

プロジェクトディベロップメントプロジェクト

1126100

前川大輝

発表の流れの説明

1. 今回の学習目的
2. プログラム概要説明
3. I2Cの基礎知識
4. IMUとは？
5. IMUの通信方法
6. プログラム解説
7. 実機によるデモンストレーション
8. 質疑応答
9. 参考文献

1. 今回の学習目的

- I2C通信について学習し、IMU3000の使い方をマスターする。

2.プログラム概要説明

ジャイロセンサ(IMU3000)とI2C通信し情報を取得するプログラム

3.I2Cの基礎知識

I2Cは”InterIntegratedCircuit”(集積回路間通信)の略です。

I2C通信はデータ線が送受信兼用で1本しかありません。
つまりI2Cの構成はデータ線+クロック線の2本となります。

I2Cはシリアル通信

I2Cは同期式シリアル通信であり、基準となるクロックパルスに合わせてデータ線へ信号を出力することになります。

マスターとスレーブ

クロックパルスを送信する側のことを「マスター」、送られてきたクロックパルスに従って動作する側のことを「スレーブ」といいます。
また、I2C通信ではクロックを送信するのは必ずマスター側です。

回路構成

I2Cのピンにはプルアップ抵抗が必要です。
これは様々なデバイスに対応するためにオープン・ドレイン端子となっているためです。

I2C通信を行うためのハードウェアは非常に単純です。
しかし、それを補うためプログラムは少し複雑になります。

通信のタイミング

I2Cのデータバス(SDA)は、プルアップされているので初期状態で1です。
クロック(SCL)も同様です。

通信開始 → SCLが1と0を交互に出力
→ SDAはSCLが1の時状態を変化させてはいけない。

しかし、通信の開始と終了の時だけは例外です。

通信のタイミング(2)

SCLが1の時

SDA 1 → 0 スタート・コンディション(通信開始命令)

SDA 0 → 1 ストップ・コンディション(通信停止命令)

これらの命令を発行できるのはマスターだけです。

通信のタイミング(3)

データの送受信をする際、スレーブ側から応答が返ってきていることを確認しながらデータをやりとりする仕組みになっています。

1. データの送受信の単位は8ビット
→送信終了時にマスターはSDAを1に戻して受信待機状態
2. スレーブが送信側になる
→1ビットだけ0を送信する(アクノリッジ信号)

マスターは8ビット送信後アクノリッジが来るまで待っていることで、常に正しく通信することができます。

通信のタイミング(4)

マスターが受信でスレーブが送信の場合を考えます。

1. マスターが受信要求を出します。
2. スレーブからアクノリッジが返ってくる。
3. スレーブが続けてデータを送信する。
4. マスターはこれを受信し、8ビット区切でアクノリッジを返す。

スレーブ側では8ビット送信したあと
マスターがアクノリッジを返すまで待機します。

アドレス送信の方式

I2C通信では、1つのデータバスへ複数のデバイスをつなぐことができます。
通信するスレーブはアドレスにより固定します。

1. スタートコンディション発行
2. 「スレーブアドレス+要求」を送信
(要求はそのデバイスに送信するのか、受信するのか)

アドレス指定には2種類の方法があります。

10ビットアドレスモード

7ビットアドレスモード

アドレス送信の方式(2)

10ビットアドレスモード

7ビットアドレスモード

- 最初に送信する8ビットは
上位5ビットは「11110」
残り3ビットはアドレスの上位2ビット+送受信指定
- 次に送信する8bitは
すべてアドレスデータ

- 7ビットのアドレス+送受信指定

送受信指定ビット
送信なら0
受信なら1

I2CCONレジスタ

TABLE 15-2: dsPIC30F3014/4013 I²C REGISTER MAP

SFR Name	Addr.	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset State
I2CRCV	0200	—	—	—	—	—	—	—	—	Receive Register								0000 0000 0000 0000
I2CTRN	0202	—	—	—	—	—	—	—	—	Transmit Register								0000 0000 1111 1111
I2CBRG	0204	—	—	—	—	—	—	—	Baud Rate Generator									0000 0000 0000 0000
I2CCON	0206	I2CEN	—	I2CSIDL	SCLREL	IPMIEN	A10M	DISSLW	SMEN	GCEN	STREN	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN	0001 0000 0000 0000
I2CSTAT	0208	ACKSTAT	TRSTAT	—	—	—	BCL	GCSTAT	ADD10	IWCOL	I2COV	D_A	P	S	R_W	RBF	TBF	0000 0000 0000 0000
I2CADD	020A	—	—	—	—	—	—	Address Register										0000 0000 0000 0000

Legend: u = uninitialized bit

I2CCON<15> I2CEN
 [0]:I2Cモジュールを無効
 [1]:I2Cモジュールを有効

I2Cモジュールを有効にした際
 マスター、スレーブ両方
 有効となる。

I2CCONレジスタ

TABLE 15-2: dsPIC30F3014/4013 I²C REGISTER MAP

SFR Name	Addr.	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset State
I2CRCV	0200	—	—	—	—	—	—	—	—	Receive Register								0000 0000 0000 0000
I2CTRN	0202	—	—	—	—	—	—	—	—	Transmit Register								0000 0000 1111 1111
I2CBRG	0204	—	—	—	—	—	—	—	Baud Rate Generator								0000 0000 0000 0000	
I2CCON	0206	I2CEN	—	I2CSIDL	SCLREL	IPMIEN	A10M	DISSLW	SMEN	GCEN	STREN	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN	0001 0000 0000 0000
I2CSTAT	0208	ACKSTAT	TRSTAT	—	—	—	BCL	GCSTAT	ADD10	IWCOL	I2COV	D_A	P	S	R_W	RBF	TBF	0000 0000 0000 0000
I2CADD	020A	—	—	—	—	—	—	Address Register										0000 0000 0000 0000

Legend: u = uninitialized bit

I2CCON<13> I2CSIDL

[0]:アイドル時動作継続

[1]:アイドル時動作中止

I2CCONレジスタ

TABLE 15-2: dsPIC30F3014/4013 I²C REGISTER MAP

SFR Name	Addr.	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset State
I2CRCV	0200	—	—	—	—	—	—	—	—	Receive Register								0000 0000 0000 0000
I2CTRN	0202	—	—	—	—	—	—	—	—	Transmit Register								0000 0000 1111 1111
I2CBRG	0204	—	—	—	—	—	—	—	Baud Rate Generator									0000 0000 0000 0000
I2CCON	0206	I2CEN	—	I2CSIDL	SCLREL	IPMIEN	A10M	DISSLW	SMEN	GCEN	STREN	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN	0001 0000 0000 0000
I2CSTAT	0208	ACKSTAT	TRSTAT	—	—	—	BCL	GCSTAT	ADD10	IWCOL	I2COV	D_A	P	S	R_W	RBF	TBF	0000 0000 0000 0000
I2CADD	020A	—	—	—	—	—	—	Address Register										0000 0000 0000 0000

Legend: u = uninitialized bit

I2CCON<12> SCLREL (スレーブとして動作時)
 [0]:SCLをlowに保持する
 [1]:SCLを自由に動作させる

I2CCONレジスタ

TABLE 15-2: dsPIC30F3014/4013 I²C REGISTER MAP

SFR Name	Addr.	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset State
I2CRCV	0200	—	—	—	—	—	—	—	—	Receive Register								0000 0000 0000 0000
I2CTRN	0202	—	—	—	—	—	—	—	—	Transmit Register								0000 0000 1111 1111
I2CBRG	0204	—	—	—	—	—	—	—	Baud Rate Generator									0000 0000 0000 0000
I2CCON	0206	I2CEN	—	I2CSIDL	SCLREL	IPMIEN	A10M	DISSLW	SMEN	GCEN	STREN	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN	0001 0000 0000 0000
I2CSTAT	0208	ACKSTAT	TRSTAT	—	—	—	BCL	GCSTAT	ADD10	IWCOL	I2COV	D_A	P	S	R_W	RBF	TBF	0000 0000 0000 0000
I2CADD	020A	—	—	—	—	—	—	Address Register										0000 0000 0000 0000

Legend: u = uninitialized bit

I2CCON<11> IPMIEN

[0]:Intelligent peripheral management interface(IPMI)を無効

[1]:IPMIを有効

I2CCONレジスタ

TABLE 15-2: dsPIC30F3014/4013 I²C REGISTER MAP

SFR Name	Addr.	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset State
I2CRCV	0200	—	—	—	—	—	—	—	—	Receive Register								0000 0000 0000 0000
I2CTRN	0202	—	—	—	—	—	—	—	—	Transmit Register								0000 0000 1111 1111
I2CBRG	0204	—	—	—	—	—	—	—	Baud Rate Generator									0000 0000 0000 0000
I2CCON	0206	I2CEN	—	I2CSIDL	SCLREL	IPMIEN	A10M	DISSLW	SMEN	GCEN	STREN	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN	0001 0000 0000 0000
I2CSTAT	0208	ACKSTAT	TRSTAT	—	—	—	BCL	GCSTAT	ADD10	IWCOL	I2COV	D_A	P	S	R_W	RBF	TBF	0000 0000 0000 0000
I2CADD	020A	—	—	—	—	—	—	Address Register										0000 0000 0000 0000

Legend: u = uninitialized bit

I2CCON<10> A10M

[0]:I2CADDは7bitアドレスモード

[1]:10bitアドレスモード

I2CCONレジスタ

TABLE 15-2: dsPIC30F3014/4013 I²C REGISTER MAP

SFR Name	Addr.	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset State
I2CRCV	0200	—	—	—	—	—	—	—	—	Receive Register								0000 0000 0000 0000
I2CTRN	0202	—	—	—	—	—	—	—	—	Transmit Register								0000 0000 1111 1111
I2CBRG	0204	—	—	—	—	—	—	—	Baud Rate Generator									0000 0000 0000 0000
I2CCON	0206	I2CEN	—	I2CSIDL	SCLREL	IPMIEN	A10M	DISSLW	SMEN	GCEN	STREN	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN	0001 0000 0000 0000
I2CSTAT	0208	ACKSTAT	TRSTAT	—	—	—	BCL	GCSTAT	ADD10	IWCOL	I2COV	D_A	P	S	R_W	RBF	TBF	0000 0000 0000 0000
I2CADD	020A	—	—	—	—	—	—	Address Register										0000 0000 0000 0000

Legend: u = uninitialized bit

I2CCON<9> DISSLW

[0]:スルーレート制御を有効

[1]:スルーレート制御を無効

I2CCONレジスタ

TABLE 15-2: dsPIC30F3014/4013 I²C REGISTER MAP

SFR Name	Addr.	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset State
I2CRCV	0200	—	—	—	—	—	—	—	—	Receive Register								0000 0000 0000 0000
I2CTRN	0202	—	—	—	—	—	—	—	—	Transmit Register								0000 0000 1111 1111
I2CBRG	0204	—	—	—	—	—	—	—	Baud Rate Generator									0000 0000 0000 0000
I2CCON	0206	I2CEN	—	I2CSIDL	SCLREL	IPMIEN	A10M	DISSLW	SMEN	GCEN	STREN	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN	0001 0000 0000 0000
I2CSTAT	0208	ACKSTAT	TRSTAT	—	—	—	BCL	GCSTAT	ADD10	IWCOL	I2COV	D_A	P	S	R_W	RBF	TBF	0000 0000 0000 0000
I2CADD	020A	—	—	—	—	—	—	Address Register										0000 0000 0000 0000

Legend: u = uninitialized bit

I2CCON<8> SMEN

[0]:SMBus入力のしきい値を無効

[1]:I/Oピンを使用可能にしSMBusの使用に準拠したしきい値が設定される。

I2CCONレジスタ

TABLE 15-2: dsPIC30F3014/4013 I²C REGISTER MAP

SFR Name	Addr.	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset State
I2CRCV	0200	—	—	—	—	—	—	—	—	Receive Register								0000 0000 0000 0000
I2CTRN	0202	—	—	—	—	—	—	—	—	Transmit Register								0000 0000 1111 1111
I2CBRG	0204	—	—	—	—	—	—	—	Baud Rate Generator									0000 0000 0000 0000
I2CCON	0206	I2CEN	—	I2CSIDL	SCLREL	IPMIEN	A10M	DISSLW	SMEN	GCEN	STREN	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN	0001 0000 0000 0000
I2CSTAT	0208	ACKSTAT	TRSTAT	—	—	—	BCL	GCSTAT	ADD10	IWCOL	I2COV	D_A	P	S	R_W	RBF	TBF	0000 0000 0000 0000
I2CADD	020A	—	—	—	—	—	—	Address Register										0000 0000 0000 0000

Legend: u = uninitialized bit

I2CCON<7> GCEN (スレーブとして動作時)

[0]:一斉呼び出しアドレスが無効化されます。

[1]:一斉呼び出しアドレスがI2CRSRで受信された場合に割り込みを有効化します。

I2CCONレジスタ

TABLE 15-2: dsPIC30F3014/4013 I²C REGISTER MAP

SFR Name	Addr.	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset State
I2CRCV	0200	—	—	—	—	—	—	—	—	Receive Register								0000 0000 0000 0000
I2CTRN	0202	—	—	—	—	—	—	—	—	Transmit Register								0000 0000 1111 1111
I2CBRG	0204	—	—	—	—	—	—	—	Baud Rate Generator									0000 0000 0000 0000
I2CCON	0206	I2CEN	—	I2CSIDL	SCLREL	IPMIEN	A10M	DISSLW	SMEN	GCEN	STREN	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN	0001 0000 0000 0000
I2CSTAT	0208	ACKSTAT	TRSTAT	—	—	—	BCL	GCSTAT	ADD10	IWCOL	I2COV	D_A	P	S	R_W	RBF	TBF	0000 0000 0000 0000
I2CADD	020A	—	—	—	—	—	—	Address Register										0000 0000 0000 0000

Legend: u = uninitialized bit

I2CCON<6> STREN スレーブの時

[0]:クロック延長のソフトと受信を無効化する。

[1]:クロック延長のソフトと受信を有効化する。

I2CCONレジスタ

TABLE 15-2: dsPIC30F3014/4013 I²C REGISTER MAP

SFR Name	Addr.	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset State
I2CRCV	0200	—	—	—	—	—	—	—	—	Receive Register								0000 0000 0000 0000
I2CTRN	0202	—	—	—	—	—	—	—	—	Transmit Register								0000 0000 1111 1111
I2CBRG	0204	—	—	—	—	—	—	—	Baud Rate Generator									0000 0000 0000 0000
I2CCON	0206	I2CEN	—	I2CSIDL	SCLREL	IPMIEN	A10M	DISSLW	SMEN	GCEN	STREN	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN	0001 0000 0000 0000
I2CSTAT	0208	ACKSTAT	TRSTAT	—	—	—	BCL	GCSTAT	ADD10	IWCOL	I2COV	D_A	P	S	R_W	RBF	TBF	0000 0000 0000 0000
I2CADD	020A	—	—	—	—	—	—	Address Register										0000 0000 0000 0000

Legend: u = uninitialized bit

I2CCON<5> ACKDT マスタの時

[0]:応答としてNACKを送信

[1]:応答としてACKを送信

I2CCONレジスタ

TABLE 15-2: dsPIC30F3014/4013 I²C REGISTER MAP

SFR Name	Addr.	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset State
I2CRCV	0200	—	—	—	—	—	—	—	—	Receive Register								0000 0000 0000 0000
I2CTRN	0202	—	—	—	—	—	—	—	—	Transmit Register								0000 0000 1111 1111
I2CBRG	0204	—	—	—	—	—	—	—	Baud Rate Generator									0000 0000 0000 0000
I2CCON	0206	I2CEN	—	I2CSIDL	SCLREL	IPMIEN	A10M	DISSLW	SMEN	GCEN	STREN	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN	0001 0000 0000 0000
I2CSTAT	0208	ACKSTAT	TRSTAT	—	—	—	BCL	GCSTAT	ADD10	IWCOL	I2COV	D_A	P	S	R_W	RBF	TBF	0000 0000 0000 0000
I2CADD	020A	—	—	—	—	—	—	Address Register										0000 0000 0000 0000

Legend: u = uninitialized bit

I2CCON<4> ACKEN (マスタとして動作時)

[0]: 応答シーケンスを使わない。

[1]: SDAとSCLピン上でシーケンスの確認応答を開始し、ADKDTデータビットを送信

I2CCONレジスタ

TABLE 15-2: dsPIC30F3014/4013 I²C REGISTER MAP

SFR Name	Addr.	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset State
I2CRCV	0200	—	—	—	—	—	—	—	—	Receive Register								0000 0000 0000 0000
I2CTRN	0202	—	—	—	—	—	—	—	—	Transmit Register								0000 0000 1111 1111
I2CBRG	0204	—	—	—	—	—	—	—	Baud Rate Generator									0000 0000 0000 0000
I2CCON	0206	I2CEN	—	I2CSIDL	SCLREL	IPMIEN	A10M	DISSLW	SMEN	GCEN	STREN	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN	0001 0000 0000 0000
I2CSTAT	0208	ACKSTAT	TRSTAT	—	—	—	BCL	GCSTAT	ADD10	IWCOL	I2COV	D_A	P	S	R_W	RBF	TBF	0000 0000 0000 0000
I2CADD	020A	—	—	—	—	—	—	Address Register										0000 0000 0000 0000

Legend: u = uninitialized bit

I2CCON<3> RCEN (マスタとして動作時)

[0]:受信シーケンスを有効化しない。

[1]:I2Cの受信モードを有効化します。

I2CCONレジスタ

TABLE 15-2: dsPIC30F3014/4013 I²C REGISTER MAP

SFR Name	Addr.	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset State
I2CRCV	0200	—	—	—	—	—	—	—	—	Receive Register								0000 0000 0000 0000
I2CTRN	0202	—	—	—	—	—	—	—	—	Transmit Register								0000 0000 1111 1111
I2CBRG	0204	—	—	—	—	—	—	—	Baud Rate Generator									0000 0000 0000 0000
I2CCON	0206	I2CEN	—	I2CSIDL	SCLREL	IPMIEN	A10M	DISSLW	SMEN	GCEN	STREN	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN	0001 0000 0000 0000
I2CSTAT	0208	ACKSTAT	TRSTAT	—	—	—	BCL	GCSTAT	ADD10	IWCOL	I2COV	D_A	P	S	R_W	RBF	TBF	0000 0000 0000 0000
I2CADD	020A	—	—	—	—	—	—	Address Register										0000 0000 0000 0000

Legend: u = uninitialized bit

I2CCON<2> PEN (マスタの時)

[0]:ストップコンディションを無効

[1]:SDAとSCLを使ってストップコンディションを送信

I2CCONレジスタ

TABLE 15-2: dsPIC30F3014/4013 I²C REGISTER MAP

SFR Name	Addr.	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset State
I2CRCV	0200	—	—	—	—	—	—	—	—	Receive Register								0000 0000 0000 0000
I2CTRN	0202	—	—	—	—	—	—	—	—	Transmit Register								0000 0000 1111 1111
I2CBRG	0204	—	—	—	—	—	—	—	Baud Rate Generator									0000 0000 0000 0000
I2CCON	0206	I2CEN	—	I2CSIDL	SCLREL	IPMIEN	A10M	DISSLW	SMEN	GCEN	STREN	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN	0001 0000 0000 0000
I2CSTAT	0208	ACKSTAT	TRSTAT	—	—	—	BCL	GCSTAT	ADD10	IWCOL	I2COV	D_A	P	S	R_W	RBF	TBF	0000 0000 0000 0000
I2CADD	020A	—	—	—	—	—	—	Address Register										0000 0000 0000 0000

Legend: u = uninitialized bit

I2CCON<1> RSEN (マスタの時)

[0]:Repeated START条件を有効化しない。

[1]: SDAピン及びSCLピンでRepeated START条件を開始します。

I2CCONレジスタ

TABLE 15-2: dsPIC30F3014/4013 I²C REGISTER MAP

SFR Name	Addr.	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset State
I2CRCV	0200	—	—	—	—	—	—	—	—	Receive Register								0000 0000 0000 0000
I2CTRN	0202	—	—	—	—	—	—	—	—	Transmit Register								0000 0000 1111 1111
I2CBRG	0204	—	—	—	—	—	—	—	Baud Rate Generator									0000 0000 0000 0000
I2CCON	0206	I2CEN	—	I2CSIDL	SCLREL	IPMIEN	A10M	DISSLW	SMEN	GCEN	STREN	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN	0001 0000 0000 0000
I2CSTAT	0208	ACKSTAT	TRSTAT	—	—	—	BCL	GCSTAT	ADD10	IWCOL	I2COV	D_A	P	S	R_W	RBF	TBF	0000 0000 0000 0000
I2CADD	020A	—	—	—	—	—	—	Address Register										0000 0000 0000 0000

Legend: u = uninitialized bit

I2CCON<0> SEN (マスタとして動作時)

[0]:スタートコンディションを送信しない。

[1];スタートコンディションを送信する。

I2CSTATレジスタ

TABLE 15-2: dsPIC30F3014/4013 I²C REGISTER MAP

SFR Name	Addr.	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset State
I2CRCV	0200	—	—	—	—	—	—	—	—	Receive Register								0000 0000 0000 0000
I2CTRN	0202	—	—	—	—	—	—	—	—	Transmit Register								0000 0000 1111 1111
I2CBRG	0204	—	—	—	—	—	—	—	Baud Rate Generator									0000 0000 0000 0000
I2CCON	0206	I2CEN	—	I2CSIDL	SCLREL	IPMIEN	A10M	DISSLW	SMEN	GCEN	STREN	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN	0001 0000 0000 0000
I2CSTAT	0208	ACKSTAT	TRSTAT	—	—	—	BCL	GCSTAT	ADD10	IWCOL	I2COV	D_A	P	S	R_W	RBF	TBF	0000 0000 0000 0000
I2CADD	020A	—	—	—	—	—	—	Address Register										0000 0000 0000 0000

Legend: u = uninitialized bit

I2CSTAT<15> ACKSTAT(マスタの時)
 [0]:アクノリッジをスレーブから受信
 [1]:アクノリッジをスレーブから受信待ち

I2CSTATレジスタ

TABLE 15-2: dsPIC30F3014/4013 I²C REGISTER MAP

SFR Name	Addr.	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset State
I2CRCV	0200	—	—	—	—	—	—	—	—	Receive Register								0000 0000 0000 0000
I2CTRN	0202	—	—	—	—	—	—	—	—	Transmit Register								0000 0000 1111 1111
I2CBRG	0204	—	—	—	—	—	—	—	Baud Rate Generator									0000 0000 0000 0000
I2CCON	0206	I2CEN	—	I2CSIDL	SCLREL	IPMIEN	A10M	DISSLW	SMEN	GCEN	STREN	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN	0001 0000 0000 0000
I2CSTAT	0208	ACKSTAT	TRSTAT	—	—	—	BCL	GCSTAT	ADD10	IWCOL	I2COV	D_A	P	S	R_W	RBF	TBF	0000 0000 0000 0000
I2CADD	020A	—	—	—	—	—	—	Address Register										0000 0000 0000 0000

Legend: u = uninitialized bit

I2CSTAT<14> TRSTAT (マスタの時)
 [0]:送信終了
 [1]:送信中(8ビット+ACKを)

I2CSTATレジスタ

TABLE 15-2: dsPIC30F3014/4013 I²C REGISTER MAP

SFR Name	Addr.	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset State
I2CRCV	0200	—	—	—	—	—	—	—	—	Receive Register								0000 0000 0000 0000
I2CTRN	0202	—	—	—	—	—	—	—	—	Transmit Register								0000 0000 1111 1111
I2CBRG	0204	—	—	—	—	—	—	—	Baud Rate Generator								0000 0000 0000 0000	
I2CCON	0206	I2CEN	—	I2CSIDL	SCLREL	IPMIEN	A10M	DISSLW	SMEN	GCEN	STREN	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN	0001 0000 0000 0000
I2CSTAT	0208	ACKSTAT	TRSTAT	—	—	—	BCL	GCSTAT	ADD10	IWCOL	I2COV	D_A	P	S	R_W	RBF	TBF	0000 0000 0000 0000
I2CADD	020A	—	—	—	—	—	—	Address Register										0000 0000 0000 0000

Legend: u = uninitialized bit

I2CSTAT<10> BCL
 [0]:バス衝突なし
 [1]:バス衝突を検出

I2CSTATレジスタ

TABLE 15-2: dsPIC30F3014/4013 I²C REGISTER MAP

SFR Name	Addr.	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset State
I2CRCV	0200	—	—	—	—	—	—	—	—	Receive Register								0000 0000 0000 0000
I2CTRN	0202	—	—	—	—	—	—	—	—	Transmit Register								0000 0000 1111 1111
I2CBRG	0204	—	—	—	—	—	—	—	Baud Rate Generator								0000 0000 0000 0000	
I2CCON	0206	I2CEN	—	I2CSIDL	SCLREL	IPMIEN	A10M	DISSLW	SMEN	GCEN	STREN	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN	0001 0000 0000 0000
I2CSTAT	0208	ACKSTAT	TRSTAT	—	—	—	BCL	GCSTAT	ADD10	IWCOL	I2COV	D_A	P	S	R_W	RBF	TBF	0000 0000 0000 0000
I2CADD	020A	—	—	—	—	—	—	Address Register										0000 0000 0000 0000

Legend: u = uninitialized bit

I2CSTAT<9> GCSTAT ジェネラルコールアドレスを
 [0]:受信していない
 [1]:受信した

I2CSTATレジスタ

TABLE 15-2: dsPIC30F3014/4013 I²C REGISTER MAP

SFR Name	Addr.	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset State
I2CRCV	0200	—	—	—	—	—	—	—	—	Receive Register								0000 0000 0000 0000
I2CTRN	0202	—	—	—	—	—	—	—	—	Transmit Register								0000 0000 1111 1111
I2CBRG	0204	—	—	—	—	—	—	—	Baud Rate Generator									0000 0000 0000 0000
I2CCON	0206	I2CEN	—	I2CSIDL	SCLREL	IPMIEN	A10M	DISSLW	SMEN	GCEN	STREN	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN	0001 0000 0000 0000
I2CSTAT	0208	ACKSTAT	TRSTAT	—	—	—	BCL	GCSTAT	ADD10	IWCOL	I2COV	D_A	P	S	R_W	RBF	TBF	0000 0000 0000 0000
I2CADD	020A	—	—	—	—	—	—	Address Register										0000 0000 0000 0000

Legend: u = uninitialized bit

I2CSTAT<8> ADD10
 [0]:10bitのアドレス不一致
 [1]:10bitのアドレス一致

I2CSTATレジスタ

TABLE 15-2: dsPIC30F3014/4013 I²C REGISTER MAP

SFR Name	Addr.	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset State
I2CRCV	0200	—	—	—	—	—	—	—	—	Receive Register								0000 0000 0000 0000
I2CTRN	0202	—	—	—	—	—	—	—	—	Transmit Register								0000 0000 1111 1111
I2CBRG	0204	—	—	—	—	—	—	—	Baud Rate Generator									0000 0000 0000 0000
I2CCON	0206	I2CEN	—	I2CSIDL	SCLREL	IPMIEN	A10M	DISSLW	SMEN	GCEN	STREN	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN	0001 0000 0000 0000
I2CSTAT	0208	ACKSTAT	TRSTAT	—	—	—	BCL	GCSTAT	ADD10	IWCOL	I2COV	D_A	P	S	R_W	RBF	TBF	0000 0000 0000 0000
I2CADD	020A	—	—	—	—	—	—	Address Register										0000 0000 0000 0000

Legend: u = uninitialized bit

I2CSTAT<7> IWCOL

[0]:書き込み衝突なし

[1]:I2Cがビジー状態なのでI2CTRNを書き込みましょう

I2CSTATレジスタ

TABLE 15-2: dsPIC30F3014/4013 I²C REGISTER MAP

SFR Name	Addr.	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset State
I2CRCV	0200	—	—	—	—	—	—	—	—	Receive Register								0000 0000 0000 0000
I2CTRN	0202	—	—	—	—	—	—	—	—	Transmit Register								0000 0000 1111 1111
I2CBRG	0204	—	—	—	—	—	—	—	Baud Rate Generator									0000 0000 0000 0000
I2CCON	0206	I2CEN	—	I2CSIDL	SCLREL	IPMIEN	A10M	DISSLW	SMEN	GCEN	STREN	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN	0001 0000 0000 0000
I2CSTAT	0208	ACKSTAT	TRSTAT	—	—	—	BCL	GCSTAT	ADD10	IWCOL	I2COV	D_A	P	S	R_W	RBF	TBF	0000 0000 0000 0000
I2CADD	020A	—	—	—	—	—	—	Address Register										0000 0000 0000 0000

Legend: u = uninitialized bit

I2CSTAT<6> I2COV

[0]:オーバフローなし

[1]:I2CRCVレジスタが前のバイトを保持しているあいだにバイトを受信した。

I2CSTATレジスタ

TABLE 15-2: dsPIC30F3014/4013 I²C REGISTER MAP

SFR Name	Addr.	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset State
I2CRCV	0200	—	—	—	—	—	—	—	—	Receive Register								0000 0000 0000 0000
I2CTRN	0202	—	—	—	—	—	—	—	—	Transmit Register								0000 0000 1111 1111
I2CBRG	0204	—	—	—	—	—	—	—	Baud Rate Generator									0000 0000 0000 0000
I2CCON	0206	I2CEN	—	I2CSIDL	SCLREL	IPMIEN	A10M	DISSLW	SMEN	GCEN	STREN	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN	0001 0000 0000 0000
I2CSTAT	0208	ACKSTAT	TRSTAT	—	—	—	BCL	GCSTAT	ADD10	IWCOL	I2COV	D_A	P	S	R_W	RBF	TBF	0000 0000 0000 0000
I2CADD	020A	—	—	—	—	—	—	Address Register										0000 0000 0000 0000

Legend: u = uninitialized bit

I2CSTAT<5> D_A スレーブの時最後に受信したバイトは
 [0]:デバイスアドレス
 [1]:データ

I2CSTATレジスタ

TABLE 15-2: dsPIC30F3014/4013 I²C REGISTER MAP

SFR Name	Addr.	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset State
I2CRCV	0200	—	—	—	—	—	—	—	—	Receive Register								0000 0000 0000 0000
I2CTRN	0202	—	—	—	—	—	—	—	—	Transmit Register								0000 0000 1111 1111
I2CBRG	0204	—	—	—	—	—	—	—	Baud Rate Generator									0000 0000 0000 0000
I2CCON	0206	I2CEN	—	I2CSIDL	SCLREL	IPMIEN	A10M	DISSLW	SMEN	GCEN	STREN	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN	0001 0000 0000 0000
I2CSTAT	0208	ACKSTAT	TRSTAT	—	—	—	BCL	GCSTAT	ADD10	IWCOL	I2COV	D_A	P	S	R_W	RBF	TBF	0000 0000 0000 0000
I2CADD	020A	—	—	—	—	—	—	Address Register										0000 0000 0000 0000

Legend: u = uninitialized bit

I2CSTAT<4> P

[0]:ストップビットが最後に検出されなかった。

[1]:ストップビットが最後に検出されていた。

I2CSTATレジスタ

TABLE 15-2: dsPIC30F3014/4013 I²C REGISTER MAP

SFR Name	Addr.	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset State
I2CRCV	0200	—	—	—	—	—	—	—	—	Receive Register								0000 0000 0000 0000
I2CTRN	0202	—	—	—	—	—	—	—	—	Transmit Register								0000 0000 1111 1111
I2CBRG	0204	—	—	—	—	—	—	—	Baud Rate Generator									0000 0000 0000 0000
I2CCON	0206	I2CEN	—	I2CSIDL	SCLREL	IPMIEN	A10M	DISSLW	SMEN	GCEN	STREN	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN	0001 0000 0000 0000
I2CSTAT	0208	ACKSTAT	TRSTAT	—	—	—	BCL	GCSTAT	ADD10	IWCOL	I2COV	D_A	P	S	R_W	RBF	TBF	0000 0000 0000 0000
I2CADD	020A	—	—	—	—	—	—	Address Register										0000 0000 0000 0000

Legend: u = uninitialized bit

I2CSTAT<3> S 最後にスタートコンディションが
 [0]:検出されなかった
 [1]:検出された(もしかしたら反復スタートコンディション)

I2CSTATレジスタ

TABLE 15-2: dsPIC30F3014/4013 I²C REGISTER MAP

SFR Name	Addr.	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset State
I2CRCV	0200	—	—	—	—	—	—	—	—	Receive Register								0000 0000 0000 0000
I2CTRN	0202	—	—	—	—	—	—	—	—	Transmit Register								0000 0000 1111 1111
I2CBRG	0204	—	—	—	—	—	—	—	Baud Rate Generator									0000 0000 0000 0000
I2CCON	0206	I2CEN	—	I2CSIDL	SCLREL	IPMIEN	A10M	DISSLW	SMEN	GCEN	STREN	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN	0001 0000 0000 0000
I2CSTAT	0208	ACKSTAT	TRSTAT	—	—	—	BCL	GCSTAT	ADD10	IWCOL	I2COV	D_A	P	S	R_W	RBF	TBF	0000 0000 0000 0000
I2CADD	020A	—	—	—	—	—	—	Address Register										0000 0000 0000 0000

Legend: u = uninitialized bit

I2CSTAT<2> R_W スレーブの時
 [0]:データ書き込み中
 [1]:データ読み込み中

I2CSTATレジスタ

TABLE 15-2: dsPIC30F3014/4013 I²C REGISTER MAP

SFR Name	Addr.	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset State
I2CRCV	0200	—	—	—	—	—	—	—	—	Receive Register								0000 0000 0000 0000
I2CTRN	0202	—	—	—	—	—	—	—	—	Transmit Register								0000 0000 1111 1111
I2CBRG	0204	—	—	—	—	—	—	—	Baud Rate Generator									0000 0000 0000 0000
I2CCON	0206	I2CEN	—	I2CSIDL	SCLREL	IPMIEN	A10M	DISSLW	SMEN	GCEN	STREN	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN	0001 0000 0000 0000
I2CSTAT	0208	ACKSTAT	TRSTAT	—	—	—	BCL	GCSTAT	ADD10	IWCOL	I2COV	D_A	P	S	R_W	RBF	TBF	0000 0000 0000 0000
I2CADD	020A	—	—	—	—	—	—	Address Register										0000 0000 0000 0000

Legend: u = uninitialized bit

I2CSTAT<1> RBF

[0]:受信未完了(I2CRCVは空です)

[1]:受信完了(I2CRCVがいっぱいです)

I2CSTATレジスタ

TABLE 15-2: dsPIC30F3014/4013 I²C REGISTER MAP

SFR Name	Addr.	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset State
I2CRCV	0200	—	—	—	—	—	—	—	—	Receive Register								0000 0000 0000 0000
I2CTRN	0202	—	—	—	—	—	—	—	—	Transmit Register								0000 0000 1111 1111
I2CBRG	0204	—	—	—	—	—	—	—	Baud Rate Generator									0000 0000 0000 0000
I2CCON	0206	I2CEN	—	I2CSIDL	SCLREL	IPMIEN	A10M	DISSLW	SMEN	GCEN	STREN	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN	0001 0000 0000 0000
I2CSTAT	0208	ACKSTAT	TRSTAT	—	—	—	BCL	GCSTAT	ADD10	IWCOL	I2COV	D_A	P	S	R_W	RBF	TBF	0000 0000 0000 0000
I2CADD	020A	—	—	—	—	—	—	Address Register										0000 0000 0000 0000

Legend: u = uninitialized bit

I2CSTAT<0> TBF

[0]:送信完了(I2CTRNは空です)

[1]:送信中(I2CTRNがいっぱいです)

検証した結果TBFとTRSTATは同時に0になります。

通信速度の設定方法

TABLE 15-2: dsPIC30F3014/4013 I²C REGISTER MAP

SFR Name	Addr.	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset State
I2CRCV	0200	—	—	—	—	—	—	—	—	Receive Register								0000 0000 0000 0000
I2CTRN	0202	—	—	—	—	—	—	—	—	Transmit Register								0000 0000 1111 1111
I2CBRG	0204	—	—	—	—	—	—	—	Baud Rate Generator									0000 0000 0000 0000
I2CCON	0206	I2CEN	—	I2CSIDL	SCLREL	IPMIEN	A10M	DISSLW	SMEN	GCEN	STREN	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN	0001 0000 0000 0000
I2CSTAT	0208	ACKSTAT	TRSTAT	—	—	—	BCL	GCSTAT	ADD10	IWCOL	I2COV	D_A	P	S	R_W	RBF	TBF	0000 0000 0000 0000
I2CADD	020A	—	—	—	—	—	—	Address Register										0000 0000 0000 0000

Legend: u = uninitialized bit

$$FCY = 1/TCY$$

$$TCY = 4/\text{動作クロック}$$

$$FSCK = \text{設定したい通信速度}$$

~~EQUATION 15-1: SERIAL CLOCK RATE~~

~~$$I2CBRG = \left(\frac{FCY}{FSCK} - \frac{FCY}{1,111,111} \right) - 1$$~~

仕様書の設定方法は間違いです！



$$I2CBRG = FCY/FSCK - 1$$

通信速度設定時の注意点

400kHzバスで動作している場合、I2Cの仕様上スルーレート制御が必要となります。

I2CCON<9>がクリアされると、スルーレート制御はアクティブになります。

※その他のバス速度では、スルーレート制御は不要でDISSLWを設定する必要があります。

I2C入出力設定に関する注意点

バスオペレーションに使用される

SCL クロック

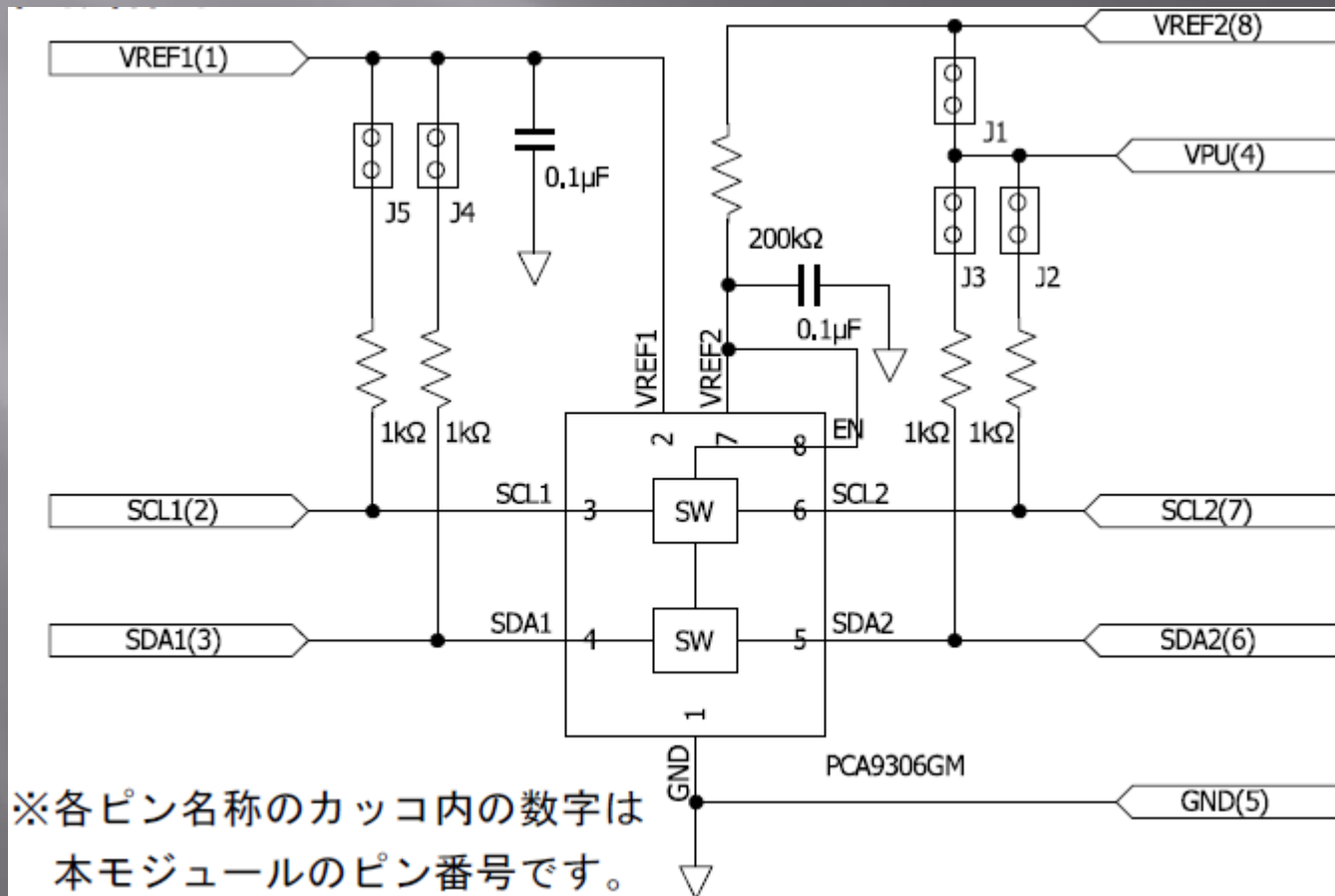
SDA データ

のピンはモジュールソフトウェアによってピンのポート入出力を制御しなくても、モジュールがポートの状態と方向をオーバーライドします。

電圧差に関する注意点

dsPIC → 5V出力
IMU3000 → 3.3V出力

I2Cバス用双方向電圧レベル変換モジュールを使用



4. IMUとは？

今回使用しているジャイロセンサはIMU3000といいます。
x,y,z方向の3軸仕様でI2Cインタフェースをサポートします。
3.3V駆動

5. IMUの通信方法

IMU3000へのデータ送信方式

Single-Byte Write Sequence

Master	S	AD+W		RA		DATA		P
Slave			ACK		ACK		ACK	

Burst Write Sequence

Master	S	AD+W		RA		DATA		DATA		P
Slave			ACK		ACK		ACK		ACK	

I²C Terms

Signal	Description
S	Start Condition: SDA goes from high to low while SCL is high
AD	Slave I ² C address
W	Write bit (0)
R	Read bit (1)
ACK	Acknowledge: SDA line is low while the SCL line is high at the 9 th clock cycle
NACK	Not-Acknowledge: SDA line stays high at the 9 th clock cycle
RA	IMU-3000 internal register address
DATA	Transmit or received data
P	Stop condition: SDA going from low to high while SCL is high

IMU3000からのデータ受信方式

Single-Byte Read Sequence

Master	S	AD+W		RA		S	AD+R			NACK	P
Slave			ACK		ACK			ACK	DATA		

Burst Read Sequence

Master	S	AD+W		RA		S	AD+R			ACK		NACK	P
Slave			ACK		ACK			ACK	DATA		DATA		

I²C Terms

Signal	Description
S	Start Condition: SDA goes from high to low while SCL is high
AD	Slave I ² C address
W	Write bit (0)
R	Read bit (1)
ACK	Acknowledge: SDA line is low while the SCL line is high at the 9 th clock cycle
NACK	Not-Acknowledge: SDA line stays high at the 9 th clock cycle
RA	IMU-3000 internal register address
DATA	Transmit or received data
P	Stop condition: SDA going from low to high while SCL is high

RA

9 Register Map

Addr (Hex)	Addr (Decimal)	Register Name	R/W	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
0	0	WHO_AM_I	R/W	0	ID						-
C	12	X_OFFS_USRH	R/W	X_OFF_H							
D	13	X_OFFS_USRL	R/W	X_OFF_L							
E	14	Y_OFFS_USRH	R/W	Y_OFFS_H							
F	15	Y_OFFS_USRL	R/W	Y_OFFS_L							
10	16	Z_OFFS_USRH	R/W	Z_OFFS_H							
11	17	Z_OFFS_USRL	R/W	Z_OFFS_L							
12	18	FIFO_EN	R/W	TEMP_OUT	GYRO_XOUT	GYRO_YOUT	GYRO_ZOUT	AUX_XOUT	AUX_YOUT	AUX_ZOUT	FIFO_FOOTER
13	19	AUX_VDDIO	R/W	0	0	0	0	0	AUX_VDDIO	0	0
14	20	AUX_SLV_ADDR	R/W	CLKOUT_EN	AUX_ID						
15	21	SMPLRT_DIV	R/W	SMPLRT_DIV							
16	22	DLPF_FS	R/W	0	0	0	FS_SEL		DLPF_CFG		
17	23	INT_CFG	R/W	ACTL	OPEN	LATCH_INT_EN	INT_ANYRD_2CLEAR	I2C_MST_ERR_EN	IMU_RDY_EN	DMP_DONE_EN	RAW_RDY_EN
18	24	AUX_BURST_ADDR	R/W	BURST_ADDR							
1A	26	INT_STATUS	R	FIFO_FULL	-	-		I2C_MST_ERR	IMU_RDY	DMP_DONE	RAW_DATA_RDY
1B	27	TEMP_OUT_H	R	TEMP_OUT_H							
1C	28	TEMP_OUT_L	R	TEMP_OUT_L							
1D	29	GYRO_XOUT_H	R	GYRO_XOUT_H							
1E	30	GYRO_XOUT_L	R	GYRO_XOUT_L							
1F	31	GYRO_YOUT_H	R	GYRO_YOUT_H							
20	32	GYRO_YOUT_L	R	GYRO_YOUT_L							
21	33	GYRO_ZOUT_H	R	GYRO_ZOUT_H							
22	34	GYRO_ZOUT_L	R	GYRO_ZOUT_L							
23	35	AUX_XOUT_H	R	AUX_XOUT_H							
24	36	AUX_XOUT_L	R	AUX_XOUT_L							
25	37	AUX_YOUT_H	R	AUX_YOUT_H							
26	38	AUX_YOUT_L	R	AUX_YOUT_L							
27	39	AUX_ZOUT_H	R	AUX_ZOUT_H							
28	40	AUX_ZOUT_L	R	AUX_ZOUT_L							
35	53	DMP_REG1	R/W	RESERVED1							
36	54	DMP_REG2	R/W	RESERVED2							
37	55	DMP_REG3	R/W	RESERVED3							
38	56	DMP_REG4	R/W	RESERVED4							
39	57	DMP_REG5	R/W	RESERVED5							
3A	58	FIFO_COUNTH	R	-	-	-	-	-	-	FIFO_COUNT_H	
3B	59	FIFO_COUNTL	R	FIFO_COUNT_L							
3C	60	FIFO_R	R	FIFO_DATA							
3D	61	USER_CTRL	R/W	DMP_EN	FIFO_EN	AUX_IF_EN	-	AUX_IF_RST	DMP_RST	FIFO_RST	GYRO_RST
3E	62	PWR_MGM	R/W	H_RESET	SLEEP	STBY_XG	STBY_YG	STBY_ZG	CLK_SEL		

ジャイロの値を取得する際にアクセスが必要なレジスタについて解説する。

10.14 Register 60 – FIFO Data

Type: Read only

Register (Hex)	Register (Decimal)	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0	Default Value
3C	60	FIFO_DATA								00h

TEMP_OUT	Temperature high and low bytes (2 bytes)
GYRO_XOUT	X Gyro high and low bytes (2 bytes)
GYRO_YOUT	Y Gyro high and low bytes (2 bytes)
GYRO_ZOUT	Z Gyro high and low bytes (2 bytes)
AUX_XOUT	X Accelerometer high and low bytes (2 bytes)
AUX_YOUT	Y Accelerometer high and low bytes (2 bytes)
AUX_ZOUT	Z Accelerometer high and low bytes (2 bytes)
FIFO_FOOTER	Last word for FIFO read (2 bytes)

次ページで解説

Register18で有効にされたデータが
high 8bit
low 8bit
に分かれて16ビットで格納されている。

FIFOレジスタに格納するデータを選択する

Register 18 – FIFO Enable

Type: Read/Write

Register (Hex)	Register (Decimal)	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0	Default Value
12	18	TEMP_OUT	GYRO_XOUT	GYRO_YOUT	GYRO_ZOUT	AUX_XOUT	AUX_YOUT	AUX_ZOUT	FIFO_FOOTER	00h

もしX軸、Y軸、Z軸を
有効にしたいなら
これらのビットを1にする

IMU3000のFIFOは最低でも1ワード読み出しできるものがないといけないそれを保証するのがFIFO_FOOTERである。

ジャイロのフルスケールレンジとサンプルレートを設定する

Register 22 – DLPF, Full Scale

Type: Read/Write

Register (Hex)	Register (Decimal)	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0	Default Value
16	22	0	0	0	FS_SEL		DLPF_CFG			00h

DLPF_CFG

DLPF_CFG	Low Pass Filter Bandwidth	Analog Sample Rate
0	256Hz	8kHz
1	188Hz	1kHz
2	98Hz	1kHz
3	42Hz	1kHz
4	20Hz	1kHz
5	10Hz	1kHz
6	5Hz	1kHz
7	Reserved	Reserved

フィルターとサンプルレートの設定

ジャイロのフルスケールレンジとサンプルレートを設定する(2)

Register 22 – DLPF, Full Scale

Type: Read/Write

Register (Hex)	Register (Decimal)	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0	Default Value
16	22	0	0	0	FS_SEL		DLPF_CFG			00h

FS_SEL

FS_SEL	Gyro Full-Scale Range
0	$\pm 250^{\circ}/\text{sec}$
1	$\pm 500^{\circ}/\text{sec}$
2	$\pm 1000^{\circ}/\text{sec}$
3	$\pm 2000^{\circ}/\text{sec}$

フルスケールレンジの設定

サンプルレートを設定する

Register 21 – Sample Rate Divider

Type: Read/Write

Register (Hex)	Register (Decimal)	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0	Default Value
15	21	SMPLRT_DIV								00h

$$F_{\text{sample}} = F_{\text{internal}} / (\text{divider} + 1), \text{ where } F_{\text{internal}} \text{ is either 1kHz or 8kHz}$$

SMPLRT_DIVは0～255の範囲で設定する。

様々な機能の有効と無効を設定

Register 61 – User Control

Type: Read/Write

Register (Hex)	Register (Decimal)	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0	Default Value
3D	61	DMP_EN	FIFO_EN	AUX_IF_EN	-	AUX_IF_RST	DMP_RST	FIFO_RST	GYRO_RST	00h

Parameters:

<i>DMP_EN</i>	Enable Digital Motion Processor (DMP)
<i>FIFO_EN</i>	Enable FIFO operation for sensor data
<i>AUX_IF_EN</i>	Enable IMU as master to accelerometer interface via secondary I ² C (clear bit to configure primary I ² C bus to pass through directly to the secondary I ² C bus)
<i>AUX_IF_RST</i>	Reset secondary accelerometer interface function; set this whenever changing <i>AUX_IF_EN</i>
<i>DMP_RST</i>	Reset DMP function; set this whenever changing <i>DMP_EN</i>
<i>FIFO_RST</i>	Reset FIFO function; set this to clear FIFO or when changing <i>FIFO_EN</i>
<i>GYRO_RST</i>	Reset gyro analog and digital functions

※使用したい機能はこのレジスタでリセットしなければならない

最低限必要

6. プログラム解説

今回新たに変更を加えたファイル

■ _i2c.h

■ _i2c.c

■ main.c

_i2c.h

```
#ifndef _I2C_H  
#define _I2C_H
```

```
typedef unsigned char I2CData;
```

```
typedef struct{  
    void(*close)(void);  
    void(*write)(I2CData address,I2CData data);  
    void(*SendDataToIMU)(I2CData I2CAddress,I2CData RegisterAddress,I2CData data);  
    I2CData(*read)(I2CData address);  
    I2CData(*ReadDataFromIMU)(I2CData I2CAddress,I2CData RegisterAddress);  
}I2C;
```

```
I2C I2CInitFunc(void);
```

```
#endif
```

I2C通信をサポートする構造体

```
#include "_i2c.h"
```

```
#define IDLE_I2C do{ }while(I2CCONbits.SEN || I2CCONbits.PEN || I2CCONbits.RCEN || I2CCONbits.ACKEN || I2CSTATbits.TRSTAT)  
#define NACK_I2C do{I2CCONbits.ACKDT = 1; I2CCONbits.ACKEN = 1;}while(0)
```

```
static void _CloseI2C(void);  
static void WriteI2C(I2CData address,I2CData data);  
static I2CData ReadI2C(I2CData address);  
static void SendDataToIMU(I2CData I2CAddress,I2CData RegisterAddress,I2CData data);  
static I2CData ReadDataFromIMU(I2CData I2CAddress,I2CData RegisterAddress);  
static void SendDataI2C(I2CData data);  
static void SendAddressI2C(I2CData address,char AddressType);  
enum AddressType{SEND,READ};
```

• • •

```
I2C I2CInitFunc(void){
    I2C i2c;

    static short first = TRUE;

    if(first){
        I2CBRG = 399;
        I2CCON = 0b1001001001111101;
        IdleI2C();
        I2CADD = 0x09;
        first = FALSE;
    }

    //set address
    i2c.close = _CloseI2C;
    i2c.write = WriteI2C;
    i2c.read = ReadI2C;
    i2c.SendDataToIMU = SendDataToIMU;
    i2c.ReadDataFromIMU = ReadDataFromIMU;

    return i2c;
}
```

通信速度設定
40Mhz動作時に
100kHzで通信

I2Cの初期設定

スレーブとしてのアドレス
を設定

TABLE 15-2: dsPIC30F3014/4013 I²C REGISTER MAP

SFR Name	Addr.	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset State
I2CRCV	0200	—	—	—	—	—	—	—	—	Receive Register								0000 0000 0000 0000
I2CTRN	0202	—	—	—	—	—	—	—	—	Transmit Register								0000 0000 1111 1111
I2CBRG	0204	—	—	—	—	—	—	—	—	Baud Rate Generator								0000 0000 0000 0000
I2CCON	0206	I2CEN	—	I2CSIDL	SCLREL	IPMIEN	A10M	DISSLW	SMEN	GCEN	STREN	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN	0001 0000 0000 0000
I2CSTAT	0208	ACKSTAT	TRSTAT	—	—	—	BCL	GCSTAT	ADD10	IWCOL	I2COV	D_A	P	S	R_W	RBF	TBF	0000 0000 0000 0000
I2CADD	020A	—	—	—	—	—	—	—	—	Address Register								0000 0000 0000 0000

Legend: u = uninitialized bit

```
static void SendDataToIMU(I2CData I2CAddress,I2CData RegisterAddress,I2CData data){  
    I2CONbits.SEN = 1;  
    IdleI2C();  
  
    SendAddressI2C(I2CAddress,SEND);  
    SendDataI2C(RegisterAddress);  
    SendDataI2C(data);  
  
    I2CONbits.PEN = 1;  
    IdleI2C();  
}
```

スタートコンディション発行

1. IMUアドレス+送信要求
2. レジスタアドレスを送信
3. レジスタへの書き込み

ストップコンディション発行

Single-Byte Write Sequence

Master	S	AD+W		RA		DATA		P
Slave			ACK		ACK		ACK	

Burst Write Sequence

Master	S	AD+W		RA		DATA		DATA		P
Slave			ACK		ACK		ACK		ACK	

```
static void SendAddressI2C(I2CData address,char AddressType){  
    address = address << 1;  
    if(AddressType == SEND){  
        address &= 0b11111110;  
    }else{  
        address |= 0b00000001;  
    }  
    SendDataI2C(address);  
}
```

アドレスを送信

スレーブへ送信する場合は最下位ビット 0
スレーブから受信する場合は最下位ビット 1

_i2c.c(5)

データ送信用関数

```
static void SendDataI2C(I2CData data){
```

データ送信

```
    I2CTRN = data;
```

```
    if(!I2CSTATbits.IWCOL){
```

書き込み衝突なしの時

```
        while(I2CSTATbits.TRSTAT);  
        IdleI2C();
```

送信終了待ち

```
    }  
  
    while(I2CSTATbits.TBF);  
    while(I2CSTATbits.ACKSTAT);  
    IdleI2C();
```

1.I2CTRNが空である
2.アクノリッジが返ってくるまで待つ

```
}
```

```
static void WriteI2C(I2CData address,I2CData data){
```

```
    I2CCONbits.SEN = 1;  
    IdleI2C();
```

スタートコンディション発行

```
    SendAddressI2C(address,SEND);  
    SendDataI2C(data);
```

1.アドレス+送信要求
2.データ送信

```
    I2CCONbits.PEN = 1;  
    IdleI2C();
```

ストップコンディション発行

```
}
```



```
static I2CData ReadDataFromIMU(I2CData I2CAddress,I2CData RegisterAddress){
```

```
    I2CData buffer;
```

```
    I2CCONbits.SEN = 1;  
    IdleI2C();
```

```
    SendAddressI2C(I2CAddress,SEND);  
    SendDataI2C(RegisterAddress);
```

```
    I2CCONbits.SEN = 1;  
    IdleI2C();
```

```
    SendAddressI2C(I2CAddress,READ);
```

```
    I2CCONbits.RCEN = 1;  
    while(I2CCONbits.RCEN);  
    I2CSTATbits.I2COV = 0;  
    buffer = I2CRCV;  
    IdleI2C();
```

```
    I2CCONbits.ACKDT = 1;  
    I2CCONbits.ACKEN = 1;  
    IdleI2C();
```

```
    I2CCONbits.PEN = 1;  
    IdleI2C();
```

```
    return buffer;
```

```
}
```

スタートコンディション発行

1.アドレス+送信要求
2.レジスタアドレス送信

スタートコンディション発行

アドレス+受信要求

1.受信モードを有効化
2.有効化待ち
3.オーバーフローなしにセット
4.受信データを読み出し

NACKを出力

ストップコンディション発行

Single-Byte Read Sequence

Master	S	AD+W		RA		S	AD+R			NACK	P
Slave			ACK		ACK			ACK	DATA		

Burst Read Sequence

Master	S	AD+W		RA		S	AD+R			ACK		NACK	P
Slave			ACK		ACK			ACK	DATA		DATA		

_i2c.c(8)

```
static I2CData ReadI2C(I2CData address){
    unsigned char received_data;

    I2CCONbits.SEN = 1;
    IdleI2C();

    SendAddressI2C(address,READ);

    I2CCONbits.RCEN = 1;
    while(I2CCONbits.RCEN);
    I2CSTATbits.I2COV = 0;
    received_data = I2CRCV;
    IdleI2C();

    I2CCONbits.ACKDT = 1;
    I2CCONbits.ACKEN = 1;
    IdleI2C();

    I2CCONbits.PEN = 1;
    IdleI2C();

    return received_data;
}
```

main.c

```
#include "maekawa.h"
#define GYRO 0x68
#define REG_GYRO_X 0x1D

//_FOSC(CSW_FSCM_OFF & XT_PLL8);
_FOSC(CSW_FSCM_OFF & XT_PLL4);
_FWDT(WDT_OFF);
_FBORPOR(PBOR_ON & BORV_20 & PWRT_64 & MCLR_EN);
_FGS(CODE_PROT_OFF);
```

```
int main(void){
    int buffer[8];
    int GyroX;
    int i;
    TRISA = 0x800;
    TRISB = 0x1C7;
    TRISC = 0x6000;
    TRISD = 0x200;
    TRISF = 0x0000;
```

```
    I2C i2c = I2CInitFunc();
    Lcd lcd = LcdInitFunc();
```

```
    i2c.SendDataToIMU(GYRO,0x12,0x71);
    i2c.SendDataToIMU(GYRO,0x16,0x09);
    i2c.SendDataToIMU(GYRO,0x15,0x07);
    i2c.SendDataToIMU(GYRO,0x3D,0x43);
```

```
    while(1){
```

```
        for(i=0;i<8;i++) buffer[i] =(int)i2c.ReadDataFromIMU(GYRO,0x3C);
        GyroX = buffer[0] << 8 | buffer[1];
```

```
        lcd.NumPuts(GyroX;
        machi_msec(1000);
        lcd.clear();
        machi_msec(1000);
```

```
    }
    return 0;
}
```

I2CとLCDの初期化

1. FIFO Enable (GyroX + GyroY + GyroZ + FIFO_FOOTER)
2. DLPF,Full scale (500° /sec,LowPass->188Hz,ADサンプルレート1kHz)
3. SampleRate (125Hz)
4. User Control (FIFO_EN = 1,FIFO_RST = 1,GYRO_RST = 1)

FIFOレジスタからX、Y、Z、FIFO_FOOTER
を取得

X軸の値をLCDに表示

7. 実機によるデモンストレーション

それではさっそくデモンストレーションします。

8. 質疑応答

以上にて発表を終了
させていただきます。
ご清聴ありがとうございました。