

TOPPERS基礎実装セミナー

(STM32F4-Discovery版:基本)

Appendix

TOPPERSプロジェクト
教育ワーキング・グループ

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

1



本教材の利用条件

NEXCESS基礎コース01 組込みソフトウェア開発技術の基礎

Copyright (C) 2006-2007 by 名古屋大学 組込みソフトウェア技術者人材養成プログラム
Copyright (C) 2006-2007 by 本田晋也

上記著作権者は、以下の(1)～(4)の条件を満たす場合に限り、本コンテンツ(本コンテンツを改変・翻訳したものを含む、以下同じ)を使用・複製・改変・翻訳・再配布(以下、利用と呼ぶ)することを無償で許諾する。

- (1) この枠内の著作権表記等が、そのままの形でコンテンツ中に含まれていること。
- (2) 本コンテンツを再配布する場合には、再配布の形態等を、以下のウェブサイトから報告すること。
<http://www.nces.is.nagoya-u.ac.jp/NEXCESS/REPORT/>
- (3) 本コンテンツを改変・翻訳する場合には、コンテンツを改変・翻訳した旨の記述を、コンテンツ中に含めること。また、改変・翻訳者の著作権表記等は、この枠内の著作権表記等とは別に行うこと。
- (4) 本コンテンツ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、上記著作権者を免責すること。

※ 本コンテンツの一部は、文部科学省 科学技術振興調整費により、名古屋大学 組込みソフトウェア技術者人材養成プログラム(NEXCESS)の一環として作成しました。

※ 本コンテンツ中に記載されている商品名やサービス名などは、各社の商標または登録商標です。

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

2



本ドキュメントに関して

1. 著作権に関する表記

＜TOPPERS基礎実装セミナー(STM32F4-Discovery版:基本)アペンデックス＞

Copyright (C) 2006-2007 by 名古屋大学 組込みソフトウェア技術者人材養成プログラム

Copyright (C) 2006-2007 by 本田晋也 名古屋大学

Copyright (C) 2007-2015 by 竹内良輔 (株)リコー

Copyright (C) 2014-2015 by 田中裕貴 (株)リコー

上記著作権者は、以下の(1)～(3)の条件を満たす場合に限り、本ドキュメント(本ドキュメント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) 本ドキュメントを利用する場合には、上記の著作権表示、この利用条件および以下の無保証規定が、そのままの形でドキュメント中に含まれていること。

(2) 本ドキュメントを改変する場合には、ドキュメントを改変した旨の記述を、改変後のドキュメント中に含めること。

ただし、改変後のドキュメントがTOPPERSプロジェクト指定の開発成果物である場合には、この限りではない。

(3) 本ドキュメント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。また、本ドキュメントのユーザまたはエンドユーザからのいかなる理由に基づく請求からも、上記著作権者およびTOPPERSプロジェクトを免責すること。

本ドキュメントは、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、本ドキュメントに関して、特定の使用目的に対する適合性も含めて、いかなる保障もしない。また、本ドキュメント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。

2. 本ドキュメントに関するご意見・ご提言・ご感想・ご質問等がありましたら、TOPPERSプロジェクト事務局までE-Mailにてご連絡ください。

3. 本ドキュメントの内容は、内容の改善や適正化の目的で予告無く改定することがあります。

本ドキュメントでは、Microsoft社のClip Art Galleryコンテンツを使用しています。

TRONは" The Real-time Operating system Nucleus"の略称です。ITRONは" Industrial TRON"の略称です。
μITRONは" Micro Industrial TRON"の略称です。TOPPERS/JSPはToyohashi Open Platform for Embedded Real-Time System/Just Standard Profile Kernelの略称です。」

本ドキュメント中の商品名及び商標名は、各社の商標または登録商標です。

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

3



目次

基礎1 補足

- ・1日目 組込み技術 : 補足資料
- ・1日目 ハードウェアを使ったデバッグ環境
- ・2日目 割り込みプログラミング : タイマ割り込みプログラム
- ・2日目 割り込みプログラミング : シリアルI/O割り込みプログラム
- ・2日目 カップラーメンタイマの作成

基礎2 補足

- ・1日目 リアルタイムOSの基礎: 補足資料
- ・2日目 カップラーメンタイマ(リアルタイムOS版)の実装

用語集

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

4



基礎1 補足

1日目 組込み技術

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

5



組込み機器・組込みシステム

- 組込みシステムとは、各種の機器に組みこまれて、それを制御する組込みシステムのこと(一般のパソコン、コンピュータは、この範疇に含まれない)

⇒ 明確な規定はない

- 組込みシステムは、機器の一部とみなされる

組込みシステムの範囲はさまざま

- パソコン、汎用コンピュータなどのコンピュータの形をしているもの以外は組込みシステム
- 狭い意味での組込みシステム(外見がコンピュータでないもの)をdeeply embedded systemと呼ぶ場合もある

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

6



組み込みシステムの適応機器の例

- 家電機器(電子レンジ、炊飯器、乾燥機、エアコン)
- AV機器(テレビ、ビデオ、デジタルビデオ、オーディオ機器)
- 娯楽／教育機器(ゲーム機、電子楽器、カラオケ、パチンコ)
- 個人用情報機器(PDA、電子手帳、カーナビ)
- パソコン周辺機器(プリンタ、スキャナ、ディスク、DVDドライブ)
- OA機器(コピー、FAX)
- 通信機器 端末(電話機、留守番電話、携帯電話)
- ネットワーク設備(交換機、PBX、ネットワークルータ、HUB)
- 運輸機器(自動車、信号機、鉄道車両／制御、航空機、船舶)
- 工業制御／FA機器(プラント機器、工作機器、工業用ロボット)
- 設備機器(ビル用照明、ビル用空調、ビル用電力システム、エレベータ)
- 医療機器／福祉機器(血圧計、心電計、レントゲン、CTスキャン)
- 宇宙／軍事(ロケット、人工衛星、ミサイル)
- その他の事務用機器(事務用データ端末、POS端末、自動販売機)
- その他の計測機器(シンクロスコープ、ICテスト、電子メータ)

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

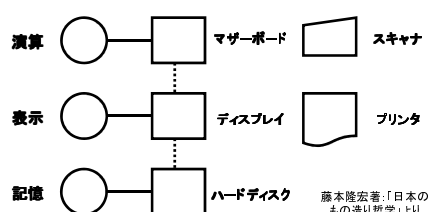
7



パソコンは組み合わせ(モジュラー)型製品の代表

- 製品アーキテクチャは組み合わせ(モジュラー)型と摺り合わせ(インテグラル)型があると言われています
- パソコンはいろいろな部品を組み合わせることにより、製品として成り立つ組み合わせ型製品の代表と言われています
- しかし、パソコンの部品は摺り合せ型、制御ソフトウェアは「パソコン型ソフトウェア」では開発できません

➡ 部品自体がコストアップするため



パソコンのアプリは常に高速化・高機能化。より自由に開発できるように大容量のメモリ・ストレージを求めます

高機能化しなければビジネスモデルが成り立たない

パソコンは常に高機能化しなければならない

2015/12/30

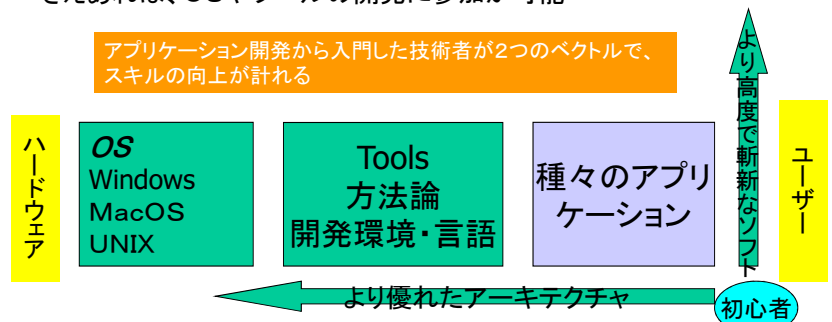
TOPPERSプロジェクト認定

8



パソコンのビジネスモデル・開発モデル

- パソコン型ソフトウェア開発は、セルフ開発環境であるため、パソコン環境でアプリケーションの開発が可能
ソフトウェア開発者は、より高度な機能、斬新なアプリケーションを実機上で開発でき、スキルを向上可能である
プラットフォームの改善や新しいToolの開発が必要な場合は、能力さえあれば、OSやツールの開発に参加が可能



2015/12/30

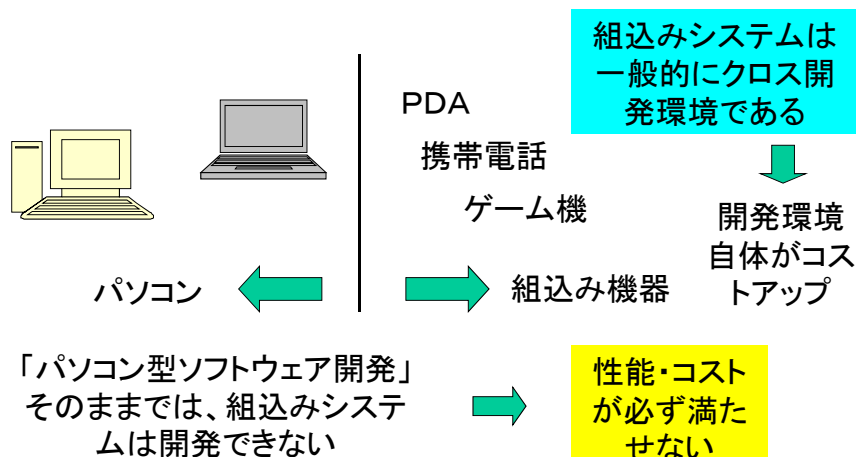
TOPPERSプロジェクト認定

9



パソコンと目的がかぶる組み込み機器

- パソコンのアーキテクチャのまま、情報機器化するとモバイルまで、コストがアップし、性能は落ちる



2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

10



規模からみた組込みシステムの分類

- 組込み機器の規模から3つの組込みシステムに分類する
 - (1) 小規模組込みシステム
ワンチップCPUで制御を行う小規模な組込みシステム、ROMやRAMを拡張することもある。RTOSを用いないシステムが多い。
 - (2) 中規模組込みシステム
32ビットクラスのCPUを使うシステム、ソフトウェア規模も大きくRTOSを用いてシステムの制御を行う
 - (3) 大規模組込みシステム
パソコンに近い規模の組込みシステム、実際にパソコンやワークステーションを制御用に用いる場合もある。

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

11



小規模組込みシステムの技術

- クロス開発となるため、開発環境を用意しないと開発自体ができない・・・(1)
 - 電源オンからアプリケーションプログラムが実行するまでのプログラムを自作する必要がある。割込み等も自分で実装(パソコンではOSが代行してくれる)
 - 簡単なプログラムミスでハングアップ(機器が未応答になる状態)や暴走が発生する。これを解決するためにICE等の特別な開発ツールを用いてプログラムの実行を監視したり、地道にチェックポイントにLEDを点ける等のデバッグテクニックが必要。・・・(2)
 - デバイス等がインテリジェント化し、内容を理解してデバイスドライバを作成しなければならない。開発にはハードウェアとソフトウェアの両方のスキルが必要。・・・(3)
- 家電機器、簡単なパソコン周辺機器、電子おもちゃ等

2015/12/30

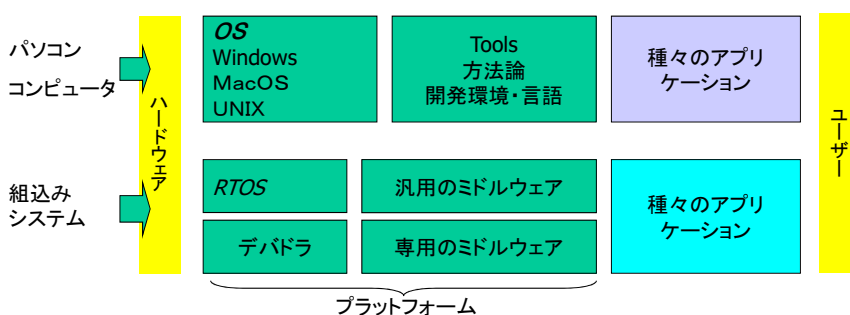
TOPPERSプロジェクト認定

12



中規模組込みシステムの技術(1)

- パソコンほどソフトウェア規模はないが、全てのソフトウェア開発、品質保証を行わなければならない
- コンピュータシステムのOS、Toolにあたる部分がプラットフォームと呼ばれ、設計の良し悪しが組込み機器の品質・性能・コストに大きく影響する。設計は企業秘密に当たり公開はされない・・・(4)



2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

13



中規模組込みシステムの技術(2)

- 専用ミドルウェアは機種独自の機能性能を達成するソフトウェアである。ハードウェアと協業して機能を達成する場合が多い。企業秘密にあたる部分で一般には公開されない・・・(5)
- 汎用ミドルウェアはプロトコルスタックやファイルシステムのような社外から導入するソフトウェアである。機能を取り込んだり、評価を行うために、やはり、ノウハウが必要。テストや最悪市場障害発生時等、社内の対応ができるようにする必要がある。

プリンタシステムの専用ミドルウェアは、画像処理やデータレンダリングや変換処理を行うプログラムが、これにあたる。

ゲーム機、プリンタやFAX、カーナビ、デジカメ等

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

14



大規模組込みシステムの技術

- パソコンやワークステーションのシステムをそのまま使用する組込みシステム
プラント制御、航空機、銀行ATM等
- 機器の規模が大きくなればなるほど、パソコン型ソフトウェア開発を、そのまま使用したほうが開発効率が良い、それでも、機器の非機能要件によっては、中規模組込みシステムの延長のアーキテクチャを採用するものも多い。
携帯電話等
- 組込みLinuxは中間型と言える
- マルチコアプロセッサを使用するために、Linuxをベースにするシステムが増えつつある

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

15



組込み開発形態からまとめスキルと問題点

- パソコン型ソフトウェア開発の熟練したアプリ開発者でも、組込みシステムを円滑に開発するのは難しい
理由は(1)～(5)までにある
- (1)クロス開発であるために環境を整えないと開発体験ができない・・・本基礎セミナーの目標
- (2)パソコン型ソフトウェア開発に比べ、安全性の面でアプリケーションの開発が難しい
- (3)ソフトウェアとハードウェアの両方のスキルをもった技術者が必要
- (4)適切なプラットフォームの開発には熟練と経験が必要
- (5)企業秘密に属する技術は企業に入らないと教育ができない

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

16



組込みソフトウェア教育の問題点

- 前述の通り、パソコン型ソフトウェア開発の教育を、そのまま組込みソフトウェア教育に適用しようとしても、必ず、不足が発生する
- パソコンのプラットフォームにあたる部分の開発を日本では行っていないため技術補完がされない。また、学校等の長期のカリキュラムでの教育が必要である。
- 教育の形で解決できない技術取得があり、職場の先輩等のコミュニケーションがその代用を果たすケースが多い(新人技術者の一番重要なスキルかもしれない)。また、企業の組織自体も、この点を考慮しない組織を構築すると円滑に機能しない場合がある。(パソコン型ソフトウェア開発は考慮しなくても開発が行えるプロセスを持つ)

基礎1 補足

ハードウェアを使ったデバッグ環境

ICE (In-Circuit Emulator)

- ターゲットボード上のプロセッサを外し、代わりにプロセッサをエミュレーションするICEを接続する
- プロセッサの動きをリアルタイムに監視し、必要なタイミングで動作を止める/変えることができる
- “フルICE”とも呼ばれる
 - ➡ システムを停止させないデバッグ作業を支援
 - ユーザーインタフェース部分はホスト上で動作させる



ICEの問題点

- プロセッサ毎に開発しなければならないため高価
 - ➡ ROMエミュレータ
- ワンチップ化やキャッシュにより、チップの外部からバスが観測できない
 - ➡ エバチップ (Evaluation Chip)
 - ➡ オンチップデバッグ機能
- プロセッサの高速化により、ブレーブを指すと動作しなくなる/動作が不安定になる
 - ➡ オンチップデバッグ機能

ROMエミュレータ/エバチップ

ROMエミュレータ

- プロセッサではなく, ROMソケットにプルーブを差すことでプロセッサの動作を監視
- プロセッサの動作を止める/変えるためには, NMIを使う



エバチップ (Evaluation Chip)

- プロセッサ内部のバスを外部に引き出した, デバッグ時専用のプロセッサ

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

21



オンチップデバッグ機能

- デバッグ支援回路をチップ内に実装する
- 外部のインターフェースユニットを経由してホストパソコンから制御
- ICE (のサブセット) がチップ内に入っているイメージ



2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

22



基礎1 補足

2日目 割り込みプログラミング : シリアルI/O割り込みプログラム

セミナーでは時間制約があり、実習できなかったコンテンツを紹介します。

本章は、本Appendix「宿題: タイマ割り込みプログラム」まで学習後、実施して下さい。

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

23



シリアルI/O割り込みプログラム : int_uart

- シリアル受信割り込みを用いて、ポーリングプログラム uart と同様の機能を実現する
- 学習内容
 - シリアルI/O割り込みの扱い方
- 作成方法
 - ポーリングプログラム uart をベースに作成

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

24



int_uart : 作成

プログラム int_uart を作成する

- 手順
 - 割り込み要因ハードウェアの初期化 (UART2)
 - ボーリングプログラム uart を流用
 - 割り込み制御レジスタの初期化
 - 割り込み優先度の設定
 - 受信割り込みと送信割り込みは独立
 - 割り込みハンドラ
 - データをシリアルI/Oから受信して, LEDをカウントアップし, 受信したデータをシリアルI/Oに送信する

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

25



int_uart : 割り込み制御レジスタの初期化

- int_timer で使った init_int 関数を使用
 - INTNO_USART4 は stm32f4xx.h で定義
- uart の初期化関数に割り込み設定を追加

```
void
uart2_init(void){
:
*TREG_USART2_CR1 |= USART_CR1_RXNEIE;
init_int(INTNO_USART2, 0x0E, 0x0F, ENABLE);
*TREG_USART2_CR1 |= USART_CR1_UE;
}
```

割り込み設定を追加

int_switch_3 の設定をそのまま使用可能

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

26



int_uart : 割り込みハンドラ

- LEDをカウントアップし, データを受信して, データを送信

```

unsigned char led_count;

void
USART2_IRQHandler(void){
    unsigned char c;
    if((*TREG_USART2_SR & USART_SR_RXNE) != 0){
        c = uart2_pol_getc();
        led_out_bdigit(++led_count);
        uart0_pol_putc(c);
    }
}

```

データ受信

LEDカウントアップ

データ送信

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

27



int_uart: メイン関数

- UART2の初期化後にUART2の初期設定を行う

```

void
_main(void){
    led_init();
    uart2_init();
    led_count = 0;

    for(;;){

    }
}

```

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

28



基礎1 補足

2日目 カップラーメンタイマの作成

セミナーでは時間制約があり、実習できなかったコンテンツを紹介します。
本章は、本Appendix「シリアルI/O割込みプログラム」まで学習後、
実施して下さい。

カップラーメンタイマの作成

1. 仕様
2. プログラムの作成
 - 1) Step1
 - 2) Step2
 - 3) Step3
 - 4) Step4
 - 5) Step5
 - 6) Step6

カップラーメンタイマの仕様

- 概要
 - タイマを起動してから、設定した時間が経過したことを知らせる
 - 設定時間は30秒刻みで設定できる
- スイッチとLEDの使い方
 - LED1 : 電源がONであること
(プログラムが動いていること)を表示
 - LED2 : SW1が押されたことを表示
 - LED4 : タイマが動いていることを表示
 - SW2 : タイマを起動・停止
 - UART4 : ‘u’で設定時間を30秒延長
‘s’で起動、‘e’で停止

2015/12/30

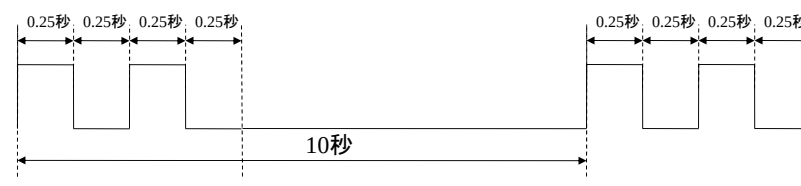
TOPPERSプロジェクト認定

31



カップラーメンタイマの仕様

- 外部仕様
 - 電源をONの間(プログラムが動いている間)、LED1の点灯・消灯を1秒間隔で繰り返す
 - SW1がONになると設定時間を30秒にして、タイマを起動する
 - SW1がOFFになると、タイマを停止する
 - タイマが動いている間にSW1がONになると、ONの間LED2を点灯させ、設定時間を30秒延長する
 - タイマが動いている間は、10秒間隔で、LED4を2回点滅させる。LED4の2回点滅は、点灯・消灯を0.25秒間隔で2回繰り返すことで行う
 - 設定時間が経過すると、LED4を15秒間点滅させた後、消灯する。LED4の点滅は、点灯・消灯を0.25秒間隔で繰り返すことで行う



2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

32



カップラーメンタイマの作成

1. 仕様

2. プログラムの作成

- 1) Step1
- 2) Step2
- 3) Step3
- 4) Step4
- 5) Step5
- 6) Step6

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

33



カップラーメンタイマプログラム `cup_timer`

- カップラーメンタイマーの仕様を実現するプログラムを作成する
- プログラムの構造や処理の流れについては、構造化詳細設計演習の結果を用いる
- ハードウェアの操作に関してはこれまでに学習した内容を用いる
 - LEDの点灯
 - スイッチ(ディップ, プッシュスイッチ)のスキャン
 - タイマによる時間生成
 - 割込みによる時間通知

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

34



作成の手順

5つのステップに分けて順に進める

- Step1 : cup_timer_step1
 - デバイスドライバの作成
- Step2 : cup_timer_step2
 - タイマによる基本時間(0.25秒)の作成
- Step3 : cup_timer_step3
 - メイン関数でのLED1の1秒間隔の点灯の実現
- Step4 : cup_timer_step4
 - スイッチプロセスの作成
- Step5 : cup_timer_step5
 - タイマプロセスの状態遷移判定と各状態の大枠作成
 - LED4の点灯の実現
- Step6 : cup_timer
 - タイマプロセスの状態遷移判定と各状態の詳細

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

35



カップラーマンタイマの作成

1. 仕様
2. プログラムの作成
 - 1) [Step1](#)
 - 2) Step2
 - 3) Step3
 - 4) Step4
 - 5) Step5
 - 6) Step6

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

36



Step1 : デバイスドライバの作成

LED, スイッチ(プッシュ), タイマの操作関数を作成

- LED, ディップスイッチ, プッシュスイッチ
 - ボーリングプログラムの初期化関数と操作関数を流用
 - LED1,2,4を個別にON,OFFする関数を追加

```
void set_led_state(unsigned char led, unsigned char state)
```

- SW1の状態を個別に読み込む関数を追加

```
unsigned char get_sw1_state(void)
```

- ON,OFF状態を示すマクロを定義

```
#define ON      1  /* LEDやスイッチON状態 */
#define OFF    0  /* LEDやスイッチOFF状態 */
```

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

37



Step1: デバイスドライバの作成

- UART2の制御
 - UART2から受信データを取り出す

```
unsigned char uart2_pol_getc(void)
```

- UART0にデータを送信する

```
void uart2_pol_putc(unsigned char c)
```

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

38



Step1 : デバイスドライバの作成

- タイマ
 - タイマ割込みプログラムの初期化関数を流用
 - 初期設定後, スタートさせ周期的に割込みハンドラを実行する
 - 1msecでタイムアウトするようにカウント値を変更する
 - タイマ割込みプログラムでは100msecで設定

Step1 : プログラム例 LEDの個別ON,OFF関数

- LEDの状態保存関数

```
unsigned short LedState;
```

- LEDの個別ON,OFF関数

```
void
set_led_state(unsigned short led, unsigned char state){
    if (state == ON) {
        LedState = LedState | led;
    } else {
        LedState = LedState & ~led;
    }
    led_out(LedState);
}
```

Step1: プログラム例 スイッチの個別読み込み関数

- スイッチ毎にON/OFFの状態を読み込む

```
int switch_value = 0;
void EXTI0_IRQHandler(void){
    unsigned long enablestatus = *TREG_EXTI_IMR & EXTI_Line0;
    if (((*TREG_EXTI_PR & EXTI_Line0) != 0) && (enablestatus != 0)){
        switch_value++;
        *TREG_EXTI_PR = EXTI_Line0; /* 割込みクリア */
    }
}
```

- スイッチの押下ごとの状態に変えてON/OFFを取り出す

```
unsigned char
get_sw2_state(void){
    if ((switch_value & 1) == 0)
        return OFF;
    else
        return ON;
}
```

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

41



Step1: タイマ割込み周期の設定

- タイマのカウント値
 - 1msec周期になるように設定

```
#define TIMER_COUNT    (2000)
```

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

42



カップラーメンタイマの作成

1. 仕様
2. プログラムの作成
 - 1) Step1
 - 2) [Step2](#)
 - 3) Step3
 - 4) Step4
 - 5) Step5
 - 6) Step6

Step2 :タイマによる基本時間(0.25秒)の作成

- グローバル変数
 - 1msec毎にインクリメントする変数(BaseTime)を用意
- タイマ割込みハンドラ
 - 1msec周期で実行され, BaseTimeをインクリメント
- メイン関数
 - BaseTimeを用いて250msec周期の処理を実現
 - 各ハードウェアの初期化と割込みの許可
 - 無限ループ内でBaseTimeをチェックする

Step2 : プログラム例 タイマ割込みハンドラ

- グローバル変数 BaseTime
 - unsigned long (32bit)とする

```
unsigned long BaseTime;
```

- タイマ割込みハンドラ

- ドライバで設定、コールバック関数で呼び出す

```
void TIM4_IRQHandler(void){
    if(timer_func != 0)
        timer_func();
    *REG_TIM4_SR = 0x0000;
}
```

コールバック関数

```
static void base_time_handler(void){
    BaseTime++;
}
```

コールバック関数から呼び出されるハンドラ

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

45



Step2 : プログラム例 メイン関数

- 各ハードウェアの初期化
 - メイン関数の先頭で実行

```
led_init();          /* LED初期化          */
switch_push_init(14); /* PUSHスイッチ初期化 */
timer4_init();       /* タイマ4初期化      */
uart2_init();        /* UART2の初期化 */
```

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

46



Step2 : プログラム例 メイン関数

- 250msec周期の処理

```
#define TIMER_GRANULE 250 /* 時間単位 */

void
_main(void){
    unsigned long timer250 = TIMER_GRANULE;
    ....
    BaseTime = 0;
    Event = 0;
    Sw1 = get_sw1_state();
    for (;;) {
        if (timer250 <= BaseTime) { /* 250m周期で実行 */
            /* 現在時刻の250msec後を設定 */
            timer250 += TIMER_GRANULE;
        }
    }
}
```

タイマ割込みハンドラで1ms周期でインクリメントされる

カップラーメンタイマの作成

1. 仕様
2. プログラムの作成
 - 1) Step1
 - 2) Step2
 - 3) Step3
 - 4) Step4
 - 5) Step5
 - 6) Step6

Step3 :メイン関数でのLED1の1秒間隔の点灯の実現

- 250msec周期を用いて1秒毎の処理を実現
 - 4回の実行で1秒
- 1秒毎の処理
 - LED1の状態を反転させる
- メイン関数内のローカル変数
 - LED1の点灯状態を保持する変数(led1)
 - 1秒を生成するための変数(sec)

Step3 : プログラム例 メイン関数

- 4回実行されるとLED1を反転させる

```

#define TO_SEC      4    /* 1秒間の呼び出し回数      */
void _main(void){
    unsigned char sec = 0;
    unsigned char led1 = OFF;
    .....
    if (timer250 <= BaseTime) {
        timer250 += TIMER_GRANULE;
        if (++sec == TO_SEC) {
            if (led1 == ON) {
                led1 = OFF;
            } else {
                led1 = ON;
            }
            sec = 0;
            set_led_state(LED1, led1);
        }
    }
}

```

4回実行

LED1反転

LED1設定

カップラーメンタイマの作成

1. 仕様
2. プログラムの作成
 - 1) Step1
 - 2) Step2
 - 3) Step3
 - 4) [Step4](#)
 - 5) Step5
 - 6) Step6

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

51



Step4 :スイッチプロセスの作成

- イベントの定義とビット割り当て
 - 開始 : EVT_TIMER_START 0x01
 - 停止 : EVT_TIMER_STOP 0x02
 - 時間アップ : EVT_TIMER_COUNT 0x04
- グローバル変数
 - スイッチの状態を保持するための変数 (Sw1)
 - イベント通知用変数 (Event)
- スイッチプロセス
 - Sw1, UART4の変化をチェックし, イベント通知用変数をセットする
 - UART4の状態に応じて, LED2を点灯・消灯させる

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

52



Step4 : プログラム例 イベント定義とグローバル変数

- イベント定義

```
#define EVT_TIMER_START    0x01
#define EVT_TIMER_STOP     0x02
#define EVT_TIMER_COUNT    0x04
```

- グローバル変数

- メイン関数で初期化

```
unsigned char Event;
unsigned char Sw1;
```

```
Event = 0;
Sw1 = get_sw1_state();    /* 現在のSW1の取り込み */
```

Step4 : プログラム例 SW1の状態取得

- SW1の状態をチェックし、状態が変化していれば、イベント変数に対応するイベントをセットする

```
void
switch_process(void){
    unsigned char sw;
    sw = get_sw1_state();
    if (Sw1 != sw) {
        if (sw == ON) {
            Event |= EVT_TIMER_START;
        } else {
            Event |= EVT_TIMER_STOP;
        }
        Sw1 = sw;
    }
}
```

開始イベント

終了イベント

Step4 : プログラム例 UART0の受信状態取得

- UART0の受信データによりイベントを発生させる

```

sw = uart2_pol_get();
if (sw == 'S' || sw == 's') {
    Event |= EVT_TIMER_START;
    uart0_pol_putc('S');
} else if (sw == 'E' || sw == 'e') {
    Event |= EVT_TIMER_STOP;
    uart0_pol_putc('E');
} else if (sw == 'U' || sw == 'u') {
    Event |= EVT_TIMER_COUNT;
    set_led_state(LED2, ON);
    uart0_pol_putc('U');
} else {
    set_led_state(LED2, OFF);
}
    
```

時間アップ
イベント

LED2:ON

LED2:OFF

カップラーメンタイマの作成

1. 仕様
2. プログラムの作成
 - 1) Step1
 - 2) Step2
 - 3) Step3
 - 4) Step4
 - 5) Step5
 - 6) Step6

Step5 : タイマプロセスの大枠とLED4点灯の実現

タイマプロセスの状態遷移判定と各状態の大枠作成
LED4の点灯の実現

- タイマプロセスの状態を示す列挙型 (TIMER_MODE)
 - 計時終了 : STOP_TIMER_MODE
 - 計時中 : ACT_TIMER_MODE
 - タイムアウト : TIMEOUT_MODE
- タイマプロセスのローカル変数 (static変数)
 - タイムアウト時間を保持する変数 (max_time)
 - 現在の計時時間を保持する変数 (current_time)
 - カップラーメンタイマのモードを保持する変数 (timer_mode)
 - LED4のタイミング生成用変数 (alarm)
 - LED4の点灯状態を保持する変数 (led4)

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

57



Step5 : 列挙型とローカル変数

- タイマプロセスの状態を示す列挙型 (TIMER_MODE)

```
enum TIMER_MODE {
    STOP_TIMER_MODE, /* 計時終了モード */
    ACT_TIMER_MODE,  /* 計時中モード */
    TIMEOUT_MODE     /* タイムアウトモード */
};
```

- タイマプロセスのローカル変数 (static変数)
 - タイマプロセスは250msec周期で呼び出され、終了するため変数の値を保存するために static変数とする

```
static unsigned long max_time;
static unsigned long current_time;
static unsigned char timer_mode = STOP_TIMER_MODE;
static unsigned char alarm = 0;
static unsigned char led4 = OFF;
```

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

58



Step5 : 定数マクロの定義

- 各定数をマクロで定義する
 - タイムアウト時間の初期値
 - 時間アップ(延長)単位
 - タイムアウト時のLED4の点滅時間
 - カップラーメンタイマ動作通知のためのLED4点滅のインターバル
 - カップラーメンタイマ動作通知のためのLED4点滅の点滅時間

```
#define INIT_TIME      30 /* スタート時のタイムアウト時間 */
#define TIME_UNIT      30 /* 時間アップ単位 */
#define TIMEOUT_BLINK  15 /* タイムアウト時の点滅時間 */
#define ACT_INTERVAL   10 /* タイマ動作通知LEDのインターバル */
#define ACT_ON_TIME    1  /* タイマ動作通知LEDの点灯時間 */
```

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

59



Step5 : プログラム例 タイマプロセス状態遷移判定

- イベント通知用変数を参照してカップラーメンタイマのモード変数(状態)を設定する

```
/* switch_processより通知 */
if (Event != 0) {
    if (Event & EVT_TIMER_START) { /* 開始 */
        timer_mode = ACT_TIMER_MODE;
    }
    if (Event & EVT_TIMER_STOP) { /* 停止 */
        timer_mode = STOP_TIMER_MODE;
    }
    if (Event & EVT_TIMER_COUNT) { /* 時間アップ */
        if (timer_mode == ACT_TIMER_MODE) {

        }
    }
    Event = 0;
}
```

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

60



Step5 : プログラム例 各状態毎の処理

- timer_modeによりモードを判定して実行

```
switch (timer_mode) {
  case ACT_TIMER_MODE: /* 計時中モード */
    if(current_time >= max_time){ /* タイムアウト */
    }else if((current_time % (ACT_INTERVAL*1000)) == 0){
    }
    break;
  case TIMEOUT_MODE: /* タイムアウトモード */
    /* 15秒間点滅したらタイマー停止状態に */
    if (current_time >= (TIMEOUT_BLINK * TO_SEC)){
    }
    break;
  case STOP_TIMER_MODE: /* 計時終了モード */
    break;
  default:
    break;
}
```

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

61



Step5 : プログラム例 LED4の点灯

- LED4のタイミング生成用変数(alarm)が0以上なら点灯させる

```
if (alarm > 0) { /* LED4点灯要求 : 250ms経過 */
  if(led4 == ON) {
    led4 = OFF;
  } else {
    led4 = ON;
  }
  alarm--;
}else { /* 点灯要求がなくLED4がオンなら消灯 */
  led4 = OFF;
}
set_led_state(LED4, led4); /* LED4の設定 */
```

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

62



カップラーメンタイマの作成

1. 仕様
2. プログラムの作成
 - 1) Step1
 - 2) Step2
 - 3) Step3
 - 4) Step4
 - 5) Step5
 - 6) [Step6](#)

Step6 : タイマプロセスの状態遷移判定と各状態の詳細

- 状態遷移判定での処理
 - 開始
 - current_time を0で初期化
 - max_time を設定し30秒でタイムアウトするよう設定
 - 停止
 - alarm を0にしてLED4の点灯を停止
 - 時間アップ
 - 計時中モードであれば max_time を30秒延長

Step6 : タイマプロセスの状態遷移判定と各状態の詳細

- 各状態(モード)での処理
 - 計時中モード
 - タイムアウトしていればモードをタイムアウトモードに移行させる
 - 10秒間隔のLED4の点灯が必要かチェックし, 必要ならLED4を点灯させるため alarm を設定する
 - タイムアウトモード
 - 15秒経過したらLED4の点灯を停止し, 計時終了モードに移行する
 - 計時終了モード
 - 特になし

Step6 : プログラム例 状態遷移判定の詳細

- 状態遷移と共に変数を設定する

```

if (Event & EVT_TIMER_START) { /* 開始 */
    timer_mode = ACT_TIMER_MODE;
    current_time = 0;
    max_time = INIT_TIME*1000;
}
if (Event & EVT_TIMER_STOP) { /* 停止 */
    timer_mode = STOP_TIMER_MODE;
    alarm = 0;
}
if (Event & EVT_TIMER_COUNT) { /* 時間アップ */
    if (timer_mode == ACT_TIMER_MODE) {
        max_time += TIME_UNIT*1000;
    }
}

```

Step6 : プログラム例 各状態の詳細

- 計時中モード

```
case ACT_TIMER_MODE:
  if (current_time >= max_time) {
    /* タイムアウト */
    alarm = TIMEOUT_BLINK*TO_SEC;
    timer_mode = TIMEOUT_MODE;
    current_time = 0;
  } else if ((current_time % (ACT_INTERVAL*1000)) == 0) {
    /* 動作通知 */
    alarm = ACT_ON_TIME*TO_SEC;
  }
  current_time += TIMER_GRANULE; /* タイムアップ */
  break;
```

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

67



Step6 : プログラム例 各状態の詳細

- タイムアウトモード

```
case TIMEOUT_MODE:
  /* 15秒間点減したら計時終了モードに */
  if (current_time >= ((TIMEOUT_BLINK * TO_SEC)
                       * TIMER_GRANULE)) {
    timer_mode = STOP_TIMER_MODE;
  }
  current_time += TIMER_GRANULE; /* タイムアップ */
  break;
```

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

68



基礎2 補足

リアルタイムOSの基礎：補足資料

2015/12/30

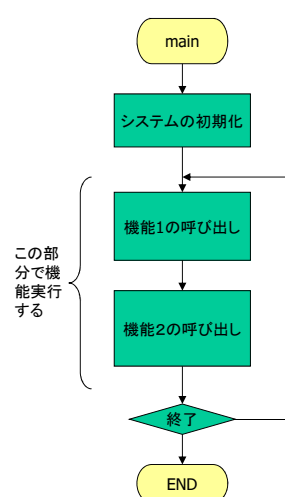
TOPPERSプロジェクト認定

69



小規模組込み開発の開発手法

- 小規模組込み開発では、main関数中のループ部からシステムの制御に必要な関数を周期的に呼び出すことにより、制御を行うのが一般的な方法です
- 1, 2人の開発者でワンチップCPUに収まるソースコード一萬行程度までのプログラムならば、十分な作りこみが可能です
- しかし、システムの規模が大きくなると種々の問題が発生します



2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

70



小規模組込み開発の限界

- 小規模システムでは小規模な機器管理が中心です。開発規模が大きくなると、複雑なUI部、通信機能、ファイルシステムの管理等種々のノウハウを持った開発者が分業してシステムを開発する必要があります
- 多くの機能を組み合わせた場合、main関数からの関数コールではハードリアルタイム性を保持するのが難しくなる
 - ある機能で100msの待ちが発生した場合、main関数からの関数呼び出しでは、その機能中でソフトウェアディレイで待つしかなく、不要なCPUの占有が発生する
 - ソフトウェアディレイ中に他の機能を動かそうとするとシステムが複雑化し、メンテナンス性が落ちる

➡ リアルタイムOSを用いれば問題解決可能

2015/12/30

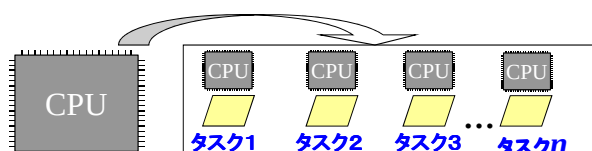
TOPPERSプロジェクト認定

71



中規模組込みシステムとリアルタイムOSの必要性

- リアルタイムOSを用いることにより、個々の機能を独立したタスクとして動作させることが可能となります
 - リアルタイムOSの大きな特徴はマルチタスク機能
- マルチタスク機能とは
 - 複数のタスクを擬似並列に実行するための機能
 - 1CPUのシステムでは、実際には同時に実行できるのは1つのタスクのみです
 - あたかも複数のタスクを同時に実行しているようにみせる機能です



2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

72



中規模組込み開発とシステム管理者

- 中規模組込みシステムではプラットフォーム部を先行開発しサブシステムを追加していく方式が一般的です、また、商品化後継続的に機能アップを行う必要もあります
- システム管理者はプラットフォーム部とサブシステム間のアーキテクチャを決め、サブシステム間のインターフェイスを明確化する必要があります
- 分業開発では、予測外の問題で開発遅延が発生することが多々あります、これらの問題解決もシステム管理者の仕事です
 - 開発時、遅れたサブシステムをスタブ化してシステム開発の遅れを回避
 - 問題発生時、原因がどの部署に起因するかを解析

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

73



リアルタイムOSの内容を理解する技術者の必要性

- 中規模組込みシステムでは、リアルタイムOSに熟達した技術者を社内または社外の協力会社に用意する必要があります
 - システム開発中にアーキテクチャに関する問題解決が必要となるケースが多く発生する
- 中規模システムでは、汎用ミドルウェアの導入やデバイスドライバの導入が必要となります、この場合、リアルタイムOSに対して最適化を行う必要があります
- アプリケーションの障害でも、リアルタイムOS中でエクセプションが発生することがあります
 - ソースコードのないリアルタイムOSでは解析が困難
- 省エネ対応のためにリアルタイムOSの改造やSoC化によって何度も、検証用のデバイスドライバを書き換える必要があります

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

74



大規模組み込みシステムとの比較

- UNIXやWindowsの汎用OSを組み込みシステムとして用いる場合とリアルタイムOSを用いる場合の比較を行いましょ
- 商品は品質、機能、コストを最適にすることにより商品性が向上します
- 汎用OSはシステムの安全性を向上させる点からは有用ですが、OSの実行管理のために多くのCPUパワーやメモリが必要となり性能やコストの面で問題があります
- 汎用OS自体の工数が多いため、それを最適化し、管理するためそれなりの技術者も必要となる(リアルタイムOSより複雑でノウハウは高い)

簡単な例として、パソコンの周辺機の管理に、パソコンと同等のシステムを用いて行うのは無理があります

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

75



基礎2 補足

2日目 カップラーメンタイマの実装(リアルタイムOS版)

セミナーでは時間制約があり、実習できなかったコンテンツを紹介します。
本章は、テキスト2日目までの内容を全て学習後、実施して下さい。

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

76



カップラーメンタイマーの実装

- [1. 仕様](#)
2. 設計
3. 実装

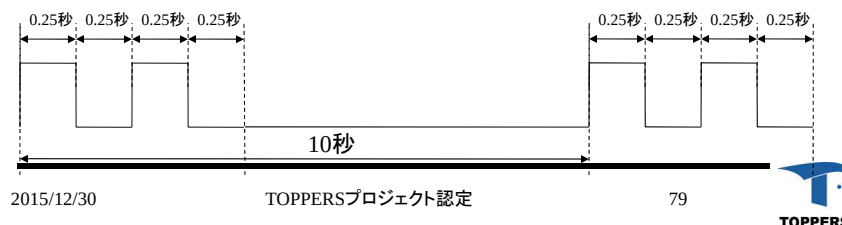
カップラーメンタイマーの仕様

- 概要
 - タイマを起動してから、設定した時間が経過したことを知らせる
 - 設定時間は30秒刻みで設定できる
- スイッチとLEDの使い方
 - LED1 : 電源がONであること
(プログラムが動いていること)を表示
 - LED2 : 時間延長されたことを表示
 - LED4 : タイマが動いていることを表示
 - SW2または'S'押下 : タイマを起動
 - SW2または'E'押下 : タイマを停止
 - 'U'押下 : 設定時間を30秒延長

カップラーメンタイマの仕様

• 外部仕様

- 電源をONの間(プログラムが動いている間)、LED1の点灯・消灯を1秒間隔で繰り返す
- SW2がONになると設定時間を30秒にして、タイマを起動する
- SW2がOFFになると、タイマを停止する
- タイマが動いている間に'U'コマンドにて、ONの間LED2を点灯させ、設定時間を30秒延長する
- タイマが動いている間は、10秒間隔で、LED4を2回点滅させる。LED4の2回点滅は、点灯・消灯を0.25秒間隔で2回繰り返すことで行う
- 設定時間が経過すると、LED4を15秒間点滅させた後、消灯する。LED4の点滅は、点灯・消灯を0.25秒間隔で繰り返すことで行う



カップラーメンタイマの仕様

• デバッグ仕様

- PIPE TIMERコマンドを追加し、タイマーが実行中は設定時間の残り時間を表示する

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

80



カップラーメンタイマーの実装

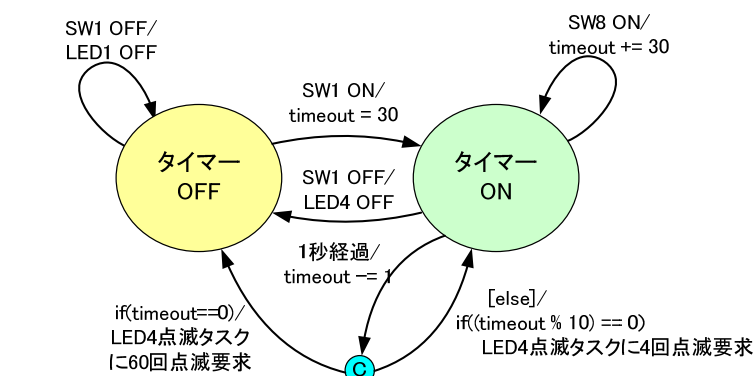
1. 仕様
2. [設計](#)
3. 実装

設計 : 基本設計方針

- タスク
 - タイマーを管理するタイマータスクと, LED4の点滅を行うLED4点滅タスクの2つ
- 周期ハンドラ
 - スイッチの状態取得は周期ハンドラで行う
 - 各種時間生成も周期ハンドラで行う
- イベント通知
 - 周期ハンドラ-タスク間、タスク間のイベント通知はイベントフラグにより行う

設計 : タイマータスク

- イベント
 - SW1 ON, SW1 OFF, SW8がON, 1秒経過
- 状態遷移図



2015/12/30

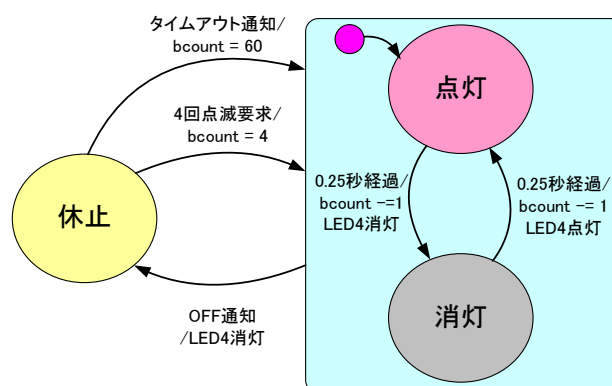
TOPPERSプロジェクト認定

83



設計 : LED4点滅タスク

- イベント
 - 4回点滅要求, タイムアウト通知, OFF通知, 0.25秒経過
- 状態遷移図



2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

84



設計 : 周期ハンドラと初期化ルーチン

- 周期ハンドラ
 - LED1点滅ハンドラ : 1秒周期
 - LED4点滅時間生成ハンドラ : 250m周期
 - スイッチ状態取得ハンドラ : 10m周期
 - 基本時間生成ハンドラ : 1秒周期
- 初期化ルーチン
 - ハードウェアを初期化
 - スイッチの初期状態を初期化
 - ブザーの初期状態を初期化

カップラーメンタイマーの実装

1. 仕様
2. 設計
3. 実装

実装 : マクロ1

- 実装済みのコード
 - program2/cup_timer
- タイマータスクイベント割付

```
#define TIMER_START      0x01 /* START 通知 */
#define TIMER_STOP       0x02 /* STOP 通知 */
#define TIMER_UPDATE     0x04 /* UPDATE 通知 */
#define TIMER_BASE_TIME  0x08 /* 1秒経過 通知 */
#define TIMER_ALL        0x0f /* イベントビットのOR */
```

- LED4点滅タスクイベント割付

```
#define BLINK_ACTIVE     0x01 /* 4回点滅要求 通知 */
#define BLINK_TIMEOUT    0x02 /* タイムアウト 通知 */
#define BLINK_BLINK      0x04 /* 0.25秒経過 通知 */
#define BLINK_OFF        0x08 /* OFF 通知 */
#define BLINK_ALL        0x0f /* イベントビットのOR */
```

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

87



実装 : マクロ2 ヘッダーファイル

- 各時間間隔の定義

```
#define LED1_BLINK_INTERVAL 1000 /* LED1の点滅間隔 */
#define LED4_BLINK_INTERVAL 250 /* LED4の点滅間隔 */
#define SW_SCAN_INTERVAL 10 /* SWのスキャン間隔 */
#define BASE_TIME_INTERVAL 1000 /* 基本時間間隔 */
```

- その他の定義

```
#define INIT_TIME 30 /* スタート時のタイムアウト時間 */
#define EXTRA_UNIT 30 /* 時間延長単位 */
#define TIMEOUT_BLINK 60 /* タイムアウト時の点滅回数 */
#define ACT_INTERVAL 10 /* タイマ動作通知LEDのインターバル */
#define ACT_BLINK_TIME 4 /* タイマ動作通知LEDの点滅回数 */
```

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

88



実装 : タイマータスク

- タイマーOFF状態

- TIMER_START, TIMER_STOP イベント受け取る
- TIMER_STOPイベントを受け取ると、LED4タスクに LED4 OFF を通知

```
void
timer_task(intptr_t exinf){
    int timer;
    FLGPtn flgptn;
    for (;;) {
        timer = 0;
        do {
            wai_flg(FLG_TIMER, TIMER_ALL, TWF_ORW, &flgptn);
            if ((flgptn & TIMER_START) != 0) {
                timer = INIT_TIME;
            }
            if ((flgptn & TIMER_STOP) != 0) {
                set_flg(FLG_BLINK, BLINK_OFF);
            }
        } while (timer == 0);
    }
}
```

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

89



実装 : タイマーON状態

- TIMER_STOPイベントを受け取ると、LED4タスクに LED4 OFF を通知
- TIMER_UPDATE で時間延長
- 1秒経過イベントで時間をデクリメントし、LED4タスクにタイムアウトで60回点滅イベントを送り、10秒で4回点滅イベントを送る

```
sta_cyc(BASE_TIME_HANDLER);
while (timer > 0) {
    wai_flg(FLG_TIMER, TIMER_ALL, TWF_ORW, &flgptn);
    if ((flgptn & TIMER_STOP) != 0) {
        set_flg(FLG_BLINK, BLINK_OFF);
        timer = 0;
    } else {
        if ((flgptn & TIMER_UPDATE) != 0)
            timer = timer + EXTRA_UNIT;
        if ((flgptn & TIMER_BASE_TIME) != 0) {
            timer = timer - 1;
            if (timer == 0)
                set_flg(FLG_BLINK, BLINK_TIMEOUT);
            else if ((timer % ACT_INTERVAL) == 0)
                set_flg(FLG_BLINK, BLINK_ACTIVE);
        }
    }
}
stp_cyc(BASE_TIME_HANDLER);
```

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

90



実装 : LED4点滅タスク

- タイマータスクからのイベントを待つ
- 60回点滅イベントもしくは、10秒で4回点滅イベントを受け取ると bcount をそれぞれ 60, 4 に設定してループを抜ける

```
void blink_task(intptr_t exinf) {
    int bcount;
    FLGPTN flgptn;
    unsigned char sta_led = OFF;
    for (;;) {
        bcount = 0;
        do {
            wai_flg(FLG_BLINK, BLINK_ALL, TWF_ORW, &flgptn);
            if ((flgptn & BLINK_ACTIVE) != 0) {
                bcount = ACT_BLINK_TIME;
            }
            if ((flgptn & BLINK_TIMEOUT) != 0) {
                bcount = TIMEOUT_BLINK;
            }
        } while (bcount == 0);
    }
}
```

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

91



実装 : LED4点滅タスク

- LED4点滅時間生成ハンドラを実行し、送られてくるイベントに合わせてLED4の点滅を bcount 回繰り返す

```
sta_cyc(LED4_BLINK_TIME_HANDLER);
while (bcount > 0) {
    wai_flg(FLG_BLINK, BLINK_ALL, TWF_ORW, &flgptn);
    if ((flgptn & BLINK_BLINK) != 0) {
        if (sta_led == ON)
            sta_led = OFF;
        else
            sta_led = ON;
        set_led_state(sta_led);
        bcount--;
    }
    if ((flgptn & BLINK_OFF) != 0) {
        bcount = 0;
    }
}
stp_cyc(LED4_BLINK_TIME_HANDLER);
sta_led = 0;
set_led_state(LED04, sta_led);
```

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

92



実装 : 周期ハンドラ

- 基本時間生成ハンドラ
 - 1秒周期で1秒経過イベントを通知

```
void
base_time_handler(void){
    syscall(iset_flg(FLG_TIMER, TIMER_BASE_TIME));
}
```

- LED4点滅時間生成ハンドラ
 - 250m周期で0.25秒経過イベントを通知

```
void
led4_blink_time_handler(void){
    syscall(iset_flg(FLG_BLINK, BLINK_BLINK));
}
```

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

93



実装 : スイッチ状態取得ハンドラ

- 実装 : コマンド確認取得ハンドラ

```
void
sw_scan_handler(void){
    unsigned char sw;
    FLGPTN flgptn = 0;

    set_led_state(LED02, OFF);
    sw = get_cup_command();
    if (sw == 'S' || sw == 's') {
        flgptn |= TIMER_START;
    }
    else if (sw == 'E' || sw == 'e') {
        flgptn |= TIMER_STOP;
    }
    else if (sw == 'U' || sw == 'u'){
        flgptn |= TIMER_UPDATE;
    }
    if (flgptn != 0x00)
        SVC_PERROR (iset_flg(FLG_TIMER, flgptn));
}
```

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

94



実装: スイッチ状態取得ハンドラ

- スイッチ状態取得ハンドラ
 - SWの割込みハンドラ(コールバック関数)

```
void
sw_handle(void)
{
    if(timer > 0){
        SVC_PERROR(iset_flg(FLG_TIMER, TIMER_STOP);
    }
    else {
        SVC_PERROR(iset_flg(FLG_TIMER, TIMER_START);
    }
}
```

実装: LED1点滅ハンドラ

- 1秒周期でLED1を点滅

```
void
led1_blink_handler(void)
{
    static unsigned char sta_led = OFF;
    if (sta_led == ON) {
        sta_led = OFF;
    } else {
        sta_led = ON;
    }
    set_led1_state(sta_led);
}
```


実装 : コンフィギュレーションファイル

- タスク

```
CRE_TSK(MAIN_TASK, { TA_ACT, 0, timer_task,
                     DEFAULT_PRIORITY, STACK_SIZE, NULL });
CRE_TSK(BLINK_TASK, { TA_ACT, 0, blink_task,
                     DEFAULT_PRIORITY, STACK_SIZE, NULL });
```

- 周期ハンドラ

```
CRE_CYC(LED1_BLINK_HANDLER, {TA_STA, 0,
                             led1_blink_handler, LED1_BLINK_INTERVAL, 0});
CRE_CYC(LED4_BLINK_TIME_HANDLER, {TA_NULL, 0,
                                   led4_blink_time_handler, LED4_BLINK_INTERVAL, 0});
CRE_CYC(SW_SCAN_HANDLER, {TA_STA, 0,
                          sw_scan_handler, SW_SCAN_INTERVAL, 0});
CRE_CYC(BASE_TIME_HANDLER, {TA_NULL, 0,
                             base_time_handler, BASE_TIME_INTERVAL, 0});
```

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

97



実装 : コンフィギュレーションファイル

- イベントフラグ

```
CRE_FLG(FLG_TIMER, {(TA_TFIFO|TA_CLR), 0});
CRE_FLG(FLG_BLINK, {(TA_TFIFO|TA_CLR), 0});
```

- 割込みハンドラ

ドライバで設定

```
DEF_INH(INHNO_SW1, {TA_HLNG, sw_int });
CFG_INT(INTNO_SW1, {TA_ENAINT | INTATR_SW1, INTPRI_SW1});
```

- デバイスの初期化

```
INCLUDE("pdic/stm32f4xx/device.cfg");
```

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

98



実装: コマンドの取得

- PIPEコマンドを拡張してCUP拡張コマンドの後のキャラクタを get_cup_command関数で取り出すプログラムを拡張する
 - PIPE CUP S(return) スタートコマンド
 - PIPE CUP E(return) ストップコマンド
 - PIPE CUP U(return) アップデートコマンド

用語集

あ 行	か 行	さ 行	た 行
な 行	は 行	ま 行	や 行
ら 行	わ 行		

用語集

「あ」行

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

101



「あ」行

ICE

(あいす)

[基礎1-1 組込み環境の基礎知識 2.](#)

プログラムの動作状況やCPUのステータスなどをCPUに代わって監視・制御する。

アトリビュート

(あとりびゅーと)

[基礎1-1 組込み環境の基礎知識 1.](#)

コンパイラに特定の情報を渡すために使用するコンパイラ指定。セクション指定、関数のエイリアス設定などがある。

イベントフラグ

(いべんとふらぐ)

[基礎2-1 ITRONの基礎知識 2.](#)

イベントの有無をビットごとのフラグで表すことにより、タスク間の同期を行うためのオブジェクト。

インラインアセンブラ

(いんらいんあせんぶら)

[基礎1-1 組込みプログラム開発の基礎知識 1.](#)

C言語記述中に直接アセンブリコードを記述するための機能。

エンディアン

(えんでいあん)

[基礎1-1 組込みプログラム開発の基礎知識 2.](#)

1つのデータが複数のアドレスにまたがる場合のデータの配置方法。

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

102



「あ」行

エッジトリガ

(えっじとりが)

基礎1-1 組み込みハードウェアの基礎知識 4.

信号の立ち上がりもしくは立ち下がりにより、割込み要因が発生したと判定するもの。

エバチップ

(えばちっぷ)

基礎1補足 ハードウェアを使ったデバッグ環境

プロセッサ内部のバスを外部に引き出したデバッグ時専用のプロセッサ。

オーバーヘッド

(おーばーへつど)

基礎1-1 組み込みハードウェアの基礎知識 4.

何らかの処理を進める際に必要な処理と、それにより発生する負荷の大きさ。

オンチップデバッグ

(おんちつぷでばっが)

基礎1補足 ハードウェアを使ったデバッグ環境

デバッグ支援回路をチップ内部に実装したもの。ホストから制御する。

用語集

「か」行

「か」行

キャッシュ

(きやしゅ)

基礎1-1 組込み環境の基礎知識 2.

プロセッサとバスの間になれる高速なメモリ。これによく使う命令やデータを保管することにより性能改善が図れる。

キャッシュヒット

(きやしゅひつと)

基礎1-1 組込み環境の基礎知識 2.

キャッシュにあるデータにアクセスしたケース。この場合、メモリアクセスせずにキャッシュからデータを取り出す。

キャッシュミス

(きやしゅみす)

基礎1-1 組込み環境の基礎知識 2.

キャッシュにないデータをアクセスしたケース。この場合、メモリからデータを読み込んでキャッシュに格納する。

GNUARM

(ぐにゅあーむ)

開発環境編

GCCコンパイラパッケージの一つ。ARM用コンパイラ、アセンブラ、リンカを含む。

クロスアセンブラ

(くろすあせんぶら)

基礎1-1 組込みプログラム開発の基礎知識 1.

アセンブラ言語で記述されたプログラムを入力とし、ターゲットプロセッサ用のオブジェクトコードを生成する。

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

105



「か」行

クロス開発

(くろすかいはつ)

開発環境編

開発環境(ホスト)と実行環境(ターゲット)が異なる開発方式。

クリティカルセクション

(くりていかるせくしょん)

基礎2-1 ITRONの基礎知識 2.

競合するタスク間で排他制御が必要である重要な処理を実行する区間。

クロスコンパイラ

(くろすこんばいら)

基礎1-1 組込みプログラム開発の基礎知識 1.

高級言語(C言語など)からホストと異なるプロセッサのアセンブリ言語を生成するプログラム。

クロスリンカ

(くろすりんか)

基礎1-1 組込みプログラム開発の基礎知識 1.

複数のオブジェクトコードをまとめてターゲットプロセッサで実行可能な実行コードを生成する。

構造体

(こうぞうたい)

基礎1-1 組込みプログラム開発の基礎知識 3.

あるメンバ変数をひとつの固まりとして宣言したもの。

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

106



「か」行

コーディングルール (こーでいんぐるーる) 基礎1-1 組込みプログラム開発の基礎知識 4.

ソフトウェア品質を保つためにプログラム開発で守るべき記述ルール。

コンフィギュレーション (こんふいぎゅれーしょん) 基礎2-1 ITRONの基礎知識 1.

システムの構成や初期状態を決定する手順。

コンフィギュレータ (こんふいぎゅれーた) 開発環境編

オプションや機能の組み合わせが多数存在するシステムで、要求される仕様を入力とすることで最適なシステム構成を生成するもの。

用語集

「さ」行

「さ」行

サービスコール

(さーびすこーる)

基礎2-1 ITRONの基礎知識 1.

タスクなどのアプリケーションプログラムからリアルタイムカーネルに要求を出すために使用するインタフェース。API。

再帰呼び出し

(さいきよびだし)

基礎1-1 組み込みプログラム開発の基礎知識 3.

関数処理中に、更に自分自身を呼び出す処理。

最適化

(さいてきか)

基礎1-1 組み込みプログラム開発の基礎知識 1.

実行時間の高速化やメモリ使用量の最小化を行うためのコンパイラの機能。

GPIO

(じーピーあいおー)

基礎1-1 組み込みハードウェアの基礎知識 3.

ポートレジスタを用いて周辺デバイスとの通信を行う汎用の入出力ポート。

cygwin

(しぐういん)

開発環境編

Windows上で動作するUNIXライクな開発環境。

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

109



「さ」行

周期ハンドラ

(しゅうきはんどら)

基礎2-1 ITRONの基礎知識 1.

一定周期で起動されるタイマイイベントハンドラ。

初期化ルーチン

(しょきかるーちん)

基礎2-1 ITRONの基礎知識 1.

システム初期化時に実行される処理(関数)。

シミュレータ

(しみゅれーた)

基礎1-1 組み込みプログラム開発の基礎知識 2.

ハードウェアが完成する前にソフトウェアをテスト・デバッグしたい場合に用いられるホスト上のソフトウェア。

シリアルI/O

(しりあるあいおー)

基礎1-1 組み込みハードウェアの基礎知識 3.

シリアル転送方式を用いてデータのやり取りを行う入出力I/F。

スタートアップモジュール

(すたーとあつぷもじゅーる) 基礎1-1 組み込みプログラム開発の基礎知識 3.

C言語のmain関数が実行される前に実行されるブート用設定を実施するプログラム。

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

110



「さ」行

スタック

(すたっく)

基礎1-1 組み込みプログラム開発の基礎知識 3.

プログラム中の一時的な変数の保存に使用されるメモリ領域。

セマフォ

(せまふお)

基礎2-1 ITRONの基礎知識 2.

使用されていない資源の有無や数量をカウンタで表現することにより、その資源を使用する際の排他制御や同期を行うオブジェクト。

ソフトウェア割込み

(そふとうえあわりこみ)

基礎1-1 組み込みハードウェアの基礎知識 4.

オーバーフローやゼロ除算、書き込み禁止領域への書き込みなど、実行中のソフトウェアが要因となって発生する割込み。

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

111



用語集

「た」行

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

112



「た」行

ターゲット

(たーげっと)

開発環境編

開発対象の計算機。

タイマ

(たいま)

基礎1-1 組み込みハードウェアの基礎知識 3.

時間を計測する。専用ハードウェアにより入カクロックをカウントすることで計測するハードウェアタイマと、ソフトウェアの実行時間を計算して計測するソフトウェアタイマがある。

ダウンロード

(だうんろーど)

開発環境編

ホストからターゲットに対して、プログラムをロードすること。

多重割込み

(たじゅうわりこみ)

基礎1-1 組み込みハードウェアの基礎知識 4.

割込み処理中に更に高優先度の割込み要求を受け付けること。

タスク例外処理

(たすくれいがいいしより)

基礎2-1 ITRONの基礎知識 1.

タスク実行中に処理を中断させ、タスクレベルで例外処理を実行させる機能。
ITRONのサービスコールで例外処理を設定することができる。

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

113



「た」行

ツールチェーン

(つーるちえーん)

基礎1-1 組み込みプログラム開発の基礎知識 1.

C言語コードを実行コードに変換するためのツール群。

DMA

(でいーえむえー)

基礎1-1 組み込みハードウェアの基礎知識 3.

Direct Memory Access。プロセッサを介さずにデータ転送を行う周辺デバイス。

データキュー

(でーたきゅー)

基礎2-1 ITRONの基礎知識 2.

2つのタスク間で1ワードのメッセージをやり取りするための機構。

デバイスドライバ

(でばいすどらいば)

開発環境編

ある特定の出入力デバイスを制御し、アプリケーションに対して抽象化したI/Fを提供するためのソフト。

デバイスレジスタ

(でばいすれじすた)

基礎1-1 組み込みハードウェアの基礎知識 3.

プロセッサと周辺デバイスとのインタフェースとなるレジスタ。デバイスごとに固有の機能が割り付けられている。

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

114



「た」行

デバugg

(でばugg)

[基礎1-1 組みみプログラム開発の基礎知識 2.](#)

ソフトウェアのバグ発見支援ツール。

デバuggモニタ

(でばuggもにた)

[基礎1-1 組みみプログラム開発の基礎知識 2.](#)

ターゲットシステム上でプログラムとして動作させ、ホストシステムのデバuggと通信を行う。

TOPPERS/ASPカーネル

(とばーずえーえすぴーかーねる)

[基礎2-1 ITRONの基礎知識 3.](#)

TOPPERS新世代カーネルの基盤となるRTOSで、TOPPERS新世代カーネル統合仕様に準拠している。

TOPPERS/JSPカーネル

(とばーずじえいえすぴーかーねる)

[基礎2-1 ITRONの基礎知識 3.](#)

TOPPERSプロジェクトで開発されているμITRON4.0仕様のスタンダードプロファイルに準拠したオープンソースのRTOS。

用語集

「な」行

「な」行

ノンマスカブル割込み (のんますかぶるわりこみ) 基礎1-1 組込みハードウェアの基礎知識 4.
割込み禁止を行えない割込みのこと。

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

117



用語集

「は」行

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

118



「は」行

配列

(はいれつ)

基礎1-1 組み込みプログラム開発の基礎知識 3.

メモリ上に、宣言したデータ型の箱を複数個確保するもの。

バス

(ばす)

基礎1-1 組み込みハードウェアの基礎知識 2.

コンピュータの内外でデータを交換するための通信路。

バス競合

(ばすきょうごう)

基礎1-1 組み込みハードウェアの基礎知識 2.

同じタイミングで複数のマスタがバスを使用した場合に発生する衝突
(バス使用权の取り合い)。

バスステートコントローラ

(ばすすてーとこんとろーら) 基礎1-1 組み込みハードウェアの基礎知識 2.

メモリ使用に合わせてバスの設定を変更するためのコントローラ。

プロセッサ

(ぷろせっさ)

基礎1-1 組み込みハードウェアの基礎知識 1.

CPU: 中央演算処理装置。コンピュータ全体を制御する。

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

119



「は」行

バス調停

(ばすちようてい)

基礎1-1 組み込みハードウェアの基礎知識 2.

複数のマスタがバスを使用するタイミング(バス使用权)をずらすことで衝突を回避するもの。

ピンファンクションコントローラ

(ぴんふあんくしょんこんとろーら)

基礎1-1 組み込みハードウェアの基礎知識 3.

ピンの割り当てを設定する回路(PFC)。設定するレジスタはPFCLレジスタといい、リセット後に一度しか設定を許可しないものもあるため注意が必要。

フォンノイマンボトルネック

(ふおんのいまんぼとるねっく)

基礎1-1 組み込みハードウェアの基礎知識 2.

命令とデータを区別なく解釈して実行するノイマン型コンピュータに存在する性能上のボトルネック。

プリAGMA

(ぷらぐま)

基礎1-1 組み込みプログラム開発の基礎知識 1.

コンパイラに特定の情報を渡すために使用するコンパイラ指定(Warning除去、アライメントの設定など)。#pragmaと記述する。

Flash Magic

(ふらっしゅまじっく) 開発環境編

FlashROMにプログラムを書き込むためのPCツール。

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

120



「は」行

プロトタイプ宣言

(ぷろとたいぷせんげん)

基礎1-1 組み込みプログラム開発の基礎知識 3.

関数や構造体などを作成する前に、前もってその存在をコンパイラに知らせておくための方法。

ポインタ

(ぽいんた)

基礎1-1 組み込みハードウェアの基礎知識 1.

変数が格納されているメモリのアドレス。

ポーリング

(ぽーりんぐ)

基礎1-1 組み込みハードウェアの基礎知識 4.

ある単位時間ごとに、プログラムにより該当ビットを繰り返しチェックする方式。

ホスト

(ほすと)

開発環境編

ソフトウェアを開発する計算機。

volatile修飾子

(ぼらたいるしゅうしょくし)

基礎1-1 組み込みプログラム開発の基礎知識 3.

コンパイラの最適化を抑制するC言語の型修飾子。

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

121



用語集

「ま」行

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

122



「ま」行

メールボックス

(めーるぼっくす)

基礎2-1 ITRONの基礎知識 2.

2つのタスク間で共有メモリ上に置かれたデータをやり取りするための機構。

メトリクス

(めとりくす)

基礎1-1 組込みプログラム開発の基礎知識 4.

ソースコードの特性を定量的に表現したもの。

メモリ

(めもり)

基礎1-1 組込みハードウェアの基礎知識 2.

プログラム自身やプログラムで扱うデータを保存するデバイス。

メモリマップドI/O

(めもりまっぷどあいおー)

基礎1-1 組込みハードウェアの基礎知識 3.

メモリと周辺デバイスのアドレス空間を区別せず、メモリ空間にデバイスレジスタを配置する方式。

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

123



用語集

「や」行

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

124



「や」行

優先度逆転

(ゆうせんどぎゃくてん)

基礎2-1 ITRONの基礎知識 1.

高優先度のタスクが低優先度のタスクの実行により待たされること。

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

125



用語集

「ら」行

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

126



「ら」行

ライトスルーキャッシュ (らいとすーきやつしゅ) 基礎1-1 組み込みハードウェアの基礎知識 2.

キャッシュ制御方式のひとつでキャッシュメモリに書き戻すと同時にメモリにも書き戻す方式。

ライトバックキャッシュ (らいとばっくきやつしゅ) 基礎1-1 組み込みハードウェアの基礎知識 2.

キャッシュ制御方式のひとつでキャッシュメモリに取り込んだデータが破棄される時点で書き換えられたデータをメモリに書き込む方式。

リンクスクリプト (りんかすくりぷと) 基礎1-1 組み込みプログラム開発の基礎知識 1.

リンクに対して各セクションのリンク方法やその先頭番地を指定するスクリプト。

レジスタ (れじすた) 基礎1-1 組み込みハードウェアの基礎知識 1.

プロセッサ内部でのデータの保持や、プロセッサの動作状態の保持・変更のための変数。

レディキュー (れでいきゅー) 基礎1-1 組み込みプログラム開発の基礎知識 1.

実行可能なタスクの待ち行列のこと。

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

127



「ら」行

レベルトリガ (れべるとりが) 基礎1-1 組み込みハードウェアの基礎知識 4.

信号のレベル(Hi/Low)により割込みの発生とみなすもの。

ローカル変数 (ろーかるへんすう) 基礎1-1 組み込みプログラム開発の基礎知識 3.

宣言した関数内でのみ使用できる変数。スタックにデータ領域が確保される。

ROMエミュレータ (ろむえみゆれーた) 基礎1補足 ハードウェアを使ったデバッグ環境

プロセッサではなく、ROMソケットにブルーブを差すことでプロセッサの動作を監視する。

ROMモニタ (ろむもにた) 開発環境編

ターゲットボード中に書き込まれ、ボードのメモリ情報の表示や書き換え、プログラムのダウンロードや実行を行うプログラム。

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

128



用語集

「わ」行

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

129



「わ」行

割込み信号

(わりこみしんごう)

基礎1-1 組込みハードウェアの基礎知識 4.

周辺機器からプロセッサへ非同期に送られる電氣的な信号のこと。

割込みコントローラ

(わりこみこんとろーら)

基礎1-1 組込みハードウェアの基礎知識 4.

複数の割込み要求を受け付け、プロセッサへ割込み要求を出す回路。

割込みベクタテーブル

(わりこみべくたてーぶる)

基礎1-1 組込みハードウェアの基礎知識 4.

メモリ管理する、割込み元を示す番号と、割込み受付時に実行する関数(割込みハンドラ)の先頭アドレスの対応表。

割込みハンドラ

(わりこみはんどら)

基礎1-1 組込みプログラム開発の基礎知識 3.

割込みが発生すると実行される処理(関数)。割込み(サービス)ルーチンとも言う。

1リンクモデル

(わんりんくもでる)

基礎1-1 組込みプログラム開発の基礎知識 3.

システム全体(アプリケーション+ミドルウェア+リアルタイムOS)を1つのロードモジュールにリンクして実行形式にしたもの。

2015/12/30

TOPPERSプロジェクト認定

130

