

TOPPERS/JSP カーネル ユーザズマニュアル

(Blackfin ターゲット依存部)

(カーネル 1.4.3, ターゲット 3.0.0)

最終更新: 3-Feb-2009

TOPPERS/JSP Kernel

Toyohashi Open Platform for Embedded Real-Time Systems / Just Standard Profile Kernel

Copyright (C) 2000-2003 by Embedded and Real-Time Systems Laboratory Toyohashi Univ. of
Technology, JAPAN

Copyright(C) 2006-2009 by Takemasa Nakamura

上記著作権者は、以下の (1)~(4) の条件か、Free Software Foundation によって公表されている GNU General Public License の Version 2 に記述されている条件を満たす場合に限り、本ソフトウェア (本ソフトウェアを改変したものを含む。以下同じ) を使用・複製・改変・再配布 (以下、利用と呼ぶ) することを無償で許諾する。

1. 本ソフトウェアをソースコードの形で利用する場合には、上記の著作権表示、この利用条件および下記の無保証規定が、そのままの形でソースコード中に含まれていること。
2. 本ソフトウェアを、ライブラリ形式など、他のソフトウェア開発に使用できる形で再配布する場合には、再配布に伴うドキュメント (利用者マニュアルなど) に、上記の著作権表示、この利用条件および下記の無保証規定を掲載すること。
3. 本ソフトウェアを、機器に組み込むなど、他のソフトウェア開発に使用できない形で再配布する場合には、次のいずれかの条件を満たすこと。
 - A) 再配布に伴うドキュメント (利用者マニュアルなど) に、上記の著作権表示、この利用条件および下記の無保証規定を掲載すること。
 - B) 再配布の形態を、別に定める方法によって、TOPPERS プロジェクトに報告すること。
4. 本ソフトウェアの利用により直接的または間接的に生じるいかなる損害からも、上記著作権者および TOPPERS プロジェクトを免責すること。

本ソフトウェアは、無保証で提供されているものである。上記著作権者および TOPPERS プロジェクトは、本ソフトウェアに関して、その適用可能性も含めて、いかなる保証も行わない。また、本ソフトウェアの利用により直接的または間接的に生じたいかなる損害に関しても、その責任を負わない。

1. Blackfin ターゲット依存部の概要

1.1. ターゲットシステム

Blackfin プロセッサのターゲットシステムとしては、Analog Devices の EZ-KIT Lite BF533、EZ-KIT Lite BF537、BF533CB および中村(酔漢)による Rebus に対応している。

1.2. 開発環境と実行環境

開発には、GCC などの GNU 開発環境を用いた。libkernel ライブラリのビルドには Analog Devices の VisualDSP++ も利用できることを確認しているが、試験的な対応にとどめている。なお、コメントの日本語エンコーディングには UTF-8 を使用している。

1.3. サポートする機能の概要

Blackfin 依存の機能として、SIC 割込みマスクの変更・参照(chg_ims, get_ims)および割り込みの許可、禁止(ena_int, dis_int)、性能評価用システム時刻参照機能(vxget_tim)をサポートしている。

なお、VisualDSP++ を使用する場合、ライブラリに関してはマルチ・タスク対応にしていけないので注意すること。具体的には malloc()/free()関数と errno 変数がマルチ・タスク対応になっていない。特に malloc()に関しては sourceforge において相談されたい。

1.4. 他のターゲットへのポーティング

現バージョンでは、ADSP-BF532、ADSP-BF533 および ADSP-BF537 のみをサポートしている。

1.5. Blackfin 依存部のソースの取得

Blackfin 依存部のソースコードは sourceforge より取得できる。

- <http://sourceforge.jp/projects/toppersjsp4bf/>

最新ソースコードは CVS から取得できる。ただし、複数ある CVS のモジュールのうち、Blackfin 依存部 3.x が格納されているのは "jsp" モジュールである。"blackfin-vdsp" モジュールには 1.x が、"blackfin" モジュールには 2.x が格納されている。1.x, 2.x 系列はすでにメンテナンスしていないので注意すること。

2.

Blackfin プロセッサ依存部の機能

この節では、カーネルおよびシステムサービスの機能の中で、Blackfin 依存の部分について解説する。

2.1. データ型

signed int 型, unsigned int 型, size_t 型のサイズは、いずれも 32 ビットである。

2.2. 割り込み管理機能

デフォルトではカーネル管理外の割り込みは NMI のみである。よって、CPU ロック状態や初期化ルーチン内では、NMI 以外の割り込みはすべて禁止されている。具体的には、IMASK が 0xC01F に設定される。

任意のハードウェア割り込みをカーネル管理外割り込みにもすることもできる。sys_config.h でマクロ UNMANAGED_INT を宣言すると、マクロ中で指定したビットマップに対応した割り込みがカーネル管理外割り込みとなる。この機能を使用するとわずかだが性能が劣化する。宣言についての詳細は sys_config.h のコメントを参照。

なお、ハードウェア・エラー割り込みハンドラを使うときには、sys_config.h で QUICK_HW_ERROR マクロを宣言する。このマクロを宣言しなくともハードウェア・エラー割り込みを処理することは出来る。ただし、dispatch()関数内で割り込み待ちを行っている場合、ハードウェア・エラーが発生しても即時対応できなくなる。この点に問題がなければ、QUICK_HW_ERROR マクロを宣言する必要はない。

カーネル管理外割り込みを利用する場合、その割り込み用のスタックもユーザーが用意し、イベントのエントリで設定しなければならない。また、カーネル管理外割り込みの最中であっても、CPU 例外は発生する。CPU 例外はこの場合カーネル管理外割り込みのスタックをそのまま使用するので必要量は慎重に計算しなければならない。

IMASK レジスタの、カーネル管理外割り込みに対応するビットは、kernel_start ルーチンの開始時点で 0 になっている。このビットのオン/オフはアプリケーション・プログラムが行うこと。

2.3. CPU 例外管理機能と CPU 例外ハンドラ

DEF_EXC で指定する割り込みハンドラ番号(excno)は、単に無視される。例外ハンドラはただひとつだけが登録可能で、seqstat の excuse による処理の振り分けは登録した例外ハンドラ内部で行う。

2.4. スタートアップモジュール

Blackfin 依存のスタートアップモジュール(start.S)では、次の初期化処理を行う。

2.4.1. プロセッサモードの初期化とスタックポインタの初期化

最初に LC0 と LC1 をクリアしてハードウェア・ループを無効化した後、L0-L3 を 0 にする。次にスタックをイベントスタックのトップに設定する。このスタックは `dispatch()` がタスク・スタックを設定するまで非タスクコンテキスト用のスタックとして使われる。プロセッサの割り込みベクトルに割り込みディスパッチャのエントリーを設定する。最後にリセットモードから IVG15 モードに遷移する。

イベントスタックは LDF が定義した領域をリンカーが処理して埋め込む。

なお、GCC を使用した場合には、必要に応じてソフトウェア・リセットを行うコードを追加している。これは、2006 年時点で、`gdbproxy` がアプリケーションのロード時にプロセッサをリセットしないためである。

2.4.2. カーネルの起動

`kernel_start` へ分岐し、カーネルを起動する。 `kernel_start` からリターンしてくることは想定していない。

2.5. 性能評価用システム時刻参照機能

Blackfin 依存部では、性能評価用システム時刻参照機能 (`vxget_tim`) をサポートしている。性能評価用システム時刻の精度は 1 コア・サイクルである。この機能はコアのサイクルカウンタを直接読み出すため正確である。なお、`SYSUTIM` 型は UD 型 (64 ビットの符号無し整数型) に定義している。

2.6. 予約資源

いくつかの資源はカーネル内部で使用しているため、ユーザーアプリケーションが使用することは禁止されている。

- プロセッサ・コア・イベント番号 15 および 14
-

3. EZ-KIT Lite BF533 システム依存部の機能

3.1. PLL の設定

PLL の設定は「PLL_CTL レジスタが初期値で、かつ SDRAM コントローラがディセーブルの場合」に限り行う。これは、SDRAM のようなクロックに依存する外部デバイスの動作を保護するためである。

イニシャライザやローダーは SDRAM コントローラと PLL をあらかじめ初期化する場合がある。PLL の設定をバイパスするのはこのような事態に備えるためである。

VisualDSP++ のデバッグ環境では、この機能が邪魔になる場合がある。そのときには、`sys_config.h` で `FORCE_PLL_INITIALIZE` マクロを宣言すると良い。

3.2. システムクロックドライバ

システムクロックドライバが `isig_tim` を呼び出す周期は、`sys_defs.h` 中の `TIC_NUME` と `TIC_DENO` で定義されている (標準は 1 ミリ秒周期)。システムクロックのタイマーはコアタイマーか、汎用タイマー 2 を使用する。`sys_config.h` のなかで `USE_TIC_CORE` マクロを定義するとコアタイマーを使う。汎用タイマー 2 を使用する場合に必要な `SIC_IMASK` の変更は自動的におこなうのでユーザーが気にする必要はない。

3.3. シリアルインタフェースドライバ

シリアル・インターフェース・ドライバはシステム依存部の `UART.*` にて実装している。それぞれの割り込みは `INTNO_UART_TX` および `INTNO_UART_RX` である。シリアルポートをオープンすると、これらの割り込みは自動的に有効になる。

3.4. 割り込みハンドラ

`DEF_INH` で指定する割り込みハンドラ番号 (`inhno`) は、ADSP-BF533 のシステム割り込み番号を表し、そのデータ型 (`INHNO`) は `unsigned int` 型に定義されている。`DEF_INH` に指定できる値は、`sys_config.h` に `INHNO_XXXX` として定義してある。なお、システム割り込み番号とは、`SIC_IMASK` におけるビット番号である。

`INHNO_RAISE` は `RAISE` 命令がおこすソフトウェア割り込みのためのハンドラ番号である。`RAISE` 命令に与えるオペランドは割り込みの順位番号を与えるが、順位がどうであれ `INHNO_RAISE` に登録されたユーザーのハンドラが呼び出される。`RAISE` 命令による割り込みを他から区別する手段がないため、`RAISE` を使う場合は他のデバイスからの割り込み要因が使用されていない順位を利用しなければならない。ただし、割り込み要因は実際に発生していなければ割り当てられていてもかまわない。

割り込みハンドラがシステム割り込み番号ごとに呼び出されるため、アプリケーション・プログラマが割り込みハンドラ内部で実際に割り込みを起こしたデバイスを同定する必要はない。ただし、割り込みのクリアはユーザーの割り込みハンドラの責任で行う。

3.5. SIC_IARx の変更

何らかの理由で内蔵デバイスからの割り込み要求順位を変更したいときには SIC_IARx を変更しなければならない。変更はアプリケーション初期化コードで行い、静的サービスコール ATT_INI を使ってシステムに登録する。変更用の初期化コードは次のようになる。

```
void init_iar(VP_INT vp_int)
{
    *pSIC_IAR0 = ...;
    *pSIC_IAR1 = ...;
    ...
    make_priority_mask();
}
```

make_priority_mask は SIC_IARx から TOPPERS/JSP が内部で使用する参照ビットマップを作り出す。この初期化コードは、コンフィグレーションファイルの中で他の初期化コードより先に宣言されなければならない。

3.6. 割り込みマスク制御

ADSP-BF533 依存の機能として、SIC_IMASK 中のマスク値を変えるためのサービスコール chg_ims と参照するためのサービスコール get_ims をサポートしている。なお、マスクの値を表すデータ型 IMS は、unsigned int 型に定義されている。

これらのサービスコールは、タスク・非タスクコンテキストのいずれでも、また CPU ロック状態、ロック解除状態のいずれでも呼び出すことができる。

割り込みマスクの変更および、dis_int() を使って特定のデバイスからの割り込みを禁止する場合は、必ず CPU ロック解除状態で行うよう注意する。Blackfin コアは IMASK による割り込み禁止 (CPU ロック状態に相当) であっても ILAT レジスタに割り込み要求を記録する。したがって、CPU ロック状態に入ってから dis_int() に入る前までに割り込みが生じる可能性がある。このような割り込みが起きてもいいように慎重にプログラムを組むことはできるが、単純に CPU ロック解除状態で dis_int() を呼ぶようにすれば何の問題もおきない。割り込みマスクの変更も同様である。

Blackfin 依存の割り込みマスクの変更・参照のためのサービスコールの仕様は次の通り。

3.6.1. chg_ims 割込みマスクの変更

【C 言語 API】

```
ER ercd = chg_ims(IMS ims);
```

【パラメータ】

IMS ims 設定すべき SIC_IMASK の値

【リターンパラメータ】

ER ercd エラーコード

【エラーコード】

E_CTX コンテキストエラー

E_PAR パラメータエラー (ims が不正)

【機能】

SIC_IMASK を ims で指定した値にする。

このサービスコールは、常に 0 を返す。

3.6.2. get_ims 割込みマスクの参照

【C 言語 API】

```
ER ercd = get_ims(IMS *p_ims);
```

【パラータ】

なし

【リターンパラメータ】

ER ercd エラーコード

IMS ims 現在の SIC_IMASK の値

【エラーコード】

E_CTX コンテキストエラー

【機能】

現在の SIC_IMASK の値を読み出し、ims に返す。

このサービスコールは常に 0 を返す。

3.6.3. ena_int 割り込みの許可

【C 言語 API】

```
ER ercd = dis_int(INTNO intno);
```

【パラメータ】

INTNO intno 許可するシステム割り込みの番号

【リターンパラメータ】

ER ercd エラーコード

【エラーコード】

E_PAR パラメータエラー (intno が不正)

【機能】

SIC_IMASK を intno ビットを 1 にする。対応する割り込みが許可される。
パラメータとして渡すことのできる値は sys_config.h に INTNO_XXXX とし
て宣言してある。

許されない番号を渡すと E_PAR を返す。

3.6.4. dis_int 割り込みの禁止

【C 言語 API】

```
ER ercd = dis_int(INTNO intno);
```

【パラメータ】

INTNO intno 許可するシステム割り込みの番号

【リターンパラメータ】

ER ercd エラーコード

【エラーコード】

E_PAR パラメータエラー (intno が不正)

【機能】

SIC_IMASK を intno ビットを 0 にする。対応する割り込みが禁止される。
パラメータとして渡すことのできる値は sys_config.h に INTNO_XXXX とし
て宣言してある。

このサービスコールは常に 0 を返す。

4. その他のシステム依存部の機能

EZ-KIT Lite BF537、BF533CB、Rebun システム依存部は、以下に記述する部分をのぞいて EZ-KIT Lite BF533 システム依存部と同等の機能を実装している。詳細については、EZ-KIT Lite BF533 システム依存部の章を参照のこと。

4.1. システム依存部間の差異

各システム依存部の細かい差異については、表 1 を参照のこと。

表 1 システム依存部間の差異

依存部	EZ-KIT BF533	BF533CB	Rebun	EZ-KIT BF537
プロセッサ	ADSP-BF533	ADSP-BF533	ADSP-BF532	ADSP-BF537
CLKIN	27MHz	20MHz	27MHz	25MHz
CCLK	594MHz	500MHz	378MHz	600MHz
SCLK	118.8MHz	125MHz	94.5MHz	120MHz
MEM INST	64kB(*1)	64kB(*1)	32kB(*1)	48kB(*1)
MEM DATA A	32kB	32kB	16kB	32kB
MEM DATA B	16kB(*1)	16kB(*1)	0kB(*1)	16kB(*1)
MEM SCRATCH	4kB	4kB	4kB	4kB
システムタイマー	GP Timer 2	GP Timer 2	GP Timer 2	GP Timer 7

(*1) 16kB はキャッシュ用に予約

4.2. ADSP-BF531/532/533 を使ったシステムの割り込み宣言

```
#define INHNO_PLL 0
#define INHNO_DMA_ERROR 1
#define INHNO_PPI_ERROR 2
#define INHNO_SPORT0_ERROR 3
#define INHNO_SPORT2_ERROR 4
#define INHNO_SPI_ERROR 5
#define INHNO_UART_ERROR 6
#define INHNO_RTC 7
#define INHNO_PPI 8
#define INHNO_SPORT0_RX 9
#define INHNO_SPORT0_TX 10
#define INHNO_SPORT1_RX 11
#define INHNO_SPORT1_TX 12
```

```

#define INHNO_SPI                13
#define INHNO_UART_RX            14
#define INHNO_UART_TX            15
#define INHNO_GP_TIMER0          16
#define INHNO_GP_TIMER1          17
#define INHNO_GP_TIMER2          18
#define INHNO_PFA                 19
#define INHNO_PFB                 20
#define INHNO_MEMORY_DMA0        21
#define INHNO_MEMORY_DMA1        22
#define INHNO_WDG                 23

// SIC_ISR がない特殊な割り込み
#define INHNO_HW_ERROR            24
#define INHNO_GP_TIMER            25
#define INHNO_RAISE               26

```

4.3. ADSP-BF534/536/537 を使ったシステムの割り込み宣言

```

#define INHNO_PLL                0
#define INHNO_DMA_ERROR          1
#define INHNO_PERIPHERAL_ERROR  2
#define INHNO_RTC                 3
#define INHNO_PPI                 4
#define INHNO_SPORT0_RX          5
#define INHNO_SPORT0_TX          6
#define INHNO_SPORT1_RX          7
#define INHNO_SPORT1_TX          8
#define INHNO_TWI                 9
#define INHNO_SPI                10
#define INHNO_UART0_RX           11

```

```
#define INHNO_UART0_TX      12
#define INHNO_UART1_RX      13
#define INHNO_UART1_TX      14
#define INHNO_CAN_RX        15
#define INHNO_CAN_TX        16
#define INHNO_MAC_RX        17
#define INHNO_PORT_H_A      17
#define INHNO_MAC_TX        18
#define INHNO_PORT_H_B      18
#define INHNO_GP_TIMER0     19
#define INHNO_GP_TIMER1     20
#define INHNO_GP_TIMER2     21
#define INHNO_GP_TIMER3     22
#define INHNO_GP_TIMER4     23
#define INHNO_GP_TIMER5     24
#define INHNO_GP_TIMER6     25
#define INHNO_GP_TIMER7     26
#define INHNO_PORT_FG_A     27
#define INHNO_PORT_G_B      28
#define INHNO_MEMORY_DMA0   29
#define INHNO_MEMORY_DMA1   30
#define INHNO_WDG            31
#define INHNO_PORT_F_B      31

// SIC_ISR にない特殊な割り込み
#define INHNO_HW_ERROR      32
#define INHNO_GP_TIMER      33
#define INHNO_RAISE         34
```

5. 開発環境の構築

開発環境は Analog Devices の VisualDSP++ および GNU のツールチェーンを使用した

5.1. 開発環境のバージョン

動作確認したツールのバージョンは以下の通りである。VisualDSP++については、ライブラリのビルドのみ確認した。動作については確認していない。

- GCC 4.1.2
- VisualDSP++ : 5.0 Update 1

5.2. offset.h

VisualDSP++を開発に使う場合、あらかじめ offset.h を生成しなければならない。生成には、jsp/utils/blackfin-vdsp サブディレクトリ内部のプロジェクトを用いること。

5.3. サンプル・アプリケーション

TOPPERS プロジェクトより配布されている TOPPERS/JSP のコンフィグレータが生成する sample1 は、そのままではビルドできない。これは、sample1.h が blackfin 依存部を認識できず、タスク・スタックとして 8kB を割り当てるためである。これは ADSP-BF532、ADSP-BF533 および BF537 で使うには大きすぎる。

この対策として、以下の宣言を jsp/sample/sample1.h の CPU 依存宣言部に挿入している。そのため、CVS の jsp モジュールから取得したソースツリーを使う場合、問題無く sample1 のビルドができる。

```
#elif defined(BLACKFIN)

#define CPUEXC1 0 /* CPU 例外ハンドラ番号 */

#define RAISE_CPU_EXCEPTION asm(" excpt 0;") /* ソフトウェア割込み発生 */

#define STACK_SIZE 1024 /* タスクのスタックサイズ */

#define TASK_PORTID 1 /* 文字入力するシリアルポート ID */
```

また、継続的な動作チェックはしていないが、VisualDSP++用のプロジェクトを jsp/tools/blackfin-vdsp/ 以下に置いている。

6. 独自ボードへの移植

TOPPERS/JSP for Blackfin は Analog Devices 社の評価基板である EZ-KIT Lite BF533 上で開発された。そのため、一部設定は同ボードに依存している。それらの点は `sys_config.h` のマクロを書き換えることで変更できる。また、それ以外にもユーザーが独自のボードにあわせこむための機能が用意されている。

以下は ADSP-BF533 に関する説明だが、ADSP-BF537 に関しても同様である。

6.1. クロック設定の変更

ユーザーが任意の周波数で Blackfin を動かすことができるよう、`sys_config.h` にクロック設定用のマクロが用意してある。これらの既定値は以下のとおり。この既定値は EZ-KIT BF533 上で 600MHz 動作を行うためのものである。

```
#define CSELVAL 1
#define SSELVAL 5
#define MSELVAL 22
#define CLKIN 27000000
```

CSELVAL, SSELVAL はそれぞれ PLL_DIV レジスタの CSEL フィールド、SSEL フィールドの設定制御用の値である。CSELVAL は 1,2,4,8 の中のいずれかの値を指定する。これはコア用の分周比であって PLL_DIV の CSEL フィールドに書き込む値ではないことに注意する。SSELVAL は SSEL フィールドに書き込む値そのものである。

MSELVAL は PLL_CTL レジスタの MSEL フィールドに書き込む値を指定する。これらの設定を元に `sys_config.c` の `sys_initialize()` が PLL の設定を行う。

CLKIN は ADSP-BF533 の CLKIN 端子に入力する周波数を Hz 単位で宣言する。EZ-KIT BF533 の場合 27MHz 入力なので既定値は 27000000 になっている。

以上の 4 つのマクロを元に、TIC(システム)タイマーの設定値と微小時間待機関数の設定も自動的に行われる。したがってこれらのマクロさえ正しく設定すれば TIC(システム)タイマーの設定を気にする必要はない。

6.2. システムタイマーの変更

ユーザーのシステムに応じてシステムタイマーとして Blackfin のコアタイマーかあるいは ADSP-BF533 の GP タイマー 2 のいずれかを利用することができる。コアタイマーを使う場合には `sys_config.h` の中で `USE_TIC_CORE` マクロを定義する。

```
#define USE_TIC_CORE
```

デフォルトではこのマクロはコメントアウトされている。すなわち、デフォルトでは GP タイマー 2 を使っている。コアタイマーを使う場合には、dispatch() の割り込み待ち部分で idle 命令ではなく nop 命令をつかうようにプログラムされている。

システムタイマーの割り込みハンドラとその登録は上記マクロの状態によって自動的に条件コンパイルされるのでユーザーが手を加える必要はない。

6.3. SIC_IARx の変更

SIC_IARx の値を変えると、割り込み源と優先順位の対応付けが変わる。TOPPERS/JSP for Blackfin はこの対応を表としてもっているため、SIC_IARx を書き換えたらず必ずこの表をアップデートしなければならない。表のアップデートは make_proiority_mask() 関数を呼ぶことで完了する。

SIC_IARx の変更は複雑な問題を起こしうるため、原則としてシステム起動時に一度だけ行うべきである。コンフィグレーションファイルの中で ATT_INI によってアタッチされる初期化コードの中で変更するのがもっともよい方法である。この場合、他の初期化コードより先にアタッチしなければならない。

SIC_IARx の変更に関してはサンプルプログラムを用意しているので参照されたい。

6.4. 実行時初期化の選択

実行時初期化機能はノーブート・モード時に変数を初期化するための VisualDSP++ 埋め込み機能である。この機能を使うには、sys_config.h にて USE_RUNTIME_INIT マクロを宣言する

```
#define USE_RUNTIME_INIT
```

一般にブート・モードを使用するならこの機能は不要である。

6.5. 起動メッセージ

TARGET_NAME マクロは起動メッセージとして使う文字列である。

6.6. 外部ペリフェラル・レジスタの保護

外部バスに接続されたペリフェラルのレジスタが読み出しによって値が変わる破壊性のものである場合は、これらのレジスタからの読み出しを割り込みから保護しなければならない。これは、sys_defs.h において BOARD_DESTRUCTIVE_READ マクロを変更することで達成できる。なお、保護されるのはシステム・インターフェース・レイヤーを使用する場合だけである。

BOARD_DESTRUCTIVE_READ マクロは渡された引数 iop が外部バスの破壊性読み出しレジスタのアドレスと一致するときに論理値真を返すマクロである。

デフォルトでは、すべての外部アドレスに対して真を返す。

6.7. C++への対応

VisualDSP++環境でC++言語を利用するためには、あらかじめそのためのデータ領域を確保した上でその領域を初期化しなければならない。これを行うには、sys_config.hにてINIT_C_PLUS_PLUSマクロを宣言する。

```
#define INIT_C_PLUS_PLUS
```

C言語しか使わないのであればこの機能は不要である。

6.8. ハードウェア・エラーへの対応

Blackfinのハードウェア・エラー割り込みは特殊な構造になっており、コア・ウェイクアップ信号を生成しない。そのため、IDLE命令で安全かつ即座に検出できない。

TOPPERS/JSP for BlackfinではIDLE命令による安全な検出を行っている。この検出方法ではIDLE命令の実行中にハードウェア・エラーが発生しても、他のデバイスによる割り込み要求が発生するまでハードウェア・エラーを検知できない。他のデバイスによる割り込み要求が受理されると、IDLE命令を終了して、受理されたデバイスではなくハードウェア・エラー・イベントが実行される。

安全かつ即座に検出したい場合には以下のマクロをsys_config.hで宣言する。

```
#define QUICK_HW_ERROR
```

なお、このマクロを宣言するとIDLE命令を使わないため、割り込み待ち状態での消費電力が増大する。

6.9. 管理外割り込みへの対応

汎用割り込みイベントを管理外割り込みとして予約することが出来る。この場合、sys_config.hでUSE_HW_ERRORマクロを宣言する。

```
#define UNMANAGED_INT 0x0020
```

割り込み順位はビットマップとして指定する。上の例では、ビット5が1なので、IVHWが管理外割り込みとなる。

管理外割り込みハンドラは、割り込みスタックの用意、資源の退避、復帰、RTI命令の実行をすべて自分自身で行わなければならない。また、ハンドラの登録もプログラマが自分自身でイベント・ベクトルに書き込まねばならない。

カーネル管理外割り込みを利用する場合、その割り込み用のスタックもユーザーが用意し、イベントのエントリで設定しなければならない。また、カーネル管理外割り込みの最中であっても、CPU例外は発生する。CPU例外はの場合カーネル管理外割り込みのスタックをそのまま使用するので必要量は慎重に計算しなければならない。

IMASKレジスタの、カーネル管理外割り込みに対応するビットは、kernel_startルーチンの開始時点で0になっている。このビットのオン/オフはアプリケーション・プログラムが行うこと。

6.10. システム略称

TOPPERS/JSP の `jsp/doc/config.txt` の指針に基づき、`sys_def.h` の「システム略称」マクロを変更すること。

6.11. PLL の強制初期化

`sys_config.h` で `FORCE_PLL_INITIALIZE` マクロを宣言すると、PLL および SDRAM コントローラの初期状態にかかわらず、PLL を初期化する。

これは、VisualDSP++のようにデバッガが SDRAM を初期化するような環境で利用する時に便利である。マクロを宣言しない場合には、PLL および SDRAM が未初期化時に限って PLL を初期化する。

7. 他プロセッサへの移植

Blackfin コアを使った他のプロセッサへの移植はチップ依存部を書き換えることにより行う。ADSP-BF533 チップ依存部は `jsp/config/blackfin/_common_bf533` にまとめられている。CPU 依存部は Blackfin コアにのみ依存するように設計しているが、問題がある場合はこの文書の「[連絡先](#)」に書いてある sourceforge まで連絡していただきたい。

7.1. システムタイマー制御

システムタイマーは `hw_timer.h` を書き換えて移植する。コアタイマーを使う場合にはこの部分の変更はないと思われるが、GP タイマーを使う場合は変更が必要になる。

7.2. PLL 制御

PLL の制御は `chip_config.c` で行っている。場合によっては `sys_config.h` の設定用マクロも変更が必要になるかもしれない。変更を受けうるのは `MSELVAL`, `CSELVAL`, `SSELVAL`, `CLKIN` である。一例として ADSP-BF535 の場合 `CSEL` が不要になる。

7.3. INTNO_xxxx と INHNO_xxxx

`INTNO_xxxx` と `INHNO_xxxx` は `chip_config.h` に定義してある。これらは全面的に再宣言が必要である。なお、システムタイマー割り込みハンドラ番号である `INHNO_TIMER` には `USE_TIC_CORE` の定義の有無に応じて適切な値を割り当てる。具体的には `USE_TIC_CORE` があるときにはコアタイマー割り込みの割り込みハンドラ番号を、ないときにはシステムタイマーとして使う GP タイマーの割り込みハンドラ番号を割り当てる。

ハードウェア割り込み、コアタイマー割り込み、ソフトウェア割り込み用のハンドラ番号は、デバイス用の割り込みハンドラ番号より大きなものを割り当てる。

7.4. DEVICE_INTERRUPT_COUNT マクロ

マクロ定数 `DEVICE_INTERRUPT_COUNT` に割り込み要因の数を定義すること。これは `SIC_IMASK` のビット数である。

7.5. `priority_mask[]` と `make_priority_mask()`

`priority_mask[]` のサイズは `DEVICE_INTERRUPT_COUNT` マクロの値+3 にする。

割り込み要因の数が 32 を超える場合、`priority_mask` を大幅に変更しなければならない。同様に `make_priority_mask()` も変更が必要になる。

割り込み要因の数が 32 を超えない場合でも、priority_mask[] の初期値はプロセッサに合わせて変更しなければならない。

7.6. DESTRUCTIVE_READ マクロ

DESTRUCTIVE_READ(iop)マクロはシステム・インターフェース・レイヤーの IO アクセス関数で使われる。このマクロは、渡された IO アドレス iop のレジスタ内容が読み出しによって破壊されるなら真、読み出しによっては破壊されないならば偽を返す。一般には受信レジスタや UART のステータスレジスタが「破壊読み出し」にあたる。

DESTRUCTIVE_READ マクロは sys_defs.h で宣言する。このマクロは論理式の形をとり、引数として与えられた iop を保護が必要なレジスタと比較すればそれでよい。なお、プロセッサ外部のペリフェラルの保護のために、ADSP-BF533 の実装では BOARD_DESTRUCTIVE_READ を sys_defs.h で宣言している。プロセッサ内蔵ペリフェラルについては考慮しなくて良い(ADSP-BF535 を除く)。

このマクロをどうすればよいかわからないならば、単に

```
#define DESTRUCTIVE_READ(iop) 1
```

としておけばよい。ただしすべての外部 IO アクセスは遅いものになる。

8.

その他

8.1. ディレクトリ・ファイル構成

Blackfin ターゲット依存部の各ファイルの概要は次の通り。

config/blackfin/

cpu_defs.h	プロセッサ依存部のアプリケーション用定義
cpu_config.h	プロセッサ依存部の構成定義
cpu_config.c	プロセッサ依存部の関数
cpu_support.S	プロセッサ依存部のサブルーチン
cpu_context.h	コンテキスト操作
cpu_rename.h	カーネルの内部識別名のリネーム
cpu_unrename.h	カーネルの内部識別名のリネーム解除
tool_defs.h	開発環境依存部のアプリケーション用定義 (VisualDSP++ 開発環境用)
tool_config.h	開発環境依存部の構成定義 (VisualDSP++開発環境用)
start.S	スタートアップモジュール

config/blackfin/_common_bf533

chip_dbugboot.c	gdbproxy のリセット問題対策用
chip_defs.h	チップ依存部のアプリケーション用定義
chip_defs.c	チップ依存部のアプリケーション用関数
chip_config.h	チップ依存部の構成定義
chip_config.c	チップ依存部の関数
sys_rename.h	カーネルの内部識別名のリネーム
sys_unrename.h	カーネルの内部識別名のリネーム解除
hw_timer.h	タイマ操作ルーチン
hw_serial.h	PDIC インターフェース
bf533elf.ld	ADSP-BF533 用 ld スクリプト
bf532elf.ld	ADSP-BF532 用 ld スクリプト

config/blackfin/_common_bf537

chip_dbugboot.c	gdbproxy のリセット問題対策用
chip_defs.h	チップ依存部のアプリケーション用定義
chip_defs.c	チップ依存部のアプリケーション用関数
chip_config.h	チップ依存部の構成定義
chip_config.c	チップ依存部の関数
sys_rename.h	カーネルの内部識別名のリネーム
sys_unrename.h	カーネルの内部識別名のリネーム解除
hw_timer.h	タイマ操作ルーチン
hw_serial.h	PDIC インターフェース
bf537elf.ld	ADSP-BF537 用 ld スクリプト

config/blackfin/ezkit_bf533

sys_defs.h	システム依存部のアプリケーション用定義
sys_config.h	システム依存部の構成定義

Makefile.config システム依存部の依存性宣言

config/blackfin/ezkit_bf537

sys_defs.h システム依存部のアプリケーション用定義

sys_config.h システム依存部の構成定義

Makefile.config システム依存部の依存性宣言

config/blackfin/bf533cb

sys_defs.h システム依存部のアプリケーション用定義

sys_config.h システム依存部の構成定義

Makefile.config config/blackfin/rebun	システム依存部の依存性宣言
sys_defs.h	システム依存部のアプリケーション用定義
sys_config.h	システム依存部の構成定義
Makefile.config pdic/simple_sio	システム依存部の依存性宣言
uart.h	UART 宣言
uart.c	UART の実装

8.2. 連絡先

TOPPERS/JSP for Blackfin への要望やバグ報告は <http://sourceforge.jp/projects/toppersjsp4bf/> まで連絡されたい。なお、TOPPERS/JSP 自身の使い方等は、情報共有のためにも TOPPERS プロジェクト(<http://www.toppers.jp/>)の ML で行うことをお勧めする。

9.

文書履歴

9.1. 2004/09/18

リリース 1.0.1 に適合するよう、「独自ボードへの移植」の章を `sys_config.h` を元にしたものに変更
`USE_RUNTIME_INIT` のつづりを訂正。

9.2. 2004/10/30

`DESTRUCTIVE_READ` に関する記述を追加。

9.3. 2005/02/05

`DESTRUCTIVE_READ` に関する記述を、`sys_defs.h` を使用する形に変更。`sys_defs.h` に関する記述を
追加。

予約資源に関する記述を追加。

管理外割り込みに関する記述を追加。

9.4. 2005/03/22

C++対応機能に関する記述を 5.7 節として追加。

9.5. 2005/04/01

管理外割り込みと、ハードウェア・エラー割り込みへの対応を追加。

9.6. 2006/02/05

シリアル・インターフェース・ドライバに関する記述を追加。管理外割り込みに関する補足を追加。

9.7. 2006/08/06

Blackfin 依存部リリース 2.x に対応するために記述を変更。GCC に関する記述を追加。シリアル・イン
ターフェース・ドライバに関する記述を修正。Sourceforge に関する記述を追加。著作権者に関する記述
を追加。

9.8. 2006/12/31

Blackfin 依存部リリース 2.0.1 に対応するために記述を変更。ADSP-BF537 に関する記述を追加。offset.h に関する記述を追加。カーネル管理外割り込みの初期状態が禁止であることを明記。

9.9. 2007/6/11

Blackfin 依存部のリリース番号を 2.0.2 に変更。TOPPERS/JSP のリリース番号を 1.4.3 に変更。TOPPERS/JSP 1.4.2 と 1.4.3 の差は僅少であり、Blackfin 依存部はなんら変更を行わずに両者に対応できる。

5.3 節に Sample1 のビルドに関する注意を追加。

9.10. 2008/12/12

Blackfin 依存部のリリース番号を 2.2.0 に変更。小規模の書き間違いのほか、文書内容に幾分の補足。また、システム依存部変更に対応した。

9.11. 2009/1/25

Blackfin 依存部のリリース番号を 2.3.0 に変更。6.8 節「ハードウェア・エラーへの対応」の記述を全面的に変更。6.10 節「システム略称」を追加。4.1 節、4.2 節にプロセッサごとの INHNO_XXX 宣言を掲載。

9.12. 2009.2.3

Blackfin 依存部のリリース番号を 3.0.0 に変更。システム依存部の構造変更にあわせて全面的に改定。