Nios II ペリフェラル PIO (Parallel I/O) 簡易ユーザ・ガイド

ver.14

2014 年 8 月 Rev.1

Nios II ペリフェラル PIO (Parallel I/O) 簡易ユーザ・ガイド

目次

1. はじめに

この資料は、Qsys に提供されている PIO (Parallel I/O) を使用して、Qsys システム外部のロジックやデバイスの制御を行う方法を簡易的に説明しています。

この資料の内容は、Quartus® II 14.0、 Nios II 14.0 Software Build Tools for Eclipse を使用して動作確認済みです。

2. PIO 概要

2-1. PIO 概要

PIO は Avalon Memory-Mapped スレーブ・ポートと General I/O とのインタフェースを提供します。また、FPGA 内のロジックと接続する際にも、FPGA 外のロジックと接続する際にも使用することができます。

PIO は、ひとつのコンポーネントにつき 32 本までポートを持つことができます。Nios® II 等のホストからの制御によってレジスタへのデータの書き込み、読み込みを行います。

2-2. PIO レジスタ・マップ

下表は PIO のレジスタ・マップを表しています。

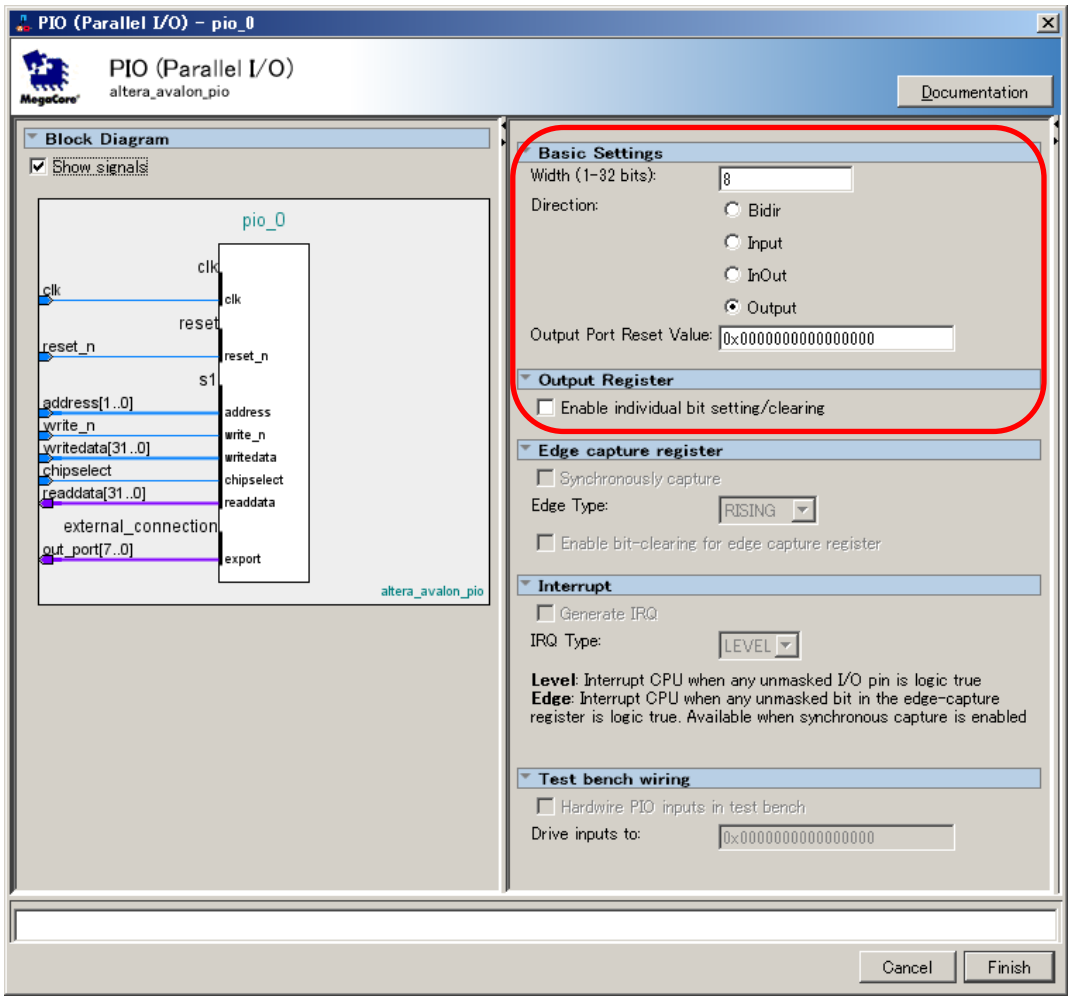
Offset	レジスタ名		Read/Write	(n-1)	・・・・	2	1	0
0	data	Read access	R	現在 PIO にあるデータ値				
		Write access	W	PIO に出力するデータ値				
1	direction		R/W	各 I/O ポート対する個別の入出力方向の制御。入力の場合は 0 、出力の場合は 1 に設定します。				
2	interruptmask		R/W	各 I/O ポートに対する個別の割り込みのイネーブル/ディセーブル。ビットを 1 に設定すると対応するポートの割り込みが有効になります。				
3	edgecapture		R/W	各入力ポートのエッジ検出				
4	outset		W	特定ビットに値をセットします。(※1)				
5	outclear		W	特定ビットをクリアします。(※1)				

（※1） [4] outset 、[5] outclear のレジスタは、Output Register を有効にした場合にのみ有効です。

3. PIO 設定項目

3-1. Basic Settings

- ◆ Width : ポートの幅を設定します。1～32 ビットを指定することができます。
- ◆ Direction : ポートの制御方向を設定します。
  - ▸ Bidi : それぞれのビットがひとつのピンを使用して、駆動とデータの取り込みを行います。それぞれのビットごとに入力と出力を選択することができます。ポートを入力に設定した場合には、FPGA の I/O ピンはトライ・ステートに設定されます。
  - ▸ Input : 入力ポートとしてのみ使用することができます。
  - ▸ InOut : 入力と出力のポートがそれぞれ別に生成されます。
  - ▸ Output : 出力ポートとしてのみ使用することができます。
- ◆ Out Port Reset Value : ポートを出力に設定した際のリセット値を指定します。デフォルトは 0 です。
- ◆ Output Register : オンにすると、ポートの特定のビットの制御が有効になります。デフォルトの設定はオフです。(レジスタ [4] outset、[5] outclear のレジスタを操作することによって制御します。)



3-2. Input Options

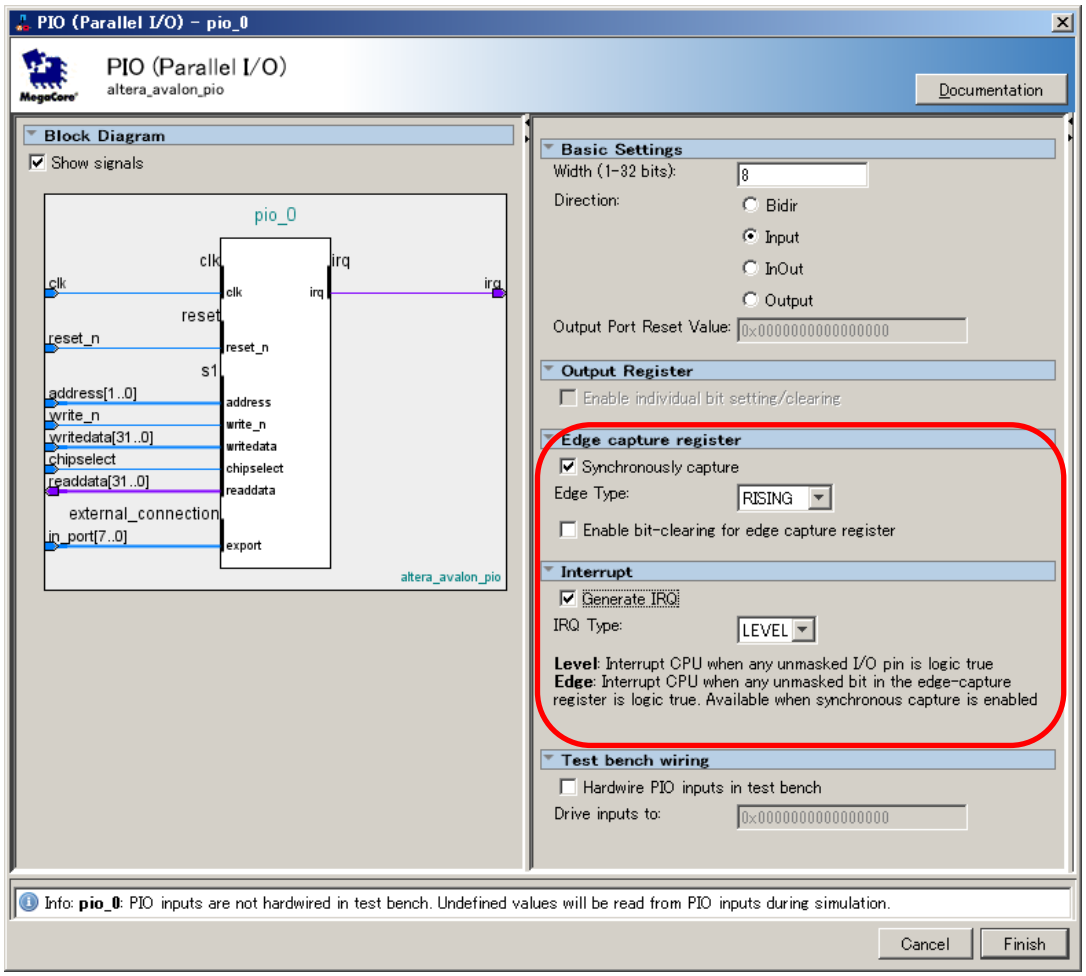
Input Options では Direction を入力に設定した場合の、エッジ・キャプチャ・レジスタの設定と割り込みの設定を行います。

■ Edge capture register

- Synchronously capture ： オンにすると、ポートの入力信号のエッジを取り込むことができます。
  - ✧ RISING ： 立ち上がりエッジを取り込みます。
  - ✧ FALLING ： 立下りエッジを取り込みます。
  - ✧ ANY ： 両エッジを取り込みます。
- Enable bit-clearing for edge capture register ： オンにすると、特定ビットのみを操作することができます。

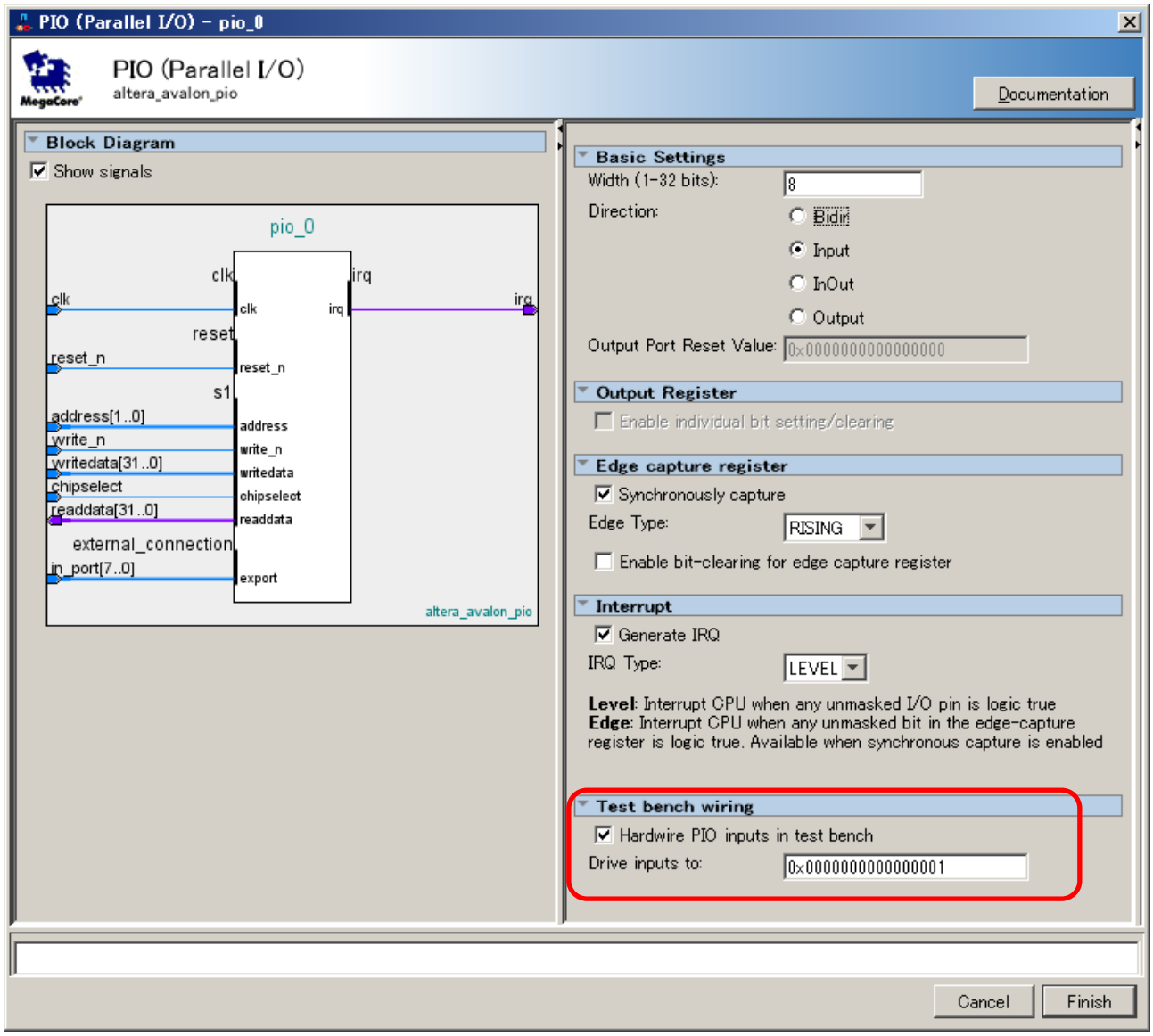
■ Interrupt

- Generate IRQ ： オンにすると、入力信号から割り込みを発生させます。
  - ✧ LEVEL ： 入力ポートのレベルを読んで割り込みを発生します。
    - ※ 入力信号の High を認識します。入力信号が Low アクティブの場合には、外部に NOT ゲートを挿入する必要があります。
  - ✧ EDGE ： 入力ポートのエッジを取り込んで割り込みを発生します。
    - ※ 上記の “Edge capture register” で設定したエッジを認識します。



3-3. Simulation

Test bench wiring では、シミュレーション実行時に入力信号として与える初期値を設定します。設定された値は、ツールが生成するテストベンチに記述されます。



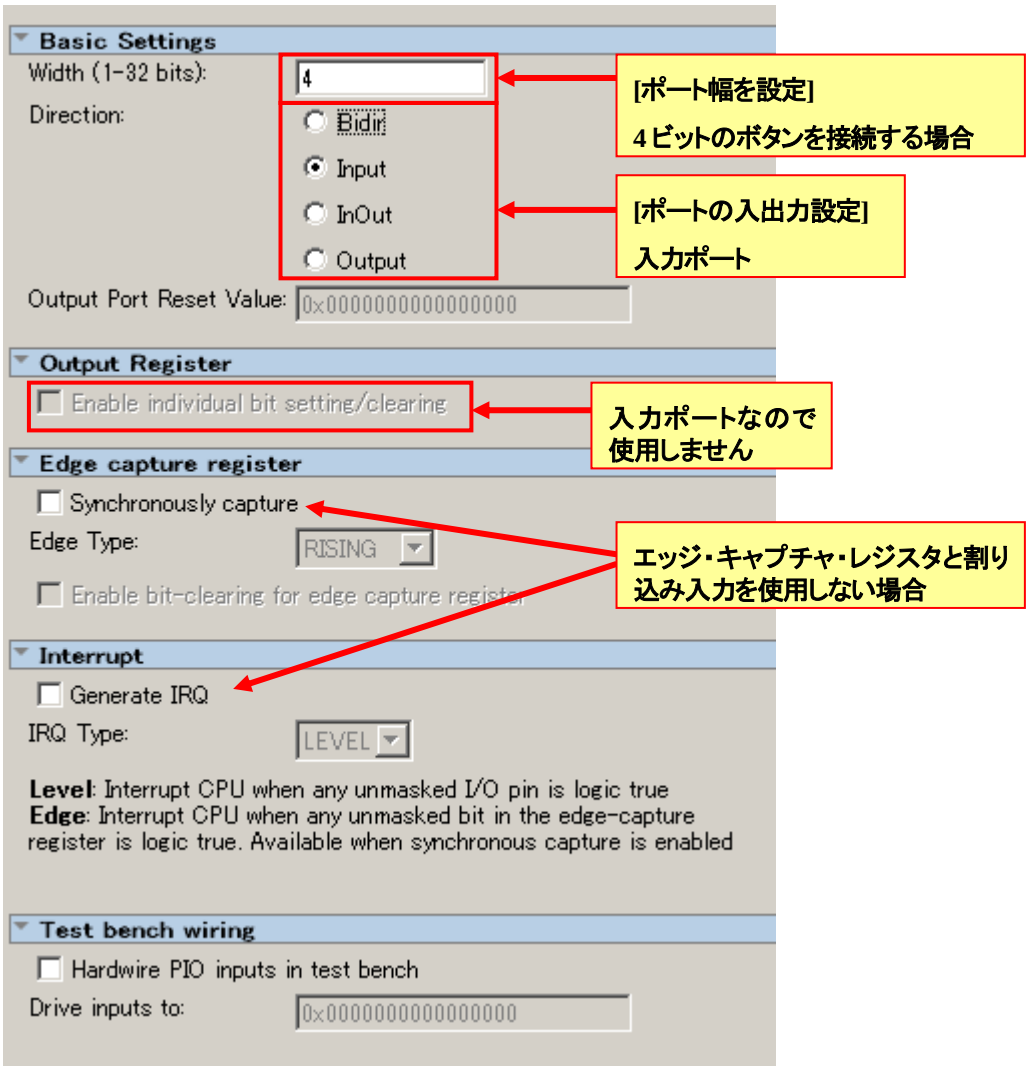
4. PIO 使用例

4-1. シンプルな Input / Output として使用する

4-1-1. Input 使用

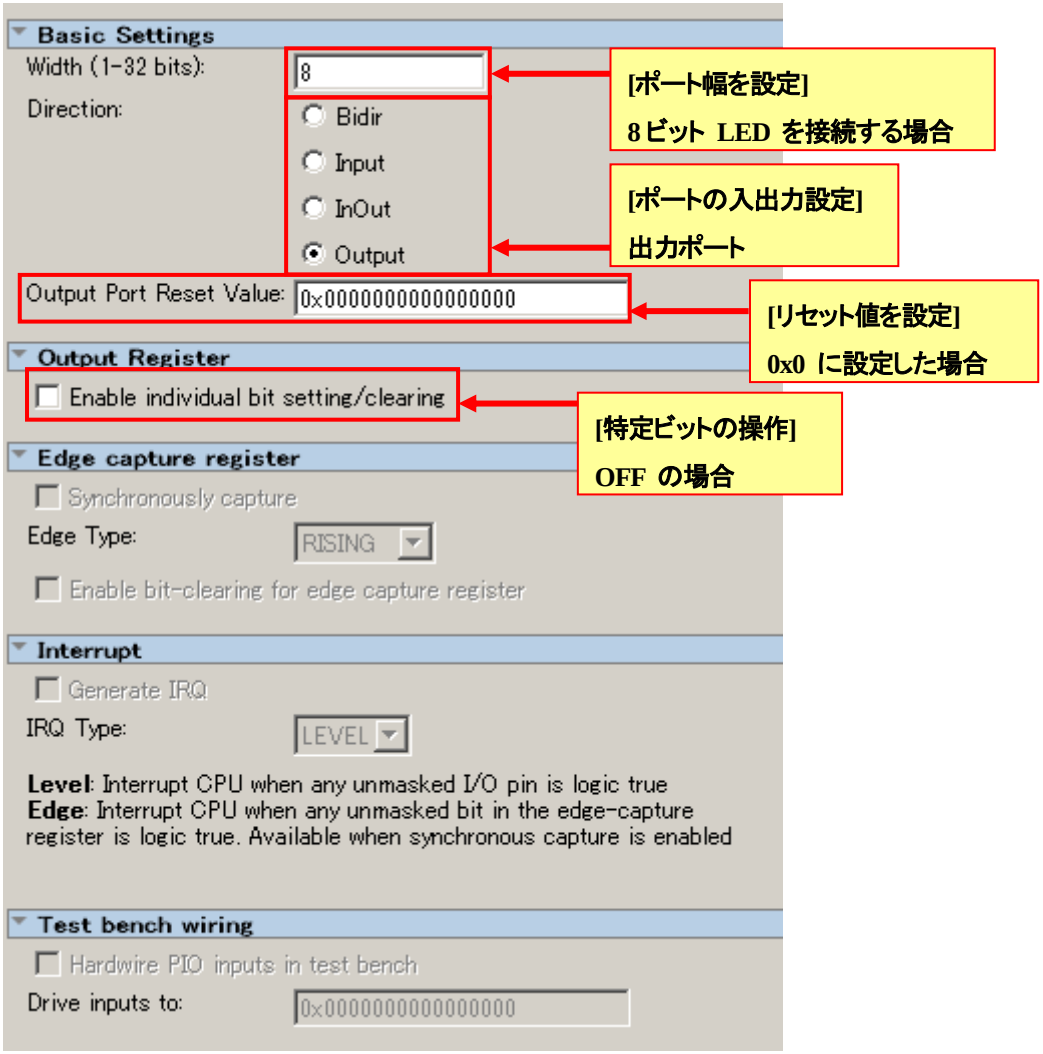
PIO と接続したボタン(4ビット)を読み込む場合の例です。PIO の設定は下記のとおりです。

ソフトウェアからボタンを接続した PIO の data レジスタの値を読み込んで、ボタンの ON/OFF を判断する場合です。割り込みを使用しない場合の例です。



4-1-2. Output 使用

PIO を使用して、ボード上の LED（8 ビット）を制御する場合の例です。PIO の設定は下記のとおりです。この場合は出力ポートに設定しますので、Input Options と Simulation の設定は必要ありません。



下記は PIO 経由で接続した外部のボタンと LED を制御するシンプルなプログラムです。

ボタンからの入力を IORD を使用して読み込みます。ボタンが押された際の操作の中で IOWR で LED を操作し点灯させます。

ソフトウェア例） ボタンの入力を読み込んで LED を点灯

```
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
#include "system.h"
#include "altera_avalon_pio_regs.h"

#define NONE_PRESSED 0xF
#define DEBOUNCE 1000

int main(void)
{
     int buttons;    // ボタンの値を保持するために使用
     int led = 0;    // LED に値を書き込むために使用

     printf("Simple¥n");  // 実行時にコンソールに”Simple”の文字出力

     IOWR_ALTERA_AVALON_PIO_DATA(LED_PIO_BASE, led);  // PIO に初期値を書き込む

     while(1)
     {
          buttons = IORD_ALTERA_AVALON_PIO_DATA(BUTTON_PIO_BASE);  // PIO 経由でボタンの値を読み込む

          if(buttons != NONE_PRESSED)  // if ボタンが押されていたら
          {
               led++;

               IOWR_ALTERA_AVALON_PIO_DATA(LED_PIO_BASE, led);  // PIO に新しい値を書き込み

               /* スイッチのデバウンス処理
                    ボタンが最初に押されてから少し時間をおく
                    ボタンが離されるまで待ち、その後時間をおく  */
               usleep(DEBOUNCE);
               while(buttons != NONE_PRESSED)  // ボタンが離されるのを待つ
                    buttons = IORD_ALTERA_AVALON_PIO_DATA(BUTTON_PIO_BASE);  // buttons の値をアップデート
               usleep(DEBOUNCE);
          }
     }
}
```

4-2. 割り込みポートとして使用する

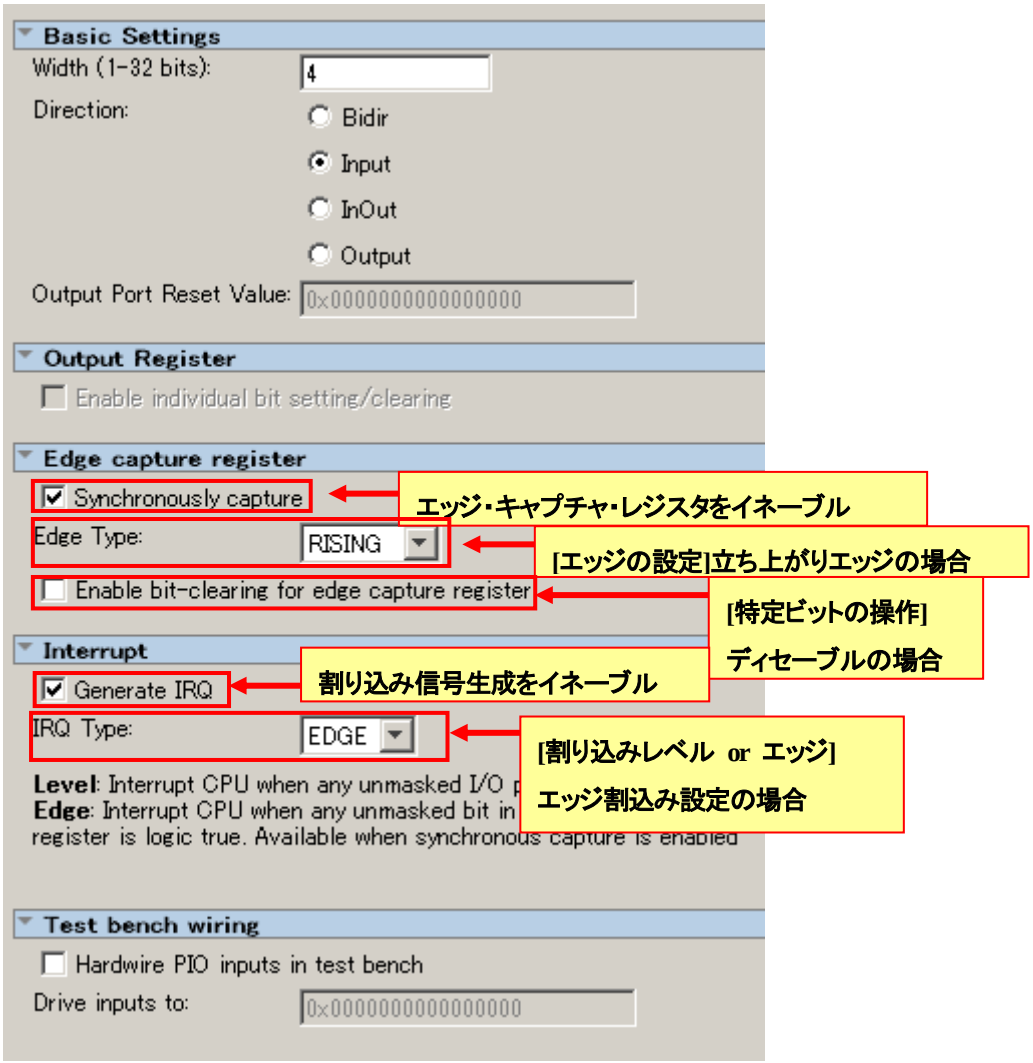
PIO からの入力信号を Nios II の割り込み信号として使用する方法です。

4-2-1. 割り込みポートとして使用する

下記の設定は割り込みを PIO の入力信号の立ち上がりエッジで発生させる場合の例です。Basic Setting のページは “4-1-1. Input 使用” と同様に設定します。

Edge capture register で Synchronously capture にチェックを入れてイネーブルにし、 RISING を選択します。

Interrupt で割り込みをイネーブルにします。割り込みはレベル割り込みとエッジ割り込みの一方を選択することができます。レベル割り込みは High を認識します。エッジ割り込みは Edge capture register で設定したエッジを検出し、割り込みを発生します。



Edge capture register は、割り込みサービス・ルーチンの中でクリアする必要があります。クリアしないまま割り込みサービス・ルーチンから戻ると、Edge capture register は一度取り込んだエッジを保持したままなので、次に発生したエッジを検出することができません。

以下のサンプル・ソースは、ボタン割り込みを使用した場合のソフトウェア・サンプルです。このサンプルでは、ボタン 4 つを接続した PIO の Edge capture register を使用して、ボタンの押された位置を検出します。同時にボタンからの割り込みを登録しているので、ボタンが押されると Nios II に対して割り込みが発生し、登録した割り込みサービス・ルーチンが実行されます。

割り込みサービス・ルーチンでは、Edge capture register の値を読み込んでボタンの位置に対応した LED を点灯します。

ソフトウェア例） 割り込みを使用してボタンの入力を読み込む

```
#include <stdio.h>
#include "system.h"
#include "altera_avalon_pio_regs.h"
#include "sys/alt_irq.h"

/* ボタン割り込みのサービス・ルーチン */

static void button_interrupts(void* context, alt_u32 id)
{
    int button_position;    // ボタンが押された場所の保存に使用
    button_position = IORD_ALTERA_AVALON_PIO_EDGE_CAP(BUTTON_PIO_BASE);
                            // ボタンPIOのエッジ・キャプチャ・レジスタを読み込み
                            // どのポジションのボタンが押されたかを検出

    IOWR_ALTERA_AVALON_PIO_DATA(LED_PIO_BASE, button_position);
                            // 押されたボタンに対応したLEDのビットを点灯

    /* エッジ・キャプチャ・レジスタのリセット */
    IOWR_ALTERA_AVALON_PIO_EDGE_CAP(BUTTON_PIO_BASE, 0x0);
    button_position = 0x0;
}

/* メインルーチン */

int main(void)
{
    printf("Interrupt test¥n");

    /* PIOの初期化 */
    // 特定のボタンのみマスクをかけて有効にする（ボタンが４つの場合）
    IOWR_ALTERA_AVALON_PIO_IRQ_MASK(BUTTON_PIO_BASE, 0xF);

    // エッジ・キャプチャ・レジスタのリセット
    IOWR_ALTERA_AVALON_PIO_EDGE_CAP(BUTTON_PIO_BASE, 0x0);

    // 割り込みハンドラの登録
    alt_irq_register(BUTTON_PIO_IRQ, 0, button_interrupts);

    while(1)
    {
        // ボタンの割り込みを待つ
    }

    return 0;
}
```

4-2-2. 割り込みにマスクをかける

上記のソフトウェア・サンプルでは、

IOWR_ALTERA_AVALON_PIO_IRQ_MASK (BUTTON_PIO, 0xF);

の記述で割り込みにマスクを設定しています。これは、4ビットのボタンを想定し、すべてのビットからの入力を有効にします。

このマクロを使用して、特定ビット入力のみを割り込みとしてイネーブルすることができます。例えば、32 ビットの PIO（INPUT_PIO）のビット 0 とビット 1 のみを割り込み信号としてイネーブルする場合には、

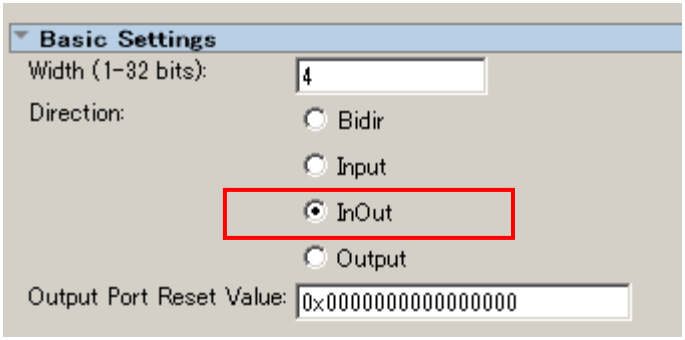
IOWR_ALTERA_AVALON_PIO_IRQ_MASK (INPUT_PIO, 0x3);

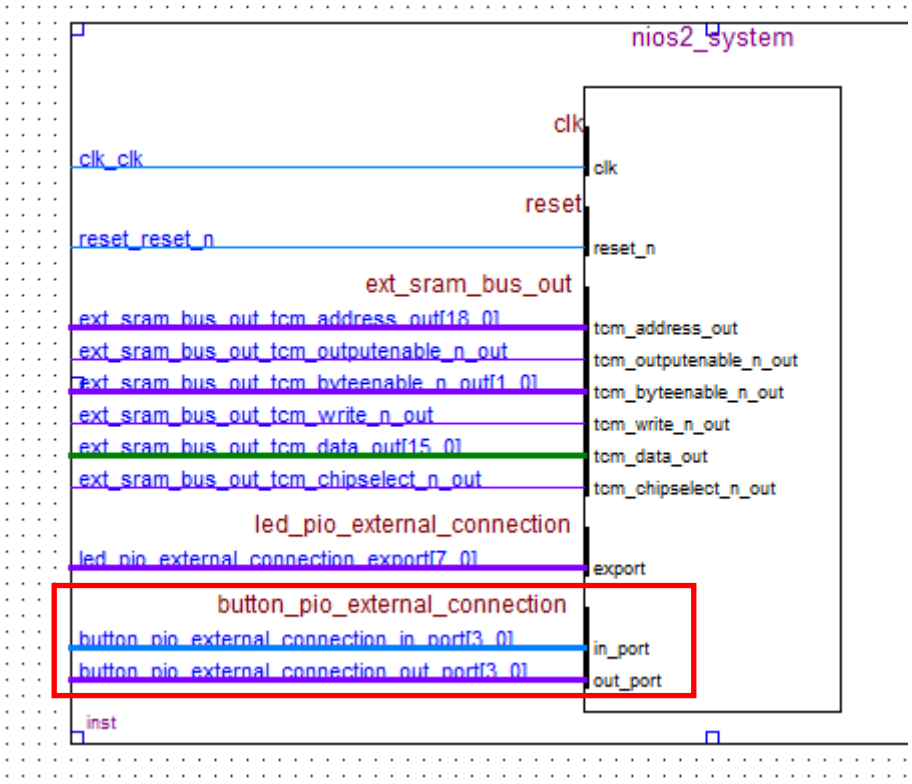
と設定します。

4-3. Input と Output 両方持つインタフェースとして使用する

ひとつの PIO を別々の入力ポートと出力ポートを持つインタフェースとして使用する方法です。

PIO の Basic Settings の Direction で InOut を選択します。下記に示すブロック図のように、ひとつの PIO に入力ポートと出力ポートが生成されます。





入力と出力の切り替えはソフトウェアから、PIO の direction レジスタへ入力の場合は 0、出力の場合は 1 を書き込んで切り替えます。“altera_avalon_pio_regs.h” ファイルの中に direction レジスタへのアクセスのマクロが用意されていますので、ファイルをインクルードして使用することができます。

例えば下記のように記述して、入力と出力を切り替えます。(PIO の名前:BOTH_IN_OUT_PIO)

■ 入力にする場合

```
IOWR_ALTERA_AVALON_PIO_DIRECTION (BOTH_IN_OUT_PIO_BASE, 0x0);
```

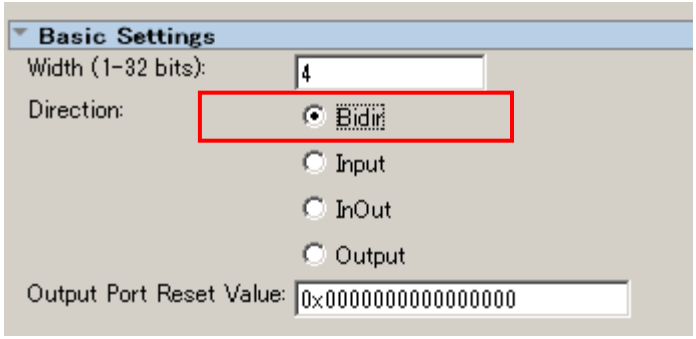
■ 出力にする場合

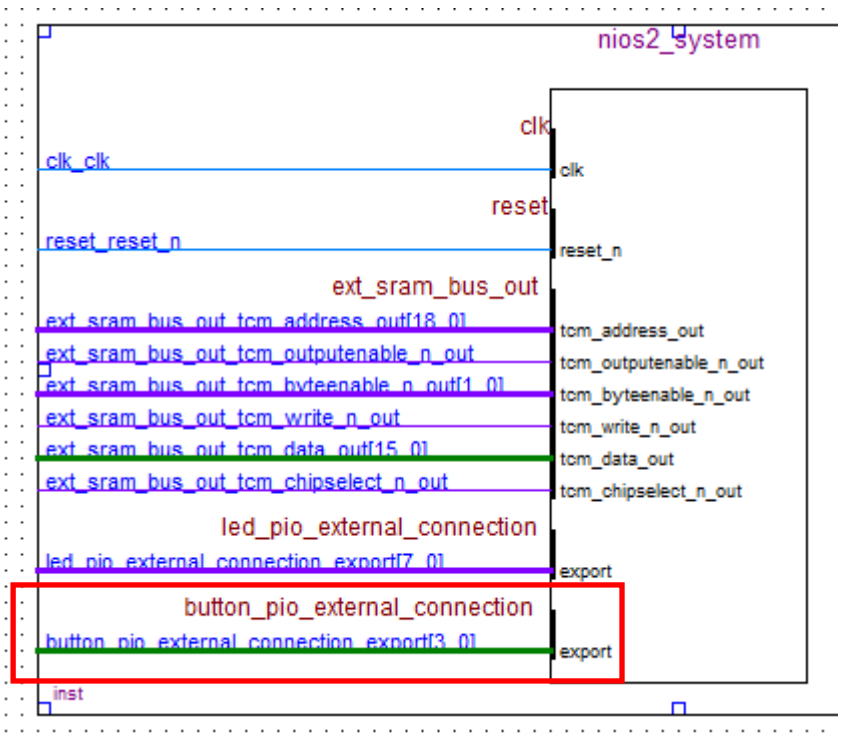
```
IOWR_ALTERA_AVALON_PIO_DIRECTION (BOTH_IN_OUT_PIO_BASE, 0x1);
```

4-4. Bidirectional (tristate) ports として使用する

ひとつのポートをトライ・ステート制御して双方向ピンとして使用する方法です。

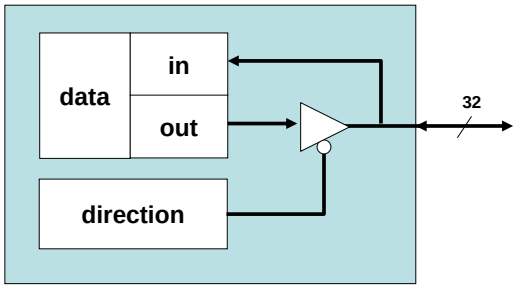
PIO の Basic Settings の Direction で Bidir を選択します。下記に示すブロック図のように双方向のポートが生成されます。





入出力の切り替えは、InOut のポートの際と同様に、PIO の direction レジスタへ入力の場合は 0、出力の場合は 1 を書き込んで切り替えます。

Bidirectional ポートを使用した場合には、下図のように自動でトライ・ステート制御の回路が挿入されます。



改版履歴

Revision	年月	概要
1	2014 年 8 月	新規作成