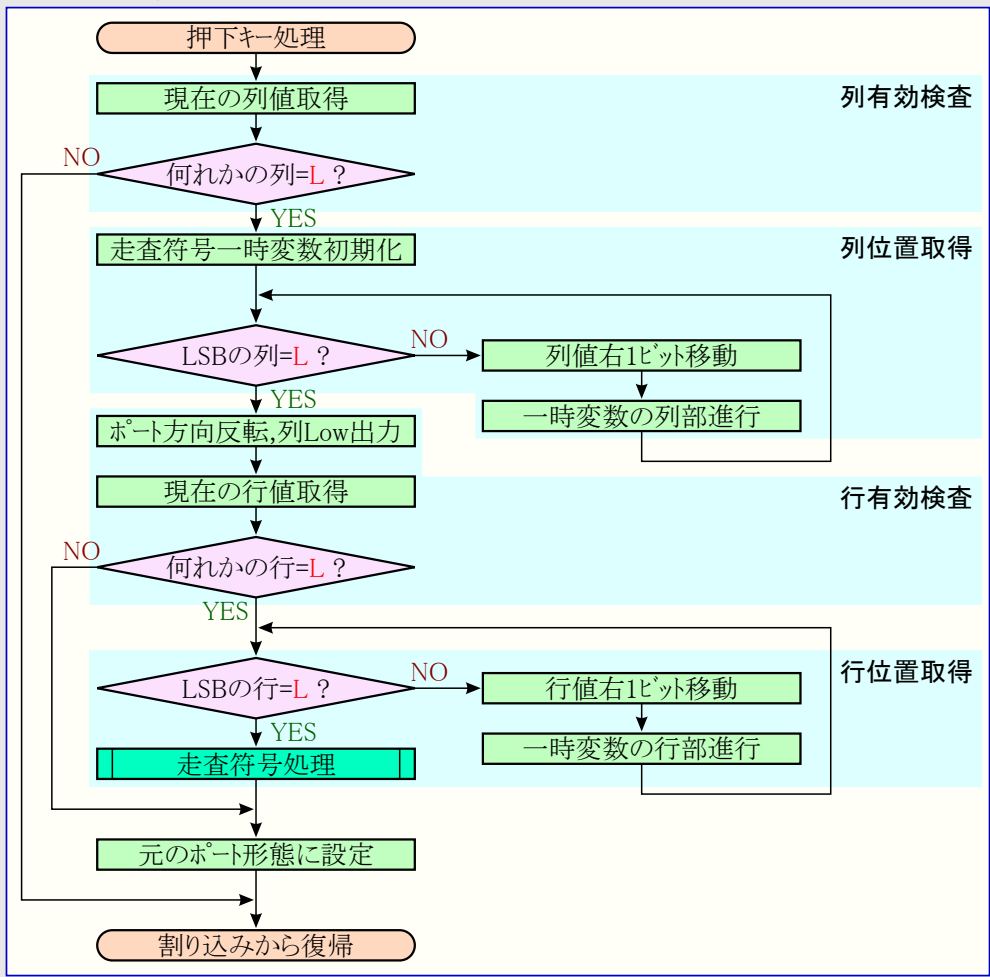
図7. キーボード復号主繰り返し



## キーボード走査(押下キー処理)

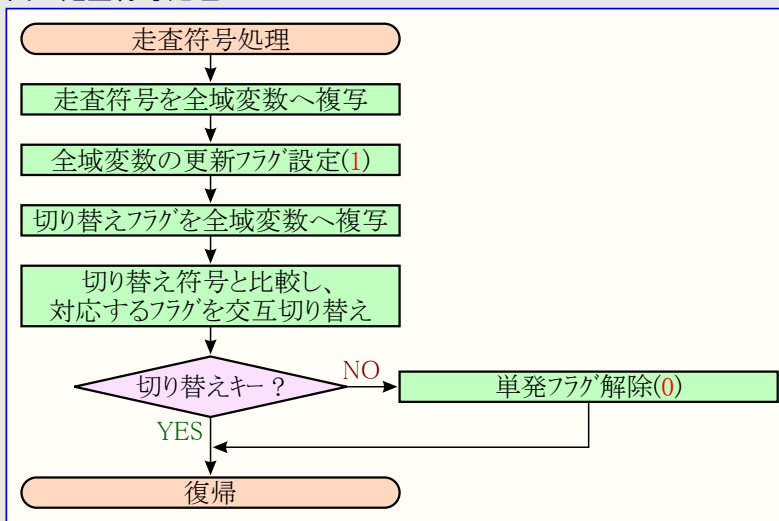
キーボード走査手順は図8.で図解されます。最初に列の結果が走査されます。Lowの列線が見つかるまで走査符号の下位側3ビット(列部)が増やされます。そしてポートの方向が反転され、行の結果が走査されます。Lowの行ビットが見つかるまで走査符号の行部が増やされます。最後に走査符号処理関数が呼ばれます。

図8. キーボード走査



走査符号処理関数は最初に生成された走査符号を全域変数に複写します。そして走査符号は予め定義された切り替えキーの符号と比較され、それによって切り替えフラグを更新します。フラグは全域変数に複写されます。キーが切り替えキーでなければ単発フラグが解除(0)されます。最後に更新フラグが設定(1)され、新規のキー押下を受け取ったことを示します。手順は図9.で示されます。

図9. 走査符号処理



## 試験応用 – myCellPhone

このソースは携帯電話のようなキーボードを実行する簡単な試験応用を含みます。結果の文字列がUSARTを使って送信されます。4×4キーパッドの使用に於いて4つの切り替えキーを使って全ての数字と文字が利用可能です。数字キーは単独で数字を送信します。各数字キーに於いて3つの文字を選ぶのに3つの切り替えキーが使われ、最後のCaps-Lockキーが大文字と小文字を選びます。

現在の切り替え状態に基づいて走査符号を文字に変換するのに変換表が用いられます。走査符号はこの表の指標として使われます。走査符号は8×8キーパッドでのキー位置の直接的な表現でもあります。従って、例えばキーパッドが行毎に4つのキーしか持たなくても、表は行毎に8つの登録がなければなりません。従って、この試験応用がより大きなキーパッドを利用するように変更される場合、キーパッドへ行ではなく列を追加することが最も量的に効率的です。

## コード量とタイミング

キーボード行列インターフェース関数に関するコード量が表1.で示されます。

表1. キーボード行列プログラムコード量

関数	コード量(語)	説明
key_init	25	キーボード インターフェース初期化
key_stop	7	ドライバの一時停止
key_get	15	キー押下待機
key_processAltKeys	88	切り替えキー処理とそれによるフラグ更新
pinChangeISR	24	ピン変化割り込み処理(チャタリング区間禁止計時器起動)
Timer0OVFISR	107	タイマ/カウンタ0溢れ割り込み処理(キー走査と復号)
合計	266	

ATmega162に於いて8MHzで動く時に表2.に於ける以下の次項タイミングが測定されました。これは最初のキー押下検出で起きてから押下キー処理後に休止状態へ再移行するまでの流れを示します。

表2. コード タイミング

流れ	実行時間
ピン変化起動⇒タイマ/カウンタ初期化⇒アイドル動作移行	40µs
アイドル休止形態⇒タイマ/カウンタ溢れ	65.4ms
タイマ/カウンタ溢れ起動⇒キーボード走査⇒パワーダウン動作移行	351µs
パワーダウン動作を除く総時間	65.7ms

パワーダウン動作でない時、キーボード インターフェースは殆どをアイドル休止形態で待つ時間で過します。デバイスが活動状態が0.3msだけで、これは0.5%を意味します。各動作種別で過した関連時間が表3.で一覧にされます。

キーは10分毎に押されるとみなします。これは2µA未満の平均電流消費を生じます。

表3. 活動/休止形態で過した時間

動作種別	時間
活動	0.5% (15mA)
アイドル休止	99.5% (7mA)
パワーダウン休止	キー押下待機時 (<1µA)

## 移転の考慮

この応用記述に影響を及ぼすATmega162からATmega169への違いは行列型キーボードの列線へ接続されるポートだけです。ATmega162はポートCを使い、一方ATmega169ではポートBまたはポートEが使われなければなりません。これはピン変化割り込みピン形態のためです。ATmega162はポートAとポートCでのピン変化割り込み能力を持ち、一方ATmega169はこれらの割り込みに関してポートBとポートEを使います。既定ポートの代替能力が必要とされる場合、この応用はピン変化割り込みを扱う他のポート能力を使うように容易に変更することができます。

また、休止形態選択に関してATmega169がMCUCRの代わりにSMCRを使うことにも注意してください。

ピン変化割り込みを持たないデバイスへの本応用の移転は、外部部品の使用と違う割り込みの使い方が必要です。これは「AVR240:4×4キーパッド、キー押下での起動」応用記述で網羅されます。本応用での走査機能の残りに変更の必要はありません。



## 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

## 製造拠点

### *Memory*

2325 Orchard Parkway  
San Jose, CA 95131, USA  
TEL 1(408) 441-0311  
FAX 1(408) 436-4314

### *Microcontrollers*

2325 Orchard Parkway  
San Jose, CA 95131, USA  
TEL 1(408) 441-0311  
FAX 1(408) 436-4314  
  
La Chantrerie  
BP 70602  
44306 Nantes Cedex 3  
France  
TEL (33) 2-40-18-18-18  
FAX (33) 2-40-18-19-60

### *ASIC/ASSP/Smart Cards*

Zone Industrielle  
13106 Rousset Cedex  
France  
TEL (33) 4-42-53-60-00  
FAX (33) 4-42-53-60-01

1150 East Cheyenne Mtn. Blvd.  
Colorado Springs, CO 80906, USA  
TEL 1(719) 576-3300  
FAX 1(719) 540-1759

Scottish Enterprise Technology Park  
Maxwell Building  
East Kilbride G75 0QR  
Scotland  
TEL (44) 1355-803-000  
FAX (44) 1355-242-743

### *RF/Automotive*

Theresienstrasse 2  
Postfach 3535  
74025 Heilbronn  
Germany  
TEL (49) 71-31-67-0  
FAX (49) 71-31-67-2340

1150 East Cheyenne Mtn. Blvd.  
Colorado Springs, CO 80906, USA  
TEL 1(719) 576-3300  
FAX 1(719) 540-1759

### *Biometrics*

Avenue de Rochepleine  
BP 123  
38521 Saint-Egreve Cedex  
France  
TEL (33) 4-76-58-47-50  
FAX (33) 4-76-58-47-60

## 文献請求

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

## © Atmel Corporation 2003.

Atmel製品は、ウェブサイト上にあるAtmelの定義、条件による標準保証で明示された内容以外の保証はありません。本製品は改良のため予告なく変更される場合があります。いかなる場合も、特許や知的技術のライセンスを与えるものではありません。Atmel製品は、生命維持装置の重要部品などのような使用を認めておりません。

本書中の®、™はAtmelの登録商標、商標です。  
本書中の製品名などは、一般的に商標です。

## © HERO 2021.

本応用記述はAtmelのAVR243応用記述(doc2532.pdf Rev.2532A-01/03)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。