Nios II - PIO を使用した I²C-Bus (2 ワイヤ)マスタの実装

ver.1.0

2010 年 6 月

Nios II - PIO を使用した I²C-Bus (2 ワイヤ)マスタの実装

目次

1. はじめに

この資料は、マイクロ・プロセッサとデバイス・チップとの通信で一般的に使用されている I²C-Bus (2 ワイヤ)通信を、PIO を使用して実現する方法を紹介しています。

I²C-Bus は、シリアル・クロック・ライン (SCLK) とシリアル・データ・ライン (SDAT) の 2 本のバス・ラインだけで構成されており、比較的低いビット・レートの通信を想定したバスのため、ソフトウェアで信号を制御して通信を行うことが可能です。

※ I²C はフィリップス社の商標です。

※ I²C-Bus の詳細はメーカの資料をご参照ください。

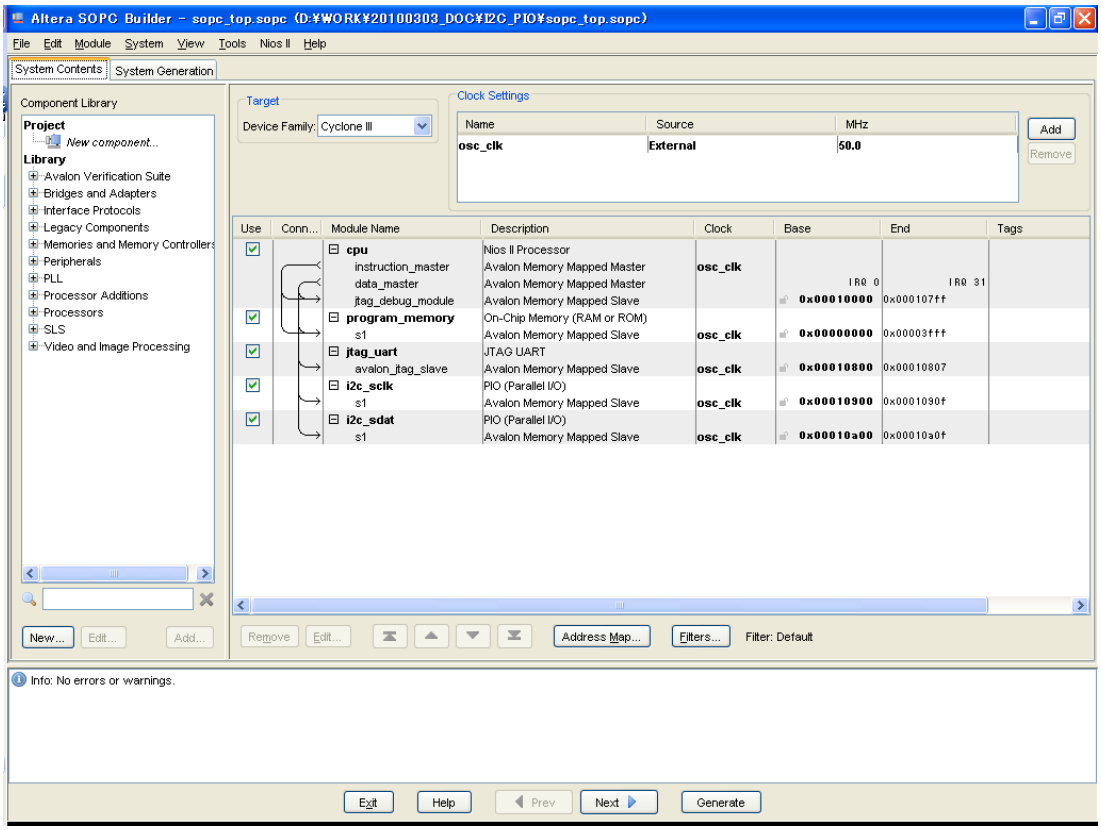
2. 適用条件

本資料では Nios® II をマスタ・デバイス、EEPROM をスレーブ・デバイスとした通信を紹介していますが、複数のマスタが混在する場合や、Nios II をスレーブ・デバイスとした実装については、この資料の中では紹介しておりません。

3. システムの構成

3-1. SOPC Builder の設定

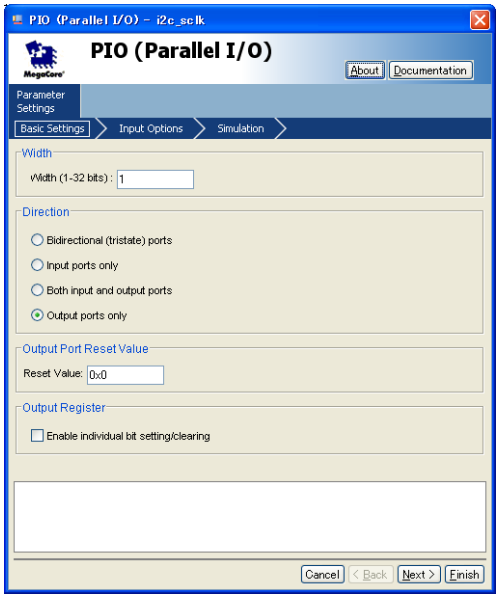
SOPC Builder では、シリアル・クロック・ラインの接続する i2c_sclk と、シリアル・データ・ラインに接続する i2c_sdat を PIO で作成し、Nios II の data_master に接続してください。



3-2. PIO の設定

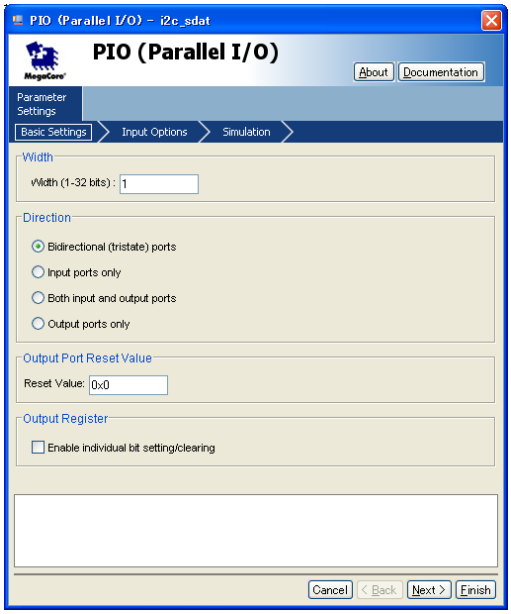
3-2-1. シリアル・クロック・ライン用 PIO の設定

- Width : 1bit
- Direction : Output ports Only



3-2-2. シリアル・データ・ライン用 PIO の設定

- Width : 1bit
- Direction : Bidirection(tristate) ports
- Input Option : 全て Desable



3-2-3. Nios II を含むその他のペリフェラル

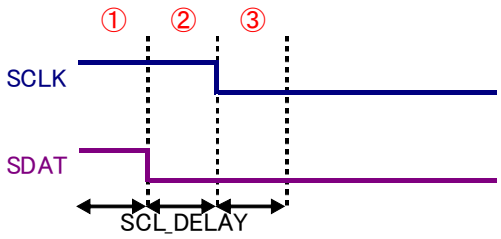
本実装のために設定を変更する箇所はありません。

4. Nios II IDE の実装

4-1. START Condition の出力処理

I²C-Bus では、一連のデータを送信する直前に START Condition を定義しています。この状態は、SCLK が “H” の区間で SDAT が “H” から “L” に変化することで生成されます。

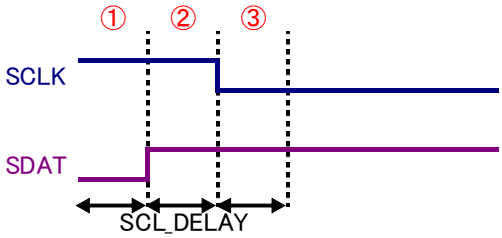
```
inline void i2c_start(long sclk, long sdat)
{
    SCL_DELAY;
    // SDAT を出力ポートに
    IOWR_ALTERA_AVALON_PIO_DIRECTION(sdat,1);
    // SDAT=1..SCLK=1
    IOWR_ALTERA_AVALON_PIO_DATA(sdat, 1);    -①
    IOWR_ALTERA_AVALON_PIO_DATA(sclk, 1);    -①
    SCL_DELAY;
    // SDAT=0..SCLK=0
    IOWR_ALTERA_AVALON_PIO_DATA(sdat, 0);    -②
    SCL_DELAY;
    IOWR_ALTERA_AVALON_PIO_DATA(sclk, 0);    -③
}
```



4-2. STOP Condition の出力処理

I²C-Bus では、一連のデータの終端を STOP Condition を定義しています。この状態は、SCLK が “H” の区間で SDAT が “L” から “H” に変化することで生成されます。

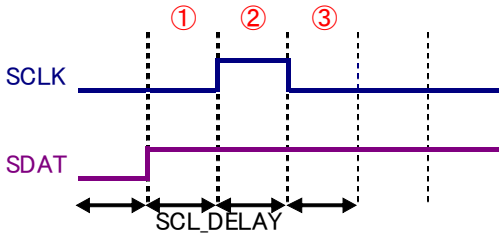
```
inline void i2c_stop(long sclk, long sdat)
{
    SCL_DELAY;
    // SDAT を出力ポートに
    IOWR_ALTERA_AVALON_PIO_DIRECTION(sdat,1);
    // SDAT=0..SCLK=1
    IOWR_ALTERA_AVALON_PIO_DATA(sdat, 0);    -①
    IOWR_ALTERA_AVALON_PIO_DATA(sclk, 1);    -①
    SCL_DELAY;
    // SDAT=1..SCLK=0
    IOWR_ALTERA_AVALON_PIO_DATA(sdat, 1);    -②
    SCL_DELAY;
    IOWR_ALTERA_AVALON_PIO_DATA(sclk, 0);    -③
}
```



4-3. 1bit の送信処理

I2C-Bus では、データの送信に SCLK が “H” の期間は SDAT の状態は一定でなければなりません。したがって、データを送信する場合は、SCLK が “L” の期間に SDAT を変化させる必要があります。

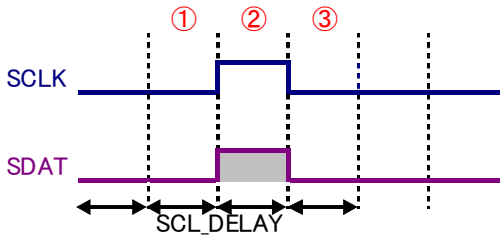
```
inline void i2c_send_bit(long sclk, long sdat, int Data)
{
    // SCLK=0
    IOWR_ALTERA_AVALON_PIO_DATA(sclk, 0);
    // SDAT を出力ポートに
    IOWR_ALTERA_AVALON_PIO_DIRECTION(sdat,1);   -①
    // SDAT にデータ送出
    IOWR_ALTERA_AVALON_PIO_DATA(sdat, (Data)?1:0);   -①
    SCL_DELAY;
    // SDAT=1..SCLK=0
    IOWR_ALTERA_AVALON_PIO_DATA(sclk, 1);          -②
    SCL_DELAY;
    IOWR_ALTERA_AVALON_PIO_DATA(sclk, 0);          -③
}
```



4-4. 1bit の受信処理

I2C-Bus では、データの受信では SCLK が “H” の期間に SDAT の値を読み出す必要があります。

```
inline int i2c_recv_bit(long sclk, long sdat)
{
    int Data;

    // SCLK=0
    IOWR_ALTERA_AVALON_PIO_DATA(sclk, 0);     -①
    SCL_DELAY;
    // SCLK=1
    IOWR_ALTERA_AVALON_PIO_DATA(sclk, 1);     -②
    // SDAT を入力ポートに
    IOWR_ALTERA_AVALON_PIO_DIRECTION(sdat,0);    -②
    // SDAT からデータを取得
    Data = IORD_ALTERA_AVALON_PIO_DATA(sdat);   -②
    SCL_DELAY;
    // SCLK=0
    IOWR_ALTERA_AVALON_PIO_DATA(sclk, 0);     -③

    return Data;
}
```



4-5. 1byte の送信処理

『1bit 送信処理』を使用し 1byte のデータを送信します。全ての bit の送信が完了した後、『1bit 受信処理』を使用しスレーブからのアクノリッジが正しく受信されたかを確認します。

```
int i2c_send_byte(long sclk, long sdat, unsigned short Data)
{
	unsigned short Mask = 1 << (BIT_WIDTH - 1);
	int i;

	// ビット幅分データ送信
	for(i = 0;i < BIT_WIDTH;i ++)
	{
		// 1bit 送信
		i2c_send_bit(sclk, sdat, (Data & Mask));
		// bit マスクをシフト
		Mask >>= 1; // there is a delay in this command
	}

	// ACK の受信
	return i2c_recv_bit(sclk, sdat);
}
```

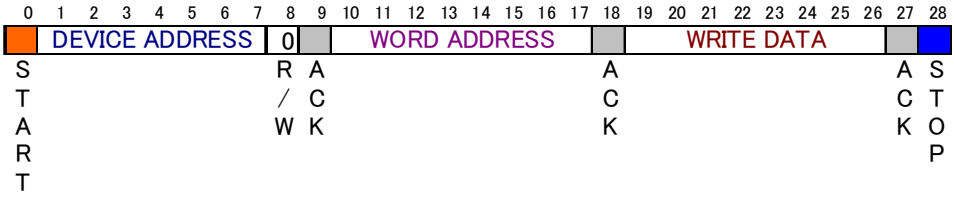
4-6. 1byte の受信処理

『1bit 受信処理』を使用し 1byte 分のデータを受信します。全ての bit の受信が完了した後、『1bit 送信処理』を使用しスレーブへの ACK を送信します。

```
unsigned short i2c_recv_byte(long sclk, long sdat)
{
	unsigned short Data = 0;
	int i;

	// ビット幅分データ送信
	for(i = 0;i < BIT_WIDTH;i ++)
	{
		// 受信データのシフト
		Data <<= 1;
		// 1bit 受信
		if(i2c_recv_bit(sclk, sdat))
			Data |= 0x01;
	}

	// ACK の送信
	i2c_send_bit(sclk, sdat, 1);

	return Data;
}
```

4-7. EEPROM 書き込み処理

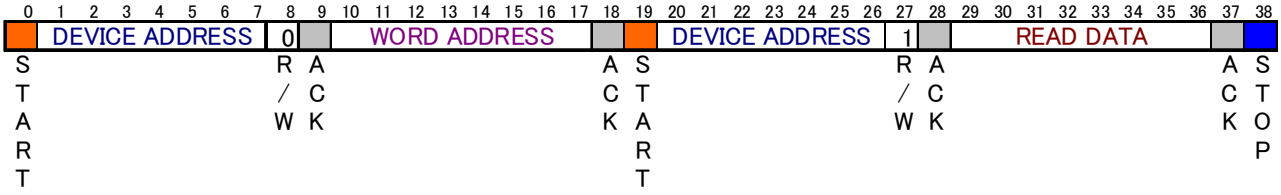
EEPROM への書き込みは、下記のフォーマットのデータを送信することで行います。




```
void i2c_send(long sclk, long sdat, unsigned char address, unsigned char reg, unsigned char data)
{
	i2c_start(sclk, sdat);

	i2c_send_byte(sclk, sdat, address << 1);
	i2c_send_byte(sclk, sdat, reg);
	i2c_send_byte(sclk, sdat, data);

	i2c_stop(sclk, sdat);
}
```

4-8. EEPROM 読み出し処理

EEPROM からの読み出しは、下記のフォーマットのデータを送受信することで行います。




```
unsigned char i2c_recv(long sclk, long sdat, unsigned char address, unsigned char reg)
{
	unsigned char data;

	i2c_start(sclk, sdat);

	i2c_send_byte(sclk, sdat, (address << 1));
	i2c_send_byte(sclk, sdat, reg);

	i2c_start(sclk, sdat);

	i2c_send_byte(sclk, sdat, (address << 1) | 0x01);
	data = i2c_recv_byte(sclk, sdat);

	i2c_stop(sclk, sdat);

	return data;
}
```

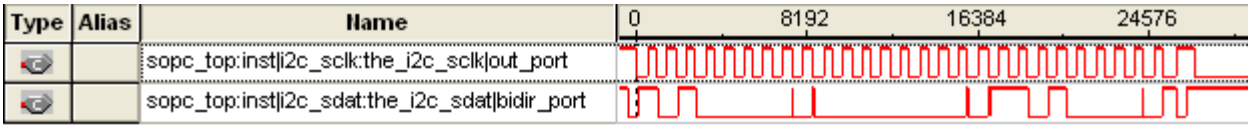
5. 補足

5-1. SignalTap II での波形観測

評価ボードでの信号を SignalTap® II で計測した波形を下記に示します。

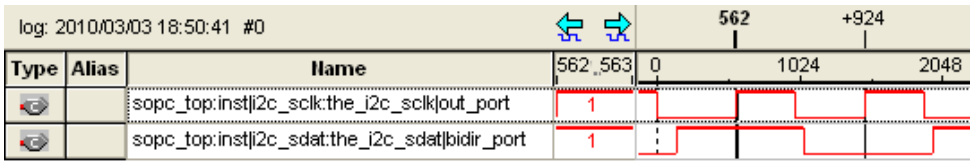
- Device : Cyclone III EP3C25F324C8
- Processor core : Nios II/e 50Hz
- Program Memory : On-Chip RAM(16Kbyte)
- Optimize option : -O3

5-1-1. 書き込み動作波形



5-1-2. 読み出し動作波形

5-1-3. データ・レート



サンプリング・クロック ：50MHz = 20ns

パルス周期 ：924clock

データ・レート ：1 / (20ns * 924clock) = 54.113Kbp