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 3.2.0）

最終更新: 10-Jul-2010

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． Blackfin ターゲット依存部の概要 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、EZ-KIT Lite BF518、E!kit BF533、Koanzame に対応している。BF533CB は、次のリリースで廃止する。代わりに Kobanzame 依存部を使用されたい。 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。 サポートする機能の概要

Blackfin 依存の機能として，SIC 割込みマスクの参照（get_ims）および割り込みの許可(ena_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．chg_ims および dis_int には対応していない。詳しくは 2.2 節「割り込みマスク制御」を参照のこと。 なお、VisualDSP++を使用する場合、ライブラリは関してはマルチ・タスク対応にしていないので注意すること。具体的には malloc()/free()関数と errorno 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。 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、ADSP-BF537、ADSP-BF518 に対応している。 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。 CVS クライアントの設定は以下の通り：

- ホストアドレス cvs.ourceforge.jp
- リポジトリ・パス /cvsroot/toppersjsp4bf
- ユーザー名 anonymous
- 接続タイプ pserver

1. 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． 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． 割込み管理機能

デフォルトではカーネル管理外の割込みは 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。 デフォルトの例外ハンドラは、スプリアス割り込みハンドラであり、回復不能な割り込みが発生したと考えてコンソールに割り込み発生箇所やレジスタ情報を出力する。コンソール上に"?”が表示されたら、"!”と入力することでダンプ情報を取得できる。 CPU 例外管理機能と CPU 例外ハンドラ DEF_EXC で指定する割込みハンドラ番号（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 excause 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。 デフォルトの例外ハンドラは、スプリアス割り込みハンドラであり、回復不能な割り込みが発生したと考えてコンソールに割り込み発生箇所やレジスタ情報を出力する。コンソール上に"?”が表示されたら、"!”と入力することでダンプ情報を取得できる。

1.1. 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． 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・リセットを行う関数boot_for_gdb(BOOL)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。 この関数は大域変数enable_boot_for_gdbが真の場合に限り、リブートを行う。デフォルトでは変数は常に偽であるため、必要に応じて真にして使う。 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． 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． 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

2. EZ-KIT Lite BF533 システム依存部の機能

2.1. 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。 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汎用タイマー 2 を使用する。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。 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。ただし、この機能はシステム依存部の移植時の作業用に残しているだけであり、推奨しない。アプリケーション用としては無サポートである。 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。 割り込みハンドラ

DEF_INH で指定する割込みハンドラ番号（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。 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。

2.2. 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。

chg_ims()および ena_int()は実装していない。これは Blackfin プロセッサのアーキテクチャでは、アプリケーション実行中に SIC_IMASK を変えることが危険であることによる。

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 SIC_IMASK の何らかのビットをクリアする前までに割り込みが生じる可能性がある。この問題のため、chg_ims および dis_int()を安全に実装することはできない。

SIC_IMASK の設定は割り込みが有効になる前に設定すべきであり、その後変更をするとしても特定割り込みの許可だけに制限しなければならない。

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

2.2.1. 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。

2.2.2. 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。パラメーター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。

2.3. gdb の為のレジスタ宣言

Blackfin アーキテクチャでは、ペリフェラル・レジスタをシステムMMR、コアMMRとしてメモリに配置している。これらのレジスタはVisualDSP++デバッグ環境ではウインドウを通して読むことが出来るが、gdbにはその機能はない。そのため、gcc環境でビルドする際にはmmrXXXXという変数を用意してある。ここでXXXXはシステムMMR名あるいはコアMMR名である。たとえ

ば、mmrSIC_IMASK、mmrIMASK といった変数がある。これらの変数はレジスタと同じアドレスにあり、レジスタと同じ長さを持つので、デバッグ時に便利である。

3. 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。

3.1. 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	ezkit bf533	kobanzame	ekit bf533	ezkitbf 537	ezkit bf518	ezkit bf518 00
プロセッサ	ADSP-BF533	ADSP-BF533	ADSP-BF533	ADSP-BF537	ADSP-BF518	ADSP-BF518 rev 0.0
CLKIN	27MHz	20MHz	12MHz	25MHz	25MHz	25MHz
CCLK	594MHz	500MHz	600MHz	600MHz	400MHz	400MHz
SCLK	118.8MHz	125MHz	120MHz	120MHz	80MHz	80MHz
MEM INST	64kB(*1)	64kB(*1)	64kB(*1)	48kB(*1)	32kB(*1)	32kB(*1)
MEM DATA A	32kB	32kB	32kB	32kB	32kB	32kB
MEM DATA B	16kB(*1)	16kB(*1)	16kB(*1)	16kB(*1)	16kB(*1)	16kB(*1)
MEM SCRATCH	4kB	4kB	4kB	4kB	4kB	4kB
コンソール入出力	UART	UART	UART	UART0	UART0	UART0
システムタイマー	GP Timer 2	GP Timer 2	GP Timer 2	GP Timer 7	GP Timer 7	GP Timer 7

(*1) 16kB はキャッシュ用に予約

(*2) ADSP-BF518 rev 0.0 は、命令 SRAM の配置に深刻なバグがある。システム依存部には必ず ezkit_bf518_00 を使うこと。

3.2. 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 にない特殊な割り込み
#define INHNO_HW_ERROR          24
#define INHNO_CORE_TIMER        25
#define INHNO_RAISE             26
```

3.3. 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_CORE_TIMER    33
#define INHNO_RAISE         34
```

3.4. ADSP-BF512/514/516/518 を使ったシステムの割り込み宣言

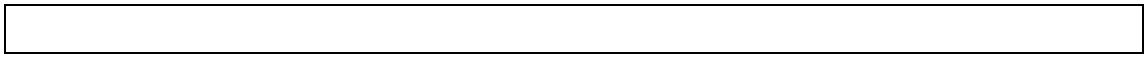
```
/* Peripheral Masks For SIC_ISR0, SIC_IWR0, SIC_IMASK0 */
#define INHNO_PLL_WAKEUP       0
#define INHNO_DMA_ERR0         1
#define INHNO_DMAR0            2
#define INHNO_DMAR1            3
#define INHNO_DMAR0_ERR        4
#define INHNO_DMAR1_ERR        5
#define INHNO_PPI_ERR          6
#define INHNO_MAC_ERR          7
#define INHNO_SPORT0_ERR       8
#define INHNO_SPORT1_ERR       9
#define INHNO_PTP_ERR          10
/* reserved */
#define INHNO_UART0_ERR        12
#define INHNO_UART1_ERR        13
#define INHNO_RTC              14
```

```
#define INHNO_PPI               15
#define INHNO_SPORT0_RX         16
#define INHNO_SPORT0_TX         17
#define INHNO_SPORT1_RX         18
#define INHNO_SPORT1_TX         19
#define INHNO_TWI               20
#define INHNO_SPI               21
#define INHNO_UART0_RX          22
#define INHNO_UART0_TX          23
#define INHNO_UART1_RX          24
#define INHNO_UART1_TX          25
#define INHNO_OTP               26
#define INHNO_CNT                       27
#define INHNO_ETHERNET_RX       28
#define INHNO_PFA_PORTH         29
#define INHNO_ETHERNET_TX       30
#define INHNO_PFB_PORTH         31
```

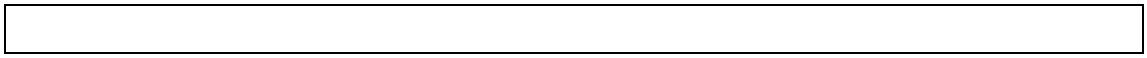
```
/* Peripheral Masks For SIC_ISR1, SIC_IWR1, SIC_IMASK1 */
#define INHNO_TIMER0            32
#define INHNO_TIMER1            33
#define INHNO_TIMER2            34
#define INHNO_TIMER3            35
#define INHNO_TIMER4            36
#define INHNO_TIMER5            37
#define INHNO_TIMER6            38
#define INHNO_TIMER7            39
#define INHNO_PFA_PORTG         40
#define INHNO_PFB_PORTG         41
#define INHNO_MDMA0_DST         42
#define INHNO_MDMA0_SRC         42
#define INHNO_MDMA1_DST         43
#define INHNO_MDMA1_SRC         43
#define INHNO_WDOG                      44
#define INHNO_PFA_PORTF         45
#define INHNO_PFB_PORTF         46
#define INHNO_SPI0_ERR          47
#define INHNO_SPI1_ERR          48
```

```
/* reserved */
/* reserved */
#define INHNO_RSI_INT0        51
#define INHNO_RSI_INT1        52
#define INHNO_PWM_TRIPINT     53
#define INHNO_PWM_SYNCINT     54
#define INHNO_PTP_STATINT     55
```

```
// SIC_ISRにない特殊な割り込み
```



```
#define INHNO_HW_ERROR        56
#define INHNO_CORE_TIMER      57
#define INHNO_RAISE           58
```



4. 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

4.1. 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 5

4.2. offset.h

VisualDSP++を開発に使う場合、あらかじめ jsp/config/blackfin/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。VisualDSP++のシミュレータで動かすことで offset.h を生成する。

4.3. 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。

5. 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、ADSP-BF518 に関しても同様である。

5.1. 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。

5.2. 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は ADSP-BF533 の GP タイマー 2 である。ただし、システム依存部の移植の際に一時的にコアタイマーを使うことも出来る。

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。

この機能は移植時の利便性のために残してある。実アプリケーションでコアタイマーを使うことは推奨しない。

5.3. 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。

5.4. 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。

5.5. 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。

5.6. 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。

5.7. C++への対応

Blackfin依存部3.2より、C++への限定的な対応を開始した。

現時点では標準ライブラリには対応していない。New演算子には対応しているがdelete演算子は何もしない。

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。

5.8. 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。

5.9. 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。

5.10. 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。

5.11. 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。

6. 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って行う。ADSP-BF533 チップ依存部は jsp/config/blackfin/_common_bf533 にまとめてある。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。

6.1. 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。

6.2. シリアルポート制御

シリアルポートのアドレス宣言は chip_config.h 中で行っている。この部分を書き換えるだけでシリアルポートの移植は終わりである。

ただし、カーネルが割り込みを許可する前のコピーライト表示や、スプリアス割り込み中の文字列表示機能は、TOPPERS/JSP のシリアルポート機能を使わない。このため、sys_config.c には割り込みを使わない UART 通信用のコードが含まれている。sys_putc()および sys_initialize()を参照のこと。

6.3. 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。

6.4. 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。

6.5. 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。

6.6. 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。

6.7. 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。

6.8. chip_debug.c

2010 年前半時点で、bfin_gdbproxy のリセット機能に問題がある。そのため、GDB によるデバッグを行う場合には最初に実行コード内で Blackfin をシステム・リセットしなければならない。そのために chip_debug.c の boot_for_gdb()関数を start.S から呼んでいる。この関数は大域変数

enable_boot_for_debug が真の場合のみ再ブートを行う。再ブート前に同変数を偽に変えるため、再ブートは 1 回だけ実行される。

再ブートの方法はプロセッサによって異なりうるので、注意が必要である。

6.9. chip_dump.c

スプリアス割り込みやスプリアス例外が発生すると、chip_dump.c内部の関数が呼ばれる。これらはプロセッサによって異なりうるので移植に注意する。

7. その他

7.1. 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_context.h	コンテキスト操作
cpu_support.S	プロセッサ依存部のサブルーチン
cpu_malloc.c	C++用の割り込み保護された malloc 関数
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_bf518

chip_dbugboot.c	gdbproxy のリセット問題対策用
chip_dump.c	未定義割り込み用のダンプ関数
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
bf518elf.ld	ADSP-BF518 用 ld スクリプト
bf518_00elf.ld	ADSP-BF518 rev 0.0 用 ld スクリプト

config/blackfin/_common_bf533

chip_dbugboot.c　gdbproxy のリセット問題対策用

chip_dump.c　未定義割り込み用のダンプ関数

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_dump.c　未定義割り込み用のダンプ関数

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_bf518

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_bf518_00

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_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/kobanzame

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

pdic/simple_sio

uart.h　UART 宣言

uart.c　　UART の実装

7.2. 連絡先

TOPPERS/JSP for Blackfin への要望やバグ報告は http://sourceforge.jp/projects/toppers.jsp4bf/ 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。

8. 文書履歴

8.1. 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。

8.2. 2004/10/30

DESTRUCTIVE_READ に関する記述を追加。

8.3. 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。

8.4. 2005/03/22

C++対応機能に関する記述を 5.7 節として追加。

8.5. 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。

8.6. 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。管理外割込みに関する補足を追加。

8.7. 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。

8.8. 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。

8.9. 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。

8.10. 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。

8.11. 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。

8.12. 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。

8.13. 2009.5.30

Blackfin依存部のリリース番号を3.0.1に変更。dis_int(), chg_ims()を廃止したことを明記。コアタイマーを非推奨とすることを明記。

8.14. 2009.7.26

Blackfin依存部のリリース番号を3.1.0に変更。この版では、カーネルソースコード中からVisualDSP++由来のヘッダファイルを取り除いたほか、E!Kit-BF533への対応を追加している。また、gdbでデバッグするためのmmrXXXXX レジスタ宣言を行った。

8.15. 2009.8.16

Blackfin依存部のリリース番号を3.1.1に変更。この版では、gdbに対応したリセットコードをデフォルトで無効にする変更を行った。

8.16. 2010.7

Blackfin依存部のリリース番号を3.2.0に変更。この版ではBF518依存部を追加し、C++への暫定的な対応を開始した。