Atmel

AVR306 : tinyAVRとmegaAVRでのAVR USARTの使い方

応用記述

序説

この応用記述は非同期動作でAVRデバイスのUSART/UARTを使うためのコート、例を提供します。tinyAVR®とmegaAVR®デバイスの殆どは同期と非同期の両方の転送を実行することができるUSART周辺機能を持ちます。

同期直列データ転送を実行する能力を持たないUART周辺機能を持つAVRデバイスに対しては、この応用記述と共に利用可能zipファイルで独立した例が提供されます。

要点

- ・非同期動作でのAVR USART/UARTの構成設定と使い方
- ・ポーリングと割り込みで制御されるUSART/UART用コード例

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。

- X -

序言	党・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	1
~ "	튟 ••••••••••••••••••••••••••••••••••••	-
	USART転送法 ····································	
	1.1. ポーリング転送 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
	1.2. 割り込み制御転送 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
	ホ ゙ーレート生成部 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
	ボ−レ−ト設定の例 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	-
	コード例について ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
	例の試験 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
	参考文献 ••••••••••••••••••••••••••••••••••••	
7.	改訂履歴 ••••••••••••••••••••••••••••••••••••	3

1. USART転送法

UASRT/UARTと通してCPUがデータを転送するのにはポーリング転送と割り込み制御転送の2つの方法があります。

表1-1. ポーリング/割り込み制御USARTルーチンの特性									
ホ [°] ーリンク [*] USART	割り込み制御USART								
簡潔なコード	妥当なコード量								
通信中多忙な応用	通信中自由な応用								

1.1. ホーリング転送

応用はUSARTがバイトの送信を終えた時を認識するためにUSART制御/状態レジスタA(UCSRA)内の送信データレジスタ空き(UDRE)フラ グを継続的に調べます。データ受信時、応用はUSARTがバイトの受信を完了した時を認識するためにUSART制御/状態レジスタA内の 受信完了(RXC)フラグを継続的に調べます。この場合、CPUはバイトの受信を待ってその後に更なる処理を続行します。

1.2. 割り込み制御転送

割り込み制御転送では、USARTがバイの送信または受信を終えた時にUSARTが割り込みを生成します。故にCPUはUSART単位部 がバイトを送信または受信する間に他の関数を実行することができます。割り込み制御転送に対してはUSART単位部の受信と送信の 機能に対応する割り込みが許可されるべきです。これに加えてステータスレジスタ(SREG)内の全体割り込み許可(I)ビットは割り込みが許 可されるように設定(1)されなければなりません。

2. ボーレート生成部

USARTボーレートレジスタ(UBRRx)とそれに接続される下降計数器は設定可能な前置分周器またはボーレート生成部として機能します。シ ステム クロック(fosc)で走行する、この下降計数器は計数器が0に下降計数した時毎に、またはUBRRxレジスタが書かれた時にUBRRx値 で設定されます。クロックはこの計数器が0に達する時毎に生成されます。

3. ボーレート設定の例

下表は内部的に生成されたクロック元を使う各動作形態に対する(秒当たりのビット数(bps)での)ボーレートとUBRR値を計算するための式を含みます。

表3-1. ボーレート レジスタ(UBRR)設定を計算するための式											
動作種別	ボーレート計算式	UBRR值計算式									
標準速非同期動作(U2X=0)	$BAUD = \frac{f_{OSC}}{16 \times (UBRR+1)}$	$UBRR = \frac{f_{OSC}}{16 \times BAUD} - 1$									
倍速非同期動作(U2X=1)	$BAUD = \frac{f_{OSC}}{8 \times (UBRR+1)}$	$UBRR = \frac{f_{OSC}}{8 \times BAUD} - 1$									
同期主装置動作	$BAUD = \frac{f_{OSC}}{2 \times (UBRR+1)}$	$UBRR = \frac{f_{OSC}}{2 \times BAUD} - 1$									

注: ボーレートは転送速度(ビット/秒(bps))で定義されます。

標準的なクリスタル発振子やセラミック振動子の周波数に対して最も共通して使われる非同期動作のボーレートは、以下の表で一覧されるようにUBRR設定を使うことによって生成できます。目的のボーレートに対して設定誤差1.5%(標準速:U2X=0)、1.0%(倍速:U2X=1)以上を 赤字で示します(訳注:原書の本文は0.5%未満を太字)。より高い誤差率でも受け入れ可能ですが、特に長い直列フレームで誤差率が 高いと、受信部は雑音耐性が低下します。誤差率は次式を使って計算されます。

<u> </u>	UBRRn設定ボーレート(最近似値) 目的のボーレート	1	×100(%)
	目的のホーレート	- 1 /	× 100(%)

Atmel

BAUD :ボーレート (bps)

UBRR : UBRRHとUBRRLレジスタ値 (0~4095)

fosc :システム発振器クロック周波数

表3-2. 一般的に使われる発振器周波数に対するUBRR設定の例

ボーレート		1M	lHz			1.843	2MHz			2M	Hz			2.457	6MHz	
	U2X= <mark>0</mark>		U2	U2X=1		U2X= <mark>0</mark>		2X=1	U2X= <mark>0</mark>		U2X=1		U2	X= <mark>0</mark>	U2X=1	
(bps)	UBRR	誤差(%)	UBRR	誤差(%)	UBRR	誤差(%)	UBRR	誤差(%)	UBRR	誤差(%)	UBRR	誤差(%)	UBRR	誤差(%)	UBRR	誤差(%)
1200	51	0.2	103	0.2	95	0.0	191	0.0	103	0.2	207	0.2	127	0.0	255	0.0
2400	25	0.2	51	0.2	47	0.0	95	0.0	51	0.2	103	0.2	63	0.0	127	0.0
4800	12	0.2	25	0.2	23	0.0	47	0.0	25	0.2	51	0.2	31	0.0	63	0.0
9600	6	-7.0	12	0.2	11	0.0	23	0.0	12	0.2	25	0.2	15	0.0	31	0.0
14400	3	8.5	8	-3.5	7	0.0	15	0.0	8	-3.5	16	2.1	10	-3.0	20	1.6
19200	2	8.5	6	-7.0	5	0.0	11	0.0	6	-7.0	12	0.2	7	0.0	15	0.0
28800	1	8.5	3	8.5	3	0.0	7	0.0	3	8.5	8	-3.5	4	6.7	10	-3.0
38400	1	-18.6	2	8.5	2	0.0	5	0.0	2	8.5	6	-7.0	3	0.0	7	0.0
57600	0	8.5	1	8.5	1	0.0	3	0.0	1	8.5	3	8.5	2	-11.1	4	6.7
76800	0	-18.6	1	-18.6	1	-25.0	2	0.0	1	-18.6	2	8.5	1	0.0	3	0.0
115.2k	-	—	0	8.5	0	0.0	1	0.0	0	8.5	1	8.5	0	33.3	2	-11.1
230.4k	_	_	0	-45.7	0	-50.0	0	0.0	0	-45.7	0	8.5	0	-33.3	0	33.3
250k	-	_	-	-	-	—	0	-7.8	-	—	0	0.0	—	_	0	22.9
最高速	62	500	12	25k	11	5.2k	23	0.4k	12	25k	2	50k	15	3.6k	30	7.2k

ボーレート		3.276	8MHz			3.686	4MHz			4M	lHz			4.608	3MHz	
(bps)	U2X= <mark>0</mark>			U2X=1		X= <mark>0</mark>	U2	X=1		2X= <mark>0</mark>	U2X=1		U2	X= <mark>0</mark>	U2X=1	
(ups)	UBRR	誤差(%)	UBRR	誤差(%)	UBRR	誤差(%)	UBRR	誤差(%)	UBRR	誤差(%)	UBRR	誤差(%)	UBRR	誤差(%)	UBRR	誤差(%)
1200	170	-0.2	340	0.1	191	0.0	384	0.0	207	0.2	416	-0.1	239	0.0	479	0.0
2400	84	0.4	170	-0.2	95	0.0	191	0.0	103	0.2	207	0.2	119	0.0	239	0.0
4800	42	-0.8	84	0.4	47	0.0	95	0.0	51	0.2	103	0.2	59	0.0	119	0.0
9600	20	1.6	42	-0.8	23	0.0	47	0.0	25	0.2	51	0.2	29	0.0	59	0.0
14400	13	1.6	27	1.6	15	0.0	31	0.0	16	2.1	34	-0.8	19	0.0	39	0.0
19200	10	-3.0	20	1.6	11	0.0	23	0.0	12	0.2	25	0.2	14	0.0	29	0.0
28800	6	1.6	13	1.6	7	0.0	15	0.0	8	-3.5	16	2.1	9	0.0	19	0.0
38400	4	6.7	10	-3.0	5	0.0	11	0.0	6	-7.0	12	0.2	7	-6.3	14	0.0
57600	3	-11.1	6	1.6	3	0.0	7	0.0	3	8.5	8	-3.5	4	0.0	9	0.0
76800	2	-11.1	4	6.7	2	0.0	5	0.0	2	8.5	6	-7.0	3	-6.3	7	-6.3
115.2k	1	-11.1	3	-11.1	1	0.0	3	0.0	1	8.5	3	8.5	2	-16.7	4	0.0
230.4k	0	-11.1	1	-11.1	0	0.0	1	0.0	0	8.5	1	8.5	0	25.0	2	-16.7
250k	—	—	1	-18.1	0	-7.8	1	-7.8	0	0.0	1	0.0	0	15.2	1	15.2
500k	_	_	0	-18.1	_	_	0	-7.8	_	_	0	0.0	0	-42.4	0	15.2
1M	_	—	—	-	—	_	—	-	_	-	_	—	_	—	0	-42.4
最高速	20	4.8k	40	9.6k	23	0.4k	46	0.8k	2	50k	50	00k	28	38k	5	76k

ボーレート	4.9152MHz				6.144	I MHz			7.372	8MHz			8M	lHz		
\sqrt{bps}	U2X= <mark>0</mark>		U2	2X=1	U2	2X= <mark>0</mark>		2X=1	U2	2X= <mark>0</mark>	U2	2X=1	U2	2X= <mark>0</mark>	U2	2X=1
(ups)	UBRR	誤差(%)	UBRR	誤差(%)	UBRR	誤差(%)	UBRR	誤差(%)	UBRR	誤差(%)	UBRR	誤差(%)	UBRR	誤差(%)	UBRR	誤差(%)
1200	255	0.0	511	0.0	319	0.0	639	0.0	383	0.0	767	0.0	416	-0.1	832	0.0
2400	127	0.0	255	0.0	159	0.0	319	0.0	191	0.0	383	0.0	207	0.2	416	-0.1
4800	63	0.0	127	0.0	79	0.0	159	0.0	95	0.0	191	0.0	103	0.2	207	0.2
9600	31	0.0	63	0.0	39	0.0	79	0.0	47	0.0	95	0.0	51	0.2	103	0.2
14400	20	1.6	42	-0.8	26	-1.2	52	0.6	31	0.0	63	0.0	34	-0.8	68	0.6
19200	15	0.0	31	0.0	19	0.0	39	0.0	23	0.0	47	0.0	25	0.2	51	0.2
28800	10	-3.0	20	1.6	12	2.6	26	-1.2	15	0.0	31	0.0	16	2.1	34	-0.8
38400	7	0.0	15	0.0	9	0.0	19	0.0	11	0.0	23	0.0	12	0.2	25	0.2
57600	4	6.7	10	-3.0	6	-4.8	12	2.6	7	0.0	15	0.0	8	-3.5	16	2.1
76800	3	0.0	7	0.0	4	0.0	9	0.0	5	0.0	11	0.0	6	-7.0	12	0.2
115.2k	2	-11.1	4	6.7	2	11.1	6	-4.8	3	0.0	7	0.0	3	8.5	8	-3.5
230.4k	1	33.3	2	-11.1	1	-16.7	2	11.1	1	0.0	3	0.0	1	8.5	3	8.5
250k	1	22.9	2	-18.1	1	-23.2	2	2.4	1	-7.8	3	0.0	1	0.0	3	0.0
500k	0	-38.6	0	22.9	0	-23.2	1	-23.2	0	-7.8	1	-7.8	0	0.0	1	0.0
1M	1	_	0	-38.6	-	_	0	-23.2	-	_	0	-7.8	—	_	0	0.0
最高速	最高速 307.2k 614.4k		4.4k	384k 768i			68k	460.8k 921.6k				500k 1N			М	
〕 注· 最喜	市け口	BBB=0	<u> </u>	0.0%です	- D	降の周	波粉け	次百へ終	志く							

注: 最高速はUBRR=0、誤差=0.0%です。 以降の周波数は次頁へ続く。

(訳注)原書では表番号3-2.~5.となっていますが、纏めて表3-2.としました。原書に対して数種の発振周波数を追加しました。

	196 - 7.	- 股的に 9.216	6MHz				4MHz		2 123	101	ЛНz		11.0592MHz			
ボーレート	U2	X=0		2X=1	U2	2X=0		X=1	U2	2X=0		2X=1	U2	2X= <mark>0</mark>		2X=1
(bps)		誤差(%)		誤差(%)		誤差(%)		誤差(%)		誤差(%)		誤差(%)		誤差(%)		誤差(%)
1200	479	0.0	959	0.0	511	0.0	1023	0.0	520	-0.0	1041	-0.0	575	0.0	1151	0.0
2400	239	0.0	479	0.0	255	0.0	511	0.0	259	0.2	520	-0.0	287	0.0	575	0.0
4800	119	0.0	239	0.0	127	0.0	255	0.0	129	0.2	259	0.2	143	0.0	287	0.0
9600	59	0.0	119	0.0	63	0.0	127	0.0	64	0.2	129	0.2	71	0.0	143	?0.0
14400	39	0.0	79	0.0	42	-0.8	84	0.4	42	0.9	86	-0.2	47	0.0	95	0.0
19200	29	0.0	59	0.0	31	0.0	63	0.0	32	-1.4	64	0.2	35	0.0	71	0.0
28800	19	0.0	39	0.0	20	1.6	42	-0.8	21	-1.4	42	0.9	23	0.0	47	0.0
38400	14	0.0	29	0.0	15	0.0	31	0.0	15	1.8	32	-1.4	17	0.0	35	0.0
57600	9	0.0	19	0.0	10	-3.0	20	1.6	10	-1.4	21	-1.4	11	0.0	23	0.0
76800	7	6.7	14	0.0	7	0.0	15	0.0	7	1.8	15	1.8	8	0.0	17	0.0
115.2k	4	0.0	9	0.0	4	6.7	10	-3.0	4	8.5	10	-1.4	5	0.0	11	0.0
230.4k	2	-16.7	4	0.0	2	-11.1	4	6.7	2	-9.6	4	8.5	2	0.0	5	0.0
250k	1	15.2	4	-7.8	1	-23.2	4	-1.7	2	-16.7	4	0.0	2	-7.8	5	-7.8
500k	0	15.2	1	15.2	0	22.9	1	22.9	0	25.0	2	-16.7	0	38.2	2	-7.8
1M	0	-42.4	0	15.2	0	-38.6	0	22.9	0	-37.5	0	25.0	0	-30.9	0	38.2
最高速	576k 1.152M			614.4k 1.2288M				6	25k	1.2	25M	691.2k 1.3824M				
*_L-k			56MHz				ИНz				20MHz				ИНz	
ホ[*]ーレート (bps)		2X= <mark>0</mark>	U2	2X=1		2X= <mark>0</mark>	U2	2X=1		2X= <mark>0</mark>	U2	2X=1		2X= <mark>0</mark>	U2	2X=1
(bps)	UBRR	X= <mark>0</mark> 誤差(%)	U2 UBRR	誤差(%)	UBRR	X= <mark>0</mark> 誤差(%)	U2 UBRR	誤差(%)	UBRR	X= <mark>0</mark> 誤差(%)	U2 UBRR	誤差(%)	UBRR	2X= <mark>0</mark> 誤差(%)	U2 UBRR	誤差(%)
(bps) 1200	UBRR 767	X= <mark>0</mark> 誤差(%) 0.0	U2 UBRR 1533	<mark>誤差(%)</mark> 0.0	UBRR 832	X=0 誤差(%) 0.0	U2 UBRR 1666	<mark>誤差(%)</mark> 0.0	UBRR 959	X= <mark>0</mark> 誤差(%) 0.0	U2 UBRR 1919	<mark>誤差(%)</mark> 0.0	UBRR 1041	2X=0 誤差(%) 0.0	U2 UBRR 2082	<mark>誤差(%)</mark> 0.0
(bps) 1200 2400	UBRR 767 383	X=0 誤差(%) 0.0 0.0	U2 UBRR 1533 767	<mark>誤差(%)</mark> 0.0 0.0	UBRR 832 416	X=0 誤差(%) 0.0 -0.1	U2 UBRR 1666 832	<mark>誤差(%)</mark> 0.0 0.0	UBRR 959 479	X=0 誤差(%) 0.0 0.0	U2 UBRR 1919 959	<mark>誤差(%)</mark> 0.0 0.0	UBRR 1041 520	2X=0 誤差(%) 0.0 0.0	U2 UBRR 2082 1041	<mark>誤差(%)</mark> 0.0 0.0
(bps) 1200 2400 4800	UBRR 767 383 191	X=0 誤差(%) 0.0 0.0 0.0	U2 UBRR 1533 767 383	<mark>誤差(%)</mark> 0.0 0.0 0.0	UBRR 832 416 207	決=0 誤差(%) 0.0 −0.1 0.2	U2 UBRR 1666 832 416	<mark>誤差(%)</mark> 0.0 0.0 -0.1	UBRR 959 479 239	2X=0 誤差(%) 0.0 0.0 0.0	U2 UBRR 1919 959 479	<mark>誤差(%)</mark> 0.0 0.0 0.0	UBRR 1041 520 259	2X=0 誤差(%) 0.0 0.0 0.2	U2 UBRR 2082 1041 520	<mark>誤差(%)</mark> 0.0 0.0 0.0
(bps) 1200 2400 4800 9600	UBRR 767 383 191 95	X=0 誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0	U2 UBRR 1533 767 383 191	<mark>誤差(%)</mark> 0.0 0.0 0.0 0.0	UBRR 832 416 207 103	<mark>設まの 設差(%)</mark> 0.0 -0.1 0.2 0.2	U2 UBRR 1666 832 416 207	<mark>誤差(%)</mark> 0.0 -0.1 0.2	UBRR 959 479 239 119	2X=0 誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0	U2 UBRR 1919 959 479 239	<mark>誤差(%)</mark> 0.0 0.0 0.0 0.0	UBRR 1041 520 259 129	2X=0 誤差(%) 0.0 0.0 0.2 0.2	UBRR 2082 1041 520 259	<mark>誤差(%)</mark> 0.0 0.0 ?0.2
(bps) 1200 2400 4800 9600 14400	UBRR 767 383 191 95 63	X=0 誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	U2 UBRR 1533 767 383 191 127	<mark>誤差(%)</mark> 0.0 0.0 0.0 0.0	UBRR 832 416 207 103 68	X=0 誤差(%) 0.0 -0.1 0.2 0.2 0.6	U2 UBRR 1666 832 416 207 138	<mark>誤差(%)</mark> 0.0 -0.1 0.2 -0.1	UBRR 959 479 239 119 79	X=0 誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	U2 UBRR 1919 959 479 239 159	<mark>誤差(%)</mark> 0.0 0.0 0.0 0.0	UBRR 1041 520 259 129 86	2X=0 誤差(%) 0.0 0.0 0.2 0.2 -0.2	U2 UBRR 2082 1041 520 259 173	<mark>誤差(%)</mark> 0.0 0.0 ?0.2 -0.2
(bps) 1200 2400 4800 9600 14400 19200	UBRR 767 383 191 95 63 47	X=0 誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	U2 UBRR 1533 767 383 191 127 95	<mark>誤差(%)</mark> 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	UBRR 832 416 207 103 68 51	X=0 誤差(%) 0.0 -0.1 0.2 0.2 0.6 0.2	U2 UBRR 1666 832 416 207 138 103	<mark>誤差(%)</mark> 0.0 -0.1 0.2 -0.1 0.2	UBRR 959 479 239 119 79 59	X=0 誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	U2 UBRR 1919 959 479 239 159 119	<mark>誤差(%)</mark> 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	UBRR 1041 520 259 129 86 64	2X=0 誤差(%) 0.0 0.2 0.2 -0.2 0.2	U2 UBRR 2082 1041 520 259 173 129	誤差(%) 0.0 0.0 ?0.2 -0.2 0.2
(bps) 1200 2400 4800 9600 14400 19200 28800	UBRR 767 383 191 95 63 47 31	X=0 誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	U2 UBRR 1533 767 383 191 127 95 63	誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	UBRR 832 416 207 103 68 51 34	X=0 誤差(%) 0.0 -0.1 0.2 0.2 0.6 0.2 -0.8	U2 UBRR 1666 832 416 207 138 103 68	誤差(%) 0.0 -0.1 0.2 -0.1 0.2 0.6	UBRR 959 479 239 119 79 59 39	X=0 誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	U2 UBRR 1919 959 479 239 159 119 79	誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	UBRR 1041 520 259 129 86 64 42	2X=0 誤差(%) 0.0 0.2 0.2 -0.2 0.2 0.2 0.9	UBRR 2082 1041 520 259 173 129 86	誤差(%) 0.0 0.0 ?0.2 -0.2 0.2 -0.2
(bps) 1200 2400 4800 9600 14400 19200 28800 38400	UBRR 767 383 191 95 63 47 31 23	X=0 誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	U2 UBRR 1533 767 383 191 127 95 63 47	誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	UBRR 832 416 207 103 68 51 34 25	X=0 誤差(%) 0.0 -0.1 0.2 0.2 0.6 0.2 -0.8 0.2	U2 UBRR 1666 832 416 207 138 103 68 51	誤差(%) 0.0 -0.1 0.2 -0.1 0.2 0.6 0.2	UBRR 959 479 239 119 79 59 39 29	X=0 誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	U2 UBRR 1919 959 479 239 159 119 79 59	誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	UBRR 1041 520 259 129 86 64 42 32	2X=0 誤差(%) 0.0 0.2 0.2 -0.2 0.2 0.9 -1.4	U2 UBRR 2082 1041 520 259 173 129 86 64	誤差(%) 0.0 0.0 ?0.2 -0.2 -0.2 0.2 0.2
(bps) 1200 2400 4800 9600 14400 19200 28800 38400 57600	UBRR 767 383 191 95 63 47 31 23 15	X=0 誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	U2 UBRR 1533 767 383 191 127 95 63 47 31	誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	UBRR 832 416 207 103 68 51 34 25 16	X=0 誤差(%) 0.0 -0.1 0.2 0.2 0.6 0.2 -0.8 0.2 2.1	U2 UBRR 1666 832 416 207 138 103 68 51 34	誤差(%) 0.0 -0.1 0.2 -0.1 0.2 0.6 0.2 -0.8	UBRR 959 479 239 119 79 59 39 29 29 19	X=0 誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	U2 UBRR 1919 959 479 239 159 119 79 59 39	誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	UBRR 1041 520 259 129 86 64 42 32 21	2X=0 誤差(%) 0.0 0.2 0.2 -0.2 0.2 0.9 -1.4 -1.4	U2 UBRR 2082 1041 520 259 173 129 86 64 64	誤差(%) 0.0 0.0 ?0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.2 0.2
(bps) 1200 2400 4800 9600 14400 19200 28800 38400 57600 76800	UBRR 767 383 191 95 63 47 31 23 15 11	X=0 誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	U2 UBRR 1533 767 383 191 127 95 63 47 31 23	誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	UBRR 832 416 207 103 68 51 34 25 16 12	X=0 誤差(%) 0.0 -0.1 0.2 0.2 0.6 0.2 -0.8 0.2 2.1 0.2	U2 UBRR 1666 832 416 207 138 103 68 51 34 25	誤差(%) 0.0 -0.1 0.2 -0.1 0.2 0.6 0.2 -0.8 0.2	UBRR 959 479 239 119 79 59 39 29 29 19 14	X=0 誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	U2 UBRR 1919 959 479 239 159 119 79 59 39 29	誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	UBRR 1041 520 259 129 86 64 42 32 21 15	2X=0 誤差(%) 0.0 0.2 0.2 -0.2 0.2 0.9 -1.4 -1.4 1.7	U2 UBRR 2082 1041 520 259 173 129 86 64 42 32	誤差(%) 0.0 0.0 ?0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.2 0.9 -1.4
(bps) 1200 2400 4800 9600 14400 19200 28800 38400 57600 76800 115.2k	UBRR 767 383 191 95 63 47 31 23 15 11 7	X=0 誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	U2 UBRR 1533 767 383 191 127 95 63 47 31 23 15	誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	UBRR 832 416 207 103 68 51 34 25 16 12 8	X=0 誤差(%) 0.0 -0.1 0.2 0.2 0.6 0.2 -0.8 0.2 2.1 0.2 2.1 0.2 -3.5	U2 UBRR 1666 832 416 207 138 103 68 51 34 25 16	誤差(%) 0.0 -0.1 0.2 -0.1 0.2 0.6 0.2 -0.8 0.2 2.1	UBRR 959 479 239 119 79 59 39 29 19 14 9	X=0 誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	U2 UBRR 1919 959 479 239 159 119 79 59 39 29 29 19	誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	UBRR 1041 520 259 129 86 64 42 32 21 15 10	設差(%) 0.0 0.0 0.2 0.2 0.2 -0.2 0.2 -1.4 1.7 -1.4	U2 UBRR 2082 1041 520 259 173 129 86 64 42 32 32 21	誤差(%) 0.0 0.0 ?0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.2 0.9 -1.4 -1.4
(bps) 1200 2400 4800 9600 14400 19200 28800 38400 57600 76800 115.2k 230.4k	UBRR 767 383 191 95 63 47 31 23 15 11 7 7 3	X=0 誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	U2 UBRR 1533 767 383 191 127 95 63 47 31 23 15 7	誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	UBRR 832 416 207 103 68 51 34 25 16 12 8 8 3	X=0 誤差(%) 0.0 -0.1 0.2 0.2 0.6 0.2 -0.8 0.2 2.1 0.2 -3.5 8.5	U2 UBRR 1666 832 416 207 138 103 68 51 34 25 16 8	誤差(%) 0.0 -0.1 0.2 -0.1 0.2 0.6 0.2 -0.8 0.2 2.1 -3.5	UBRR 959 479 239 119 79 59 39 29 19 14 9 4	X=0 誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	U2 UBRR 1919 959 479 239 159 119 79 59 39 29 29 19 9	誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	UBRR 1041 520 259 129 86 64 42 32 21 15 10 4	決差(%) 0.0 0.0 0.2 0.2 -0.2 0.2 -1.4 1.7 -1.4 8.5	U2 UBRR 2082 1041 520 259 173 129 86 64 42 42 32 21 10	誤差(%) 0.0 0.0 ?0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.2 0.2 0.9 -1.4 -1.4 -1.4
(bps) 1200 2400 4800 9600 14400 19200 28800 38400 57600 76800 115.2k 230.4k 250k	UBRR 767 383 191 95 63 47 31 23 15 11 7 3 3	X=0 誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	U2 UBRR 1533 767 383 191 127 95 63 47 31 23 15 7 6	誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	UBRR 832 416 207 103 68 51 34 25 16 12 12 8 3 3 3	X=0 誤差(%) 0.0 -0.1 0.2 0.2 0.6 0.2 -0.8 0.2 2.1 0.2 -3.5 8.5 0.0	U2 UBRR 1666 832 416 207 138 103 68 51 34 25 16 8 8 7	誤差(%) 0.0 -0.1 0.2 -0.1 0.2 0.6 0.2 -0.8 0.2 2.1 -3.5 0.0	UBRR 959 479 239 119 79 59 39 29 19 14 9 4 4	X=0 誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	U2 UBRR 1919 959 479 239 159 119 79 59 39 29 19 9 9 8	誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	UBRR 1041 520 259 129 86 64 42 32 21 15 10 4 4	決差(%) 0.0 0.0 0.2 0.2 0.2 0.2 -0.2 0.2 0.3 -1.4 1.7 -1.4 8.5 0.0	U2 UBRR 2082 1041 520 259 173 129 86 64 42 32 21 10 9	誤差(%) 0.0 0.0 ?0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.2 0.2 0.2 0.9 -1.4 -1.4 -1.4 0.0
(bps) 1200 2400 9600 14400 19200 28800 38400 57600 76800 115.2k 230.4k 250k 500k	UBRR 767 383 191 95 63 47 31 23 15 11 7 3 1 7 3 1 1 7 3 1	決差(%) 0.0 -7.8	U2 UBRR 1533 767 383 191 127 95 63 47 31 23 15 7	誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	UBRR 832 416 207 103 68 51 34 25 16 12 8 3 3 3 3 1	X=0 誤差(%) 0.0 -0.1 0.2 0.2 0.6 0.2 -0.8 0.2 2.1 0.2 -3.5 8.5 0.0 0.0 0.0	U2 UBRR 1666 832 416 207 138 103 68 51 34 25 16 8 7 33	誤差(%) 0.0 -0.1 0.2 -0.1 0.2 -0.1 0.2 -0.8 0.2 -0.8 0.2 2.1 -3.5 0.0 0.0	UBRR 959 479 239 119 79 59 39 29 19 14 9 4 1	誤差(%) 0.0 15.2	U2 UBRR 1919 959 479 239 159 119 79 59 39 29 29 19 9	誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	UBRR 1041 520 259 129 86 64 42 32 21 15 10 4 4 4 1	決美(%) 0.0 0.0 0.2 0.2 0.2 0.2 -0.2 0.2 0.9 -1.4 1.7 -1.4 8.5 0.0 25.0	U2 UBRR 2082 1041 520 259 173 129 86 64 42 42 32 21 10	誤差(%) 0.0 0.0 ?0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.2 0.2 0.9 -1.4 -1.4 -1.4 0.0 0.0
(bps) 1200 2400 4800 9600 14400 19200 28800 38400 57600 76800 115.2k 230.4k 250k	UBRR 767 383 191 95 63 47 31 23 15 11 7 3 1 0	X=0 誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	U2 UBRR 1533 767 383 191 127 95 63 47 31 23 15 7 6 3 1 5 7 6 3 1	誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	UBRR 832 416 207 103 68 51 34 25 16 12 8 3 3 3 1 2 0	X=0 誤差(%) 0.0 -0.1 0.2 0.2 0.6 0.2 -0.8 0.2 2.1 0.2 -3.5 8.5 0.0	U2 UBRR 1666 832 416 207 138 103 68 51 34 25 16 8 7 3 3 1	誤差(%) 0.0 -0.1 0.2 -0.1 0.2 0.6 0.2 -0.8 0.2 2.1 -3.5 0.0	UBRR 959 479 239 119 79 59 39 29 19 4 9 4 0	X=0 誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	U2 UBRR 1919 959 479 239 159 119 79 59 39 29 19 9 9 8 8 4 1	誤差(%) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	UBRR 1041 520 259 129 86 64 42 32 21 15 10 4 4 4 1 0	決差(%) 0.0 0.0 0.2 0.2 0.2 0.2 -0.2 0.2 0.3 -1.4 1.7 -1.4 8.5 0.0	U2 UBRR 2082 1041 520 259 173 129 86 64 42 32 21 10 9 9 4 1	誤差(%) 0.0 0.0 ?0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.2 0.2 0.2 0.9 -1.4 -1.4 -1.4 0.0

表3-2(続き).一般的に使われる発振器周波数に対するUBRR設定の例

注: 最高速はUBRR=0、誤差=0.0%です。

4. コード例について

この応用記述と共にやって来るzipファイルにはUART用に1つとUSART用に2つの利用可能な3つのプロジェクトがあります。これらのプロジェクトの各々は(ポーリング法と割り込み法の)2つのソースファイルを含みます。プロジェクトはポーリング法用のコート、例を含みます。割り込み法を試験するには、既存のソースファイルを取り去った後でプロジェクトに対応するファイルを追加することができます。

UARTに基づく例はATmega8515デバイスに対して検査され、USARTに基づくものはATmega324PBとATtiny104で検査されています。 6つ全てのファイルはavr-gccまたはIARツールチェーンを使って再構築することができ、レジスタ名やレジスタビット名のようなものの違いがあれ ば、僅かな変更でtinyAVR[®]とmegaAVR[®]のどのデバイスでも使うことができます。これらの例のボーレート計算は8MHzと1MHz(ATtiny10 4)のCPUクロック周波数に基づきます。主応用は無限繰り返しに留まり、受信したデータバイトを送り返します。

割り込み処理ルーチンはデータの入りと出を緩衝するために2ⁿの剰余でのアドレス指定を使います。このルーチンを使う前に緩衝部の大きさ が定義されなければなりません。'UART_RX_BUFFER_SIZE'と'UART _TX_BUFFER_SIZE'の変数にバイトで緩衝部の大きさを設定して ください。これらの変数が与えられた例に対して2のべき乗でなければならならず、そうでなければ、コンパイラ異常メッセージで合図される でしょう。

注: ATtiny104に対する割り込み処理はSRAMの使用を減らすためにデータ出し入れの巡回緩衝を使いません。

5. 例の試験

ATmega8515に基づくUART例はSTK600で試験することができます。デバイスをSTK600に配置 するのに適切なソケット カート'と配線カート'を使ってください。このデバイスのUARTピンは次のとおりで す。

表5-1. 例で使用されるUARTピン									
信号	ATmega8515でのピン名								
RXD	PD0								
TXD	PD1								

- 1. Atmel Studio 7でAtmel Studioプロジェクトを開いてください。
- 2. プロジェクトを再構築してISP書き込み器を使ってデバイスにhexファイル設定して(書き込んで)ください。
- 3. STK600のRS232 SPAREコネクタのRXDピンにPD0を、コネクタのTXDピンにPD1を接続するのにジャンパ線を使ってください。
- 4. STK600からPCにRS232ケーブルを接続して文字を転送するために端末応用(9600bps、8ビットデータ、1停止ビット、パリティなし)を開い てください。

5. 端末ウインドウで文字を入力してください。それらはATmega8515デバイス上で走行している応用によってそのまま返されます。

ATmega324PBに基づくUSART例はATmegA324PB Xplained Proで試験することができます。この基板は仮想COMポートを提供する 組み込みデベッガ(EDBG)を持ちます。USART1のピンがこの仮想COMポートに接続されます。コードを試験するには、

- 1. ATmega324PB Xplained ProをPCに接続してください。
- 2. プロジェハを構築して書き込み器としてEDBGを使ってデバイスにhexファイル設定して(書き込んで)ください。
- 3. EDBG仮想COMポート(9600bps、8ビット データ、1停止ビット、パリティなし)に対して端末応用を開いてください。

4. 端末ウインドウで文字を入力してください。それらはATmega324PBデバイス上で走行している応用によってそのまま返されます。

ATTiny104に基づくUSART例はATtiny104 Xplained Nanoで試験することができます。この基板は仮想COMポートを提供する小型組 み込みデベッカ´(mEDBG)を持ちます。USARTのピンがこの仮想COMポートに接続されます。コードを試験するには、

- 1. ATtiny104 Xplained NanoをPCに接続してください。
- 2. プロジェクトを構築して書き込み器としてmEDBGを使ってデバイスにhexファイル設定して(書き込んで)ください。
- 3. mEDBG仮想COMポート(2400bps、8ビット データ、1停止ビット、パリティなし)に対して端末応用を開いてください。
- 4. 端末ウインドウで文字を入力してください。それらはATtiny104デバイス上で走行している応用によってそのまま返されます。
- <mark>注: 1</mark>. Atmelマイクロ コントローラをプログラミングする詳細を示すリンクは「参考文献」で得られます。
 - 2. これらの例を試験する間は端末応用で局所送り返しをOFFに切り替えてください。応用が受信した文字を返します。

6. 参考文献

- 1. AVR317: USART部の主装置SPI動作の使い方
- 2. AVR054: 内蔵RC発振器の走行時校正
- 3. STK600の配線カート・とソケット カート・
- 4. ATmega324PB Xplained Pro使用者の手引き
- 5. ATtiny104 Xplained Nano使用者の手引き
- 6. Atmel Studio プログラミンク ダイアロク

7. 改訂履歴

文書改訂	日付	注釈
1451A	1999年8月	初版文書公開
1451B	2002年6月	新デバイスで更新
1451C	2016年4月	 内容をSDL形式に更新 「ボーレート設定」と「例の試験」の新規章を追加 ATmega324PB Xplained ProとATtiny104 Xplained Nanoに基づく例を内包

Atmel | Enabling Unlimited Possibilities[®]



Atmel Corporation 1600 Technology Drive, San Jose, CA 95110 USA TEL:(+1)(408) 441-0311 FAX: (+1)(408) 436-4200 | www.atmel.com

© 2016 Atmel Corporation. / 改訂: Atmel-1451C-AVR306-Using-the-AVR-USART-on-tinyAVR-and-megaAVR-devices_Application Note-04/2016

Atmel[®]、Atmelロゴとそれらの組み合わせ、Enabling Unlimited Possibilities[®]、AVR[®]、tinyAVR[®]、megaAVR[®]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用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AVR306応用記述(改訂1451C-04/2016)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。