トランジスタ技術 増刊

見本

トライアルシリーズ

あのPSoCが生まれ変わった! アナログもディジタルも一新!

シリーズ最強※! マイコン,ディジタル,アナログを全部詰め込め!

PSoC 3ボード+デバッグ・ボード

古平 晃洋 著

デルタ-シグマ A-Dコンバータ
ADC_DelSig
eoc
16-bit

プログラマブル・ゲイン・アンプ
PGA_Inv
Vin
Vref

コンパレータ
Comp
clock

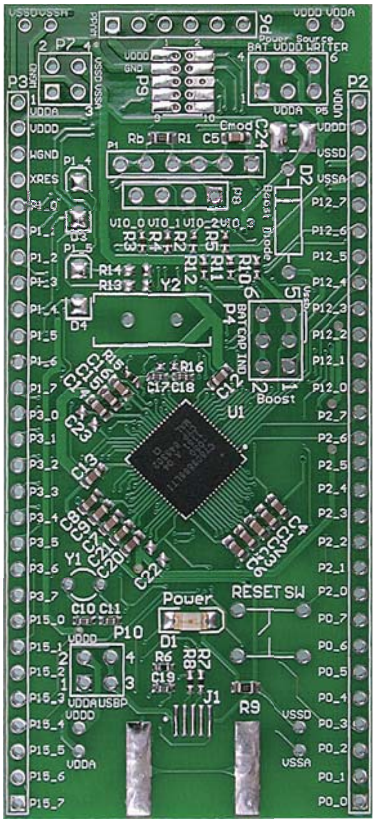
ミキサ
Mixer
Fin
Fout
Vref
LO
Sample

I²C
EZI2C Slave
sda
scl
100 kbps
Pins

CRC
CRC
reset
enable
di
clock
16-bit

USB ファイル・システム
USBFS

タッチ・センサ CapSense
CapSense CSD



PSoC 3ボード

デバッグ・ボード

OPアンプ
Opamp

アナログ・マルチプレクサ
clock

CAN
CAN
rx
tx
tx_en

直交エンコーダ
QuadDec
quad_A
quad_B
index
interrupt
clock
8-bit

トランス・インピーダンス・アンプ
TIA
4.6p
20k
Iin
Vref
Vout
Fcorner = 567 kHz

サンプル&ホールド
Sample & Hold
Vref
Vin
Vout
sclk
Sample and Hold

SPDIF
S/PDIF Tx
clock
spdif
tx_dma0
interrupt
24-bit

PWM
PWM
tc
pwm1
pwm2
clock
reset
interrupt
8-bit (UDB)

グラフィック LCD
GraphLCDIntf
di_lsb[7:0]
di_msb[7:0]
do_lsb[7:0]
do_msb[7:0]
oe
d_c
ncs
nwr
clock
nrd

UART
UART
rx
tx
tx_interrupt
rx_interrupt
tx_en
reset

シフトレジスタ
Shift Register
shift_in
load
shft_out
store
reset
clock
8-bit

コントロール・レジスタ
Control Reg
control_0
control_1
control_2
control_3
control_4
control_5
control_6
control_7

ステータス・レジスタ
Status Reg
clock
status_0
status_1
status_2
status_3
status_4
status_5
status_6
status_7

※2012年3月時点 I/Oピン数を除く内部機能で比較

CQ出版社

目 次

導 入 編

プロローグ　内蔵モジュールをカスタマイズして思い通りの機能を実現！
ようこそ！ 自由自在な PSoC の世界へ　古平 晃洋　5

ワンチップ・マイコンの世界 …… 5
ワンチップ・マイコンの特徴 …… 5
PSoC と従来のワンチップ・マイコンはここが違う …… 6
PSoC ファミリの特徴 …… 7
付属 PSoC 3 ボード搭載 PSoC は PSoC 3 CY8C3866 …… 10
コラム　PSoC の生い立ち …… 8

第 1 章　動作環境の確認，コンパイラ・ライセンスの取得，部品のはんだ付け　11
開発ツール PSoC Creator のインストールと付属ボードのセッティング　古平 晃洋

PSoC Creator の動作環境 …… 11
PSoC Creator とコンパイラ・ライセンスのインストール …… 11
付属ボードのチェック …… 14
デバッグ・ボードの仕様と準備 …… 15
デバイス・ドライバの入手とインストール …… 17
PSoC 3 ボードの機能と準備 …… 18

基 礎 編

第 2 章　プロジェクトを作ってプログラムをダウンロード，回路を組んで動作確認
PSoC 3 システム開発ステップ・バイ・ステップ　古平 晃洋　23

ステップ 1：プロジェクトの新規作成 …… 23
ステップ 2：コンポーネントの配置と設定 …… 25
ステップ 3：コンポーネントの配線 …… 25
ステップ 4：プログラムの記述 …… 27
ステップ 5：プログラムを PSoC 3 に書き込み …… 27
ステップ 6：ブレッド・ボードを使って回路を構築 …… 28
ステップ 7：デバッグ・ボードを接続して動作確認 …… 29
まとめ：開発全体の流れ …… 30

第 3 章　システム，アナログ・ブロック，ディジタル・ブロックの機能を詳解
これが PSoC 3 のアーキテクチャだ！　古平 晃洋　31

PSoC 3 の内部構成 …… 31
33MIPS の 8051 を搭載 …… 31
外部インターフェース付きメモリ・システム …… 31
クロック，電源を管理するシステム・ワイド・リソース …… 31
アナログ回路を構成するアナログ・ブロック …… 37
ディジタル回路を構成するディジタル・ブロック …… 40
3 種類の入出力ポート …… 41

第 4 章　本書に最低限必要な文法や規則をコンパクトに解説
C 言語プログラミング初歩の初歩の初歩　古平 晃洋　43

PSoC 3 の C プログラムの基本構造 …… 43
PSoC 3 のデータ型 …… 44
変数の宣言 …… 45
いろいろな演算子 …… 45

プログラムの流れを変える制御文 …… 47
同じ型を持つ連続した変数の集まり「配列」 …… 49
プログラムを小さな機能単位に分割できる関数 …… 50
グローバル変数とローカル変数 …… 51
文字列 …… 51
コメント …… 51
コンポーネントを動作させる関数 API …… 52

応　用　編

第5章 スイッチや LED，センサを接続できる汎用ディジタル / アナログ入出力ポート
Pins コンポーネントの使い方　古平 晃洋　53

Pins コンポーネントの種類 …… 53
ポートのドライブ・モード …… 53
Pins コンポーネントの基本設定 …… 55
複数ピンを一つの Pins コンポーネントで制御する方法 …… 58
Pins コンポーネントの API …… 59
Pins コンポーネントを使ったスイッチ入力と LED 出力 …… 61
コラム 1　PSoC 3 チップ内部の抵抗の精度 …… 55
コラム 2　アナログとディジタルは同時に使える …… 57
コラム 3　しきい値とヒステリシス …… 60
コラム 4　API Pin_Read 関数と Pin_ReadDataReg 関数の使い分け …… 66

第6章 組み合わせ／順序回路を手軽に組める基本汎用ロジック
Digital Logic Gates コンポーネントの使い方　古平 晃洋　67

ロジック回路のおさらい …… 67
AND 回路と OR 回路の動作確認 …… 68
RS フリップフロップを作る …… 69
半加算器を作る …… 70

第7章 モータの速度制御，LED の輝度調整などに使える
PWM コンポーネントの使い方　古平 晃洋　71

パルスの ON/OFF 時間比率を利用する PWM 制御 …… 71
PWM コンポーネントの基本設定 …… 71
PWM コンポーネントを使った LED の明るさ調整 …… 73

第8章 USB CDC クラスを使って PSoC 3 と PC を USB で通信
USBUART コンポーネントの使い方　古平 晃洋　75

PSoC 3 の USB 機能の特徴 …… 75
USBUART コンポーネントの基本設定 …… 75
クロックの設定 …… 76
プログラムと書き込み …… 77
PC と接続しドライバをインストール …… 77
通信ソフトウェアを使って動作確認 …… 80
コラム 1　ポートにクロックを直接入力する場合 …… 78
コラム 2　クロックの始動と停止 …… 81

第9章 アナログ出力型センサなどに便利なアナログ－ディジタル変換コンポーネント
ADC_DelSig コンポーネントの使い方　古平 晃洋　83

ADC_DelSig コンポーネントの基本設定 …… 83
ADC_DelSig コンポーネントで電圧をディジタル値に変換 …… 87

第10章 ハードウェア割り込み処理が手軽に使える
Interrupt コンポーネントの使い方 古平 晃洋 91
割り込み処理のメリット …… 91
割り込みの優先度 …… 91
PSoC 3 の割り込みソース …… 92
Interrupt コンポーネントの基本設定 …… 92
割り込みを使って複数の ADC 入力を切り替える …… 93

第11章 簡単にタッチ・センサを実装できる
CapSense_CSD コンポーネントの使い方 古平 晃洋 97
CapSense Sigma Delta 方式の仕組み …… 97
CapSense_CSD コンポーネントの基本設定 …… 99
タッチ・センサの実験 …… 103

Appendix スイッチト・キャパシタの仕組み 古平 晃洋 …… 104

第12章 キャラクタ LCD モジュールが簡単に使える
Character LCD コンポーネントの使い方 古平 晃洋 105
コンポーネントの設定とプログラムの記述 …… 105
動作確認 …… 107

実 践 編

第13章 I2C Master コンポーネントを使った
I²C 接続加速度センサの測定データ表示 古平 晃洋 109
I²C 通信のポイント …… 109
アプリケーションの作成と動作確認 …… 109

第14章 ADC_DelSig，IDAC コンポーネントを使った
ブリッジ型気圧センサの測定データ表示 古平 晃洋 111
気圧センサの仕組み …… 111
アプリケーションの作成と動作確認 …… 111
コラム サンプル・プロジェクトをインポートする方法 …… 114

第15章 Boost Converter コンポーネントを使った
1.5 V で PSoC 3 を動作させる手順 古平 晃洋 115
プロジェクトの作成 …… 115
PSoC 3 ボードに部品を取り付ける …… 115
動作確認 …… 116

第16章 プログラムを書かないで作るラーメン・タイマ・コンポーネントを題材にした
オリジナル・コンポーネントの作り方 古平 晃洋 117
コンポーネント自作の手順 …… 117
ラーメン・タイマ・コンポーネントの仕様と準備 …… 117
ハードウェアの配置 …… 118
パッケージの作成 …… 120
ラーメン・タイマ・コンポーネントの基本動作確認 …… 121
コンポーネントの拡張 …… 121
Ramentimer 用 API の作成 …… 122
ラーメン・タイマ・コンポーネントの最終動作確認 …… 125

Appendix プリント基板製造コストをトータルで考える …… 126
実装業者が単価で一番重視しているのは手離れの良さ！ …… 126
実装価格を安価に抑えるには基板設計から実装業者に委託するのがベスト …… 126

導入編

第1章 動作環境の確認,コンパイラ・ライセンスの取得,部品のはんだ付け 開発ツールPSoC Creatorのインストールと付属ボードのセッティング

古平 晃洋　Akihiro Furuhira

本章では，PSoC Creatorのインストール，付属デバッグ・ボードと付属PSoC 3ボードの準備(部品のはんだ付け)について説明します．

PSoC Creatorの動作環境

本書ではPSoC Creator 2.0 component pack 1を使用します．

本書で解説するプロジェクト・ファイルの動作保証は，PSoC Creator 2.0 component pack 1のみになります．

● 必要なPCのスペック

PSoC Creatorに最低限必要なPCのスペックは以下の通りです．

- プロセッサ：Pentium 4
- クロック：1 GHz
- RAM：512 Mバイト(1 Gバイトを推奨)
- HDD：2 Gバイト
- 画面解像度：1024×768
- USBインターフェース：バージョン2.0

● 対応OS

PSoC Creator 2.0が動作するOSは以下の通りです．

- Windows XP SP2，またはSP3
- Windows Vista(32ビット，64ビット)SP1
- Windows 7(32ビット，64ビット)SP1

● 必要なソフトウェア

PSoC Creator(PSoC Creator 2.0 Component pack 1)のインストールとソフトウェア開発に最低限必要なソフトウェアは以下の通りです．

- Internet Explorer：バージョン7
- .NET Framework：バージョン2.0 SP1
- Adobe Reader：バージョン6
- Windows Installer：バージョン3.1
- PSoC Programmer：バージョン3.13.3
- Keil Compiler：バージョン8.16

なお，PSoC Creatorのインストーラを起動すると，以下のソフトウェアが自動でインストールされます．

- PSoC Creator 2.0 Component pack 1
- .NET Framework
- Windows Installer
- PSoC Programmer
- Keil Compiler

● 頻繁なアップデート

PSoC Creatorのバージョンは，正式版1.0がリリースされてからわずか半年の間に1.0 → 1.0 SP1 → 1.0 SP2 → 2.0 → 2.0 Component Pack1と，かなりの頻度でアップデートされています．

今後もしばらくは頻繁にアップデードされ続けると考えられます．

PSoC Creatorには，自動で更新版を確認するアップデータ機能が付いているので，アップデートがあれば知ることができます．

PSoC Creatorとコンパイラ・ライセンスのインストール

● PSoC Creatorの入手

PSoC Creatorはサイプレス社のウェブ・ページから入手します．以下のリンクからダウンロード先に飛ぶことができます(**図1**)．

http://www.cypress.com/go/creator

PSoC Creatorは無料でダウンロードできますが，ダウンロードするにはアカウントを作成しログインする必要があります．

ダウンロードは「Cypress Download Manager」で実行されます．

● PSoC Creatorのインストール

ダウンロードが終了したら，「Cypress Download

導入編

第2章 プロジェクトを作ってプログラムをダウンロード，回路を組んで動作確認

PSoC 3 システム開発 ステップ・バイ・ステップ

古平 晃洋　Akihiro Furuhira

本章では，LED 点灯回路の設計を通して，PSoC 3 の開発手順を説明します．

本章で使用する部品を**表 1** に示します．ブレッド・ボードとブレッド・ボードで使用するジャンパ・ワイヤは，以降の章でも使用します．

ブレッド・ボードは，縦 28 ピン以上のものであれば，たいていのものが使用できます．ジャンパ・ワイヤも同等品であればほかのものでも使用できます．

ステップ 1：プロジェクトの新規作成

PSoC Creator を起動します．新しいプロジェクトを作成するために「File」→「New」→「Project」を選択してください(**図 1**)．

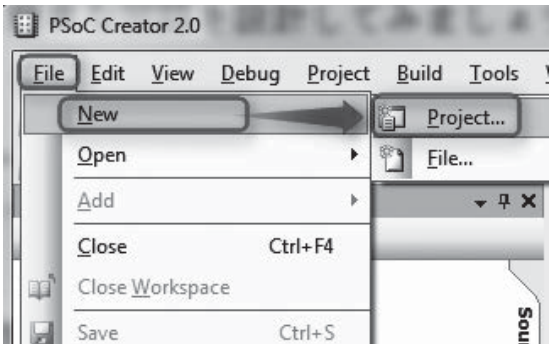


図 1　新しいプロジェクトを作成するために「File」→「New」→「Project」を選択

図 2 のダイアログが現れます．「Empty PSoC 3 Design」が選択されているのを確認して，プロジェクト名と保存フォルダの場所を設定し，[OK] をクリックしてください．プロジェクト名と保存フォルダ名に，日本語などの 2 バイト文字は使えません．

次に「Advanced」をクリックし，「Device」→「Launch Device Selector」を選択します(**図 3**)．

図 4 の画面になるので，“CY8C3866LTI－030”を選択し，[OK] をクリックします．元の画面に戻るので [OK] をクリックします．

しばらく時間がかかりますが，立ち上がると**図 5** のような画面が出てきます．

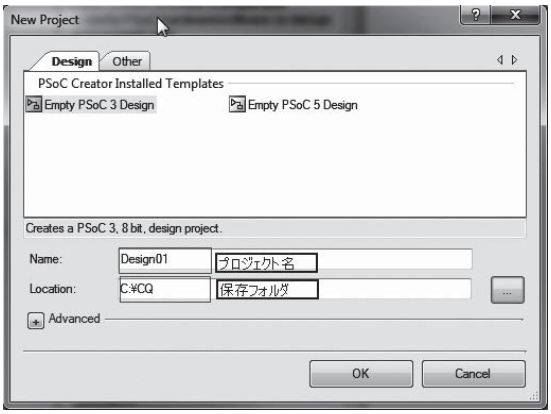


図 2　New Project ダイアログでプロジェクトを設定

表 1　使用した部品と購入先例

部品名	型番または仕様	メーカ	数量	外観	購入先例
ブレッド・ボード	EIC－801	E－CALL ENTERPRISE 社	2	**写真 1** 参照	秋月電子通商
ジャンパ・ワイヤ・セット	EIC－J－S	E－CALL ENTERPRISE 社	1 セット	－	秋月電子通商
LED	砲弾型，緑，順電圧：2.2 ～ 2.6 V（順電流：20 mA）	－	1	**写真 4** 参照	千石電商
抵抗	1 kΩ，1/4 W，カーボン	－	1	**写真 4** 参照	千石電商

㈱秋月電子通商　http://akizukidenshi.com/
㈱千石電商　http://www.sengoku.co.jp/

基礎編

第3章 システム,アナログ・ブロック,ディジタル・ブロックの機能を詳解 これがPSoC 3のアーキテクチャだ！

古平 晃洋　Akihiro Furuhira

本章では，PSoC 3のアーキテクチャと入出力ポートの特徴について説明します．

PSoC 3の内部構成

PSoC 3の基本内部構成を**図1**に示します．PSoC 3は，システム，アナログ・ブロック，ディジタル・ブロックの三つから構成されています．

システムはさらに，CPUシステム，システム・ワイド・リソース，メモリ，プログラミング＆デバッグから構成されています．

CPUシステムは，プログラムの実行やアナログ・ブロック，ディジタル・ブロックのコントロールに使用されます．DMAを使ったCPUを使用しないデータ転送も可能です．

書き込みとデバッグでは，トレース可能なデバッグやバウンダリ・スキャンを備えています．

システム・ワイド・リソースでは，電源管理やリセット，そしてクロックの管理を行っています．

クロックは，内部オシレータまたは外部水晶振動子を使用して，複数のクロックを生成できるようになっています．それをCPUのクロックとして使用したり，各ブロックのクロックとして供給します．

ディジタル・ブロックは，ディジタル・コンポーネントに使用されます．アナログ・ブロックは，ADC，DAC，フィルタといったアナログ・コンポーネントに使用されます．

33MIPSの8051を搭載

PSoC 3のCPUは8051です．サイプレス社は，以前からEZ－USBなどで8051を採用していました．

PSoC 3の8051は一部の命令だけ平均で2サイクルかかりますが，ほとんどの命令をシングル・サイクルで実行できます．性能は33MIPSです．

パイプラインは三つ持っています．パイプラインによって命令のデコード処理やフェッチを並列化し，命令を実行するリソースを効率的に使用することができるようになっています．

割り込みの優先度は自由に変えられます．DMAは，24チャネルで32ビット転送をサポートします．

外部インターフェース付きメモリ・システム

フラッシュ・メモリは64Kバイトで，10万回の書き込み回数，20年間の保存を保証しています．8KバイトのECC(Error Check and Correct)付きですが，必要なければ選択したデバイスのフラッシュ・サイズの1/8を，コンフィグレーション・データの保存に使用できます．

EEPROMは2Kバイトで，100万回の書き込み回数，20年間のデータ保存を保証しています．

SRAMは8Kバイトです．

外部メモリ・インターフェースとしてEMIF(External Memory Interface)が用意されています．同期，非同期メモリの両方が使用できます．

EMIFに用意されている領域はxdata spaceと呼ばれ，16Mバイトまで確保されていますが，その一部は内部のコンポーネント用に使用されており，実際にPSoC 3で使用可能なのは0x800000～0xFFFFFFの8Mバイトです．

クロック，電源を管理するシステム・ワイド・リソース

システム・ワイド・リソースは，CPUの基本的な周辺機能，クロック，電源の構成，スリープ機能が含まれています．

● クロック・システム

▶ 仕様と特徴

PSoC 3のクロック・システムは，ディバイダ(分周回路)やPLLによっていろいろなクロックを生成する

基礎編

第4章

本書に最低限必要な文法や規則をコンパクトに解説

C言語プログラミング 初歩の初歩の初歩

古平 晃洋　Akihiro Furuhira

本章では，PSoC 3を使うために必要なC言語(以下，C)の基礎を解説します．Cのすべてではなく，本書で登場するCプログラムを理解するのに必要な文法，規則などに限定して解説します．

PSoC 3のCプログラムの基本構造

● PSoC Creatorが自動生成するCプログラム

PSoC CreatorでCプログラムを書く際に，最初に目にするのが**リスト1**のプログラムです．第2章で説明したように，Workspace Explorerでmain.cをクリックすると表示されます．

これは，PSoC Creatorが自動的に生成するCプログラムで，ここがPSoC 3のCプログラミングのスタート地点です．

▶ 前処理部(プリプロセッシング)

前処理部は，プリプロセッサによって処理される部分です．

```
#include <device.h>
```

は，device.hというファイルを取り込むという意味です．

device.hは，PSoC 3に必要なあらかじめ用意されたファイルで，PSoC 3とPSoC 5に特有のファイルです．device.hをユーザが触れる必要はありません．

▶ main関数部

PSoC 3は，内部の初期化が終わって利用可能な状態になると，main関数を実行します．Cで最初に実行される関数はmainと決まっています．

```
void main()
```

のvoidは，main関数が値を返さないことを示しています．標準Cではint main(void)として値を返しますが，PSoC 3では値を返しません．

main関数に限らず，Cの関数は，

```
{
  文
}
```

というように大かっこで囲みます．ここにプログラムを記述することで，ユーザはPSoC 3の動作を決定していくことができます．

なお，Cはフリー・フォーマットの言語です．タブ(Tab)，復帰，空白は同じものとみなされます．

初期化部は，変数やコンポーネントを初期化する部分です．

無限ループ部は，繰り返し実行される部分です．for(;;)は無限ループを意味しています．詳しくは

リスト1　PSoC 3のベースとなるCプログラム

```
#include <device.h>                                  ← 前処理部

void main()
{
    /* Place your initialization/startup code here (e.g. MyInst_Start()) */
        初期化部
    /* CyGlobalIntEnable; */ /* Uncomment this line to enable global interrupts. */
    for(;;)
    {
        /* Place your application code here. */
    }
}
```

main関数部

無限ループ部

CQ出版社

見本

あのPSoCが生まれ変わった! アナログもディジタルも一新!

シリーズ最強! マイコン,ディジタル,アナログを全部詰め込め! PSoC 3ボード+デバッグ・ボード

このPDFは, CQ出版社発売の「シリーズ最強!PSoC 3ボード+デバッグ・ボード」の一部見本です.

内容・購入方法などにつきましては以下のホームページをご覧下さい.

内容　http://shop.cqpub.co.jp/hanbai/books/MTR/MTRZ201205.htm

購入方法　http://www.cqpub.co.jp/hanbai/order/order.htm

雑誌　06664-05

Ⓛ-2012.8/19

トランジスタ技術 増刊 シリーズ最強! PSoC 3ボード+デバッグ・ボード

CQ出版社 〒170-8461 東京都豊島区巣鴨1-14-2 TEL.(03)5395-2141(販売部)

定価5,040円 本体4,800円