

周辺機能接触制御器を使う組み込み表面手ぶり認識を持つ接触パッド

序説

著者: Ankit Tripathi, Microchip Technology Inc.

過去20年間、賢い小物は幅広い応用に対して人間と機械の接点(HMI:Human Machine Interface)として静電容量性接触表面や接触パッドを人気にさせました。接触に対する要求の増加は信頼できて強化された接触感知技術も開発させました。その結果として、容量性接触インターフェースは多数の家電、着用、家庭用品、住宅自動化、工業、医療、車載製品で重要な使用者要件です。

この応用記述はチップ上周辺機能接触制御器(PTC:Peripheral Touch Controller)とMicrochip接触ライブラリを使う統合された手ぶり認識でAVR[®] DAマイクロコントローラに対して2D接触表面実装を実演します。これはAVR DAマイクロコントローラの高度な低電力接触能力と消費電力を最小にするため、スタンバイ休止動作のCPUでPTC周辺機能使う方法を披露します。

Microchip AVR128DA48 Curiosity Nano、Curiosity Nano接触アダプタ、QT2 Xplained Pro拡張基板、Microchip接触ライブラリの手助けだけで2D接触表面手ぶりを披露するため、初歩的な蛇ゲーム実演部が実装されます。この追加されたファームウェアはMicrochipのAtmel STARTの手助けで開発され、接触表面要素を構成設定するのに(Atmel STARTに組み込まれた)QTouch[®]構成設定部が使われています。



GitHubでコード例を見てください。
貯蔵庫を閲覧するにはクリックしてください。

本書は一般の方々の便宜のため有志により作成されたもので、Microchip社とは無関係であることを御承知ください。しおりの[はじめに]での内容にご注意ください。

目次

序説	1
1. 特徴	3
2. AVR® DA MCU系概要	3
2.1. 関連デバイス	3
3. AVR® DA周辺機能接触制御器	3
3.1. PTC低電力動作	4
4. 容量性接触表面と2D手ぶり	4
4.1. 2D接触パッドと表面手ぶり	4
5. 応用概要	5
5.1. 蛇ゲームの基礎	5
5.2. 実装	5
6. ハードウェア概要	5
6.1. 開発基板	5
6.2. ハードウェア構成	6
6.3. ピン構成	6
7. ファームウェア	7
7.1. Microchip接触ライブラリ	7
7.2. 接触表面感知部構成設定	7
7.3. 低電力接触構成設定	8
7.4. 手ぶり実装	8
7.5. LED配列駆動部と蛇ゲーム算法	8
7.6. ソフトウェア ツール	9
8. 実演準備	9
9. 接触表面性能測定	9
9.1. マイクロコントローラ構成設定詳細	9
9.2. 消費電力	10
9.3. プログラムとデータのメモリ	10
9.4. 接触応答時間	10
9.5. CPU使用率	10
10. 蛇ゲーム実演性能測定	10
10.1. マイクロコントローラ構成設定詳細	10
10.2. 消費電力	11
10.3. プログラムとデータのメモリ	11
11. 参考文献	11
12. 追補：QT2表面感知部設計仕様	12
12.1. 接触パッド分解能	12
13. 改訂履歴	12
Microchipウェブ サイト	13
製品変更通知サービス	13
お客様支援	13
Microchipデバイス コード保護機能	13
法的通知	13
商標	14
品質管理システム	14
世界的な販売とサービス	15

1. 特徴

この応用記述は以下の内容が特徴です。

- AVR DA PTC概要
- 2D容量性接触表面と手ぶり
- Microchip接触ライブラリでのタップとスワイプの手ぶり認識
- PTC周辺機能を使う低電力で頑強な静電容量感知
- LED配列表示部制御器用のI²Cに基づくLED多重器駆動部
- 蛇ゲーム応用

PIC[®]、AVR、SAM、PIC32のデバイスと容量性接触感知ライブラリとツールで開始するには<https://microchipdeveloper.com/touch:start>を訪ねてください。

2. AVR[®] DA MCU系概要

AVR DA系統のマイクロコントローラは28、32、48、64ピン外周器で32/64/128Kバイトのフラッシュメモリ、4/8/16KバイトのSRAM、512バイトのEEPROMを持ち、最大24MHzで動き、ハードウェア乗算器を持つAVR CPUを使います。この系統は事象システムと休止歩行、正確なアナログ機能と高度な周辺機能、周辺機能接触制御器(PTC:Peripheral Touch Controller)を含む柔軟で低電力な基本設計を持つMicrochipの最新技術を使います。

注: 異なるフラッシュメモリ量を持つデバイスはまた一般的に異なるSRAMとEEPROMの量を持ちます。より多くの情報についてはデバイス固有データシートを参照してください。

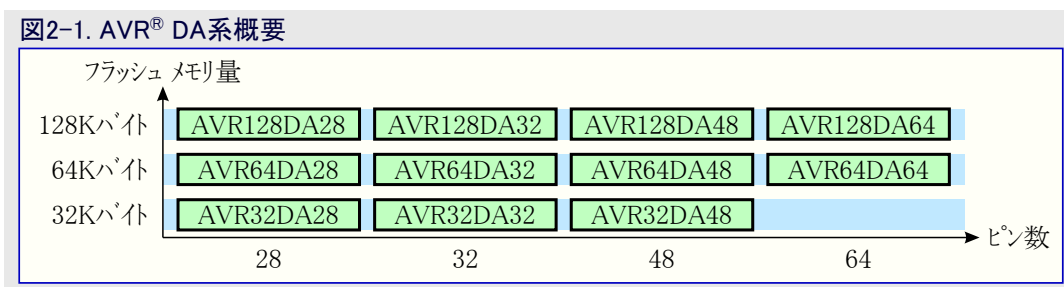
2.1. 関連デバイス

本項は本文書に関連するデバイスを一覧にします。

2.1.1. AVR[®] DA MCU系概要

下図はピン数変種とメモリ量を展開してAVR[®] DAデバイスを示します。

- これらのデバイスが完全にピンと機能が互換のため、垂直(上方)移植はコード変更なしで可能です。
- 左への水平方向移植はピン数、従って利用可能な機能を減らします。



異なるフラッシュメモリ量を持つデバイスはまた一般的に異なるSRAM量を持ちます。

3. AVR[®] DA周辺機能接触制御器

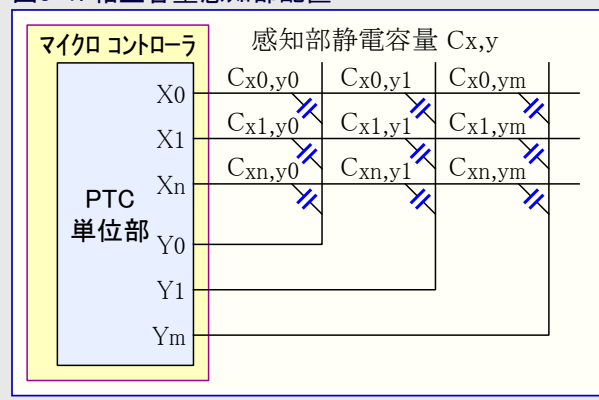
AVR DA系マイクロコントローラはCPU介在なしで自律的に容量性接触感知部の接触データ採取を実行する組み込みPTC単位部を提供します。

PTC周辺機能は釐、摺動子、輪、2D表面感知部に対して自己容量と相互容量の両感知法を支援します。PTC周辺機能はMicrochip接触ライブラリと共に接触インターフェース設計に対して新しい或る程度の組み合わせを提供します。

デバイス外周器形式とデバイス構成に応じて、AVR DAマイクロコントローラでは利用可能な最大46個のPTCチャネルがあります。46個のPTCチャネルは46個の自己容量感知釐または529個の相互容量感知節点として使うことができます。感知チャネルの可用性のより多くの詳細についてはデバイス固有データシートを参照してください。

AVR DA系内のPTCは変化する環境条件下で強靱な接触体験をするためにMicrochip接触ライブラリによって利用することができます。PTCの休止歩行機能は事象システムの手助けと共に単独、低電力で自律的な接触感知の実行を許します。

図3-1. 相互容量感知部配置



- 重要:** 1. PTC周辺機能とMicrochip接触ライブラリにアクセスするため、PTCを構成設定して応用ソフトウェアにライブラリをリンクするのにAtmel STARTが使われなければなりません。より多くの詳細については[Atmel START QTouch®容量性接触ライブラリ](#)段階的の手引きを使ってください。
2. Microchip接触ライブラリは単一インターフェースと様々な組み合わせで釦、摺動子、輪、近接感知、接触表面の使用を許します。

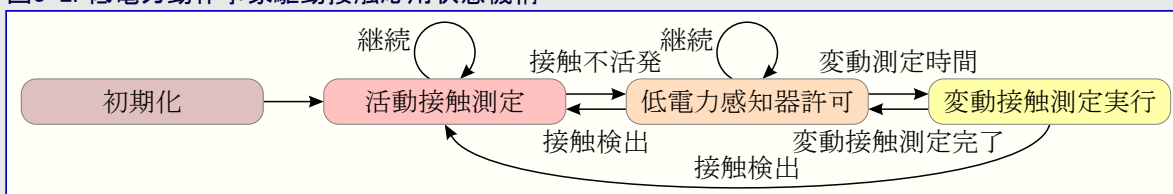
3.1. PTC低電力動作

PTCは設計された低電力感知部で自律的な接触感知を実行するための休止歩行機能を利用する低電力動作を支援します。低電力接触応用はスタンバイ動作のCPUで動きます。この機構は事象システムを利用し、接触活動が報告されていない時に休止動作になることをCPUに許し、それによって消費電力を最小にします。PTCは低電力感知部で有効な接触事象が検出されると直ぐにCPUを起き上がらせるために割り込みを生成します。

低電力接触応用を実装するため、低電力感知部は起き上がり元として構成設定されます。低電力動作から起き上がるため、多数のチャネルを単一感知部として働くように共に一纏めにすることができます。低電力感知部で一旦有効な接触が検出されると、更なる処理のためにCPUを起こす割り込みが発行されます。ファームウェアは環境的な温度と湿度での変化による容量変化の経緯を保つために動作中に低電力動作と測定活動動作を切り替えます。それにより、Microchip接触ライブラリは変動算法を使うことによって信号値での変化に対する補償のために感知部参照基準値を調整します。一般的に、平均消費電力を減らすため、変動測定周期は低電力測定周期よりも長く設定されます。

より多くの詳細については[低電力感知器設計使用者の手引き](#)を参照してください。

図3-2. 低電力動作事象駆動接触応用状態機構



4. 容量性接触表面と2D手ぶり

容量性接触表面または接触パッドは行列を形成するために行と列で電極を配置することによって形成される2次元感知部です。接触パッドはXとYの両座標で指位置の経緯を保ち、単一指と複数指での接触操作を支援します。

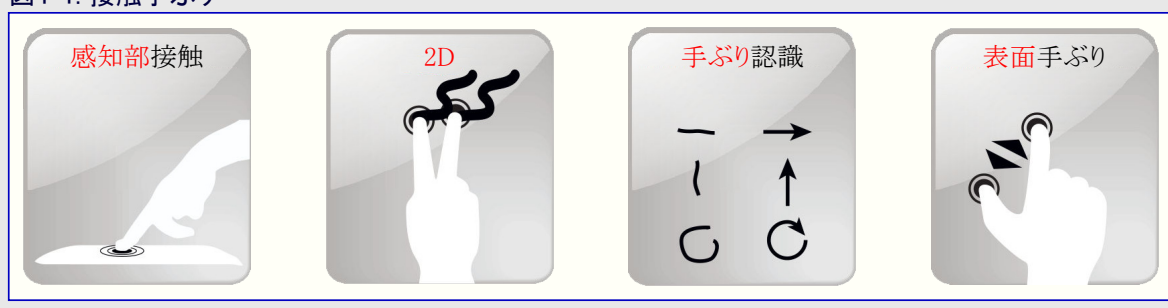
接触性能最適化について、感知部設計は応用と必要条件に対して具体的に作成されることが必要です。表面感知部設計指針のより多くの詳細については[AN2934-容量性接触感知部設計の手引き](#)を参照してください。

4.1. 2D接触パッドと表面手ぶり

Microchip接触ライブラリは接触表面に対する基板上手ぶり検出を提供します。2本指手ぶり認識と2本指X/Y位置報告も提供します。手ぶりはチップで検出されてホストへ報告されます。Microchip接触ライブラリによって支援される様々な手ぶりは次のとおりです。

- ・ タップと保持
- ・ 複数タップ – 1本指と2本指
- ・ スワイプ – 1本指と2本指
- ・ スワイプと保持
- ・ 輪と回転
- ・ 縮小と拡大

図4-1. 接触手ぶり



5. 応用概要

AVR DA PTC周辺機能の高度な接触能力と低電力動作形態を実演するための実演応用として蛇ゲームが実装されます。これは手ぶり認識と2D容量性接触表面を使い、PTCは接触表面からの起き上がり元として事象システムと結合されます。

5.1. 蛇ゲームの基礎

蛇ゲームは度々、遊ぶ人が縁付きまたは縁なしの画面上の線として表される画面上の蛇を操作する伝統的なビデオゲームです。蛇は食べ物を食べた時に長くなって得点を取得し、その移動に対する主な障害は蛇自身です。

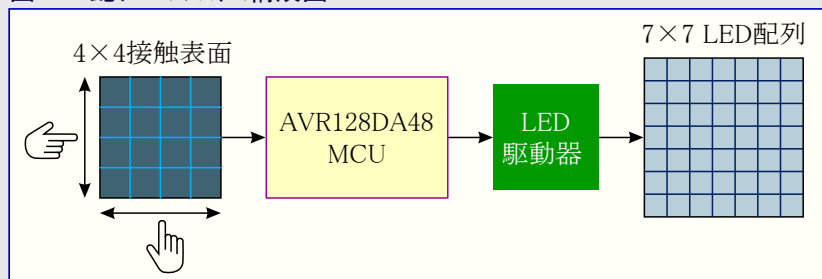
この実演でのゲームでは食べ物に向かって蛇を操るために上下左右のスワイプ指示を持ちます。食べ物は食べる蛇に対して画面上で無作為な座標で提供されます。蛇が食べ物を食べる毎に長さが1要素分増されます。蛇が自身と衝突する時にゲーム終了です。

5.2. 実装

この実演では蛇と食べ物の点を示すための表示器として7×7 LED配列が使われます。I2C直列通信経由でLEDを駆動するのに適したLED駆動器/多重器が使われます。誘導指示を入力するため、この実演はタップ、スワイプ、輪、他の2D手ぶりを支援する4×4容量性接触表面を使います。蛇の方向を変えるには接触表面で使われる次の手ぶり、上下左右スワイプが必要です。応用コードはAVR DA マイクロ コントローラ上で動きます。組み込みPTC周辺機能とMicrochip接触ライブラリは2D手ぶり認識に対して接触表面の容易な統合を許します。

この実演に対してAVR128DA48マイクロ コントローラが使われますが、他のAVR DA系のマイクロ コントローラを通して実現することもできます。

図5-1. 蛇ゲーム システム構成図



重要: Atmel STARTを使って接触プロジェクトを作成する段階的の手引きについては[QTou ch®プロジェクト作成](#)に対する序説でMicrochip開発者の手助けを参照してください。

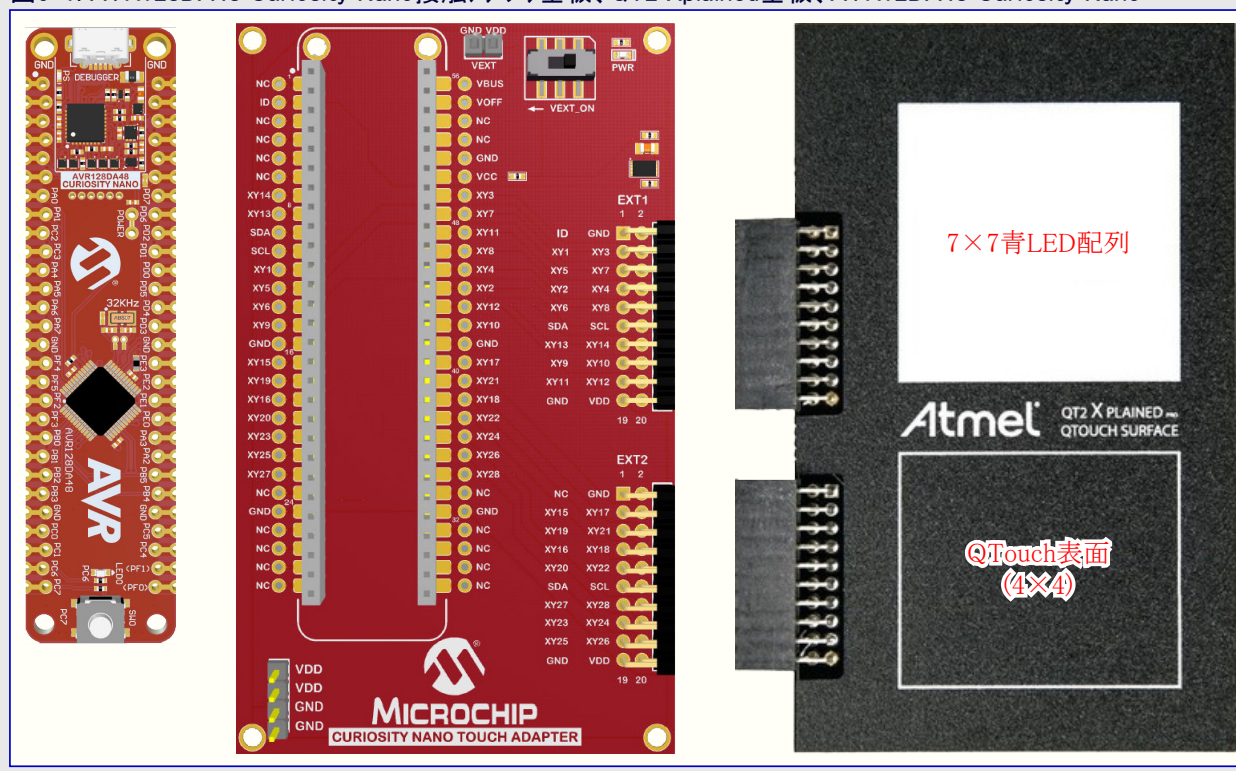
6. ハードウェア概要

蛇ゲーム実演にMicrochipの開発キットが使われます。これは迅速な開発と実演の準備を助けます。設計の高速試作に同様の基板を使うことが勧められます。

6.1. 開発基板

- **AVR128DA48 Curiosity Nano** : Curiosity Nano基板は迅速な試作と設計の容易な評価を許すPICとAVRのマイクロ コントローラの種類が特徴です。開発過程全体を通して支援するために完全な書き込みとデバッグの能力も提供します。
- **QT2 Xplained Pro Extension Kit** : PTC単位部を使って相互容量接触表面の評価を許す拡張基板。このキットは4×4接触表面を持つ1つの基板を含み、表示器として使うための7×7青LED配列が伴われます。
- **Curiosity Nano接触アダプタ** : 各Curiosity Nano基板はCuriosity Nano接触アダプタ基板に適合します。この基台は全てのCuriosity Nano基板に適したソケットと様々なMicrochip接触Xplained基板との楽な設計の拡張を許す2つのXplainedヘッダソケットを含みます。この基板はAVR128DA48 Curiosity NanoとAT2 Xplained基板を接続するのに使われます。

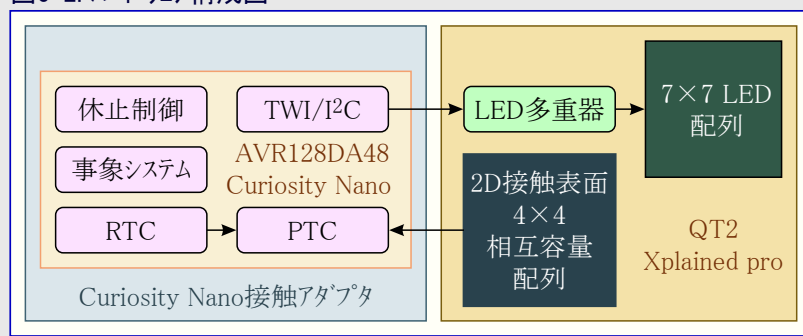
図6-1. AVR128DA48 Curiosity Nano接触アダプタ基板、QT2 Xplained基板、AVR128DA48 Curiosity Nano



6.2. ハードウェア構成

実演に使われる開発基板は嵌め込み接合で、実演を実現するのに外部接続は必要とされません。右図は3つ全ての基板が結合された後のハードウェア構成接続を示します。

図6-2. ハードウェア構成図



6.3. ピン構成

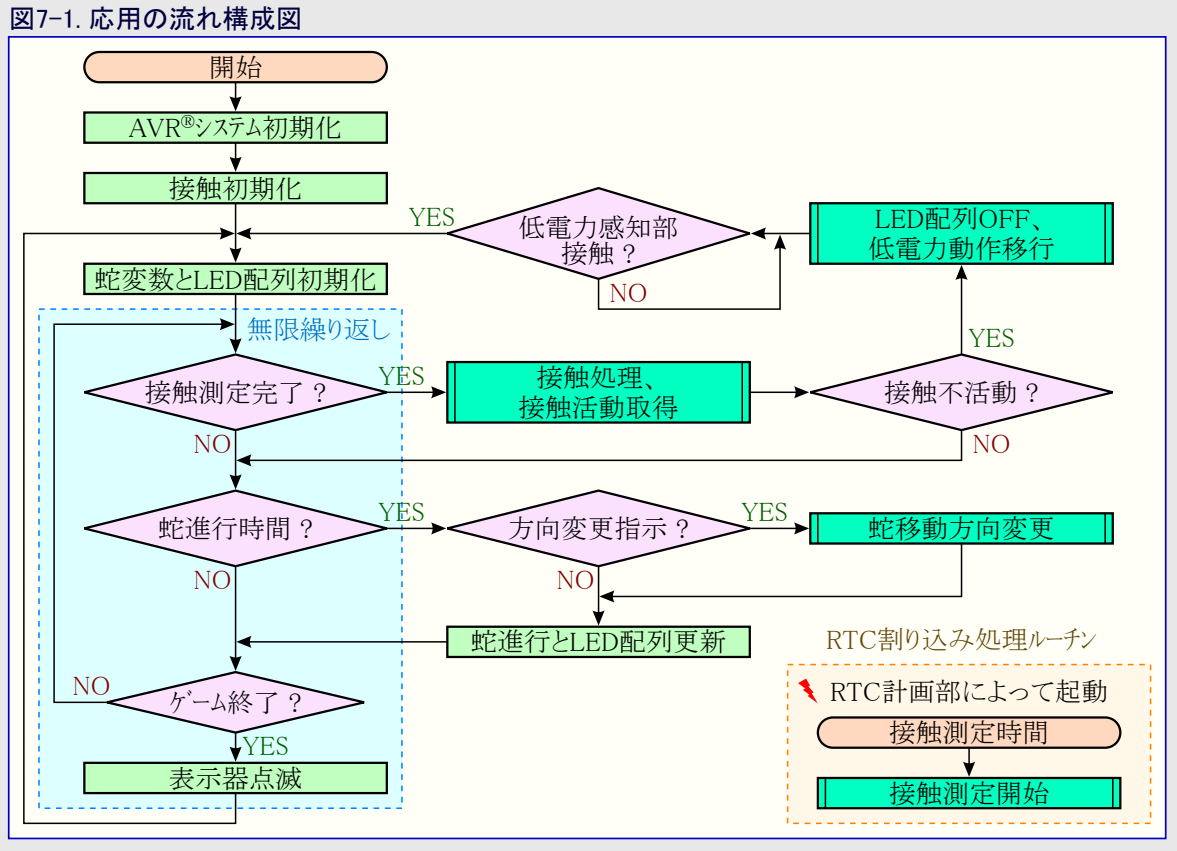
QT2 Xplained Pro拡張基板を連結するのに構成される接続が表で示されます。接触とLED配列の他にCuriosity Nano仮想COMポートでの任意選択USARTインターフェースが2D接触表面ユーティリティを使って接触データをデバッグするように構成設定されます。

表6-1. 蛇ゲーム実演用ピン詳細

通番	ピン名	ポート	周辺機能	ピン機能
1	SDA	PC2	TWI_0	LED多重器I ² C
2	SCL	PC3	TWI_0	LED多重器I ² C
3	X1	PD2	PTC	QT2接触X線
4	X2	PD3	PTC	QT2接触X線
5	X3	PA6	PTC	QT2接触X線
6	X4	PD4	PTC	QT2接触X線
7	Y1	PD6	PTC	QT2接触Y線
8	Y2	PA5	PTC	QT2接触Y線
9	Y3	PD7	PTC	QT2接触Y線
10	Y4	PA4	PTC	QT2接触Y線
11	Tx	PC1	USART_2	デバッグUART
12	Rx	PC0	USART_2	デバッグUART

7. ファームウェア

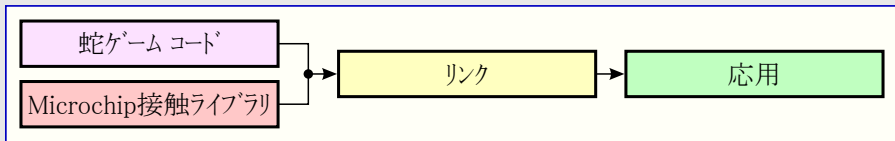
実演用の応用コードはAtmel STARTで生成されます。TWI、UART、PTC周辺機能Microchip接触ライブラリの構成設定はAtmel STARTを通して行われます。蛇ゲーム算法とLED配列駆動部応用コードはファームウェアに統合されます。蛇ゲーム実演応用コードの流れは図7-1.で描かれます。



7.1. Microchip接触ライブラリ

Microchip接触ライブラリはAVR、PIC、SAM、PIC32マイクロ コントローラの選択物で自己容量と相互容量の接触感知部を支援します。PTC構成設定、感知部データ採取、接触状態更新に対して必要とされる応用プログラミング インターフェース(API)を提供します。(Atmel STARTに組み込まれる)QTouch構成部はMicrochip接触ライブラリを使用者応用に組み入れるための継ぎ目の無いインターフェースを提供します。

図7-2. 接触ライブラリの使い方



注: より多くの詳細についてはQTouch®部品化ライブラリ周辺機能接触制御器使用者の手引きを参照してください。

7.2. 接触表面感知部構成設定

QT2 Xplained Pro 2D表面はAtmel STARTで1本指手ぶり検出に構成設定されます。感知部用の様々な構成設定要素が右表で示されます。

表7-1. 接触表面感知部構成設定要素

要素	値
Sensor type (感知部形式)	相互容量
Touch measurement period (接触測定周期)	20ms
Analog gain (アナログ利得)	1
Digital gain (デジタル利得)	2
Charge share delay (電荷分割遅延)	2
Filter level (濾波水準)	16
Sensor threshold level (感知部閾値)	25
Surface resolution (Bits) (表面分解能)	7ビット

7.3. 低電力接触構成設定

感知部の初期化後、デバイスは既定で測定活動動作で開始します。検出された接触活動が20秒間ない場合、デバイスは自動的に低電力動作に切り替わります。低電力切り替え前に事象システムが許可され、指定した感知部が低電力感知部として構成設定されます。この応用実演は単一節点(Node 8)として共に一纏めにした全てのチャネルを低電力感知部として使います。これは表面全体での接触で起き上がることをマイクロコントローラに許します。

PTCを使う低電力接触応用実装のより多くの情報については**低電力接触設計**の手引きを参照してください。**表7-2**は低電力接触検出用に構成設定される要素を示します。

表7-2. 低電力接触感知部構成設定要素

要素	値
Low-power/Auto-scan key (低電力/自動走査キー)	Lump node 8 (一括節点8)
Lump node X-lines (一括節点X線)	X21, X16, X6, X17
Lump node Y-lines (一括節点Y線)	Y22, Y5, Y23, Y4
Lump node charge share delay (一括節点電荷分割遅延)	0
Low-power measurement period (低電力測定周期)	64ms
Touch inactivity time-out (接触不活動監視時間)	20秒
Drift measurement period (変動測定周期)	5秒

7.4. 手ぶり実装

利用可能な全ての手ぶりの内、この応用実演ではタップとスワイプの手ぶりが使われます。手ぶり構成設定は右のとおりです。

Microchip接触ライブラリの手ぶり検出算法は接触表面で有効なタップとスワイプ手ぶり事象(即ち、上下左右)を検出します。有効なタップまたはスワイプの手ぶり事象に対して適切な手ぶり検出フラグビットが設定されます。応用コードは手ぶり情報を読んで受け取った指示に従って蛇の方向を設定します。

表7-3. 手ぶり構成設定要素

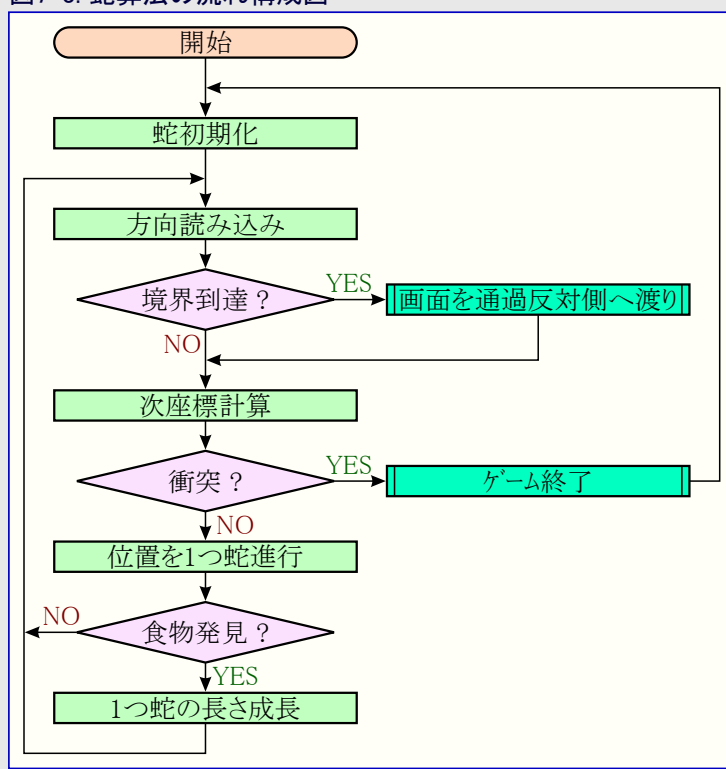
要素	値
Tap time-out (タップ制限時間)	200ms
Swipe time-out (スワイプ制限時間)	700ms
Tap area (タップ領域)	20
Horizontal and vertical swipe distance (水平垂直スワイプ距離)	30
Gesture measurement period (手ぶり測定周期)	10ms

7.5. LED配列駆動部と蛇ゲーム算法

QT2 Xplained Pro基板上の全てのLEDはI²Cによって制御されるLED配列駆動器(IS31FL3728)によって駆動されます。LED配列駆動器とやり取りする方法の詳細な命令については<http://www.issi.com/>で駆動器デバイスのデータシートを参照してください。LED駆動器関連コードルーチンは**LEDdriver.c**ファイルで利用可能です。

部品化コードは接触表面の能力を実演するための蛇ゲーム算法用に使われています。蛇算法関連コードルーチンは**Snake.c**ファイルで利用可能です。**図7-3**は蛇ゲーム算法に対する応用の流れを描きます。

図7-3. 蛇算法の流れ構成図



7.6. ソフトウェア ツール

Microchipの統合開発環境(IDE: Integrated Development Environments)、コンパイラ、図画的コード生成部が継ぎ目なしのユーザー体験を提供するためにこの応用ファームウェア開発を通して使われます。下はこの実演応用で使われたツールです。

- Atmel Studio 7.0.2397
- Atmel START
- AVR-Dx_DFP 1.0.21版
- AVR GCCコンパイラ

注: 実演を動かすため、インストールされたツールの版は上で提示したものと同じか、またはそれ以降版でなければなりません。この例はツールのそれ以前のどの版でも検査されていません。

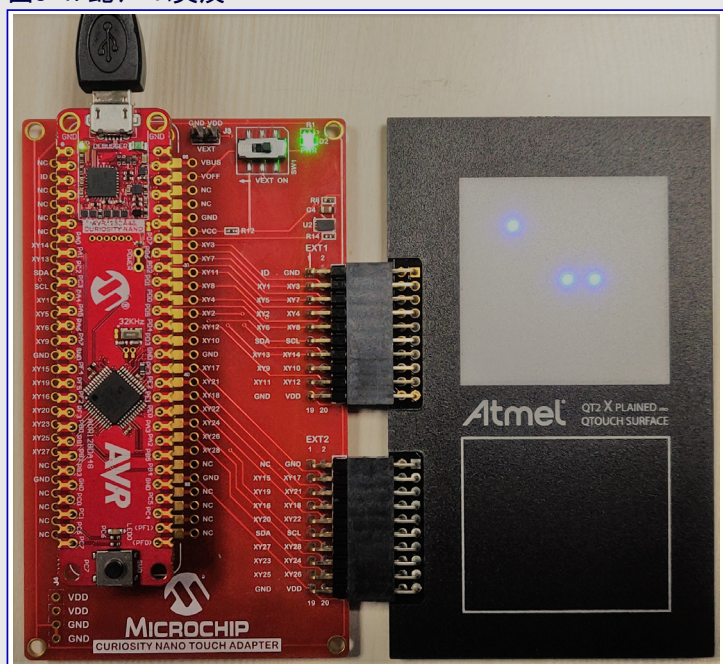
8. 実演準備

蛇を食べ物に向けて操るのに以下のスワイプ手ぶりを使うことができます。

- 上
- 下
- 左
- 右

蛇が食べ物を食べると、蛇の長さが増します。実演は20秒間を超えて動きが認識されない場合にスタンバイ休止動作に行きます。起こすにはQT2基板の接触表面で何処かをタップすることが必要とされます。

図8-1. 蛇ゲーム実演



9. 接触表面性能測定

本章は接触応答時間、CPU使用率、プログラムとデータのメモリ要件、接触表面解決策の消費電力のような接触表面性能要素に対して測定したデータを提供します。測定したデータは接触表面構成でだけで、蛇ゲーム機能実装を除きます。

接触要素の測定に使われたハードウェアは次のとおりです。

- AVR128DA48 Curiosity Nano開発基板
- Curiosity Nano接触アダプタ基板
- QT2 Xplained Pro拡張キット
- 電力デバッグ(Power Debugger)

9.1. マイクロコントローラ構成設定詳細

右表はAVR128DA48マイクロコントローラと蛇ゲーム応用のために構成される周辺機能の動作条件を詳述します。

表9-1. マイクロコントローラ構成設定

要素	値
マイクロコントローラ	AVR128DA48
システムクロック	24MHz (OSCHF)
マイクロコントローラ動作電圧	3.3V
RTCクロック	1kHz (OSC32K/32)
RTC割り込み周期	20ms
低電力動作でのRTC割り込み周期	5秒
PTCクロック	2MHz

9.2. 消費電力

AVR128DA48マイクロコントローラの消費電力値は接触表面だけが構成設定され、活動と休止の動作形態で動いている間に測定されます。表9-2は活動と休止の動作形態での消費電力データを示します。

注: 変動を伴う低電力動作での消費電流はスタンバイ周期と変動測定周期(5秒)間でマイクロコントローラによって消費された平均電流です。

表9-2. 接触表面消費電流データ

通番	状態	電流
1	活動	5.7mA
2	変動補償なし低電力	13μA
3	変動補償付き低電力	31μA

9.3. プログラムとデータのメモリ

右表は(蛇ゲーム機能を除く)手ぶり実装での接触表面機能と様々なコンパイル最適化水準に対して必要とされるプログラムとデータのメモリを示します。

表9-3. 接触表面メモリ消費

通番	最適化水準	プログラムメモリ (バイト)	データメモリ (バイト)
1	-O0	14510	830
2	-O1	12856	
3	-O2	12932	
4	-O3	13580	
5	-Os	12874	

9.4. 接触応答時間

応答時間是指接触事象に対して応答する接触表面に必要とされる時間です。これは表面感知部節点での接触データ採取を実行するのと有効な接触事象を報告するための採取したデータの後処理のためにマイクロコントローラによって取られる時間を含みます。秒毎に報告される接触事象数はより速い応答時間で増加します。

注: 接触応答時間は検出積分器(DI)設定に応じて変わります。最適な応答時間と接触感度を得るため、DI要素は感知器設計に従って調整されることが必要です。

表9-4. 接触応答時間

通番	接触測定周期	検出積分器	1測定に取られる時間	接触応答時間
1	20ms	2	1.7ms	5.1ms

9.5. CPU使用率

接触表面測定の後処理段階に必要なとされる時間は接触測定に対するCPU使用率を与えます。接触検出に対するCPU使用率は一般的に測定周期の百分率として表されます。右表は異なる測定周期値と活動と休止の動作形態での(蛇ゲーム機能を除く)接触応用のCPU使用率を示します。

表9-5. 接触表面応用CPU使用率

通番	CPU状態	活動動作での測定周期	低電力動作での測定周期	CPU負荷
1	活動	20ms	64ms	9%
2	休止			0%
3	活動	40ms		5%
4	休止			0%

10. 蛇ゲーム実演性能測定

本章は蛇ゲーム応用実演に対する特性データを提供します。

10.1. マイクロコントローラ構成設定詳細

右表はAVR128DA48マイクロコントローラと蛇ゲーム応用のために構成される周辺機能の動作条件を詳述します。

表10-1. マイクロコントローラ構成設定

要素	値
マイクロコントローラ	AVR128DA48
システムクロック	24MHz (OSCHF)
マイクロコントローラ動作電圧	3.3V
RTCクロック	1kHz (OSC32K/32)
RTC割り込み周期	20ms
低電力動作でのRTC割り込み周期	5秒
PTCクロック	2MHz

10.2. 消費電力

消費電力は動作電圧、動作周波数、CPU活動期間、休止動作、動作温度などのようないくつかの要素によって大きく影響されます。実際の応用では通常、CPUの仕事がなくてどんな活動的な計算も実行していない間、マイクロコントローラは休止動作に置かれます。これはマイクロコントローラの大部分の活動期間を最小にし、それによってマイクロコントローラ平均消費電力が減らされます。

右表は接触表面での蛇ゲーム実演に対するマイクロコントローラ消費電力を詳述します。

注: 変動を伴う低電力動作での消費電流はスタンバイ周期と変動測定周期(5秒)間でマイクロコントローラによって消費された平均電流です。マイクロコントローラは感知部節点の変動測定のために5秒毎に低電力動作から起き上がります。

表10-2. 蛇ゲーム実演消費電流

通番	状態	電流
1	活動	5.8mA
2	変動補償なし低電力	13µA
3	変動補償付き低電力	31µA

10.3. プログラムとデータのメモリ

様々なコンパイラ最適化水準で応用に対して必要とされるプログラムとデータのメモリの要件は右表で示されます。

表10-3. 蛇ゲーム実演メモリ消費

通番	最適化水準	プログラムメモリ (バイト)	データメモリ (バイト)
1	-O0	22328	1216
2	-O1	16608	
3	-O2	16936	
4	-O3	18322	
5	-Os	16446	

11. 参考文献

- 1. AVR DA製品系統頁
- 2. AVR128DA48製品頁
- 3. STARTを使う接触での開始に際して
- 4. Microchip接触ライブラリ
- 5. AVR128DA48 Curiosity Nano評価キット
- 6. QT2 Xplained Pro拡張キット
- 7. Curiosity Nano接触アダプタ

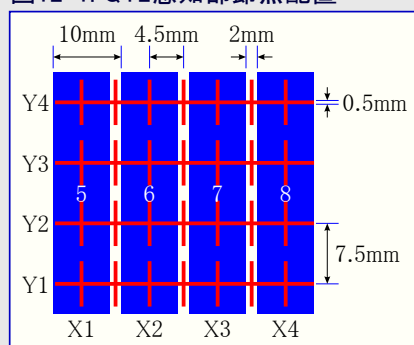
12. 追補：QT2表面感知部設計仕様

QT2 Xplained Proは4×4相互容量接触表面が特徴です。接触パッド用感知部節点は流し込みX設計配置を使って形成されます。QT2 Xplained Pro接触パッドは接触表面として使うことができ、4×4釦配列として構成設定することもできます。

表12-1. 表面設計要素

要素	値
行間隔	7.5mm
列間隔	10mm
Y電極幅	0.5mm
YY隔離	4.5mm
X電極空間	8mm
X電極幅	2mm
前面板厚さ	0.5mm
前面板材質	レキサン(ポリカーボネート)

図12-1. QT2感知部節点配置



12.1. 接触パッド分解能

分解能は各感知部領域に対して報告されるべき位置数です。この値は2～12ビット(即ち、4～4096位置)の範囲にすることができます。

X軸総分解能 = X線数 × 1感知部に対する位置数

Y軸総分解能 = Y線数 × 1感知部に対する位置数

接触パッド分解能(dpi) = 1インチの領域で利用可能な感知部数 × 1感知部に対する位置数

1インチ領域で利用可能な感知部数 = mmでの1インチ領域 / mmでの1感知部領域

QT2 Xplained Pro拡張基板はこの応用で接触表面として使われます。そこでの1感知部領域は8mm×8mmで、ファームウェアは7ビット分解能を使います。上の計算を使い、QT2接触表面設計に対する接触パッド分解能は102dpiまで増加します。

表12-2.は各種分解能入力に対して、8mm×8mmの1感知部領域を持つ4X×4Yの感知部構成設定で利用可能な位置と分解能を示します。

表12-2. 接触表面DPI計算

通番	分解能 (ビット)	X軸位置	Y軸位置	接触パッド分解能 (dpi)
1	6	64	64	51
2	7	128	128	102
3	8	256	256	203

13. 改訂履歴

資料改訂	日付	注釈
A	2020年3月	初版文書公開
B	2020年5月	最新商標によりAVR® MCU DA(AVR-DA)をAVR® DA MCU、AVR-DAをAVR DAに更新

Microchipウェブ サイト

Microchipは<http://www.microchip.com/>で当社のウェブ サイト経由でのオンライン支援を提供します。このウェブ サイトはお客様がファイルや情報を容易に利用可能にするのに使われます。利用可能な情報のいくつかは以下を含みます。

- ・ **製品支援** – データシートと障害情報、応用記述と試供プログラム、設計資源、使用者の手引きとハードウェア支援資料、最新ソフトウェア配布と保管されたソフトウェア
- ・ **全般的な技術支援** – 良くある質問(FAQ)、技術支援要求、オンライン検討グループ、Microchip設計協力課程会員一覧
- ・ **Microshipの事業** – 製品選択器と注文の手引き、最新Microchip報道発表、セミナーとイベントの一覧、Microchip営業所の一覧、代理店と代表する工場

製品変更通知サービス

Microchipの製品変更通知サービスはMicrochip製品を最新に保つのに役立ちます。加入者は指定した製品系統や興味のある開発ツールに関連する変更、更新、改訂、障害情報がある場合に必ず電子メール通知を受け取ります。

登録するには<http://www.microchip.com/pcn>へ行って登録指示に従ってください。

お客様支援

Microchip製品の使用者は以下のいくつかのチャネルを通して支援を受け取ることができます。

- ・ 代理店または販売会社
- ・ 最寄りの営業所
- ・ 組み込み解決技術者(ESE:Embedded Solutions Engineer)
- ・ 技術支援

お客様は支援に関してこれらの代理店、販売会社、またはESEに連絡を取るべきです。最寄りの営業所もお客様の手助けに利用できます。営業所と位置の一覧はこの資料の後ろに含まれます。

技術支援は<http://www.microchip.com/support>でのウェブ サイトを通して利用できます。

Microchipデバイス コード保護機能

Microchipデバイスでの以下のコード保護機能の詳細に注意してください。

- ・ Microchip製品はそれら特定のMicrochipデータシートに含まれる仕様に合致します。
- ・ Microchipは意図した方法と通常条件下で使われる時に、その製品系統が今日の市場でその種類の最も安全な系統の1つであると考えます。
- ・ コード保護機能を破るのに使われる不正でおそらく違法な方法があります。当社の知る限りこれらの方法の全てはMicrochipのデータシートに含まれた動作仕様外の方法でMicrochip製品を使うことが必要です。おそらく、それを行う人は知的財産の窃盗に関与しています。
- ・ Microchipはそれらのコードの完全性について心配されているお客様と共に働きたいと思います。
- ・ Microchipや他のどの半導体製造業者もそれらのコードの安全を保証することはできません。コード保護は当社が製品を”破ることができない”として保証すると言うことを意味しません。

コード保護は常に進化しています。Microchipは当社製品のコード保護機能を継続的に改善することを約束します。Microchipのコード保護機能を破る試みはデジタル ミレニアム著作権法に違反するかもしれません。そのような行為があなたのソフトウェアや他の著作物に不正なアクセスを許す場合、その法律下の救済のために訴権を持つかもしれません。

法的通知

デバイス応用などに関してこの刊行物に含まれる情報は皆さまの便宜のためにだけ提供され、更新によって取り換えられるかもしれません。皆さまの応用が皆さまの仕様に合致するのを保証するのは皆さまの責任です。**Microchipはその条件、品質、性能、商品性、目的適合性を含め、明示的にも黙示的にもその情報に関連して書面または表記された書面または黙示の如何なる表明や保証もしません。**Microchipはこの情報とそれの使用から生じる全責任を否認します。生命維持や安全応用でのMicrochipデバイスの使用は完全に購入者の危険性で、購入者はそのような使用に起因する全ての損害、請求、訴訟、費用からMicrochipを擁護し、補償し、免責にすることに同意します。他に言及されない限り、Microchipのどの知的財産権下でも暗黙的または違う方法で許認可は譲渡されません。

商標

Microchipの名前とロゴ、Microchipロゴ、Adaptec、AnyRate、AVR、AVRロゴ、AVR Freaks、BesTime、BitCloud、chipKIT、chipKITロゴ、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、HELDO、IGLOO、JukeBlox、KeeLoq、Kleer、LANCheck、LinkMD、maXStylus、maXTouch、MediaLB、megaAVR、Microsemi、Microsemiロゴ、MOST、MOSTロゴ、MPLAB、OptoLyzer、PacTime、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32ロゴ、PolarFire、Prochip Designer、QTouch、SAM-BA、SenGenuity、SpyNIC、SST、SSTロゴ、SuperFlash、Symmetricom、SyncServer、Tachyon、TempTracker、TimeSource、tinyAVR、UNI/O、Vectron、XMEGAは米国と他の国に於けるMicrochip Technology Incorporatedの登録商標です。

APT、ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、FlashTec、Hyper Speed Control、HyperLight Load、IntelliMOS、Libero、motorBench、mTouch、Powermite 3、Precision Edge、ProASIC、ProASIC Plus、ProASIC Plusロゴ、Quiet-Wire、SmartFusion、SyncWorld、Temux、TimeCesium、TimeHub、TimePictra、TimeProvider、Vite、WinPath、ZLは米国に於けるMicrochip Technology Incorporatedの登録商標です。

Adjacent Key Suppression、AKS、Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、BlueSky、BodyCom、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、EtherGREEN、In-Circuit Serial Programming、ICSP、INICnet、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、KleerNet、KleerNetロゴ、memBrain、Mindi、MiWi、MPASM、MPF、MPLAB Certifiedロゴ、MPLAB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、PowerSmart、PureSilicon、QMatrix、REALICE、Ripple Blocker、SAM-ICE、Serial Quad I/O、SMART-I.S.、SQI、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Total Endurance、TSHARC、USBCheck、VariSense、View Sense、WiperLock、Wireless DNA、ZENAは米国と他の国に於けるMicrochip Technology Incorporatedの商標です。

SQTPは米国に於けるMicrochip Technology Incorporatedの役務標章です。

Adaptecロゴ、Frequency on Demand、Silicon Storage Technology、Symmcomは他の国に於けるMicrochip Technology Inc.の登録商標です。

GestICは他の国に於けるMicrochip Technology Inc.の子会社であるMicrochip Technology Germany II GmbH & Co. KGの登録商標です。

ここで言及した以外の全ての商標はそれら各々の会社の所有物です。

© 2020年、Microchip Technology Incorporated、米国印刷、不許複製

品質管理システム

Microchipの品質管理システムに関する情報については<http://www.microchip.com/quality>を訪ねてください。

日本語© HERO 2020.

本応用記述はMicrochipのAN3433応用記述(DS00003433B-2020年5月)の翻訳日本語版です。日本語では不自然となる重複する形容表現は省略されている場合があります。日本語では難解となる表現は大幅に意識されている部分もあります。必要に応じて一部加筆されています。頁割の変更により、原本より頁数が少なくなっています。

必要と思われる部分には()内に英語表記や略称などを残す形で表記しています。

青字の部分はリンクとなっています。一般的に赤字の0,1は論理0,1を表します。その他の赤字は重要な部分を表します。

世界的な販売とサービス

米国	亜細亜/太平洋	亜細亜/太平洋	欧州
本社 2355 West Chandler Blvd. Chandler, AZ 85224-6199 Tel: 480-792-7200 Fax: 480-792-7277 技術支援: http://www.microchip.com/support ウェブアドレス: http://www.microchip.com アトランタ Duluth, GA Tel: 678-957-9614 Fax: 678-957-1455 オースチン TX Tel: 512-257-3370 ボストン Westborough, MA Tel: 774-760-0087 Fax: 774-760-0088 シカゴ Itasca, IL Tel: 630-285-0071 Fax: 630-285-0075 ダラス Addison, TX Tel: 972-818-7423 Fax: 972-818-2924 デトロイト Novi, MI Tel: 248-848-4000 ヒューストン TX Tel: 281-894-5983 インディアナポリス Noblesville, IN Tel: 317-773-8323 Fax: 317-773-5453 Tel: 317-536-2380 ロサンゼルス Mission Viejo, CA Tel: 949-462-9523 Fax: 949-462-9608 Tel: 951-273-7800 ローリー NC Tel: 919-844-7510 ニューヨーク NY Tel: 631-435-6000 サンホセ CA Tel: 408-735-9110 Tel: 408-436-4270 カナダ - トロント Tel: 905-695-1980 Fax: 905-695-2078	オーストラリア - シドニー Tel: 61-2-9868-6733 中国 - 北京 Tel: 86-10-8569-7000 中国 - 成都 Tel: 86-28-8665-5511 中国 - 重慶 Tel: 86-23-8980-9588 中国 - 東莞 Tel: 86-769-8702-9880 中国 - 広州 Tel: 86-20-8755-8029 中国 - 杭州 Tel: 86-571-8792-8115 中国 - 香港特別行政区 Tel: 852-2943-5100 中国 - 南京 Tel: 86-25-8473-2460 中国 - 青島 Tel: 86-532-8502-7355 中国 - 上海 Tel: 86-21-3326-8000 中国 - 瀋陽 Tel: 86-24-2334-2829 中国 - 深圳 Tel: 86-755-8864-2200 中国 - 蘇州 Tel: 86-186-6233-1526 中国 - 武漢 Tel: 86-27-5980-5300 中国 - 西安 Tel: 86-29-8833-7252 中国 - 廈門 Tel: 86-592-2388138 中国 - 珠海 Tel: 86-756-3210040	インド - ハンガロール Tel: 91-80-3090-4444 インド - ニューデリー Tel: 91-11-4160-8631 インド - プネー Tel: 91-20-4121-0141 日本 - 大阪 Tel: 81-6-6152-7160 日本 - 東京 Tel: 81-3-6880-3770 韓国 - 大邱 Tel: 82-53-744-4301 韓国 - ソウル Tel: 82-2-554-7200 マレーシア - クアラルンプール Tel: 60-3-7651-7906 マレーシア - ペナン Tel: 60-4-227-8870 フィリピン - マニラ Tel: 63-2-634-9065 シンガポール Tel: 65-6334-8870 台湾 - 新竹 Tel: 886-3-577-8366 台湾 - 高雄 Tel: 886-7-213-7830 台湾 - 台北 Tel: 886-2-2508-8600 タイ - バンコク Tel: 66-2-694-1351 ベトナム - ホーチミン Tel: 84-28-5448-2100	オーストラリア - ウェルズ Tel: 43-7242-2244-39 Fax: 43-7242-2244-393 デンマーク - コペンハーゲン Tel: 45-4485-5910 Fax: 45-4485-2829 フィンランド - エスボ Tel: 358-9-4520-820 フランス - パリ Tel: 33-1-69-53-63-20 Fax: 33-1-69-30-90-79 ドイツ - ガルピング Tel: 49-8931-9700 ドイツ - ハーネ Tel: 49-2129-3766400 ドイツ - ハイムブロン Tel: 49-7131-72400 ドイツ - カールスルーエ Tel: 49-721-625370 ドイツ - ミュンヘン Tel: 49-89-627-144-0 Fax: 49-89-627-144-44 ドイツ - ローゼンハイム Tel: 49-8031-354-560 イスラエル - ラーナナ Tel: 972-9-744-7705 イタリア - ミラノ Tel: 39-0331-742611 Fax: 39-0331-466781 イタリア - ハットバ Tel: 39-049-7625286 オランダ - デルフト Tel: 31-416-690399 Fax: 31-416-690340 ノルウェー - トロンハイム Tel: 47-72884388 ポーランド - ワルシャワ Tel: 48-22-3325737 ルーマニア - ブカレスト Tel: 40-21-407-87-50 スペイン - マドリード Tel: 34-91-708-08-90 Fax: 34-91-708-08-91 スウェーデン - イェテボリ Tel: 46-31-704-60-40 スウェーデン - ストックホルム Tel: 46-8-5090-4654 イギリス - ウォーキンガム Tel: 44-118-921-5800 Fax: 44-118-921-5820