

dsPIC33CKからdsPIC33AKへの移行による 性能向上のためのガイド



はじめに

本書ではdsPIC33CKからdsPIC33AKへのデバイス移行について解説し、特に以下について取り上げます。

- 主な特長と改良点
- システムレベルで移行するために重要な情報
- 重要な更新が行われた周辺モジュール/機能
- 軽微な変更と性能向上が行われた周辺モジュール/機能
- ソフトウェア移行

デバイスによっては一部の機能は使えない場合があります。詳細は各デバイスのデータシートを参照してください。デバイス データシートとエラッタはMicrochip社ウェブサイト(<https://www.microchip.com>)からダウンロードできます。

目次

はじめに.....	1
1. 主な特長.....	3
2. システム移行.....	4
3. 移行に関する重要な留意点.....	5
3.1. CPU.....	5
3.2. FPU.....	6
3.3. メモリ構成.....	6
3.4. プログラムメモリ.....	6
3.5. データメモリ.....	7
3.6. コンフィグレーション ビット.....	7
3.7. 割り込みコントローラ.....	7
3.8. クロック ジェネレータ/オシレータ.....	8
3.9. セキュリティ.....	8
3.10. 周辺モジュールのアクセス制御.....	9
3.11. ADC.....	9
3.12. BiSS.....	9
3.13. DMA.....	10
3.14. ポート/IOIM.....	10
3.15. PMU.....	10
4. 移行に関する軽微な留意点と性能向上.....	11
4.1. PWM.....	11
4.2. CBG.....	11
4.3. オペアンプ.....	11
4.4. コンパレータとDAC.....	11
4.5. I ² C.....	12
4.6. UART.....	12
4.7. MCCP/SCCP.....	12
5. ソフトウェア移行.....	13
Microchip社の情報.....	14
Microchip社ウェブサイト.....	14
製品変更通知サービス.....	14
お客様サポート.....	14
Microchip社のデバイスコード保護機能.....	14
法律上の注意点.....	14
商標.....	15
品質管理システム.....	16
各国の営業所とサービス.....	17

1. 主な特長

dsPIC33AKファミリは、dsPIC33CKファミリにはない新しい機能と変更を数多く採用しています。dsPIC33CKファミリ向けに書かれたコードは、本書に従って適切に変更する事でdsPIC33AKファミリデバイスへ移植できます。dsPIC33AKファミリは以下のような数多くの改良点と新機能を備えています。

- 新しい命令を備えた、より高速なCPU (200 MIPS)
- 単精度/倍精度ハードウェア浮動小数点演算ユニット(FPU)
- 命令が32ビット幅にアップグレード
- データバスが32ビット幅にアップグレード
- データ、プログラム、SFR空間がオーバーラップのないユニファイドメモリマップを形成
- 2 KB命令キャッシュ
- 設定可能なバックアップオシレータソースを含むクロックジェネレータ構造
- 追加のクロックモニター
- 割り込みコントローラ(縮退割り込みベクターテーブル(CIVT)と再配置可能割り込みベクターテーブル(RIVT)を含む)
- 改良されたセキュリティモジュール
- より高速なADC (40 MSPS)
- BiSS(双方向シリアル同期)プロトコルモジュール
- IOIM (IOインテグリティモニター(整合性監視))
- PMU (性能モニターユニット)
- 追加のCBG(電流バイアスジェネレータ)
- 機能安全の為の強化

2. システム移行

ここでは特定のモジュールまたは周辺モジュールに特化しない、ファミリー間で移行するユーザーを支援するシステムレベルの一般的な機能とトピックについて説明します。システム移行に関する主な留意点として以下が挙げられます。

- ピン配置が変更されました(追加の電源/グランドペアあり)。
- コンフィグレーション ビットが変更され、デバイス動作専用とセキュリティ専用の2つのセクションに分かれました。
 - コンフィグレーション ビットが絶対アドレスに配置されるようになりました。
 - 各[Configuration]セクションにバックアップの[Configuration]セクションが追加されました。
 - 多くのコンフィグレーション ビットがSFR空間に移動されました。
- SFRアドレスが変更され、多くの16ビットdsPIC33CKレジスタが1つの32ビットdsPIC33AKレジスタに統合されました。
- PPS(ペリフェラル ピンセレクト)の割り当てが再配置されました。
- 割り込みベクタが再配置されました。

3. 移行に関する重要な留意点

本書の各セクションではdsPIC33AKデバイスファミリの周辺モジュールと主な機能について説明します。追加または変更されたモジュールの詳細は各デバイスの『dsPIC33AK Family Data Sheet』(www.microchip.com)を参照してください。主な内容は以下の通りです。

- CPU
- FPU
- メモリ構成
- プログラムメモリ
- データメモリ
- コンフィグレーション ビット
- 割り込みコントローラ
- クロック ジェネレータ/オシレータ モジュール
 - クロックモニター
- セキュリティ
- ADC
- BISS
- DMA
- ポート/GPIO
 - IOインテグリティ モニター
- PMU

3.1. CPU

dsPIC33AKファミリデバイスのCPUアーキテクチャは5段のインターロック命令パイプライン、投機的実行、プリフェッチ分岐予測により条件分岐レイテンシを短縮します。さらに、アクセス時間短縮のために2 kBの命令キャッシュが実装されています。アーキテクチャが変更された事で、オシレータ周波数は命令サイクル周波数と等しくなりました(MHz = MIPS)。dsPIC33AKデバイスは16x32ビットのWレジスタと2x72ビットのアキュムレータを備えています。また、IPLごとに1つずつ7組の代替コンテキストをW0~W7用に持ち、さらに2x72ビット アキュムレータのRCOUNTとCORCON用にも7組の代替コンテキストを備えています。

コアはオプションの最適化のために16/32ビット混在の命令セットを使い、下位互換性を維持しながら大幅に改善されています。注目すべき変更点として、REPEAT{W}命令がサポートするカウント数の増加と、DOループ構造がDTB命令によって置き換えられ、ループを無制限にネストできるようになった事が挙げられます。MINとMAXはdsPIC33CKにも実装されていた命令ですが、Wレジスタのサイズ更新に伴いデータ制限も更新されました。

DSPサポートも改良されました。32ビット アーキテクチャのため、乗算器は33x33ビットです。また、アキュムレータはメモリに割り当てられておらず、直接アクセスされます。MAC命令も改良されました。MAC命令は任意のWレジスタを利用可能になり、プリフェッチが不要になったため、構文が大幅に簡素化されました。

さらに、dsPIC33AKデバイスには単精度と倍精度の浮動小数点演算用にFPU(浮動小数点ユニット)と呼ばれる専用のハードウェア モジュールが搭載されました。また、このFPUは独自のパイプラインで動作するため、より高速かつ効率的な処理が可能になります。

表3-1. dsPIC33CKとdsPIC33AKのCPUの比較

機能	dsPIC33CK	dsPIC33AK
速度	100 MHz	200 MHz

..... 続き		
機能	dsPIC33CK	dsPIC33AK
パイプライン	1段	5段
代替レジスタ コンテキスト	4	7
ページング レジスタ	あり: TBLPAG、DSRPAG、DSWPAG、YPAG	なし、直接アドレス指定
ワーキング レジスタ	16 x 16ビット	16 x 32ビット
アキュムレータ	2 x 40ビット	2 x 72ビット
注目すべき新しい命令	-	DTB、MIN、MAX、MOVIF、DISICTL(W)

3.2. FPU

FPU(浮動小数点ユニット)はロード/ストア アーキテクチャに従うハードウェア モジュールで、単精度と倍精度をサポートするIEEE 754-2019完全準拠のFPUを提供するように設計されています。FPUが追加された事で、CPUは命令をフェッチし、デコードすると、FPUに向けて浮動小数点演算命令を発行するようになりました。すると、FPUが独自のロード/ストア命令パイプラインを使って命令を実行します。これにより、パイプラインをストールさせるデータハザードが発生しない限り、CPUとFPUはそれぞれの命令を同時に実行できます。CPUとFPUは分離されているため、FPUのオペランドと結果はFPU側にローカルに存在します。CPUは専用の移動命令を使ってFPUとの間でデータを移動し、FPUのステータスに応じて条件分岐する事ができます。

FPUは単精度演算用に32x32ビットFレジスタ(FPUワーキング レジスタ)を備えています。倍精度演算を使う場合、FPUは既存のFレジスタを使って16x64ビットのFレジスタを可能にします。また、FCRとFSR用の代替コンテキストに加えて、F0~F7用の7組の代替コンテキストを持ちます。

3.3. メモリ構成

BMX(バスマトリクス) モジュールには2つの新機能があります。RAMからコードを実行する機能と、異なる速度を持つ複数の周辺モジュールをサポートする機能です。

以前のdsPIC33CKデバイスでは全てのSFR(特殊機能レジスタ)が同じクロック速度でバス接続されました。一方、dsPIC33AKデバイスは動作速度の異なる3つの周辺モジュールバスを備えており、周辺に合わせてバス速度を最適化しています。バス速度としては高速(1:1システムクロック)、標準(1:2システムクロック)、低速(1:4システムクロック)があります。

3.4. プログラムメモリ

dsPIC33AKデバイスのフラッシュメモリ アーキテクチャは大きく変更されました。その大部分は32ビット アーキテクチャへの変更によるものです。命令ワードは24ビットから32ビットに変更されました。また、dsPIC33AKデバイスは一度に4つの命令ワードを書き込むため、1つの128ビット クワッドワードと考える事ができます。フラッシュにはECCも含まれるため、合計ビット幅は140ビットです。すなわち、9ビットのECC、3ビットの予約ビット、128ビットのクワッドワードです。dsPIC33AKフラッシュメモリはユニファイド メモリマップに統合され、以前は必要だったテーブルページ指定への読み出しや書き込みが不要で直接アドレス指定する事が可能になりました。これらの機能はECCレジスタ、強制フォルト インジェクションと並んで機能安全をサポートします。フラッシュメモリにはフラッシュの内容を検証するCRC機能も搭載されています。

表3-2. dsPIC33CKとdsPIC33AKのプログラムメモリの比較

機能	dsPIC33CK	dsPIC33AK
命令ワード	24ビット	32ビット
フラッシュ行	128 IW (3,072ビット)	128 IW (4,096ビット)

..... 続き		
機能	dsPIC33CK	dsPIC33AK
フラッシュページ	1,024 IW (24,576ビット)	1,024 IW (32,768ビット)
ユニファイドメモリマップ	なし、テーブルのページ、読み出し、書き込みが必要	あり、直接アドレス指定
ECC(誤り訂正コード)	あり	あり
ECCフォルトインジェクション	あり	あり
CRC(巡回冗長検査)	-	あり
命令キャッシュ	-	あり

3.5. データメモリ

dsPIC33AKのデータメモリはユニファイドメモリマップに統合されているため、dsPIC33CKで必要だったEDS(拡張データ空間)を使わずにアドレスのみで直接アクセスできます。dsPIC33CKデバイス同様、2つのSRAMブロック、XとYを備えています。ただし、Y RAMの読み出しと書き込みはdsPIC33AKの新機能です。dsPIC33AKデバイスに加わったもう1つの新機能はコードをRAM上から実行してクリティカルなコードの命令サイクルのレイテンシを短縮する機能です。従来はフラッシュのみで利用可能だった機能がRAMにも適用されました。これには、DEDイベント発生時のバスエラー、SECイベント発生時の割り込みを含むRAM上でのECCが含まれます。RAM ECCは機能安全のためのフォルトインジェクションもサポートしています。ECC付きRAMには32ビットのデータと7ビットのECCが含まれますが、16ビットと8ビットのデータサイズでの書き込みも引き続きサポートされます。

3.6. コンフィグレーションビット

dsPIC33AKデバイスのコンフィグレーションビットもユニファイドメモリマップに含まれています。dsPIC33CKデバイスのコンフィグレーションビットは常にプログラムメモリの最終行にありましたが、dsPIC33AKデバイスのコンフィグレーションビットは絶対アドレスに配置されるようになりました。コンフィグレーション領域全体は2つの異なる領域に分かれています。1つ目の領域にはデバイスの動作に関連するコンフィグレーションビットが含まれます。2つ目の領域はデバイスのセキュリティオプション専用です。クロックコンフィグレーションビットはSFR空間に移動され、中には削除されたものもあります。削除された中で特に注目すべきコンフィグレーションビットは、デバッグに使うプログラムペアをユーザーが指定するためのものです。現在は、前回成功したプログラミングセッションに基づいて自動的に指定されるようになりました。

3.7. 割り込みコントローラ

dsPIC33AKデバイスでは割り込みコントローラが大幅に変更されました。dsPIC33CKデバイスのAIVT(代替割り込みベクタテーブル)はRIVT(再配置可能割り込みベクタテーブル)に置き換えられました。ブートセグメントに固定されていたAIVTとは異なり、RIVTではIVTBASEレジスタを使ってベクタテーブルをメモリマップの任意の場所に移動できます。さらにCIVT(縮退割り込みベクタテーブル)も導入されました。CIVTはIVTCレジスタによって有効化でき、全ての割り込みに対する共通ベクタとして機能します。dsPIC33CKデバイスのDISI関数はdsPIC33AKデバイスではDISICTL関数に置き換えられましたが、そのIPL(割り込み優先度)しきい値を変更するという目的は変わりません。リセット時に実行されるGOTO命令はデバイスリセット後の最初の命令フェッチ場所を示すリセットベクタに置き換えられました。dsPIC33AKデバイスには、ベクタのフェッチが失敗した場合に対応するためのVFA(ベクタフェイルアドレス)が導入されました。さらに、dsPIC33AKではINTCONxレジスタが再構成されました。

表3-3. dsPIC33CKとdsPIC33AKの割り込みコントローラの比較

機能	dsPIC33CK	dsPIC33AK
AIVTがRIVTに置き換え	AIVT(代替割り込みベクタテーブル)	RIVT(再配置可能割り込みベクタテーブル)

..... 続き		
機能	dsPIC33CK	dsPIC33AK
縮退割り込みベクタ	-	あり
割り込み制御のディセーブル	DISI	DISICTL
リセットベクタ	リセット直後のGOTO命令	リセットベクタ
VFA(ベクタフェイルアドレス)	-	あり

3.8. クロック ジェネレータ/オシレータ

dsPIC33CKデバイスと同様、dsPIC33AKデバイスのCPUと周辺モジュールでは多種多様なクロック源を使う事ができます。dsPIC33AKデバイスでは個別設定可能な複数のクロック ジェネレータとPLLを使って中央集中型のクロックシステムに改良されています。クロック ジェネレータは特定の機能または周辺モジュールと接続連携されます。クロック ジェネレータはCPUと周辺モジュールにも使われるため、ユーザーコード実行前に設定しておく必要があります。全てのクロック ジェネレータの機能の相関関係を把握するにはデバイスのデータシートが役立ちます。dsPIC33CKとは異なり、dsPIC33AKはコンフィグレーション ビットではなくSFRを使ってクロック機能を制御します。またクロック ジェネレータはモジュール化され、クロック ジェネレータとPLLで同様のレジスタセットが採用されるようになりました。これには、新たに追加された出力イネーブルビットとクロック/PLLレディビット (クロックまたはPLLの準備が完了するまでポーリングされる)が追加されました。dsPIC33AKにはクロックモニターという名前の新しいモジュールが追加されました。このモジュールはモニターがクロックのずれを検出した場合に警告するために使う事ができます。この監視に加え、各ジェネレータにFSCM(フェイルセーフ クロックモニター)が存在します。各ジェネレータは設定可能なバックアップ ソースと、クロック障害を検証するためのフォルト インジェクションも備えています。dsPIC33CKデバイスでは専用のREFOがありました。dsPIC33AKデバイスでもそれは変わりませんが、REFOが独自のクロック ジェネレータを持つようになりました。

表3-4. dsPIC33CKとdsPIC33AKのクロック ジェネレータ/オシレータの比較

機能	dsPIC33CK	dsPIC33AK
クロック源	最大5	最大6
PLLジェネレータ	2	2
クロック ジェネレータ	-	最大16
フラクショナル分周器	グローバルで1個	ジェネレータごとに1個
バックアップクロック源	固定	設定可能
フェイルセーフクロックモニター	グローバルで1個	ジェネレータごとに1個
フォルトインジェクション	-	ジェネレータごとに1個
クロックモニター	-	最大4

3.9. セキュリティ

dsPIC33CKデバイスはdsPIC33AKと同様のCodeGuard™セキュリティ機能を備えていました。しかし、dsPIC33AKのセキュリティ機能はセキュアブート、IRT(書き換え不可のルートオブ トラスト)、コードアクセス保護(読み出し/書き込み/実行/CRC)、ICSP™ プログラム/消去ディセーブル、フラッシュ書き込み保護、フラッシュOTP、フラッシュコード分割を含むセキュリティ サービスをサポートする追加機能を含めて完全に再設計されました。dsPIC33AKデバイスでは、フラッシュメモリを8つのセクションに分割し、各領域をファームウェア設定可能領域、OTP領域、IRT領域に設定できます。領域のタイプはコンフィグレーション ビットで設定でき、必要なセキュリティのレベルに応じて様々な選択肢があります。dsPIC33CKデバイスとdsPIC33AKデバイスのセキュリティ機能の詳細な比較は表3-5を参照してください。

表3-5. dsPIC33CKとdsPIC33AKのセキュリティの比較

機能	dsPIC33CK	dsPIC33AK
読み出しアクセス制御 - ICSP™	あり	あり
読み出しアクセス制御 - ファームウェア	-	あり
書き込みアクセス制御	-	あり
消去アクセス制御	-	あり
実行アクセス制御	-	あり
CRCアクセス制御	-	あり
IRTサポート	-	あり
OTPサポート	-	あり
ICSP Write Inhibitによるフラッシュ全体のOTP	あり	あり

3.10. 周辺モジュールのアクセス制御

PAC(周辺モジュール アクセス コントローラ)は新しいモジュールで、重要な周辺モジュールの不用意な起動または停止を防ぎます。従来、dsPIC33CKデバイスのユーザーは周辺モジュールのロックおよびロック解除を行うにはNVMKEYに0x55と0xAAの特定のシーケンスを入力する必要がありました。このプロセスがPACモジュールに置き換えられました。PACモジュールは書き込みイネーブルビットとロックビットを通して特定の周辺モジュールのSFR(特殊機能レジスタ)とSFRレンジのロックとロック解除を可能にします。

3.11. ADC

dsPIC33AKデバイスは最大変換レート40 MSPSのADCを備えています。このADCには設定可能なチャンネルベースのコンフィグレーションが採用され、入力信号ピン(正と負)を特定のチャンネルに割り当てる事ができるようになりました。このADCはチャンネルベースで設定可能なため、チャンネルごとに異なるサンプリング時間、トリガソース、専用の結果コンパレータを設定できるようになりました。さらに、このADCは複数の積算モードをサポートしており、2次フィルタ処理を実装するために最後の3つのチャンネル用に2つ目のアキュムレータを備えています。dsPIC33CKとdsPIC33AKの機能の完全な比較は表3-6を参照してください。

表3-6. dsPIC33CKとdsPIC33AKのADCの比較

機能	dsPIC33CK	dsPIC33AK
アナログデジタル変換コアの数	3~5コア、3.5 MSPS	2~5コア、40 MSPS
最大信号ソース インピーダンス (サンプリング時間200 ns)	1 kΩ、CHold = 約16pF	22 kΩ、Chold = 約1 pF
サンプリング時間の選択	全チャンネル共通	入力ごとに選択可能
入力変換優先度/順序	固定	設定可能
変換結果コンパレータ	通常4個	最大20個(チャンネルごとに1個)
結果アキュムレータ	通常4個	最大20個(チャンネルごとに1個)
トリガの選択	入力ごとに設定	チャンネルごとに設定

3.12. BiSS

dsPIC33AKデバイスにはBiSS(双方向シリアル同期)モジュールとして知られる新しい周辺モジュールが含まれています。このオープンソースのシリアル プロトコルはセンサとアクチュエータ間的高速通信を容易にします。このモジュールは3本のシリアル通信ラインを備えており、8つのデータチャンネル、64ビットのデータ長をサポートし、RS485/RS422インターフェイス使用時に最大10 Mbpsの速度をサポート

トしています。さらに、センサの自動トリガ機能も備えており、前の通信が完了すると即座にサンプリングを実行できます。このモジュールは長距離配線用のライン遅延補償に加え、CRC、エラーおよび警告フラグ等の安全機能も備えています。BiSSモジュールはBiSS-C、SSI、ホスト/クライアント通信、ホスト/複数クライアント通信、ホスト/バス通信等、幅広いモードをサポートしています。この汎用的なモジュールはロータリー エンコーダ、トルクセンサ、モータドライブ等のアプリケーションに理想的です。

3.13. DMA

dsPIC33AデバイスのDMAモジュールは4つの点で大きく改良されています。ピンポンモード、パターンマッチング、チャンネル チェーン、ビット操作機能です。ピンポンモードはあるチャンネルがデータをフェッチしている間に別のチャンネルがデータを処理できるようにします。パターン マッチングはソースからデスティネーションに転送する際にDMAが内部バッファ内のデータパターンを認識できるようにします。チャンネル チェーンはあるチャンネルを別のチャンネルからトリガするために使えます。最後に、DMA書き込みサイクルでビットを直接操作できるようになりました(反転、クリア、セット等)。

3.14. ポート/IOIM

全体として、dsPIC33AKデバイスのGPIOとポートはdsPIC33CKデバイスと同様に機能します。ただし、dsPIC33AKデバイスにはIOIM (IOインテグリティ モニター)と呼ばれる機能が追加されています。IOIMは機能安全アプリケーションでIOに障害が発生していないか監視するために設計されています。IOIMには設定可能なモニター入力、設定可能なブランキング遅延、選択可能なクロック入力、フォルト インジェクション機能を備えています。IOインテグリティ モニターは基準信号と選択したフィードバック信号を比較し、エッジ検出ベースのブランキング タイマを使用して信号間の遅延を調整できる変化検出回路があります。プログラム可能な時間が経過した後、選択されたフィードバック状態が基準入力状態と比較され、一致していない場合、エラーイベントが発生します。

3.15. PMU

PMU(性能モニターユニット) モジュールはコードの実行時間を定量化するために使う事ができる複数のカウンタを監視、制御する機能を提供します。PMUはCPUの分岐の予測ミス、CPUパイプラインにおけるデータ依存性ストール、低速SFRバスの読み書き、バス調停の競合、命令キャッシュミス等の非決定論的な動作に伴う性能評価を定量化する手段を提供します。

4. 移行に関する軽微な留意点と性能向上

ここでは、dsPIC33CKデバイスからの軽微な変更、または性能が向上した周辺モジュールについて説明します。

4.1. PWM

dsPIC33AKデバイスのPWMは機能的な変更を最小限に抑えながら性能が向上しました。データレジスタが20ビットに拡張されたため、適用する値をそれに応じてスケーリングする必要があります。PWMのピンは、専用ピン、PPSピン、またはその両方を利用できるようになりました。動作モードはdsPIC33CKデバイスとほぼ同じですが、dsPIC33AKデバイスの2つ目のファミリにはLLC共振コンバータモードが搭載される予定です。dsPIC33CKデバイスとdsPIC33AKデバイスの詳細な性能比較は表4-1を参照してください。

表4-1. dsPIC33CKとdsPIC33AKのPWMの性能の違い

機能	dsPIC33CK	dsPIC33AKの1つ目のファミリ	dsPIC33AKの2つ目のファミリ
PWMタイムベース	16ビット	20ビット	20ビット
高分解能	250 ps	-	78 ps
標準分解能	500 MHz	400 MHz	800 MHz
最小LEB分解能	8 LSB	5 LSB	5 LSB

4.2. CBG

dsPIC33AK CBGモジュールでは、dsPIC33CKデバイスにあった電流シンクがなくなり、電流ソースのみがサポートされるようになりました。電流ソースが10 μ Aと50 μ AのみであったdsPIC33CK CBGモジュールとは異なり、dsPIC33AK CBGモジュールは4つの10 μ A固定ソースと、4つの30 μ A~200 μ A内で選択可能な出力を備えています。固定ソースと選択可能ソースはデバイスピンを共有している事に注意してください。

表4-2. dsPIC33CKとdsPIC33AKのCBGの比較

機能	dsPIC33CK	dsPIC33AK
固定10 μ A電流ソース	4	4
電流ソース/シンク	4つの電流ソースまたは電流シンク	4つの電流ソース
電流ソースのレンジ	50 μ A固定	30~200 μ Aで選択可能
各ソースのピン	IBIASx専用ピンとISRCx専用ピン	IBIASx/ISRCxでピンを共有

4.3. オペアンプ

dsPIC33AKデバイスのオペアンプにはユーザー設定可能な入力オフセット調整が追加されました。この機能により、ユーザーは独自の校正を実行して工場出荷時の既定値を上書きしオフセット誤差に対応できるようになります。さらに、オペアンプの性能が強化されました。低入力オフセット、ユニティゲインで安定動作する、100 MHz帯域幅のオペアンプです。

4.4. コンパレータとDAC

dsPIC33AKデバイスのコンパレータとDACは大きく改良されました。コンパレータの応答時間は5 nsと大幅に改善され、INLおよびDNL校正機能が追加されました。INL補償について、ユーザーは工場出荷時に設定された校正空間データをコピーできます。その後、立ち上がり時と立ち下がり時の駆動強度を調整してこれらの値をさらに微調整できます。DNLについて、リップル低減を有効にして立ち下がりエッジを伸張し、DNLADJを使ってさらに微調整できます。

4.5. I²C

dsPIC33AKデバイスのI²CモジュールはdsPIC33CKデバイスと比較して複数の追加機能を備えています。これには一意のアドレスまたはアドレスレンジでクライアントを設定する機能、ユーザーによる操作の必要性を最小限に抑えアプリケーションコードを簡素化するスマートモード、[SSPND]ステータスビットに基づく自動クロックリリース等が含まれます。ソフトウェアはバイトごとにホスト受信を有効化する必要はありません。さらに、SMBusとPMBusのサポートが強化され、PEC(パケットエラーチェック)、クロックLowタイムアウト、バスアイドルタイムアウト、累積タイムアウト、フレームエラー検出等が追加されました。また、DMAの受信トリガと送信トリガも追加されました。

4.6. UART

dsPIC33AKデバイスにはレジスタを更新可能なタイミングを示す[WIP]ビットが追加されました。

4.7. MCCP/SCCP

MCCP機能はdsPIC33AKデバイスの1つ目のファミリには含まれていませんが、dsPIC33AKデバイスの2つ目のファミリにはMCCPが追加される予定です。全体として、dsPIC33AKデバイスのMCCP/SCCP機能はdsPIC33CKデバイスと比較してほとんど変更されていません。

5. ソフトウェア移行

ハードウェアの変更に加えて、ソフトウェアにも大きな変更が加えられています。全てのレジスタは32ビットになったため、ソフトウェアにもその変更を反映する必要があります。整数の既定値は全て16ビットではなく32ビットになります。Intもlong intも32ビットです。その結果、構造体のメンバーのアラインメント、ビットフィールド、関連するパディングが変更されました。

ユニファイドメモリマップにより、従来のdsPIC33CKのメモリアーキテクチャに関連するCタイプの修飾子、属性、メモリ空間、さらには複数の関連するアセンブリ演算子、セクション属性は不要になり、また許容されなくなりました。また、プログラムメモリ内のアドレスに対してアセンブリで特別な変換を行う必要はありません。単純にバイトアドレスで表現できます。

詳細は『MPLAB® XC-DSC C Compiler User's Guide』 ([DS50003589](#))と『MPLAB XC-DSC Assembler, Linker and Utilities User's Guide』 ([DS50003590](#))を参照してください。

Microchip社の情報

Microchip社ウェブサイト

Microchip社はウェブサイト(www.microchip.com)を通してオンライン サポートを提供しています。当ウェブサイトでは、お客様に役立つ情報やファイルを提供しています。以下を含む各種の情報をご覧になれます。

- **製品サポート** - データシートとエラッタ、アプリケーション ノートとサンプル プログラム、設計リソース、ユーザーガイドとハードウェア サポート文書、最新のソフトウェアと過去のソフトウェア
- **技術サポート** - FAQ(よく寄せられる質問)、技術サポートのご依頼、オンライン ディスカッショングループ、Microchip社のデザインパートナー プログラムおよびメンバーリスト
- **ご注文とお問い合わせ** - 製品セレクトと注文ガイド、最新プレスリリース、セミナー/イベントの一覧、お問い合わせ先(営業所/正規代理店)の一覧

製品変更通知サービス

Microchip社の製品変更通知サービスは、お客様にMicrochip社製品の最新情報をお届けする配信サービスです。ご興味のある製品ファミリまたは開発ツールに関する変更、更新、リビジョン、エラッタ情報をいち早くメールにてお知らせします。

<http://www.microchip.com/pcn>にアクセスし、登録手続きをしてください。

お客様サポート

Microchip社製品をお使いのお客様は、以下のチャンネルからサポートをご利用頂けます。

- 正規代理店
- 技術サポート

サポートは正規代理店にお問い合わせください。本書の最後のページに各国の営業所の一覧を記載しています。

技術サポートは以下のウェブページからもご利用頂けます。 www.microchip.com/support

Microchip社のデバイスコード保護機能

Microchip社製品のコード保護機能について以下の点にご注意ください。

- Microchip社製品は、該当するMicrochip社データシートに記載の仕様を満たしています。
- Microchip社では、通常の条件ならびに動作仕様書の仕様に従って使った場合、Microchip社製品のセキュリティ レベルは、現在市場に流通している同種製品の中でも最も高度であると考えています。
- Microchip社はその知的財産権を重視し、積極的に保護しています。Microchip社製品のコード保護機能の侵害は固く禁じられており、デジタル ミレニアム著作権法に違反します。
- Microchip社を含む全ての半導体メーカーで、自社のコードのセキュリティを完全に保証できる企業はありません。コード保護機能とは、Microchip社が製品を「解読不能」として保証するものではありません。コード保護機能は常に進化しています。Microchip社では、常に製品のコード保護機能の改善に取り組んでいます。

法律上の注意点

本書および本書に記載されている情報は、Microchip社製品を設計、テスト、お客様のアプリケーションと統合する目的を含め、Microchip社製品に対してのみ使う事ができます。それ以外の方法でこの情報を

使う事はこれらの条項に違反します。デバイス アプリケーションの情報は、ユーザーの便宜のためにのみ提供されるものであり、更新によって変更となる事があります。お客様のアプリケーションが仕様を満たす事を保証する責任は、お客様にあります。その他のサポートはMicrochip社正規代理店にお問い合わせ頂くか、<https://www.microchip.com/en-us/support/design-help/client-support-services>をご覧ください。

Microchip社は本書の情報を「現状のまま」で提供しています。Microchip社は明示的、暗黙的、書面、口頭、法定のいずれであるかを問わず、本書に記載されている情報に関して、非侵害性、商品性、特定目的への適合性の暗黙的保証、または状態、品質、性能に関する保証をはじめとするいかなる類の表明も保証も行いません。

いかなる場合もMicrochip社は、本情報またはその使用に関連する間接的、特殊的、懲罰的、偶発的または必然的損失、損害、費用、経費のいかににかかわらず、またMicrochip社がそのような損害が生じる可能性について報告を受けていた場合あるいは損害が予測可能であった場合でも、一切の責任を負いません。法律で認められる最大限の範囲を適用しようとも、本情報またはその使用に関連する一切の申し立てに対するMicrochip社の責任限度額は、使用者が当該情報に関連してMicrochip社に直接支払った額を超えません。

Microchip社の明示的な書面による承認なしに、生命維持装置あるいは生命安全用途にMicrochip社の製品を使う事は全て購入者のリスクとし、また購入者はこれによって発生したあらゆる損害、クレーム、訴訟、費用に関して、Microchip社は擁護され、免責され、損害をうけない事に同意するものとします。特に明記しない場合、暗黙的あるいは明示的を問わず、Microchip社が知的財産権を保有しているライセンスは一切譲渡されません。

商標

Microchip社の名称とロゴ、Microchipロゴ、Adaptec、AVR、AVRロゴ、AVR Freaks、BesTime、BitCloud、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、flexPWR、HELDO、IGLOO、JukeBlox、KeeLoq、Kleer、LANCheck、LinkMD、maXStylus、maXTouch、MediaLB、megaAVR、Microsemi、Microsemiロゴ、MOST、MOSTロゴ、MPLAB、OptoLyzer、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32ロゴ、PolarFire、Prochip Designer、QTouch、SAM-BA、SenGenuity、SpyNIC、SST、SSTロゴ、SuperFlash、Symmetricom、SyncServer、Tachyon、TimeSource、tinyAVR、UNI/O、Vectron、XMEGAは米国とその他の国におけるMicrochip Technology Incorporatedの登録商標です。

AgileSwitch、ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、Flashtec、Hyper Speed Control、HyperLight Load、Libero、motorBench、mTouch、Powermite 3、Precision Edge、ProASIC、ProASIC Plus、ProASIC Plusロゴ、Quiet-Wire、SmartFusion、SyncWorld、TimeCesium、TimeHub、TimePictra、TimeProvider、ZLは米国におけるMicrochip Technology Incorporatedの登録商標です。

Adjacent Key Suppression、AKS、Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、Augmented Switching、BlueSky、BodyCom、Clockstudio、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoAutomotive、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、Espresso T1S、EtherGREEN、EyeOpen、GridTime、IdealBridge、IGaT、In-Circuit Serial Programming、ICSP、INICnet、Intelligent Paralleling、IntelliMOS、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、Knob-on-Display、MarginLink、maxCrypto、maxView、memBrain、Mindi、MiWi、MPASM、MPF、MPLAB Certifiedロゴ、MPLIB、MPLINK、mSiC、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICKit、PICKtail、Power MOS IV、Power MOS 7、PowerSmart、PureSilicon、QMatrix、REAL ICE、Ripple Blocker、RTAX、RTG4、SAM-ICE、Serial Quad I/O、simpleMAP、SimpliPHY、SmartBuffer、SmartHLS、SMART-I.S.、storClad、SQL、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Switchtec、SynchroPHY、Total Endurance、Trusted Time、TSHARC、Turing、USBCheck、VariSense、VectorBlox、VeriPHY、ViewSpan、WiperLock、XpressConnect、ZENAは米国とその他の国におけるMicrochip Technology Incorporatedの商標です。

SQTPIは米国におけるMicrochip Technology Incorporatedのサービスマークです。

Adaptecロゴ、Frequency on Demand、Silicon Storage Technology、Symmcomはその他の国におけるMicrochip Technology Incorporatedの登録商標です。

GestlCは、その他の国におけるMicrochip Technology Germany II GmbH & Co. KG (Microchip Technology Incorporatedの子会社)の登録商標です。

その他の商標は各社に帰属します。

© 2025, Microchip Technology Incorporated and its subsidiaries. All Rights Reserved.

ISBN: 979-8-3371-0854-4

品質管理システム

Microchip社の品質管理システムについてはwww.microchip.com/qualityをご覧ください。

各国の営業所とサービス

南北アメリカ	アジア/太平洋	アジア/太平洋	欧州
本社 2355 West Chandler Blvd. Chandler, AZ 85224-6199 Tel: 480-792-7200 Fax: 480-792-7277 技術サポート: www.microchip.com/support URL: www.microchip.com アトランタ Duluth, GA Tel: 678-957-9614 Fax: 678-957-1455 オースティン, 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 サンノゼ, 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SAR 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 - バンガロール Tel: 91-80-3090-4444 インド - ニューデリー Tel: 91-11-4160-8631 インド - プネ 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	オーストリア - ヴェルス 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 - エスポー 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 - ガーヒンク Tel: 49-8931-9700 ドイツ - ハーン Tel: 49-2129-3766400 ドイツ - ハイムロン 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 - ホドハシャロン Tel: 972-9-775-5100 イタリア - ミラノ Tel: 39-0331-742611 Fax: 39-0331-466781 イタリア - パドヴァ Tel: 39-049-7625286 オランダ - ドリューネン Tel: 31-416-690399 Fax: 31-416-690340 ノルウェー - トロンハイム Tel: 47-7288-4388 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 - マドリッド Tel: 34-91-708-08-90 Fax: 34-91-708-08-91 スウェーデン - ヨーテボリ 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