

## 序説

Atmel<sup>®</sup> AVR<sup>®</sup> マイクロ コントローラでの安定で正確なパルス幅変調(PWM)された信号の生成はタイマ/カウンタ周辺機能の波形生成器動作種別を使って容易に成し遂げられます。けれども、限定されたチャンネル数だけしか実装することができません。多数のPWMチャンネルが必要とされる場合、ソフトウェアでの解決方法が使われなければなりません。この応用記述の意向はPWM信号での非常に低い細動(ジッタ)を維持すると同時に、これを提供する方法を実演することです。

PWMのソフトウェア生成は信号レベルの決定処置を管理するための一定量の処理時間が必要で、故に低い基本周波数にだけ適当です。この形式の信号は、LEDまたは光度制御、ブラシ型DC電動機速度制御、アナログ計駆動、または何かの状況で必要とする低い動きのDC制御電圧のようなDC制御応用に適当です。

## 特徴

- 空き8ビット タイマを持つどのAtmel AVRにも適応
- 基本周波数の±0.015%の非累積細動(ジッタ)
- 提供された試供コード使用で24までのPWMチャンネル
- 光度制御、DC電動機速度制御、アナログ計駆動など...用

## 目次

---

序説	1
特徴	1
1. 原理	3
2. 実装	3
3. 割り込み処理ルーチン	3
4. デバッグ動作	3
5. 制御インターフェース	4
6. 増強	4
7. 改訂履歴	4

## 1. 原理

ここで示されるソフトウェア例はAtmel ATmega328PBマイクロ コントローラで10個のPWMチャネルの生成を実演しますが、溢れ割り込みを生成する能力がある8ビット タイマ/カウンタを持つ他のどのAVRへも同じように応用できます。低細動(ジッタ)は、許可した割り込みとしてこのタイマ/カウンタ溢れが唯一で、その割り込み処理ルーチン(ISR)で最初の命令の間に出力信号が更新されることによって達成されます。これは非常に断定的な実行速度で、±1クロック周期の代表的細動(ジッタ)を与える割り込みが起き、厳密な瞬間で実行されている命令に依存する割り込み応答での変動となる細動(ジッタ)だけにします。従って、65536クロック周期となるPWM周期全体の時間での細動(ジッタ)はPWM基本周波数の±0.0015%で、時間に関して累積しません。

ソフトウェアPWMの一般的な原理はPWM動作でのハードウェア タイマ/カウンタの動作の模倣です。要素で確定された'compare'値の配列は必要とするPWMパルス幅に設定し、補完的な'compbuff'配列が矛盾のないPWM動作を保証する何れかの比較配列2重緩衝に使われます。8ビットのタイマ/カウンタは主クロックで計数と溢れでの割り込み生成に初期化され、故に割り込みが256クロック周期毎に1回起きます。これは低細動(ジッタ)仕様を維持するのに、割り込み処理ルーチン(ISR)が256周期未満で完了しなければならないことを意味します。8ビットのソフト計数器は主クロック÷(256×256)のPWM基本周波数全体で1/256(約0.4%)のPWM分解能を与える、PWM周期内の位置指示子として働くように各ISR中で増加(+1)されます。

## 2. 実装

例のコードは”Atmel START(開始)”用にかかれていています。これはAtmel Studio 7とIAR™ IDEの両方に対してAtmel STARTの”BROWSE EXAMPLES(例閲覧)”入り口からダウンロードすることができます。

プロジェクト名 : AVR136 Software PWM (詳細な必要条件については使用者の手引きを見てください。)

ダウンロードした.atzipファイルをダブル クリックしてください。プロジェクトがAtmel Studio 7にインポートされます。

IARでプロジェクトをインポートするには、”Atmel START in IAR (IARでのAtmel開始)”を参照し、'Atmel Start Output in External Tools (外部ツールでのAtmel開始出力)⇒IAR'を選んでください。

## 3. 割り込み処理ルーチン

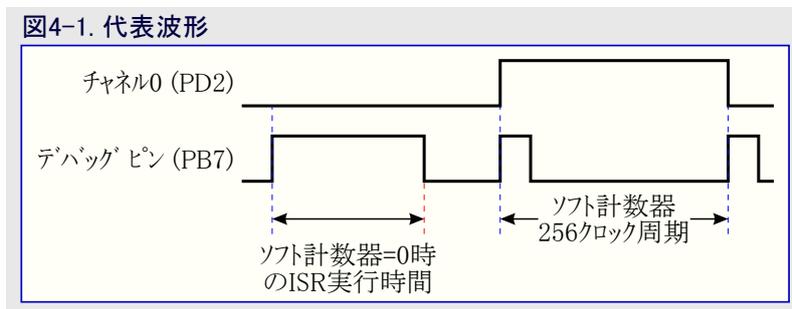
割り込み処理ルーチン(ISR)に対する論理的概論はソフト計数器を増加(+1)し、PWM周期のその位置でどのPWM信号が状態を変更するかを決め、そしてその変更を実行することでしょう。これでの問題はISRの開始とピン状態変更間にかかる時間で、PWM位置検査の結果にかなり依存して変化し、重大な細動(ジッタ)を引き起こします。これを無くすため、ISRはピン状態更新を直ちに実行し、そして増加(+1)を実行して次の割り込み周期の始め用の状態値を準備するために位置を検査します。ソフト計数器溢れでは、全ピンの状態がHighを設定するように準備され、比較値は'compbuff'値へ行われた何れかの変更で更新されます。比較値が0の場合、ピン状態指示子は0に戻され、故に0のPWM値は定常的な0出力を与えます。最大PWMパルス幅は基本周波数周期の255/256になるでしょう。

## 4. デバッグ動作

詳述された細動(ジッタ)能力を保持するため、割り込み処理ルーチン(ISR)は256クロック周期内に完了しなければなりません。最悪状態は或る1つ以外のチャネルが0の比較値を持つ時のソフト計数器=0で起き、故にチャネル数に変更される時にISRタイミングの検査を許すためにDEBUG\_APP任意選択が含まれます。

**注:** 全チャネルが0になるのが理論上の最悪ですが、PWMパルスを生成するチャネルがないのでどの溢れタイミングも見れません。

'DEBUG'定義の1への変更は、最悪条件を与えるように変更された既定チャネル設定で、ISRにかかる概ねの時間をタイマ/カウンタ1によって測定することを許し、タイマ/カウンタ1の結果はUSARTで継続的に出力されます。理想的には表示されたISR時間が適切な\$00FF以下であるべきです。デバッグ ピンは下図で示される代表波形でのISRタイミングを見るための使用をオシロスコープに許すのも許可されます。



DEBUG\_APP任意選択は監視されるべきISR内での実験法を許します。ISRの速度は利用可能なチャネル数拡張を試みる時に微妙で、故に提供コードの最適化や置換は改良が行われる場合の(仮)決定を'DEBUG'で吟味することができます。

## 5. 制御インターフェース

DEBUG\_APP動作でないとき、試供応用はUSART経由でPWMチャネルの手動制御を許すことが提供されます。例では命令がASCII形式で”Atmel Studio”, ”Data Visualizer(データ可視器)”, ”Serial Port(シリアルポート)”を経由して”ATmega238PB Xplained Mini”経由でUSARTへ送られます。

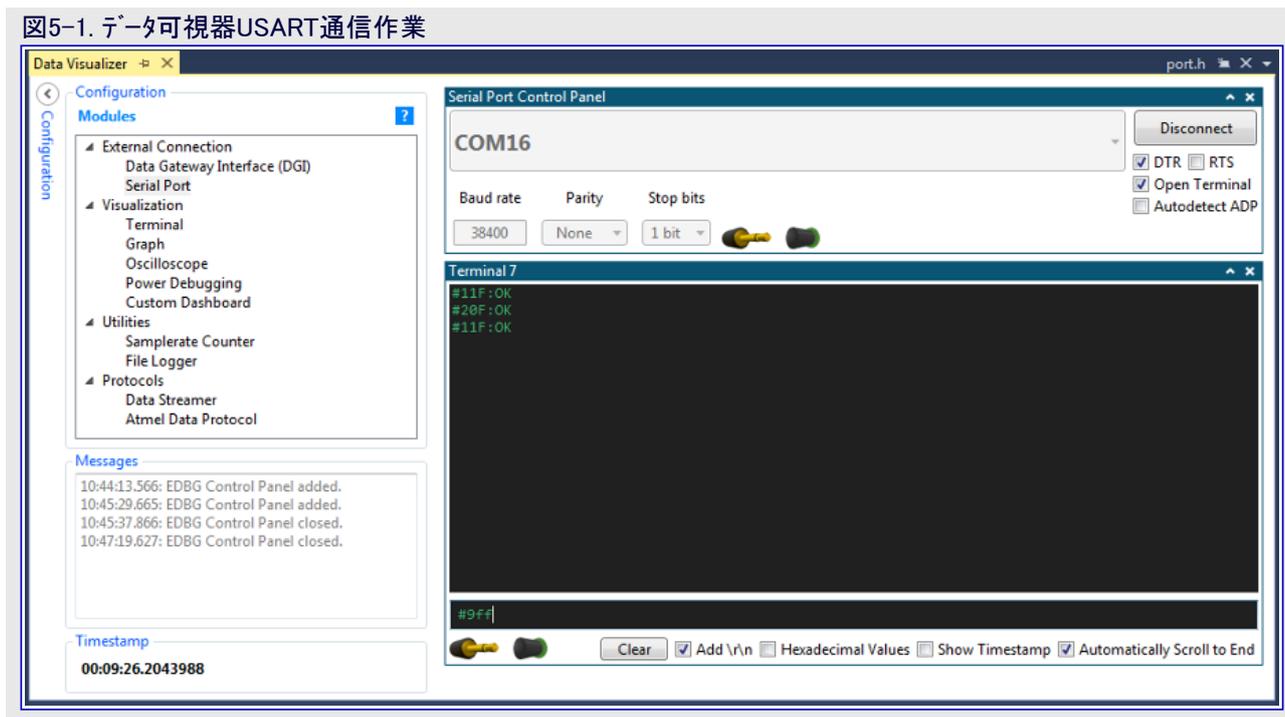
```
#nHH
```

ここで、

```
# は同期文字です。  
n = 要求するチャネル番号を示す0~9  
HH = PWMのHigh区間に対する0~255に対応する16進値
```

成功した命令は”OK”応答を受け取り、ところが不正命令は”ERR”で応答されるでしょう。この規約は、他のマイクロコントローラに付随した従属PWM制御器としての使用をAVRに許し、制御されたより多くのチャネルを許すように、容易に改造することができます。

図5-1. データ可視器USART通信作業



## 6. 増強

保持できる最大チャネル数は割り込み処理ルーチン(ISR)の効率とISRに対して割り当てられた時間間隔依存です。ISRコードの効率はコンパイラ間で変化する、コンパイル時に適用する自動最適化レベルによっても影響を及ぼされます。これは最大チャネル限度を増やすためにISRを改良と最適化を行うための実験に対して大きな範囲を与えます。供給された試供コードは可能な最良の解決方法よりむしろ理解を容易にするように書かれています。

ISR時間間隔は8ビット タイマ/カウンタ使用時に256クロック周期に固定されますが、CTC動作で16ビット タイマ/カウンタを使うことで、この時間間隔を増やせます。例えば、2倍のクリスタル周波数と512クロック周期でリセットするタイマ/カウンタを持つことは、同じPWM基本周波数で最低2倍のチャネル数を可能にするでしょう。

## 7. 改訂履歴

文書改訂	日付	注釈
8020A	2006年5月	初版文書公開
8020B	2016年8月	新雛形といくつかの微細な変更
8020C	2016年9月	応用記述をATmega328PBに更新

Atmel®, Atmelロゴとそれらの組み合わせ、Enabling Unlimited Possibilities®, AVR®とその他は米国及び他の国に於けるAtmel Corporationの登録商標または商標です。他の用語と製品名は一般的に他の商標です。

**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のウェブサイトに表示する販売の条件と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、または利益と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。

**安全重視、軍用、車載応用のお断り:** Atmel製品はAtmelが提供する特別に書かれた承諾を除き、そのような製品の機能不全が著しく人に危害を加えたり死に至らしめることがかなり予期されるどんな応用(“安全重視応用”)に対しても設計されず、またそれらとの接続にも使用されません。安全重視応用は限定なしで、生命維持装置とシステム、核施設と武器システムの操作の装置やシステムを含みます。Atmelによって軍用等級として特に明確に示される以外、Atmel製品は軍用や航空宇宙の応用や環境のために設計も意図もされていません。Atmelによって車載等級として特に明確に示される以外、Atmel製品は車載応用での使用のために設計も意図もされていません。

© HERO 2021.

本応用記述はAtmelのAVR136応用記述(Rev.8020C-09/2016)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。