AVR350 : AVR用Xmodem CRC受信ユーティリティ

要点

- 設定可能なボーレート
- 半二重
- 128バイト データ パケット
- CRCデータ検証
- フレーミング誤り検出
- オーバーラン検出
- 1Kバイト未満のコード空間
- C高位言語コード

1. 序説

XMODEM規約は2つのコンピュータがお互いに話す簡単な方法として何年も前に作られました。その半二重動作、128バイト パケット、ACK/NACK応答、CRCデータ検査でのXMODEM規約は多くの応用内でこの方法に出会います。実際今日のPCで得られる殆どの通信物一式が使用者が利用可能なXMODEM規約を持ちます。

2. 動作の理屈

XMODEM規約は半二重通信規約です。パケット受信後に受信側はそのパケットに応答(ACK)または否定応答(NACK)のどちらかを行います。元のXMODEM規約は128バイト データ パケットを検証するために標準チェックサム法を用います。元の規約へのCRC拡張はデータ塊を確認するのにもっと強力な16ビットCRCを用い、そしてここで使われます。XMODEMは受信側駆動と見做すことができます。即ち、CRC形態でデータを受信する準備が整ったことを示す最初の文字"C"を送信側に送ります。その後に送信側は133バイトのパケットを送り、受信側はそれを確認してACKまたはNACKで応答し、その時に送信側は次のパケットを送るか、または最後のパケットを再送するかのどちらです。この手順は受信側でEOTが受信されるまで続けられ、送信側に正しくACK応答されます。最初のハンドシェーク後は受信側が送信側へのACKとNACKを通してデータの流れを制御します。

表2-1. XMODEM CRCパケット形式

バイト1	バイト2	バイト3	バイト4～131	バイト132～133
先頭部の開始	パケット番号	$\overline{\text{パケット番号}}$	パケット データ	16ビットCRC

3. 定義

規約流れ制御に次の定義が使われます。

表3-1. 規約流れ制御

符号名	説明	値
SOH	先頭部の開始	$01
EOT	送信の終了	$04
ACK	応答	$06
NACK	否定応用	$15
C	ASCII "C"	$43

XMODEM CRCパケットのバイト1はSOHまたはEOTの値を持つことだけができ、他の何でもそれは誤りです。バイト2と3はチェックサムを持つパケット番号を形成し、2つのバイトを共に加えると、それらは常に$FFと等しくなるべきです。パケット番号が"1"で始まり、255よりも多く受信されるべきパケットがある場合に"0"へ丸められることに注意してください。バイト4～131はデータ パケットを形成し、何にでもできます。バイト132と133は16ビットCRCを形成します。CRCの上位バイトはバイト132に配置されます。

8ビット AVR® 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. 1472D-01/08, 1472DJ2-04/21

4. 同期

受信側は塊確認にCRC法を使いたいと思うことを示すASCIIの"C"($43)文字を送信側へ送ることによって始めます。最初の"C"送信後に受信側は3秒の時間超過または緩衝部満ﾌﾗｸﾞが設定されるまでのどちらかを待ちます。受信側が時間超過なら、別の"C"が送信側に送られ、3秒の時間経過が再び始まります。この手順は受信側が完全な133ﾊﾞｲﾄ ﾊﾟｹｯﾄを受信するまで続きます。

5. 受信側の考慮

この規約のNACKは以下の状態です。

1. 何れかのﾊﾞｲﾄでのﾌﾚｰﾐﾝｸﾞ誤り
2. 何れかのﾊﾞｲﾄでのｵｰﾊﾞｰﾗﾝ異常
3. CRC誤り
4. 受信側時間超過(1秒以内にﾊﾟｹｯﾄを受信しない)

どのNACKでも送信側は最後のﾊﾟｹｯﾄを再送信します。項目1.と項目2.は深刻なﾊｰﾄﾞｳｪｱ誤りが考慮されるべきです。送信側と受信側が同じﾎﾞｰﾚｰﾄ、ﾃﾞｰﾀ ﾋﾞｯﾄ数、停止ﾋﾞｯﾄを使っていることを確認してください。項目3.は雑音の多い環境で出会い、最後の問題は受信側が送信側にNACKを行った後に自己修正されるべきです。

6. ﾃﾞｰﾀの流れ構成表

下のﾃﾞｰﾀの流れ構成表は送られつつある5つのﾊﾟｹｯﾄ列を模擬的に再現します。

表6-1. ﾃﾞｰﾀの流れ構成表

送信側					方向	受信側
					←	"C"
						(3秒後に時間超過)
					←	"C"
SOH	$01	$FE	ﾃﾞｰﾀ	CRC	→	ﾊﾟｹｯﾄOK
					←	ACK
SOH	$02	$FD	ﾃﾞｰﾀ	CRC	→	(ﾃﾞｰﾀ転送中に通信線障害)
					←	NACK
SOH	$02	$FD	ﾃﾞｰﾀ	CRC	→	ﾊﾟｹｯﾄOK
					←	ACK
SOH	$03	$FC	ﾃﾞｰﾀ	CRC	→	ﾊﾟｹｯﾄOK
(ACKが誤って伝播)					←	ACK
SOH	$03	$FC	ﾃﾞｰﾀ	CRC	→	(重複ﾊﾟｹｯﾄ)
					←	ACK
SOH	$04	$FB	ﾃﾞｰﾀ	CRC	→	(何れかのﾊﾞｲﾄでUARTﾌﾚｰﾐﾝｸﾞ誤り)
					←	NACK
SOH	$04	$FB	ﾃﾞｰﾀ	CRC	→	ﾊﾟｹｯﾄOK
					←	ACK
SOH	$05	$FA	ﾃﾞｰﾀ	CRC	→	(何れかのﾊﾞｲﾄでUARTｵｰﾊﾞｰﾗﾝ異常)
					←	NACK
SOH	$05	$FA	ﾃﾞｰﾀ	CRC	→	ﾊﾟｹｯﾄOK
					←	ACK
EOT					→	ﾊﾟｹｯﾄOK
(ACKが誤って伝播)					←	ACK
EOT					→	ﾊﾟｹｯﾄOK
(通信終了)					←	ACK

7. 受信側規約への変更

使用者は同期中にどれ位"C"が送られたかを数え、その後で"n"回の試行で受信の試みを中止したいと思います。組み込み応用に関して128ﾊﾞｲﾄ ﾊﾟｹｯﾄを持つことは必須ではありません。64, 32, または16ﾊﾞｲﾄのﾊﾟｹｯﾄさえも持つことができます。勿論、送信側がこれを理解しなければなりません。

使用者がﾃﾞｰﾀ検証のCRC法を使いたいと思わないなら、単に同期用の"C"送信を代わりにNACKで置き換えてください。送信側はその後に単純なﾁｪｯｸｻﾑだけのﾃﾞｰﾀ ﾊﾟｹｯﾄを送ります。勿論、緩衝部の大きさは1つ減ってﾃﾞｰﾀ誤りが起きるかもしれません。この変更はﾃﾞｰﾀ検証のﾁｪｯｸｻﾑ法しか支援しない装置での通信を許すでしょう。

8. ｿﾌﾄｳｪｱ

ﾙｰﾁﾝは高最適化でIAR Workbench 4.11A版を用いてｺﾝﾊﾟｲﾙされました。ｿﾌﾄｳｪｱは115.2Kまでのﾎﾞｰﾚｰﾄでﾊｲﾊﾟｰﾀｰﾐﾅﾙを用いて検査されました。受信側は8ﾃﾞｰﾀ ﾋﾞｯﾄ、1停止ﾋﾞｯﾄ、ﾊﾟﾘﾃｨなしを意図します。

8MHz校正付き内蔵RC発振器で走行するATmega88用の試験基盤としてSTK500ｽﾀｰﾀ ｷｯﾄが使われます。これは38.4Kまでのﾎﾞｰﾚｰﾄ動作に関して室温に於いて充分な精度です。より高いﾎﾞｰﾚｰﾄについては、UARTﾎﾞｰﾚｰﾄ ﾚｼﾞｽﾀ(UBRR0)を正しく構成設定するように変更した初期化ﾙｰﾁﾝと共に、基板上の3.6864MHz発振器または7.3728MHzｸﾘｽﾀﾙが使われるべきです。sendcとrecv_waitのﾙｰﾁﾝ内の待機繰り返しも変更が必要です。

STK500でこのｺｰﾄﾞの正しい動作を確認するために以下を接続してください。

- PD0を"RS232 SPARE"のRXDへ
- PD1を"RS232 SPARE"のTXDへ
- PD2をｽｲｯﾁSW0へ

ｼﾞｬﾝﾊﾟ位置と定義についてはSTK500使用者の手引きを参照してください。PCからSTK500の"RS232 SPARE"ﾎﾟｰﾄに9ﾋﾟﾝのｼﾘｱﾙｹｰﾌﾞﾙを接続し、電源をONにして受信信号の開始としてSW0を使ってください。ｺｰﾄﾞを実行するためにSCKT3200A2ｿｹｯﾄに合ったATmega48/88/168を使ってください。

表8-1. ﾌｧｲﾙ一覧

ﾌｧｲﾙ名	量 (ﾊﾞｲﾄ)	機能
calcrc	46	16ﾋﾞｯﾄCRC計算
init	36	低位ﾊｰﾄﾞｳｪｱ初期化
purge	50	1秒間UARTﾃﾞｰﾀ ﾚｼﾞｽﾀ読み込み
receive	52	主受信ﾙｰﾁﾝ
recv_wait	46	緩衝部満ﾌﾗｸﾞが設定または1秒時間経過まで待機
respond	56	送信側へACKまたはNACKを送信
sendc	100	緩衝部満ﾌﾗｸﾞが設定されるまで送信側にASCII "C"文字を送信
timer1	14	ﾀｲﾏ/ｶｳﾝﾀ1割り込み
uart	96	UART受信割り込み
validate_pakect	136	送信側のﾊﾟｹｯﾄ確認
xmodem	42	主ﾙｰﾁﾝ

9. 擬似ｺｰﾄﾞ

9.1. purge.c

1秒間UARTを読む1秒遅延用計時器をﾀｲﾏ/ｶｳﾝﾀ1で初期化

9.2. receive.c

受信緩衝部満まで送信側へ'C'文字を送信
受信ﾊﾟｹｯﾄ確認、送信側へACKまたはNACK送信
　ﾊﾟｹｯﾄが不良だったなら、新しい良好なﾊﾟｹｯﾄを待機
送信の最後でなければ以下繰り返し
　緩衝部満待機
　ﾊﾟｹｯﾄ確認
　受信したﾃﾞｰﾀで活動または異常監視
　送信側にACKまたはNACKを送信

9.3. recv_wait.c

1秒遅延用計時器をﾀｲﾏ/ｶｳﾝﾀ1で初期化
緩衝部満または時間超過まで待機

9.4. respond.c

異常ﾌﾗｸﾞ解除
ﾊﾟｹｯﾄが良好または送信の終了ならば、
　ACKを送信
さもなければ、
　送信側UART送信緩衝部を一掃
　NACKを送信

9.5. sendc.c

3秒遅延用計時器をﾀｲﾏ/ｶｳﾝﾀ1で初期化
　異常ﾌﾗｸﾞ解除
緩衝部が満でなければ以下繰り返し
　送信側にCRC形態を合図する'C'文字を送信
計時計数器許可
　緩衝部満または時間超過待機
時間超過なら、異常ﾌﾗｸﾞ解除
　計時器再始動

9.6. uart.c

ﾌﾚｰﾐﾝｸﾞまたはｵｰﾊﾞｰﾗﾝの異常に関してUART検査
　UARTからﾊﾞｲﾄ読み込み
受信緩衝部内の最初のﾊﾞｲﾄが有効か確認
　緩衝部満杯ならば、緩衝部満ﾌﾗｸﾞを設定

9.7. validate_packet.c

時間超過でなければ、
　UARTのﾌﾚｰﾐﾝｸﾞとｵｰﾊﾞｰﾗﾝの異常が無ければ、
　　緩衝部内の最初の文字がSOHならば、
　　緩衝部内の2つ目の文字が次のﾊﾟｹｯﾄ番号ならば、
　　緩衝部内の2つ目の文字 + 緩衝部内の2つ目の文字 = $FFならば、
　　ﾊﾟｹｯﾄ ﾃﾞｰﾀのCRCを計算
　　CRCがOKならば、
　　ﾊﾟｹｯﾄ番号進行(+1)
　　pakect=good
　　さもなければ、
　　pakect=bad
　　さもなければ、
　　ﾊﾟｹｯﾄ番号ﾁｪｯｸｻﾑ不良
　　さもなければ、
　　ﾊﾟｹｯﾄ番号重複
　　さもなければ、
　　緩衝部内の最初の文字がEOTならば、
　　送信(通信)終了
　さもなければ、
　　最低1ﾊﾞｲﾄでﾌﾚｰﾐﾝｸﾞまたはｵｰﾊﾞｰﾗﾝの異常、ﾊﾟｹｯﾄは不良
さもなければ、
　全文字を受信することなく時間超過、ﾊﾟｹｯﾄは不良

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
東熱新川ﾋﾞﾙ 9F
ｱﾄﾒﾙ ｼﾞｬﾊﾟﾝ株式会社
TEL (81) 03-3523-3551
FAX (81) 03-3523-7581

製品窓口

ｳｪﾌﾞｻｲﾄ
www.atmel.com

技術支援
avr@atmel.com

販売窓口
www.atmel.com/contacts

文献請求
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のｳｪﾌﾞ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 2008. **不許複製** Atmel®、ﾛｺﾞ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* 2021.

本応用記述はAtmelのAVR350応用記述(doc1472.pdf Rev.1472D-01/08)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訳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。