
AVR42777 : tinyAVR® 1系でのDACを使用するデジタル録音器

要点

- tinyAVR® 1系統を用いるデジタル録音器
- 8ビット記録
- 高品質録音またはより長い記録時間に形態設定可能な採取速度
- 非常に小さなコードの大きさ
- 共にSPIを用いる以下の任意のデータ記憶任意選択
 - 複数セクタ書き込みを用いるSDカードでの生データ
 - 直列DataFlash使用
- 他のAVR®デバイスで使用するのに小さな変更の必要だけ
- ADC、DAC、SPI、計時器、事象システムの周辺機能を使用
- CCPでのレジスタ変更と割り込み使用を例示

序説

この応用記述はA/D変換器(ADC)とD/A変換器(DAC)の周辺機能を持つ新しいtinyAVR® 1系統を用い、生データを格納するのにSDカードまたは直列フラッシュメモリを使用して音の記録、格納、再生を行う方法を記述します。採取周波数を定義するための計時器と周辺機能相互の合図用の事象システムの使用で、録音用のADC、データ格納装置インターフェース用直列周辺機能インターフェース(SPI)、再生用のDACの使い方を詳述します。それらの塊の1つまたはより多くを必要とする代表的な応用は温度記録器、留守番電話、デジタル音声録音装置です。この応用記述で使用される製品はATtiny817 Xplained Pro基板、I/O1とOLED1の両Xplained Pro拡張キット、マイクホンとスピーカ回路のための少しの追加部品を含みます。代わりに、ATtiny817 Parrot(鸚鵡)現場密着(Field Engagement)基板を使うこともできます。

tinyAVR® 1系統はマイクホンからのアナログ採取を取ってそれをADCでデジタル値に変換します。組み込みSPIインターフェースはSDカード(またはDataFlash)とのデータ転送を制御します。DACは再生に使用されます。採取と再生の周波数は事象システム経由での周辺機能相互の合図と割り込みで計時器を用いて定義されます。コードの大きさは(データ記憶インターフェースドライバを含めて約2Kバイトと)かなり小さく、応用はより小さなAVRデバイスに適合できます。

Atmel STARTでこの応用記述に対して2つの伴うプロジェクトが利用可能です。音データの採取と再生の実装は両方に対して同じで、違いはデータ記憶の形態だけです。1つ目のプロジェクトはSDカードに生データを格納し、ATtiny817 Xplained Proと外部部品で使われるように設計されています。2つ目のプロジェクトはATtiny817 Parrot現場密着基板用で、データ記憶に直列DataFlashを使用します。

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、Microchip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。

目次

要点	1
序説	1
1. 関連デバイス	3
1.1. tinyAVR 1系統	3
2. 動作の理屈	3
3. 実装	4
4. 必要なハードウェア	6
4.1. Parrot(鸚鵡)現場密着(Field Engagement)基板	6
4.2. 評価キットを用いるハードウェア構成設定	6
4.2.1. SPI経由SDカードへの生データ書き込み	7
5. Atmel STARTからのソースコード取得	11
5.1. コード形態設定	11
6. 改訂履歴	12
Microchipウェブ サイト	13
お客様への変更通知サービス	13
お客様支援	13
Microchipデバイスコード保護機能	13
法的通知	13
商標	14
DNVによって認証された品質管理システム	14
世界的な販売とサービス	15

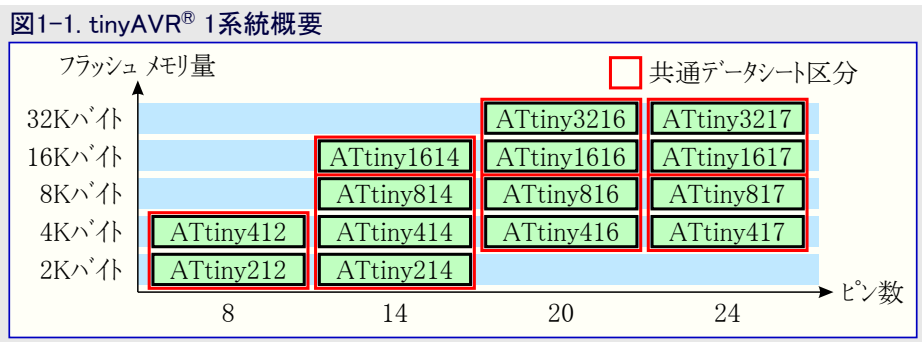
1. 関連デバイス

本章はこの応用記述に関連するデバイスを一覧にします。

1.1. tinyAVR 1系統

下図はピン数の変種とメモリ量を展開してtinyAVR[®] 1系統を示します。

- これらのデバイスがピン互換で同じまたはより多くの機能を提供するため、垂直方向移植はコード変更なしに上方向に行うことができます。下方向移植はより少ない利用可能ないくつかの周辺機能の実体のためにコード変更が必要かもしれません。
- 左への水平方向移植はピン数、従って利用可能な機能を減らします。



異なるフラッシュメモリ量を持つデバイスは一般的に異なるSRAMとEEPROMの量を持ちます。

2. 動作の理屈

アナログからデジタルへの変換

アナログ音声信号がデジタル的に格納されるのに先立ち、デジタル信号に変換されなければなりません。これは複数段階で行われます。最初に、下の左図で描かれたアナログ信号は下の右図で示されるように周期的採取を取ることによって離散時間信号に変換されます。

2つの採取間の時間間隔は「採取周期」と呼ばれ、それは「採取周波数」の逆数です。標本化定理に従い、採取周波数は採取される信号に存在する最大周波数成分の最低2倍でなければなりません。さもなければ、周波数領域での周期的な信号の継続は「エイリアシング」と呼ばれるスペクトルの重なりに帰着します。エイリアシングされた信号はその採取から一意的に再構成することができません。

図2-1. アナログ信号例

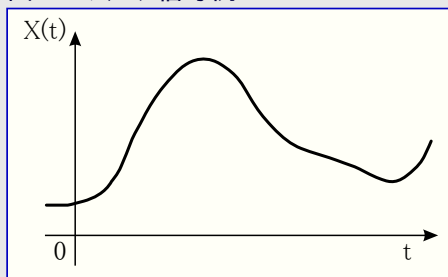
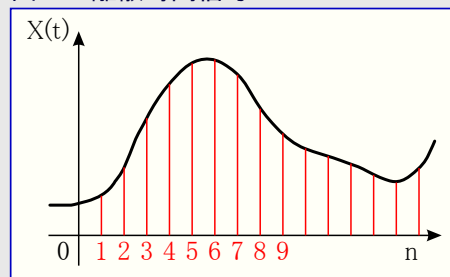


図2-2. 離散時間信号



会話信号は主に3kHz以下の情報を含み、従って信号を帯域制限するのに低域通過濾波器を使用することができます。3000Hzのカutoff周波数を持つ理想低域通過濾波器に対して、採取周波数は6000Hzまたはそれ以上でなければなりません。濾波器に依存して、濾波器の傾きは多かれ少なかれ急峻です。特にこの応用で使用するRC濾波器のような1次濾波器についてはよりもっと高い採取周波数を選ぶ必要があります。上限はA/D変換器の機能によって設定されます。

この採取周波数で取られたアナログ採取を表すデジタル値決定は量子化と呼ばれます。アナログ信号は右図で描かれるように、アナログ値を最も近いデジタル許容値に割り当てることによって量子化されます。利用可能なデジタル値の数は分解能と呼ばれ、例えば8ビットデジタル採取に対して256値と、常に制限されます。従ってアナログ信号の量子化はついに情報の欠損に帰着します。この量子化誤差はデジタル信号の分解能に逆比例します。これは最小値と最大値間の範囲である信号の動的範囲にも逆比例します。AVRのADCの変換範囲は基準電圧を応用に対して適合する最大値に設定することによって動的範囲を調整することができます。

代わりに、ADCの動的範囲を網羅するようにマイクロフォンの増幅器を設計することができます。両方の方法は量子化誤差を減らします。

右図はアナログ信号を表すデジタル値を示します。これらはADC変換結果として読まれる値で、メモリに格納することができます。

図2-3. 量子化した信号

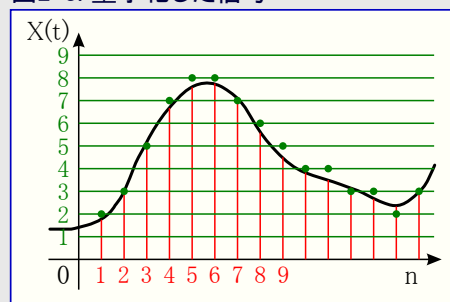
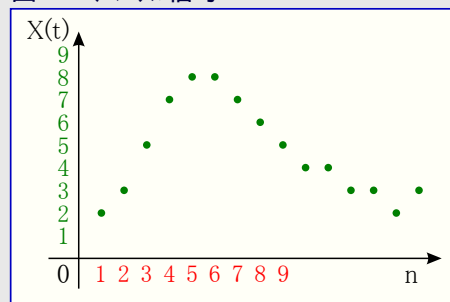


図2-4. デジタル信号



デジタルからアナログへの変換

AVRのD/A変換器周辺機能はデジタル的に格納された値をアナログ出力に変換するのに使用することができます。最大出力値を定義するために正しく基準電圧を設定して出力周波数として採取周波数を再現するために計時器を使用することにより、元の信号が再構成されます。各採取は(採取が取られた時間の時間に対応する)1つの出力周期間出力を保持されます。例の信号について、これは下の左図と同様に見えるでしょう。

出力濾波器はDACからの信号を滑らかにします。例に対して、出力信号は下の右図と同様になるでしょう。この信号は3ビット試料が8つの可能な値しか持たないため、描かれた例では大きな量子化誤差を除いて、元のアナログ入力信号にとっても似ています。

図2-5. 再構成された信号

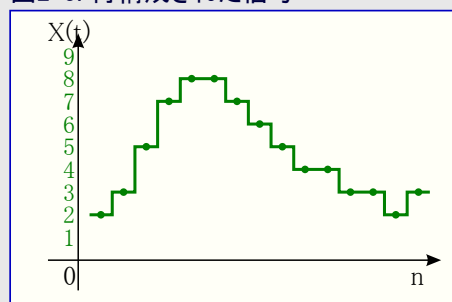
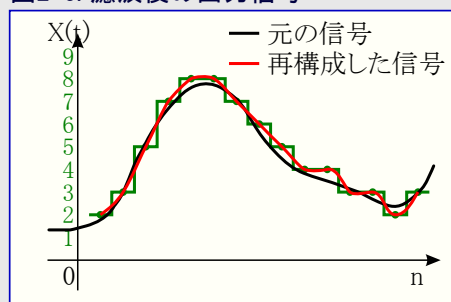


図2-6. 濾波後の出力信号

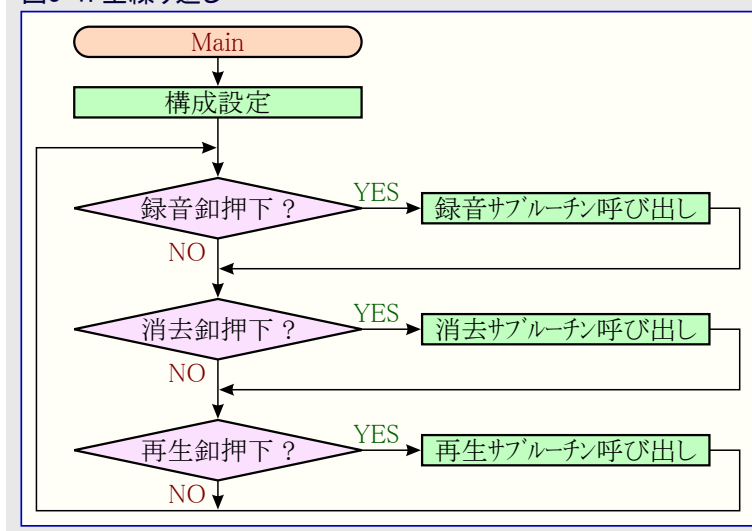


3. 実装

構成設定と主繰り返し

プログラムが開始されると、外部メモリと内部周辺機能の構成設定が始められます。これはデータ記憶装置インターフェース用のSPI、マイクロフォンの採取用のADC、スピーカへの出力用のDAC、釦用のポート設定、正しい採取と再生の周波数用の計時器、ADCに合図するための事象システムの構成設定を意味します。独立した釦が録音、再生、消去のサブルーチンを起動するように準備されます。この機能は右図で描かれます。

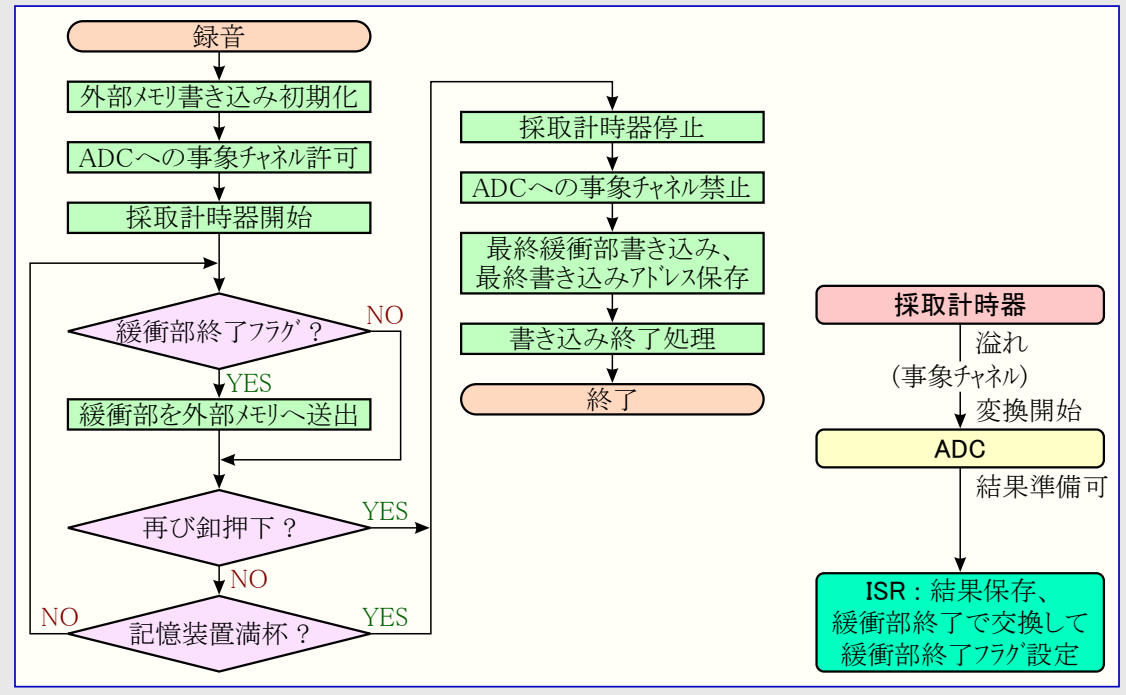
図3-1. 主繰り返し



録音

録音釦押下で次図で描かれたルーチンが開始されます。左側の流れ図はソフトウェアでの機能を示し、右側はハードウェア(での機能)を示します。ADCは採取計時器溢れ時に変換を開始するために起動されます。割り込み処理ルーチン(ISR)は変換結果の準備が整った時に起動され、結果を緩衝部に格納します。緩衝部が満杯の時にそれはソフトウェア ルーチンによって外部メモリに送られます(ISRからソフトウェアルーチンへの合図は全域定義のフラグ経由です)。データの消失を避けるために2つの切り替え緩衝部が使用されます。

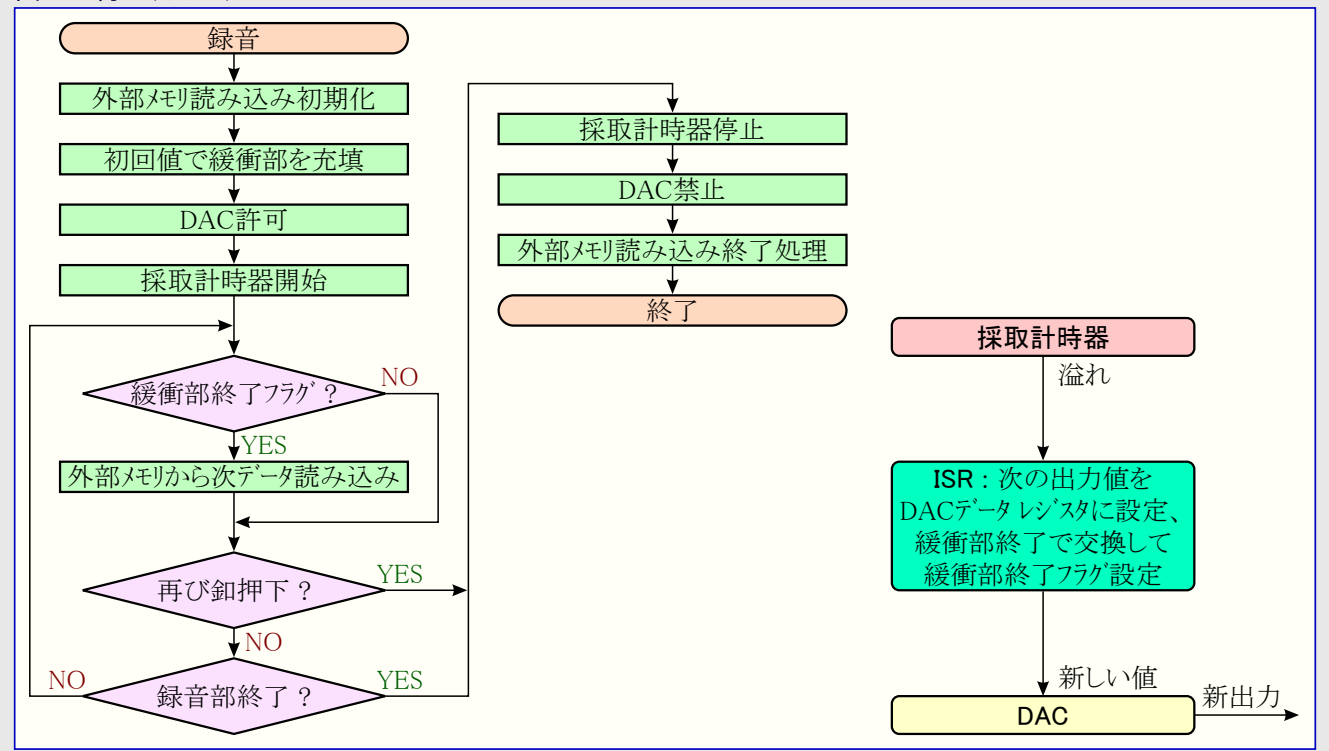
図3-2. 録音サブルーチン



再生

再生釦が押されると、下図で描かれたルーチンが開始されます。再び、左側と右側の流れ図は各々ソフトウェアとハードウェアでの機能を反映します。採取が取られたのと同じ速度で出力を変更するために採取計時器溢れISRはDACデータレジスタを更新します。これが可能な限り正確な再構築した信号に帰着します。

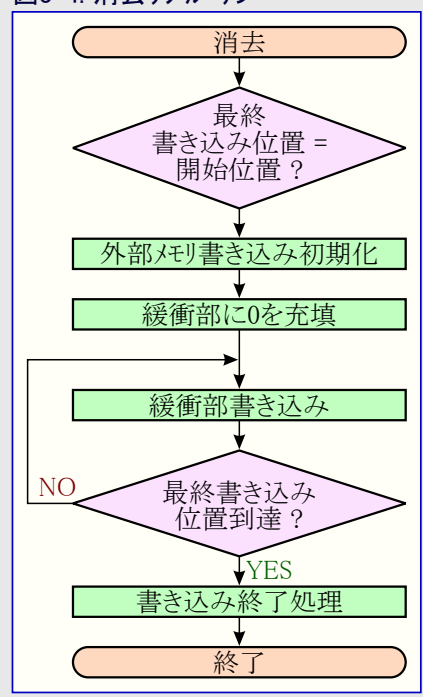
図3-3. 再生サブルーチン



消去

消去釦が押されると、右図で描かれたルーチンが開始されます。このルーチンはメモリの開始と最後の書き込み位置間の外部メモリを消去します。

図3-4. 消去サブルーチン



4. 必要なハードウェア

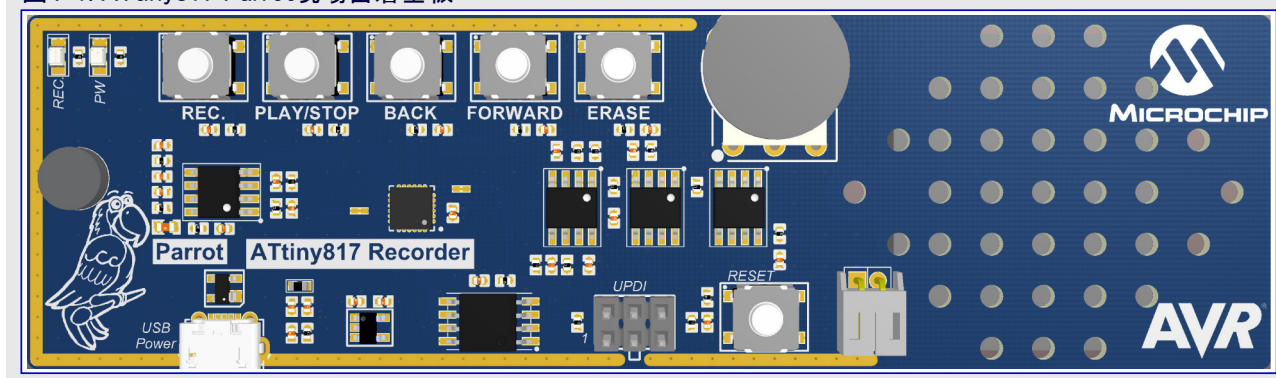
この応用記述に関しては以下の2つのハードウェア構成設定任意選択があります。

- Parrot(鸚鵡)現場密着(Field Engagement)基板
- ATtiny817 Xplained Proで構成設定した評価キット

4.1. Parrot(鸚鵡)現場密着(Field Engagement)基板

ATtiny817 Parrot現場密着基板はこの応用記述で概説した運用実装を使います。これはデータ記憶に8MビットのSPI直列フラッシュメモリを使用します。既定採取周波数に於いて、提供されたファームウェアを用いて1分強間の記録が可能です。操作は録音、再生/停止、早送り、戻る、消去を含みます。この基板は下図で描かれます。より多くの情報についてはParrot現場密着基板使用者の手引きをご覧ください。

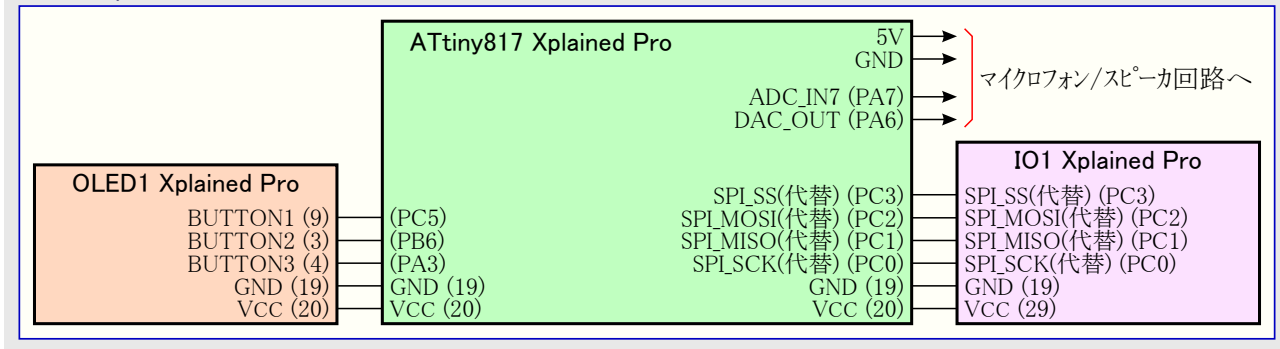
図4-1. ATtiny817 Parrot現場密着基板



4.2. 評価キットを用いるハードウェア構成設定

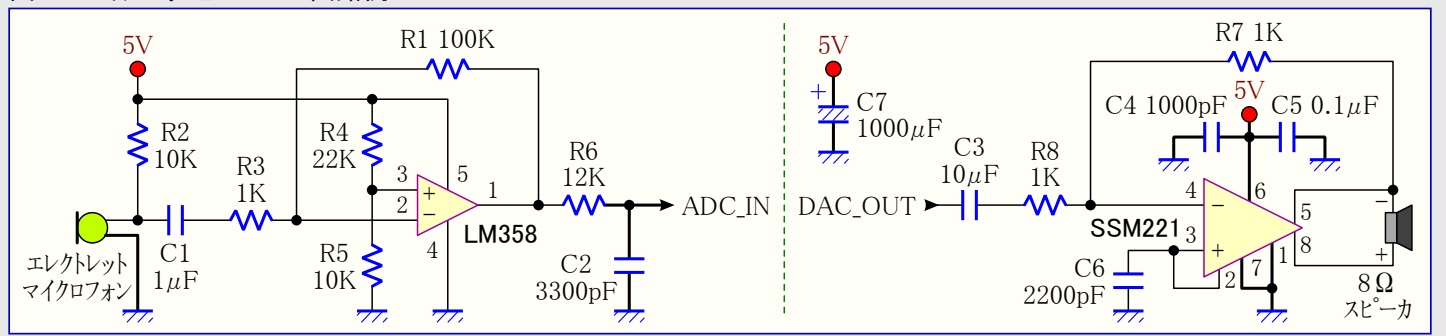
次図はATtiny817 Xplained Pro基板と必要とする拡張キット間で必要な接続を示します。EXT1ヘッダはSPI周辺機能代替位置経由でのSDカードだけでなく、マイクホンとスピーカの回路も接続します。EXT3ヘッダは録音、消去、再生を起動するのに使用される釦を接続します。この場合に拡張キットがATtiny817 Xplained Pro基板に直接コネクタ接続することができず、ジャンパ線を用いてそれに応じて接続されるべきことに注意されるべきです。これは(EXT1の場合に)他の信号へのアクセスを含み、(EXT3の場合に)必要とする機能に関連するピンが接続されないためです。

図4-2. Xplained Pro基板接続



マイクホンとスピーカの回路は少しの追加部品で簡単に作られます。この回路は利用可能なマイクホン、スピーカ、演算増幅器に応じて変更されるべきです。下図で例が示されます。

図4-3. マイクホンとスピーカの回路例



マイクホン増幅器は簡単な反転増幅器です。利得はR1とR3で設定されます(利得=R1/R3)。R2はマイクホンに対して適切なバイアス電圧を設定するのに使用され、C1は増幅器に至るまでのDC成分も防ぎます。R4とR5は変位(オフセット)を定義します。R6とC2は簡単な1次低域通過濾波器を形成します。加えて、R6は出力が短絡した場合のどの損傷からも増幅器を保護します。

スピーカ回路は音響用に特別に設計された増幅器を使用します。音響入力からスピーカへの利得はR7とR8によって設定されます(利得=2×R7/R8)。電源濾波はC4、C5、C7経由です。C6は電源雑音排除を強化するために接地への低インピーダンスAC経路を提供します。C3は高域通過濾波器を作成する入力結合コンデンサです。より多くの情報はSSM2211のデータシート(注)で見つけることができます。

注: <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/SSM2211.pdf>

4.2.1. SPI経由SDカードへの生データ書き込み

この応用記述に伴う例プロジェクトの1つはファイルシステムなしのデータ記憶用にSDカードを使用します。これはデータがSDカードに生形式で書かれて読まれることを意味します。使用されるインターフェースはSPIで、これを行うための処理はELM-Chanさんによってここ(注)で詳述されます。例プロジェクトに含まれるドライバファイルは複数セクタの読み書きを許し、効率的に格納されることを生データに許します。

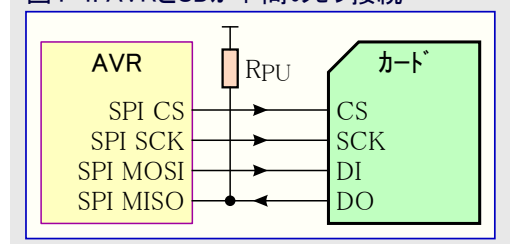
この処理はコードの大きさとカードの多忙時間を最小にしますが、ファイルシステムが使用されないため可搬性を許さず、従って容易に書かれたデータを読むのにPCを使用することができません。例プロジェクトをダウンロードする方法のより多くの情報については「[Atmel | STARTからのソースコード取得](#)」をご覧ください。

注: http://elm-chan.org/docs/mmc/mmc_e.html (本項でのイメージはここから供給されるイメージの変更版です。)

SPIでのSDカードインターフェース

本来のホストインターフェースなしでマルチメディアとSDカードの制御はカードのSPI動作形態を使用することによって可能です。AVRのSPI周辺機能は簡単のためにこれのために使用することができます。通信規約は相対的に簡単で、SPI動作形態0を使用します。SDカードに対するピン構成設定は右図で知ることができます。MISO信号はプルアップ抵抗でHighに引かれるべきです。

図4-4. AVRとSDカード間のピン接続



SPI命令と応答

どの操作も下図で描かれるような命令手順で始まります。命令フレームがSDカードに送られ、それは命令応答時間(NCR)以内に現在の状態を示す反応で返答し、それはSDカードに対して0~8バイトです。応答バイトに含まれるフラグは図4-6.で知ることができ、これに付加するR3とR7の応答が後続する32ビットデータを持つR1応答として定義されます。殆どの命令に対しては0の応答が成功と見做されます。SDカードで生データを格納するのに使用される命令の表は表4-1.で見ることができます。命令のより多くの情報はMMCAとSDCAからの仕様書で見つけることができます。

図4-5. 命令手順

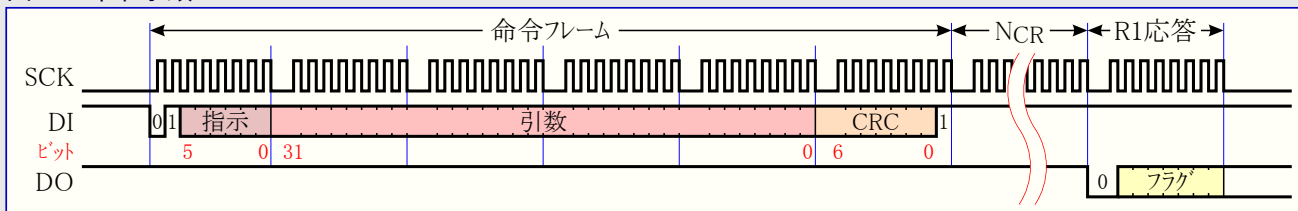


図4-6. SPI応答

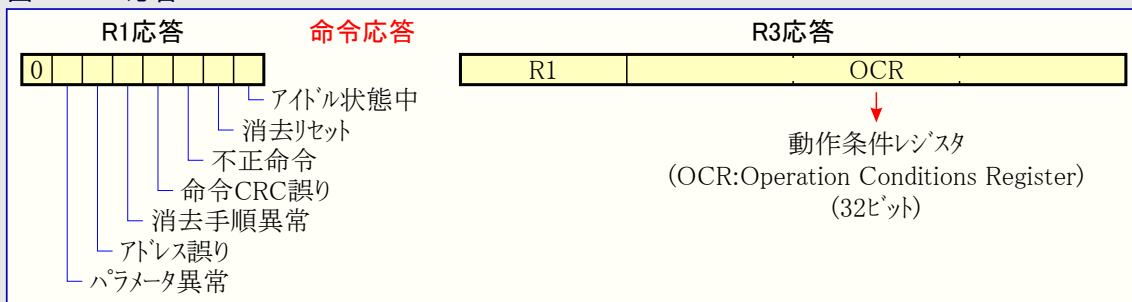


表4-1. 使用されるSPI命令

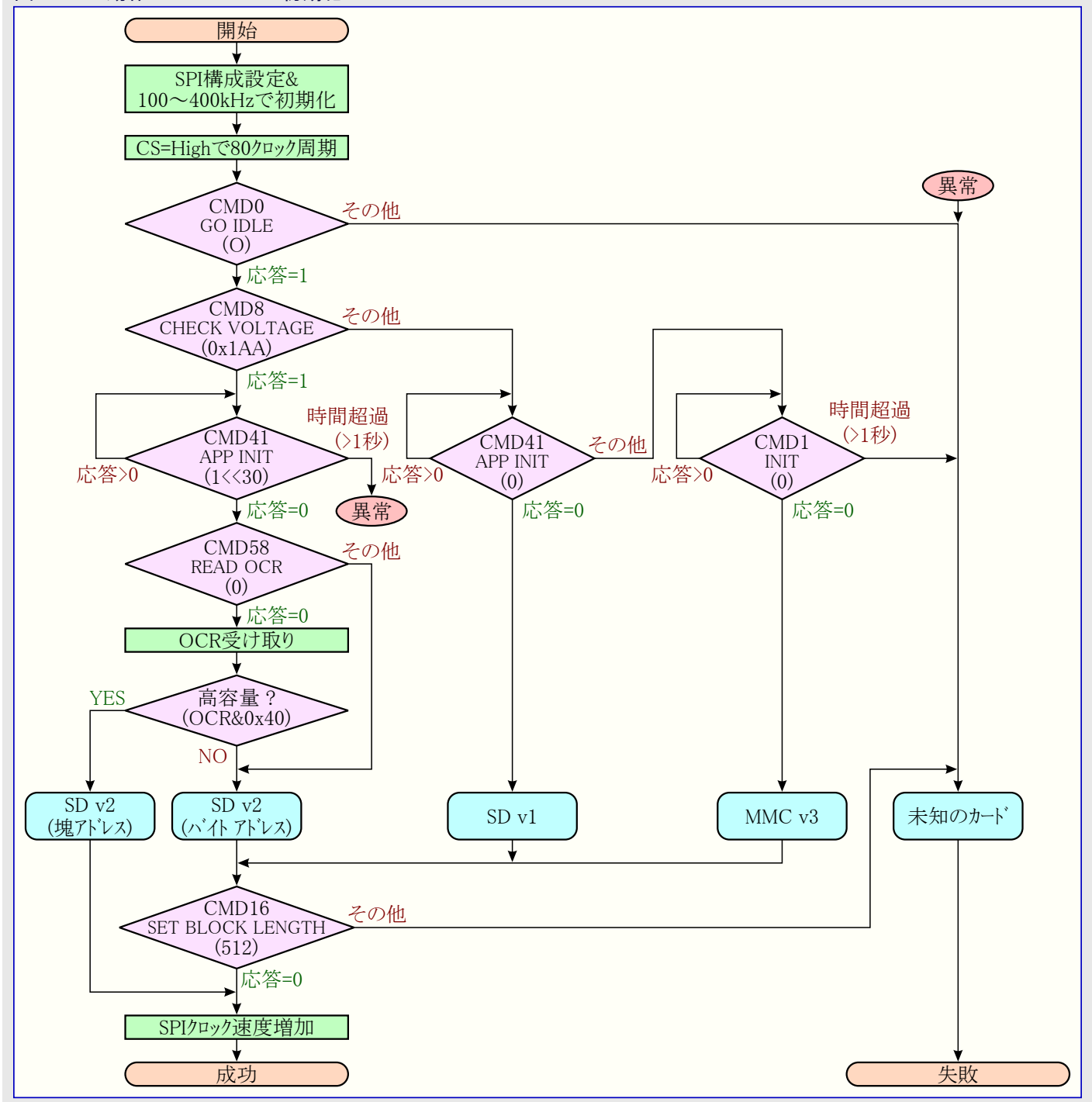
CMD指示	略語	説明
CMD0	GO_IDLE	ソフトウェアリセット
CMD1	INIT	初期化手順開始
ACMD41 (注)	APP_INIT	SDC専用、初期化手順開始
CMD8	CHECK_V	SDC v2専用、電圧範囲調査
CMD12	STOP_READ	データ読み取り停止
CMD16	SET_BLOCKLEN	読み書きの塊の大きさを変更
CMD18	READ_MULTI_BLOCK	複数塊読み取り
CMD25	WRITE_MULTI_BLOCK	複数塊書き込み
CMD55	ACMD_LEADING	ACMD<n>命令の先行命令
CMD58	READ_OCR	動作条件レジスタ読み取り

注: ACMD<n>はCMD55~CMD<n>の命令列を意味します。

初期化

SPI動作でSDカードを動かすための初期化処理が下図で描かれます。この関数はこの応用記述に伴うドライバファイルを使用する時に最初に呼ばれるべきです。この処理が継続的に失敗すると、SDカードは拡張キットのカードスロットで再挿入されることを必要とするかもしれません。

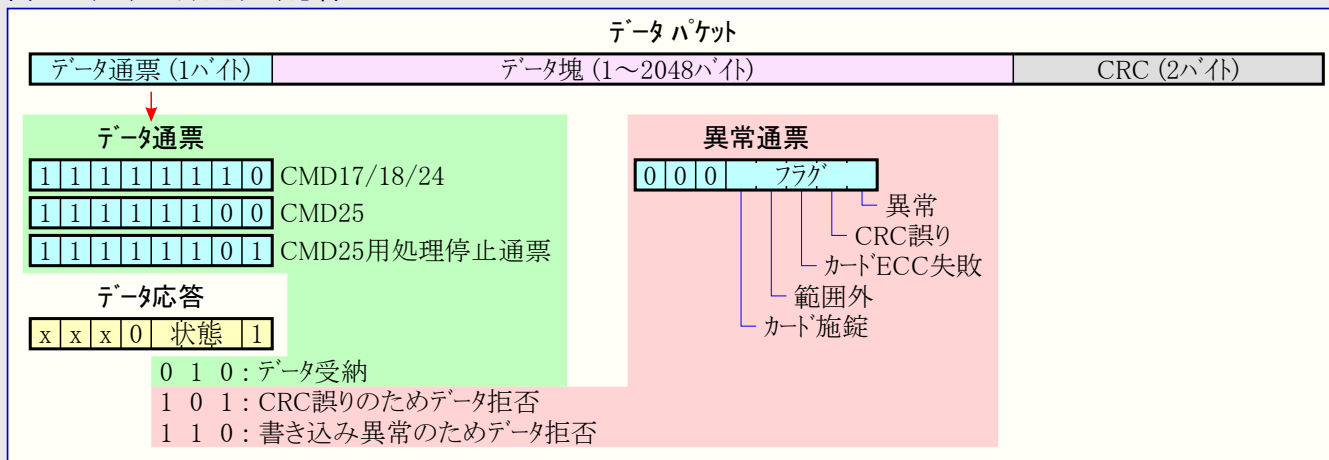
図4-7. SPI動作でのSDC/MMC初期化



データアクセス

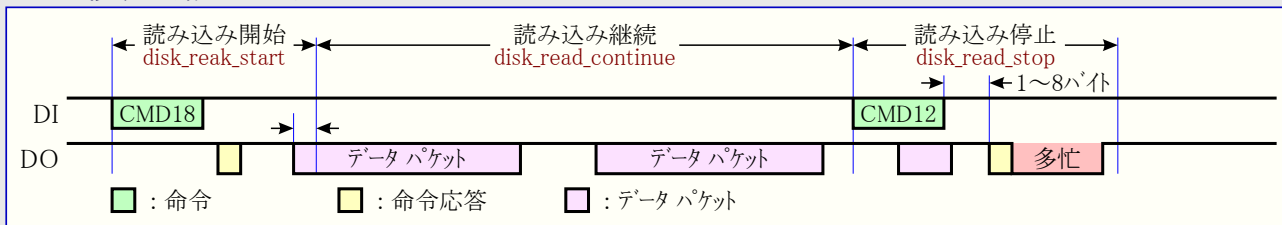
SDカードが一度正しく初期化されると、データ処理が可能です。データパケットの形式と関連する指示バイトは下図で知ることができます。データパケットは開始通票(データ通票)、データ自身(データ塊)、2バイトのCRC値から成ります。このパケット構造は読み取りと書き込みの両方を行う時に適用しますが、データ通票は進行中の操作に依存して変わります。異常通票は異常の事象で読む間にデータ通票を置き換えます。データ応答バイトは書き込み中の状態を含みます。

図4-8. データパケットとデータ応答



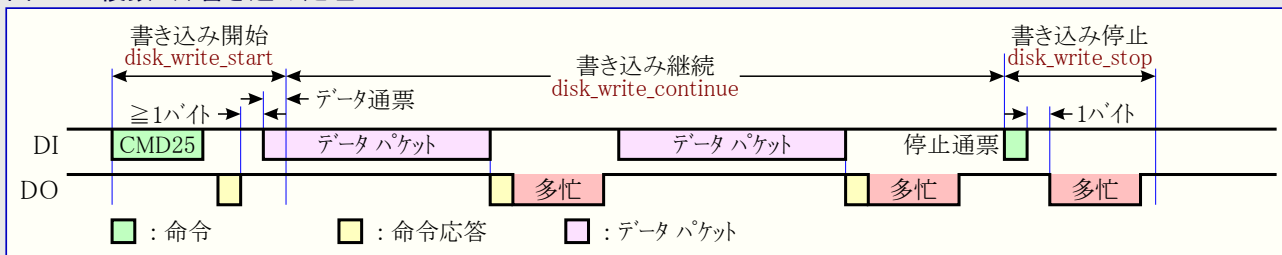
単一セクタ対複数セクタを読み書きする時に各種の命令が使用されます。含まれるドライバファイルは複数セクタの読み書きを使用し、読み書きのために開始、継続、停止の各関数の組で実装されます。SPIクロックがある時にだけカードが活性のため、操作は呼び出し間に任意の一時停止を持つ複数関数呼び出しに分割することができます。例えば、それらの任意一時停止はもっとデータを集めるのに使用することができます。下図は読み込み処理を全体的に示します。複数セクタ読み込みを実装するのに含まれるドライバファイルを使用すると、読み込み処理を開始するために関数を呼び、その後続いて読まれる各データパケットに対して読み込み継続関数を、その後読み込み処理の終了をカードに告げる読み込み停止関数を呼ぶ必要があります。読み込みを開始するための関数はCMD18送出を含み、命令応答を受け取って最初のデータパケットの始まりを示すためのデータ通票を待ちます。この戻りが成功なら、読み込み継続関数を用いてデータパケットを受信することが可能です。これはデータを受信し、データ塊が終了してCRCが受信されるべきである時の経緯を保ち、その後続いて以降のパケットのデータ通票を待ちます。データは繰り返して読み込み継続関数を呼ぶことによって継続的に受信することができます。望むデータ全てが読まれてしまうと、読み込み処理は読み込み停止関数を呼ぶことで終了され、これはカードにCMD12を送って命令応答を受信し、カードがもはや多忙でなくなるまで待ちます。

図4-9. 複数セクタ読み込み処理



複数セクタ書き込み処理は下図で描かれます。ドライバファイル使用時、書き込み処理を始めるために書き込み開始関数が最初に呼ばれるべきです。これはカードにCMD25を送って命令応答を受信し、最初のデータパケットを送る前に必要とされる1つの偽装バイトを送ります。書き込み継続関数はその後データを送るのに使用することができます。この関数はデータ塊が2つのCRCバイトによって後続される時の経緯も保ち、その後データ応答を確認してカード多忙時間の終了を待ちます。データは書き込み継続関数の継続的な呼び出しによって継続して送ることができます。必要な全てのデータがカードに書かれてしまうと、書き込み処理は書き込み停止関数を用いて終了されるべきです。これは全てのデータが送られたことをカードに示すために(CMD25に対するデータ通票の)停止通票を送ります。関数は最後のカード多忙事象が終わった後に戻ります。

図4-10. 複数セクタ書き込み処理



4.2.1.1. データ アクセス

前で定義した処理はAVRデバイスに対してデジタル的に記録された信号を外部的に格納するために提供された例プロジェクトに伴う1つで使用されます。これは内部メモリで不可能な規模でのデータ収集を実行することをATtiny817のような限定されたメモリを持つデバイスに許します。読み書き両方に対して記述された開始、継続、停止の関数が記録と再生の関数で使用されます。SPI動作でのSDカード使用はSPIクロックによって定義される速度と現在の緩衝部の最後がどれ位の速さで到達されるかによって定義される間隔での読み書きをデータに許します。

4.2.1.2. 制限

この応用記述はATtiny817のような制限されたメモリを持つデバイスを用いて複雑な作業を実行できることを実演します。けれども、この実装はいくつかの制限を持ちます。

データ可搬性

記録されたデジタル音声信号を表すデータはPCによって簡単に読むことができません。例えそれがSDカードに格納されていても、ファイルシステムが使用されておらず、故にデータは一般的なPCソフトウェアによって読むことができる構造でない生形式で格納されます。

電力安定性

データを格納するのに使用するSDカードは電源が或る水準以下になる場合に未定義状態に入るかもしれません(電源ON/OFF時にも関連)。これは初期化中とデータ書き込み時にSDカードが正しく応答することに帰着しますが、読み込み操作を実行しようとする時に異常を起こすかもしれません。これはスロットからカードを取り出して再挿入し、再初期化を起動することを必要とします。読み込みはその後に正しく実行され得ます。この状態は録音操作を正しく実行し、それに続く音なしでの再生と周期的なLEDの点滅によって示されます。SDカードが取り出されて再挿入された後、再び再生ボタンが押されるべきで、その時点で記録されたデータを成功裏に再生することができます。

5. Atmel | STARTからのソースコード取得

コード例は画像使用者インターフェース(GUI)を通して応用コードの形態設定を許すウェブに基づくAtmel | STARTを通して利用可能です。コードは下の直接コード例リンクまたはAtmel | START先頭頁のBROWSE EXAMPLES(例検索)卸経由Atmel Studio 7.0とIAR Embedded Workbench®の両方に対してダウンロードすることができます。

Atmel | STARTウェブ ページ : <http://start.atmel.com/>

コード例

AVR42777 デジタル録音器

- http://start.atmel.com/#example/Atmel%3Avoice_recorder_with_dac%3A1.0.0%3A%3AApplication%3AAVR42777_Digital_Sound_Recorder%3A

AVR42777 Parrot(鸚鵡)

- http://start.atmel.com/#example/Atmel%3Aparrot_feg%3A1.0.0%3A%3AApplication%3AAVR42777_Parrot%3A

例プロジェクトについての詳細と情報に関してはAtmel | STARTでUser guide(使用者の手引き)を押下してください。User guide卸はAtmel | STARTプロジェクト形態設定部内の一覧画面でプロジェクト名をクリックすることにより、例閲覧部で見つけることができます。

Atmel Studio

DOWNLOAD SELECTED EXAMPLE(選んだ例をダウンロード)をクリックすることにより、Atmel | STARTで例閲覧部からAtmel Studio用.a tzipファイルとしてコードをダウンロードしてください。Atmel | START内からファイルをダウンロードするには、EXPORT PROJECT(プロジェクトをエクスポート)に続いてDOWNLOAD PACK(一括ダウンロード)をクリックしてください。

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 7.0に導入されます。

IAR Embedded Workbench

IAR Embedded Workbenchでプロジェクトをインポートする方法の情報についてはAtmel | START使用者の手引きを開き、Using Atmel Start Output in External Tools(外部ツールでAtmel START出力を使用)とIAR Embedded Workbenchを選んでください。Atmel | START使用者の手引きへのリンクは共に頁の右上隅に置かれたAtmel | START先頭頁からAbout(これについて)またはプロジェクト形態設定部内のHelp And Support(手助けと支援)をクリックすることによって見つけることができます。

5.1. コード形態設定

この応用記述に伴って以下の2つのプロジェクトが利用可能です。

- AVR42777 デジタル録音器 : 記録データを格納するためにSDカード上で生データを使用
- AVR42777 Parrot(鸚鵡) : データ記憶用に直列DataFlashを使用

録音と再生を実装するのに共に同じ周辺機能構成設定を使用してください。

任意で、音質を増す(採取周波数増加)または可能な録音時間を増す(採取周波数減少)のどちらかのために採取周波数を変更することができます。これを行うには、単純に主ファイルの先頭で雑多定義の”SAMPLE_FREQ”を変更してください(これはどちらのプロジェクトが選ばれたかに依存してvoice_recorder.cまたはparrot.cのどちらかです)。

6. 改訂履歴

資料改訂	日付	注釈
42777A	2016年10月	初版資料公開
A	2017年9月	<ul style="list-style-type: none">• Micrchip形式に変換、Atmel資料番号42777Aを置換• [共通]から「関連デバイス」割り当てを追加、tinyAVR 1系統への参照に変更。影響を及ぼされる文章は「要点」• 「Atmel Startからのソースコード取得」を追加、STARTプロジェクトへの直接リンクで「不定物」を更新

Microchipウェブ サイト

Microchipは<http://www.microchip.com/>で当社のウェブ サイト経由でのオンライン支援を提供します。このウェブ サイトはお客様がファイルや情報を容易に利用可能にする手段として使用されます。お気に入りのインターネット ブラウザを用いてアクセスすることができ、ウェブ サイトは以下の情報を含みます。

- **製品支援** – データシートと障害情報、応用記述と試供プログラム、設計資源、使用者の手引きとハードウェア支援資料、最新ソフトウェア配布と保管されたソフトウェア
- **一般的な技術支援** – 良くある質問(FAQ)、技術支援要求、オンライン検討グループ、Microchip相談役プログラム員一覧
- **Microchipの事業** – 製品選択器と注文の手引き、最新Microchip報道発表、セミナーとイベントの一覧、Microchip営業所の一覧、代理店と代表する工場

お客様への変更通知サービス

Microchipのお客様通知サービスはMicrochip製品を最新に保つのに役立ちます。加入者は指定した製品系統や興味のある開発ツールに関連する変更、更新、改訂、障害情報がある場合に必ず電子メール通知を受け取ります。

登録するには<http://www.microchip.com/>でMicrochipのウェブ サイトをアクセスしてください。”Support”下で”Customer Change Notification”をクリックして登録指示に従ってください。

お客様支援

Microchip製品の使用者は以下のいくつかのチャネルを通して支援を受け取ることができます。

- 代理店または販売会社
- 最寄りの営業所
- 現場応用技術者(FAE:Field Application Engineer)
- 技術支援

お客様は支援に関してこれらの代理店、販売会社、または現場応用技術者(FAE)に連絡を取るべきです。最寄りの営業所もお客様の手助けに利用できます。営業所と位置の一覧はこの資料の後ろに含まれます。

技術支援は<http://www.microchip.com/support>でのウェブ サイトを通して利用できます。

Microchipデバイスコード保護機能

Microchipデバイスでの以下のコード保護機能の詳細に注意してください。

- Microchip製品はそれら特定のMicrochipデータシートに含まれる仕様に合致します。
- Microchipは意図した方法と通常条件下で使用される時に、その製品系統が今日の市場でその種類の最も安全な系統の1つであると考えます。
- コード保護機能を破るのに使用される不正でおそらく違法な方法があります。当社の知る限りこれらの方法の全てはMicrochipのデータシートに含まれた動作仕様外の方法でMicrochip製品を使用することが必要です。おそらく、それを行う人は知的財産の窃盗に関与しています。
- Microchipはそれらのコードの完全性について心配されているお客様と共に働きたいと思います。
- Microchipや他のどの半導体製造業者もそれらのコードの安全を保証することはできません。コード保護は当社が製品を”破ることができない”として保証すると言ったことを意味しません。

コード保護は常に進化しています。Microchipは当社製品のコード保護機能を継続的に改善することを約束します。Microchipのコード保護機能を破る試みはデジタル ミレียม著作権法に違反するかもしれません。そのような行為があなたのソフトウェアや他の著作物に不正なアクセスを許す場合、その法律下の救済のために訴権を持つかもしれません。

法的通知

デバイス応用などに関してこの刊行物に含まれる情報は皆さまの便宜のためにだけ提供され、更新によって取り換えられるかもしれません。皆さまの応用が皆さまの仕様に合致するのを保証するのは皆さまの責任です。Microchipはその条件、品質、性能、商品性、目的適合性を含め、明示的にも黙示的にもその情報に関連して書面または表記された書面または黙示の如何なる表明や保証もしません。Microchipはこの情報とそれの使用から生じる全責任を否認します。生命維持や安全応用でのMicrochipデバイスの使用は完全に購入者の危険性で、購入者はそのような使用に起因する全ての損害、請求、訴訟、費用からMicrochipを擁護し、補償し、免責にすることに同意します。他に言及されない限り、Microchipのどの知的財産権下でも暗黙的または違う方法で許認可は譲渡されません。

商標

Microchipの名前とロゴ、Microchipロゴ、AnyRate、AVR、AVRロゴ、AVR Freaks、BeaconThings、BitCloud、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、Heldo、JukeBlox、KeeLoq、KeeLoqロゴ、Kleer、LANCheck、LINK MD、maXStylus、maXTouch、MediaLB、megaAVR、MOST、MOSTロゴ、MPLAB、OptoLyzer、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32ロゴ、Prochip Designer、QTouch、RightTouch、SAM-BA、SpyNIC、SST、SSTロゴ、SuperFlash、tinyAVR、UNI/O、XMEGAは米国と他の国に於けるMicrochip Technology Incorporatedの登録商標です。

ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、Hyper Speed Control、HyperLight Load、IntelliMOS、mTouch、Precision Edge、Quiet-Wireは米国に於けるMicrochip Technology Incorporatedの登録商標です。

Adjacent Key Suppression、AKS、Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、BodyCom、chipKIT、chipKITロゴ、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、EtherGREEN、In-Circuit Serial Programming、ICSP、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、KleerNet、KleerNetロゴ、Mindi、MiWi、motorBench、MPASM、MPF、MPLAB Certifiedロゴ、MPLAB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、PureSilicon、QMatrix、RightTouchロゴ、REAL ICE、Ripple Blocker、SAM-ICE、Serial Quad I/O、SMART-I.S.、SQI、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Total Endurance、TSHARC、USBCheck、VariSense、View Sense、WiperLock、Wireless DNA、ZENAは米国と他の国に於けるMicrochip Technology Incorporatedの商標です。

SQTPは米国に於けるMicrochip Technology Incorporatedの役務標章です。

Silicon Storage Technologyは他の国に於けるMicrochip Technology Inc.の登録商標です。

GestICは他の国に於けるMicrochip Technology Inc.の子会社であるMicrochip Technology Germany II GmbH & Co. KGの登録商標です。

ここで言及した以外の全ての商標はそれら各々の会社の所有物です。

© 2017年、Microchip Technology Incorporated、米国印刷、不許複製

DNVによって認証された品質管理システム

ISO/TS 16949

Microchipはその世界的な本社、アリゾナ州のチャンドラーとテンペ、オレゴン州グラシャムの設計とウェハー製造設備とカリフォルニアとインドの設計センターに対してISO/TS-16949:2009認証を取得しました。当社の品質システムの処理と手続きはPIC[®] MCUとdsPIC[®] DSC、KEELOQ符号飛び回りデバイス、直列EEPROM、マイクロ周辺機能、不揮発性メモリ、アナログ製品用です。加えて、開発システムの設計と製造のためのMicrochipの品質システムはISO 9001:2000認証取得です。

日本語© HERO 2018.

本応用記述はMicrochipのAN2547応用記述(DS00002547A-2017年9月)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。

世界的な販売とサービス

米国	亜細亜/太平洋	亜細亜/太平洋	欧州
本社 2355 West Chandler Blvd. Chandler, AZ 85224-6199 Tel: 480-792-7200 Fax: 480-792-7277 技術支援: http://www.microchip.com/support ウェブアドレス: www.microchip.com アトランタ Duluth, GA Tel: 678-957-9614 Fax: 678-957-1455 オースチン TX Tel: 512-257-3370 ホストン Westborough, MA Tel: 774-760-0087 Fax: 774-760-0088 シカゴ Itasca, IL Tel: 630-285-0071 Fax: 630-285-0075 ダラス Addison, TX Tel: 972-818-7423 Fax: 972-818-2924 デトロイト Novi, MI Tel: 248-848-4000 ヒューストン TX Tel: 281-894-5983 インディアナポリス Noblesville, IN Tel: 317-773-8323 Fax: 317-773-5453 Tel: 317-536-2380 ロサンゼルス Mission Viejo, CA Tel: 949-462-9523 Fax: 949-462-9608 Tel: 951-273-7800 ローリー NC Tel: 919-844-7510 ニューヨーク NY Tel: 631-435-6000 サンホセ CA Tel: 408-735-9110 Tel: 408-436-4270 カナダ - トロント Tel: 905-695-1980 Fax: 905-695-2078	亜細亜太平洋支社 Suites 3707-14, 37th Floor Tower 6, The Gateway Harbour City, Kowloon 香港 Tel: 852-2943-5100 Fax: 852-2401-3431 オーストラリア - シドニー Tel: 61-2-9868-6733 Fax: 61-2-9868-6755 中国 - 北京 Tel: 86-10-8569-7000 Fax: 86-10-8528-2104 中国 - 成都 Tel: 86-28-8665-5511 Fax: 86-28-8665-7889 中国 - 重慶 Tel: 86-23-8980-9588 Fax: 86-23-8980-9500 中国 - 東莞 Tel: 86-769-8702-9880 中国 - 広州 Tel: 86-20-8755-8029 中国 - 杭州 Tel: 86-571-8792-8115 Fax: 86-571-8792-8116 中国 - 香港特別行政区 Tel: 852-2943-5100 Fax: 852-2401-3431 中国 - 南京 Tel: 86-25-8473-2460 Fax: 86-25-8473-2470 中国 - 青島 Tel: 86-532-8502-7355 Fax: 86-532-8502-7205 中国 - 上海 Tel: 86-21-3326-8000 Fax: 86-21-3326-8021 中国 - 瀋陽 Tel: 86-24-2334-2829 Fax: 86-24-2334-2393 中国 - 深圳 Tel: 86-755-8864-2200 Fax: 86-755-8203-1760 中国 - 武漢 Tel: 86-27-5980-5300 Fax: 86-27-5980-5118 中国 - 西安 Tel: 86-29-8833-7252 Fax: 86-29-8833-7256	中国 - 廈門 Tel: 86-592-2388138 Fax: 86-592-2388130 中国 - 珠海 Tel: 86-756-3210040 Fax: 86-756-3210049 インド - ハンガロール Tel: 91-80-3090-4444 Fax: 91-80-3090-4123 インド - ニューデリー Tel: 91-11-4160-8631 Fax: 91-11-4160-8632 インド - フネー Tel: 91-20-3019-1500 日本 - 大阪 Tel: 81-6-6152-7160 Fax: 81-6-6152-9310 日本 - 東京 Tel: 81-3-6880-3770 Fax: 81-3-6880-3771 韓国 - 大邱 Tel: 82-53-744-4301 Fax: 82-53-744-4302 韓国 - ソウル Tel: 82-2-554-7200 Fax: 82-2-558-5932 or 82-2-558-5934 マレーシア - クアラルンプール Tel: 60-3-6201-9857 Fax: 60-3-6201-9859 マレーシア - ペナン Tel: 60-4-227-8870 Fax: 60-4-227-4068 フィリピン - マニラ Tel: 63-2-634-9065 Fax: 63-2-634-9069 シンガポール Tel: 65-6334-8870 Fax: 65-6334-8850 台湾 - 新竹 Tel: 886-3-5778-366 Fax: 886-3-5770-955 台湾 - 高雄 Tel: 886-7-213-7830 台湾 - 台北 Tel: 886-2-2508-8600 Fax: 886-2-2508-0102 タイ - バンコク Tel: 66-2-694-1351 Fax: 66-2-694-1350	オーストリア - ウェルス Tel: 43-7242-2244-39 Fax: 43-7242-2244-393 デンマーク - コペンハーゲン Tel: 45-4450-2828 Fax: 45-4485-2829 フィンランド - エスポー Tel: 358-9-4520-820 フランス - パリ Tel: 33-1-69-53-63-20 Fax: 33-1-69-30-90-79 フランス - サンクルー Tel: 33-1-30-60-70-00 ドイツ - ガルヒング Tel: 49-8931-9700 ドイツ - ハーン Tel: 49-2129-3766400 ドイツ - ハイムブロン Tel: 49-7131-67-3636 ドイツ - カールスルーエ Tel: 49-721-625370 ドイツ - ミュンヘン Tel: 49-89-627-144-0 Fax: 49-89-627-144-44 ドイツ - ローゼンハイム Tel: 49-8031-354-560 イスラエル - ラーナナ Tel: 972-9-744-7705 イタリア - ミラノ Tel: 39-0331-742611 Fax: 39-0331-466781 イタリア - ハドバ Tel: 39-049-7625286 オランダ - デルフト Tel: 31-416-690399 Fax: 31-416-690340 ノルウェー - トロンハイム Tel: 47-7289-7561 ポーランド - ワルシャワ Tel: 48-22-3325737 ルーマニア - ブカレスト Tel: 40-21-407-87-50 スペイン - マドリッド Tel: 34-91-708-08-90 Fax: 34-91-708-08-91 スウェーデン - イェテボリ Tel: 46-31-704-60-40 スウェーデン - ストックホルム Tel: 46-8-5090-4654 イギリス - ウォーキングハム Tel: 44-118-921-5800 Fax: 44-118-921-5820