



# 8/16ビット Atmel XMEGA D4 マイクロコントローラ

## ATxmega128D4, ATxmega64D4, ATxmega32D4, ATxmega16D4

### 特徴

- 高性能、低消費Atmel® AVR® XMEGA® 8/16ビットマイクロコントローラ
- データメモリと不揮発性プログラムメモリ
  - 実装自己書き換え(ISP)可能な16~128Kバイト(8~64K語)フラッシュメモリ
  - 独立した施錠ビットを持つ4~8Kバイト(2~4K語)フートコード領域
  - 1~2KバイトのEEPROM
  - 2~8Kバイトの内部SRAM
- 内蔵周辺機能
  - 4チャンネルの事象システム
  - 4つの16ビットタイマ/カウンタ
    - 4つの比較チャンネルまたは捕獲チャンネルを持つ、3つのタイマ/カウンタ
    - 2つの比較チャンネルまたは捕獲チャンネルを持つ、1つのタイマ/カウンタ
    - 2つのタイマ/カウンタでの高分解能拡張
    - 1つのタイマ/カウンタでの新波形拡張
  - 1つのUSARTに対するIrDA(赤外線通信)支援を持つ、2つのUSART
  - 2重アドレス一致を持つ、2つの2線インターフェース(I<sup>2</sup>CとSMBus適合)
  - 2つの直列周辺インターフェース(SPI:Serial Peripheral Interface)周辺機能
  - CRC-16(CRC-CCITT)とCRC-32(IEEE 802.3)生成器
  - 独立した発振器を持つ、16ビット実時間計数器
  - 12チャンネル、12ビット、200k採取/秒の1つのA/D変換器
  - 窓比較機能と電流源を持つ、2つのアナログ比較器
  - 全ての汎用I/Oピンでの外部割り込み
  - チップ上の独立した超低電力発振器付きの設定可能なウォッチドッグタイマ
  - QTouch® ライブラリ支援
    - 容量性接触釦、滑動部、輪
- 特殊マイクロコントローラ機能
  - 電源ONリセットと設定可能な低電圧検出(BOD)
  - PLLと前置分周器を持つ、内部及び外部のクロック任意選択
  - 設定可能な多段割り込み制御器
  - 5つの休止動作形態
  - プログラミングとデバッグ用のインターフェース
    - PDI(Program and Debug Interface)
- I/Oと外圍器
  - 設定可能な34本のI/O線
  - 44ピンTQFP、44ピンVQFN/QFN、49ピンVFBGA
- 動作電圧
  - 1.6~3.6V
- 速度性能
  - 0~12MHz/1.6~3.6V
  - 0~32MHz/2.7~3.6V

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、Atmel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。

## 1. 注文情報

注文コード*	フラッシュ	EEPROM	SRAM	外周器 (注1,2,3)	速度(MHz)	電源電圧	温度
ATxmega16D4-AU	16KB+4KB	1KB	2KB	44A			
ATxmega16D4-AUR (注4)							
ATxmega32D4-AU	32KB+4KB	1KB	4KB				
ATxmega32D4-AUR (注4)							
ATxmega64D4-AU	64KB+4KB	2KB	4KB				
ATxmega64D4-AUR (注4)							
ATxmega128D4-AU	128KB+8KB	2KB	8KB				
ATxmega128D4-AUR (注4)							
ATxmega16D4-MH	16KB+4KB	1KB	2KB	44M1	32	1.6～3.6V	-40℃～85℃
ATxmega16D4-MHR (注4)							
ATxmega32D4-MH	32KB+4KB	1KB	4KB				
ATxmega32D4-MHR (注4)							
ATxmega64D4-MH	64KB+4KB	2KB	4KB				
ATxmega64D4-MHR (注4)							
ATxmega128D4-MH	128KB+8KB	2KB	8KB				
ATxmega128D4-MHR (注4)							
ATxmega16D4-CU	16KB+4KB	1KB	2KB	49C2			
ATxmega16D4-CUR (注4)							
ATxmega32D4-CU	32KB+4KB	1KB	4KB				
ATxmega32D4-CUR (注4)							
ATxmega64D4-CU	64KB+4KB	2KB	4KB				
ATxmega64D4-CUR (注4)							
ATxmega128D4-CU	128KB+8KB	2KB	8KB				
ATxmega128D4-CUR (注4)							
ATxmega16D4-AN	16KB+4KB	1KB	2KB	44A			
ATxmega16D4-ANR (注4)							
ATxmega32D4-AN	32KB+4KB	1KB	4KB				
ATxmega32D4-ANR (注4)							
ATxmega64D4-AN	64KB+4KB	2KB	4KB				
ATxmega64D4-ANR (注4)							
ATxmega128D4-AN	128KB+8KB	2KB	8KB				
ATxmega128D4-ANR (注4)							
ATxmega16D4-M7	16KB+4KB	1KB	2KB	44M1	32	1.6～3.6V	-40℃～105℃
ATxmega16D4-M7R (注4)							
ATxmega32D4-M7	32KB+4KB	1KB	4KB				
ATxmega32D4-M7R (注4)							
ATxmega64D4-M7	64KB+4KB	2KB	4KB				
ATxmega64D4-M7R (注4)							
ATxmega128D4-M7	128KB+8KB	2KB	8KB				
ATxmega128D4-M7R (注4)							

注1: このデバイスはウェハー(チップ単体)形状でも供給できます。詳細な注文情報については最寄のAtmel営業所へお問い合わせください。

注2: 有害物質使用制限に関する欧州指令(RoHS指令)適合の鉛フリー製品。またハロゲン化合物フリーで完全に安全です。

注3: 外周器情報については48頁の「外周器情報」をご覧ください。

注4: テープとリール。

### 外圍器形式

44A	44リット 10×10×1.0mm厚 0.8mmピッチ 薄型プラスチック4方向平板外圍器 (TQFP)
44M1	44パット 7×7×1.0mm 0.50mmピッチ 5.20mm露出パット 耐熱プラスチック極薄4方向平板リットなし外圍器 (VQFN)
49C2	49球(7×7配列) 5×5×1.0mm 0.65mmピッチ 極薄密ピッチ球格子配列外圍器 (VFBGA)

### 代表的な応用

- |         |              |                |
|---------|--------------|----------------|
| ・ 工業制御  | ・ 環境制御       | ・ 低電力電池応用      |
| ・ 工場自動化 | ・ RFとZigBee® | ・ 電力ツール        |
| ・ 建築制御  | ・ USB接続性     | ・ 室内環境制御(HVAC) |
| ・ 基板制御  | ・ 感知器制御      | ・ 実用計器         |
| ・ 白物家電  | ・ 光学         | ・ 医療応用         |

2. ピン配置/構成図

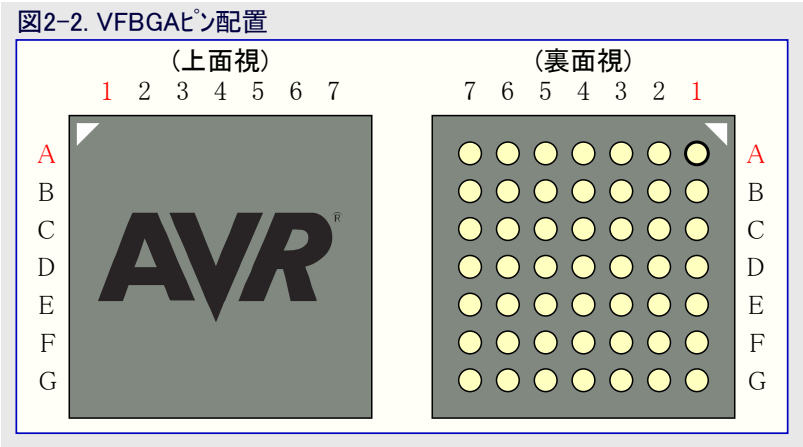
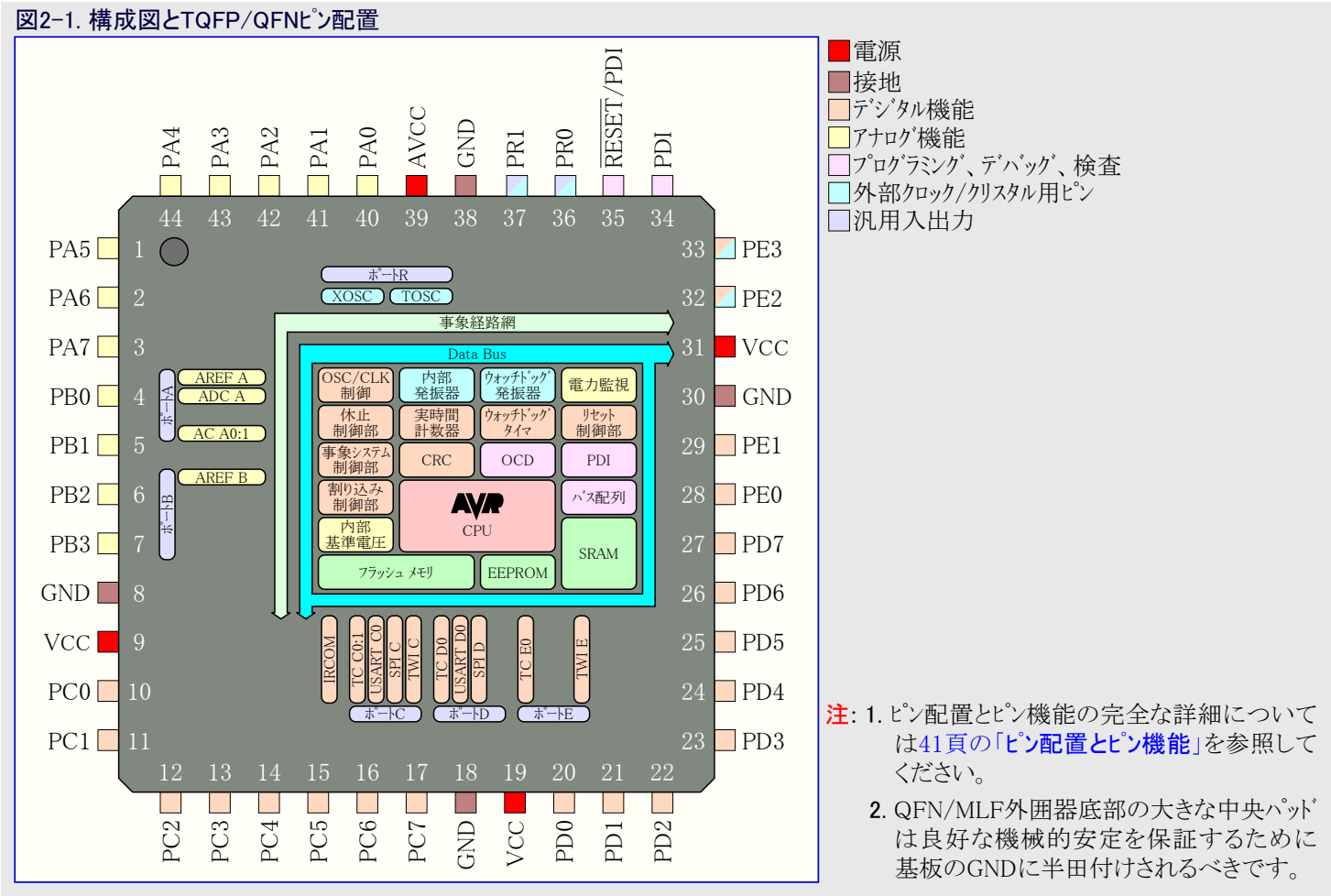


表2-1. VFBGAピン配列

	1	2	3	4	5	6	7
A	PA3	AVCC	GND	PR1	PR0	PDI	PE3
B	PA4	PA1	PA0	GND	RESET/PDI	PE2	VCC
C	PA5	PA2	PA6	PA7	GND	PE1	GND
D	PB1	PB2	PB3	PB0	GND	PD7	PE0
E	GND	GND	PC3	GND	PD4	PD5	PD6
F	VCC	PC0	PC4	PC6	PD0	PD1	PD3
G	PC1	PC2	PC5	PC7	GND	VCC	PD2

### 3. 概要

Atmel AVR XMEGAはAVR強化型RISC構造に基いた、低電力、高性能、豊富な周辺機能の8/16ビット マイクロ コントローラ系列です。単一クロック周期で実行する命令によって、AVR XMEGAデバイスはシステム設計者に対して電力消費対処理速度の最適化を可能とするMHz当たり100万命令に達するCPU単位時間処理能力を達成します。

AVR CPUは32個の汎用作業レジスタを豊富な命令一式に結合します。32個全てのレジスタが算術論理演算器(ALU)へ直接接続され、単一命令でのアクセスを2つの独立したレジスタに許し、単一クロック周期で実行されます。この構造はより大きなコード効率と同時に伝統的な単一累積器やCISCに基づくマイクロ コントローラよりも何倍も速い単位時間処理能力達成に帰着します。

AVR XMEGA D4デバイスは次の機能、実装書き込み可能な書き中の読み(Read-While-Write)能力を持つフラッシュ メモリ、内部のEEPROMとSRAM、4チャンネルの事象システム、設定可能な多段割り込み制御器、34本の汎用入出力線、16ビットの実時間計数器(RTC)、比較動作とPWM付きの4つの柔軟な16ビット タイマ/カウンタ、2つのUSART、2つの2線直列インターフェース(TWI)、2つの直列周辺インターフェース(SPI)、設定可能な利得付きの任意選択差動入力を持つ1つの12チャンネル 12ビットA/D変換器、窓動作を持つ2つのアナログ比較器(AC)、独立した内部発振器を持つ設定可能なウォッチドッグ タイマ、PLLと前置分周器付きの正確な内部発振器、設定可能な低電圧検出(Brown-Out Detection)を提供します。

プログラミングとデバッグ用の高速2ピン インターフェースのプログラミングとデバッグ インターフェース(PDI)が利用可能です。

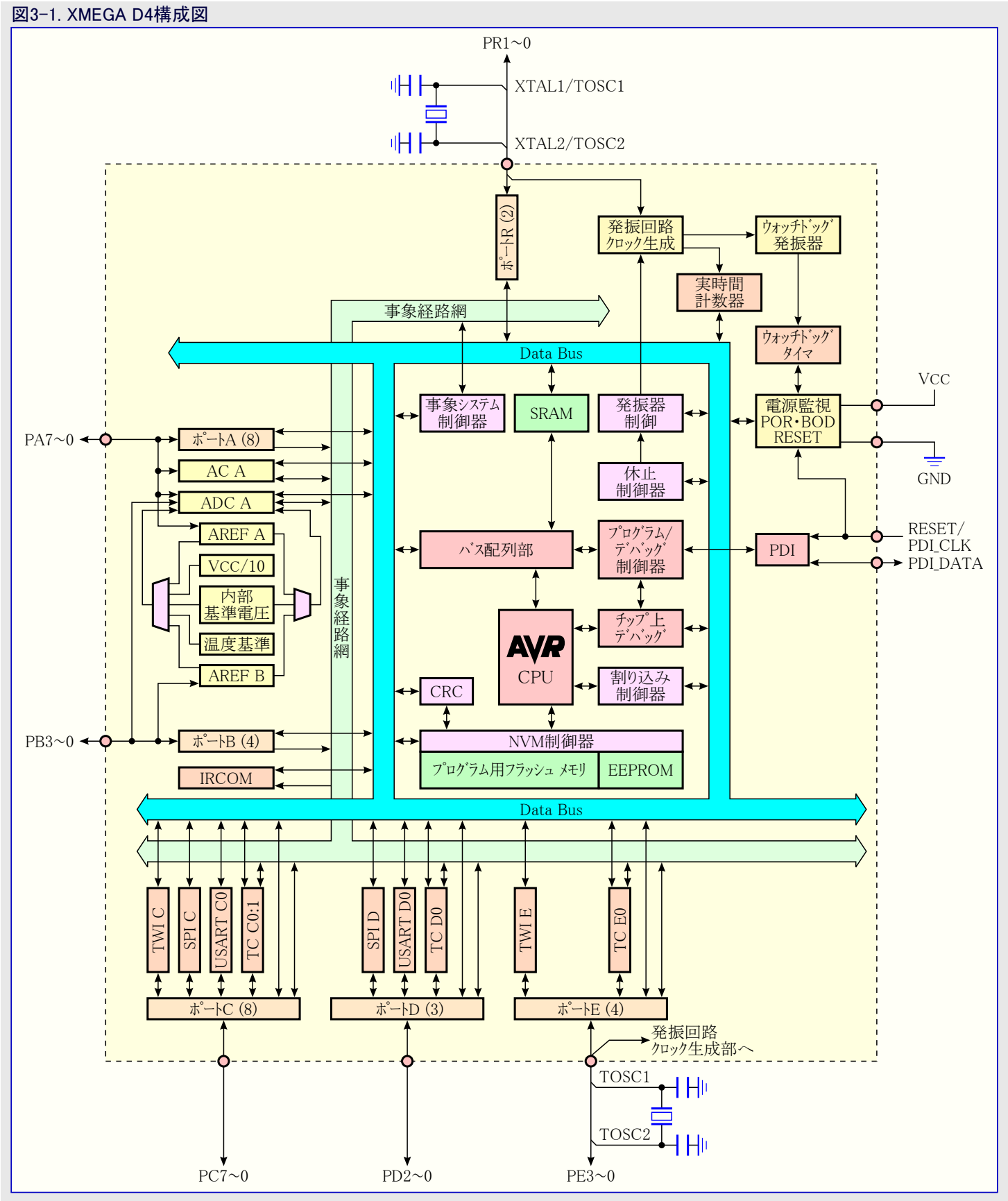
XMEGA D4デバイスはソフトウェアで選択可能な5つの節電動作を持ちます。アイドル動作はCPUを停止する一方で、SRAM、事象システム、割り込み制御器と全ての周辺機能に機能の継続を許します。パワーダウン動作はSRAMとレジスタの内容を保存しますが、発振器を停止し、次のTWI、USB再開(resume)またはピン変化の割り込み、またはリセットまで他の全ての機能を禁止します。パワーセーブ動作では非同期実時間計数器が走行を続けて時間の維持を応用に許す一方、デバイスの残りは休止します。スタンバイ動作ではクリスタル発振子/セラミック振動子用発振器が走行を保つ一方、デバイスの残りは休止します。これは低電力消費と組み合わせた外部クリスタルからの非常に速い始動を可能にします。拡張スタンバイ動作では主発振器と非同期計時器の両方が走行を続けます。更なる消費電力低減のため、各個別周辺機能への周辺クロックは活動動作とアイドル動作に於いて任意で停止することができます。

AtmelはAVRマイクロ コントローラへ容量性接触釦、滑動部、輪を組み込むためのQTouchライブラリを提供します。

デバイスはAtmelの高密度不揮発性メモリ技術を使用して製造されています。プログラム用フラッシュ メモリはPDIインターフェースを通して実装書き換えをすることができます。デバイス内で走行するブートローダーはフラッシュ メモリに応用プログラムを取得格納するのにどんなインターフェースをも用いることができます。ブートフラッシュ領域内のブートローダー ソフトウェアは応用フラッシュ領域が更新されている間も走行を続ける、真の「書き中の読み(Read-While-Write)」動作を提供します。実装自己書き換え可能なフラッシュと8/16ビットRISC CPUの結合により、AVR XMEGAは多くの組み込み応用に対して高い柔軟性と費用効率の解決策を提供する強力なマイクロ コントローラ系列です。

全てのAtmel AVR XMEGAデバイスはCコンパイラ、マクロ アセンブラ、プログラム デバッグ/シミュレータ、書き込み器、評価キットを含む、プログラムとシステム開発ツールの完全な揃えで支援されます。

3.1. 構成図



## 4. 資料

開発ツール、応用記述、データシートの包括的な1式は<http://www.atmel.com/avr>でのダウンロードに関して利用可能です。

### 4.1. 推奨読物

- Atmel AVR XMEGA D 手引書
- XMEGA 応用記述

このデバイス データシートは各部署と周辺機能の短い記述と共にデバイス固有情報だけを含みます。XMEGA D 手引書は部署と周辺機能を広く深く記述します。XMEGA 応用記述はコード例を含み、部署と周辺機能を適用する使い方を示します。

全ての資料は [www.atmel.com/avr](http://www.atmel.com/avr) から利用可能です。

## 5. 容量性接触感知

AtmelのQTouchライブラリはAtmelの殆どのAVRマイクロ コントローラ上の接触感知インターフェース実現の解決策を使用するための単一物を提供します。特許権を持つ充電転移信号採取は強力な感知を提供し、接触キーの完全な反発運動報告を含み、そしてキー事象の明白な検出のための隣接キー抑制<sup>TM</sup>(AKS<sup>TM</sup>)技術を含みます。QTouchライブラリはQTouchとQMatrix採取法に関する支援を含みます。

接触感知はAVRマイクロ コントローラ用の適切なAtmel QTouchライブラリをリンクすることによってどの応用にも追加することができます。これは接触チャネルと感知器を定義するために簡単なAPIの組を用いて行われ、そしてチャネル情報を取得して接触感知器の状態を決めるために接触感知APIを呼び出します。

QTouchライブラリは無料で以下の場所のAtmelのウェブサイトからダウンロードすることができます。[www.atmel.com/qtouchlibrary](http://www.atmel.com/qtouchlibrary)  
実装の詳細とその他の情報についてはAtmelのウェブサイトからも入手可能な「QTouchライブラリ使用者の手引き」を参照してください。



## 6. AVR CPU

### 6.1. 要点

- 8/16ビット高性能Atmel AVR RISC CPU
  - 141命令
  - ハードウェア乗算器
- ALUに直結された32個の8ビットレジスタ
- SRAM内のスタック
- I/Oメモリ空間内をアクセス可能なスタックポインタ
- 16Mバイトまでのプログラムと16Mバイトのデータのメモリを直接アドレス指定
- 16/24ビットレジスタへの真の16/24ビット入出力
- 8、16、32演算に対する効率的な支援
- システム重要特性の形態設定変更保護

### 6.2. 概要

Atmel AVR XMEGAデバイスは8/16ビットAVR CPUを使用します。CPUの主な機能は、コードを実行して全ての計算を実行することです。CPUはメモリ入出力、計算実行、周辺制御、そしてフラッシュメモリ内のプログラムを実行することができます。割り込みの扱いは独立した章で記述され、22頁の「割り込みと設定可能な多段割り込み制御器」を参照してください。

### 6.3. 構造概要

最大性能と並列化のためにAVR CPUはプログラムとデータに対して独立したメモリとバスを持つハーバード構造を使用します。プログラムメモリ内の命令は単一段のパイプラインで実行されます。1つの命令が実行されつつあると同時に、次の命令がプログラムメモリから予め取得されます。これは毎クロック周期で実行される命令を可能にします。全AVR命令の詳細については<http://atmel.com/avr>を参照してください。

算術論理演算部(ALU:Arithmetic Logic Unit)はレジスタ間または定数とレジスタ間の算術と論理の操作を支援します。単一レジスタ操作をALUで実行することもできます。算術操作後、操作の結果についての情報を反映するためにステータスレジスタが更新されます。

ALUは高速入出力レジスタファイルへ直接的に接続されます。32×8ビット汎用作業レジスタの全てがレジスタ間またはレジスタと即値間での単一周期算術論理部(ALU)操作を許す単一周期アクセス時間を持ちます。32個中の6つのレジスタは効率的なアドレス計算を許す、プログラムとデータの空間をアドレス指定するための3つの16ビットアドレスポインタとして使用することができます。

メモリ空間は直線状です。データメモリ空間とプログラムメモリ空間は2つの異なるメモリ空間です。

データメモリ空間はI/Oレジスタ、SRAM、外部RAMに分けられます。加えて、データメモリ内にEEPROMをメモリ割り当てすることができます。

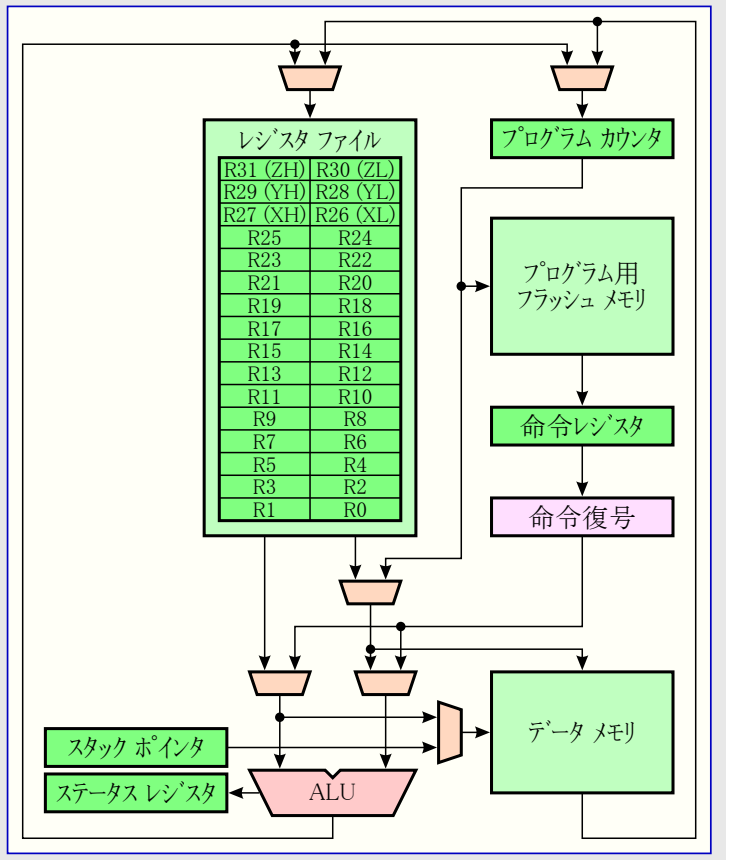
全てのI/Oの状態と制御のレジスタはデータメモリの最下位4Kバイトのアドレスに属します。これはI/Oメモリ空間として参照されます。最下位60アドレスは直接、または\$00~\$3Fのデータ空間位置としてアクセスすることができます。残りは\$0040~\$0FFFに連なる拡張I/Oメモリ空間です。このI/Oレジスタは取得(LD/LDS/LDD)と格納(ST/STS/STD)の命令を用いてデータ空間位置としてアクセスされなければなりません。

SRAMはデータを保持します。SRAMからのコード実行は支援されません。SRAMはAVR構造で支援される5つの異なるアドレス指定形態を通して容易にアクセスすることができます。

\$1000~\$1FFFのデータアドレスはメモリ割り当てEEPROM用に予約されています。

プログラムメモリは応用プログラム領域とブートプログラム領域の2つの領域に分けられます。両領域は書き込みと読み書きの保護のための専用の施錠ビットを持ちます。応用フラッシュメモリの自己プログラミングに使用されるSPM命令はブートプログラム領域に属さなければなりません。応用領域は書き込みと読み書きの保護のための独立した施錠ビットを持つ応用表領域を含みます。応用表領域はプログラムメモリ内の不揮発性データの格納を減らすのに使用することができます。

図6-1. AVR CPU構造の構成図





## 6.4. 算術論理演算器(ALU)

算術論理演算器(ALU)はレジスタ間またはレジスタと定数間の演算と論理操作を支援します。単一レジスタ操作の実行もできます。ALUは32個の汎用レジスタ全てとの直接接続で動作します。単一クロック周期内で、汎用レジスタ間、またはレジスタと即値間の算術操作が実行されて結果がレジスタ ファイルに書き戻されます。算術または論理の操作後、操作結果についての情報を反映するためにステータスレジスタが更新されます。

ALU操作は、演算、論理、ビット操作の、3つの主な分野に分けられます。8ビットと16ビットの両方の算術演算が支援され、**命令一式**は効率的な32ビット演算の実装を可能にします。ハードウェア乗算器は符号付きと符号なしの両方と固定小数点形式を支援します。

### 6.4.1. ハードウェア乗算器

乗算器は2つの8ビット数値を16ビットの結果に乗算する能力です。ハードウェア乗算器は符号付と符号なしの整数と固定小数点数の種々の変種を支援します。

- 符号なし整数の乗算
- 符号付き整数の乗算
- 符号付き整数と符号なし整数の乗算
- 符号なし固定小数点数の乗算
- 符号付き固定小数点数の乗算
- 符号付き固定小数点数と符号なし固定小数点数の乗算

乗算は2CPUクロック周期かかります。

## 6.5. プログラムの流れ

リセット後、CPUはプログラム用フラッシュ メモリ内の最下位アドレス'000000'から命令の実行を始めます。プログラム カウンタ(PC)は取得されるべき次の命令を指示します。

プログラムの流れはアドレス空間全体を直接位置指定できる条件付きと条件なしの分岐(Jump)と呼び出し(Call)命令によって提供されます。殆どのAVR命令は16ビット語形式を用い、一方限られた若干が32ビット形式を使用します。

割り込みとサブルーチン呼び出しの間、復帰アドレスのPC(値)がスタックに格納されます。スタックは一般的なデータ用SRAM内に割り当てられ、結果としてスタック容量は総SRAM容量とSRAMの使い方だけによって制限されます。リセット後のスタック ポインタ(SP)は内部SRAM内の最上位アドレスを指し示します。SPはI/Oメモリ空間で読み書きアクセスが可能で、スタックまたはスタック領域の容易な複数実装を可能にします。データ用SRAMはAVR CPUで支援される5つの異なる位置指定種別を通して容易にアクセスすることができます。

## 6.6. ステータス レジスタ

ステータスレジスタ(SREG)は最も直前に実行した演算または論理命令の結果についての情報を含みます。この情報は条件付き操作を実行するためにプログラムの流れを変えるのに使用できます。ステータスレジスタは「**命令セット参考書**」で詳述されるように、全てのALU操作後に更新されることに注目してください。これは多くの場合でそれ用の比較命令使用の必要をなくし、高速でより簡潔なコードに帰着します。

ステータスレジスタは割り込み処理ルーチン移行時の保存と割り込みからの復帰時の回復が自動的に行われません。これはソフトウェアによって扱われなければなりません。

ステータスレジスタはI/Oメモリ空間でアクセスできます。

## 6.7. スタックとスタック ポインタ

スタックは割り込みとサブルーチン呼び出し後の復帰アドレスの格納に使用されます。一時データの格納にも使用できます。スタック ポインタ(SP)レジスタは常にスタックの先頭(**訳注**:次に使用されるべき位置)を指し示します。これはI/Oメモリ空間でアクセス可能な2つの8ビットレジスタとして実装されます。データは**PUSH**命令と**POP**命令を使用してスタックへ格納とスタックから取得されます。スタックは上位メモリ位置から下位メモリ位置へ増えます。これはスタックへのデータ格納がSPを減らし、スタックからのデータ取得がSPを増すことを意味します。SPはリセット後に自動的に設定され、その初期値は内部SRAMの最上位アドレスです。SPが変更されるなら、それは\$2000番地以上を指し示すように設定されなければならず、そして何れかのサブルーチン呼び出しが実行される前、または割り込みが許可される前に定義されなければなりません。

割り込みまたはサブルーチン呼び出しの間、自動的に復帰アドレスがスタックへ格納されます。復帰アドレスはデバイスのプログラム メモリ量に依存して2または3バイトで有り得ます。128Kバイト以下のプログラム メモリを持つデバイスについては復帰アドレスが2バイトで、故にスタック ポインタは+2/-2されます。128Kバイトを越えるプログラム メモリを持つデバイスについては復帰アドレスが3バイトで、故にSPは+3/-3されます。復帰アドレスは**RETI**命令を使用して割り込みから、または**RET**命令を使用してサブルーチン呼び出しから戻る時にスタックから取得されます。

データが**PUSH**命令でスタックに格納される時にSPは-1され、**POP**命令を使用してスタックからデータを取得する時に+1されます。

ソフトウェアからのスタック ポインタ更新時の改変を防ぐため、SPL書き込みは4命令までに対して、または次のI/Oメモリ書き込みまで割り込みを自動的に禁止します。

リセット後、スタック ポインタはSRAMの最高アドレスに初期化されます。[13頁の図7-2](#)をご覧ください。

## 6.8. レジスタ ファイル

レジスタ ファイルは単一クロック周期アクセス時間を持つ32個の8ビット汎用作業レジスタから成ります。レジスタ ファイルは以下の入出力機構を支援します。

- 1つの8ビット出力オペランドと1つの8ビットの結果入力
- 2つの8ビット出力オペランドと1つの8ビットの結果入力
- 2つの8ビット出力オペランドと1つの16ビットの結果入力
- 1つの16ビット出力オペランドと1つの16ビットの結果入力

32個のレジスタの6つはデータ空間のアドレス指定用の3つの16ビット アドレス レジスタ ポインタとして用いることができ、効率的なアドレス計算を許します。3つのアドレス ポインタの1つはプログラム用フラッシュ メモリ内の参照表用のアドレス ポインタとしても用いることができます。

## 7. メモリ

### 7.1. 要点

- フラッシュ プログラム メモリ
  - 1つの直線的なアドレス空間
  - 実装書き換え可能(In-System Reprogrammable)
  - 自己プログラミングとブートローダ支援
  - 応用コード用応用領域
  - 応用コードまたはデータ記憶用応用表領域
  - 応用コードまたはブートローダコード用ブートローダ領域
  - 全領域に対する独立した読み/書き保護施錠ビット
  - 選択可能なフラッシュ プログラム メモリ領域の組み込み高速CRC検査
- データ メモリ
  - 1つの直線的なアドレス空間
  - CPUからの単一周期アクセス
  - SRAM
  - EEPROM
    - バイトまたはページでのアクセスが可能
    - 直接取得/格納に対する任意のメモリ配置割り当て
  - I/Oメモリ
    - 全ての部署と周辺機能に対する形態設定と状態のレジスタ
    - 全体変数またはフラグ用にビット アクセス可能な16個の汎用I/Oレジスタ
- 工場書き込みデータ用製品識票列メモリ
  - 各マイクロ コントローラに対するID
  - 各デバイスに対する通番
  - 工場校正された周辺機能用の校正バイト
- 使用者識票列
  - 1つのフラッシュ ページ容量
  - ソフトウェアから読み書き可能
  - チップ消去後も内容保持

### 7.2. 概要

Atmel AVR構造はプログラム メモリとデータ メモリの主な2つのメモリ空間を持ちます。実行可能コードはプログラム用メモリにだけ属し、一方データはプログラム用メモリとデータ用メモリに格納することができます。データ用メモリはSRAMと不揮発性データ記憶用のEEPROMを含みます。全てのメモリ空間は直線状でメモリ バンク切り換えを必要としません。不揮発性メモリ(NVM:Non-Volatile Memory)空間は更なる書き込みと読み書きの操作に対して施錠することができます。これは応用ソフトウェアの無制限なアクセスを防ぎます。

独立したメモリ領域がヒューズ バイトを含みます。これらは重要なシステム機能の形態設定に使用され、外部書き込み器によってのみ書くことができます。

利用可能なメモリ容量形態は2ページの「注文情報」で示されます。加えて、各デバイスは校正データ、デバイス識別、通番などに関するフラッシュメモリ識票列を持っています。

### 7.3. フラッシュ プログラム メモリ

Atmel AVR XMEGAデバイスはチップ上にプログラム記憶用の実装書き換え可能なフラッシュ メモリを含みます。フラッシュ メモリはPDIを通す外部書き込み器またはデバイスで走行する応用ソフトウェアから読み書きアクセスができます。

全てのAVR CPU命令は16または32ビット幅、フラッシュの各アドレス位置は16ビットです。フラッシュ メモリは応用領域とブートローダ領域の2つの主な領域で構成されます。各領域の容量は固定ですが、デバイス依存です。これら2つの領域は独立した施錠ビットを持ち、異なる保護段階を持てます。応用ソフトウェアからフラッシュを書くのに使用されるSPM(Store Program Memory)命令はブートローダ領域から実行される時にだけ動作します。

応用領域は独立した施錠設定を持つ応用表領域を含みます。これはプログラム メモリ内の不揮発性データの安全な記憶を許します。

応用表領域とブート領域は一般的な応用ソフトウェアにも使用することができます。

図7-1. フラッシュ プログラム メモリ (16進アドレス)

語アドレス				
ATxmega128D4	ATxmega64D4	ATxmegaD4	ATxmega16D4	
00000	0000	0000	0000	応用領域 (128/64/32/16Kバイト)
0EFFF	77FF	37FF	17FF	
0F000	7800	3800	1800	応用表領域 (8/4/4/4Kバイト)
0FFFF	7FFF	3FFF	1FFF	
10000	8000	4000	2000	ブート領域 (8/4/4/4Kバイト)
10FFF	87FF	47FF	27FF	

### 7.3.1. 応用領域 (Application Section)

応用領域は実行可能な応用コードを格納するのに使用されるフラッシュの領域です。応用領域に対する保護段階はこの領域用のブート施錠ビット(ブート施錠ビットA)によって選択できます。**SPM**命令は応用領域から実行することができないので、応用領域はどんなブートローダコードも格納できません。

### 7.3.2. 応用表領域 (Application Table Section)

応用表領域はデータの格納に使用できるフラッシュの応用領域の一部です。容量はブートローダ領域と同じです。応用表に対する保護段階はこの領域用のブート施錠ビット(ブート施錠ビットT)によって選択できます。応用領域と応用表領域で異なる保護段階にできることはプログラムメモリの安全なパラメータ記憶を可能にします。この領域がデータ用に使用されないなら、ここに応用コードが存在できます。

### 7.3.3. ブートローダ領域 (Boot Loader Section)

応用領域が応用コードの格納に使用される一方、**SPM**命令がこの領域から実行する時にだけプログラミングを始められるので、ブートローダソフトウェアはブートローダ領域に配置されなければなりません。**SPM**命令はブートローダ領域それ自身を含むフラッシュ全体をアクセスできます。ブートローダ領域に対する保護段階はブートローダ施錠ビット(ブート施錠ビットB)によって選択できます。この領域がブートローダソフトウェア用に使用されないなら、ここに応用コードを格納することができます。

### 7.3.4. 製品識票列 (Production Signature Row)

製品識票列は工場書き込みデータ用の独立したメモリ領域です。これは発振器やアナログ部のような機能用の構成データを含みます。いくつかの校正值はリセット中に対応する部署または周辺機能部へ自動的に格納されます。その他の値はソフトウェアで識票列から取得されて対応する周辺機能レジスタに書かれなければなりません。校正条件の詳細については49頁の「電気的特性」を参照してください。

製品識票列は各マイクロコントローラ型式を識別するIDと製造された各デバイスに対する通番も含みます。通番はそのデバイスに対する製品ロット番号、ウェハー番号、ウェハー座標から成ります。利用可能なデバイスに対するデバイスIDは表7-1.で示されます。

製品識票列は消去や書き込みができませんが、応用ソフトウェアと外部書き込み器から読むことができます。

表7-1. XMEGA D4デバイス用デバイスIDバイト

デバイス	内容		
	第1バイト	第2バイト	第3バイト
ATxmega16D4	1E	94	42
ATxmega32D4	1E	95	42
ATxmega64D4	1E	96	47
ATxmega128D4	1E	97	47

### 7.3.5. 使用者識票列 (User Signature Row)

使用者識票列は応用ソフトウェアと外部の書き込み器から完全にアクセス(読み書き)可能な独立したメモリ領域です。これは1つのフラッシュページ容量で、校正データ、独自の通番や識別番号、乱数の種(素)などのような静的な使用者パラメータ記憶を予定されています。この領域はフラッシュメモリを消去するチップ消去指令によって消去されず、専用の消去指令を必要とします。これは多数回の消去/書き込み操作とチップ上デバッグ作業中のパラメータ記憶を保証します。

## 7.4. ヒューズと施錠(Lock)ビット

ヒューズは重要なシステム機能を形態設定するのに使用され、外部プログラミングインターフェースから書くことができます。応用ソフトウェアはヒューズを読むことができます。ヒューズは低電圧検出器(BOD:Brown-out Detector)やウォッチドッグのようなリセット元形態設定や始動形態設定に使用されます。

施錠ビットは各種フラッシュ領域の保護段階設定に使用されます(換言すると、読み(と/または)書きのアクセスが防止されるべき場合に)。施錠ビットは外部書き込み器と応用ソフトウェアから書けますが、より厳しい保護へだけです。チップ消去が施錠ビットを消去する唯一の方法です。例えばチップ消去中でもフラッシュ内容が保護されることを保証するため、施錠ビットはフラッシュメモリの残りの部分が(完全に)消去された後に消去されます。

非プログラムにされたヒューズと施錠のビットは値1を持ち、一方プログラムにされたヒューズと施錠のビットは値0を持ちます。

ヒューズと施錠ビットの両方はプログラム用フラッシュメモリのように書き換え可能です。

## 7.5. データ メモリ

データ メモリはI/Oメモリ、内部SRAM、任意選択のメモリ配置割り当てEEPROMを含みます。データ メモリは1つの続いたメモリ領域として構成されます。[図7-2](#)をご覧ください。開発を簡単化するため、全てのAtmel AVR XMEGAデバイスでI/Oメモリ、EEPROMとSRAMは常に同じ開始アドレスを持ちます。

図7-2. データ メモリ割り当て (16進アドレス)

バイト アドレス				
ATxmega128D4	ATxmega64D4	ATxmega32D4	ATxmega16D4	
0000	0000	0000	0000	I/Oメモリ (4/4/4/4Kバイト)
0FFF	0FFF	0FFF	0FFF	
1000	1000	1000	1000	EEPROM (2/2/1/1Kバイト)
17FF	17FF	13FF	13FF	(予約)
2000	2000	2000	2000	内部SRAM (8/4/4/2Kバイト)
3FFF	2FFF	2FFF	27FF	

## 7.6. EEPROM

全てのデバイスは不揮発性データ記憶用にEEPROMを持っています。それは独立したデータ空間(既定)でのアドレス指定、または通常のデータ空間にメモリ配置割り当てしてアクセスする、のどちらかにできます。EEPROMはバイトとページの両アクセスを支援します。メモリ配置割り当てEEPROMは高い効率のEEPROM読み込みとEEPROM緩衝部格納を許します。これを行うと、EEPROMは取得と格納の命令を使用してアクセスできます。メモリ配置割り当てEEPROMは常に16進アドレス\$1000で始まります。

## 7.7. I/Oメモリ

CPUを含む部署と周辺機能に関する状態と形態設定のレジスタはI/Oメモリ位置を通してアドレス指定できます。全てのI/O位置は取得(LD/LDD/LDS)と格納(ST/STD/STS)命令によってアクセスでき、そしてそれはレジスタ ファイル内の32個のレジスタとI/Oメモリ間でデータを転送するのに使用されます。IN命令とOUT命令は\$0000～\$003F範囲のI/Oメモリ位置を直接アドレス指定できます。アドレス範囲\$0000～\$001Fでは個別ビットの操作と検査の命令が利用できます。

XMEGA D4に於ける全ての周辺機能と部署に対するI/Oメモリ アドレスは[44頁の「周辺機能部署アドレス割り当て」](#)で示されます。

### 7.7.1. 汎用I/Oレジスタ

最下位16個のI/Oメモリ アドレスは汎用I/Oレジスタ用に予約されています。これらのレジスタは、それらがSBI,CBI, SBIS,SBIC命令を使用して直接ビット アクセスが可能のため、全体変数とフラグの格納に使用することができます。

## 7.8. データ メモリとバス調停

データ メモリが4つの独立したメモリの組として構成されるため、異なるバス主権部(CPUなど)が同時に異なるメモリをアクセスし得ます。

## 7.9. メモリ タイミング

I/Oメモリへの読み書きアクセスは1CPUクロック周期かかります。SRAMへの書き込みは1周期かかり、SRAMからの読み込みは2周期かかります。EEPROMページ設定(書き込み)は1周期かかり、読み込みに対して3周期が必要です。集中読み込みについては新しいデータが毎2周期で利用可能です。命令と命令タイミングのより多くの詳細については命令要約を参照してください。

## 7.10. デバイスIDと改訂

各々のデバイスは3バイトのデバイスIDを持ちます。このIDはデバイスの製造業者としてのAtmelとデバイス型式を明らかにします。独立した改訂版ID(REVID)レジスタはデバイスの改訂版番号を含みます。

## 7.11. I/Oメモリ保護

デバイス内のいくつかの機能はいくつかの応用での安全性に大いに関係します。このため、クロック系、[事象システム](#)、[新波形拡張](#)に関連するI/Oレジスタの施錠が可能です。施錠が許可されている限り、全ての関連I/Oレジスタが施錠され、それらは応用ソフトウェアから書くことができません。それら自身の施錠レジスタは形態設定変更保護機構によって保護されます。



## 7.12. フラッシュ メモリとEEPROMのページ容量

プログラム用フラッシュ メモリとデータ用EEPROMはページで構成されています。ページはフラッシュ メモリに対して語アクセス可能で、EEPROMに対してバイト アクセス可能です。

表7-2.はプログラム用フラッシュ メモリ構成とプログラム カウンタ(PC)の大きさを示します。フラッシュの消去と書きこみの操作は1ページ毎に実行され、一方フラッシュ読み込みは1バイト毎に行われます。フラッシュ アクセスに関してはアドレス指定にZポインタ(Zn~0)が使用されます。アドレスの上位側(FPAGE)がページ番号を与え、下位側アドレスビット(FWORD)がページ内の語(位置)を与えます。

表7-2. フラッシュ メモリ内のページ数と語数

デバイス	フラッシュ容量 (バイト)	ページ容量 (語)	FPAGE	FWORD	応用領域		ブート領域	
					容量	ページ数	容量	ページ数
ATxmega16D4	16KB+4KB	128	Z14~8	Z7~1	16KB	64	4KB	16
ATxmega32D4	32KB+4KB	128	Z15~8	Z7~1	32KB	128	4KB	16
ATxmega64D4	64KB+4KB	128	Z16~8	Z7~1	64KB	256	4KB	16
ATxmega128D4	128KB+8KB	128	Z17~8	Z7~1	128KB	512	8KB	16

表7-3.はAtmel AVR XMEGA D4デバイス用のEEPROM構成を示します。EEPROMの消去と書きこみの操作は1ページまたは1バイト毎に実行され、一方EEPROM読み込みは1バイト毎に行われます。EEPROMアクセスに関してはアドレス指定にNVMアドレス レジスタ(ADDRn~0)が使用されます。アドレスの上位側(E2PAGE)がページ番号を与え、下位側アドレスビット(E2BYTE)がページ内のバイト(位置)を与えます。

表7-3. EEPROM内のページ数とバイト数

デバイス	EEPROM容量 (バイト)	ページ容量 (バイト)	E2PAGE	E2BYTE	ページ数
ATxmega16D4	1KB	32	ADDR9~5	ADDR4~0	32
ATxmega32D4	1KB	32	ADDR9~5	ADDR4~0	32
ATxmega64D4	2KB	32	ADDR10~5	ADDR4~0	64
ATxmega128D4	2KB	32	ADDR10~5	ADDR4~0	64

(訳補) フラッシュ メモリは応用領域とブート領域が\$000000番地から連続的に配置されています。このため、例えば応用領域が64KBの場合の領域内に於けるZポインタのMSBはZ15ですが、ブート領域分まで含めた全領域に対してはZ16になります。またSPM命令ではフラッシュ メモリをページ単位で扱い、ページ内は語単位で扱います。このため、ZポインタのLSB(Z0)は常に無視されます。(E)LPM命令はバイト単位で扱うのでLSB(Z0)も使用されます。表7-2.のFPAGE及びFWORDのZポインタはSPM命令に対するものです。

## 8. 事象システム

### 8.1. 要点

- 周辺機能から周辺機能への直接的な通信と合図のためのシステム
- 周辺機能は周辺機能事象へ直接的に送る、受ける、反応が可能
  - CPU独立動作
  - 100%予測可能な信号タイミング
  - 短く保証された応答時間
- 4つまでの異なる平行信号経路と形態設定の4つの事象チャネル
- 事象は殆どの周辺機能、クロック系、ソフトウェアによって送出、そして/または使用することが可能
- 以下の付加機能
  - 直交復号
  - 入出力ピン変化のデジタル濾波
- 活動動作とアイドル動作で作動

### 8.2. 概要

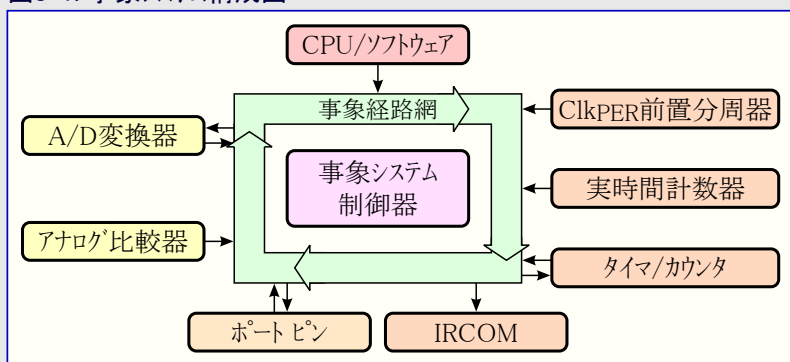
事象システムは周辺機能から周辺機能への直接的な通信と合図のためのシステムです。それは或る周辺機能の変化に別の周辺機能の自動起動活動を許します。これは周辺機能間の短くて予測可能な応答時間のために予測可能な系を提供するように設計されています。それは割り込みやCPUなしで自律の周辺機能制御との相互作用を許し、従って応用コードの複雑さ、大きさ、実行時間を減らすための強力なツールです。それはまた、多数の周辺機能部署での同期した活動タイミングを許します。

周辺機能の状態変化は事象として参照され、通常、周辺機能に対する割り込み条件に対応します。事象は事象経路網と呼ばれる専用の配線網を用いて他の周辺機能へ直接渡すことができます。周辺機能によって事象がどう配線され、どう使用されるかはソフトウェアで形態設定されます。

図8-1は接続された全ての周辺機能の基本構成図を示します。事象システムはA/D変換器、アナログ比較器、入出力ポートピン、実時間計数器、タイマ/カウンタ、IR通信部署(IRCOM)を共に直接的に接続することができます。事象はソフトウェアと周辺クロックからも生成することができます。

事象配線網は事象がどう配線され、どう使用されるかを制御する、ソフトウェアで形態設定可能な4つの多重器から成ります。これらは事象チャネルと呼ばれ、4つまでの並列事象配線形態設定を許します。最大配線遅れは2周辺クロック周期です。事象システムは活動動作とアイドル休止動作の両形態で動きます。

図8-1. 事象システム構成図





## 9. システム クロックとクロック選択

### 9.1. 要点

- 高速な始動時間
- 安全な走行時クロック切り替え
- 内部発振器:
  - 32MHz走行時校正付き調整可能な発振器
  - 2MHz走行時校正付き発振器
  - 32.768kHz校正付き発振器
  - 1kHz出力を持つ32kHz超低電力(ULP)発振器
- 外部クロック任意選択
  - 0.4~16MHzクリスタル用発振器
  - 32.768kHzクリスタル用発振器
  - 外部クロック信号
- 20~128MHz出力周波数を持つPLL
  - 内部及び外部クロック任意選択と1~31通倍
  - 固定化検出器
- 1~2048分周のクロック前置分周器
- CPUクロック周波数の2倍と4倍で走行する高速周辺クロック
- 内部発振器の走行時自動校正
- 任意選択遮蔽不可割り込みを持つ、外部発振器とPLL固定化失敗検出

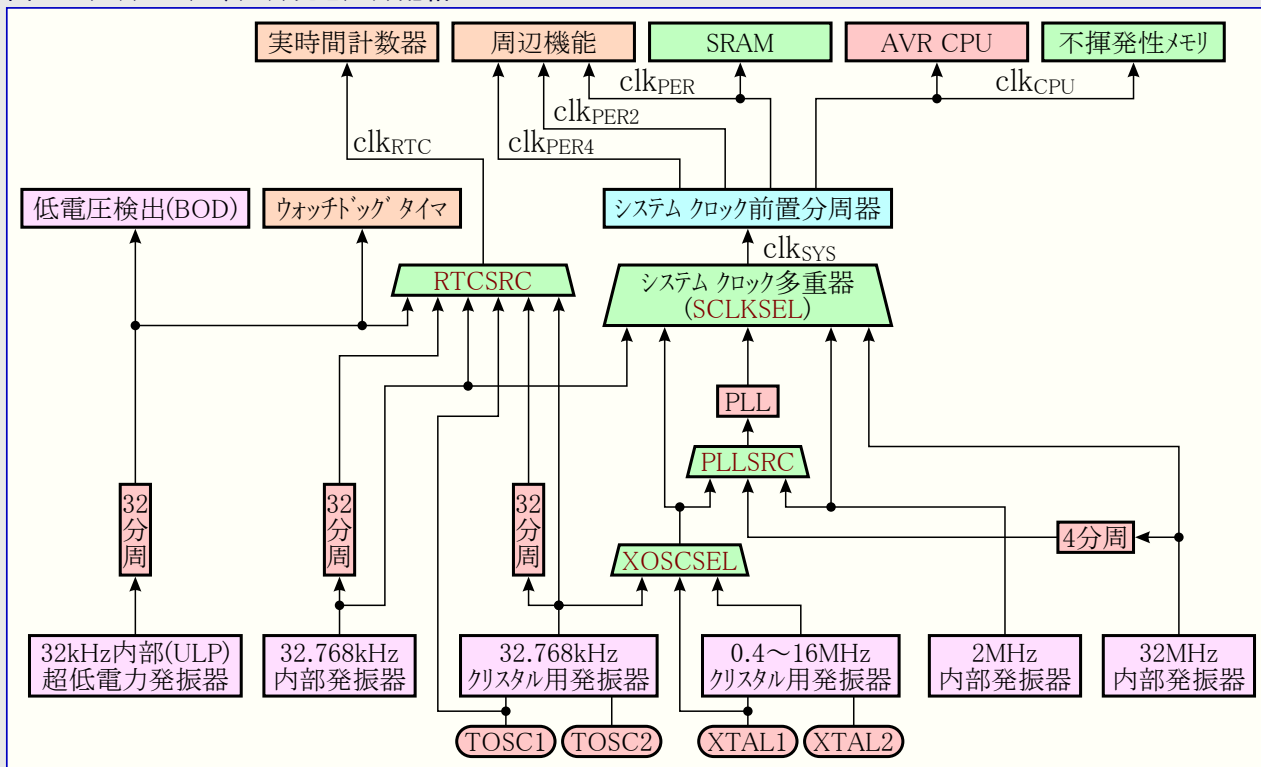
### 9.2. 概要

Atmel AVR XMEGA D4デバイスには多数のクロック元を支援する柔軟なクロックシステムを持ちます。これは正確な内部発振器と外部のクリスタル発振器とセラミック振動子の支援の両方を結合します。高周波数の位相固定閉路(PLL:Phase Locked Loop)とクロック前置分周器が広い範囲のクロック周波数生成に使用できます。校正機能(DFL)が利用可能で、電圧と温度に渡る周波数変動を取り去るための内部発振器の走行時自動校正に使用できます。クリスタル用発振器停止監視器は外部発振器やPLLが停止した場合に遮蔽不可割り込みの発行と内部発振器の切り替えを許可することができます。

リセット発生時、32kHz超低電力を除く全ての発振器が禁止されます。リセット後、デバイスは常に2MHz内部発振器からの走行で始動します。標準動作の間はシステムクロック元と前置分周器はソフトウェアによって何時でも変更することができます。

図9-1.はXMEGA D4系デバイスの原則的なクロックシステムを表します。クロックの全てが与えられた時間で活動を必要とする訳ではありません。CPUと周辺機能用のクロックは18頁の「電力管理と休止形態動作」で記述されるように、休止形態動作と電力削減レジスタを使用して停止することができます。

図9-1. クロック システム、クロック元とクロック配給



### 9.3. クロック元

クロック元は2つの主な群、内部発振器と外部クロック元に分けられます。クロック元の殆どはソフトウェアから直接的に許可と禁止ができ、一方その他は周辺機能設定に依存して自動的に許可または禁止されます。リセット後にデバイスは2MHz内部発振器からの走行で始動します。既定での他のクロック元、DFLL、PLLはOFFされます。

内部発振器は動作のためにどんな外部部品も必要としません。内部発振器の特性と精度の詳細についてはデバイスのデータシートを参照してください。

#### 9.3.1. 32kHz超低電力発振器

この発振器は概ね32kHzのクロックを提供します。32kHz超低電力(ULP)内部発振器は非常に低い電力のクロック元で、高い精度用には設計されていません。この発振器は1KHz出力を提供する組み込み前置分周器を使用します。この発振器はデバイスのどれかの部分に対してクロック元として使用される時に自動的に許可/禁止が行われます。この発振器は**実時間計数器(RTC)**に対するクロック元として選択することができます。

#### 9.3.2. 32.768kHz校正付き内部発振器

この発振器は概ね32.768kHzのクロックを提供します。これは公称周波数に近い既定周波数を提供するため、製造中に校正されます。32.768kHz発振器校正(RC32KCAL)レジスタは発振器周波数の走行時校正のためにソフトウェアからも書けます。発振器は32.768kHz出力と1.024kHz出力の両方を提供する組み込み前置分周器を使用します。この発振器はシステムクロック、RTC、DFLL基準クロックに対するクロック元として使用することができます。

#### 9.3.3. 32.768kHzクリスタル用発振器

32.768kHzクリスタル用発振器はTOSC1とTOSC2のピン間に接続することができ、専用の低周波数発振器入力回路を許します。TOSC2での低減された電圧振れ幅を持つ低電力動作形態が利用可能です。この発振器はシステムクロック、RTC、DFLL基準クロックに対するクロック元として使用することができます。

#### 9.3.4. 0.4~16MHzクリスタル用発振器

この発振器は0.4~16MHz内全てを含む各周波数範囲に最適化された4つの異なる動作で働けます。

#### 9.3.5. 2MHz走行時校正付き内部発振器

2MHz走行時校正付き内部発振器はリセット後の既定システムクロック元です。これは公称周波数に近い既定周波数を提供するため、製造中に校正されます。温度と電圧の変動に対する補償と発振器精度最適化のため、走行時自動校正にデジタル周波数固定化閉路(DFLL:Digital Frequency Locked Loop)を許可することができます。

#### 9.3.6. 32MHz走行時校正付き内部発振器

32MHz走行時校正付き内部発振器は高周波数発振器です。これは公称周波数に近い既定周波数を提供するため、製造中に校正されます。発振器精度の最適化のための温度と電圧の変動に対する補償のため、走行時自動校正にDFLLを許可することができます。この発振器は30~55MHz間のどの周波数にも調整、校正することができます。

#### 9.3.7. 外部クロック入力

XTAL1とXTAL2ピンは水晶クリスタルまたはセラミック振動子のどちらに対しても、外部発振器を駆動するのに使用できます。XTAL1は外部クロック信号に対する入力としても使用できます。TOSC1とTOSC2ピンは32.768kHzクリスタル用発振器駆動専用です。

#### 9.3.8. 1~31の倍率を持つPLL

組み込み位相固定化閉路(PLL)は高周波数システムクロックを生成するのに使用することができます。PLLは使用者選択可能な1~31の倍率を持ちます。前置分周器との組み合わせで、これは全てのクロック元から広範囲の出力周波数を与えます。

## 10. 電力管理と休止形態動作

### 10.1. 要点

- 消費電力と機能を調節するための電力管理
- 5つの休止形態動作種別
  - アイドル
  - パワーダウン
  - パワーセーブ
  - スタンバイ
  - 拡張スタンバイ
- 活性とアイドルの動作形態でクロックを禁止して未使用周辺機能をOFFにするための電力削減レジスタ

### 10.2. 概要

電力消費を応用の必要条件に仕立てるために様々な休止形態動作とクロック開閉が提供されます。これは節電のための未使用部署の停止をAtmel AVR XMEGAマイクロ コントローラに許します。

全ての休止形態が利用可能で、活動動作から移行することができます。活動動作ではCPUが応用コードを実行します。デバイスが休止形態動作に移行すると、プログラム実行が停止され、再びデバイスを起動するのに割り込みまたはリセットが使用されます。応用コードは何時、どの休止動作形態へ移行するかを決めます。許可された周辺機能からの割り込みと許可された全てのリセット元がマイクロ コントローラを休止から活動動作に回復することができます。

加えて、電力削減レジスタはソフトウェアから個別周辺機能へのクロックを停止する方法を提供します。これが行われると、周辺機能の現在の状態は凍結され、その周辺機能からの電力消費はありません。これは活動動作とアイドル動作での消費電力を減らし、休止形態動作だけよりも遥かに細かく調整された電力管理を可能にします。

### 10.3. 休止形態動作

休止形態動作は節電のためにマイクロ コントローラ内の部署とクロック範囲を停止するのに使用されます。XMEGAマイクロ コントローラは応用実行中の代表的な機能段に合うように調整された5つの異なる休止形態動作を持ちます。休止形態へ移行するための専用休止命令 (**SLEEP**) が利用できます。休止からデバイスを起動するのに割り込みが使用され、利用可能な割り込み起動元は形態設定された休止形態種別に依存します。許可された割り込みが起こると、デバイスは起動し、**SLEEP** 命令の後の最初の命令から通常のプログラム実行を継続する前に、割り込み処理ルーチンを実行します。起動が起きた時により高い優先権の他の割り込みが保留中の場合、起動割り込みに対する割り込み処理ルーチンが実行される前に、それらの割り込み処理ルーチンがそれらの優先権に従って実行されます。起動後、CPUは実行を開始する前に4クロック周期停止します。

レジスタ ファイル、SRAM、I/Oレジスタの内容は休止中も維持されます。休止の間にリセットが起きた場合、デバイスはリセットし、リセット ベクタから始動して実行します。

#### 10.3.1. アイドル動作

アイドル動作ではCPUと不揮発性メモリが停止されますが(進行中のどのプログラミングも完了されることに注意)、[割り込み制御器と事象システム](#)を含む全ての周辺機能は動作を維持されます。許可されたどの割り込みもデバイスを起動します。

#### 10.3.2. パワーダウン動作

パワーダウン動作では[実時間計数器](#)クロック元を含む全てのクロック元が停止されます。これは走行しているクロックを必要としない非同期部署だけの動作を許します。MCUを起動できる割り込みは[2線インターフェース](#) アドレス一致割り込み、[非同期ポート割り込み](#)だけです。

#### 10.3.3. パワーセーブ動作

パワーセーブ動作は1つの例外(以下)を除いて[パワーダウン動作](#)と同じです。実時間計数器が許可されているなら、それは休止中も動作を維持され、デバイスはRTCの上昇溢れまたは比較一致の割り込みのどちらからでも起動することができます。

#### 10.3.4. スタンバイ動作

スタンバイ動作は許可されているシステム クロック元が動作を維持され、一方CPU、周辺機能、RTCのクロックが停止される例外を除いて[パワーダウン動作](#)と同じです。これは起動時間を減らします。

#### 10.3.5. 拡張スタンバイ動作

拡張スタンバイ動作は許可されているシステム クロック元が動作を維持され、一方CPUと周辺機能のクロックが停止される例外を除いて[パワーセーブ動作](#)と同じです。これは起動時間を減らします。

## 11. システム制御とリセット

### 11.1. 要点

- リセット元が活性になる時にマイクロ コントローラをリセットして初期状態に設定
- 各種状況を網羅する多数のリセット元
  - 電源ONリセット
  - 外部リセット
  - ウォッチドッグ リセット
  - 低電圧(Brown-out)リセット
  - PDIリセット
  - ソフトウェア リセット
- 非同期動作
  - リセットにデバイス内のシステム クロックの走行が全く不要
- 応用コートからリセット元を読み取るためのリセット状態レジスタ

### 11.2. 概要

リセット システムはマイクロ コントローラ リセットを発行してデバイスをその初期状態に設定します。これはマイクロ コントローラがその電源定格以下で動作するような時に動作が開始または継続しない状況のためです。リセット元が活性(有効)になった場合、デバイスは全てのリセット元がそれらのリセットを開放するまでリセットに移行して保持されます。I/Oピンは直ちにHi-Zにされます。プログラム カウンタはリセット ベクタ位置に設定され、全てのI/Oレジスタがそれらの初期値に設定されます。SRAM内容は保持されます。けれども、リセット発生時にデバイスがSRAMをアクセスする場合、アクセスされた位置の内容を保証することはできません。

リセットが全てのリセット元から開放された後、デバイスがリセット ベクタ アドレスから走行を始める前に、既定発振器が始動され、そして校正されます。既定により、これは最低プログラム アドレス(0)ですが、リセット ベクタをブート領域の最低アドレスへ移動することが可能です。

リセット機能は非同期で、故にデバイスをリセットするのにシステム クロックの走行が全く必要とされません。ソフトウェア リセット機能は使用者ソフトウェアからの制御されたシステム リセットの発行を可能にします。

リセット状態(STATUS)レジスタは各リセット元に対する個別の状態フラグを持ちます。これは電源ONリセットで解除(0)され、最後の電源ONからどのリセット元がリセットを発行したかを示します。

### 11.3. リセットの流れ

何れかのリセット元からのリセット要求は直ちにデバイスをリセットし、その要求が活性(有効)である限り、リセットを維持します。全てのリセット要求が開放されると、再びデバイスが走行を始める前にデバイスは3つの段階を通して行きます。

- リセット計数器遅延
- 発振器始動
- 発振器校正

この処理中に別のリセット要求が起きると、リセットの流れは最初から始まります。

### 11.4. リセット元

#### 11.4.1. 電源ONリセット

電源ONリセット(POR)はチップ上の検出回路によって生成されます。PORはVCCが上昇してPOR閾値電圧(V<sub>POT</sub>)に達した時に活性にされ、リセット手順を開始します。

PORはVCCが下降してV<sub>POT</sub>レベル以下に落ちた時にデバイスの電力を正しく落とすのにも活性にされます。

V<sub>POT</sub>レベルはVCC上昇の方がVCC下降よりも高くなります。

#### 11.4.2. 低電圧検出(Brown-Out)リセット

チップ上の低電圧検出(BOD)回路はBODLEVELヒューズによって選択される設定可能なレベルの固定値と比較することにより、動作中のVCCレベルを監視します。禁止されると、BODはチップ消去中とPDIが許可されている時に最低レベルを強制されます。

#### 11.4.3. 外部リセット

外部リセット回路は外部RESETピンに接続されています。RESETピンが最小パルス時間t<sub>EXT</sub>より長くRESETピン閾値電圧V<sub>RST</sub>未満に駆動された時に外部リセットが起動されます。リセットはピンがLowに保たれる限り保持されます。リセット ピンは内部プルアップ抵抗を内包します。

#### 11.4.4. ウォッチドッグ リセット

ウォッチドッグ タイマ(WDT)は正しいプログラム動作を監視するためのシステム機能です。WDTが設定された時間経過周期内にソフトウェアからリセットされない場合、ウォッチドッグ リセットが起されます。ウォッチドッグ リセットは2MHz内部発振器で1~2クロック周期の間、活性(有効)です。より多くの詳細については21頁の「WDT - ウォッチドッグ タイマ」をご覧ください。

#### 11.4.5. ソフトウェア リセット

ソフトウェア リセットはリセット制御(CTRL)レジスタのソフトウェア リセット(SWRST)ビットへの書き込みによってソフトウェアからシステム リセットを発行することを可能にします。リセットはそのビット書き込み後、2 CPUクロック周期内で発行されます。ソフトウェア リセットが要求される時からそれが発行されるまではどの命令も実行できません。

#### 11.4.6. プログラミングとデバッグ用インターフェース リセット

[プログラミングとデバッグ用インターフェース](#) リセットは外部のプログラミングとデバッグの間中のデバイス リセットに使用される独立したリセット元を含みます。このリセット元はデバッガと書き込み器からだけアクセス可能です。

## 12. WDT – ウォッチドッグ タイマ

### 12.1. 要点

- 計時経過時間前に計時器がリセットされない場合にデバイス リセットを発行
- 専用発振器からの非同期動作
- 32kHz超低電力発振器の1kHz出力
- 8msから8sまで11種の選択可能な時間経過周期
- 2つの動作種別
  - 標準動作
  - 窓動作
- 望まれない変更を防ぐための形態設定施錠

### 12.2. 概要

ウォッチドッグ タイマ(WDT)は正しいプログラム動作を監視するシステム機能です。暴走や停滯コードのような異常状況からの回復を可能にします。WDTはタイマで、予め定義された時間経過周期に形態設定され、許可された時に定率的に走行します。WDTが時間経過周期内にリセットされない場合、WDTはマイクロ コントローラ リセットを発行します。WDTは応用コードからの**WDR**(Watchdog Timer Reset)命令を実行することによってリセットされます。

窓動作はWDTがリセットされなければならない総時間経過期間内の時間幅または窓の定義を可能にします。WDTが速すぎまたは遅すぎでこの窓の外側でリセットされると、システム リセットが発行されます。標準動作に比べ、これはコード異常が一定の**WDR**実行を引き起こす状況を捕らえることもできます。

許可されていれば、WDTは活動動作と全ての電力(休止形態)動作で作動します。これは非同期で、CPUと無関係なクロック元で動作し、例え主クロックが停止したとしても、システム リセットを発行するための動作を継続します。

形態設定変更保護機構はWDT設定が事故によって変更され得ないことを保証します。安全性を増すため、WDT設定を固定化するためのヒューズも利用可能です。



## 13. 割り込みと設定可能な多段割り込み制御器

### 13.1. 要点

- 短くて予想可能な割り込み応答時間
- 各割り込みに対して独立した形態設定と独立した割り込みベクタ
- 設定可能な多段割り込み制御器
  - 段位と割り込みベクタ アドレスに従った割り込み優先順化
  - 全ての割り込みに対して選択可能な3つの割り込み段位：下位、中位、上位
  - 低位割り込み内での選択可能なラウンドロビン優先権の仕組み
  - 重大な機能用の遮蔽不可割り込み
- 応用領域またはポートローダ領域に任意選択で配置される割り込みベクタ

### 13.2. 概要

割り込みは周辺機能の状態変化を合図し、これはプログラム実行の切り換えに使用できます。周辺機能は1つ以上の割り込みを持つことができ、その全てが個別に許可され、形態設定されます。割り込みが形態設定されて許可される時に割り込み条件が存在すると、割り込み要求を生成します。設定可能な多段割り込み制御器(PMIC)は割り込み要求の処理と優先順化を制御します。割り込み要求がPMICによって応答されると、プログラムカウンタが割り込みベクタを指示するように設定され、割り込み処理ルーチンを実行できます。

全ての周辺機能はそれらの割り込みに対して、低、中、高の3つの異なる優先レベルを選択できます。割り込みはそれらの段位とそれらのベクタアドレスに従って優先順化されます。中位割り込みは低位割り込み処理に割り込みます。高位割り込みは中位と低位の両方の割り込み処理に割り込みます。各レベル内では割り込み優先権が割り込みベクタアドレスから決められ、それは最下位割り込みベクタアドレスが最高割り込み優先権を持ちます。全ての割り込みが或る一定時間内に処理されるのを保証するために、低位割り込みは任意選択のラウンドロビン計画機構を持ちます。

遮蔽不可割り込み(NMI)も支援され、システムの重大な機能に使用することができます。

### 13.3. 割り込みベクタ

割り込みベクタは周辺機能の基準割り込みアドレスと各周辺機能内の特定割り込みに対する変位アドレスの合計です。Atmel AVR XMEGA D4デバイスに関する基準アドレスは表13-1.で示されます。周辺機能で利用可能な各割り込みに対する変位アドレスはXMEGA D4手引書内で各周辺機能に対して記述されます。割り込みを1つだけ持つ周辺機能または部署については表13-1.で割り込みベクタが示されます。プログラムアドレスは語アドレスです。

表13-1. リセットと割り込みのベクタ

プログラム アドレス (基準アドレス)	供給元	割り込み内容
\$000000	RESET	
\$000002	OSCF_INT_vect	クリスタル用発振器停止割り込みベクタ (NMI)
\$000004	PORTC_INT_base	ポートC割り込み基準
\$000008	PORTR_INT_base	ポートR割り込み基準
\$000014	RTC_INT_base	実時間計数器割り込み基準
\$000018	TWIC_INT_base	ポートC上の2線インターフェース割り込み基準
\$00001C	TCC0_INT_base	ポートC上のタイマ/カウンタ0割り込み基準
\$000028	TCC1_INT_base	ポートC上のタイマ/カウンタ1割り込み基準
\$000030	SPIC_INT_vect	ポートC上の直列周辺インターフェース(SPI)割り込みベクタ
\$000032	USARTC0_INT_base	ポートC上のUSART0割り込み基準
\$000040	NVM_INT_base	不揮発性メモリ割り込み基準
\$000044	PORTB_INT_base	ポートB割り込み基準
\$000056	PORTE_INT_base	ポートE割り込み基準
\$00005A	TWIE_INT_base	ポートE上の2線インターフェース割り込み基準
\$00005E	TCE0_INT_base	ポートE上のタイマ/カウンタ0割り込み基準
\$000080	PORTD_INT_base	ポートD割り込み基準
\$000084	PORTA_INT_base	ポートA割り込み基準
\$000088	ACA_INT_base	ポートA上のアナログ比較器割り込み基準
\$00008E	ADCA_INT_base	ポートA上のA/D変換器割り込み基準
\$00009A	TCD0_INT_base	ポートD上のタイマ/カウンタ0割り込み基準
\$0000AE	SPID_INT_vect	ポートD上の直列周辺インターフェース(SPI)割り込みベクタ
\$0000B0	USARTD0_INT_base	ポートD上のUSART0割り込み基準



## 14. 入出力ポート

### 14.1. 要点

- 個別形態設定を持つ34本の汎用入出力ピン
- 形態設定可能な駆動部と引き込み設定を持つ出力駆動部
  - コンプリメンタリ
  - ワイヤードAND
  - ワイヤードOR
  - バス保持
  - 反転入出力
- 割り込みと事象を持つ同期と/または非同期の感知付き入力
  - 両端感知
  - 上昇端感知
  - 下降端感知
  - Lowレベル感知
- 入力とワイヤードOR/AND形態設定での任意選択のプルアップとプルダウンの抵抗
- 全休止形態からデバイス起動できる非同期ピン変化感知
- 入出力ポート毎でピン遮蔽を持つ2つのポート割り込み
- ポートピンへの効率的で安全なアクセス
  - 専用の切り換え、解除(0)、設定(1)用レジスタ通すハードウェア読み-変更-書き
  - 単一操作で複数ピンの形態設定
  - ビットアクセス可能なI/Oメモリ空間へポートレジスタの割り当て
- ポートピンでの周辺クロック出力
- ポートピンでの実時間計数器クロック出力
- 事象チャネルがポートピンで出力可能
- デジタル周辺機能ピンの再割り当て
  - 選択可能なUSART、SPI、タイマ/カウンタの入出力ピン位置

### 14.2. 概要

1つのポートはピン0〜7で最大8つのポートピンから成ります。各ポートピンは形態設定可能な駆動部と引き込み設定を持つ入力または出力として形態設定することができます。それらは選択可能なピン変化条件用の割り込みと事象を持つ同期と非同期の入力感知も実装します。非同期ピン変化感知はクロックが全く動かない形態を含む全ての休止形態からピン変化がデバイスを起こせることを意味します。

全ての機能はピン毎に個別で形態設定可能ですが、単一操作で多数のピンを形態設定することができます。ピンは駆動値と/または引き込み抵抗の形態設定の安全で正しい変更のためのハードウェア読み-変更-書き(RMW)機能を持ちます。1つのポートピンの方向は他のどのピンの方向をも予期せず変更することなく変えることができます。

ポートピン形態設定は他のデバイス機能の入出力選択も制御します。それはポートピンへの周辺クロックと実時間クロックの両出力を持つことが可能で、それは外部使用に利用可能です。同じことが外部機能の同期と制御に使用できる、事象システムからの事象に適用されます。応用の必要性に対するピン配置の最適化のため、USART、SPI、タイマ/カウンタのような他のデジタル周辺機能は選択可能なピン位置に再割り当てすることができます。

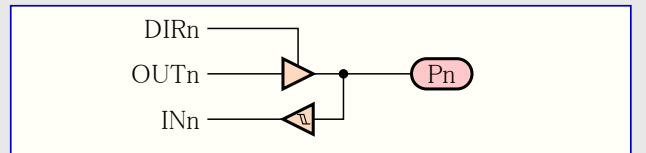
ポートの表記は、PORTA、PORTB、PORTC、PORTD、PORTE、PORTRです。

### 14.3. 出力駆動部

全てのポートピン(Pn)は設定可能な出力形態設定を持ちます。

#### 14.3.1. コンプリメンタリ(プッシュプル)

図14-1. I/Oピン形態 - コンプリメンタリ(プッシュプル)



### 14.3.2. プルダウン

### 14.3.3. プルアップ

### 14.3.4. バス保持

バス保持の弱い出力は最後の出力値と同じ論理値を生成します。最後の値が1だったならプルアップとして、最後の値が0だったなら、プルダウンとして働きます。

### 14.3.5. その他

図14-2. I/Oピン形態 – 入力プルダウン付きコンプリメンタリ

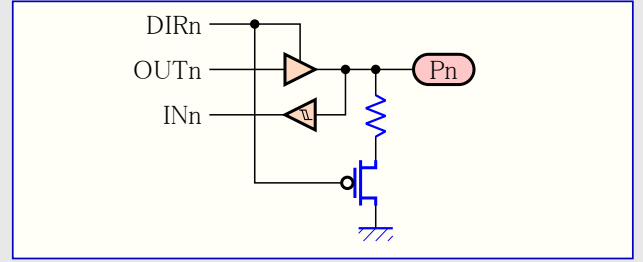


図14-3. I/Oピン形態 – 入力プルアップ付きコンプリメンタリ

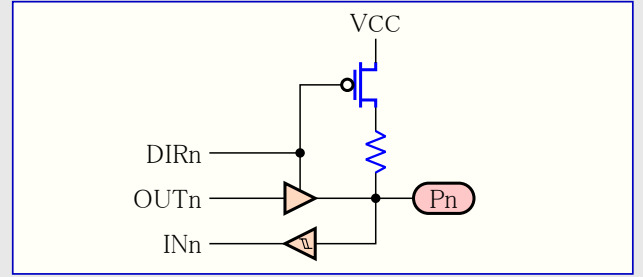


図14-4. I/Oピン形態 – バス保持付きコンプリメンタリ

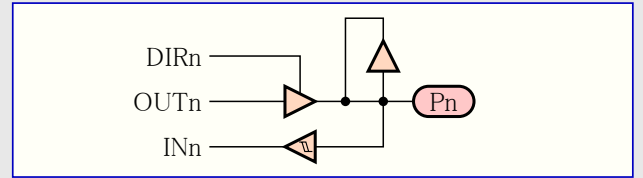


図14-5. 出力形態 – 任意選択プルダウン付きワイヤードOR

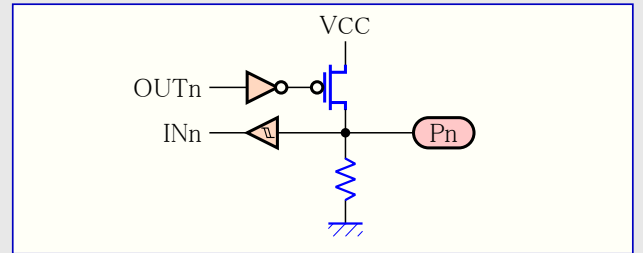
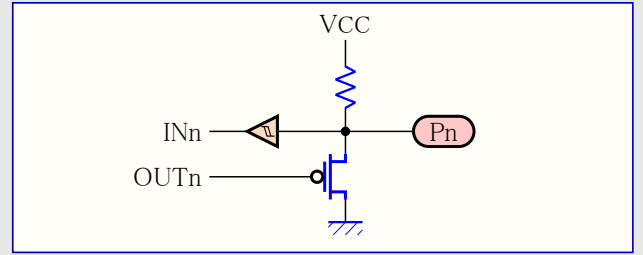


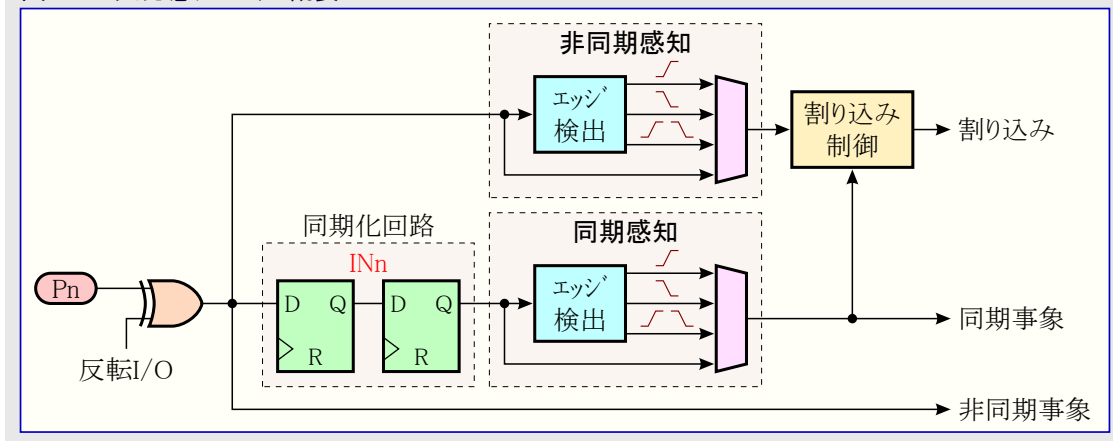
図14-6. 出力形態 – 任意選択プルアップ付きワイヤードAND



## 14.4. 入力感知

入力感知はポートに対して許可されたクロックに依存して同期または非同期で、この形態は図14-7.で示されます。

図14-7. 入力感知システム概要



ピンが反転I/Oで形態設定されると、ピン値は入力感知前に反転されます。

## 14.5. 交換ポート機能

殆どのポートピンは汎用I/Oピンであることに加えて交換ピン機能を持ちます。機能交換が許可されると、それは通常ポートピン機能またはピン値を無効にするかもしれません。これは他の周辺機能で必要とするピンが許可または使用ピンに形態設定される時に起きます。周辺機能がどう無効にして、ピンをどう使用するかはその周辺機能に関する章で記述されます。41頁の「ピン配置とピン機能」は周辺機能でどの部署がピンでの交換機能を許可するのかと、どの交換機能がピンで利用可能かを示します。

## 15. TC0/1 – 16ビット タイマ/カウンタ0型と1型

### 15.1. 要点

- 4つの16ビット タイマ/カウンタ
  - 3つの0型タイマ/カウンタ
  - 1つの1型タイマ/カウンタ
- 2つタイマ/カウンタの縦列接続によって支援される32ビット タイマ/カウンタ
- 4つまでの組み合わせた比較と捕獲(CC)チャネル
  - 0型のタイマ/カウンタに対して4つのCCチャネル
  - 1型のタイマ/カウンタに対して2つのCCチャネル
- 2重緩衝されたタイマ定期間設定
- 2重緩衝された比較と捕獲のチャネル
- 波形生成:
  - 周波数生成
  - 単一傾斜パルス幅変調
  - 2傾斜パルス幅変調
- 捕獲:
  - 雑音消去付き捕獲入力
  - 周波数捕獲
  - パルス幅捕獲
  - 32ビット捕獲入力
- タイマ経過溢れとタイマ異常の割り込み/事象
- CCチャネル当たり1つの比較一致または捕獲の割り込み/事象
- 事象システムと共に以下が使用可能:
  - 直交復号
  - 計数と方向の制御
  - 捕獲
- Hi-Res – 高分解能拡張
  - 周波数と波形の分解能を2ビット(×4)または3ビット(×8)増加
- AWeX – 新波形拡張
  - 設定可能な沈黙時間挿入(DTI)を持つLow側とHigh側の出力
  - 駆動部の安全な禁止のための事象制御された誤り保護

### 15.2. 概要

Atmel AVR XMEGA D4デバイスには4つの柔軟な16ビット タイマ/カウンタ(TC)の組を持ちます。それらの能力には正確なプログラム実行タイミング、周波数と波形の生成、事象管理、デジタル信号の時間と周波数の測定付きの捕獲入力を含みます。2つのタイマ/カウンタは任意選択の32ビット捕獲を持つ32ビット タイマ/カウンタを作成するために縦列接続することができます。

タイマ/カウンタは基本計数器と比較または捕獲(CC)チャネルの組から成ります。基本計数器はクロック周期または事象を計数するのに使用できます。これは方向制御とタイミングに使用することができる定期設定を持ちます。CCチャネルは基本計数器と共に、比較一致制御、周波数生成、パルス幅波形変調は勿論、様々な入力捕獲動作を行うのにも使用することができます。タイマ/カウンタは比較または捕獲のどちらの機能にも形態設定できますが、同時に両方を実行することはできません。

タイマ/カウンタは任意選択の前置分周付きの周辺クロックまたは事象システムからクロック駆動と計時を行うことができます。事象システムは方向制御と捕獲起動、または動作の同期にも使用することができます。

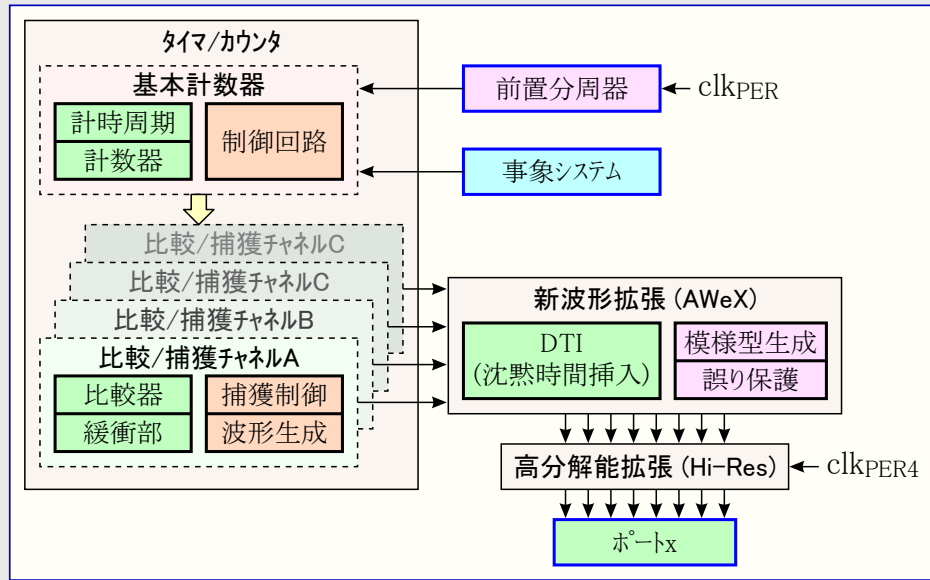
タイマ/カウンタの0型と1型間には2つの違いがあります。タイマ/カウンタ0は4つのCCチャネルを持ち、タイマ/カウンタ1は2つのCCチャネルを持ちます。CCチャネルCとCCチャネルDに関連する全ての情報はタイマ/カウンタ0に対してだけ有効です。タイマ/カウンタ0だけが各々4つの比較チャネルを持つ2つ8ビット タイマ/カウンタに分割する分割動作機能を持ちます。

いくつかのタイマ/カウンタはもっと特殊化された波形と周波数の生成を許すための拡張を持ちます。新波形拡張(AWeX)は電動機制御や他の電力制御応用を意図されています。それは沈黙時間挿入付きのLow側とHigh側の出力は勿論、禁止用の誤り保護や外部駆動部切断も許します。ポートピンの向こう側への同期したビット様式を生成することもできます。

新波形拡張はタイマ/カウンタに対して追加のもっと進化した機能の提供を許します。これはタイマ/カウンタ0でだけ利用可能です。より多くの詳細については29頁の「AWeX – 新波形拡張」をご覧ください。

高分解能(Hi-Res)拡張は周辺クロックよりも最大4倍速く走行する内部クロック元を使用することによって、波形出力分解能を4または8倍に増すのに使用することができます。より多くの詳細については30頁の「Hi-Res – 高分解能拡張」をご覧ください。

図15-1. タイマ/カウンタと密接に関連する周辺機能の概要



ポートCは1つのタイマ/カウンタ0と1つのタイマ/カウンタ1を持ち、ポートDとポートEは各々、1つのタイマ/カウンタ0を持ちます。これらの表記は各々、TCC0(タイマ/カウンタC0)、TCC1、TCD0、TCE0です。

## 16. TC2 – タイマ/カウンタ2型

### 16.1. 要点

- 6つの8ビット タイマ/カウンタ
  - 3つの下位バイト タイマ/カウンタ
  - 3つの上位バイト タイマ/カウンタ
- 各タイマ/カウンタ2で最大8つの比較チャンネル
  - 下位バイト タイマ/カウンタ用の4つの比較チャンネル
  - 上位バイト タイマ/カウンタ用の4つの比較チャンネル
- 波形生成
  - 単一傾斜パルス幅変調
- 計時器漏れ(アンダーフロー)割り込み/事象
- 下位バイト タイマ/カウンタ用の比較チャンネル当たり1つの比較一致割り込み/事象
- 計数制御に対して事象システムとで使用可

### 16.2. 概要

3つのタイマ/カウンタ2があります。これらは**タイマ/カウンタ0**が分割動作に設定される時に実現されます。これは各々4つの比較チャンネルを持つ2つの8ビット タイマ/カウンタのシステムです。これは個別に制御されるデューティ サイクルを持つ8つの形態設定可能なパルス幅変調(PWM:Pulse Width Modulation)を与え、多くのPWMチャンネルが必要な応用に意図されています。

2つの8ビット タイマ/カウンタはこのシステムに於いて各々、下位バイトタイマ/カウンタと上位バイトタイマ/カウンタとして参照されます。それらの違いは下位バイト タイマ/カウンタだけが比較一致割り込みと事象を生成するのに使用できることです。2つの8ビット タイマ/カウンタは共用されるクロック元と、独立した定期と比較の設定を持ちます。それらは任意選択の前置分周を周辺クロックから、または事象システムからクロック駆動と計時をすることができます。計数器は常に下降計数です。

ポートC、ポートD、ポートEは各々1つのタイマ/カウンタ2を持ちます。これらの表記は各々、TCC2(タイマ/カウンタC2)、TCD2、TCE2です。

## 17. AWeX – 新波形生成拡張

### 17.1. 要点

- 各比較チャネルからの補完出力を持つ波形出力
- 4つの沈黙時間挿入(DTI)部
  - 8ビット分解能
  - 独立したHigh側とLow側の沈黙時間設定
  - 2重緩衝された沈黙時間
  - 任意選択の沈黙時間中の停止計時器
- ポートピンに渡って同期したビット様式を生成する模様型生成部
  - 2重緩衝された模様型生成
  - 任意選択のポートピンに渡る1つの比較チャネル出力の分配
- 瞬時と予め予測可能な誤り起動に対する事象制御された誤り保護

### 17.2. 概要

新波形拡張(AWeX)は波形生成(WG)動作でのタイマ/カウンタに追加の機能を提供します。これは主として各種形式の電動機や他の電力制御応用での使用が意図されています。これは外部駆動部の禁止と停止に対して沈黙時間挿入と誤り保護を持つLow側とHigh側の出力を許します。ポートピンに渡る同期されたビット模様を生成することもできます。

タイマ/カウンタ0からの波形生成器出力の各々は何れかのAWeX機能が許可される時に出力の補完対に分けられます。これらの出力対はLow側(LS)とHigh側(HS)切り換え間の沈黙時間挿入を持つ、WG出力の非反転LSと反転HSを生成する沈黙時間挿入(DTI)部を通過して行きます。DTI出力はポート無効化設定に従って標準ポート値を無効にします。

模様型生成部はそれが接続されたポートで同期したビット模様の生成に使用することができます。加えて、比較チャネルAからのWG出力は全てのポートピンを無効にして、(そこへ)配給することができます。模様型生成器部が許可されている時はDTI部が迂回されます。

誤り保護部は事象システムに接続され、AWeX出力を禁止する誤り条件を起動するのをどの事象でも可能にします。事象システムは予測可能で即時の誤り反応を保証し、誤り起動の選択に於ける柔軟性を与えます。

AWeXはTCC0に対して利用可能です。この表記はAWEXCです。



## 18. Hi-Res – 高分解能拡張

### 18.1. 要点

- 波形生成器分解能を最大8倍(3ビット)増加
- 周波数、単一傾斜PWM、2傾斜PWMの生成を支援
- これが同じタイマ/カウンタに使用される時にAWeXを支援

### 18.2. 概要

高分解能(Hi-Res)拡張はタイマ/カウンタからの波形生成出力の分解能を4または8倍に増やすのに使用することができます。これはタイマ/カウンタに対して周波数、単一傾斜PWM、2傾斜PWMの生成を行うのに使用することができます。これが同じタイマ/カウンタに使用される場合、AWeXと共に使用することもできます。

Hi-Res拡張は4倍周辺クロック( $\text{clkPER4}$ )を使用します。システム クロック前置分周器はHi-Res拡張が許可される時に4倍周辺クロックがCPUと周辺機能のクロック周波数よりも4倍高くなるように形態設定されなければなりません。

ポートCの各タイマ/カウンタに対して許可することができる1つのHi-Res拡張があります。この表記はHIRESCです。

## 19. RTC – 16ビット実時間計数器

### 19.1. 要点

- 16ビット分解能
- 選択可能なクロック元
  - 32.768kHz外部クリスタル
  - 外部クロック信号
  - 32.768kHz内部発振器
  - 32kHz内部ULP発振器
- 設定可能な前置分周器
- 1つの比較レジスタ
- 1つの定期レジスタ
- 定期上昇溢れでの計数器解除
- 任意選択の上昇溢れと比較一致での割り込み/事象

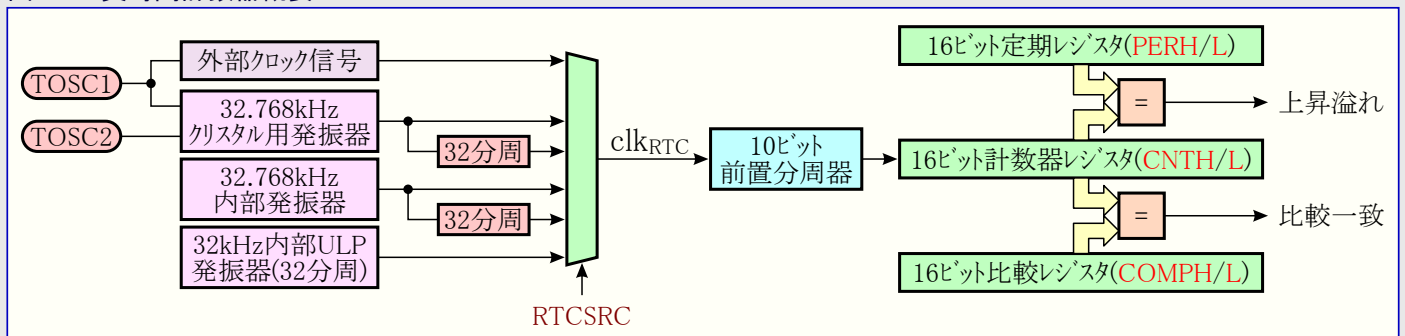
### 19.2. 概要

16ビット実時間計数器(RTC)は時間の経緯を保つために、低電力休止形態を含み、代表的に継続して走行する計数器です。これは規則的な間隔で休止形態からデバイスを起こしたり、デバイスに割り込むことができます。

基準クロックは代表的に32.768kHzの高精度クリスタルからの1.024kHzで、これは殆ど低電力消費用に最適化された形態設定です。RTCが1msよりも高い分解能を必要とするなら、より速い32.768kHz出力を選択することができます。RTCは外部クロック信号、32.768kHz内部発振器、または32kHz内部ULP発振器からもクロック駆動することができます。

RTCは計数器へ至る前に基準クロックを下げる可以降低設定可能な10ビットの前置分周器を含みます。広範囲の分解能と時間経過期間を形態設定することができます。32.768kHzのクロック元とで、最大分解能は30.5 $\mu$ s、時間経過期間は2000sまでにできます。1sの分解能とで、最大時間経過期間は18時間よりも多くなります(65536s)。RTCは計数器が比較レジスタ値と等しい時に比較割り込みや事象、定期レジスタ値と等しい時に上昇溢れ割り込みや事象を生じることができます。

図19-1. 実時間計数器概要



## 20. TWI – 2線インターフェース

### 20.1. 要点

- 2つの同様のTWI周辺機能
- 双方向2線インターフェース
  - Phillips社I<sup>2</sup>C適合
  - システム管理バス(SMBus)適合
- バス権利者(主装置)と従装置を支援
  - 従装置動作
  - 単一バス権利者(主装置)動作
  - 複数バス権利者(主装置)環境でのバス権利者(主装置)
  - 複数バス権利者(主装置)調停
- 柔軟な従装置アドレス一致機能
  - ハードウェアでの7ビットと一斉呼び出しのアドレス認証
  - 10ビット アドレス指定支援
  - 2重アドレス一致またはアドレス範囲遮蔽用のアドレス遮蔽レジスタ
  - 無制限のアドレス数のための任意選択ソフトウェア アドレス認証
- パワーダウン動作を含む全休止形態動作で動作可能な従装置動作
- 全休止形態からデバイスを起こすことができる従装置アドレス一致
- 100kHzと400kHzのバス周波数支援
- スレーブ制限された出力駆動部
- バスの雑音とスパイクを消去するための入力濾波器
- 開始条件/再送開始条件とデータ ビット間の調停を支援(SMBus)
- アドレス解決規約(ARP)に対する支援を許す従装置調停(SMBus)

### 20.2. 概要

2線インターフェース(TWI)は双方向2線インターフェースです。これはI<sup>2</sup>Cとシステム管理バス(SMBus)適合です。バス実装に必要な外部ハードウェアは各バス線上の1つのプルアップ抵抗だけです。

バスに接続されたデバイスは主装置または従装置として動作しなければなりません。主装置はバス上の従装置をアドレス指定することによってデータ転送処理を始め、データの送信または受信のどちらを望むかを知らせます。1つのバスは多くの従装置と、バスの制御を取ることができる1つまたは多数の主装置を持つことができます。調停手順は1つよりも多い主装置が同時に送信を試みる場合の優先権を取り扱います。バス衝突を解決するための手法は本質的に規約です。

TWI部署は主装置と従装置の機能を支援します。主装置と従装置の機能はお互いに分離されており、個別に許可と形態設定ができます。主装置部署は複数主装置バス動作と調停を支援します。それはホーレート発生器を含みます。100kHzと400kHzの両バス周波数が支援されます。自動起動操作のために迅速指令と簡便動作を許可することができ、ソフトウェアの複雑さを低減します。

従装置部署はハードウェアでの7ビット アドレス一致と一斉アドレス呼び出しを実装します。10ビット アドレスも支援されます。専用のアドレス遮蔽レジスタは第2のアドレス一致レジスタまたはアドレス範囲遮蔽用のレジスタとして働くことができます。従装置はパワーダウン動作を含む全ての休止形態動作で動作を継続します。これはTWIアドレス一致での全休止形態からのデバイス起動を従装置に許します。代わりにソフトウェアでこれを扱うために、アドレス一致を禁止することが可能です。

TWI部署は**開始条件**、**停止条件**、バス衝突、バス異常を検出します。バス上の協調損失、異常、衝突、クロック保持も検出され、主装置と従装置の両動作で利用可能な独立した状態フラグで示されます。

デバイスの内部TWI駆動部を禁止して、外部TWIバス駆動部接続に対する4線インターフェースを許可することが可能です。これはデバイスがTWIバスによって使用されるのとは違うVCC電圧で動作する応用に使用することができます。

ポートCとポートEは各々1つのTWIを持ちます。これらの周辺機能の表記はTWICとTWIEです。

## 21. SPI – 直列周辺インターフェース

### 21.1. 要点

- 2つの同様なSPI周辺機能
- 全二重、3線同期データ転送
- 主装置または従装置の動作
- LSB先行またはMSB先行のデータ転送
- 設定可能な7つのビット速度
- 送信終了での割り込み要求フラグ
- データ衝突を示すための上書き発生フラグ
- アイドル休止動作からの起動
- 倍速主装置動作

### 21.2. 概要

直列周辺インターフェース(SPI)は3線または4線を使用する高速同期データ転送インターフェースです。それはAtmel AVR XMEGAデバイスと周辺装置間、または多数のマイクロコントローラ間での高速通信を許します。SPIは全二重通信を支援します。

バスに接続する装置は主装置または従装置として動作しなければなりません。主装置が全てのデータ転送処理を始め、そして制御します。

ポートCとポートDは各々1つのSPIを持ちます。これらの周辺機能の表記はSPICとSPIDです。

## 22. USART

### 22.1. 要点

- 2つの同様なUSART周辺機能
- 全二重動作
- 非同期と同期での動作
  - デバイス クロック周波数の1/2までの同期クロック速度
  - デバイス クロック周波数の1/8までの非同期クロック速度
- 5, 6, 7, 8, 9データビットと1, 2停止ビットの直列構造体支援
- 分数ボーレート発生器
  - どのシステム クロック周波数からも望むボーレートを生成可
  - 一定の周波数で外部発振器不要
- 組み込みの誤り検出と修正の仕組み
  - 奇数/偶数パリティ生成器とパリティ検査
  - データ オーバーランと構造体異常(Framing Error)の検出
  - 不正開始ビット検出とデジタル低域通過濾波器を含む雑音濾波
- 以下の独立した割り込み
  - 送信完了
  - 送信データレジスタ空
  - 受信完了
- 複数プロセッサ通信動作
  - 複数デバイスのバス上で特定デバイスをアドレス指定するためのアドレス指定の仕組み
  - アドレス指定されないデバイスで全てのフレームを自動的に無視することが可
- 主装置SPI動作
  - 2重緩衝された動作
  - 形態設定可能なデータ順
  - 周辺クロック周波数の1/2までの動作
- IrDA適合パルス変調/復調用赤外線通信(IRCOM)部署

### 22.2. 概要

USART(Universal Synchronous and Asynchronous serial Receiver and Transmitter)は高速で柔軟な直列通信部署です。USARTは非同期と同期の動作と全二重通信を支援します。USARTはSPI主装置での動作形態に形態設定してSPI通信に使用することができます。

通信は構造体に基き、その構造形式は広範囲の規格を支援するように独自設定することができます。USARTは両方向に於いて緩衝され、構造体間のどんな遅延もなしに継続するデータ送信を可能にします。受信と送信の完了に対する独立した割り込みは完全な割り込み駆動通信を許します。構造体異常と緩衝部溢れはハードウェアで検知され、独立した状態フラグで示されます。奇数または偶数のパリティ生成とパリティ検査も許可することができます。

クロック生成部はどのシステム クロック周波数からでも広範囲のUSARTボーレートを発生できる分数ボーレート発生器を含みます。これは必要とされるボーレートを達成するために特定周波数を持つ外部クリスタル発振器を使用することの必要を取り去ります。これは同期従装置動作での外部クロック入力も支援します。

USARTが主装置SPI動作に設定されると、全てのUSART特有論理回路は禁止され、送受信緩衝部、シフトレジスタ、ボーレート発生器を許可のままにします。ピン制御と割り込み生成は両動作で同じです。レジスタは両動作で使用されますが、いくつかの制御設定について機能が異なります。

**赤外線通信(IRCOM)部署**は115.2kbpsまでのボーレートに対してIrDA 1.4物理適合パルスの変調と復調の支援を1つのUSARTに対して許可することができます。

ポートCとポートDは各々1つのUSARTを持ちます。これらの周辺機能の表記は各々、USARTC0とUSARTD0です。

## 23. IRCOM – 赤外線通信部署

### 23.1. 要点

- 赤外線通信用パルス変調/復調
- 115.2kbpsまでのボーレートに対してIrDA適合
- 選択可能なパルス変調方式
  - 3/16ボーレート周期
  - 固定パルス周期、設定可能な8ビット
  - パルス変調禁止
- 組み込み濾波
- 何れかのUSARTへ接続可能(USARTによる使用)

### 23.2. 概要

Atmel AVR XMEGAデバイスには115.2kbpsまでのボーレートに対してIrDA適合の赤外線通信部署です。これはUSARTに対して赤外線パルスの符号化と復号を可能とするためにUSARTに接続することができます。

## 24. CRC – 巡回冗長検査(Cyclic Redundancy Check)生成器

### 24.1. 要点

- 以下に対する巡回冗長検査(CRC)生成と検査
  - 通信データ
  - フラッシュ メモリ内のプログラムまたはデータ
  - SRAMとI/Oメモリ空間内のデータ
- フラッシュ メモリとCPUとの統合
  - フラッシュ メモリの全体または選択可能な範囲の自動CRC
  - CPUはI/Oインターフェースを通してデータをCRC生成器に設定可
- 以下にソフトウェア選択可能なCRC生成多項式
  - CRC-16 (CRC-CCITT)
  - CRC-32 (IEEE 802.3)
- 0剰余検出

### 24.2. 概要

巡回冗長検査(CRC)はデータ内の偶然の誤りを見つけるのに使用される誤り検出技術調査算法で、これは一般的にデータ送信の正しさを決めるのに使用され、データはデータとプログラムのメモリ内に存在します。CRCは入力としてデータの流れまたはデータの塊を取り、データに追加してチェックサムとして使用することができる16ビットまたは32ビットの出力を生成します。同じデータが後で受信される、または読まれる時に、デバイスまたは応用が計算を繰り返します。新しいCRCの結果が先に計算されたものと一致しなければ、その塊はデータ誤りを含みます。そして応用はこれを検知し、再び送るべきデータの要求または単純に不正なデータを不使用のように、調整的な活動を取るかもしれません。

代表的に、任意長のデータ塊に適用されるnビットCRCはnビットよりも長くないどんな単一の連続誤り(データのnビットよりも多くに及ばないどんな単一の改変)も検出し、より長い全ての連続誤り分の $1-2^{-n}$ を検出します。Atmel AVR XMEGAデバイスのCRC部署は一般的に使用される2つのCRC生成多項式、CRC-16(CRC=CCITT)とCRC-32(IEEE 802.3)を支援します。

- **CRC-16:**

生成多項式 :  $X^{16}+X^{12}+X^5+1$

16進値 : \$1021

- **CRC-32:**

生成多項式 :  $X^{32}+X^{26}+X^{23}+X^{22}+X^{16}+X^{12}+X^{11}+X^{10}+X^8+X^7+X^5+X^4+X^2+X+1$

16進値 : \$04C11DB7





## 26. AC – アナログ比較器

### 26.1. 要点

- 2つのアナログ比較器
- 選択可能なヒステリシス
  - なし
  - 小
  - 大
- ピンで利用可能なアナログ比較器出力
- 柔軟な入力選択
  - ポート上の全ピン
  - バントギャップ基準電圧
  - 内部AVCC電圧の64段階に設定可能な分圧器
- 以下での割り込みと事象の生成
  - 上昇端
  - 下降端
  - 切り替わり
- 以下での窓機能割り込みと事象の生成
  - 窓以上の信号
  - 窓内側の信号
  - 窓以下の信号
- 形態設定可能な出力ピン選択を持つ定電流源

### 26.2. 概要

アナログ比較器(AC)は2つの入力の電圧レベルを比較してその比較に基いたデジタル出力を与えます。アナログ比較器は多数の異なる入力変化の組み合わせで割り込み要求や事象を生成するように形態設定できます。

アナログ比較器の動的な動きの重要な特性はヒステリシスです。それは各応用に対して最適な動作を達成するように調節することができます。

入力選択はアナログポートピン、多数の内部信号、64段階の設定可能な分圧器を含みます。アナログ比較器出力の状態は外部デバイスによって使用するためにピン上に出力することもできます。

定電流源を許可することができ、選択可能なピン上に出力することができます。これは例えば容量性接触感知応用でコンデンサを充電するのに使用される外部抵抗を置き換えるのに使用することができます。

アナログ比較器は常に各ポート上の対で分類されます。それらはアナログ比較器0(AC0)とアナログ比較器1(AC1)と呼ばれます。それらは同様の動きを持ちますが、独立した制御レジスタを持ちます。対として使用すると、それらは電圧レベルの代わりに電圧範囲と信号を比較するように窓動作で設定することができます。

ポートAは1つのAC対を持ちます。表記はACAです。

図26-1. アナログ比較器概要

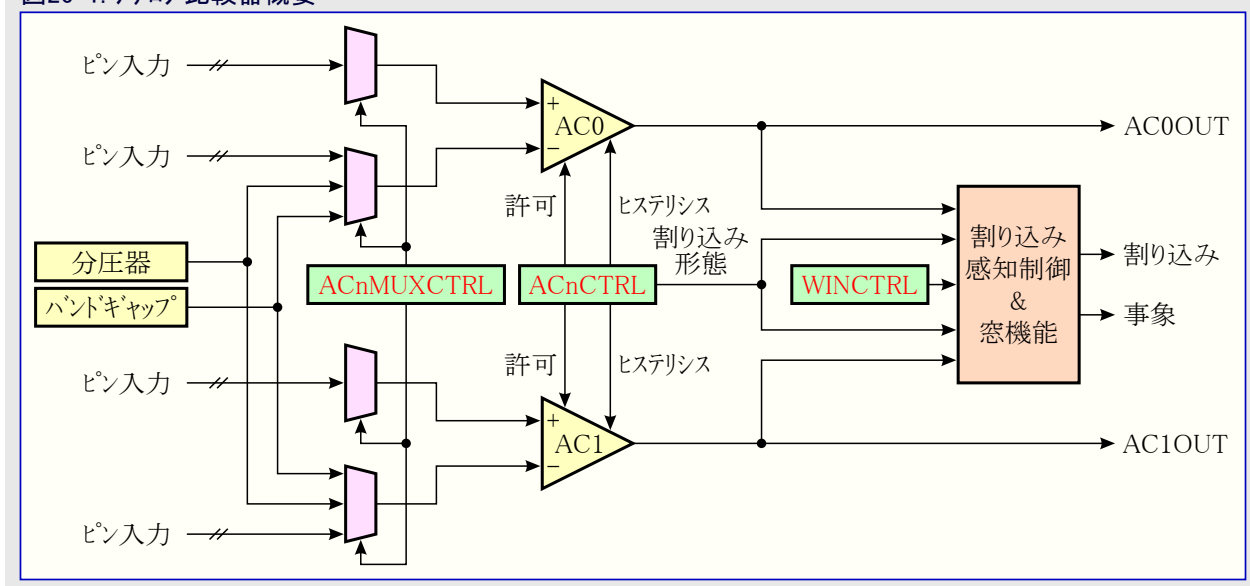
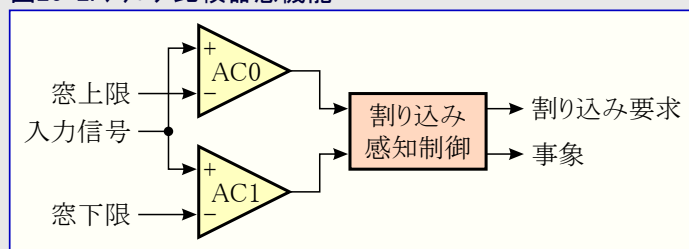


図26-2.で示されるように、窓機能は2つのアナログ比較器の外部入力を接続することによって実現されます。

図26-2. アナログ比較器窓機能



## 27. プログラミングとデバッグ

### 27.1. 要点

- プログラミング
  - PDIを通す外部プログラミング
    - 高速動作のための最小の規約付随負荷
    - 確かな動作のための組み込みの異常検出と処理
  - 何れかの通信インターフェースを通すプログラミング用のブート ロータ 支援
- デバッグ
  - 不干涉、実時間、チップ上デバッグ システム
  - ピン接続を除き、デバイスから必要とされるソフトウェアまたはハードウェアなし
  - プログラムの流れ制御
    - 実行、停止、リセット、1行実行、内側実行、外側実行、カーソルまで実行
  - 無制限数の使用者プログラム中断点(ブレークポイント)
  - 無制限数の使用者データ中断点、以下で中断
    - データ位置読み、書き、または読み書き両方
    - データ位置内容が値と等しいまたは等しくない
    - データ位置内容が値よりも大きいまたは小さい
    - データ位置内容が範囲の内側または外側
  - デバイス クロック周波数での制限なし
- プログラミングとデバッグ用インターフェース(PDI)
  - 外部のプログラミングとデバッグ用の2ピン インターフェース
  - リセット ピンと専用ピンを使用
  - プログラミングまたはデバッグ中にI/Oピンの必要なし

### 27.2. 概要

プログラミングとデバッグ用インターフェース(PDI)はデバイスの外部プログラミングとチップ上デバッグ用のAtmel専有インターフェースです。

PDIはフラッシュ、EEPROM、ヒューズ、施錠ビット、使用者識別列の不揮発性メモリ(NVM)の高速プログラミングを支援します。

デバッグは不干涉、実時間のデバッグを提供するチップ上デバッグ システムを通して支援されます。これはデバイスピン接続を除いてどんなソフトウェアまたはハードウェアも必要としません。Atmelのツールチェーン使用は完全なプログラムの流れ制御を提供し、プログラムと複雑なデータの無制限数の中断点(ブレークポイント)を支援します。応用デバッグはアセンブラと逆アセンブラレベルからだけでなく、Cまたは他の高位言語ソースコードのレベルからも行うことができます。

プログラミングとデバッグはPDI物理層を通して行えます。これはクロック入力用のリセットピン(PDI\_CLK)とデータ入出力用の他の1つの専用検査ピン(PDI\_DATA)を使用する2ピン インターフェースです。何れかの外部書き込み器またはチップ上デバッグ/エミュレータがこのインターフェースへ直接的に接続することができます。

## 28. ピン配置とピン機能

デバイスのピン配置は4頁の「[ピン配置/構成図](#)」で示されます。汎用I/O機能に加え、各ピンは様々な交換機能を持ち得ます。これはどの周辺機能が許可され、そして現実のピンに接続されるかに依存します。ピン機能は同時に1つだけを使用することができます。

### 28.1. 交換ピン機能の種類

下表は利用可能な全てのピン機能に対する表記とその機能の内容を示します。

#### 28.1.1. 活動/電力供給

VCC	デジタル供給電圧
AVCC	アナログ供給電圧
GND	接地

#### 28.1.2. ポート割り込み機能

SYNC	完全な同期と制限された非同期の割り込み機能を持つポートピン
ASYNC	完全な同期と完全な非同期の割り込み機能を持つポートピン

#### 28.1.3. アナログ機能

ACn	アナログ比較器入力ピンn
ACnOUT	アナログ比較器n出力
ADCn	A/D変換器入力ピンn
AREF	アナログ基準電圧入力ピン

#### 28.1.4. タイマ/カウンタとAWeX機能

OCnx	タイマ/カウンタn用比較チャネルx出力
OCnx	タイマ/カウンタn用比較チャネルx反転出力
OCnxLS	タイマ/カウンタn用比較チャネルx Low側出力
OCnxHS	タイマ/カウンタn用比較チャネルx High側出力

#### 28.1.5. 通信機能

SCL	TWI用直列クロック
SDA	TWI用直列データ
SCLIN	外部駆動インターフェース許可時のTWI用直列クロック入力
SCLOUT	外部駆動インターフェース許可時のTWI用直列クロック出力
SDAIN	外部駆動インターフェース許可時のTWI用直列データ入力
SDAOUT	外部駆動インターフェース許可時のTWI用直列データ出力
XCKn	USARTn用転送クロック
RXDn	USARTn用受信データ
TXDn	USARTn用送信データ
SS	SPI用従装置選択
MOSI	SPI用主装置出力従装置入力
MISO	SPI用主装置入力従装置出力
SCK	SPI用直列クロック

#### 28.1.6. 発振器、クロック、事象

TOSCn	計時器用発振器ピンn
XTALn	発振器用入出力ピンn
CLKOUT	周辺クロック出力
EVOUT	事象チャネル出力
RTCCOUT	RTCクロック元出力

#### 28.1.7. デバッグ/システム機能

RESET	リセットピン
PDI_CLK	プログラミングとデバッグ用インターフェースクロックピン
PDI_DATA	プログラミングとデバッグ用インターフェースデータピン

## 28.2. 交換ピン機能

下表は最初の列でポートの各ピンに対する主/既定の機能、第2列でピン番号、そして残りの列で全ての交換ピン機能を示します。先頭行は何の周辺機能が交換ピン機能を許可して使用するかを示します。

より良い柔軟性のため、いくつかの交換機能はそれらの機能に対して選択可能なピン位置も持ち、これはこれが適用される最初の表の下で注記されます。

表28-1. ポートA – 交換機能

PORTA	ピン番号	割り込み	ADCA 利得有/無 正入力		ADCA 利得なし 負入力	ADCA 利得付き 負入力	ACA 正入力	ACA 負入力	ACA 出力		REFA	
GND	38											
AVCC	39											
PA0	40	SYNC	ADC0		ADC0		AC0	AC0			AREF	
PA1	41	SYNC	ADC1		ADC1		AC1	AC1				
PA2	42	SYNC/ASYN	ADC2		ADC2		AC2					
PA3	43	SYNC	ADC3		ADC3		AC3	AC3				
PA4	44	SYNC	ADC4			ADC4	AC4					
PA5	1	SYNC	ADC5			ADC5	AC5	AC5				
PA6	2	SYNC	ADC6			ADC6	AC6		AC1OUT			
PA7	3	SYNC	ADC7			ADC7		AC7	AC0OUT			

表28-2. ポートB – 交換機能

PORTB	ピン番号	割り込み	ADCA 利得無 正入力								REFB	
PB0	4	SYNC	ADC8								AREF	
PB1	5	SYNC	ADC9									
PB2	6	SYNC/ASYN	ADC10									
PB3	7	SYNC	ADC11									

表28-3. ポートC – 交換機能

PORTC	ピン番号	割り込み	TCC0 (注1,2)	AWEXC	TCC1	USARTC0 (注3)		SPIC (注4)	TWIC	クロック出力 (注5)	事象出力 (注6)
GND	8										
VCC	9										
PC0	10	SYNC	OC0A	OC0ALS					SDA/SDA_IN		
PC1	11	SYNC	OC0B	OC0AHS		XCK0			SCL/SCL_IN		
PC2	12	SYNC/ASYN	OC0C	OC0BLS		RXD0			SDA_OUT		
PC3	13	SYNC	OC0D	OC0BHS		TXD0			SCL_OUT		
PC4	14	SYNC		OC0CLS	OC1A			$\overline{SS}$			
PC5	15	SYNC		OC0CHS	OC1B			MOSI			
PC6	16	SYNC		OC0DLS				MISO		RTCKOUT	
PC7	17	SYNC		OC0DHS				SCK		CLKOUT	EVOUT

注1: 全てのTC0のピン割り当ては任意選択でポートの上位ニブルに移動することができます。

注2: TC0がTC2として形態設定された場合、8つ全てのピンがPWM出力として使用することができます。

注3: 全てのUSART0のピン割り当ては任意選択でポートの上位ニブルに移動することができます。

注4: 全てのSPIに対してMOSIとSCKのピンは任意選択で交換することができます。

注5: CLKOUTは任意選択でポートC,D,E間とピン4～7間で移動することができます。

注6: EVOUTは任意選択でポートC,D,E間とピン4～7間で移動することができます。



表28-4. ホートD - 交換機能

PORTD	ピン 番号	割り込み	TCD0			USARTD0		SPID		クロック出力	事象出力
GND	18										
VCC	19										
PD0	20	SYNC	OC0A								
PD1	21	SYNC	OC0B			XCK0					
PD2	22	SYNC/ASYNC	OC0C			RXD0					
PD3	23	SYNC	OC0D			TXD0					
PD4	24	SYNC						$\overline{SS}$			
PD5	25	SYNC						MOSI			
PD6	26	SYNC						MISO			
PD7	27	SYNC						SCK		CLKOUT	EVOUT

表28-5. ホートE - 交換機能

PORTE	ピン 番号	割り込み	TCE0				TWIE	
PE0	28	SYNC	OC0A				SDA/SDA_IN	
PE1	29	SYNC	OC0B				SCL/SCL_IN	
GND	30							
VCC	31							
PE2	32	SYNC/ASYNC	OC0C				SDA_OUT	
PE3	33	SYNC	OC0D				SCL_OUT	

表28-6. ホートR - 交換機能

PORTR	ピン 番号	割り込み	XTAL	TOSC (注)	PDI
PDI	34				PDI_DATA
RESET	35				PDI_CLOCK
PR0	36	SYNC	XTAL2	TOSC2	
PR1	37	SYNC	XTAL1	TOSC1	

注: TOSCピンは任意選択でPE2/PE3へ移動することができます。

## 29. 周辺機能部署アドレス割り当て

アドレス割り当て表はAtmel AVR XMEGA D4内の各周辺機能と部署に対する基準アドレスを示します。各周辺機能部署に対する一覧と完全なレジスタ記述についてはXMEGA D 手引書を参照してください。

表29-1. 周辺機能部署アドレス割り当て

基準アドレス	名称	意味	基準アドレス	名称	意味
\$0000	GPIO	汎用I/Oレジスタ	\$0380	ACA	ポートAのアナログ比較器
\$0010	VPORT0	仮想ポート0	\$0400	RTC	実時間計数器
\$0014	VPORT1	仮想ポート1	\$0480	TWIC	ポートCの2線インターフェース
\$0018	VPORT2	仮想ポート2	\$04A0	TWIE	ポートEの2線インターフェース
\$001C	VPORT3	仮想ポート3	\$0600	PORTA	ポートA
\$0030	CPU	CPU	\$0620	PORTB	ポートB
\$0040	CLK	クロック制御	\$0640	PORTC	ポートC
\$0048	SLEEP	休止制御器	\$0660	PORTD	ポートD
\$0050	OSC	発振器制御	\$0680	PORTE	ポートE
\$0060	DFLLRC32M	32MHz内部RC発振器用DFLL	\$07E0	PORTR	ポートR
\$0068	DFLLRC2M	2MHz内部RC発振器用DFLL	\$0800	TCC0	ポートCのタイマ/カウンタ0
\$0070	PR	電力削減	\$0840	TCC1	ポートCのタイマ/カウンタ1
\$0078	RST	リセット制御器	\$0880	AWEXC	ポートCの新波形拡張
\$0080	WDT	ウォッチドッグ タイマ	\$0890	HIRES	ポートCの高分解能拡張
\$0090	MCU	MCU制御	\$08A0	USARTC0	ポートCのUSART0
\$00A0	PMIC	設定可能な多段割り込み制御器	\$08C0	SPIC	ポートCの直列周辺インターフェース
\$00B0	PORTCFG	ポート形態設定	\$08F8	IRCOM	赤外線通信部署
\$00D0	CRC	CRC部署	\$0900	TCD0	ポートDのタイマ/カウンタ0
\$0180	EVSYS	事象システム	\$09A0	USARTD0	ポートDのUSART0
\$01C0	NVM	不揮発性メモリ(NVM)制御器	\$09C0	SPID	ポートDの直列周辺インターフェース
\$0200	ADCA	ポートAのA/D変換器	\$0A00	TCE0	ポートEのタイマ/カウンタ0

### 30. 命令一式要約 (1/3)

ニーモニック	オペランド	意味	動作	フラグ	クロック
算術、論理演算命令					
ADD	Rd,Rr	汎用レジスタ間の加算	$Rd \leftarrow Rd + Rr$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1
ADC	Rd,Rr	キャリーを含めた汎用レジスタ間の加算	$Rd \leftarrow Rd + Rr + C$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1
ADIW	Rd,K6	即値の語(ワード)長加算	$RdH:RdL \leftarrow RdH:RdL + K$	I,T,H,S,V,N,Z,C	2
SUB	Rd,Rr	汎用レジスタ間の減算	$Rd \leftarrow Rd - Rr$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1
SUBI	Rd,K	汎用レジスタから即値の減算	$Rd \leftarrow Rd - K$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1
SBIW	Rd,K6	即値の語(ワード)長減算	$RdH:RdL \leftarrow RdH:RdL - K$	I,T,H,S,V,N,Z,C	2
SBC	Rd,Rr	キャリーを含めた汎用レジスタ間の減算	$Rd \leftarrow Rd - Rr - C$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1
SBCI	Rd,K	汎用レジスタからキャリーと即値の減算	$Rd \leftarrow Rd - K - C$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1
AND	Rd,Rr	汎用レジスタ間の論理積(AND)	$Rd \leftarrow Rd \text{ AND } Rr$	I,T,H,S,0,N,Z,C	1
ANDI	Rd,K	汎用レジスタと即値の論理積(AND)	$Rd \leftarrow Rd \text{ AND } K$	I,T,H,S,0,N,Z,C	1
OR	Rd,Rr	汎用レジスタ間の論理和(OR)	$Rd \leftarrow Rd \text{ OR } Rr$	I,T,H,S,0,N,Z,C	1
ORI	Rd,K	汎用レジスタと即値の論理和(OR)	$Rd \leftarrow Rd \text{ OR } K$	I,T,H,S,0,N,Z,C	1
EOR	Rd,Rr	汎用レジスタ間の排他的論理和(Ex-OR)	$Rd \leftarrow Rd \text{ EOR } Rr$	I,T,H,S,0,N,Z,C	1
COM	Rd	1の補数(論理反転)	$Rd \leftarrow \$FF - Rd$	I,T,H,S,0,N,Z,1	1
NEG	Rd	2の補数	$Rd \leftarrow \$00 - Rd$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1
SBR	Rd,K	汎用レジスタの(複数)ビット設定(1)	$Rd \leftarrow Rd \text{ OR } K$	I,T,H,S,0,N,Z,C	1
CBR	Rd,K	汎用レジスタの(複数)ビット解除(0)	$Rd \leftarrow Rd \text{ AND } (\$FF - K)$	I,T,H,S,0,N,Z,C	1
INC	Rd	汎用レジスタの増加(+1)	$Rd \leftarrow Rd + 1$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1
DEC	Rd	汎用レジスタの減少(-1)	$Rd \leftarrow Rd - 1$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1
TST	Rd	汎用レジスタのゼロとマイナス検査	$Rd \leftarrow Rd \text{ AND } Rd$	I,T,H,S,0,N,Z,C	1
CLR	Rd	汎用レジスタの全0設定(=\$00)	$Rd \leftarrow Rd \text{ EOR } Rd$	I,T,H,0,0,0,1,C	1
SER	Rd	汎用レジスタの全1設定(=\$FF)	$Rd \leftarrow \$FF$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1
MUL	Rd,Rr	符号なし間の乗算	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$ (U×U)	I,T,H,S,V,N,Z,C	2
MULS	Rd,Rr	符号付き間の乗算	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$ (S×S)	I,T,H,S,V,N,Z,C	2
MULSU	Rd,Rr	符号付きと符号なしの乗算	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$ (S×U)	I,T,H,S,V,N,Z,C	2
FMUL	Rd,Rr	符号なし間の固定小数点乗算	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \ll 1$ (U×U)	I,T,H,S,V,N,Z,C	2
FMULS	Rd,Rr	符号付き間の固定小数点乗算	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \ll 1$ (S×S)	I,T,H,S,V,N,Z,C	2
FMULSU	Rd,Rr	符号付きと符号なしの固定小数点乗算	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \ll 1$ (S×U)	I,T,H,S,V,N,Z,C	2
分岐命令					
RJMP	k	相対無条件分岐	$PC \leftarrow PC + k + 1$	I,T,H,S,V,N,Z,C	2
IJMP		Zレジスタ間接無条件分岐	$PC \leftarrow Z$	I,T,H,S,V,N,Z,C	2
EIJMP		拡張Zレジスタ間接無条件分岐	$PC \leftarrow \text{EIND}:Z$	I,T,H,S,V,N,Z,C	2
JMP	k	絶対無条件分岐	$PC \leftarrow k$	I,T,H,S,V,N,Z,C	3
RCALL	k	相対サブルーチン呼び出し	$\text{STACK} \leftarrow PC, PC \leftarrow PC + k + 1$	I,T,H,S,V,N,Z,C	2,3 (注1)
ICALL		Zレジスタ間接サブルーチン呼び出し	$\text{STACK} \leftarrow PC, PC \leftarrow Z$	I,T,H,S,V,N,Z,C	2,3 (注1)
EICALL		拡張Zレジスタ間接サブルーチン呼び出し	$\text{STACK} \leftarrow PC, PC \leftarrow \text{EIND}:Z$	I,T,H,S,V,N,Z,C	3 (注1)
CALL	k	絶対サブルーチン呼び出し	$\text{STACK} \leftarrow PC, PC \leftarrow k$	I,T,H,S,V,N,Z,C	3,4 (注1)
RET		サブルーチンからの復帰	$PC \leftarrow \text{STACK}$	I,T,H,S,V,N,Z,C	4,5 (注1)
RETI		割り込みからの復帰	$PC \leftarrow \text{STACK}$	I,T,H,S,V,N,Z,C	4,5 (注1)
CPSE	Rd,Rr	汎用レジスタ間比較、一致でスキップ	$Rd=Rr$ なら, $PC \leftarrow PC + 2 \text{ or } 3$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1/2,3
CP	Rd,Rr	汎用レジスタ間の比較	$Rd - Rr$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1
CPC	Rd,Rr	キャリーを含めた汎用レジスタ間の比較	$Rd - Rr - C$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1
CPI	Rd,K	汎用レジスタと即値の比較	$Rd - K$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1
SBRC	Rr,b	汎用レジスタのビットが解除(0)でスキップ	$Rr(b)=0$ なら, $PC \leftarrow PC + 2 \text{ or } 3$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1/2,3
SBR	Rr,b	汎用レジスタのビットが設定(1)でスキップ	$Rr(b)=1$ なら, $PC \leftarrow PC + 2 \text{ or } 3$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1/2,3
SBIC	P,b	I/Oレジスタのビットが解除(0)でスキップ	$P(b)=0$ なら, $PC \leftarrow PC + 2 \text{ or } 3$	I,T,H,S,V,N,Z,C	2/3,4
SBIS	P,b	I/Oレジスタのビットが設定(1)でスキップ	$P(b)=1$ なら, $PC \leftarrow PC + 2 \text{ or } 3$	I,T,H,S,V,N,Z,C	2/3,4
BRBS	s,k	ステータスフラグが設定(1)で分岐	$\text{SREG}(s)=1$ なら, $PC \leftarrow PC + K + 1$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1/2
BRBC	s,k	ステータスフラグが解除(0)で分岐	$\text{SREG}(s)=0$ なら, $PC \leftarrow PC + K + 1$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1/2
BREQ	k	一致で分岐	$Z=1$ なら, $PC \leftarrow PC + K + 1$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1/2
BRNE	k	不一致で分岐	$Z=0$ なら, $PC \leftarrow PC + K + 1$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1/2
BRCS	k	キャリーフラグが設定(1)で分岐	$C=1$ なら, $PC \leftarrow PC + K + 1$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1/2
BRCC	k	キャリーフラグが解除(0)で分岐	$C=0$ なら, $PC \leftarrow PC + K + 1$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1/2
BRSH	k	符号なしの $\geq$ で分岐	$C=0$ なら, $PC \leftarrow PC + K + 1$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1/2
BRLO	k	符号なしの $<$ で分岐	$C=1$ なら, $PC \leftarrow PC + K + 1$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1/2
BRMI	k	-(マイナス)で分岐	$N=1$ なら, $PC \leftarrow PC + K + 1$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1/2
BRPL	k	+(プラス)で分岐	$N=0$ なら, $PC \leftarrow PC + K + 1$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1/2
BRGE	k	符号付きの $\geq$ で分岐	$(N \text{ EOR } V)=0$ なら, $PC \leftarrow PC + K + 1$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1/2
BRLT	k	符号付きの $<$ で分岐	$(N \text{ EOR } V)=1$ なら, $PC \leftarrow PC + K + 1$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1/2
BRHS	k	ハーフキャリーフラグが設定(1)で分岐	$H=1$ なら, $PC \leftarrow PC + K + 1$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1/2
BRHC	k	ハーフキャリーフラグが解除(0)で分岐	$H=0$ なら, $PC \leftarrow PC + K + 1$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1/2
BRTS	k	一時フラグが設定(1)で分岐	$T=1$ なら, $PC \leftarrow PC + K + 1$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1/2
BRTC	k	一時フラグが解除(0)で分岐	$T=0$ なら, $PC \leftarrow PC + K + 1$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1/2
BRVS	k	2の補数溢れフラグが設定(1)で分岐	$V=1$ なら, $PC \leftarrow PC + K + 1$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1/2
BRVC	k	2の補数溢れフラグが解除(0)で分岐	$V=0$ なら, $PC \leftarrow PC + K + 1$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1/2
BRIE	k	割り込み許可で分岐	$I=1$ なら, $PC \leftarrow PC + K + 1$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1/2
BRID	k	割り込み禁止で分岐	$I=0$ なら, $PC \leftarrow PC + K + 1$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1/2

# 命令一覧 (2/3)

ニーモニック	オペランド	意味	動作	フラグ	クロック
データ移動命令					
MOV	Rd,Rr	汎用レジスタ間の複写	$Rd \leftarrow Rr$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1
MOVW	Rd,Rr	汎用レジスタ対間の複写	$Rd+1:Rd \leftarrow Rr+1:Rr$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1
LDI	Rd,K	即値の取得	$Rd \leftarrow K$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1
LD	Rd,X	Xレジスタ間接での取得	$Rd \leftarrow (X)$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1 (注1,2)
LD	Rd,X+	事後増加付きXレジスタ間接での取得	$Rd \leftarrow (X), X \leftarrow X + 1$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1 (注1,2)
LD	Rd,-X	事前減少付きXレジスタ間接での取得	$X \leftarrow X - 1, Rd \leftarrow (X)$	I,T,H,S,V,N,Z,C	2 (注1,2)
LD	Rd,Y	Yレジスタ間接での取得	$Rd \leftarrow (Y)$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1 (注1,2)
LD	Rd,Y+	事後増加付きYレジスタ間接での取得	$Rd \leftarrow (Y), Y \leftarrow Y + 1$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1 (注1,2)
LD	Rd,-Y	事前減少付きYレジスタ間接での取得	$Y \leftarrow Y - 1, Rd \leftarrow (Y)$	I,T,H,S,V,N,Z,C	2 (注1,2)
LDD	Rd,Y+q	変位付きYレジスタ間接での取得	$Rd \leftarrow (Y + q)$	I,T,H,S,V,N,Z,C	2 (注1,2)
LD	Rd,Z	Zレジスタ間接での取得	$Rd \leftarrow (Z)$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1 (注1,2)
LD	Rd,Z+	事後増加付きZレジスタ間接での取得	$Rd \leftarrow (Z), Z \leftarrow Z + 1$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1 (注1,2)
LD	Rd,-Z	事前減少付きZレジスタ間接での取得	$Z \leftarrow Z - 1, Rd \leftarrow (Z)$	I,T,H,S,V,N,Z,C	2 (注1,2)
LDD	Rd,Z+q	変位付きZレジスタ間接での取得	$Rd \leftarrow (Z + q)$	I,T,H,S,V,N,Z,C	2 (注1,2)
LDS	Rd,k	データ空間(SRAM)から直接取得	$Rd \leftarrow (k)$	I,T,H,S,V,N,Z,C	2 (注1,2)
ST	X,Rr	Xレジスタ間接での設定	$(X) \leftarrow Rr$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1 (注1)
ST	X+,Rr	事後増加付きXレジスタ間接での設定	$(X) \leftarrow Rr, X \leftarrow X + 1$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1 (注1)
ST	-X,Rr	事前減少付きXレジスタ間接での設定	$X \leftarrow X - 1, (X) \leftarrow Rr$	I,T,H,S,V,N,Z,C	2 (注1)
ST	Y,Rr	Yレジスタ間接での設定	$(Y) \leftarrow Rr$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1 (注1)
ST	Y+,Rr	事後増加付きYレジスタ間接での設定	$(Y) \leftarrow Rr, Y \leftarrow Y + 1$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1 (注1)
ST	-Y,Rr	事前減少付きYレジスタ間接での設定	$Y \leftarrow Y - 1, (Y) \leftarrow Rr$	I,T,H,S,V,N,Z,C	2 (注1)
STD	Y+q,Rr	変位付きYレジスタ間接での設定	$(Y + q) \leftarrow Rr$	I,T,H,S,V,N,Z,C	2 (注1)
ST	Z,Rr	Zレジスタ間接での設定	$(Z) \leftarrow Rr$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1 (注1)
ST	Z+,Rr	事後増加付きZレジスタ間接での設定	$(Z) \leftarrow Rr, Z \leftarrow Z + 1$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1 (注1)
ST	-Z,Rr	事前減少付きZレジスタ間接での設定	$Z \leftarrow Z - 1, (Z) \leftarrow Rr$	I,T,H,S,V,N,Z,C	2 (注1)
STD	Z+q,Rr	変位付きZレジスタ間接での設定	$(Z + q) \leftarrow Rr$	I,T,H,S,V,N,Z,C	2 (注1)
STS	k,Rr	データ空間(SRAM)へ直接設定	$(k) \leftarrow Rr$	I,T,H,S,V,N,Z,C	2 (注1)
LPM		プログラム領域からZレジスタ間接での取得	$R0 \leftarrow (Z)$	I,T,H,S,V,N,Z,C	3
LPM	Rd,Z	同上 (任意のレジスタへ)	$Rd \leftarrow (Z)$	I,T,H,S,V,N,Z,C	3
LPM	Rd,Z+	同上 (事後増加付き)	$Rd \leftarrow (Z), Z \leftarrow Z + 1$	I,T,H,S,V,N,Z,C	3
ELPM		プログラム領域から拡張Zレジスタ間接で取得	$R0 \leftarrow (RAMPZ:Z)$	I,T,H,S,V,N,Z,C	3
ELPM	Rd,Z	同上 (任意のレジスタへ)	$Rd \leftarrow (RAMPZ:Z)$	I,T,H,S,V,N,Z,C	3
ELPM	Rd,Z+	同上 (事後増加付き)	$Rd \leftarrow (RAMPZ:Z), RAMPZ:Z \leftarrow RAMPZ:Z + 1$	I,T,H,S,V,N,Z,C	3
SPM		プログラム領域へZレジスタ間接での設定	$(Z) \leftarrow R1:R0$	I,T,H,S,V,N,Z,C	-
SPM	Z+	同上 (事後増加(+2)付き)	$(Z) \leftarrow R1:R0, RAMPZ:Z \leftarrow RAMPZ:Z + 2$	I,T,H,S,V,N,Z,C	-
IN	Rd,P	I/Oレジスタからの入力	$Rd \leftarrow P$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1
OUT	P,Rr	I/Oレジスタへの出力	$P \leftarrow Rr$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1
PUSH	Rr	汎用レジスタをスタックへ保存	$STACK \leftarrow Rr$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1 (注1)
POP	Rd	スタックから汎用レジスタへ復帰	$Rd \leftarrow STACK$	I,T,H,S,V,N,Z,C	2 (注1)
XCH	Z,Rd	RAM位置交換	$Temp \leftarrow Rd, Rd \leftarrow (Z), (Z) \leftarrow Temp$	I,T,H,S,V,N,Z,C	2
LAS	Z,Rd	RAM位置取得&ビット設定(1)	$Temp \leftarrow Rd, Rd \leftarrow (Z), (Z) \leftarrow Temp \text{ OR } (Z)$	I,T,H,S,V,N,Z,C	2
LAC	Z,Rd	RAM位置取得&ビット解除(0)	$Temp \leftarrow Rd, Rd \leftarrow (Z), (Z) \leftarrow (\$FF - Temp) \text{ AND } (Z)$	I,T,H,S,V,N,Z,C	2
LAT	Z,Rd	RAM位置取得&ビット反転	$Temp \leftarrow Rd, Rd \leftarrow (Z), (Z) \leftarrow Temp \text{ EOR } (Z)$	I,T,H,S,V,N,Z,C	2

## 命令一覧 (3/3)

ニーモニック	オペランド	意味	動作	フラグ	クロック
ビット関係命令					
SBI	P,b	I/Oレジスタのビット設定(1)	$I/O(P,b) \leftarrow 1$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1
CBI	P,b	I/Oレジスタのビット解除(0)	$I/O(P,b) \leftarrow 0$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1
LSL	Rd	論理的左シフト	$Rd(n+1) \leftarrow Rd(n), Rd(0) \leftarrow 0$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1
LSR	Rd	論理的右シフト	$Rd(n) \leftarrow Rd(n+1), Rd(7) \leftarrow 0$	I,T,H,S,V,0,Z,C	1
ROL	Rd	キャリーを含めた左回転	$Rd(0) \leftarrow C, Rd(n+1) \leftarrow Rd(n), C \leftarrow Rd(7)$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1
ROR	Rd	キャリーを含めた右回転	$Rd(7) \leftarrow C, Rd(n) \leftarrow Rd(n+1), C \leftarrow Rd(0)$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1
ASR	Rd	算術的右シフト	$Rd(n) \leftarrow Rd(n+1), n=0\sim6$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1
SWAP	Rd	ニブル(4ビット)上位/下位交換	$Rd(7\sim4) \leftrightarrow Rd(3\sim0)$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1
BSET	s	ステータスレジスタのビット設定(1)	$SREG(s) \leftarrow 1$	I,T,H,S,V,1,I,I	1
BCLR	s	ステータスレジスタのビット解除(0)	$SREG(s) \leftarrow 0$	0,0,0,0,0,0,0	1
BST	Rr,b	汎用レジスタのビットを一時フラグへ移動	$T \leftarrow Rr(b)$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1
BLD	Rd,b	一時フラグを汎用レジスタのビットへ移動	$Rd(b) \leftarrow T$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1
SEC		キャリーフラグを設定(1)	$C \leftarrow 1$	I,T,H,S,V,N,Z,I	1
CLC		キャリーフラグを解除(0)	$C \leftarrow 0$	I,T,H,S,V,N,Z,0	1
SEN		負フラグを設定(1)	$N \leftarrow 1$	I,T,H,S,V,1,Z,C	1
CLN		負フラグを解除(0)	$N \leftarrow 0$	I,T,H,S,V,0,Z,C	1
SEZ		ゼロフラグを設定(1)	$Z \leftarrow 1$	I,T,H,S,V,N,I,C	1
CLZ		ゼロフラグを解除(0)	$Z \leftarrow 0$	I,T,H,S,V,N,0,C	1
SEI		全割り込み許可	$I \leftarrow 1$	I,T,H,S,V,N,Z,C	1
CLI		全割り込み禁止	$I \leftarrow 0$	0,T,H,S,V,N,Z,C	1
SES		符号フラグを設定(1)	$S \leftarrow 1$	I,T,H,1,V,N,Z,C	1
CLS		符号フラグを解除(0)	$S \leftarrow 0$	I,T,H,0,V,N,Z,C	1
SEV		2の補数溢れフラグを設定(1)	$V \leftarrow 1$	I,T,H,S,1,N,Z,C	1
CLV		2の補数溢れフラグを解除(0)	$V \leftarrow 0$	I,T,H,S,0,N,Z,C	1
SET		一時フラグを設定(1)	$T \leftarrow 1$	I,1,H,S,V,N,Z,C	1
CLT		一時フラグを解除(0)	$T \leftarrow 0$	I,0,H,S,V,N,Z,C	1
SEH		ハーフキャリーフラグを設定(1)	$H \leftarrow 1$	I,T,1,S,V,N,Z,C	1
CLH		ハーフキャリーフラグを解除(0)	$H \leftarrow 0$	I,T,0,S,V,N,Z,C	1
MCU制御命令					
NOP		無操作		I,T,H,S,V,N,Z,C	1
SLEEP		休止形態動作開始	休止形態動作参照	I,T,H,S,V,N,Z,C	1
WDR		ウォッチドッグタイマリセット	ウォッチドッグタイマ参照	I,T,H,S,V,N,Z,C	1
BREAK		一時停止	チップ上デバッグ機能専用(デバッグが使用)	I,T,H,S,V,N,Z,C	1

K6, K : 6, 8ビット定数

X, Y, Z : X, Y, Zレジスタ

q : 符号なし6ビット定数(変位)

P : I/Oレジスタ

b : ビット(0~7)

s : ステータスフラグ(C,Z,N,V,X,H,T,I)

Rd, Rr : 汎用レジスタ(R0~R31)

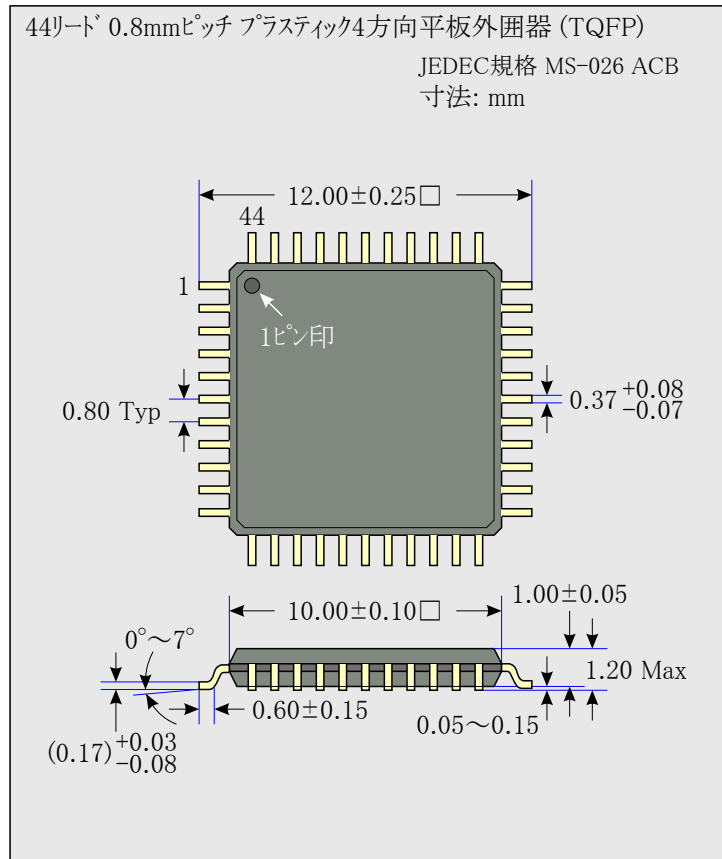
k : アドレス定数(7,12,16ビット)

**注1:** データメモリアクセスに対する周期数は内部メモリアクセスを仮定し、外部メモリインターフェース経由のアクセスに対しては有効ではありません。(訳補:XMEGA D4系に外部メモリインターフェースはありません。)

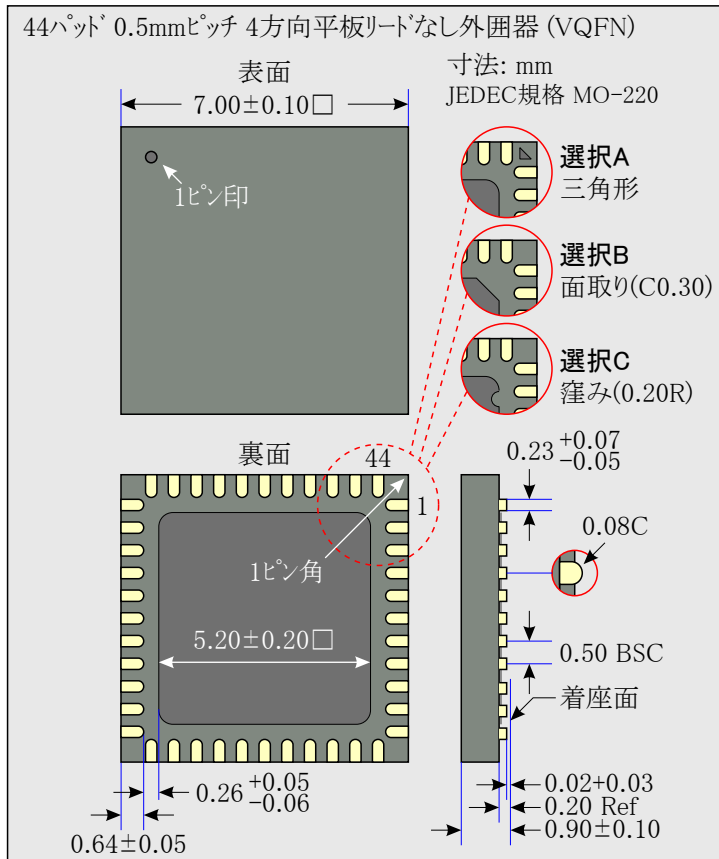
**注2:** 内部SRAMアクセス時に1つの付加周期が追加されなければなりません。

## 31. 外圍器情報

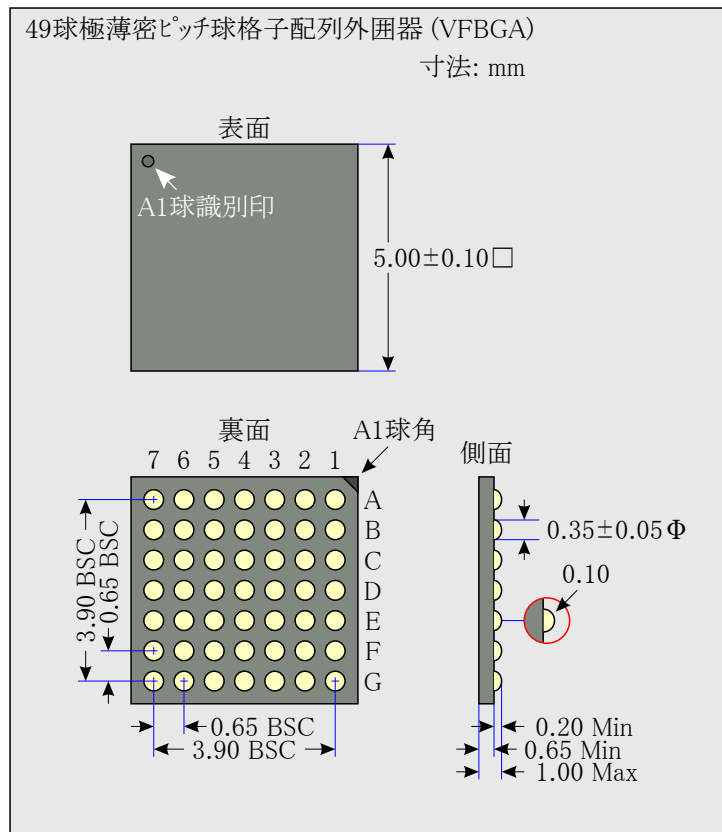
### 31.1. 44A



### 31.2. 44M1



### 31.3. 49C2



## 32. 電気的特性

全ての代表値は他の温度条件が与えられていない限り、T=25℃で測定されています。全ての最小と最大の値は他の条件が与えられていない限り、動作温度と動作電圧に渡って有効です。

### 32.1. ATxmega16D4

#### 32.1.1. 絶対最大定格

下の表32-1.で一覧にされるそれらを超える負担はデバイスに定常的な損傷を与えます。絶対最大定格は負担の定格を示すためだけのものです、この値または、この仕様書の動作特性で示された値を超える条件で動作することを示すものではありません。長時間の最大定格での使用はデバイスの信頼性を損なう場合があります。

表32-1. 絶対最大定格

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
VCC	電源電圧		-0.3		4	V
IVCC	VCCピンへの電流				200	mA
IGND	GNDピンの電流出力				200	
VPIN	GNDとVCCに対するピン電圧		-0.5		VCC+0.5	V
IPIN	入出力ピン シnk/ソース電流		-25		25	mA
TA	保存温度		-65		150	℃
Tj	ジャンクション温度				150	

#### 32.1.2. 全般動作定格

デバイスは保証されて有効であるべきデバイスの他の全ての電気的特性と代表特性のために、表32-2.で一覧にされる定格内で動作しなければなりません。

表32-2. 全般動作条件

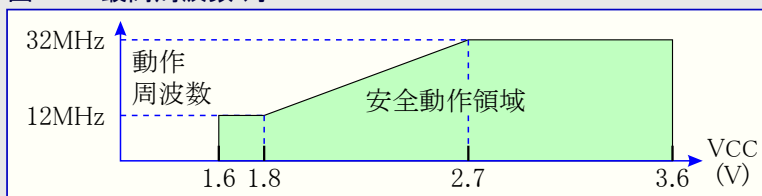
シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
VCC	電源電圧		1.60		3.6	V
AVCC	アナログ供給電圧		1.60		3.6	
TA	保存温度		-40		85	℃
Tj	ジャンクション温度		-40		105	

表32-3. 動作電圧と周波数

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
clkCPU	CPUクロック周波数	VCC=1.6V	0		12	MHz
		VCC=1.8V	0		12	
		VCC=2.7V	0		32	
		VCC=3.6V	0		32	

最高システム周波数は動作電圧に依存します。図32-1.で示されるように周波数対VCC曲線は1.8V<VCC<2.7V間で直線です。

図32-1. 最高周波数 対 VCC





### 32.1.3. 消費電流

表32-4. 活動動作と休止動作の消費電流

シンボル	項目	条件		Min	Typ	Max	単位
I <sub>CC</sub>	活動動作消費電流 (注1)	32kHz外部クロック	VCC=1.8V		40		μA
			VCC=3.0V		80		
		1MHz外部クロック	VCC=1.8V		200		
			VCC=3.0V		410		
		2MHz外部クロック	VCC=1.8V		350	600	mA
			VCC=3.0V		0.75	1.4	
		32MHz外部クロック	VCC=3.0V		7.5	12	
	アイドル動作消費電流 (注1)	32kHz外部クロック	VCC=1.8V		2.0		μA
			VCC=3.0V		2.8		
		1MHz外部クロック	VCC=1.8V		42		
			VCC=3.0V		85		
		2MHz外部クロック	VCC=1.8V		85	225	
			VCC=3.0V		170	350	
		32MHz外部クロック	VCC=3.0V		2.7	5.5	mA
	パワーダウン動作消費電流	T=25°C			0.1	1.0	
		T=85°C			2.0	4.5	
		T=105°C			0.1	7.0	
		採取動作BODと WDTを許可	T=25°C	VCC=3.0V	1.4	3.0	
			T=85°C		3.0	6.0	
			T=105°C		1.4	10	
	パワーセーフ動作消費電流 (注2)	ULPクロックでのRTC、採取動作BOD とWDTを許可、T=25°C		VCC=1.8V	1.5		μA
				VCC=3.0V	1.5		
		低電力32.768kHz TOSCの1.024kHzで のRTC、T=25°C	VCC=1.8V		0.6	2.0	
			VCC=3.0V		0.7	2.0	
		低電力32.768kHz TOSCからのRTC、 T=25°C	VCC=1.8V		0.8	3.0	
			VCC=3.0V		1.0	3.0	
	リセット消費電流	基台のRESETピンを通る電流		VCC=3.0V	300		

注1: 全ての電力削減レジスタは設定(1)。

注2: 最大限度は特性付けに基づき、製造に於いて検査されません。

表32-5. 部署と周辺機能に関する消費電流

シンボル	項目	条件	(注1)	Min	Typ	Max	単位
ICC	超低電力(ULP)発振器				0.8		$\mu\text{A}$
	32.768kHz内部発振器				29		
	2MHz内部発振器				85		
		基準として32.768kHz内部発振器でDFLL許可			115		
	32MHz内部発振器				245		
		基準として32.768kHz内部発振器でDFLL許可			410		
	PLL	通倍率=20倍, 32MHz内部, 基準としてDIV4			290		
	ウォッチドッグ タイマ				1.0		mA
	低電圧検出器(BOD)	継続動作			138		
		採取動作, ULP発振器を含む			1.2		
	1.00V内部基準電圧				175		
	温度感知器				170		
	A/D変換器(ADC)	16k採取/秒, VREF=外部基準	電流制限(CURRLIMIT)=低		1.0		
			電流制限(CURRLIMIT)=中		0.9		
			電流制限(CURRLIMIT)=高		0.8		
		75k採取/秒, VREF=外部基準, 電流制限=低			1.7		
		200k採取/秒, VREF=外部基準			3.1		
	USART	9600bps, 送受信許可			11		$\mu\text{A}$
	フラッシュ メモリ/EEPROMプログラミング				4		mA

**注1:** 全て項目は周辺機能/部署の許可/禁止間の消費電力差としての測定です。他の条件が与えられない限り、全てはVCC=3.0V、前置分周なしでのclkSYS=外部1MHzクロック、T=25℃でのデータです。

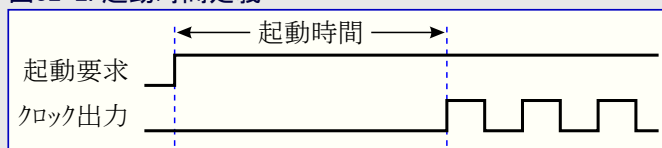
### 32.1.4. 休止形態からの起動時間

表32-6. 様々なシステムクロック元での休止形態からのデバイス起動時間

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
t <sub>wakeup</sub>	アイドル、スタンバイ、拡張スタンバイからの起動時間	外部2MHzクロック		2.0		$\mu\text{s}$
		32.768kHz内部発振器		120		
		2MHz内部発振器		2.0		
		32MHz内部発振器		0.2		
	パワーセーフ、パワーダウンからの起動時間	外部2MHzクロック		5.0		$\mu\text{s}$
		32.768kHz内部発振器		320		
		2MHz内部発振器		9.0		
		32MHz内部発振器		5.0		

**注:** 起動時間は起動要求が与えられてからピンで周辺クロックが利用可能になるまでで、図32-2をご覧ください。全ての周辺機能と部署はプログラム実行開始に先立って4クロック周期間停止されるCPUを除き、最初のクロック周期から実行を開始します。

図32-2. 起動時間定義



### 32.1.5. 入出力ピン特性

入出力ピンはJEDEC LVTTTLとLVCMOS仕様に従い、HレベルとLレベルの入力と出力の電圧限度はこの仕様を反映または超えます。

表32-7. 入出力ピン特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
$I_{OH}$ (注1) $I_{OL}$ (注2)	I/Oピン吐き出し/吸い込み電流		-20		20	mA
$V_{IH}$	Highレベル入力電圧	$V_{CC}=2.4\sim 3.6V$	$0.7V_{CC}$		$V_{CC}+0.5$	V
		$V_{CC}=1.6\sim 2.4V$	$0.8V_{CC}$		$V_{CC}+0.5$	
$V_{IL}$	Lowレベル入力電圧	$V_{CC}=2.4\sim 3.6V$	-0.5		$0.3V_{CC}$	
		$V_{CC}=1.6\sim 2.4V$	-0.5		$0.2V_{CC}$	
$V_{OH}$	Highレベル出力電圧	$V_{CC}=3.3V$ $I_{OH}=-4mA$	2.6	2.9		
		$V_{CC}=3.0V$ $I_{OH}=-3mA$	2.1	2.7		
		$V_{CC}=1.8V$ $I_{OH}=-1mA$	1.4	1.6		
$V_{OL}$	Lowレベル出力電圧	$V_{CC}=3.3V$ $I_{OL}=8mA$		0.4	0.76	
		$V_{CC}=3.0V$ $I_{OL}=5mA$		0.3	0.64	
		$V_{CC}=1.8V$ $I_{OL}=3mA$		0.2	0.46	
$I_{IN}$	I/Oピン入力漏れ電流	$T=25^{\circ}C$		<0.01	1	$\mu A$
$R_P$	I/Oピンプル/パス保持 抵抗			25		k $\Omega$

**注1:** ポートAとポートBに対する全ての $I_{OH}$ の合計は100mAを超えてはなりません。  
 ポートCに対する全ての $I_{OH}$ の合計は200mAを超えてはなりません。  
 ポートDとポートEのPE1,0に対する全ての $I_{OH}$ の合計は200mAを超えてはなりません。  
 ポートEのPE3,2とポートRとPDIに対する全ての $I_{OH}$ の合計は100mAを超えてはなりません。

**注2:** ポートAとポートBに対する全ての $I_{OL}$ の合計は100mAを超えてはなりません。  
 ポートCに対する全ての $I_{OL}$ の合計は200mAを超えてはなりません。  
 ポートDとポートEのPE1,0に対する全ての $I_{OL}$ の合計は200mAを超えてはなりません。  
 ポートEのPE3,2とポートRとPDIに対する全ての $I_{OL}$ の合計は100mAを超えてはなりません。

### 32.1.6. A/D変換器特性

表32-8. 電源、基準電圧と入力範囲

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
$AV_{CC}$	アナログ供給電圧		$V_{CC}-0.3$		$V_{CC}+0.3$	V
$V_{REF}$	基準電圧		1		$AV_{CC}-0.6$	
$R_{in}$	入力抵抗	切り替え			4.5	k $\Omega$
$C_{in}$	入力容量	切り替え			5	pF
$R_{AREF}$	基準電圧入力抵抗	(漏れのみ)		>10		M $\Omega$
$C_{AREF}$	基準電圧入力容量	静止負荷		7		pF
$V_{in}$	入力範囲		0		$V_{REF}$	V
	変換範囲	差動動作、 $V_{inP}-V_{inN}$	$-V_{REF}$		$V_{REF}$	
		符号なしシングル エント動作、 $V_{inP}$	$-\angle V$		$V_{REF}-\angle V$	

表32-9. クロックとタイミング

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
clk <sub>ADC</sub>	A/D変換クロック周波数	Maxは周辺クロック周波数の1/4	100		1800	kHz
		内部信号測定		125		
f <sub>clkADC</sub>	採取(変換)速度				300	ksps
f <sub>ADC</sub>	採取(変換)速度	電流制限(CURRLIMIT)OFF			300	
		電流制限(CURRLIMIT)=低(LOW)	16		250	
		電流制限(CURRLIMIT)=中(MEDIUM)			150	
		電流制限(CURRLIMIT)=高(HIGH)			50	
	採取時間	1/2~32 clk <sub>ADC</sub> 周期の段階で設定可	0.28		320	μs
	変換時間(伝播遅延)	(RES+1)÷2+GAIN・・・計算式 (RES=8または12, GAIN=0,1,2,3)	4.5		10	clk <sub>ADC</sub> 周期
	始動時間	A/D変換クロック周期		12	24	
	ADC安定時間	基準電圧または入力形態変更後		7	7	

表32-10. 精度特性

シンボル	項目	条件 (注2)		Min	Typ	Max	単位				
RES	分解能	12ビット分解能	差動動作	8	12	12	ビット				
			符号付きシングル エント°	7	11	11					
			符号なしシングル エント°	8	12	12					
INL	積分性非直線誤差 (注1)	差動動作	16ksps	VREF=3V		0.5	1	LSB			
				全VREF		0.8	2				
			200ksps	VREF=3V		0.6	1				
				全VREF		1	2				
		符号なしシングル エント°動作	16ksps	VREF=3V		0.5	1				
				全VREF		1.3	2				
			DNL	微分性非直線誤差 (注1)	差動動作	16ksps	VREF=3V			0.3	1
							全VREF			0.5	1
200ksps	VREF=3V					0.35	1				
	全VREF					0.5	1				
符号なしシングル エント°動作	16ksps	VREF=3V				0.6	1				
		全VREF				0.6	1				
	変位(オフセット)誤差				8		mV				
		温度変動			0.01		mV/K				
		動作電圧変動			0.25		mV/V				
	利得誤差	差動動作	外部基準電圧		-5		mV				
			AVCC/1.6		-5						
			AVCC/2.0		-6						
			ハント°ギャップ°		±10		mV/K				
			温度変動		0.02						
			動作電圧変動		2		mV/V				
		符号なしシングル エント°動作	外部基準電圧		-8		mV				
			AVCC/1.6		-8						
			AVCC/2.0		-8						
			ハント°ギャップ°		±10		mV/K				
			温度変動		0.03						
			動作電圧変動		2		mV/V				

注1: 最大値は特性付けに基づき、製造に於いて検査されず、5~95%の入力範囲に対して有効です。

注2: 他の注記を除き、全ての直線性、変位、利得の誤差値は外部VREFが使用される条件下で有効です。

表32-11. 利得段特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
Rin	入力抵抗	標準動作での切り替え		4.0		kΩ
Csample	入力容量	標準動作での切り替え		4.4		pF
	信号範囲	利得段出力	0		AVCC-0.6	V
	伝播遅延	A/D変換速度	1/2	1	3	clk <sub>ADC</sub> 周期
	クロック速度	ADCと同じ	100		1800	kHz
	利得誤差	1/2倍、標準動作		-1		%
		1倍、標準動作		-1		
		8倍、標準動作		-1		
		64倍、標準動作		10		
	(入力基準での)変位(オフセット)誤差	1/2倍、標準動作		10		mV
		1倍、標準動作		5		
		8倍、標準動作		-20		
		64倍、標準動作		-150		

## 32.1.7. アナログ比較器特性

表32-12. アナログ比較器特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
V <sub>off</sub>	入力変位(オフセット)電圧	VCC=1.6~3.6V		<±10		mV
I <sub>lk</sub>	入力漏れ電流	VCC=1.6~3.6V		<1		nA
	入力電圧範囲		-0.1		AVCC	V
	始動時間			100		μs
V <sub>hyst1</sub>	ヒステリシス(なし設定時)	VCC=1.6~3.6V		0		mV
V <sub>hyst2</sub>	ヒステリシス(小設定時)	VCC=1.6~3.6V		11		
V <sub>hyst3</sub>	ヒステリシス(大設定時)	VCC=1.6~3.6V		26		
t <sub>delay</sub>	伝播遅延	VCC=3.0V, T=85°C		16	90	ns
		VCC=1.6~3.6V		16		
	64レベル分圧器積分直線性(INL)			0.3	0.5	LSB

## 32.1.8. バントギャップと内部1.0V基準電圧特性

表32-13. バントギャップと内部1.0V基準電圧特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
	始動時間	ADCの基準電圧として	1clk <sub>PER</sub> +2.5μs			μs
		ADCまたはACの入力電圧として		1.5		
	バントギャップ電圧			1.1		V
INT1V	内部1.00V基準電圧	校正後, T=85°C	0.98	1	1.02	
	電圧と温度での変動	T=85°C, VCC=3.0Vで校正		±1.0		%

### 32.1.9. 低電圧検出(Brownout Detection)特性

表32-14. 低電圧検出特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
	VCC降下検出レベル0		1.50	1.62	1.75	V
	VCC降下検出レベル1			1.8		
	VCC降下検出レベル2			2.0		
	VCC降下検出レベル3			2.2		
	VCC降下検出レベル4			2.4		
	VCC降下検出レベル5			2.6		
	VCC降下検出レベル6			2.8		
	VCC降下検出レベル7			3.0		$\mu$ s
tBOD	検出時間	継続動作		0.4		
		採取動作		1000		
VHYST	ヒステリシス			1.2		%

注: 値電圧検出(BOD)は85°Cで検出レベル0に対して校正され、検出レベル0が既定レベルです。

### 32.1.10. 外部リセット特性

表32-15. 外部リセット特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
tEXT	最小リセットパルス幅			90	1000	ns
VRST	リセット閾値電圧 (VIH)	VCC=2.7~3.6V	0.6VCC			V
		VCC=1.6~2.7V	0.6VCC			
	リセット閾値電圧 (VIL)	VCC=2.7~3.6V			0.5VCC	
		VCC=1.6~2.7V			0.4VCC	
RRST	リセットピンプルアップ抵抗			25		k $\Omega$

### 32.1.11. 電源ONリセット特性

表32-16. 電源ONリセット(POR)特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
VPOT-	VCC下降POR閾値電圧 (注)	1V/msよりも速いVCC下降	0.4	1.0		V
		1V/msまたはより遅いVCC下降	0.8	1.0		
VPOT+	VCC上昇POR閾値電圧			1.3	1.59	

注: VPOT-値は低電圧検出(BOD)が禁止される時にだけ有効です。BOD許可時はVPOT-=VPOT+です。

### 32.1.12. フラッシュメモリとEEPROMの特性

表32-17. 耐久性とデータ保持力

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
	フラッシュメモリ耐久性性能	書き込み/消去繰り返し	25°C	10,000		回
			85°C	10,000		
			105°C	2000		
	フラッシュメモリデータ保持力		25°C	100		年
			85°C	25		
			105°C	10		
	EEPROM耐久性性能	書き込み/消去繰り返し	25°C	100,000		回
			85°C	100,000		
			105°C	30,000		
	EEPROMデータ保持力		25°C	100		年
			85°C	25		
			105°C	10		

表32-18. プログラミング時間

シンボル	項目	条件	Min	Typ (注1)	Max	単位
	チップ消去時間	16KBフラッシュとEEPROM(注2)の消去		45		ms
		ページ消去		4		
	フラッシュ メモリ プログラミング時間	ページ書き込み		4		
		非分断ページ消去/ページ書き込み		8		
	EEPROMプログラミング時間	ページ消去		4		
		ページ書き込み		4		
		非分断ページ消去/ページ書き込み		8		

注1: プログラミングは内部2MHz発振器から計時されます。

注2: EESAVEヒューズがプログラム(0)されている場合、EEPROMは消去されません。

### 32.1.13. クロックと発振器の特性

#### 32.1.13.1. 校正付き32.768kHz内部発振器特性

表32-19. 校正付き32.768kHz内部発振器特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
	周波数			32.768		kHz
	工場校正精度	VCC=3.0V, T=85°C	-0.5		0.5	
	使用者校正精度		-0.5		0.5	

#### 32.1.13.2. 校正付き2MHz内部発振器特性

表32-20. 2MHz内部発振器特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
	周波数範囲	電圧と温度に対してDFLLがこの周波数を調整可能	1.8		2.2	MHz
	工場校正周波数			2.0		
	工場校正精度	VCC=3.0V, T=85°C	-1.5		1.5	%
	使用者校正精度		-0.2		0.2	
	DFLL校正段階量			0.18		

#### 32.1.13.3. 校正付き32MHz内部発振器特性

表32-21. 32MHz内部発振器特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
	周波数範囲	電圧と温度に対してDFLLがこの周波数を調整可能	30	32	55	MHz
	工場校正周波数			32		
	工場校正精度	VCC=3.0V, T=85°C	-1.5		1.5	%
	使用者校正精度		-0.2		0.2	
	DFLL校正段階量			0.19		

#### 32.1.13.4. 32kHz内部ULP発振器特性

表32-22. 32kHz内部ULP発振器特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
	工場校正周波数			32		kHz
	工場校正精度	VCC=3.0V, T=85°C	-12		12	
	精度		-30		30	%



32.1.13.5. 内部位相固定化閉路(PLL)特性

表32-23. 内部PLL特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
$f_{IN}$	入力周波数	出力周波数は $f_{OUT}$ 以内	0.4		64	MHz
$f_{OUT}$	出力周波数 (注)	VCC=1.6~1.8V	20		48	
		VCC=2.7~3.6V	20		128	
	始動時間			25		$\mu s$
	再固定化時間			25		

注: 最大出力周波数対供給電圧は1.8~2.7V間で直線状で、最大CPU周波数の4倍よりも決して高くすることはできません。

32.1.13.6. 外部クロック特性

図32-3. 外部クロック駆動波形

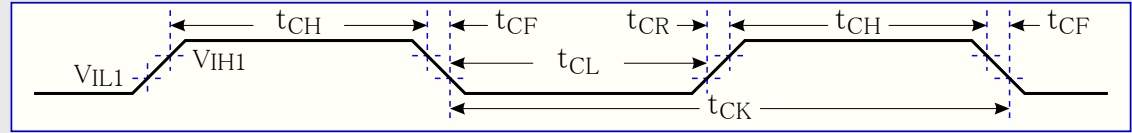


表35-24. 外部クロック (注1)

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
1/tCK	クロック周波数 (注2)	VCC=1.6～1.8V	0		90	MHz
		VCC=2.7～3.6V	0		142	
tCK	クロック周期	VCC=1.6～1.8V	11			ns
		VCC=2.7～3.6V	7.0			
tCH/tCL	クロックHigh/Low時間	VCC=1.6～1.8V	4.5			
		VCC=2.7～3.6V	2.4			
VIL/VIH	Low/Highレベル入力電圧	52頁の表32-7をご覧ください。				
ΔtCK	次周期への周期内変化率				10	%

注1: システム クロック前置分周器はデバイスに対する最大CPUクロック周波数を超えないように設定されなければなりません。

注2: 最大出力周波数対供給電圧は1.8~2.7V間で直線状で、供給電圧条件を伴う他の全てのパラメータにも同じく適用します。

### 32.1.13.7. 外部16MHzクリスタル用発振器とXOSCの特性

表32-25. 外部16MHzクリスタル用発振器とXOSCの特性

シンボル	項目	条件		Min	Typ	Max	単位
	周期間微動	XOSCPWR=0,FRQRANGE=0			0		ns
		XOSCPWR=0,FRQRANGE=1,2,3			0		
		XOSCPWR=1			0		
	長期間微動	XOSCPWR=0,FRQRANGE=0			0		
		XOSCPWR=0,FRQRANGE=1,2,3			0		
		XOSCPWR=1			0		
	周波数誤差	XOSCPWR=0,FRQRANGE=0			0.03		
		XOSCPWR=0,FRQRANGE=1			0.03		
		XOSCPWR=0,FRQRANGE=2,3			0.03		
		XOSCPWR=1			0.003		
	デューティ サイクル	XOSCPWR=0,FRQRANGE=0			50		%
		XOSCPWR=0,FRQRANGE=1			50		
		XOSCPWR=0,FRQRANGE=2,3			50		
		XOSCPWR=1			50		
RQ	負インピーダンス	XOSCPWR=0, FRQRANGE=0	0.4MHzセラミック,CL=100pF		44k		Ω
			1MHzクリスタル,CL=20pF		67k		
			2MHzクリスタル,CL=20pF		67k		
		XOSCPWR=0, FRQRANGE=1, CL=20pF	2MHzクリスタル		82k		
			8MHzクリスタル		1.5k		
			9MHzクリスタル		1.5k		
		XOSCPWR=0, FRQRANGE=2, CL=20pF	8MHzクリスタル		2.7k		
			9MHzクリスタル		2.7k		
			12MHzクリスタル		1k		
		XOSCPWR=0, FRQRANGE=3, CL=20pF	9MHzクリスタル		3.6k		
			12MHzクリスタル		1.3k		
			16MHzクリスタル		590		
		XOSCPWR=1, FRQRANGE=0, CL=20pF	9MHzクリスタル		390		
			12MHzクリスタル		50		
			16MHzクリスタル		10		
		XOSCPWR=1, FRQRANGE=1, CL=20pF	9MHzクリスタル		1.5k		
			12MHzクリスタル		650		
			16MHzクリスタル		270		
		XOSCPWR=1, FRQRANGE=2,CL=20pF	12MHzクリスタル		1k		
			16MHzクリスタル		440		
		XOSCPWR=1, FRQRANGE=3,CL=20pF	12MHzクリスタル		1.3k		
			16MHzクリスタル		590		
	等価直列抵抗(ESR)	SF=安全係数				min(RQ)/SF	kΩ
	始動時間	XOSCPWR=0, FRQRANGE=0	0.4MHzセラミック,CL=100pF		1.0		ms
			2MHzクリスタル,CL=20pF		2.6		
		XOSCPWR=0, FRQRANGE=2	8MHzセラミック,CL=20pF		0.8		
			12MHzセラミック,CL=20pF		1.0		
		XOSCPWR=1, FRQRANGE=3	16MHzセラミック,CL=20pF		1.4		
CXTAL1	XTAL1ピン寄生容量				5.9		pF
CXTAL2	XTAL2ピン寄生容量				8.3		
CLOAD	寄生容量性負荷				3.5		

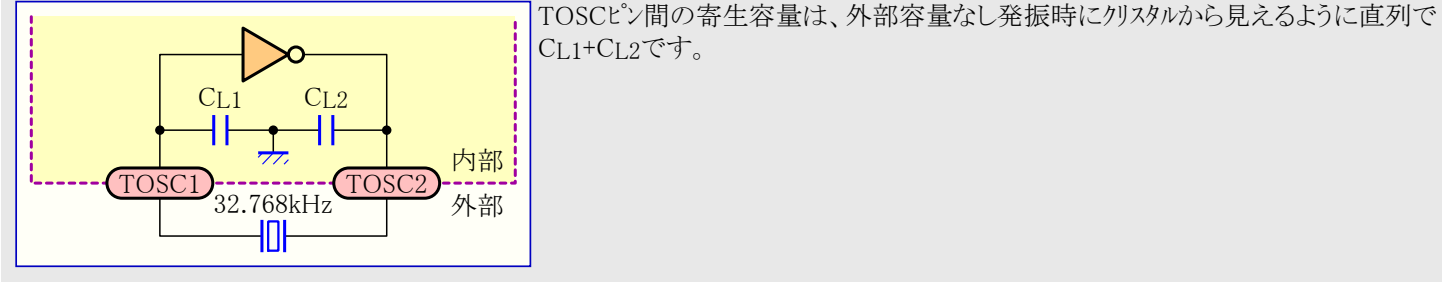
32.1.13.8. 外部32.768kHzクリスタル用発振器とTOSCの特性

表32-26. 外部32.768kHzクリスタル用発振器とTOSCの特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
ESR/R1	推奨クリスタル等価直列抵抗(ESR)	クリスタル負荷容量6.5pF			60	kΩ
		クリスタル負荷容量9.0pF			35	
		クリスタル負荷容量12pF			28	
CTOSC1	TOSC1ピン寄生容量			3.5		pF
CTOSC2	TOSC2ピン寄生容量			3.5		
	推奨安全係数	クリスタル特性に合わせた容量性負荷	3			

注: 定義については図32-4をご覧ください。

図32-4. TOSC入力容量



32.1.14. SPIタイミング特性

図32-5. 主装置動作でのSPI タイミング必要条件

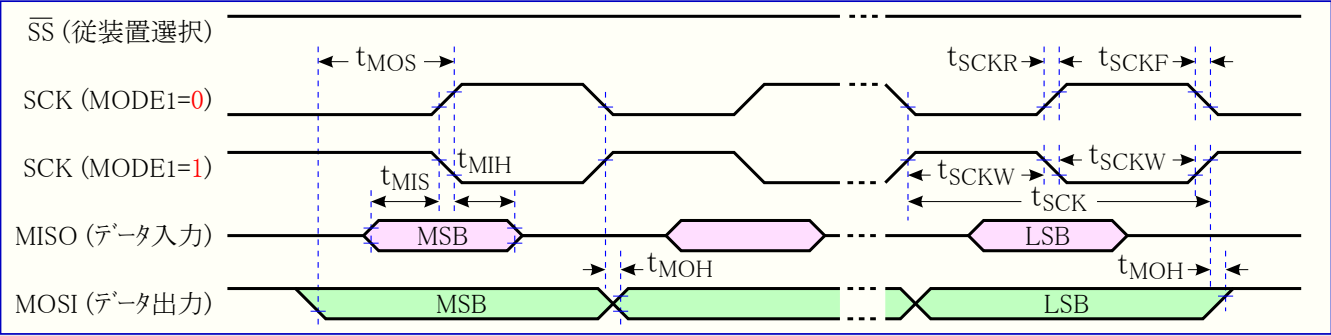


図32-6. 従装置動作でのSPI タイミング必要条件

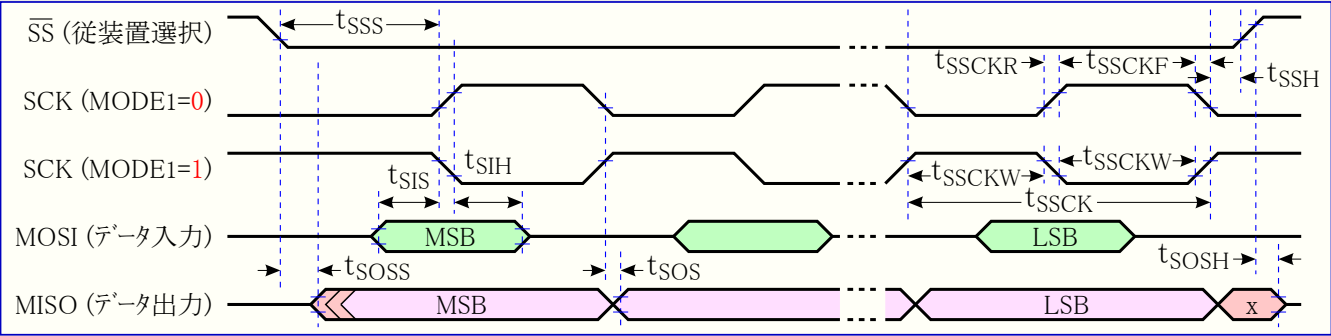


表32-27. SPI タイミング特性と必要条件

シンボル	項目	動作種別	Min	Typ	Max	単位
$t_{SCK}$	SCK周期	主装置	XMEGA D 手引書の表18-3.をご覧ください。			
$t_{SCKW}$	SCK High/Low期間	主装置		$0.5 \times SCK$		
$t_{SCKR}$	SCK 上昇時間	主装置		2.7		
$t_{SCKF}$	SCK 下降時間	主装置		2.7		
$t_{MIS}$	入力データ セットアップ時間	主装置		10		
$t_{MIH}$	入力データ 保持時間	主装置		10		
$t_{MOS}$	SCK 先行端対、出力データ セットアップ時間	主装置		$0.5 \times SCK$		
$t_{MOH}$	SCKからの出力遅延時間	主装置		1		
$t_{SSCK}$	SCK周期	従装置	$4 \times t_{clk_{PER}}$			ns
$t_{SSCKW}$	SCK High/Low期間	従装置	$2 \times t_{clk_{PER}}$			
$t_{SSCKR}$	SCK 上昇時間	従装置			1600	
$t_{SSCKF}$	SCK 下降時間	従装置			1600	
$t_{SIS}$	入力データ セットアップ時間	従装置	3			
$t_{SIH}$	入力データ 保持時間	従装置	$t_{clk_{PER}}$			
$t_{SSS}$	SCK 先行端に対する $\overline{SS}$ ↓ セットアップ時間	従装置	21			
$t_{SSH}$	SCK 後行端からの $\overline{SS}$ Low 保持時間	従装置	20			
$t_{SOS}$	SCKからの出力遅延時間	従装置		8		
$t_{SOH}$	SCKからの出力保持時間	従装置		13		
$t_{SOSS}$	$\overline{SS}$ ↓ からの出力セットアップ時間	従装置		11		
$t_{SOSH}$	$\overline{SS}$ ↑ からの出力保持時間	従装置		8		

(訳注) 表32-27.の $t_{SOH}$ は図32-6.で対応するシンボル記載がありません。

### 32.1.15. 2線インターフェース特性

表32-28は2線直列バスに接続した装置に対する必要条件を記述します。Atmel AVR XMEGAの2線インターフェースは記載条件下に於いて、これらの必要条件を越えるか、または合致します。タイミング シンボルは図32-7を参照してください。

図32-7. 2線インターフェース バス タイミング

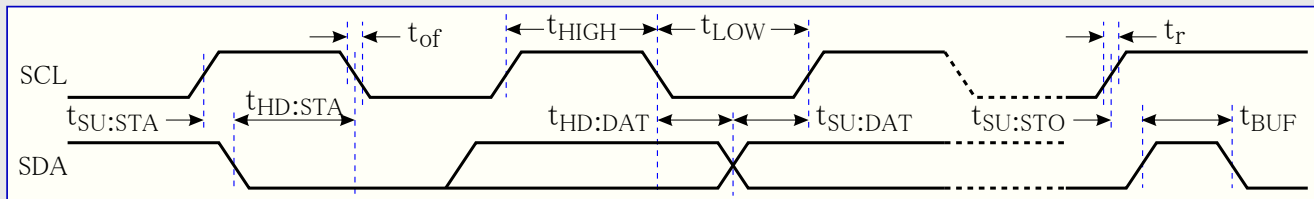


表32-28. 2線直列バス特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
$V_{IH}$	Highレベル入力電圧		$0.7V_{CC}$		$V_{CC}+0.5$	V
$V_{IL}$	Lowレベル入力電圧		$-0.5$		$0.3V_{CC}$	
$V_{hys}$	シュミットトリガ入力ヒステリシス電圧		① $0.05V_{CC}$			
$V_{OL}$	Lowレベル出力電圧	$I_{OL}=3mA$	0		0.4	
$t_r$	SDAとSCL両方の出力上昇時間		① $20+0.1C_b$ ②		300	ns
$t_{of}$	出力下降時間( $V_{IHmin} \rightarrow V_{ILmax}$ )	$10pF < C_b < 400pF$	① $20+0.1C_b$ ②		250	
$t_{SP}$	入力濾波による尖頭雑音消去		0		50	
$I_i$	入力電流(ピン単位)	$0.1V_{CC} < V_i < 0.9V_{CC}$	-10		10	$\mu A$
$C_i$	ピン入力容量				10	pF
$f_{SCL}$	SCLクロック周波数	$f_{PER} \textcircled{3} > \max(16f_{SCL}, 250kHz)$	0		400	kHz
$R_p$	プルアップ抵抗値	$f_{SCL} \leq 100kHz$	$(V_{CC}-0.4V)$		$\frac{100ns}{C_b}$	
		$f_{SCL} > 100kHz$	3mA		$\frac{300ns}{C_b}$	
$t_{HD:STA}$	(再送)開始条件保持時間	$f_{SCL} \leq 100kHz$	4.0			$\mu s$
		$f_{SCL} > 100kHz$	0.6			
$t_{LOW}$	SCLクロックLowレベル時間	$f_{SCL} \leq 100kHz$	4.7			
		$f_{SCL} > 100kHz$	1.3			$\mu s$
$t_{HIGH}$	SCLクロックHighレベル時間	$f_{SCL} \leq 100kHz$	4.0			
		$f_{SCL} > 100kHz$	0.6			
$t_{SU:STA}$	再送開始条件セットアップ時間	$f_{SCL} \leq 100kHz$	4.7			$\mu s$
		$f_{SCL} > 100kHz$	0.6			
$t_{HD:DAT}$	データ保持時間	$f_{SCL} \leq 100kHz$	0		3.45	ns
		$f_{SCL} > 100kHz$	0		0.9	
$t_{SU:DAT}$	データ セットアップ時間	$f_{SCL} \leq 100kHz$	250			
		$f_{SCL} > 100kHz$	100			$\mu s$
$t_{SU:STO}$	停止条件セットアップ時間	$f_{SCL} \leq 100kHz$	4.0			
		$f_{SCL} > 100kHz$	0.6			
$t_{BUF}$	停止条件→開始条件間バス開放時間	$f_{SCL} \leq 100kHz$	4.7			$\mu s$
		$f_{SCL} > 100kHz$	1.3			

①  $f_{SCL} > 100kHz$ についてのみ必要とされます。

②  $C_b$ は1つのバス信号線の容量(pF)です。

③  $f_{PER}$ は周辺クロック周波数です。

32.2. ATxmega32D4

32.2.1. 絶対最大定格

下の表32-29.で一覧にされるそれらを超える負担はデバイスに定常的な損傷を与えます。絶対最大定格は負担の定格を示すためだけのもので、この値または、この仕様書の動作特性で示された値を超える条件で動作することを示すものではありません。長時間の最大定格での使用はデバイスの信頼性を損なう場合があります。

表32-29. 絶対最大定格						
シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
VCC	電源電圧		-0.3		4	V
IVCC	VCCピンへの電流				200	mA
IGND	GNDピンの電流出力				200	
V <sub>PIN</sub>	GNDとVCCに対するピン電圧		-0.5		VCC+0.5	V
I <sub>PIN</sub>	入出力ピン シンク/ソース電流		-25		25	mA
TA	保存温度		-65		150	°C
T <sub>j</sub>	ジャンクション温度				150	

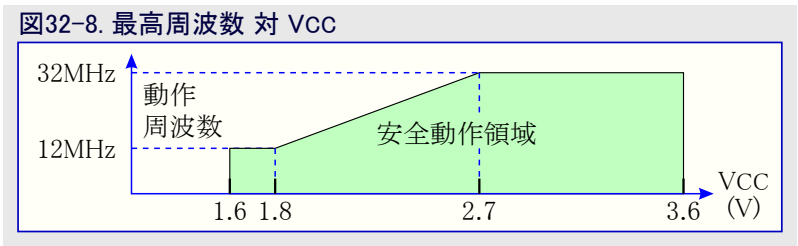
32.2.2. 全般動作定格

デバイスは保証されて有効であるべきデバイスの他の全ての電気的特性と代表特性のために、表32-30.で一覧にされる定格内で動作しなければなりません。

表32-30. 全般動作条件						
シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
VCC	電源電圧		1.60		3.6	V
AVCC	アナログ供給電圧		1.60		3.6	
TA	保存温度		-40		85	°C
T <sub>j</sub>	ジャンクション温度		-40		105	

表32-31. 動作電圧と周波数						
シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
clk <sub>CPU</sub>	CPUクロック周波数	VCC=1.6V	0		12	MHz
		VCC=1.8V	0		12	
		VCC=2.7V	0		32	
		VCC=3.6V	0		32	

最高システム周波数は動作電圧に依存します。図32-8.で示されるように周波数対VCC曲線は1.8V<VCC<2.7V間で直線です。



### 32.2.3. 消費電流

表32-32. 活動動作と休止動作の消費電流

シンボル	項目	条件		Min	Typ	Max	単位		
I <sub>CC</sub>	活動動作消費電流 (注1)	32kHz外部クロック	VCC=1.8V		40		μA		
			VCC=3.0V		80				
		1MHz外部クロック	VCC=1.8V		200				
			VCC=3.0V		410				
		2MHz外部クロック	VCC=1.8V		350	600	mA		
			VCC=3.0V		0.75	1.4			
	アイドル動作消費電流 (注1)	32kHz外部クロック	VCC=1.8V		2.0		μA		
			VCC=3.0V		2.8				
		1MHz外部クロック	VCC=1.8V		42				
			VCC=3.0V		85				
		2MHz外部クロック	VCC=1.8V		85	225	mA		
			VCC=3.0V		170	350			
	パワーダウン動作消費電流	32MHz外部クロック		VCC=3.0V		2.7	5.5	mA	
		T=25℃		VCC=3.0V		0.1	1.0	μA	
		T=85℃				2.0	4.5		
		T=105℃				0.1	7.0		
		採取動作BODと WDTを許可	T=25℃			1.4	3.0		
	T=85℃				3.0	6.0			
	T=105℃			1.4	10				
	パワーセーフ動作消費電流 (注2)	ULPクロックでのRTC、採取動作BOD とWDTを許可、T=25℃		VCC=1.8V		1.5		μA	
				VCC=3.0V		1.5			
		低電力32.768kHz TOSCの1.024kHzで のRTC、T=25℃			VCC=1.8V		0.6	2.0	
					VCC=3.0V		0.7	2.0	
		低電力32.768kHz TOSCからのRTC、 T=25℃			VCC=1.8V		0.8	3.0	
					VCC=3.0V		1.0	3.0	
	リセット消費電流	基台のRESETピンを通る電流		VCC=3.0V		300			

注1: 全ての電力削減レジスタは設定(1)。

注2: 最大限度は特性付けに基づき、製造に於いて検査されません。



表32-33. 部署と周辺機能に関する消費電流

シンボル	項目	条件	(注1)	Min	Typ	Max	単位
ICC	超低電力(ULP)発振器				0.8		$\mu A$
	32.768kHz内部発振器				29		
	2MHz内部発振器				85		
		基準として32.768kHz内部発振器でDFLL許可			115		
	32MHz内部発振器				245		
		基準として32.768kHz内部発振器でDFLL許可			410		
	PLL	通倍率=20倍, 32MHz内部, 基準としてDIV4			290		
	ウォッチドッグ タイマ				1.0		mA
	低電圧検出器(BOD)	継続動作			138		
		採取動作, ULP発振器を含む			1.2		
	1.00V内部基準電圧				175		
	温度感知器				170		
	A/D変換器(ADC)	16k採取/秒, VREF=外部基準	電流制限(CURRLIMIT)=低		1.0		
			電流制限(CURRLIMIT)=中		0.9		
			電流制限(CURRLIMIT)=高		0.8		
		75k採取/秒, VREF=外部基準, 電流制限=低			1.7		
		200k採取/秒, VREF=外部基準			3.1		
	USART	9600bps, 送受信許可			11		$\mu A$
	フラッシュ メモリ/EEPROMプログラミング				4		mA

**注1:** 全て項目は周辺機能/部署の許可/禁止間の消費電力差としての測定です。他の条件が与えられない限り、全てはVCC=3.0V、前置分周なしでのclkSYS=外部1MHzクロック、T=25℃でのデータです。

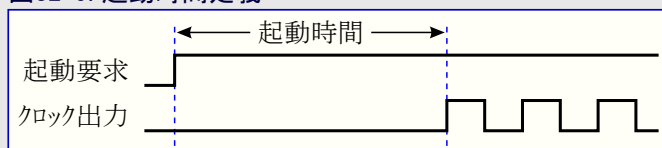
### 32.2.4. 休止形態からの起動時間

表32-34. 様々なシステムクロック元での休止形態からのデバイス起動時間

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
t <sub>wakeup</sub>	アイドル、スタンバイ、拡張スタンバイからの起動時間	外部2MHzクロック		2.0		$\mu s$
		32.768kHz内部発振器		120		
		2MHz内部発振器		2.0		
		32MHz内部発振器		0.2		
	パワーセーフ、パワーダウンからの起動時間	外部2MHzクロック		5.0		$\mu s$
		32.768kHz内部発振器		320		
		2MHz内部発振器		9.0		
		32MHz内部発振器		5.0		

**注:** 起動時間は起動要求が与えられてからピンで周辺クロックが利用可能になるまでで、図32-9をご覧ください。全ての周辺機能と部署はプログラム実行開始に先立って4クロック周期間停止されるCPUを除き、最初のクロック周期から実行を開始します。

図32-9. 起動時間定義



### 32.2.5. 入出力ピン特性

入出力ピンはJEDEC LVTTTLとLVCMOS仕様に従い、HレベルとLレベルの入力と出力の電圧限度はこの仕様を反映または超えます。

表32-35. 入出力ピン特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
$I_{OH}$ (注1) $I_{OL}$ (注2)	I/Oピン吐き出し/吸い込み電流		-20		20	mA
$V_{IH}$	Highレベル入力電圧	$V_{CC}=2.4\sim 3.6V$	$0.7V_{CC}$		$V_{CC}+0.5$	V
		$V_{CC}=1.6\sim 2.4V$	$0.8V_{CC}$		$V_{CC}+0.5$	
$V_{IL}$	Lowレベル入力電圧	$V_{CC}=2.4\sim 3.6V$	-0.5		$0.3V_{CC}$	
		$V_{CC}=1.6\sim 2.4V$	-0.5		$0.2V_{CC}$	
$V_{OH}$	Highレベル出力電圧	$V_{CC}=3.3V$ $I_{OH}=-4mA$	2.6	2.9		
		$V_{CC}=3.0V$ $I_{OH}=-3mA$	2.1	2.7		
		$V_{CC}=1.8V$ $I_{OH}=-1mA$	1.4	1.6		
$V_{OL}$	Lowレベル出力電圧	$V_{CC}=3.3V$ $I_{OL}=8mA$		0.4	0.76	
		$V_{CC}=3.0V$ $I_{OL}=5mA$		0.3	0.64	
		$V_{CC}=1.8V$ $I_{OL}=3mA$		0.2	0.46	
$I_{IN}$	I/Oピン入力漏れ電流	$T=25^{\circ}C$		<0.01	1	$\mu A$
$R_P$	I/Oピンプル/パス保持 抵抗			25		k $\Omega$

**注1:** ポートAとポートBに対する全ての $I_{OH}$ の合計は100mAを超えてはなりません。  
 ポートCに対する全ての $I_{OH}$ の合計は200mAを超えてはなりません。  
 ポートDとポートEのPE1,0に対する全ての $I_{OH}$ の合計は200mAを超えてはなりません。  
 ポートEのPE3,2とポートRとPDIに対する全ての $I_{OH}$ の合計は100mAを超えてはなりません。

**注2:** ポートAとポートBに対する全ての $I_{OL}$ の合計は100mAを超えてはなりません。  
 ポートCに対する全ての $I_{OL}$ の合計は200mAを超えてはなりません。  
 ポートDとポートEのPE1,0に対する全ての $I_{OL}$ の合計は200mAを超えてはなりません。  
 ポートEのPE3,2とポートRとPDIに対する全ての $I_{OL}$ の合計は100mAを超えてはなりません。

### 32.2.6. A/D変換器特性

表32-36. 電源、基準電圧と入力範囲

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
$AV_{CC}$	アナログ供給電圧		$V_{CC}-0.3$		$V_{CC}+0.3$	V
$V_{REF}$	基準電圧		1		$AV_{CC}-0.6$	
$R_{in}$	入力抵抗	切り替え			4.5	k $\Omega$
$C_{in}$	入力容量	切り替え			5	pF
$R_{AREF}$	基準電圧入力抵抗	(漏れのみ)		>10		M $\Omega$
$C_{AREF}$	基準電圧入力容量	静止負荷		7		pF
$V_{in}$	入力範囲		0		$V_{REF}$	V
	変換範囲	差動動作、 $V_{inP}-V_{inN}$	$-V_{REF}$		$V_{REF}$	
		符号なしシングル エント動作、 $V_{inP}$	$-\angle V$		$V_{REF}-\angle V$	

表32-37. クロックとタイミング

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
clk <sub>ADC</sub>	A/D変換クロック周波数	Maxは周辺クロック周波数の1/4	100		1800	kHz
		内部信号測定		125		
f <sub>clkADC</sub>	採取(変換)速度				300	ksps
f <sub>ADC</sub>	採取(変換)速度	電流制限(CURRLIMIT)OFF			300	
		電流制限(CURRLIMIT)=低(LOW)	16		250	
		電流制限(CURRLIMIT)=中(MEDIUM)			150	
		電流制限(CURRLIMIT)=高(HIGH)			50	
	採取時間	1/2~32 clk <sub>ADC</sub> 周期の段階で設定可	0.28		320	μs
	変換時間(伝播遅延)	(RES+1)÷2+GAIN・・・計算式 (RES=8または12, GAIN=0,1,2,3)	4.5		10	clk <sub>ADC</sub> 周期
	始動時間	A/D変換クロック周期		12	24	
	ADC安定時間	基準電圧または入力形態変更後		7	7	

表32-38. 精度特性

シンボル	項目	条件 (注2)		Min	Typ	Max	単位	
RES	分解能	12ビット分解能	差動動作	8	12	12	ビット	
			符号付きシングル エント°	7	11	11		
			符号なしシングル エント°	8	12	12		
INL	積分性非直線誤差 (注1)	差動動作	16ksps	VREF=3V		0.5	1	LSB
				全VREF		0.8	2	
			200ksps	VREF=3V		0.6	1	
				全VREF		1	2	
		符号なしシングル エント°動作	16ksps	VREF=3V		0.5	1	
				全VREF		1.3	2	
DNL	微分性非直線誤差 (注1)	差動動作	16ksps	VREF=3V		0.3	1	
				全VREF		0.5	1	
			200ksps	VREF=3V		0.35	1	
				全VREF		0.5	1	
		符号なしシングル エント°動作	16ksps	VREF=3V		0.6	1	
				全VREF		0.6	1	
	変位(オフセット)誤差				8		mV	
		温度変動			0.01		mV/K	
		動作電圧変動			0.25		mV/V	
	利得誤差	差動動作	外部基準電圧		-5		mV	
			AVCC/1.6		-5			
			AVCC/2.0		-6			
			ハント°ギャップ°		±10		mV/K	
			温度変動		0.02			
			動作電圧変動		2		mV/V	
		符号なしシングル エント°動作	外部基準電圧		-8		mV	
			AVCC/1.6		-8			
			AVCC/2.0		-8			
			ハント°ギャップ°		±10		mV/K	
			温度変動		0.03			
			動作電圧変動		2		mV/V	

注1: 最大値は特性付けに基づき、製造に於いて検査されず、5~95%の入力範囲に対して有効です。

注2: 他の注記を除き、全ての直線性、変位、利得の誤差値は外部VREFが使用される条件下で有効です。

表32-39. 利得段特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
Rin	入力抵抗	標準動作での切り替え		4.0		kΩ
Csample	入力容量	標準動作での切り替え		4.4		pF
	信号範囲	利得段出力	0		AVCC-0.6	V
	伝播遅延	A/D変換速度	1/2	1	3	clk <sub>ADC</sub> 周期
	クロック速度	ADCと同じ	100		1800	kHz
	利得誤差	1/2倍、標準動作		-1		%
		1倍、標準動作		-1		
		8倍、標準動作		-1		
		64倍、標準動作		10		
	(入力基準での)変位(オフセット)誤差	1/2倍、標準動作		10		mV
		1倍、標準動作		5		
		8倍、標準動作		-20		
		64倍、標準動作		-150		

## 32.2.7. アナログ比較器特性

表32-40. アナログ比較器特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
V <sub>off</sub>	入力変位(オフセット)電圧	VCC=1.6~3.6V		<±10		mV
I <sub>lk</sub>	入力漏れ電流	VCC=1.6~3.6V		<1		nA
	入力電圧範囲		-0.1		AVCC	V
	始動時間			100		μs
V <sub>hyst1</sub>	ヒステリシス(なし設定時)	VCC=1.6~3.6V		0		mV
V <sub>hyst2</sub>	ヒステリシス(小設定時)	VCC=1.6~3.6V		11		
V <sub>hyst3</sub>	ヒステリシス(大設定時)	VCC=1.6~3.6V		26		
t <sub>delay</sub>	伝播遅延	VCC=3.0V, T=85°C		16	90	ns
		VCC=1.6~3.6V		16		
	64レベル分圧器積分直線性(INL)			0.3	0.5	LSB

## 32.2.8. バントギャップと内部1.0V基準電圧特性

表32-41. バントギャップと内部1.0V基準電圧特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
	始動時間	ADCの基準電圧として	1clk <sub>PER</sub> +2.5μs			μs
		ADCまたはACの入力電圧として		1.5		
	バントギャップ電圧			1.1		V
INT1V	内部1.00V基準電圧	校正後, T=85°C	0.98	1	1.02	
	電圧と温度での変動	T=85°C, VCC=3.0Vで校正		±1.0		%

### 32.2.9. 低電圧検出(Brownout Detection)特性

表32-42. 低電圧検出特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
	VCC降下検出レベル0		1.50	1.62	1.75	V
	VCC降下検出レベル1			1.8		
	VCC降下検出レベル2			2.0		
	VCC降下検出レベル3			2.2		
	VCC降下検出レベル4			2.4		
	VCC降下検出レベル5			2.6		
	VCC降下検出レベル6			2.8		
	VCC降下検出レベル7			3.0		$\mu$ s
tBOD	検出時間	継続動作		0.4		
		採取動作		1000		
VHYST	ヒステリシス			1.2		%

注: 値電圧検出(BOD)は85°Cで検出レベル0に対して校正され、検出レベル0が既定レベルです。

### 32.2.10. 外部リセット特性

表32-43. 外部リセット特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
tEXT	最小リセットパルス幅			90	1000	ns
VRST	リセット閾値電圧 (VIH)	VCC=2.7~3.6V	0.6VCC			V
		VCC=1.6~2.7V	0.6VCC			
	リセット閾値電圧 (VIL)	VCC=2.7~3.6V			0.5VCC	
		VCC=1.6~2.7V			0.4VCC	
RRST	リセットピンプルアップ抵抗			25		k $\Omega$

### 32.2.11. 電源ONリセット特性

表32-44. 電源ONリセット(POR)特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
VPOT-	VCC下降POR閾値電圧 (注)	1V/msよりも速いVCC下降	0.4	1.0		V
		1V/msまたはより遅いVCC下降	0.8	1.0		
VPOT+	VCC上昇POR閾値電圧			1.3	1.59	

注: VPOT-値は低電圧検出(BOD)が禁止される時にだけ有効です。BOD許可時はVPOT-=VPOT+です。

### 32.2.12. フラッシュメモリとEEPROMの特性

表32-45. 耐久性とデータ保持力

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
	フラッシュメモリ耐久性能	書き込み/消去繰り返し	25°C	10,000		回
			85°C	10,000		
			105°C	2000		
	フラッシュメモリデータ保持力		25°C	100		年
			85°C	25		
			105°C	10		
	EEPROM耐久性能	書き込み/消去繰り返し	25°C	100,000		回
			85°C	100,000		
			105°C	30,000		
	EEPROMデータ保持力		25°C	100		年
			85°C	25		
			105°C	10		

表32-46. プログラミング時間

シンボル	項目	条件	Min	Typ (注1)	Max	単位
	チップ消去時間	32KBフラッシュとEEPROM(注2)の消去		50		ms
		ページ消去		4		
	フラッシュ メモリ プログラミング時間	ページ書き込み		4		
		非分断ページ消去/ページ書き込み		8		
	EEPROMプログラミング時間	ページ消去		4		
		ページ書き込み		4		
		非分断ページ消去/ページ書き込み		8		

注1: プログラミングは内部2MHz発振器から計時されます。

注2: EESAVEヒューズがプログラム(0)されている場合、EEPROMは消去されません。

### 32.2.13. クロックと発振器の特性

#### 32.2.13.1. 校正付き32.768kHz内部発振器特性

表32-47. 校正付き32.768kHz内部発振器特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
	周波数			32.768		kHz
	工場校正精度	VCC=3.0V, T=85°C	-0.5		0.5	
	使用者校正精度		-0.5		0.5	

#### 32.2.13.2. 校正付き2MHz内部発振器特性

表32-48. 2MHz内部発振器特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
	周波数範囲	電圧と温度に対してDFLLがこの周波数を調整可能	1.8		2.2	MHz
	工場校正周波数			2.0		
	工場校正精度	VCC=3.0V, T=85°C	-1.5		1.5	%
	使用者校正精度		-0.2		0.2	
	DFLL校正段階量			0.18		

#### 32.2.13.3. 校正付き32MHz内部発振器特性

表32-49. 32MHz内部発振器特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
	周波数範囲	電圧と温度に対してDFLLがこの周波数を調整可能	30	32	55	MHz
	工場校正周波数			32		
	工場校正精度	VCC=3.0V, T=85°C	-1.5		1.5	%
	使用者校正精度		-0.2		0.2	
	DFLL校正段階量			0.19		

#### 32.2.13.4. 32kHz内部ULP発振器特性

表32-50. 32kHz内部ULP発振器特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
	工場校正周波数			32		kHz
	工場校正精度	VCC=3.0V, T=85°C	-12		12	
	精度		-30		30	%

32.2.13.5. 内部位相固定化閉路(PLL)特性

表32-51. 内部PLL特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
$f_{IN}$	入力周波数	出力周波数は $f_{OUT}$ 以内	0.4		64	MHz
$f_{OUT}$	出力周波数 (注)	VCC=1.6~1.8V	20		48	
		VCC=2.7~3.6V	20		128	
	始動時間			25		$\mu s$
	再固定化時間			25		

注: 最大出力周波数対供給電圧は1.8~2.7V間で直線状で、最大CPU周波数の4倍よりも決して高くすることはできません。

32.2.13.6. 外部クロック特性

図32-10. 外部クロック駆動波形

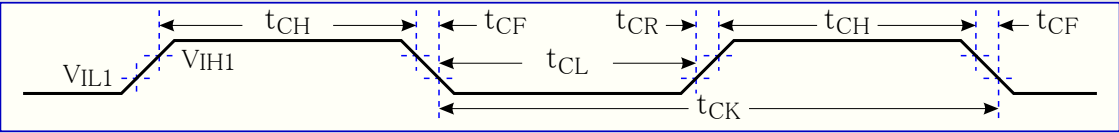


表35-52. 外部クロック (注1)

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
1/tCK	クロック周波数 (注2)	VCC=1.6～1.8V	0		90	MHz
		VCC=2.7～3.6V	0		142	
tCK	クロック周期	VCC=1.6～1.8V	11			
		VCC=2.7～3.6V	7.0			
tCH/tCL	クロックHigh/Low時間	VCC=1.6～1.8V	4.5			ns
		VCC=2.7～3.6V	2.4			
VIL/VIH	Low/Highレベル入力電圧	65頁の表32-35をご覧ください。				
ΔtCK	次周期への周期内変化率				10	%

注1: システム クロック前置分周器はデバイスに対する最大CPUクロック周波数を超えないように設定されなければなりません。

注2: 最大出力周波数対供給電圧は1.8~2.7V間で直線状で、供給電圧条件を伴う他の全てのパラメータにも同じく適用します。



### 32.2.13.7. 外部16MHzクリスタル用発振器とXOSCの特性

表32-53. 外部16MHzクリスタル用発振器とXOSCの特性

シンボル	項目	条件		Min	Typ	Max	単位
	周期間微動	XOSCPWR=0,FRQRANGE=0			0		ns
		XOSCPWR=0,FRQRANGE=1,2,3			0		
		XOSCPWR=1			0		
	長期間微動	XOSCPWR=0,FRQRANGE=0			0		
		XOSCPWR=0,FRQRANGE=1,2,3			0		
		XOSCPWR=1			0		
	周波数誤差	XOSCPWR=0,FRQRANGE=0			0.03		
		XOSCPWR=0,FRQRANGE=1			0.03		
		XOSCPWR=0,FRQRANGE=2,3			0.03		
		XOSCPWR=1			0.003		
	デューティ サイクル	XOSCPWR=0,FRQRANGE=0			50		
		XOSCPWR=0,FRQRANGE=1			50		
		XOSCPWR=0,FRQRANGE=2,3			50		
		XOSCPWR=1			50		
RQ	負インピーダンス	XOSCPWR=0, FRQRANGE=0	0.4MHzセラミック,CL=100pF		44k		
			1MHzクリスタル,CL=20pF		67k		
			2MHzクリスタル,CL=20pF		67k		
		XOSCPWR=0, FRQRANGE=1, CL=20pF	2MHzクリスタル		82k		
			8MHzクリスタル		1.5k		
			9MHzクリスタル		1.5k		
		XOSCPWR=0, FRQRANGE=2, CL=20pF	8MHzクリスタル		2.7k		
			9MHzクリスタル		2.7k		
			12MHzクリスタル		1k		
		XOSCPWR=0, FRQRANGE=3, CL=20pF	9MHzクリスタル		3.6k		
			12MHzクリスタル		1.3k		
			16MHzクリスタル		590		
		XOSCPWR=1, FRQRANGE=0, CL=20pF	9MHzクリスタル		390		
			12MHzクリスタル		50		
			16MHzクリスタル		10		
		XOSCPWR=1, FRQRANGE=1, CL=20pF	9MHzクリスタル		1.5k		
			12MHzクリスタル		650		
			16MHzクリスタル		270		
		XOSCPWR=1, FRQRANGE=2,CL=20pF	12MHzクリスタル		1k		
			16MHzクリスタル		440		
		XOSCPWR=1, FRQRANGE=3,CL=20pF	12MHzクリスタル		1.3k		
			16MHzクリスタル		590		
	等価直列抵抗(ESR)	SF=安全係数				min(RQ)/SF	kΩ
	始動時間	XOSCPWR=0, FRQRANGE=0	0.4MHzセラミック,CL=100pF		1.0		ms
			2MHzクリスタル,CL=20pF		2.6		
		XOSCPWR=0, FRQRANGE=2	8MHzセラミック,CL=20pF		0.8		
			12MHzセラミック,CL=20pF		1.0		
		XOSCPWR=1, FRQRANGE=3	16MHzセラミック,CL=20pF		1.4		
CXTAL1	XTAL1ピン寄生容量				5.9		pF
CXTAL2	XTAL2ピン寄生容量				8.3		
CLOAD	寄生容量性負荷				3.5		

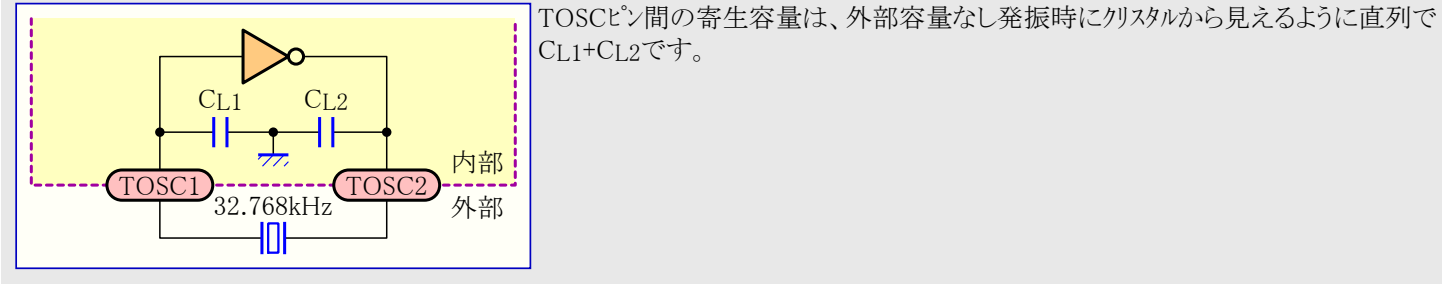
32.2.13.8. 外部32.768kHzクリスタル用発振器とTOSCの特性

表32-54. 外部32.768kHzクリスタル用発振器とTOSCの特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
ESR/R1	推奨クリスタル等価直列抵抗(ESR)	クリスタル負荷容量6.5pF			60	kΩ
		クリスタル負荷容量9.0pF			35	
		クリスタル負荷容量12pF			28	
CTOSC1	TOSC1ピン寄生容量			3.5		pF
CTOSC2	TOSC2ピン寄生容量			3.5		
	推奨安全係数	クリスタル特性に合わせた容量性負荷	3			

注: 定義については図32-11をご覧ください。

図32-11. TOSC入力容量



### 32.2.14. SPIタイミング特性

図32-12. 主装置動作でのSPI タイミング 必要条件

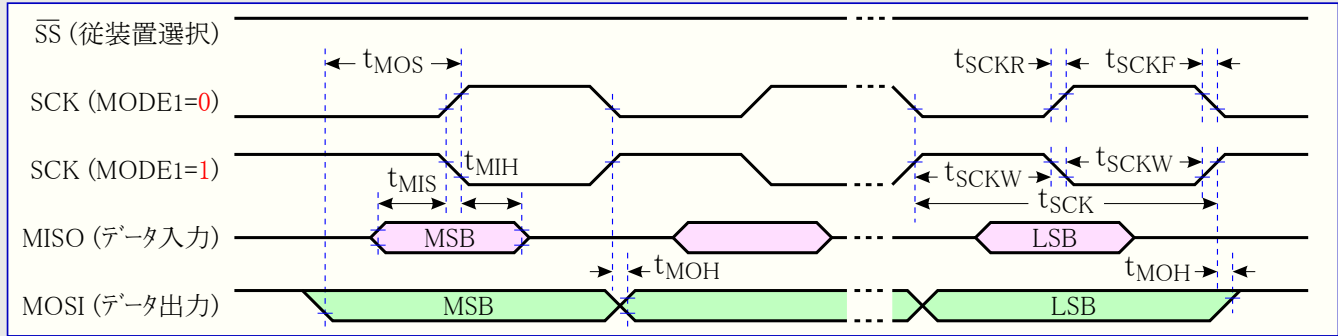


図32-13. 従装置動作でのSPI タイミング 必要条件

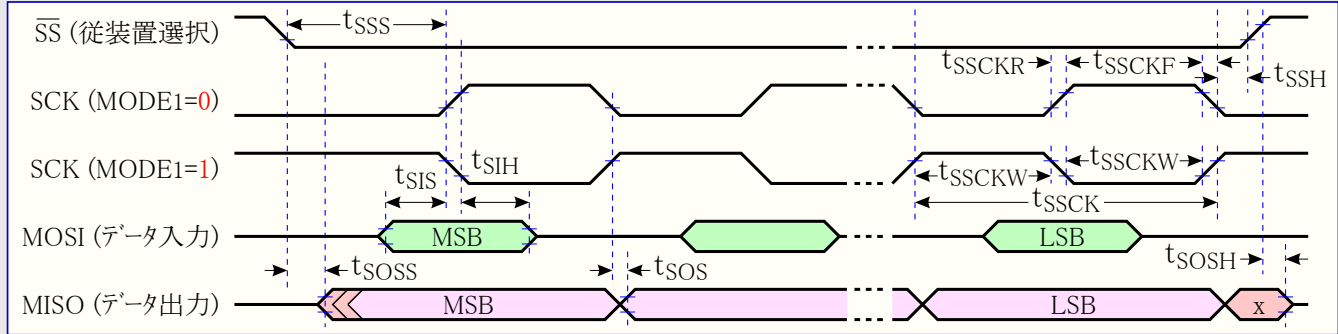


表32-55. SPI タイミング特性と必要条件

シンボル	項目	動作種別	Min	Typ	Max	単位
$t_{SCK}$	SCK周期	主装置	XMEGA D 手引書の表18-3.をご覧ください。			
$t_{SCKW}$	SCK High/Low期間	主装置		$0.5 \times SCK$		
$t_{SCKR}$	SCK 上昇時間	主装置		2.7		
$t_{SCKF}$	SCK 下降時間	主装置		2.7		
$t_{MIS}$	入力データ セットアップ時間	主装置		10		
$t_{MIH}$	入力データ 保持時間	主装置		10		
$t_{MOS}$	SCK 先行端対、出力データ セットアップ時間	主装置		$0.5 \times SCK$		
$t_{MOH}$	SCKからの出力遅延時間	主装置		1		
$t_{SSCK}$	SCK周期	従装置	$4 \times t_{clk_{PER}}$			ns
$t_{SSCKW}$	SCK High/Low期間	従装置	$2 \times t_{clk_{PER}}$			
$t_{SSCKR}$	SCK 上昇時間	従装置			1600	
$t_{SSCKF}$	SCK 下降時間	従装置			1600	
$t_{SIS}$	入力データ セットアップ時間	従装置	3			
$t_{SIH}$	入力データ 保持時間	従装置	$t_{clk_{PER}}$			
$t_{SSS}$	SCK 先行端に対する $\overline{SS}$ ↓ セットアップ時間	従装置	21			
$t_{SSH}$	SCK 後行端からの $\overline{SS}$ Low 保持時間	従装置	20			
$t_{SOS}$	SCKからの出力遅延時間	従装置		8		
$t_{SOH}$	SCKからの出力保持時間	従装置		13		
$t_{SOSS}$	$\overline{SS}$ ↓ からの出力セットアップ時間	従装置		11		
$t_{SOSH}$	$\overline{SS}$ ↑ からの出力保持時間	従装置		8		

(訳注) 表32-55.の $t_{SOH}$ は図32-13.で対応するシンボル記載がありません。

### 32.2.15. 2線インターフェース特性

表32-56は2線直列バスに接続した装置に対する必要条件を記述します。Atmel AVR XMEGAの2線インターフェースは記載条件下に於いて、これらの必要条件を越えるか、または合致します。タイミング シンボルは図32-14を参照してください。

図32-14. 2線インターフェース バス タイミング

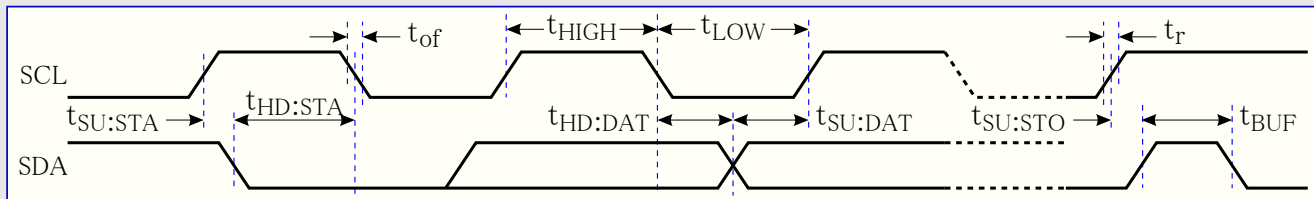


表32-56. 2線直列バス特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
$V_{IH}$	Highレベル入力電圧		$0.7V_{CC}$		$V_{CC}+0.5$	V
$V_{IL}$	Lowレベル入力電圧		-0.5		$0.3V_{CC}$	
$V_{hys}$	シュミットトリガ入力ヒステリシス電圧		① $0.05V_{CC}$			
$V_{OL}$	Lowレベル出力電圧	$I_{OL}=3mA$	0		0.4	
$t_r$	SDAとSCL両方の出力上昇時間		① $20+0.1C_b$ ②		300	ns
$t_{of}$	出力下降時間( $V_{IHmin} \rightarrow V_{ILmax}$ )	$10pF < C_b < 400pF$	① $20+0.1C_b$ ②		250	
$t_{SP}$	入力濾波による尖頭雑音消去		0		50	
$I_i$	入力電流(ピン単位)	$0.1V_{CC} < V_i < 0.9V_{CC}$	-10		10	$\mu A$
$C_i$	ピン入力容量				10	pF
$f_{SCL}$	SCLクロック周波数	$f_{PER} \textcircled{3} > \max(16f_{SCL}, 250kHz)$	0		400	kHz
$R_p$	プルアップ抵抗値	$f_{SCL} \leq 100kHz$	$(V_{CC}-0.4V)$		$\frac{100ns}{C_b}$	
		$f_{SCL} > 100kHz$	3mA		$\frac{300ns}{C_b}$	
$t_{HD:STA}$	(再送)開始条件保持時間	$f_{SCL} \leq 100kHz$	4.0			$\mu s$
		$f_{SCL} > 100kHz$	0.6			
$t_{LOW}$	SCLクロックLowレベル時間	$f_{SCL} \leq 100kHz$	4.7			
		$f_{SCL} > 100kHz$	1.3			$\mu s$
$t_{HIGH}$	SCLクロックHighレベル時間	$f_{SCL} \leq 100kHz$	4.0			
		$f_{SCL} > 100kHz$	0.6			
$t_{SU:STA}$	再送開始条件セットアップ時間	$f_{SCL} \leq 100kHz$	4.7			ns
		$f_{SCL} > 100kHz$	0.6			
$t_{HD:DAT}$	データ保持時間	$f_{SCL} \leq 100kHz$	0		3.45	
		$f_{SCL} > 100kHz$	0		0.9	$\mu s$
$t_{SU:DAT}$	データ セットアップ時間	$f_{SCL} \leq 100kHz$	250			
		$f_{SCL} > 100kHz$	100			
$t_{SU:STO}$	停止条件セットアップ時間	$f_{SCL} \leq 100kHz$	4.0			$\mu s$
		$f_{SCL} > 100kHz$	0.6			
$t_{BUF}$	停止条件→開始条件間バス開放時間	$f_{SCL} \leq 100kHz$	4.7			
		$f_{SCL} > 100kHz$	1.3			

①  $f_{SCL} > 100kHz$ についてのみ必要とされます。

②  $C_b$ は1つのバス信号線の容量(pF)です。

③  $f_{PER}$ は周辺クロック周波数です。

32.3. ATxmega64D4

32.3.1. 絶対最大定格

下の表32-57.で一覧にされるそれらを超える負担はデバイスに定常的な損傷を与えます。絶対最大定格は負担の定格を示すためだけのもので、この値または、この仕様書の動作特性で示された値を超える条件で動作することを示すものではありません。長時間の最大定格での使用はデバイスの信頼性を損なう場合があります。

表32-57. 絶対最大定格						
シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
VCC	電源電圧		-0.3		4	V
IVCC	VCCピンへの電流				200	mA
IGND	GNDピンの電流出力				200	
V <sub>PIN</sub>	GNDとVCCに対するピン電圧		-0.5		VCC+0.5	V
I <sub>PIN</sub>	入出力ピン シンク/ソース電流		-25		25	mA
TA	保存温度		-65		150	℃
T <sub>J</sub>	ジャンクション温度				150	

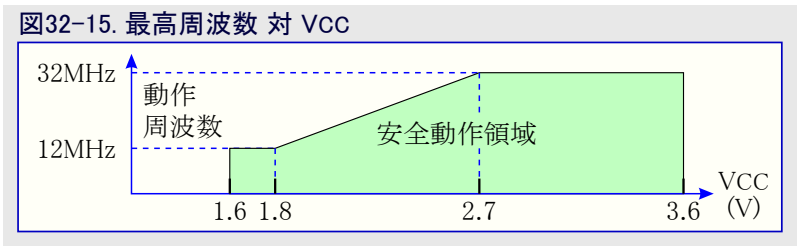
32.3.2. 全般動作定格

デバイスは保証されて有効であるべきデバイスの他の全ての電気的特性と代表特性のために、表32-58.で一覧にされる定格内で動作しなければなりません。

表32-58. 全般動作条件						
シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
VCC	電源電圧		1.60		3.6	V
AVCC	アナログ供給電圧		1.60		3.6	
TA	保存温度		-40		85	℃
T <sub>J</sub>	ジャンクション温度		-40		105	

表32-59. 動作電圧と周波数						
シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
clk <sub>CPU</sub>	CPUクロック周波数	VCC=1.6V	0		12	MHz
		VCC=1.8V	0		12	
		VCC=2.7V	0		32	
		VCC=3.6V	0		32	

最高システム周波数は動作電圧に依存します。図32-15.で示されるように周波数対VCC曲線は1.8V<VCC<2.7V間で直線です。



### 32.3.3. 消費電流

表32-60. 活動動作と休止動作の消費電流

シンボル	項目	条件		Min	Typ	Max	単位
I <sub>CC</sub>	活動動作消費電流 (注1)	32kHz外部クロック	VCC=1.8V		68		μA
			VCC=3.0V		145		
		1MHz外部クロック	VCC=1.8V		260		
			VCC=3.0V		540		
		2MHz外部クロック	VCC=1.8V		460	600	mA
			VCC=3.0V		0.96	1.4	
		32MHz外部クロック	VCC=3.0V		9.8	12	
	アイドル動作消費電流 (注1)	32kHz外部クロック	VCC=1.8V		2.4		μA
			VCC=3.0V		3.9		
		1MHz外部クロック	VCC=1.8V		62		
			VCC=3.0V		118		
		2MHz外部クロック	VCC=1.8V		125	225	
			VCC=3.0V		240	350	
		32MHz外部クロック	VCC=3.0V		3.8	5.5	mA
	パワーダウ動作消費電流	T=25°C			0.1	1.0	
		T=85°C			1.2	4.5	
		T=105°C			0.1	6.0	
		採取動作BODと WDTを許可	T=25°C	VCC=3.0V	1.3	3.0	
			T=85°C		2.4	6.0	
			T=105°C		1.3	8.0	
	パワーセーフ動作消費電流 (注2)	ULPクロックでのRTC、採取動作BOD とWDTを許可、T=25°C		VCC=1.8V	1.2		μA
				VCC=3.0V	1.3		
		低電力32.768kHz TOSCの1.024kHzで のRTC、T=25°C	VCC=1.8V		0.6	2.0	
			VCC=3.0V		0.7	2.0	
		低電力32.768kHz TOSCからのRTC、 T=25°C	VCC=1.8V		0.8	3.0	
			VCC=3.0V		1.0	3.0	
	リセット消費電流	基台のRESETピンを通る電流		VCC=3.0V	320		

注1: 全ての電力削減レジスタは設定(1)。

注2: 最大限度は特性付けに基づき、製造に於いて検査されません。

表32-61. 部署と周辺機能に関する消費電流

シンボル	項目	条件	(注1)	Min	Typ	Max	単位
ICC	超低電力(ULP)発振器				1.0		$\mu\text{A}$
	32.768kHz内部発振器				27		
	2MHz内部発振器				85		
		基準として32.768kHz内部発振器でDFLL許可			115		
	32MHz内部発振器				270		
		基準として32.768kHz内部発振器でDFLL許可			460		
	PLL	通倍率=20倍, 32MHz内部, 基準としてDIV4			220		
	ウォッチドッグ タイマ				1.0		
	低電圧検出器(BOD)	継続動作			138		
		採取動作, ULP発振器を含む			1.2		
	1.00V内部基準電圧				100		$\text{mA}$
	温度感知器				95		
	A/D変換器(ADC)	150k採取/秒, VREF=外部基準	電流制限(CURRLIMIT)=低		3.0		
			電流制限(CURRLIMIT)=中		2.6		
			電流制限(CURRLIMIT)=高		2.1		
	アナログ比較器	高速動作			1.6		$\mu\text{A}$
	タイマ/カウンタ				330		
	USART	9600bps, 送受信許可			16		
	フラッシュ メモリ/EEPROMプログラミング				2.5		
					4	8	$\text{mA}$

注1: 全て項目は周辺機能/部署の許可/禁止間の消費電力差としての測定です。他の条件が与えられない限り、全てはVCC=3.0V、前置分周なしでのclkSYS=外部1MHzクロック、T=25°Cでのデータです。

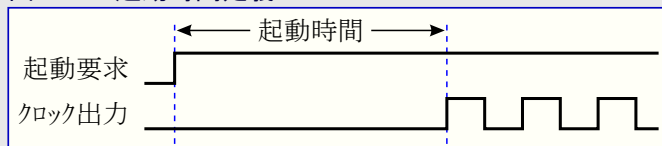
### 32.3.4. 休止形態からの起動時間

表32-62. 様々なシステムクロック元での休止形態からのデバイス起動時間

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
t <sub>wakeup</sub>	アイドル、スタンバイ、拡張スタンバイからの起動時間	外部2MHzクロック		2.0		$\mu\text{s}$
		32.768kHz内部発振器		120		
		2MHz内部発振器		2.0		
		32MHz内部発振器		0.2		
	パワーセーフ、パワーダウンからの起動時間	外部2MHzクロック		4.5		
		32.768kHz内部発振器		320		
		2MHz内部発振器		9.0		
		32MHz内部発振器		5.0		

注: 起動時間は起動要求が与えられてからピンで周辺クロックが利用可能になるまでで、図32-16をご覧ください。全ての周辺機能と部署はプログラム実行開始に先立って4クロック周期間停止されるCPUを除き、最初のクロック周期から実行を開始します。

図32-16. 起動時間定義





### 32.3.5. 入出力ピン特性

入出力ピンはJEDEC LVTTTLとLVCMOS仕様に従い、HレベルとLレベルの入力と出力の電圧限度はこの仕様を反映または超えます。

表32-63. 入出力ピン特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
$I_{OH}$ (注1) $I_{OL}$ (注2)	I/Oピン吐き出し/吸い込み電流		-15		15	mA
$V_{IH}$	Highレベル入力電圧	$V_{CC}=2.7\sim 3.6V$	2		$V_{CC}+0.3$	
		$V_{CC}=2.0\sim 2.7V$	$0.7V_{CC}$		$V_{CC}+0.3$	
		$V_{CC}=1.6\sim 2.0V$	$0.7V_{CC}$		$V_{CC}+0.3$	
$V_{IL}$	Lowレベル入力電圧	$V_{CC}=2.7\sim 3.6V$	-0.3		$0.3V_{CC}$	
		$V_{CC}=2.0\sim 2.7V$	-0.3		$0.3V_{CC}$	
		$V_{CC}=1.6\sim 2.0V$	-0.3		$0.3V_{CC}$	
$V_{OH}$	Highレベル出力電圧	$V_{CC}=3.0\sim 3.6V$ $I_{OH}=-2mA$	2.4	$0.94V_{CC}$		V
		$V_{CC}=3.3V$ $I_{OH}=-4mA$	2.6	2.9		
		$V_{CC}=3.0V$ $I_{OH}=-3mA$	2.1	2.6		
		$V_{CC}=1.8V$ $I_{OH}=-1mA$	1.4	1.6		
$V_{OL}$	Lowレベル出力電圧	$V_{CC}=3.0\sim 3.6V$ $I_{OL}=2mA$		$0.05V_{CC}$	0.4	
		$V_{CC}=3.3V$ $I_{OL}=8mA$		0.4	0.76	
		$V_{CC}=3.0V$ $I_{OL}=5mA$		0.3	0.64	
		$V_{CC}=1.8V$ $I_{OL}=3mA$		0.2	0.46	
$I_{IN}$	I/Oピン入力漏れ電流	$T=25^{\circ}C$		<0.001	0.1	$\mu A$
$R_P$	I/Oピンプル/バス保持抵抗			24		k $\Omega$
$t_r$	上昇時間	無負荷		4		ns

**注1:** ポートAとポートBに対する全ての $I_{OH}$ の合計は100mAを超えてはなりません。  
 ポートCに対する全ての $I_{OH}$ の合計は200mAを超えてはなりません。  
 ポートDとポートEのPE1,0に対する全ての $I_{OH}$ の合計は200mAを超えてはなりません。  
 ポートEのPE3,2とポートRとPDIに対する全ての $I_{OH}$ の合計は100mAを超えてはなりません。

**注2:** ポートAとポートBに対する全ての $I_{OL}$ の合計は100mAを超えてはなりません。  
 ポートCに対する全ての $I_{OL}$ の合計は200mAを超えてはなりません。  
 ポートDとポートEのPE1,0に対する全ての $I_{OL}$ の合計は200mAを超えてはなりません。  
 ポートEのPE3,2とポートRとPDIに対する全ての $I_{OL}$ の合計は100mAを超えてはなりません。

### 32.3.6. A/D変換器特性

表32-64. 電源、基準電圧と入力範囲

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
$AV_{CC}$	アナログ供給電圧		$V_{CC}-0.3$		$V_{CC}+0.3$	V
$V_{REF}$	基準電圧		1.0		$AV_{CC}-0.6$	
$R_{in}$	入力抵抗	切り替え		4.0		k $\Omega$
$C_{sample}$	入力容量	切り替え		4.4		pF
$R_{AREF}$	基準電圧入力抵抗	(漏れのみの)		>10		M $\Omega$
$C_{AREF}$	基準電圧入力容量	静止負荷		7.0		pF
$V_{in}$	入力範囲		-0.1		$AV_{CC}+0.1$	V
	変換範囲	差動動作、 $V_{inP}-V_{inN}$	$-V_{REF}$		$V_{REF}$	
		符号なしシングルエンド動作、 $V_{inP}$	$-\angle V$		$V_{REF}-\angle V$	
$\angle V$	固定変位(オフセット)電圧			190		LSB

表32-65. クロックとタイミング

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
clk <sub>ADC</sub>	A/D変換クロック周波数	Maxは周辺クロック周波数の1/4	100		1400	kHz
		内部信号測定	100		125	
f <sub>clkADC</sub>	採取(変換)速度				200	
f <sub>ADC</sub>	採取(変換)速度	電流制限(CURRLIMIT)OFF			200	ksps
		電流制限(CURRLIMIT)=低(LOW)	14		150	
		電流制限(CURRLIMIT)=中(MEDIUM)			100	
		電流制限(CURRLIMIT)=高(HIGH)			50	
	採取時間	1/2 clk <sub>ADC</sub> 周期	0.25		5	μs
	変換時間(伝播遅延)	(RES+2) ÷ 2 + GAIN... 計算式 (RES=8または12, GAIN=0,1,2,3)	5	7	10	clk <sub>ADC</sub> 周期
	始動時間	A/D変換クロック周期		12	24	
	ADC安定時間	基準電圧または入力形態変更後		7	7	
		ADC破棄後		1	1	

表32-66. 精度特性

シンボル	項目	条件	(注2)	Min	Typ	Max	単位
RES	分解能	8または12ビット設定可能		8	12	12	ビット
INL	積分性非直線誤差 (注1)	50ksps	VCC-1.0V < VREF < VCC-0.6V		±1.2	±3	LSB
			全VREF		±1.5	±4	
		200ksps	VCC-1.0V < VREF < VCC-0.6V		±1.0	±3	
			全VREF		±1.5	±4	
DNL	微分性非直線誤差 (注1)	単調性保証			<±0.8	<±1	
	変位(オフセット)誤差				-1		mV
		温度変動			<0.01		mV/K
		動作電圧変動			<0.6		mV/V
	利得誤差	差動動作	外部基準電圧		-1		mV
			AVCC/1.6		10		
			AVCC/2.0		8		
			バンドギャップ		±5		
		温度変動			<0.02		mV/K
		動作電圧変動			<0.5		mV/V
	雑音	差動動作, 短絡入力, 200ksps, VCC=3.6V, clk <sub>PER</sub> =16MHz			0.4		mV (RMS)

注1: 最大値は特性付けに基づき、製造に於いて検査されず、5~95%の入力範囲に対して有効です。

注2: 他の注記を除き、全ての直線性、変位、利得の誤差値は外部VREFが使用される条件下で有効です。

表32-67. 利得段特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
Rin	入力抵抗	標準動作での切り替え		4.0		k $\Omega$
Csample	入力容量	標準動作での切り替え		4.4		pF
	信号範囲	利得段出力	0		VCC-0.6	V
	伝播遅延	A/D変換速度		1		clk <sub>ADC</sub> 周期
	採取速度	ADCと同じ	14		200	kHz
INL	積分性非直線誤差 (注)	50ksps, 全利得設定		$\pm 1.5$	$\pm 4$	LSB
	利得誤差	1倍、標準動作		-0.8		%
		8倍、標準動作		-2.5		
		64倍、標準動作		-3.5		
	(入力基準での)変位(オフセット)誤差	1倍、標準動作		-2		mV
		8倍、標準動作		-5		
		64倍、標準動作		-4		
	雑音	1倍、標準動作	VCC=3.6V, 外部VREF	0.5		mV (RMS)
		8倍、標準動作		1.5		
		64倍、標準動作		11		

注: 最大値は特性付けに基づき、製造で検査されず、5~95%の入力電圧範囲に対して有効です。

### 32.3.7. アナログ比較器特性

表32-68. アナログ比較器特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
V <sub>off</sub>	入力変位(オフセット)電圧			< $\pm 10$		mV
I <sub>lk</sub>	入力漏れ電流			<1		nA
	入力電圧範囲		-0.1		AVCC	V
	始動時間			100		$\mu$ s
V <sub>hyst1</sub>	ヒステリシス(なし設定時)			0		mV
V <sub>hyst2</sub>	ヒステリシス(小設定時)			13		
V <sub>hyst3</sub>	ヒステリシス(大設定時)			30		
t <sub>delay</sub>	伝播遅延	VCC=3.0V, T=85°C		30	90	ns
				30		
	64レベル分圧器積分直線性(INL)			0.3	0.5	LSB

### 32.3.8. バンドギャップと内部1.0V基準電圧特性

表32-69. バンドギャップと内部1.0V基準電圧特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
	始動時間	ADCの基準電圧として	1clk <sub>PER</sub> +2.5 $\mu$ s			$\mu$ s
		ADCまたはACの入力電圧として		1.5		
	バンドギャップ電圧			1.1		V
INT1V	内部1.00V基準電圧	校正後, T=85°C	0.99	1	1.01	
	電圧と温度での変動	T=85°C, VCC=3.0Vで校正		$\pm 1.5$		%

### 32.3.9. 低電圧検出(Brownout Detection)特性

表32-70. 低電圧検出特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
	VCC降下検出レベル0		1.60	1.62	1.70	V
	VCC降下検出レベル1			1.8		
	VCC降下検出レベル2			2.0		
	VCC降下検出レベル3			2.2		
	VCC降下検出レベル4			2.4		
	VCC降下検出レベル5			2.6		
	VCC降下検出レベル6			2.8		
	VCC降下検出レベル7			3.0		
tBOD	検出時間	継続動作		0.4		$\mu$ s
		採取動作		1000		
VHYST	ヒステリシス			1.2		%

注: 値電圧検出(BOD)は85°Cで検出レベル0に対して校正され、検出レベル0が既定レベルです。

### 32.3.10. 外部リセット特性

表32-71. 外部リセット特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
tEXT	最小リセットパルス幅			95	1000	ns
VRST	リセット閾値電圧 (VIH)	VCC=2.7~3.6V	0.6VCC			V
		VCC=1.6~2.7V	0.6VCC			
	リセット閾値電圧 (VIL)	VCC=2.7~3.6V			0.5VCC	
		VCC=1.6~2.7V			0.4VCC	
RRST	リセットピンプルアップ抵抗			25		k $\Omega$

### 32.3.11. 電源ONリセット特性

表32-72. 電源ONリセット(POR)特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
VPOT-	VCC下降POR閾値電圧 (注)	1V/msよりも速いVCC下降	0.4	1.0		V
		1V/msまたはより遅いVCC下降	0.8	1.0		
VPOT+	VCC上昇POR閾値電圧			1.3	1.59	

注: VPOT-値は低電圧検出(BOD)が禁止される時にだけ有効です。BOD許可時はVPOT-=VPOT+です。

### 32.3.12. フラッシュメモリとEEPROMの特性

表32-73. 耐久性とデータ保持力

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
	フラッシュメモリ耐久性能	書き込み/消去繰り返し	25°C	10,000		回
			85°C	10,000		
			105°C	2000		
	フラッシュメモリデータ保持力		25°C	100		年
			85°C	25		
			105°C	10		
	EEPROM耐久性能	書き込み/消去繰り返し	25°C	100,000		回
			85°C	100,000		
			105°C	30,000		
	EEPROMデータ保持力		25°C	100		年
			85°C	25		
			105°C	10		

表32-74. プログラミング時間

シンボル	項目	条件	Min	Typ (注1)	Max	単位
	チップ消去時間	64KBフラッシュとEEPROM(注2)の消去		55		ms
		ページ消去		4		
	フラッシュ メモリ プログラミング時間	ページ書き込み		4		
		非分断ページ消去/ページ書き込み		8		
	EEPROMプログラミング時間	ページ消去		4		
		ページ書き込み		4		
		非分断ページ消去/ページ書き込み		8		

注1: プログラミングは内部2MHz発振器から計時されます。

注2: EESAVEヒューズがプログラム(0)されている場合、EEPROMは消去されません。

### 32.3.13. クロックと発振器の特性

#### 32.3.13.1. 校正付き32.768kHz内部発振器特性

表32-75. 校正付き32.768kHz内部発振器特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
	周波数			32.768		kHz
	工場校正精度	VCC=3.0V, T=85°C	-0.5		0.5	
	使用者校正精度		-0.5		0.5	

#### 32.3.13.2. 校正付き2MHz内部発振器特性

表32-76. 2MHz内部発振器特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
	周波数範囲	電圧と温度に対してDFLLがこの周波数を調整可能	1.8		2.2	MHz
	工場校正周波数			2.0		
	工場校正精度	VCC=3.0V, T=85°C	-1.5		1.5	%
	使用者校正精度		-0.2		0.2	
	DFLL校正段階量			0.21		

#### 32.3.13.3. 校正付き32MHz内部発振器特性

表32-77. 32MHz内部発振器特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
	周波数範囲	電圧と温度に対してDFLLがこの周波数を調整可能	30		55	MHz
	工場校正周波数			32		
	工場校正精度	VCC=3.0V, T=85°C	-1.5		1.5	%
	使用者校正精度		-0.2		0.2	
	DFLL校正段階量			0.22		

#### 32.3.13.4. 32kHz内部ULP発振器特性

表32-78. 32kHz内部ULP発振器特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
	工場校正周波数			32		kHz
	工場校正精度	VCC=3.0V, T=85°C	-12		12	
	精度		-30		30	%

### 32.3.13.5. 内部位相固定化閉路(PLL)特性

表32-79. 内部PLL特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
$f_{IN}$	入力周波数	出力周波数は $f_{OUT}$ 以内	0.4		64	MHz
$f_{OUT}$	出力周波数 (注)	VCC=1.6~1.8V	20		48	
		VCC=2.7~3.6V	20		128	
	始動時間			25		$\mu s$
	再固定化時間			25		

注: 最大出力周波数対供給電圧は1.8~2.7V間で直線状で、最大CPU周波数の4倍よりも決して高くすることはできません。

### 32.3.13.6. 外部クロック特性

図32-17. 外部クロック駆動波形

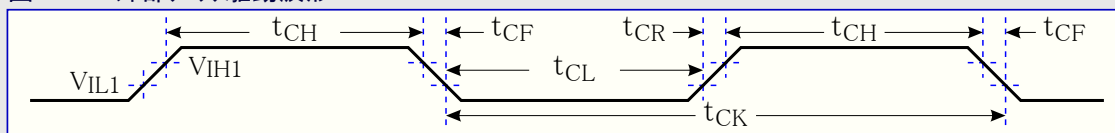


表32-80. 前置分周なしでシステムクロックとして使用される外部クロック

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
$1/t_{CK}$	クロック周波数 (注)	VCC=1.6~1.8V	0		12	MHz
		VCC=2.7~3.6V	0		32	
$t_{CK}$	クロック周期	VCC=1.6~1.8V	83.3			
		VCC=2.7~3.6V	31.5			
$t_{CH}$	クロックHigh時間	VCC=1.6~1.8V	30.0			
		VCC=2.7~3.6V	12.5			
$t_{CL}$	クロックLow時間	VCC=1.6~1.8V	30.0			ns
		VCC=2.7~3.6V	12.5			
$t_{CR}$	(最大周波数に対する)上昇時間	VCC=1.6~1.8V			10	
		VCC=2.7~3.6V			3	
$t_{CF}$	(最大周波数に対する)下降時間	VCC=1.6~1.8V			10	
		VCC=2.7~3.6V			3	
$\Delta t_{CK}$	次周期への周期内変化率				10	%

注: 最大出力周波数対供給電圧は1.8~2.7V間で直線状で、供給電圧条件を伴う他の全てのパラメータにも同じく適用します。

表32-81. システムクロック用に前置分周器(注1)を持つ外部クロック

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
$1/t_{CK}$	クロック周波数 (注2)	VCC=1.6~1.8V	0		90	MHz
		VCC=2.7~3.6V	0		142	
$t_{CK}$	クロック周期	VCC=1.6~1.8V	11			
		VCC=2.7~3.6V	7			
$t_{CH}$	クロックHigh時間	VCC=1.6~1.8V	4.5			ns
		VCC=2.7~3.6V	2.4			
$t_{CL}$	クロックLow時間	VCC=1.6~1.8V	4.5			
		VCC=2.7~3.6V	2.4			
$t_{CR}$	(最大周波数に対する)上昇時間				1.5	
$t_{CF}$	(最大周波数に対する)下降時間				1.5	
$\Delta t_{CK}$	次周期への周期内変化率				10	%

注1: システムクロック前置分周器はデバイスに対する最大CPUクロック周波数を超えないように設定されなければなりません。

注2: 最大出力周波数対供給電圧は1.8~2.7V間で直線状で、供給電圧条件を伴う他の全てのパラメータにも同じく適用します。

### 32.3.13.7. 外部16MHzクリスタル用発振器とXOSCの特性

表32-82. 外部16MHzクリスタル用発振器とXOSCの特性

シンボル	項目	条件		Min	Typ	Max	単位
	周期間微動	XOSCPWR=0,FRQRANGE=0			<10		ns
		XOSCPWR=0,FRQRANGE=1,2,3			<1		
		XOSCPWR=1			<1		
	長期間微動	XOSCPWR=0,FRQRANGE=0			<6		
		XOSCPWR=0,FRQRANGE=1,2,3			<0.5		
		XOSCPWR=1			<0.5		
	周波数誤差	XOSCPWR=0,FRQRANGE=0			<0.1		%
		XOSCPWR=0,FRQRANGE=1			<0.05		
		XOSCPWR=0,FRQRANGE=2,3			<0.005		
		XOSCPWR=1			<0.005		
	デューティ サイクル	XOSCPWR=0,FRQRANGE=0			40		
		XOSCPWR=0,FRQRANGE=1			42		
		XOSCPWR=0,FRQRANGE=2,3			45		
		XOSCPWR=1			48		
RQ	負インピーダンス (注)	XOSCPWR=0, FRQRANGE=0	0.4MHzセラミック,CL=100pF	2.4k			Ω
			1MHzクリスタル,CL=20pF	8.7k			
			2MHzクリスタル,CL=20pF	2.1k			
		XOSCPWR=0, FRQRANGE=1, CL=20pF	2MHzクリスタル	4.2k			
			8MHzクリスタル	250			
			9MHzクリスタル	195			
		XOSCPWR=0, FRQRANGE=2, CL=20pF	8MHzクリスタル	360			
			9MHzクリスタル	285			
			12MHzクリスタル	155			
		XOSCPWR=0, FRQRANGE=3, CL=20pF	9MHzクリスタル	365			
			12MHzクリスタル	200			
			16MHzクリスタル	105			
		XOSCPWR=1, FRQRANGE=0, CL=20pF	9MHzクリスタル	435			
			12MHzクリスタル	235			
			16MHzクリスタル	125			
		XOSCPWR=1, FRQRANGE=1, CL=20pF	9MHzクリスタル	495			
			12MHzクリスタル	270			
			16MHzクリスタル	145			
		XOSCPWR=1, FRQRANGE=2,CL=20pF	12MHzクリスタル	305			
			16MHzクリスタル	160			
		XOSCPWR=1, FRQRANGE=3,CL=20pF	12MHzクリスタル	380			
			16MHzクリスタル	205			
	等価直列抵抗(ESR)	SF=安全係数				min(RQ)/SF	kΩ
	始動時間	XOSCPWR=0, FRQRANGE=0	0.4MHzセラミック,CL=100pF		1.0		ms
			2MHzクリスタル,CL=20pF		2.6		
		XOSCPWR=0, FRQRANGE=2	8MHzセラミック,CL=20pF		0.8		
			12MHzセラミック,CL=20pF		1.0		
		XOSCPWR=1, FRQRANGE=3	16MHzセラミック,CL=20pF		1.4		
CXTAL1	XTAL1ピン寄生容量				5.9		pF
CXTAL2	XTAL2ピン寄生容量				8.3		
CLOAD	寄生容量性負荷				3.5		

注: 負インピーダンスの数値は検査されませんが、設計と特性付けから保証されます。



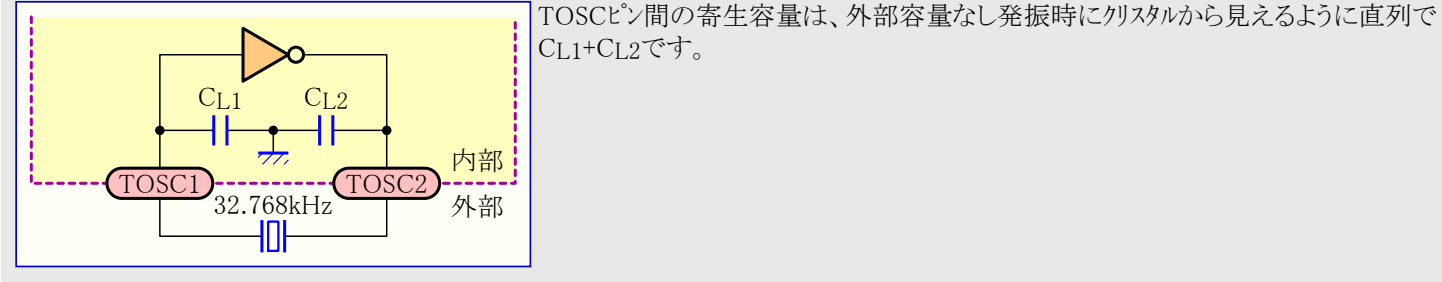
32.3.13.8. 外部32.768kHzクリスタル用発振器とTOSCの特性

表32-83. 外部32.768kHzクリスタル用発振器とTOSCの特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
ESR/R1	推奨クリスタル等価直列抵抗(ESR)	クリスタル負荷容量6.5pF			60	kΩ
		クリスタル負荷容量9.0pF			35	
CTOSC	TOSC1ピン寄生容量	標準動作		4.7		pF
		低電力動作		5.2		
	推奨安全係数	クリスタル特性に合わせた容量性負荷	3			

注: 定義については図32-18をご覧ください。

図32-18. TOSC入力容量



32.3.14. SPIタイミング特性

図32-19. 主装置動作でのSPI タイミング 必要条件

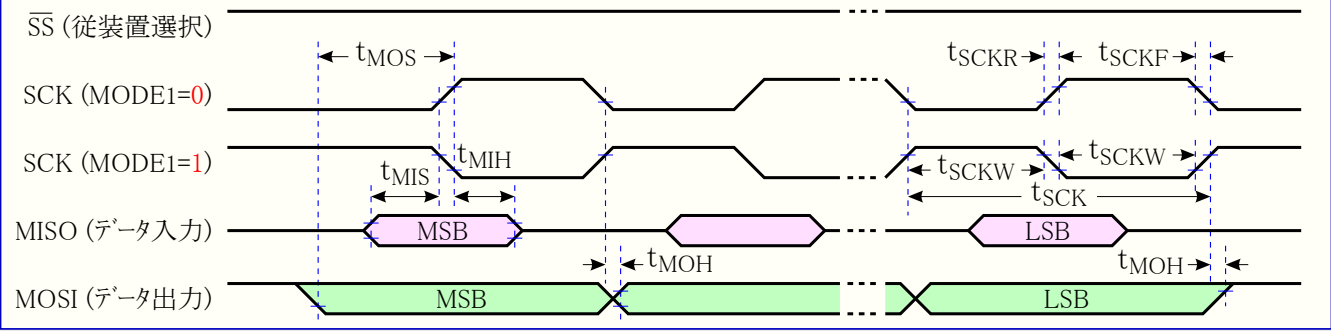


図32-20. 従装置動作でのSPI タイミング 必要条件

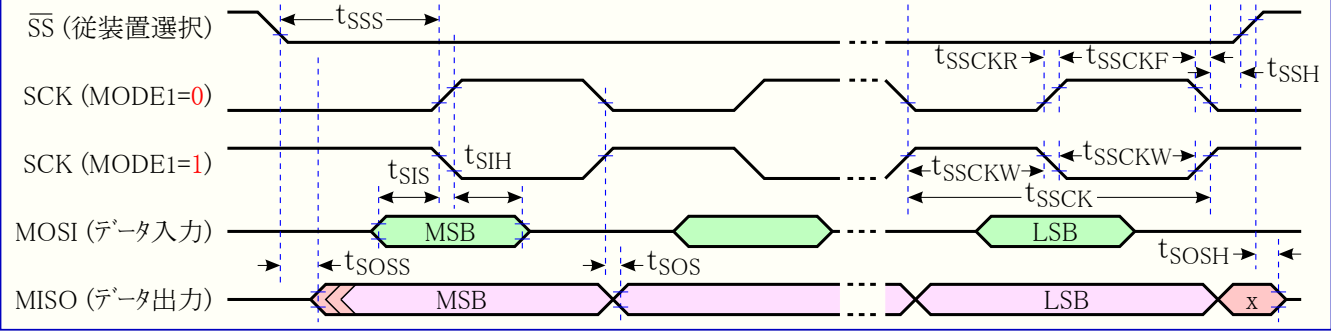


表32-84. SPI タイミング特性と必要条件

シンボル	項目	動作種別	Min	Typ	Max	単位
$t_{SCK}$	SCK周期	主装置	XMEGA D 手引書の表18-3.をご覧ください。			
$t_{SCKW}$	SCK High/Low期間	主装置		$0.5 \times SCK$		
$t_{SCKR}$	SCK 上昇時間	主装置		2.7		
$t_{SCKF}$	SCK 下降時間	主装置		2.7		
$t_{MIS}$	入力データ セットアップ時間	主装置		10		
$t_{MIH}$	入力データ 保持時間	主装置		10		
$t_{MOS}$	SCK 先行端対、出力データ セットアップ時間	主装置		$0.5 \times SCK$		
$t_{MOH}$	SCKからの出力遅延時間	主装置		1		
$t_{SSCK}$	SCK周期	従装置	$4 \times t_{clk_{PER}}$			ns
$t_{SSCKW}$	SCK High/Low期間	従装置	$2 \times t_{clk_{PER}}$			
$t_{SSCKR}$	SCK 上昇時間	従装置			1600	
$t_{SSCKF}$	SCK 下降時間	従装置			1600	
$t_{SIS}$	入力データ セットアップ時間	従装置	3			
$t_{SIH}$	入力データ 保持時間	従装置	$t_{clk_{PER}}$			
$t_{SSS}$	SCK 先行端に対する $\overline{SS}$ ↓ セットアップ時間	従装置	21			
$t_{SSH}$	SCK 後行端からの $\overline{SS}$ Low 保持時間	従装置	20			
$t_{SOS}$	SCKからの出力遅延時間	従装置		8.0		
$t_{SOH}$	SCKからの出力保持時間	従装置		13.0		
$t_{SOSS}$	$\overline{SS}$ ↓ からの出力セットアップ時間	従装置		11.0		
$t_{SOSH}$	$\overline{SS}$ ↑ からの出力保持時間	従装置		8.0		

(訳注) 表32-84.の $t_{SOH}$ は図32-20.で対応するシンボル記載がありません。

### 32.3.15. 2線インターフェース特性

表32-85.は2線直列バスに接続した装置に対する必要条件を記述します。Atmel AVR XMEGAの2線インターフェースは記載条件下に於いて、これらの必要条件を越えるか、または合致します。タイミング シンボルは図32-21.を参照してください。

図32-21. 2線インターフェース バス タイミング

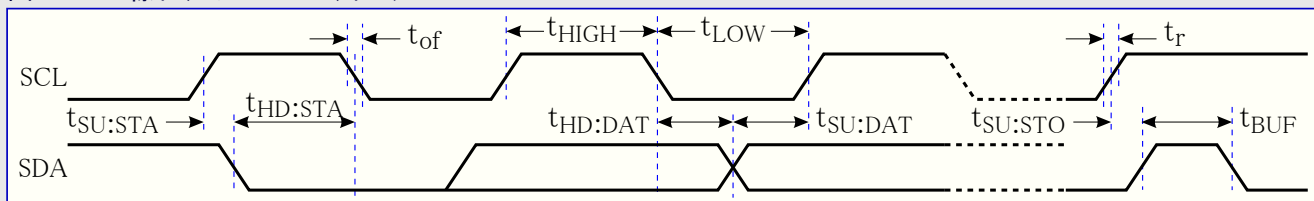


表32-85. 2線直列バス特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
$V_{IH}$	Highレベル入力電圧		$0.7V_{CC}$		$V_{CC}+0.5$	V
$V_{IL}$	Lowレベル入力電圧		-0.5		$0.3V_{CC}$	
$V_{hys}$	シュミットトリガ入力ヒステリシス電圧		① $0.05V_{CC}$			
$V_{OL}$	Lowレベル出力電圧	$I_{OL}=3mA$	0		0.4	
$t_r$	SDAとSCL両方の出力上昇時間		① $20+0.1C_b$ ②		300	ns
$t_{of}$	出力下降時間( $V_{IHmin} \rightarrow V_{ILmax}$ )	$10pF < C_b < 400pF$	① $20+0.1C_b$ ②		250	
$t_{SP}$	入力濾波による尖頭雑音消去		0		50	
$I_i$	入力電流(ピン単位)	$0.1V_{CC} < V_i < 0.9V_{CC}$	-10		10	$\mu A$
$C_i$	ピン入力容量				10	pF
$f_{SCL}$	SCLクロック周波数	$f_{PER} \textcircled{3} > \max(16f_{SCL}, 250kHz)$	0		400	kHz
$R_p$	プルアップ抵抗値	$f_{SCL} \leq 100kHz$	$(V_{CC}-0.4V)$		$\frac{100ns}{C_b}$	
		$f_{SCL} > 100kHz$	3mA		$\frac{300ns}{C_b}$	
$t_{HD:STA}$	(再送)開始条件保持時間	$f_{SCL} \leq 100kHz$	4.0			$\mu s$
		$f_{SCL} > 100kHz$	0.6			
$t_{LOW}$	SCLクロックLowレベル時間	$f_{SCL} \leq 100kHz$	4.7			
		$f_{SCL} > 100kHz$	1.3			$\mu s$
$t_{HIGH}$	SCLクロックHighレベル時間	$f_{SCL} \leq 100kHz$	4.0			
		$f_{SCL} > 100kHz$	0.6			
$t_{SU:STA}$	再送開始条件セットアップ時間	$f_{SCL} \leq 100kHz$	4.7			ns
		$f_{SCL} > 100kHz$	0.6			
$t_{HD:DAT}$	データ保持時間	$f_{SCL} \leq 100kHz$	0		3.45	
		$f_{SCL} > 100kHz$	0		0.9	$\mu s$
$t_{SU:DAT}$	データ セットアップ時間	$f_{SCL} \leq 100kHz$	250			
		$f_{SCL} > 100kHz$	100			
$t_{SU:STO}$	停止条件セットアップ時間	$f_{SCL} \leq 100kHz$	4.0			$\mu s$
		$f_{SCL} > 100kHz$	0.6			
$t_{BUF}$	停止条件→開始条件間バス開放時間	$f_{SCL} \leq 100kHz$	4.7			
		$f_{SCL} > 100kHz$	1.3			

①  $f_{SCL} > 100kHz$ についてのみ必要とされます。

②  $C_b$ は1つのバス信号線の容量(pF)です。

③  $f_{PER}$ は周辺クロック周波数です。

32.4. ATxmega128D4

32.4.1. 絶対最大定格

下の表32-86.で一覧にされるそれらを超える負担はデバイスに定常的な損傷を与えます。絶対最大定格は負担の定格を示すためだけのもので、この値または、この仕様書の動作特性で示された値を超える条件で動作することを示すものではありません。長時間の最大定格での使用はデバイスの信頼性を損なう場合があります。

表32-86. 絶対最大定格						
シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
VCC	電源電圧		-0.3		4	V
IVCC	VCCピンへの電流				200	mA
IGND	GNDピンの電流出力				200	
V <sub>PIN</sub>	GNDとVCCに対するピン電圧		-0.5		VCC+0.5	V
I <sub>PIN</sub>	入出力ピン シンク/ソース電流		-25		25	mA
TA	保存温度		-65		150	°C
T <sub>j</sub>	ジャンクション温度				150	

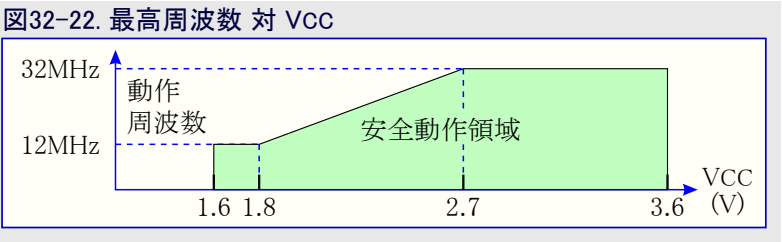
32.4.2. 全般動作定格

デバイスは保証されて有効であるべきデバイスの他の全ての電気的特性と代表特性のために、表32-87.で一覧にされる定格内で動作しなければなりません。

表32-87. 全般動作条件						
シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
VCC	電源電圧		1.60		3.6	V
AVCC	アナログ供給電圧		1.60		3.6	
TA	保存温度		-40		85	°C
T <sub>j</sub>	ジャンクション温度		-40		105	

表32-88. 動作電圧と周波数						
シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
clk <sub>CPU</sub>	CPUクロック周波数	VCC=1.6V	0		12	MHz
		VCC=1.8V	0		12	
		VCC=2.7V	0		32	
		VCC=3.6V	0		32	

最高システム周波数は動作電圧に依存します。図32-22.で示されるように周波数対VCC曲線は1.8V<VCC<2.7V間で直線です。



### 32.4.3. 消費電流

表32-89. 活動動作と休止動作の消費電流

シンボル	項目	条件		Min	Typ	Max	単位
I <sub>CC</sub>	活動動作消費電流 (注1)	32kHz外部クロック	VCC=1.8V		55		μA
			VCC=3.0V		135		
		1MHz外部クロック	VCC=1.8V		255		
			VCC=3.0V		535		
		2MHz外部クロック	VCC=1.8V		460	600	mA
			VCC=3.0V		1.0	1.4	
		32MHz外部クロック	VCC=3.0V		9.5	12	
	アイドル動作消費電流 (注1)	32kHz外部クロック	VCC=1.8V		2.9		μA
			VCC=3.0V		3.9		
		1MHz外部クロック	VCC=1.8V		62		
			VCC=3.0V		118		
		2MHz外部クロック	VCC=1.8V		125	225	
			VCC=3.0V		240	350	
		32MHz外部クロック	VCC=3.0V		3.8	5.5	mA
	パワーダウ動作消費電流	T=25°C			0.1	1.0	
		T=85°C			1.5	4.5	
		T=105°C			0.1	8.6	
		採取動作BODとWDTを許可	T=25°C	VCC=3.0V	1.4	3.0	
			T=85°C		2.8	6.0	
			T=105°C		1.4	8.8	
	パワーセーフ動作消費電流 (注2)	ULPクロックでのRTC、採取動作BODとWDTを許可、T=25°C		VCC=1.8V	1.2		μA
				VCC=3.0V	1.5		
		低電力32.768kHz TOSCの1.024kHzでのRTC、T=25°C	VCC=1.8V		0.6	2.0	
			VCC=3.0V		0.7	2.0	
		低電力32.768kHz TOSCからのRTC、T=25°C	VCC=1.8V		0.8	3.0	
			VCC=3.0V		1.0	3.0	
	リセット消費電流	基台のRESETピンを通る電流		VCC=3.0V	300		

注1: 全ての電力削減レジスタは設定(1)。

注2: 最大限度は特性付けに基づき、製造に於いて検査されません。

表32-90. 部署と周辺機能に関する消費電流

シンボル	項目	条件	(注1)	Min	Typ	Max	単位
ICC	超低電力(ULP)発振器				1.0		$\mu\text{A}$
	32.768kHz内部発振器				29		
	2MHz内部発振器				85		
		基準として32.768kHz内部発振器でDFLL許可			115		
	32MHz内部発振器				270		
		基準として32.768kHz内部発振器でDFLL許可			440		
	PLL	通倍率=20倍, 32MHz内部, 基準としてDIV4			320		$\mu\text{A}$
	ウォッチドッグ タイマ				1.0		
	低電圧検出器(BOD)	継続動作			138		
		採取動作, ULP発振器を含む			1.2		mA
	1.00V内部基準電圧				260		
	温度感知器				250		
	A/D変換器(ADC)	150k採取/秒, VREF=外部基準	電流制限(CURRLIMIT)=低		3.0		mA
			電流制限(CURRLIMIT)=中		2.6		
			電流制限(CURRLIMIT)=高		2.1		
	アナログ比較器	高速動作			1.6		$\mu\text{A}$
		低電力動作			330		
	タイマ/カウンタ				130		
	USART	9600bps, 送受信許可			16		mA
	フラッシュ メモリ/EEPROMプログラミング				2.5	8.0	

注1: 全て項目は周辺機能/部署の許可/禁止間の消費電力差としての測定です。他の条件が与えられない限り、全てはVCC=3.0V、前置分周なしでのclkSYS=外部1MHzクロック、T=25°Cでのデータです。

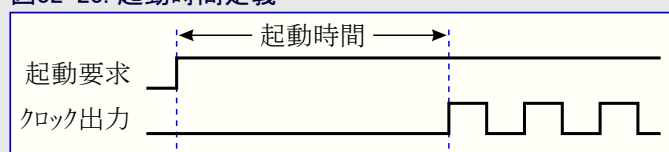
#### 32.4.4. 休止形態からの起動時間

表32-91. 様々なシステムクロック元での休止形態からのデバイス起動時間

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
t <sub>wakeup</sub>	アイドル、スタンバイ、拡張スタンバイからの起動時間	外部2MHzクロック		2.0		$\mu\text{s}$
		32.768kHz内部発振器		120		
		2MHz内部発振器		2.0		
		32MHz内部発振器		0.2		
	パワーセーブ、パワーダウンからの起動時間	外部2MHzクロック		4.5		$\mu\text{s}$
		32.768kHz内部発振器		320		
		2MHz内部発振器		9.0		
		32MHz内部発振器		5.0		

注: 起動時間は起動要求が与えられてからピンで周辺クロックが利用可能になるまでで、図32-23をご覧ください。全ての周辺機能と部署はプログラム実行開始に先立って4クロック周期間停止されるCPUを除き、最初のクロック周期から実行を開始します。

図32-23. 起動時間定義



### 32.4.5. 入出力ピン特性

入出力ピンはJEDEC LVTTTLとLVCMOS仕様に従い、HレベルとLレベルの入力と出力の電圧限度はこの仕様を反映または超えます。

表32-92. 入出力ピン特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
$I_{OH}$ (注1) $I_{OL}$ (注2)	I/Oピン吐き出し/吸い込み電流		-20		20	mA
$V_{IH}$	Highレベル入力電圧	$V_{CC}=2.7\sim 3.6V$	2		$V_{CC}+0.3$	
		$V_{CC}=2.0\sim 2.7V$	$0.7V_{CC}$		$V_{CC}+0.3$	
		$V_{CC}=1.6\sim 2.0V$	$0.8V_{CC}$		$V_{CC}+0.3$	
$V_{IL}$	Lowレベル入力電圧	$V_{CC}=2.7\sim 3.6V$	-0.3		0.8	
		$V_{CC}=2.0\sim 2.7V$	-0.3		$0.3V_{CC}$	
		$V_{CC}=1.6\sim 2.0V$	-0.3		$0.2V_{CC}$	
$V_{OH}$	Highレベル出力電圧	$V_{CC}=3.0\sim 3.6V$ $I_{OH}=-2mA$	2.4	$0.94V_{CC}$		V
		$V_{CC}=2.3\sim 2.7V$ $I_{OH}=-1mA$	2.0	$0.96V_{CC}$		
		$V_{CC}=2.3\sim 2.7V$ $I_{OH}=-2mA$	1.7	$0.92V_{CC}$		
		$V_{CC}=3.3V$ $I_{OH}=-4mA$	2.6	2.9		
		$V_{CC}=3.0V$ $I_{OH}=-3mA$	2.1	2.6		
		$V_{CC}=1.8V$ $I_{OH}=-1mA$	1.4	1.6		
$V_{OL}$	Lowレベル出力電圧	$V_{CC}=3.0\sim 3.6V$ $I_{OL}=2mA$		0.05	0.4	
		$V_{CC}=2.3\sim 2.7V$ $I_{OL}=1mA$		0.03	0.4	
		$V_{CC}=2.3\sim 2.7V$ $I_{OL}=2mA$		0.06	0.7	
		$V_{CC}=3.3V$ $I_{OL}=8mA$		0.4	0.76	
		$V_{CC}=3.0V$ $I_{OL}=5mA$		0.3	0.64	
		$V_{CC}=1.8V$ $I_{OL}=3mA$		0.2	0.46	
$I_{IN}$	I/Oピン入力漏れ電流	$T=25^{\circ}C$		<0.01	0.1	$\mu A$
$R_P$	I/Oピンプル/バス保持 抵抗			24		k $\Omega$
$t_r$	上昇時間	無負荷		4.0		ns
		スリューレート制限		7.0		

**注1:** ポートAとポートBに対する全ての $I_{OH}$ の合計は100mAを超えてはなりません。  
 ポートCに対する全ての $I_{OH}$ の合計は200mAを超えてはなりません。  
 ポートDとポートEのPE1,0に対する全ての $I_{OH}$ の合計は200mAを超えてはなりません。  
 ポートEのPE3,2とポートRとPDIに対する全ての $I_{OH}$ の合計は100mAを超えてはなりません。

**注2:** ポートAとポートBに対する全ての $I_{OL}$ の合計は100mAを超えてはなりません。  
 ポートCに対する全ての $I_{OL}$ の合計は200mAを超えてはなりません。  
 ポートDとポートEのPE1,0に対する全ての $I_{OL}$ の合計は200mAを超えてはなりません。  
 ポートEのPE3,2とポートRとPDIに対する全ての $I_{OL}$ の合計は100mAを超えてはなりません。

### 32.4.6. A/D変換器特性

表32-93. 電源、基準電圧と入力範囲

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
$AV_{CC}$	アナログ供給電圧		$V_{CC}-0.3$		$V_{CC}+0.3$	V
$V_{REF}$	基準電圧		1.0		$AV_{CC}-0.6$	
$R_{in}$	入力抵抗	切り替え		4.0		k $\Omega$
$C_{sample}$	入力容量	切り替え		4.4		pF
$R_{AREF}$	基準電圧入力抵抗	(漏れのみ)		>10		M $\Omega$
$C_{AREF}$	基準電圧入力容量	静止負荷		7.0		pF
$V_{in}$	入力範囲		-0.1		$AV_{CC}+0.1$	V
	変換範囲	差動動作、 $V_{inP}-V_{inN}$	$-V_{REF}$		$V_{REF}$	
		符号なしシングル エント'動作、 $V_{inP}$	$-1/4V$		$V_{REF}-1/4V$	
$1/4V$	固定変位(オフセット)電圧			190		LSB



表32-94. クロックとタイミング

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
clk <sub>ADC</sub>	A/D変換クロック周波数	Maxは周辺クロック周波数の1/4	100		1400	kHz
		内部信号測定	100		125	
f <sub>ADC</sub>	採取(変換)速度	電流制限(CURRLIMIT)OFF	14		200	ksps
		電流制限(CURRLIMIT)=低(LOW)	14		150	
		電流制限(CURRLIMIT)=中(MEDIUM)	14		100	
		電流制限(CURRLIMIT)=高(HIGH)			50	
	採取時間	1/2 clk <sub>ADC</sub> 周期	0.25		5	μs
	変換時間(伝播遅延)	(RES+2)÷2+GAIN・・・計算式 (RES=8または12, GAIN=0,1,2,3)	5	7	10	clk <sub>ADC</sub> 周期
	始動時間	A/D変換クロック周期		12	24	
	ADC安定時間	基準電圧または入力形態変更後		7	7	
		ADC破棄後		1	1	

表32-95. 精度特性

シンボル	項目	条件 (注2)	Min	Typ	Max	単位
RES	分解能	8または12ビット設定可能	8	12	12	ビット
INL	積分性非直線誤差 (注1)	50ksps		VCC-1.0V<VREF<VCC-0.6V	±1.2	LSB
				全VREF	±1.5	
		200ksps		VCC-1.0V<VREF<VCC-0.6V	±1.0	
				全VREF	±1.5	
DNL	微分性非直線誤差 (注1)	単調性保証		<±0.8	<±1	
	変位(オフセット)誤差			-1		mV
		温度変動		<0.01		mV/K
		動作電圧変動		<0.6		mV/V
	利得誤差	差動動作		外部基準電圧	-1	mV
				AVCC/1.6	10	
				AVCC/2.0	8	
				ハントキャップ°	±5	
		温度変動		<0.02		mV/K
		動作電圧変動		<0.5		mV/V
	雑音	差動動作, 短絡入力, 200ksps, VCC=3.6V, clk <sub>PER</sub> =16MHz		0.4		mV (RMS)

注1: 最大値は特性付けに基づき、製造に於いて検査されず、5～95%の入力範囲に対して有効です。

注2: 他の注記を除き、全ての直線性、変位、利得の誤差値は外部VREFが使用される条件下で有効です。

表32-96. 利得段特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
Rin	入力抵抗	標準動作での切り替え		4.0		kΩ
Csample	入力容量	標準動作での切り替え		4.4		pF
	信号範囲	利得段出力	0		VCC-0.6	V
	伝播遅延	A/D変換速度		1		clk <sub>ADC</sub> 周期
	採取速度	ADCと同じ	14		200	kHz
INL	積分性非直線誤差 (注)	50ksps, 全利得設定		±1.5	±4	LSB
	利得誤差	1倍、標準動作		-0.8		%
		8倍、標準動作		-2.5		
		64倍、標準動作		-3.5		
	(入力基準での)変位(オフセット)誤差	1倍、標準動作		-2		mV
		8倍、標準動作		-5		
		64倍、標準動作		-4		
	雑音	1倍、標準動作		0.5		mV (RMS)
		8倍、標準動作		1.5		
		64倍、標準動作		11		

注: 最大値は特性付けに基づき、製造で検査されず、5~95%の入力電圧範囲に対して有効です。

### 32.4.7. アナログ比較器特性

表32-97. アナログ比較器特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
V <sub>off</sub>	入力変位(オフセット)電圧			<±10		mV
I <sub>lk</sub>	入力漏れ電流			<1		nA
	入力電圧範囲		-0.1		AVCC	V
	始動時間			100		μs
V <sub>hyst1</sub>	ヒステリシス(なし設定時)			0		mV
V <sub>hyst2</sub>	ヒステリシス(小設定時)	高速(HS)動作		13		
		低電力(LP)動作		30		
V <sub>hyst3</sub>	ヒステリシス(大設定時)	高速(HS)動作		30		
		低電力(LP)動作		60		
t <sub>delay</sub>	伝播遅延	VCC=3.0V, T=85°C		30	90	ns
				30		
	64レベル分圧器積分直線性(INL)			0.3	0.5	LSB

### 32.4.8. バントギャップと内部1.0V基準電圧特性

表32-98. バントギャップと内部1.0V基準電圧特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
	始動時間	ADCの基準電圧として	1clk <sub>PER</sub> +2.5μs			μs
		ADCまたはACの入力電圧として		1.5		
	バントギャップ電圧			1.1		V
INT1V	内部1.00V基準電圧	校正後, T=85°C	0.99	1	1.01	
	電圧と温度での変動	T=85°C, VCC=3.0Vで校正		±1.5		%

### 32.4.9. 低電圧検出(Brownout Detection)特性

表32-99. 低電圧検出特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
	VCC降下検出レベル0		1.60	1.62	1.70	V
	VCC降下検出レベル1			1.8		
	VCC降下検出レベル2			2.0		
	VCC降下検出レベル3			2.2		
	VCC降下検出レベル4			2.4		
	VCC降下検出レベル5			2.6		
	VCC降下検出レベル6			2.8		
	VCC降下検出レベル7			3.0		
tBOD	検出時間	継続動作		0.4		$\mu$ s
		採取動作		1000		
VHYST	ヒステリシス			1.2		%

注: 値電圧検出(BOD)は85°Cで検出レベル0に対して校正され、検出レベル0が既定レベルです。

### 32.4.10. 外部リセット特性

表32-100. 外部リセット特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
tEXT	最小リセットパルス幅			95	1000	ns
VRST	リセット閾値電圧 (VIH)	VCC=2.7~3.6V	0.6VCC			V
		VCC=1.6~2.7V	0.6VCC			
	リセット閾値電圧 (VIL)	VCC=2.7~3.6V			0.5VCC	
		VCC=1.6~2.7V			0.4VCC	
RRST	リセットピンプルアップ抵抗			25		k $\Omega$

### 32.4.11. 電源ONリセット特性

表32-101. 電源ONリセット(POR)特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
VPOT-	VCC下降POR閾値電圧 (注)	1V/msよりも速いVCC下降	0.4	1.0		V
		1V/msまたはより遅いVCC下降	0.8	1.0		
VPOT+	VCC上昇POR閾値電圧			1.3	1.59	

注: VPOT-値は低電圧検出(BOD)が禁止される時にだけ有効です。BOD許可時はVPOT-=VPOT+です。

### 32.4.12. フラッシュメモリとEEPROMの特性

表32-102. 耐久性とデータ保持力

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
フラッシュメモリ	フラッシュメモリ耐久性能	書き込み/消去繰り返し	25°C	10,000		回
			85°C	10,000		
			105°C	2000		
フラッシュメモリ	フラッシュメモリデータ保持力		25°C	100		年
			85°C	25		
			105°C	10		
EEPROM	EEPROM耐久性能	書き込み/消去繰り返し	25°C	100,000		回
			85°C	100,000		
			105°C	30,000		
EEPROM	EEPROMデータ保持力		25°C	100		年
			85°C	25		
			105°C	10		

表32-103. プログラミング時間

シンボル	項目	条件	Min	Typ (注1)	Max	単位
	チップ消去時間	128KBフラッシュとEEPROM(注2)の消去		75		ms
	応用消去時間	応用領域		6		
フラッシュ メモリ プログラミング時間	ページ消去			4		
	ページ書き込み			4		
	非分断ページ消去/ページ書き込み			8		
EEPROMプログラミング時間	ページ消去			4		
	ページ書き込み			4		
	非分断ページ消去/ページ書き込み			8		

注1: プログラミングは内部2MHz発振器から計時されます。

注2: EESAVEヒューズがプログラム(0)されている場合、EEPROMは消去されません。

### 32.4.13. クロックと発振器の特性

#### 32.4.13.1. 校正付き32.768kHz内部発振器特性

表32-104. 校正付き32.768kHz内部発振器特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
	周波数			32.768		kHz
	工場校正精度	VCC=3.0V, T=85°C	-0.5		0.5	%
	使用者校正精度		-0.5		0.5	

#### 32.4.13.2. 校正付き2MHz内部発振器特性

表32-105. 2MHz内部発振器特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
	周波数範囲	電圧と温度に対してDFLLがこの周波数を調整可能	1.8		2.2	MHz
	工場校正周波数			2.0		
	工場校正精度	VCC=3.0V, T=85°C	-1.5		1.5	
	使用者校正精度		-0.2		0.2	%
	DFLL校正段階量			0.21		

#### 32.4.13.3. 校正付き32MHz内部発振器特性

表32-106. 32MHz内部発振器特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
	周波数範囲	電圧と温度に対してDFLLがこの周波数を調整可能	30		55	MHz
	工場校正周波数			32		
	工場校正精度	VCC=3.0V, T=85°C	-1.5		1.5	
	使用者校正精度		-0.2		0.2	%
	DFLL校正段階量			0.22		

#### 32.4.13.4. 32kHz内部ULP発振器特性

表32-107. 32kHz内部ULP発振器特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
	工場校正周波数			32		kHz
	工場校正精度	VCC=3.0V, T=85°C	-12		12	%
	精度		-30		30	

### 32.4.13.5. 内部位相固定化閉路(PLL)特性

表32-108. 内部PLL特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
$f_{IN}$	入力周波数	出力周波数は $f_{OUT}$ 以内	0.4		64	MHz
$f_{OUT}$	出力周波数 (注)	VCC=1.6~1.8V	20		48	
		VCC=2.7~3.6V	20		128	
	始動時間			25		$\mu s$
	再固定化時間			25		

注: 最大出力周波数対供給電圧は1.8~2.7V間で直線状で、最大CPU周波数の4倍よりも決して高くすることはできません。

### 32.4.13.6. 外部クロック特性

図32-24. 外部クロック駆動波形

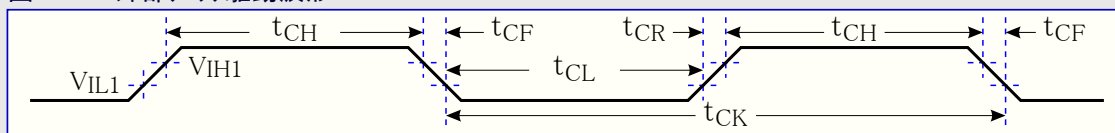


表32-109. 前置分周なしでシステム クロックとして使用される外部クロック

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
$1/t_{CK}$	クロック周波数 (注)	VCC=1.6~1.8V	0		12	MHz
		VCC=2.7~3.6V	0		32	
$t_{CK}$	クロック周期	VCC=1.6~1.8V	83.3			
		VCC=2.7~3.6V	31.5			
$t_{CH}$	クロックHigh時間	VCC=1.6~1.8V	30.0			
		VCC=2.7~3.6V	12.5			
$t_{CL}$	クロックLow時間	VCC=1.6~1.8V	30.0			ns
		VCC=2.7~3.6V	12.5			
$t_{CR}$	(最大周波数に対する)上昇時間	VCC=1.6~1.8V			10	
		VCC=2.7~3.6V			3	
$t_{CF}$	(最大周波数に対する)下降時間	VCC=1.6~1.8V			10	
		VCC=2.7~3.6V			3	
$\Delta t_{CK}$	次周期への周期内変化率				10	%

注: 最大出力周波数対供給電圧は1.8~2.7V間で直線状で、供給電圧条件を伴う他の全てのパラメータにも同じく適用します。

表32-110. システム クロック用に前置分周器(注1)を持つ外部クロック

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
$1/t_{CK}$	クロック周波数 (注2)	VCC=1.6~1.8V	0		90	MHz
		VCC=2.7~3.6V	0		142	
$t_{CK}$	クロック周期	VCC=1.6~1.8V	11			
		VCC=2.7~3.6V	7			
$t_{CH}$	クロックHigh時間	VCC=1.6~1.8V	4.5			ns
		VCC=2.7~3.6V	2.4			
$t_{CL}$	クロックLow時間	VCC=1.6~1.8V	4.5			
		VCC=2.7~3.6V	2.4			
$t_{CR}$	(最大周波数に対する)上昇時間				1.5	
$t_{CF}$	(最大周波数に対する)下降時間				1.5	
$\Delta t_{CK}$	次周期への周期内変化率				10	%

注1: システムクロック前置分周器はデバイスに対する最大CPUクロック周波数を超えないように設定されなければなりません。

注2: 最大出力周波数対供給電圧は1.8~2.7V間で直線状で、供給電圧条件を伴う他の全てのパラメータにも同じく適用します。

### 32.4.13.7. 外部16MHzクリスタル用発振器とXOSCの特性

表32-111. 外部16MHzクリスタル用発振器とXOSCの特性

シンボル	項目	条件		Min	Typ	Max	単位
	周期間微動	XOSCPWR=0,FRQRANGE=0			<10		ns
		XOSCPWR=0,FRQRANGE=1,2,3			<1		
		XOSCPWR=1			<1		
	長期間微動	XOSCPWR=0,FRQRANGE=0			<6		
		XOSCPWR=0,FRQRANGE=1,2,3			<0.5		
		XOSCPWR=1			<0.5		
	周波数誤差	XOSCPWR=0,FRQRANGE=0			<0.1		%
		XOSCPWR=0,FRQRANGE=1			<0.05		
		XOSCPWR=0,FRQRANGE=2,3			<0.005		
		XOSCPWR=1			<0.005		
	デューティ サイクル	XOSCPWR=0,FRQRANGE=0			40		
		XOSCPWR=0,FRQRANGE=1			42		
		XOSCPWR=0,FRQRANGE=2,3			45		
		XOSCPWR=1			48		
RQ	負インピーダンス (注)	XOSCPWR=0, FRQRANGE=0	0.4MHzセラミック,CL=100pF	2.4k			Ω
			1MHzクリスタル,CL=20pF	8.7k			
			2MHzクリスタル,CL=20pF	2.1k			
		XOSCPWR=0, FRQRANGE=1, CL=20pF	2MHzクリスタル	4.2k			
			8MHzクリスタル	250			
			9MHzクリスタル	195			
		XOSCPWR=0, FRQRANGE=2, CL=20pF	8MHzクリスタル	360			
			9MHzクリスタル	285			
			12MHzクリスタル	155			
		XOSCPWR=0, FRQRANGE=3, CL=20pF	9MHzクリスタル	365			
			12MHzクリスタル	200			
			16MHzクリスタル	105			
		XOSCPWR=1, FRQRANGE=0, CL=20pF	9MHzクリスタル	435			
			12MHzクリスタル	235			
			16MHzクリスタル	125			
		XOSCPWR=1, FRQRANGE=1, CL=20pF	9MHzクリスタル	495			
			12MHzクリスタル	270			
			16MHzクリスタル	145			
		XOSCPWR=1, FRQRANGE=2,CL=20pF	12MHzクリスタル	305			
			16MHzクリスタル	160			
		XOSCPWR=1, FRQRANGE=3,CL=20pF	12MHzクリスタル	380			
			16MHzクリスタル	205			
	等価直列抵抗(ESR)	SF=安全係数				min(RQ)/SF	kΩ
	始動時間	XOSCPWR=0, FRQRANGE=0	0.4MHzセラミック,CL=100pF		1.0		ms
			2MHzクリスタル,CL=20pF		2.6		
		XOSCPWR=0, FRQRANGE=2	8MHzセラミック,CL=20pF		0.8		
			12MHzセラミック,CL=20pF		1.0		
		XOSCPWR=1, FRQRANGE=3	16MHzセラミック,CL=20pF		1.4		
CXTAL1	XTAL1ピン寄生容量				5.9		pF
CXTAL2	XTAL2ピン寄生容量				8.3		
CLOAD	寄生容量性負荷				3.5		

注: 負インピーダンスの数値は検査されませんが、設計と特性付けから保証されます。

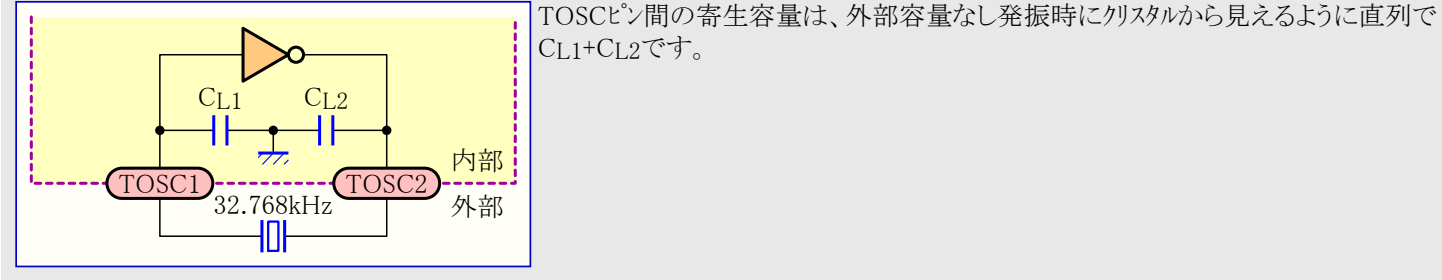
32.4.13.8. 外部32.768kHzクリスタル用発振器とTOSCの特性

表32-112. 外部32.768kHzクリスタル用発振器とTOSCの特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
ESR/R1	推奨クリスタル等価直列抵抗(ESR)	クリスタル負荷容量6.5pF			60	kΩ
		クリスタル負荷容量9.0pF			35	
CTOSC	TOSC1ピン寄生容量	標準動作		4.7		pF
		低電力動作		5.2		
	推奨安全係数	クリスタル特性に合わせた容量性負荷	3			

注: 定義については図32-25をご覧ください。

図32-25. TOSC入力容量





### 32.4.14. SPIタイミング特性

図32-26. 主装置動作でのSPI タイミング 必要条件

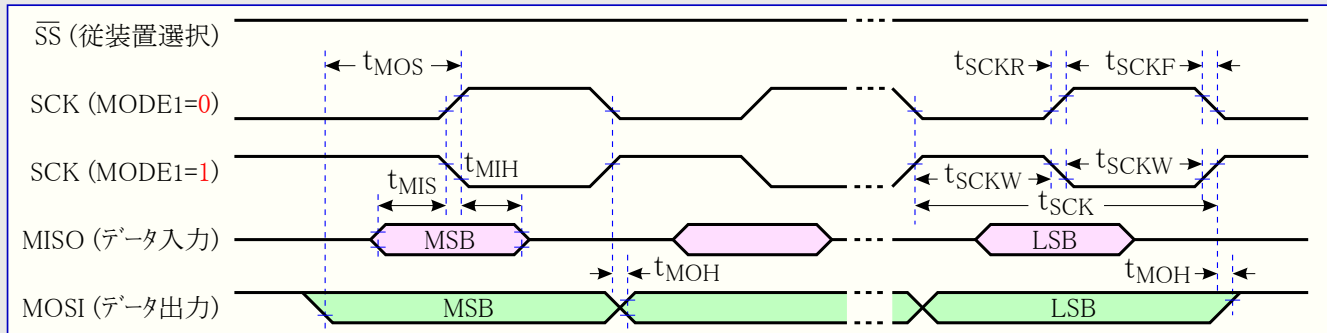


図32-27. 従装置動作でのSPI タイミング 必要条件

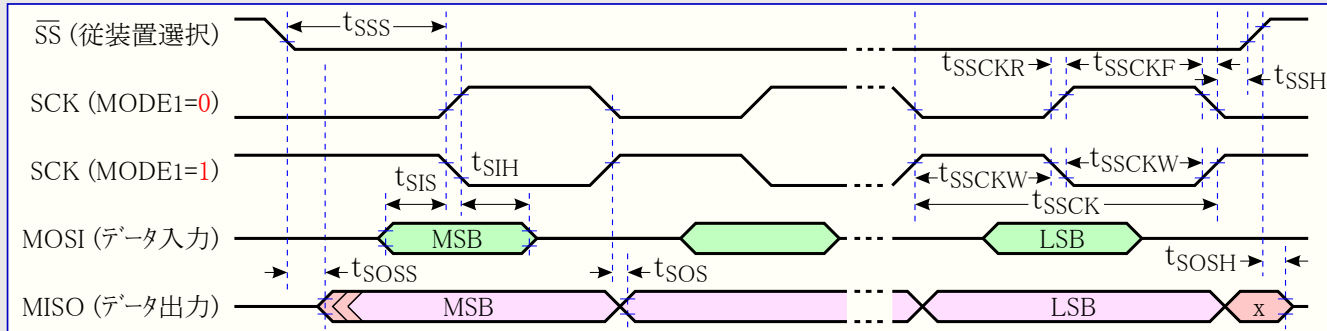


表32-113. SPI タイミング特性と必要条件

シンボル	項目	動作種別	Min	Typ	Max	単位
$t_{SCK}$	SCK周期	主装置	XMEGA D 手引書の表18-3をご覧ください。			
$t_{SCKW}$	SCK High/Low期間	主装置		$0.5 \times SCK$		
$t_{SCKR}$	SCK上昇時間	主装置		2.7		
$t_{SCKF}$	SCK下降時間	主装置		2.7		
$t_{MIS}$	入力データ セットアップ時間	主装置		10		
$t_{MIH}$	入力データ 保持時間	主装置		10		
$t_{MOS}$	SCK先行端対、出力データ セットアップ時間	主装置		$0.5 \times SCK$		
$t_{MOH}$	SCKからの出力遅延時間	主装置		1		
$t_{SSCK}$	SCK周期	従装置	$4 \times t_{clk_{PER}}$			ns
$t_{SSCKW}$	SCK High/Low期間	従装置	$2 \times t_{clk_{PER}}$			
$t_{SSCKR}$	SCK上昇時間	従装置			1600	
$t_{SSCKF}$	SCK下降時間	従装置			1600	
$t_{SIS}$	入力データ セットアップ時間	従装置	3			
$t_{SIH}$	入力データ 保持時間	従装置	$t_{clk_{PER}}$			
$t_{SSS}$	SCK先行端に対する $\overline{SS}$ ↓ セットアップ時間	従装置	21			
$t_{SSH}$	SCK後行端からの $\overline{SS}$ Low保持時間	従装置	20			
$t_{SOS}$	SCKからの出力遅延時間	従装置		8.0		
$t_{SOH}$	SCKからの出力保持時間	従装置		13.0		
$t_{SOSS}$	$\overline{SS}$ ↓ からの出力セットアップ時間	従装置		11.0		
$t_{SOSH}$	$\overline{SS}$ ↑ からの出力保持時間	従装置		8.0		

(訳注) 表32-113の $t_{SOH}$ は図32-27.で対応するシンボル記載がありません。

### 32.4.15. 2線インターフェース特性

表32-114.は2線直列バスに接続した装置に対する必要条件を記述します。Atmel AVR XMEGAの2線インターフェースは記載条件下に於いて、これらの必要条件を越えるか、または合致します。タイミング シンボルは図32-28.を参照してください。

図32-28. 2線インターフェース バス タイミング

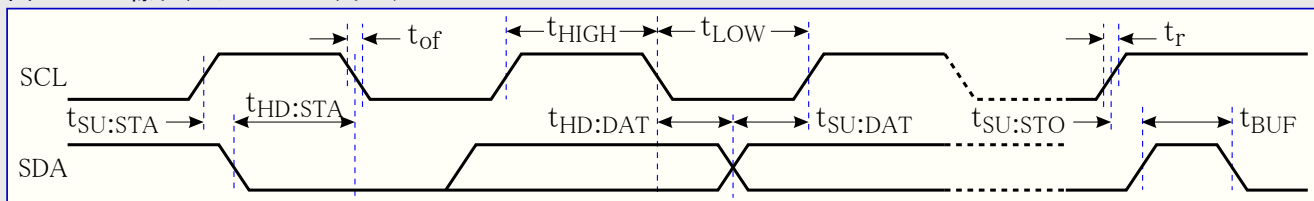


表32-114. 2線直列バス特性

シンボル	項目	条件	Min	Typ	Max	単位
$V_{IH}$	Highレベル入力電圧		$0.7V_{CC}$		$V_{CC}+0.5$	V
$V_{IL}$	Lowレベル入力電圧		-0.5		$0.3V_{CC}$	
$V_{hys}$	シュミットトリガ入力ヒステリシス電圧		① $0.05V_{CC}$			
$V_{OL}$	Lowレベル出力電圧	$I_{OL}=3mA$	0		0.4	
$t_r$	SDAとSCL両方の出力上昇時間		① $20+0.1C_b$ ②		300	ns
$t_{of}$	出力下降時間( $V_{IHmin} \rightarrow V_{ILmax}$ )	$10pF < C_b < 400pF$	① $20+0.1C_b$ ②		250	
$t_{SP}$	入力濾波による尖頭雑音消去		0		50	
$I_i$	入力電流(ピン単位)	$0.1V_{CC} < V_i < 0.9V_{CC}$	-10		10	$\mu A$
$C_i$	ピン入力容量				10	pF
$f_{SCL}$	SCLクロック周波数	$f_{PER} \textcircled{3} > \max(16f_{SCL}, 250kHz)$	0		400	kHz
$R_p$	プルアップ抵抗値	$f_{SCL} \leq 100kHz$	$(V_{CC}-0.4V)$		$\frac{100ns}{C_b}$	$\Omega$
		$f_{SCL} > 100kHz$	3mA		$\frac{300ns}{C_b}$	
$t_{HD:STA}$	(再送)開始条件保持時間	$f_{SCL} \leq 100kHz$	4.0			$\mu s$
		$f_{SCL} > 100kHz$	0.6			
$t_{LOW}$	SCLクロックLowレベル時間	$f_{SCL} \leq 100kHz$	4.7			
		$f_{SCL} > 100kHz$	1.3			
$t_{HIGH}$	SCLクロックHighレベル時間	$f_{SCL} \leq 100kHz$	4.0			
		$f_{SCL} > 100kHz$	0.6			
$t_{SU:STA}$	再送開始条件セットアップ時間	$f_{SCL} \leq 100kHz$	4.7			ns
		$f_{SCL} > 100kHz$	0.6			
$t_{HD:DAT}$	データ保持時間	$f_{SCL} \leq 100kHz$	0		3.45	ns
		$f_{SCL} > 100kHz$	0		0.9	
$t_{SU:DAT}$	データ セットアップ時間	$f_{SCL} \leq 100kHz$	250			ns
		$f_{SCL} > 100kHz$	100			
$t_{SU:STO}$	停止条件セットアップ時間	$f_{SCL} \leq 100kHz$	4.0			
		$f_{SCL} > 100kHz$	0.6			
$t_{BUF}$	停止条件→開始条件間バス開放時間	$f_{SCL} \leq 100kHz$	4.7			$\mu s$
		$f_{SCL} > 100kHz$	1.3			

①  $f_{SCL} > 100kHz$ についてのみ必要とされます。

②  $C_b$ は1つのバス信号線の容量(pF)です。

③  $f_{PER}$ は周辺クロック周波数です。

## 33. 代表特性

### 33.1. ATxmega16D4

#### 33.1.1. 消費電流

##### 33.1.1.1. 活動動作消費電流

図33-1. 活動動作消費電流 対 周波数 ( $f_{\text{SYS}}=0\sim 1.0\text{MHz}$ 外部クロック,  $T=25^\circ\text{C}$ )

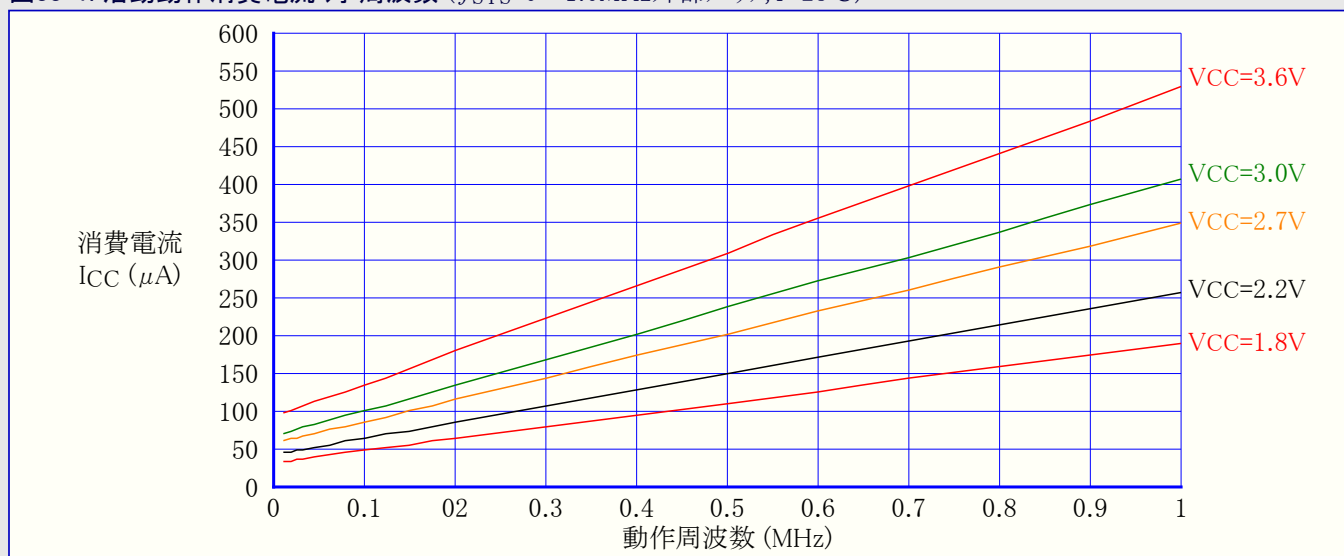


図33-2. 活動動作消費電流 対 周波数 ( $f_{\text{SYS}}=1\sim 32\text{MHz}$ 外部クロック,  $T=25^\circ\text{C}$ )

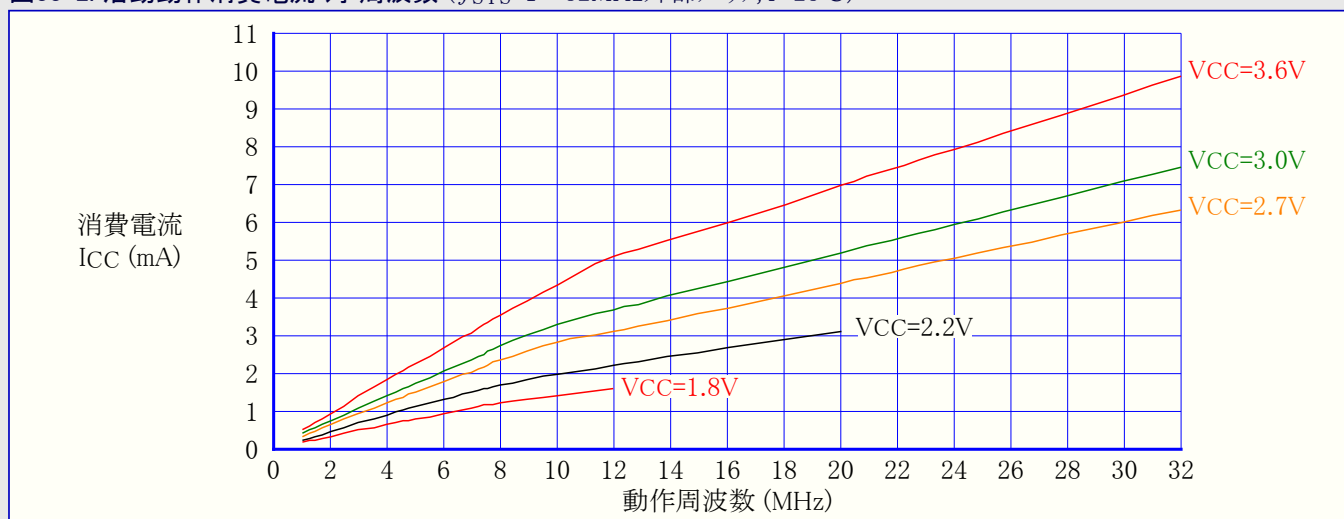


図33-3. 活動動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{\text{SYS}}=32.768\text{kHz}$ 内部発振器)

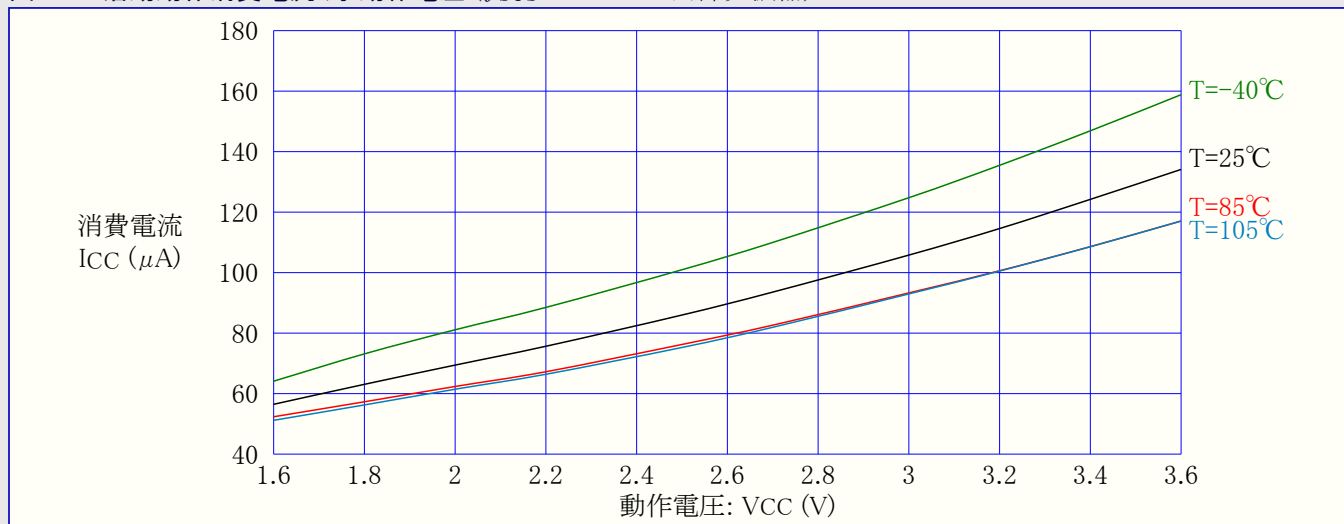


図33-4. 活動動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=1\text{MHz}$ 外部クロック)

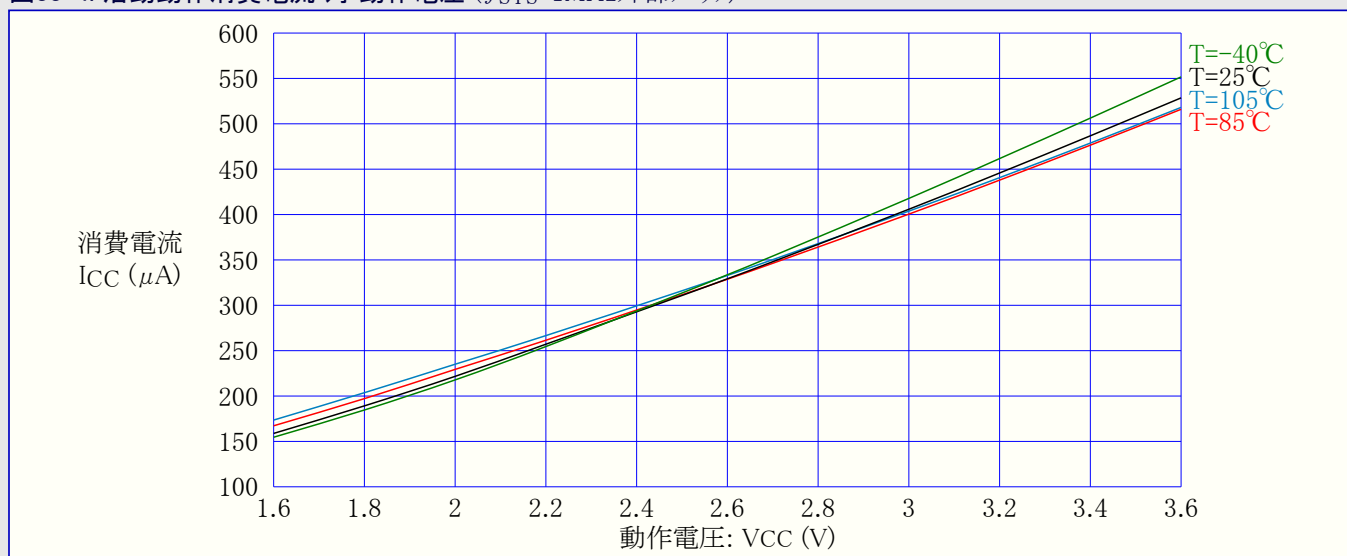


図33-5. 活動動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=2\text{MHz}$ 内部発振器)

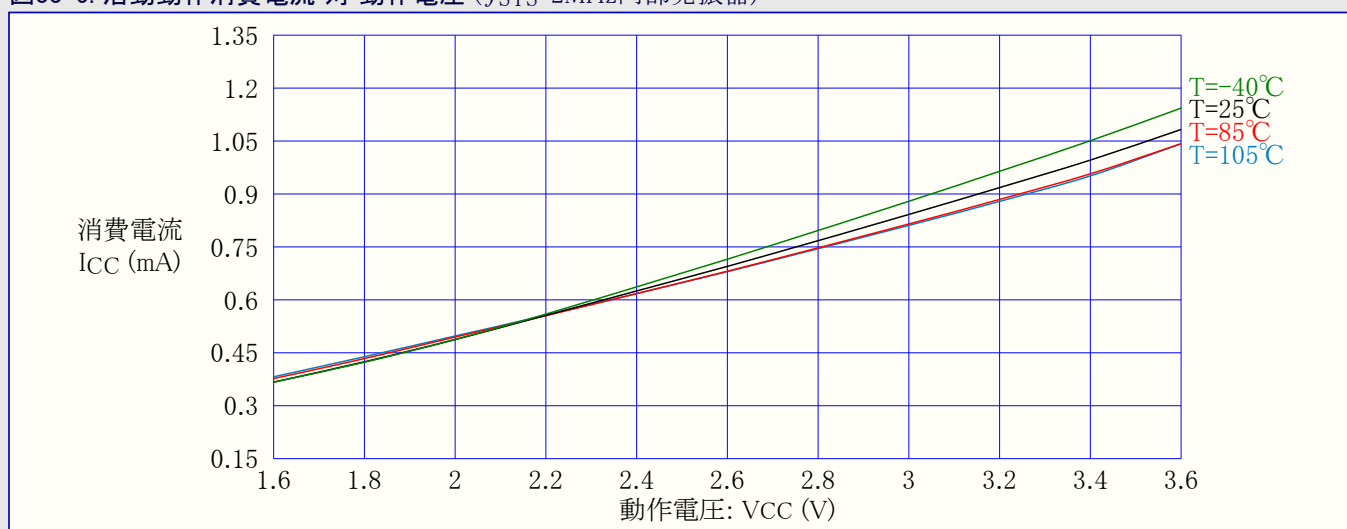


図33-6. 活動動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=8\text{MHz}$ に前置分周した32MHz内部発振器)

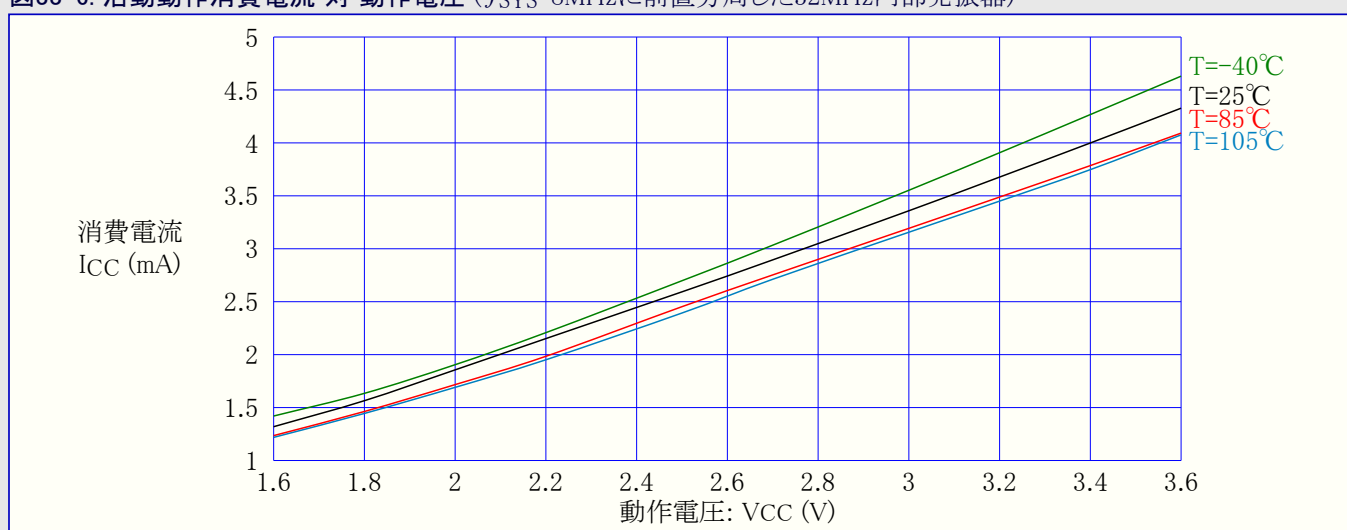
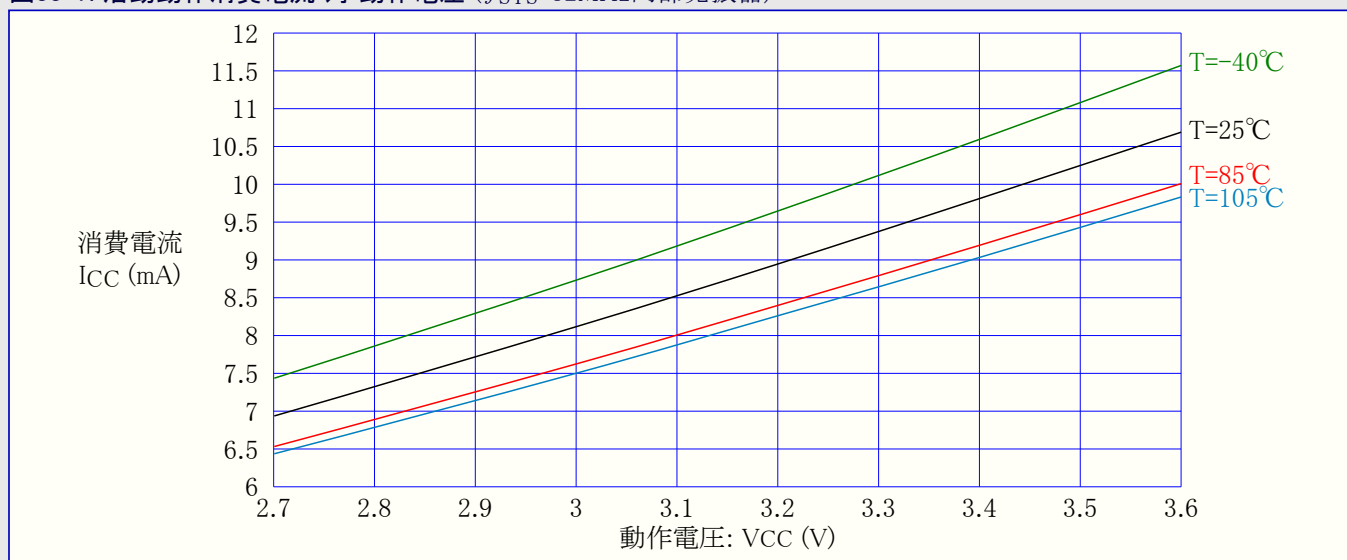


図33-7. 活動動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=32\text{MHz}$ 内部発振器)



### 33.1.1.2. アイドル動作消費電流

図33-8. アイドル動作消費電流 対 周波数 ( $f_{SYS}=0\sim 1.0\text{MHz}$ 外部クロック,  $T=25^{\circ}\text{C}$ )

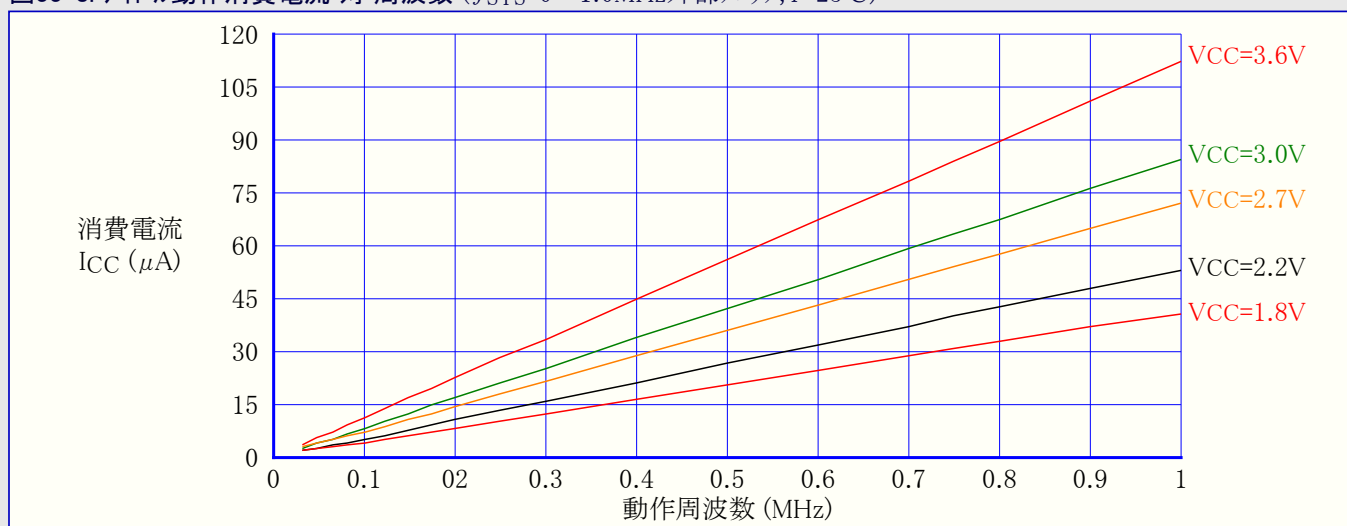


図33-9. アイドル動作消費電流 対 周波数 ( $f_{SYS}=1\sim 32\text{MHz}$ 外部クロック,  $T=25^{\circ}\text{C}$ )

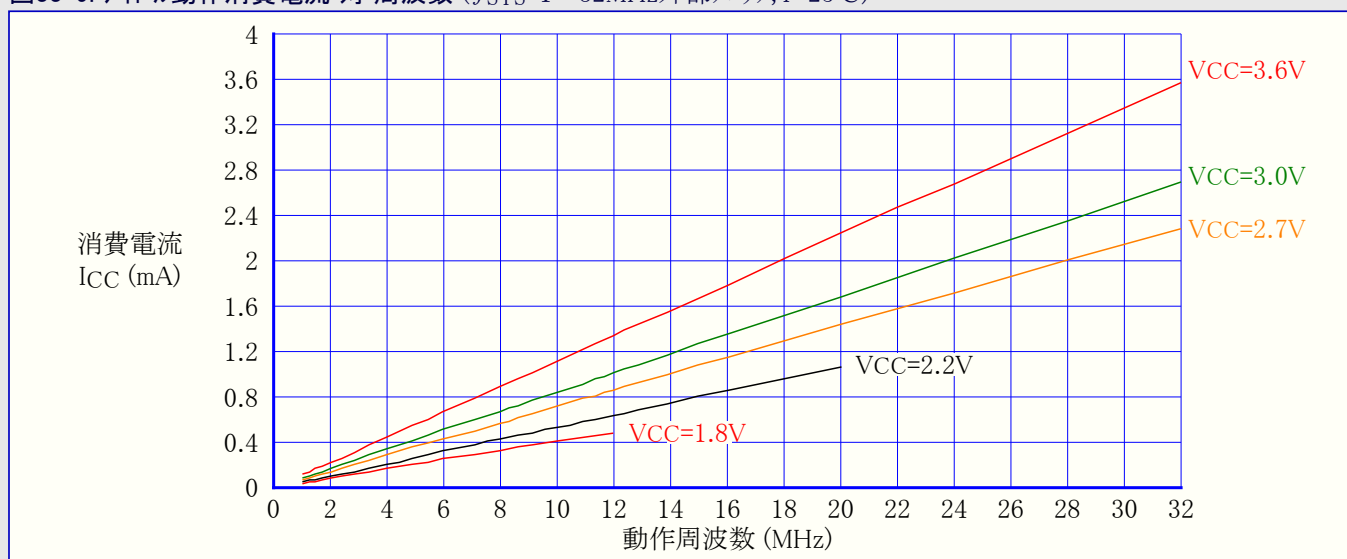


図33-10. アイドル動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=32.768\text{kHz}$ 内部発振器)

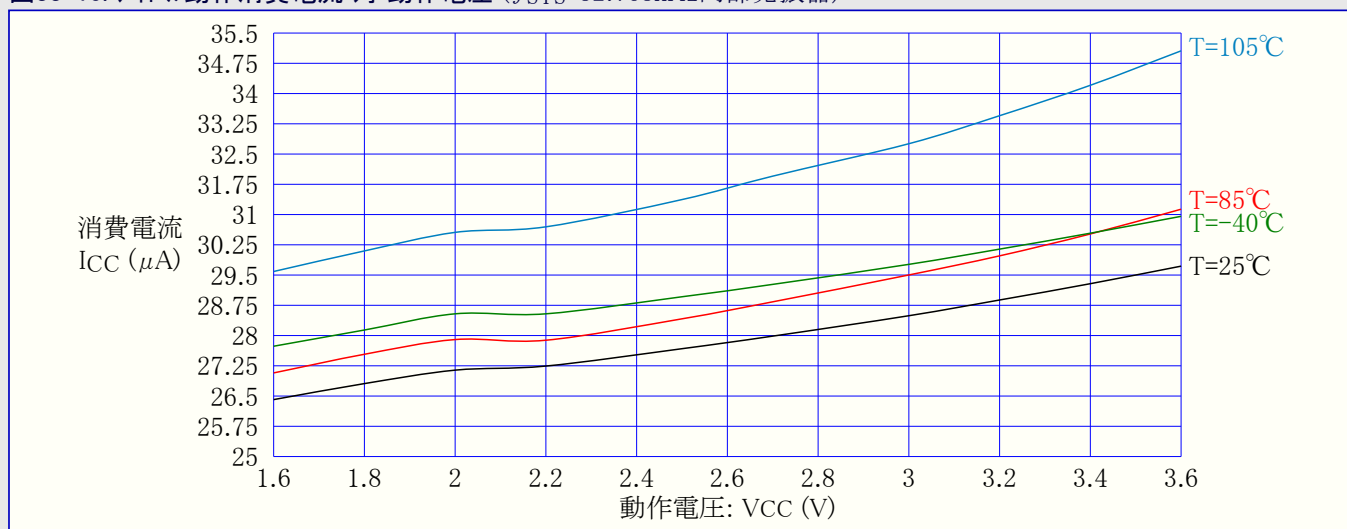


図33-11. アイドル動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=1\text{MHz}$ 外部発振器)

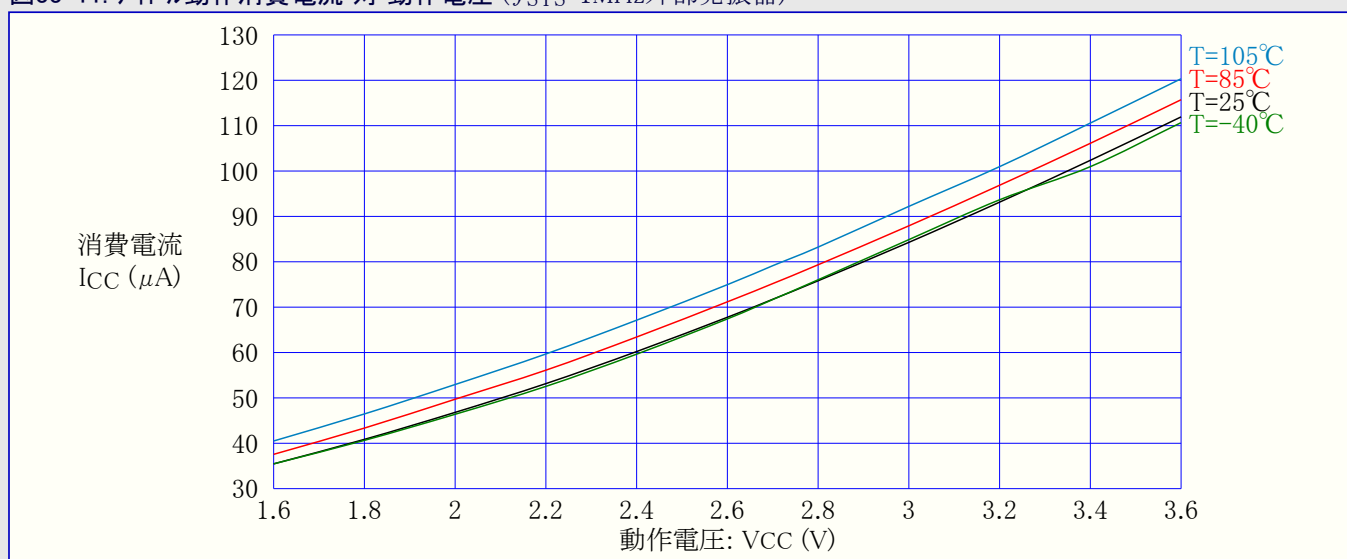


図33-12. アイドル動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=2\text{MHz}$ 内部発振器)

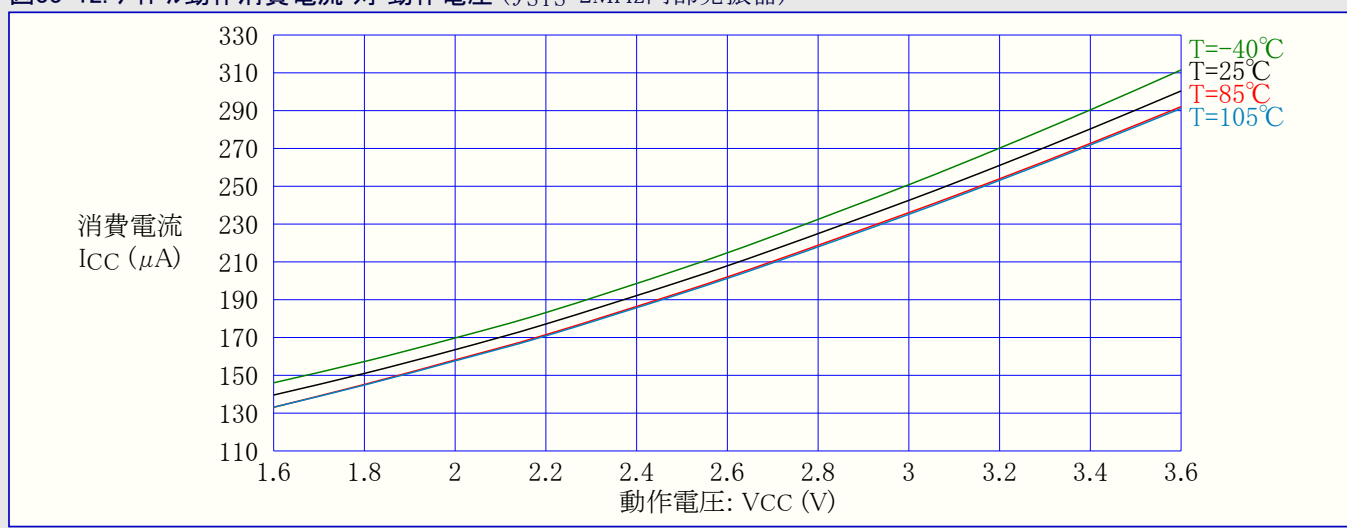


図33-13. アイドル動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=8\text{MHz}$ へ前置分周された32MHz内部発振器)

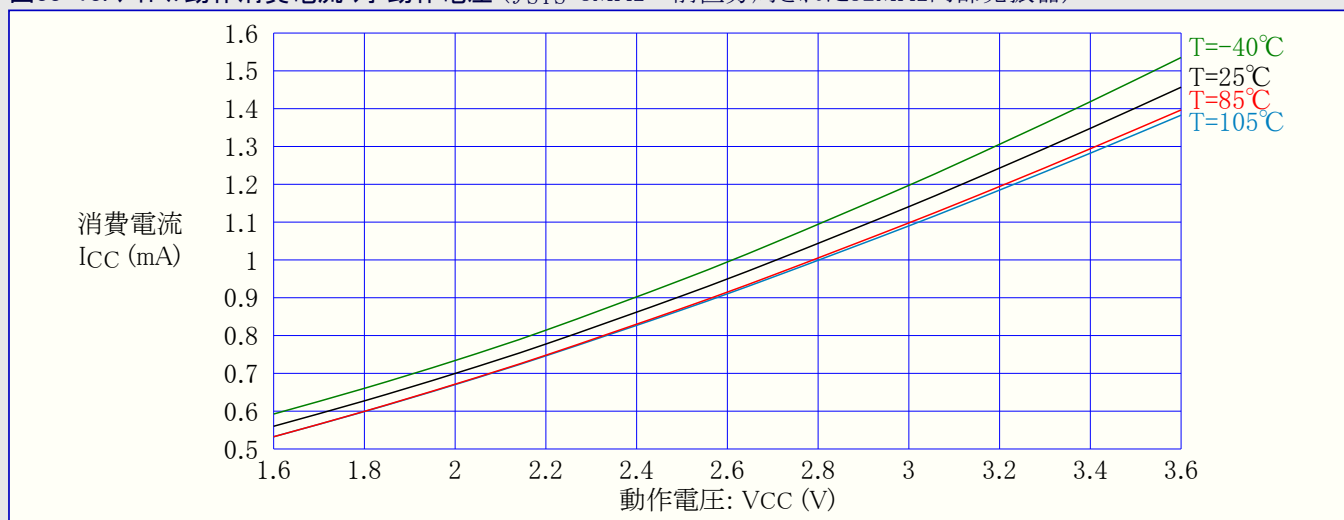
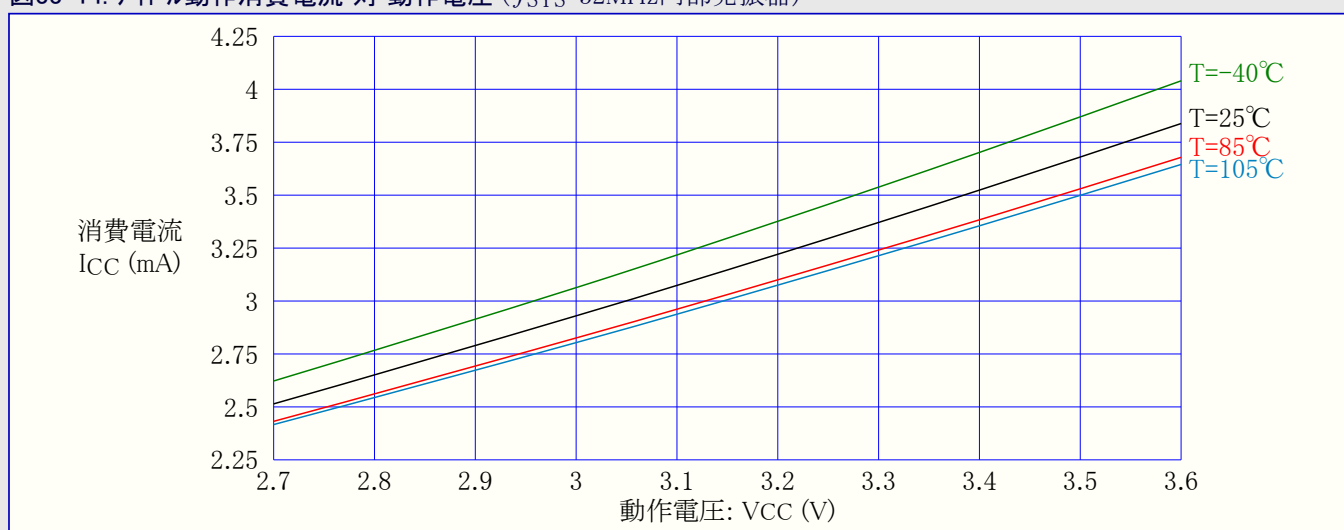


図33-14. アイドル動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=32\text{MHz}$ 内部発振器)



### 33.1.1.3. パワーダウン動作消費電流

図33-15. パワーダウン動作消費電流 対 動作電圧 (全機能禁止)

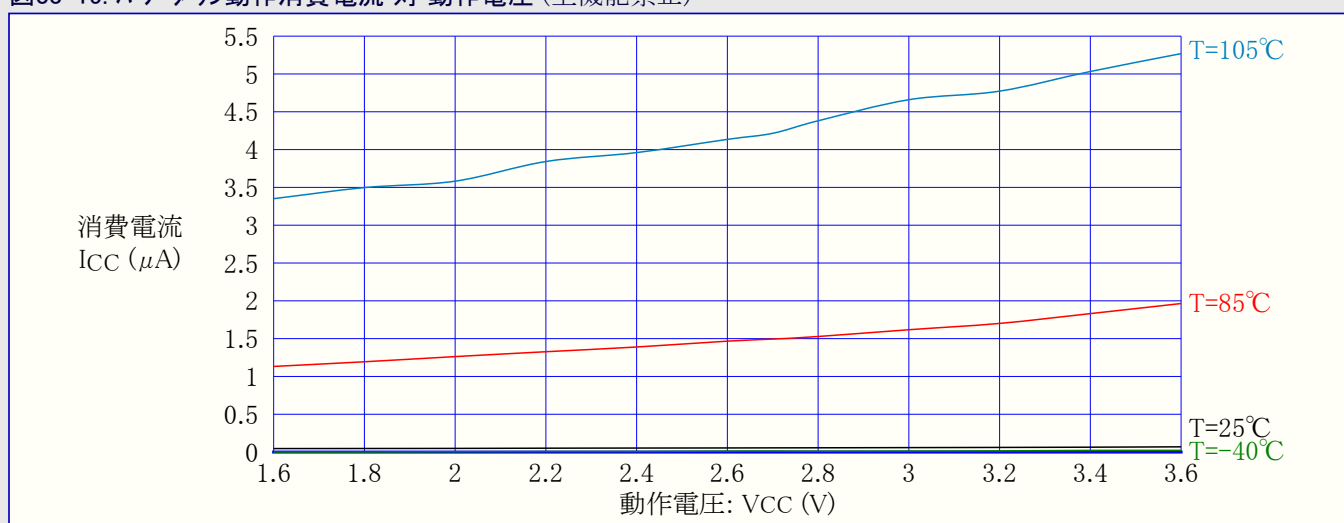




図33-16. パワーダウン動作消費電流 対 動作電圧 (採取動作BOD,WDT許可)

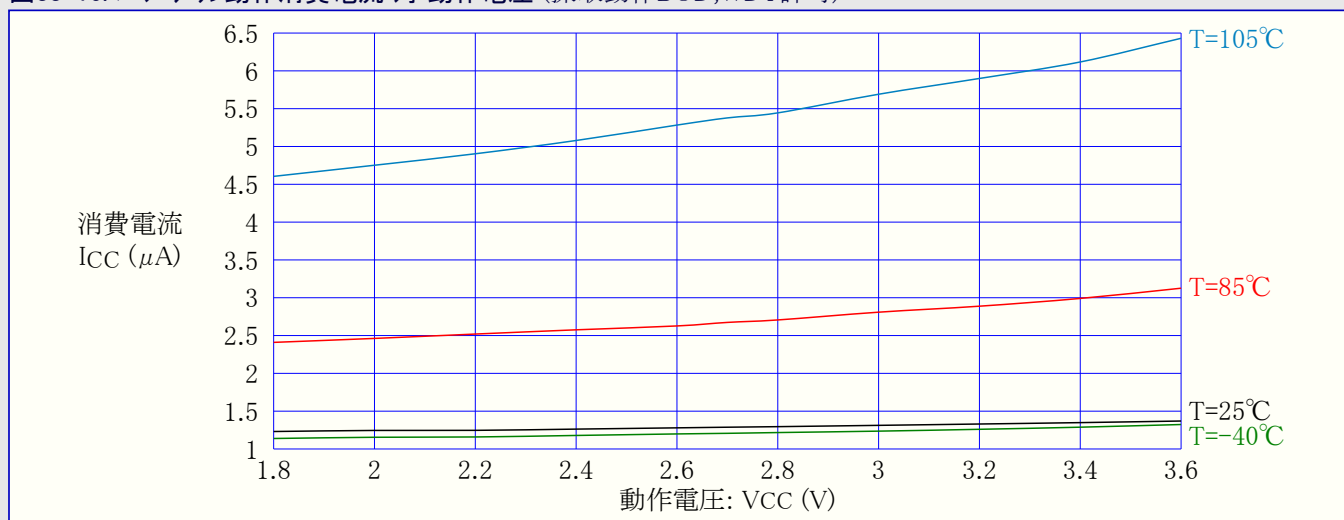
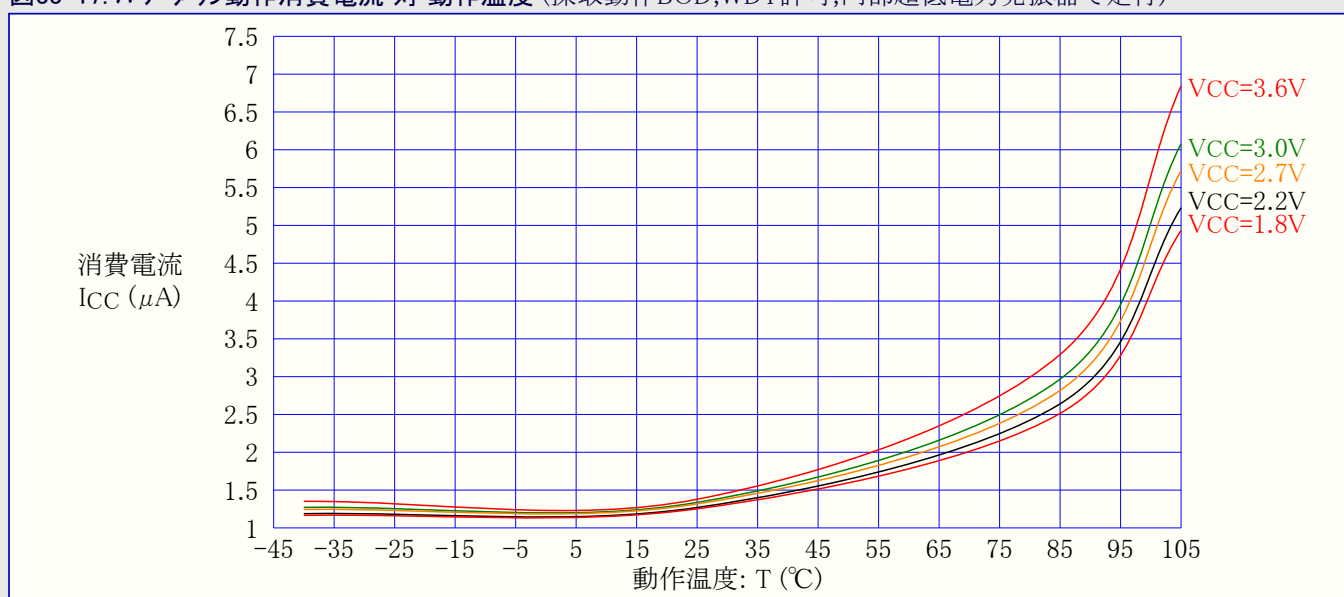
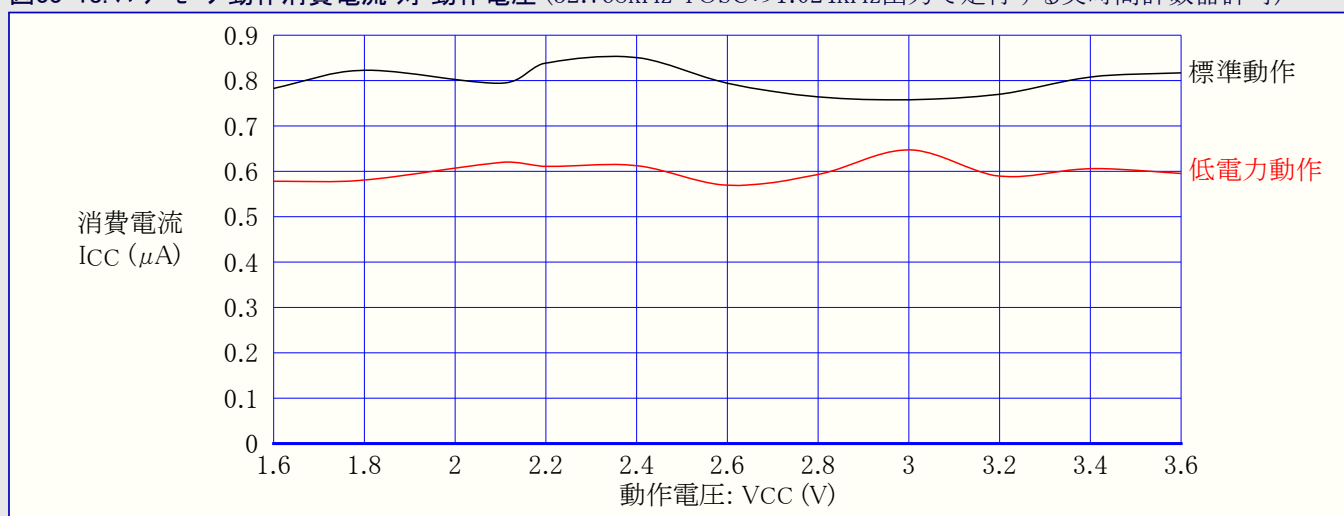


図33-17. パワーダウン動作消費電流 対 動作温度 (採取動作BOD,WDT許可,内部超低電力発振器で走行)



#### 33.1.1.4. パワーセーフ動作消費電流

図33-18. パワーセーフ動作消費電流 対 動作電圧 (32.768kHz TOSCの1.024kHz出力で走行する実時間計数器許可)



### 33.1.1.5. スタンバイ動作消費電流

図33-19. スタンバイ動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=1MHz$ )

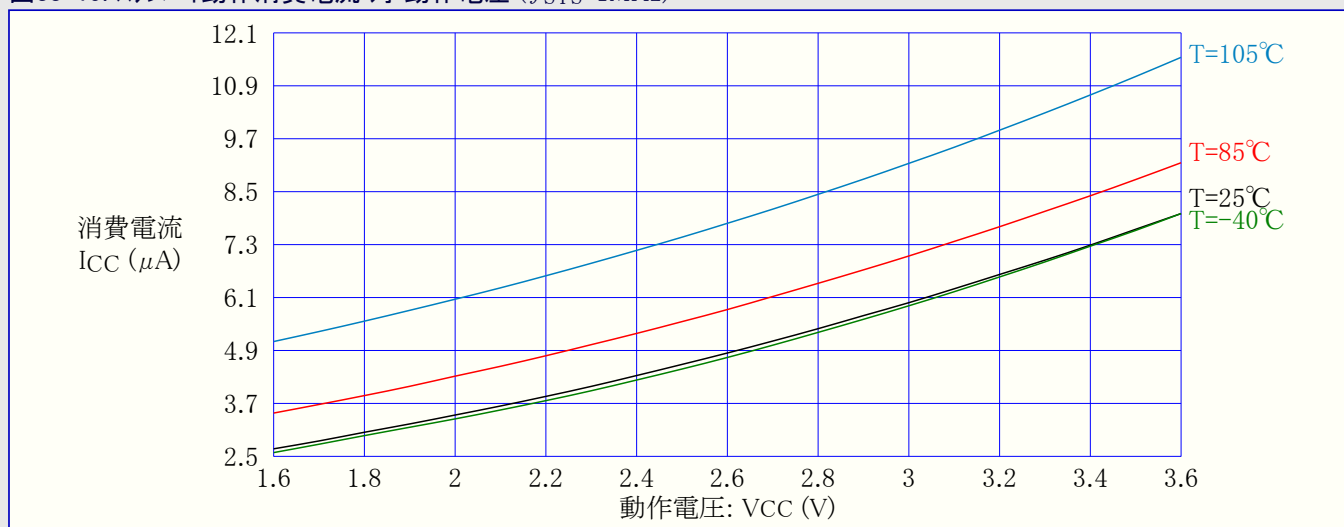
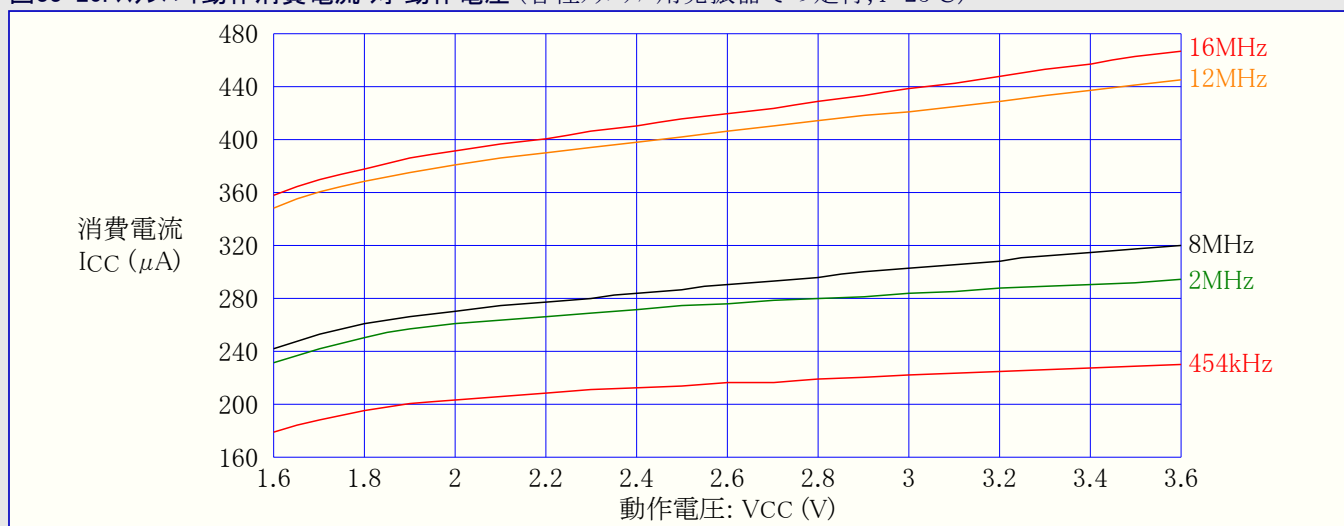


図33-20. スタンバイ動作消費電流 対 動作電圧 (各種クリスタル用発振器での走行, T=25°C)



### 33.1.2. 入出力ピン特性

#### 33.1.2.1. フルアップ°

図33-21. I/Oピン フルアップ°抵抗電流 対 入力電圧 (VCC=1.8V)

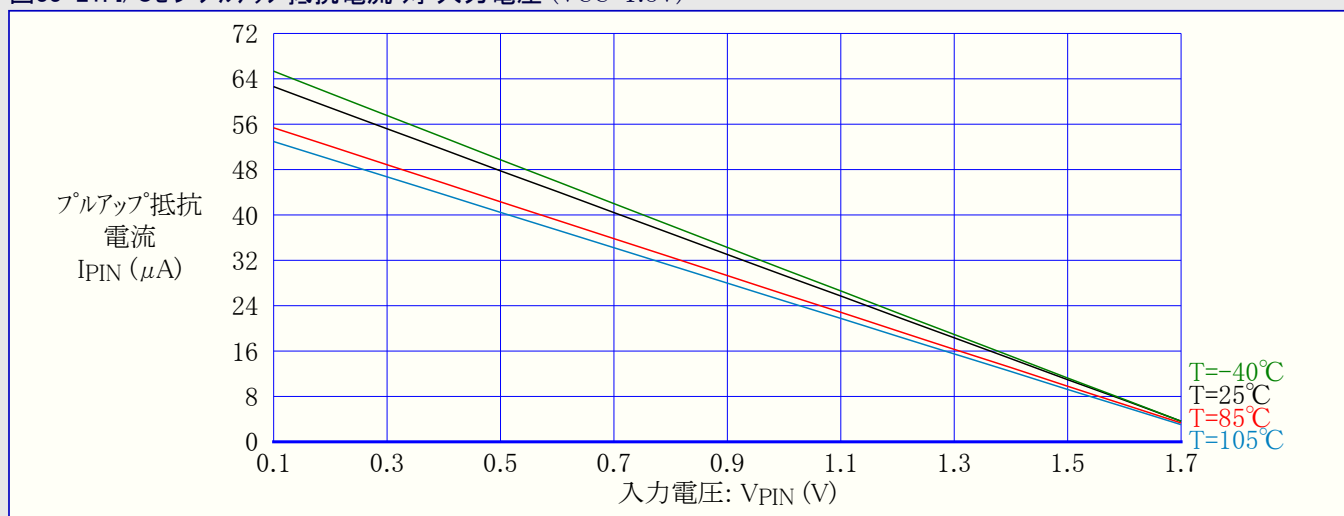


図33-22. I/Oピンプルアップ抵抗電流 対 入力電圧 (VCC=3.0V)

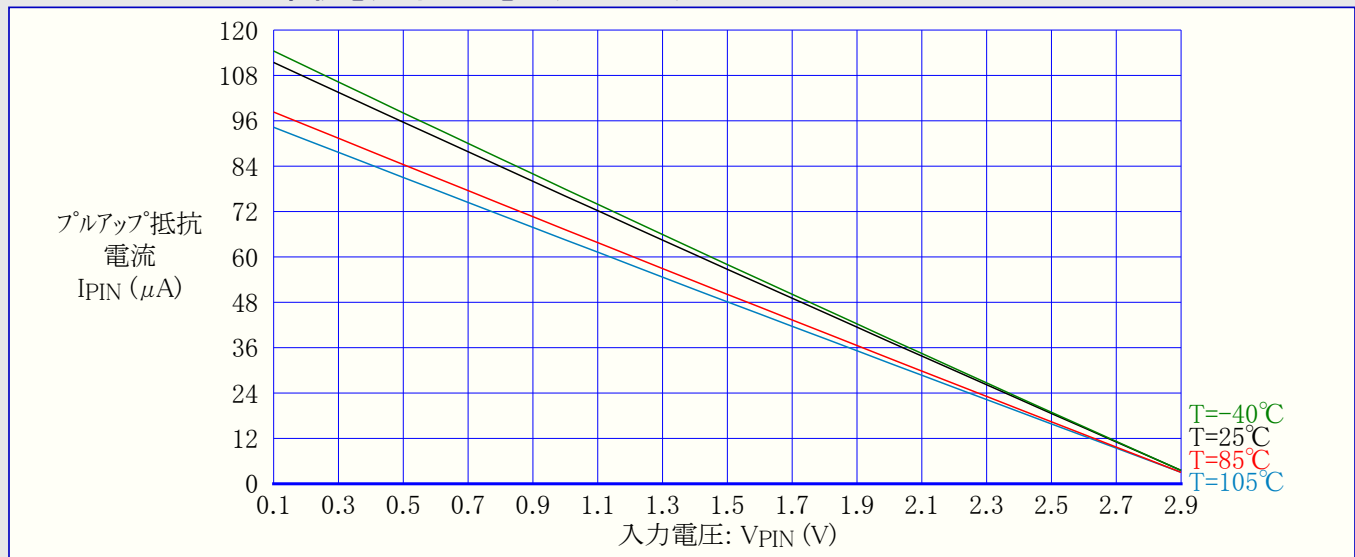
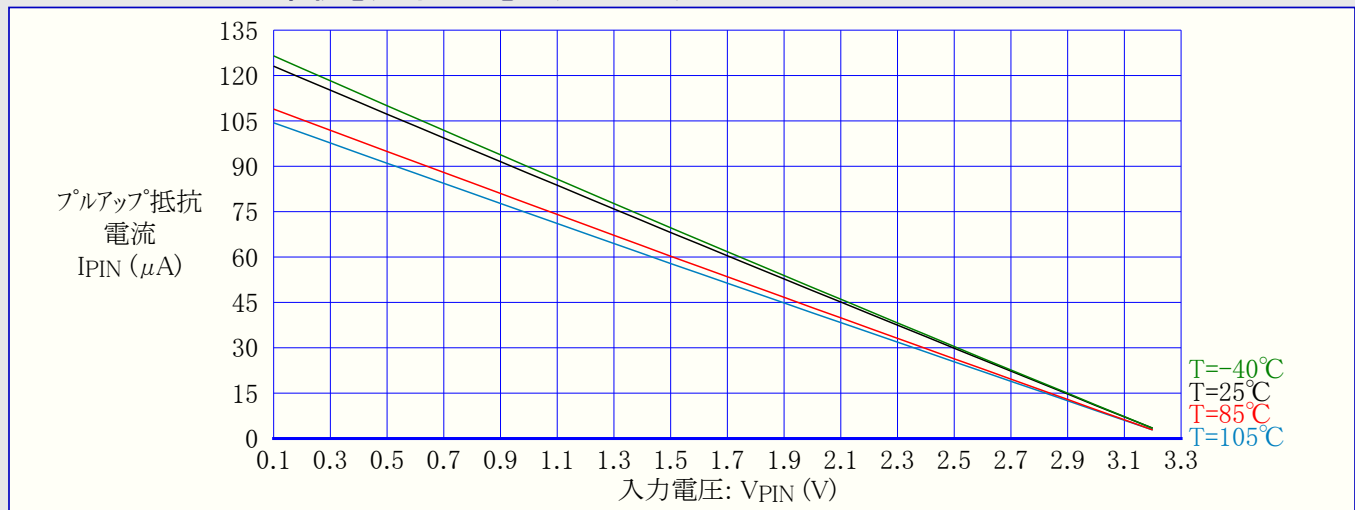


図33-23. I/Oピンプルアップ抵抗電流 対 入力電圧 (VCC=3.3V)



### 33.1.2.2. 出力電圧 対 シンク/ソース電流

図33-24. I/Oピン出力電圧 対 ソース電流 (VCC=1.8V)

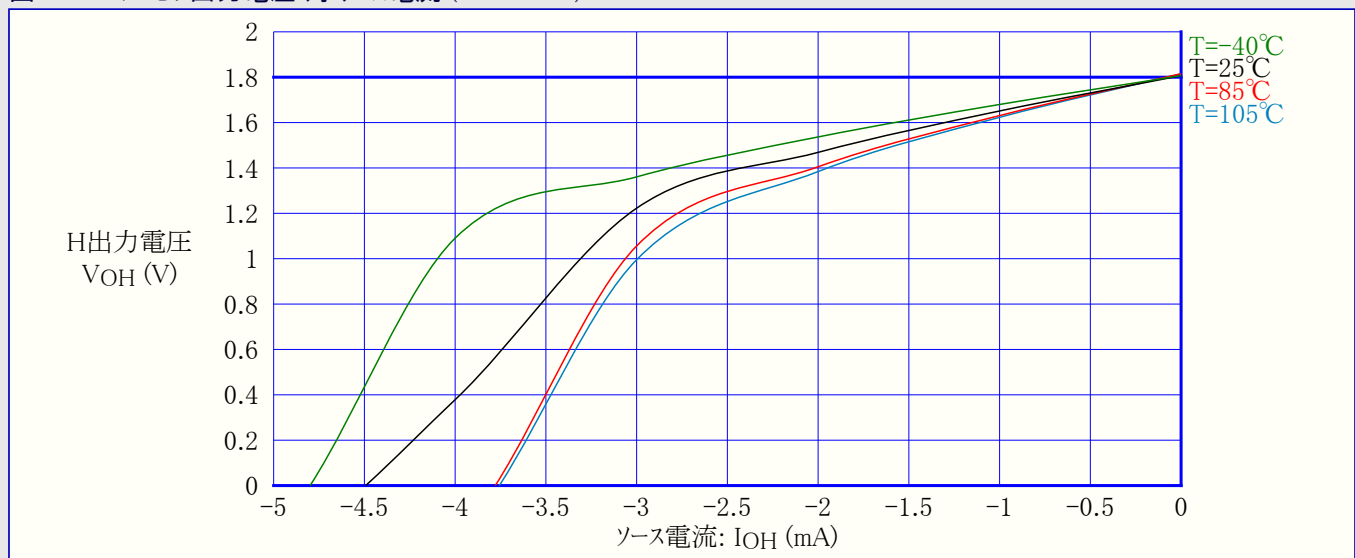


図33-25. I/Oピン出力電圧 対 ソース電流 (VCC=3.0V)

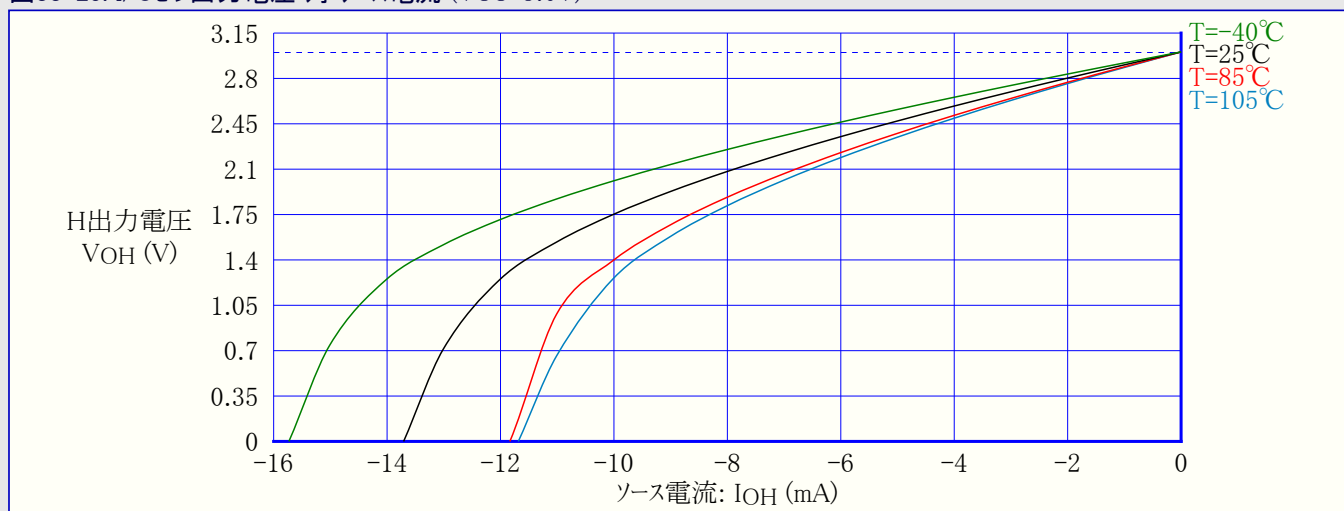


図33-26. I/Oピン出力電圧 対 ソース電流 (VCC=3.3V)

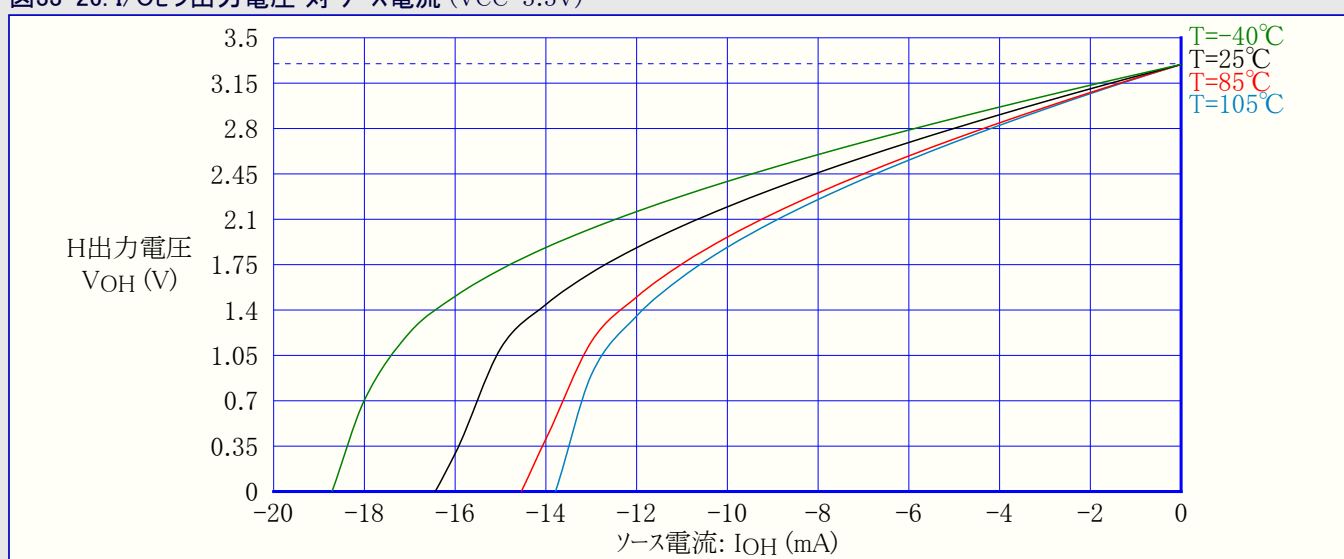


図33-27. I/Oピン出力電圧 対 ソース電流 (T=25°C)

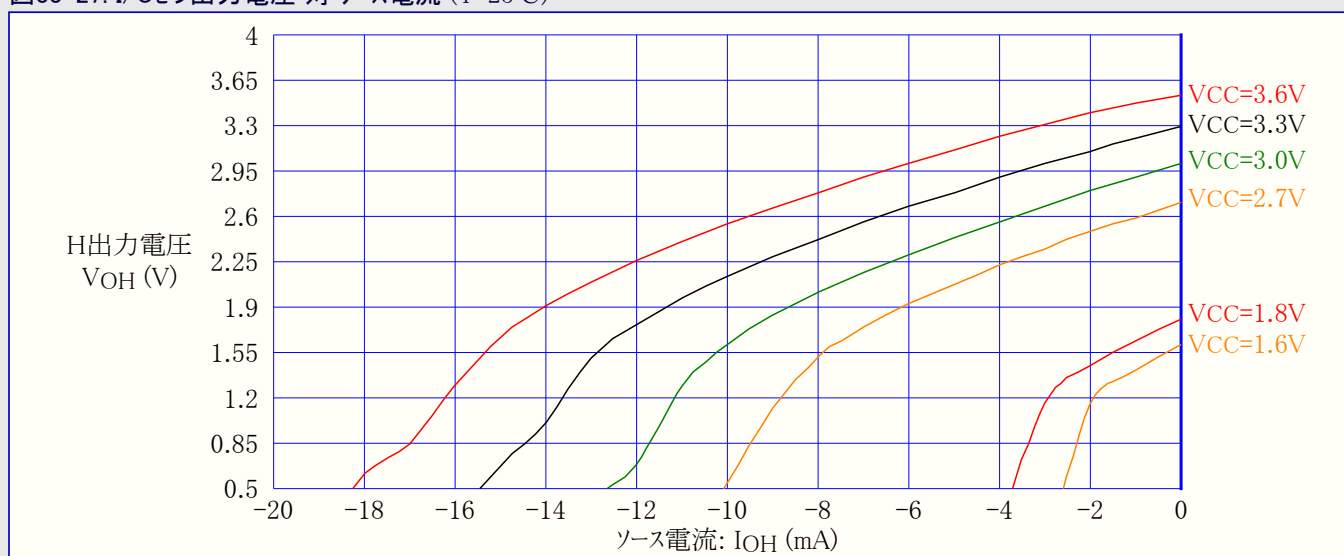


図33-28. I/Oピン出力電圧 対 シンク電流 (VCC=1.8V)

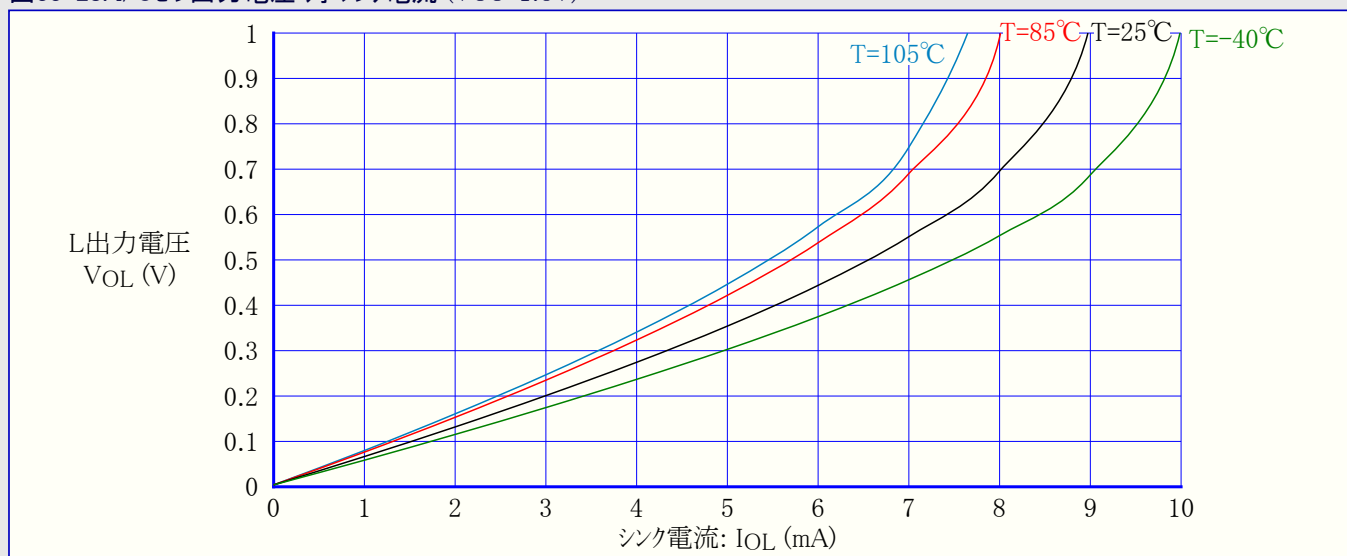


図33-29. I/Oピン出力電圧 対 シンク電流 (VCC=3.0V)

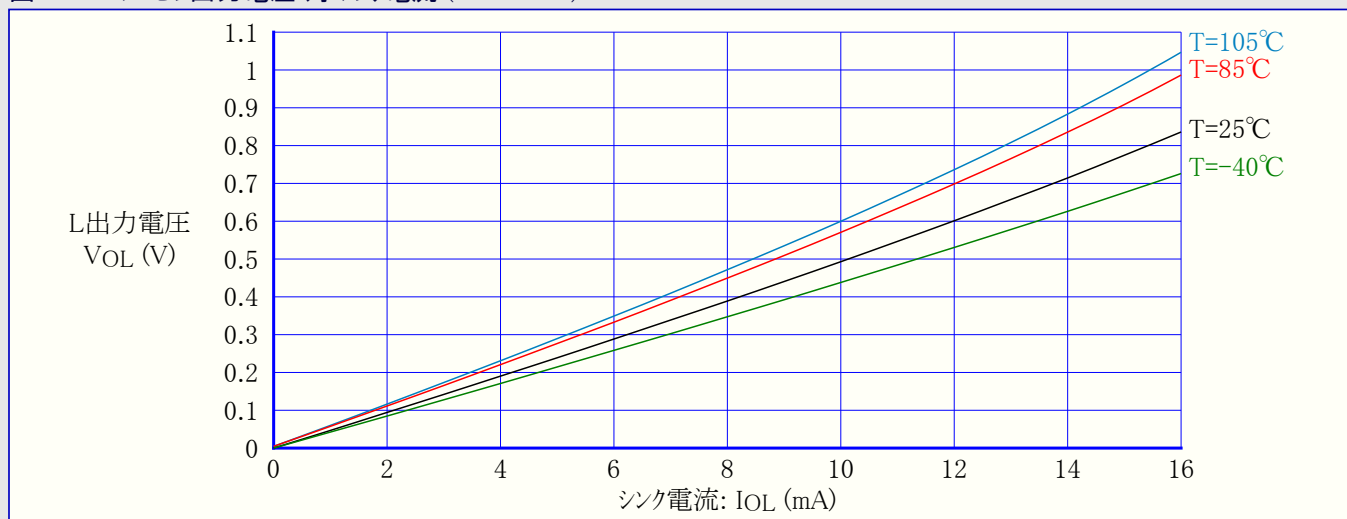


図33-30. I/Oピン出力電圧 対 シンク電流 (VCC=3.3V)

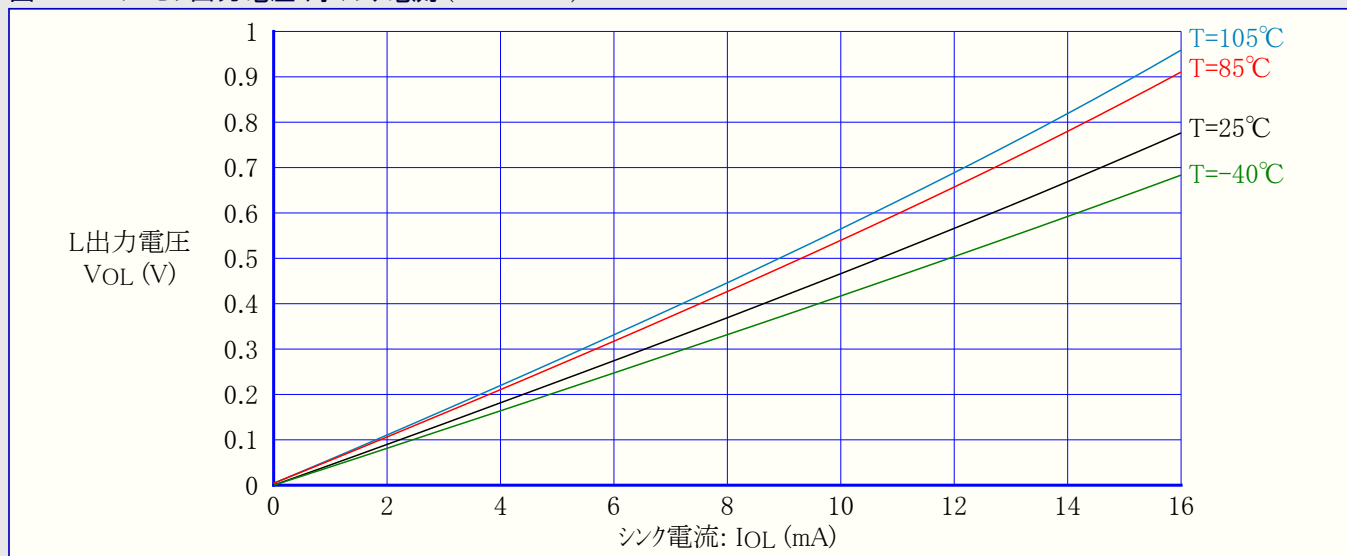
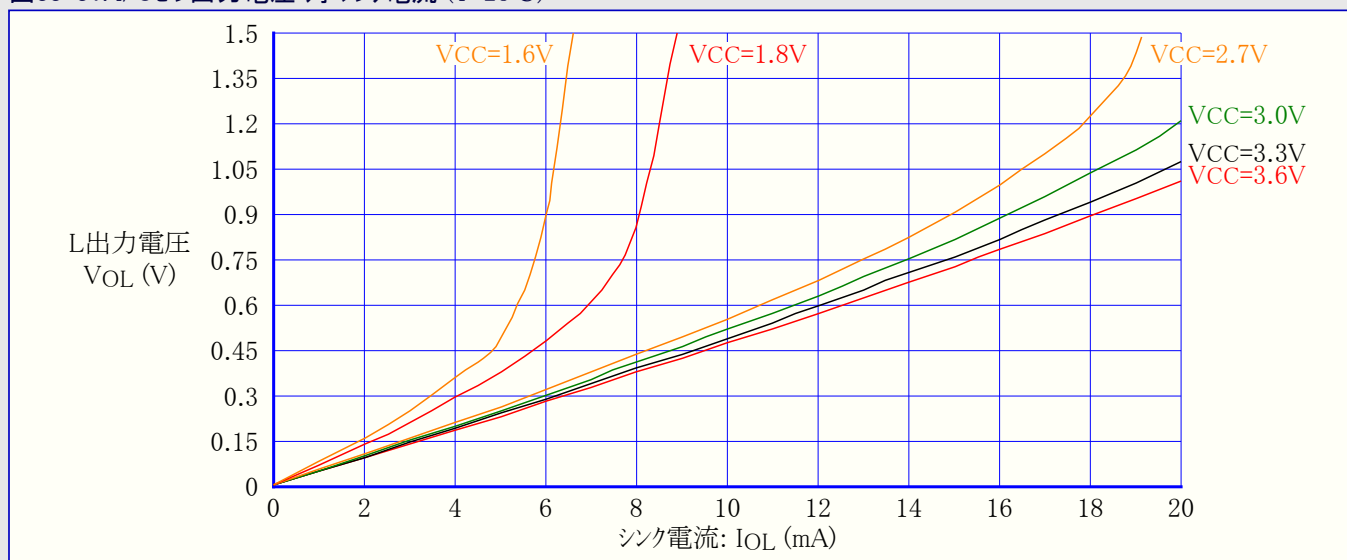


図33-31. I/Oピン出力電圧 対 シンク電流 (T=25°C)



### 33.1.2.3. 閾値とヒステリシス

図33-32. I/Oピン入力閾値(スレッショルド)電圧 対 動作電圧 (T=25°C)

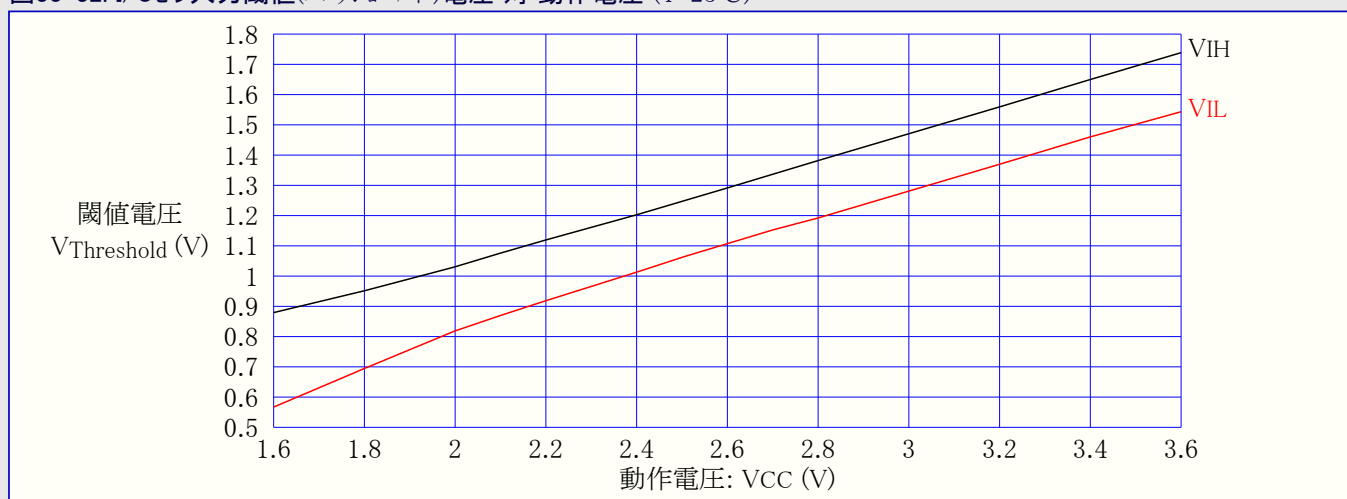


図33-33. I/Oピン入力閾値(スレッショルド)電圧 対 動作電圧 ( $V_{IH}$ , I読み値)

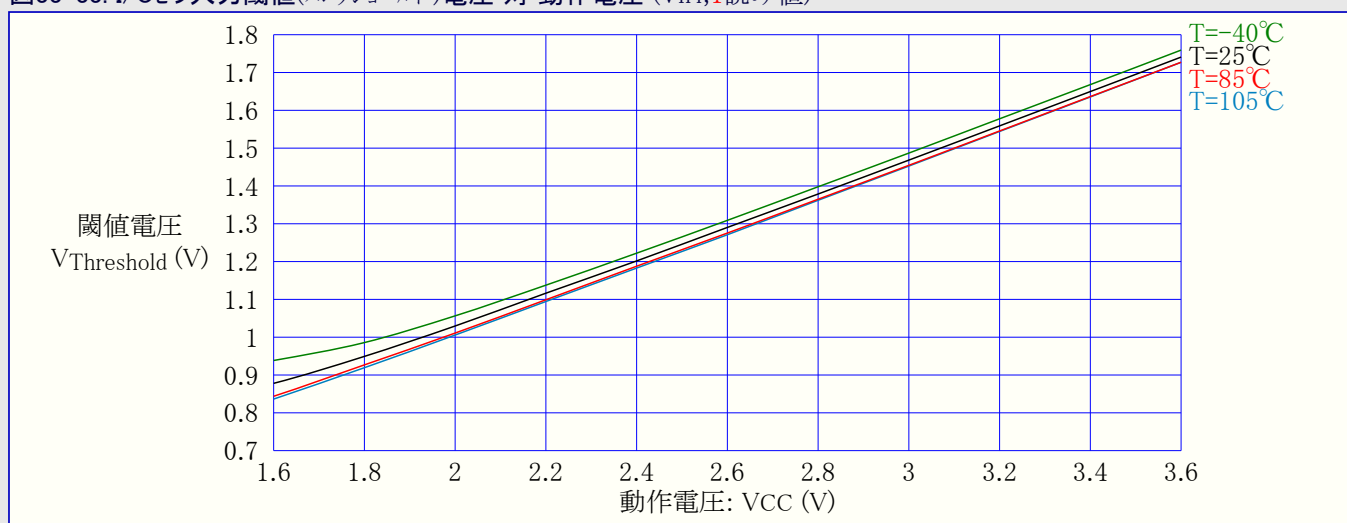


図33-34. I/Oピン入力閾値(スレッショルド)電圧 対 動作電圧 (VIL,0読み値)

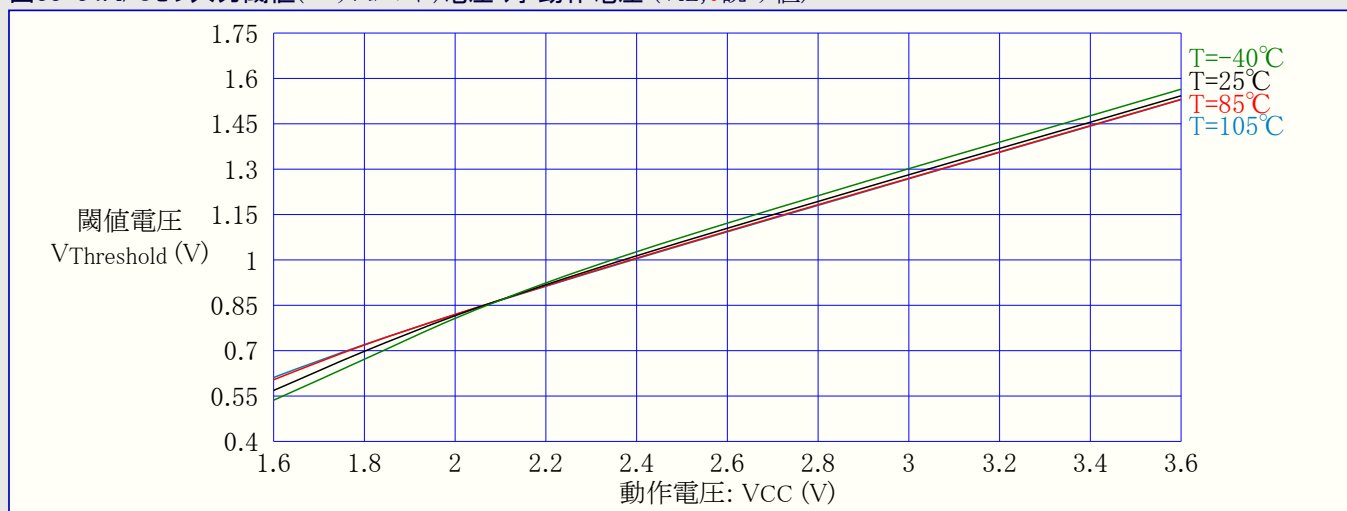
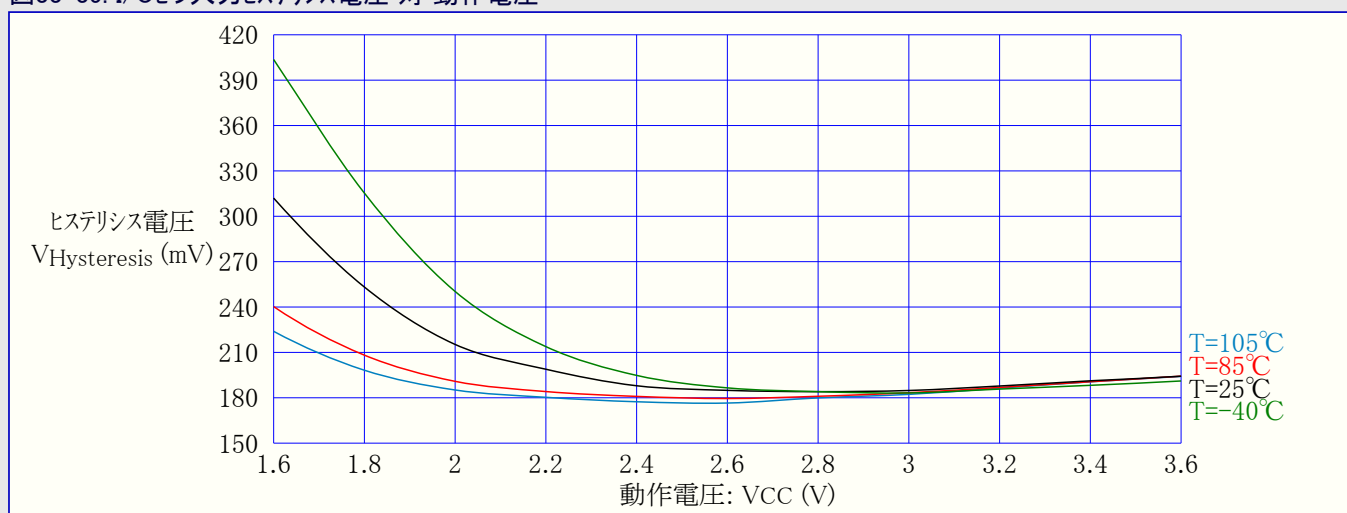


図33-35. I/Oピン入力ヒステリシス電圧 対 動作電圧



### 33.1.3. A/D変換器(ADC)特性

図33-36. ADC積分性誤差(INL) 対 外部VREF ( $T=25^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{CC}=3.6\text{V}$ )

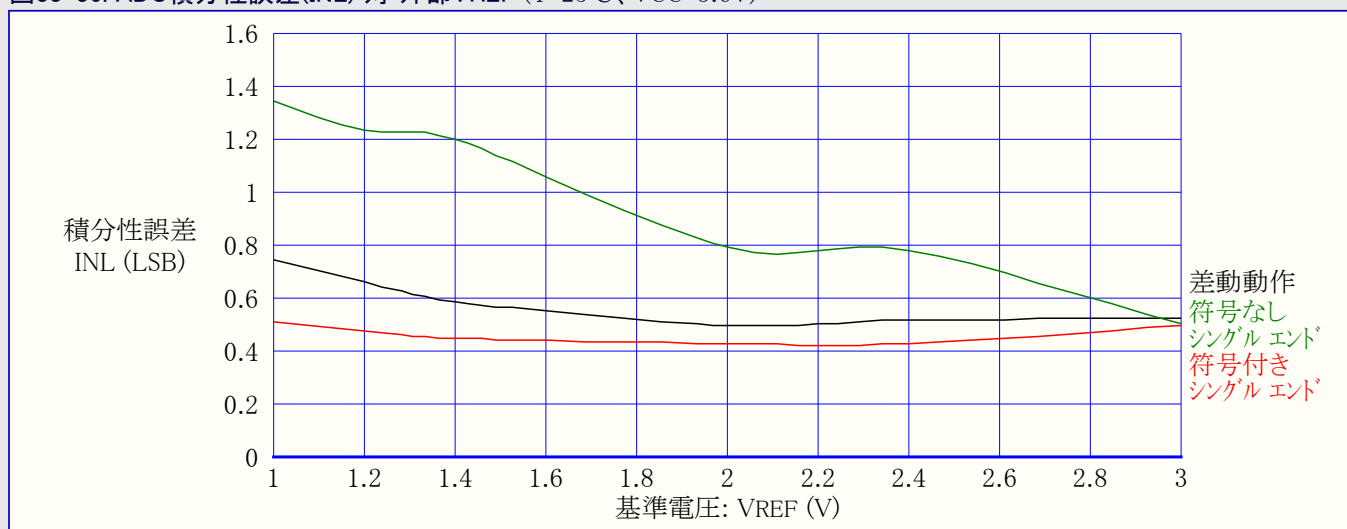




図33-37. ADC積分性誤差(INL) 対 採取速度 (T=25°C、VCC=3.6V、VREF=外部3.0V)

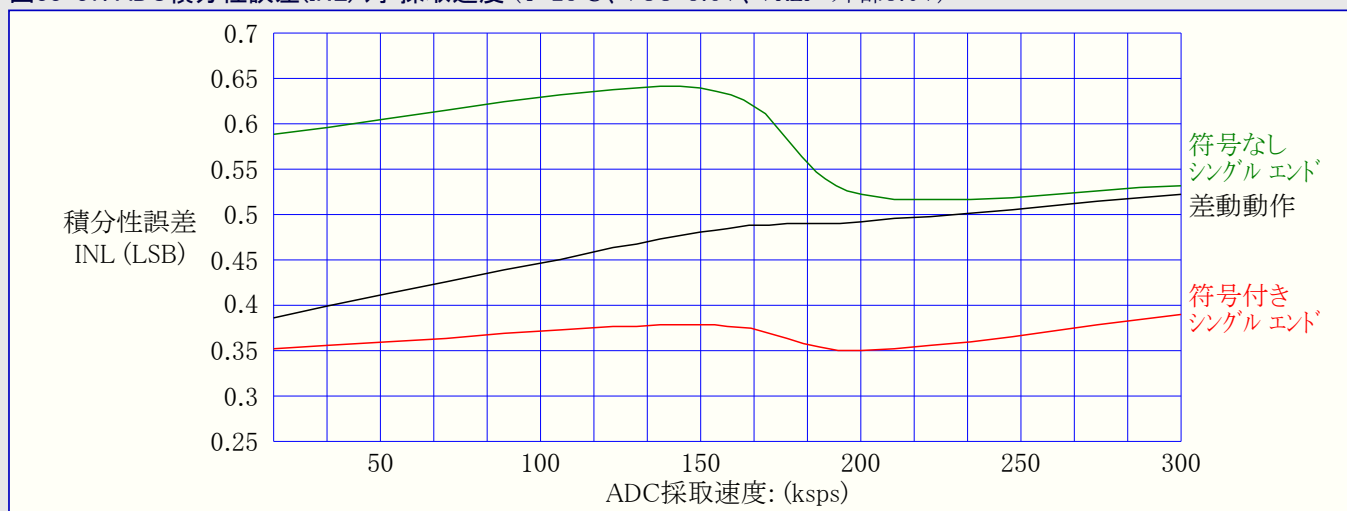


図33-38. ADC積分性誤差(INL) 対 入力符号

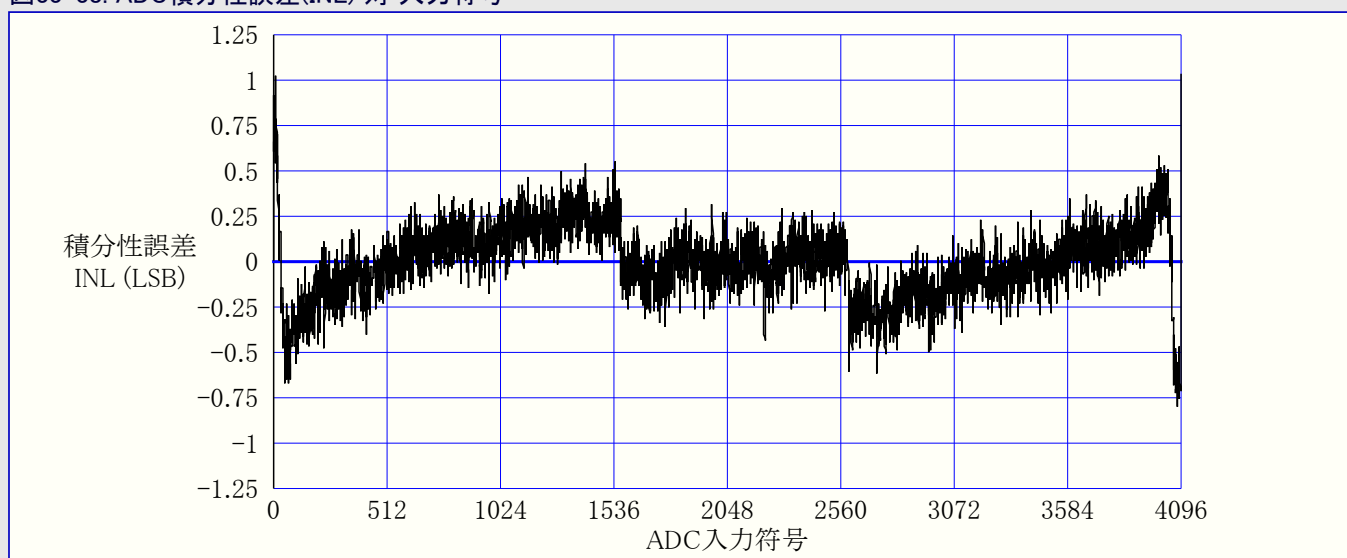


図33-39. ADC微分性誤差(DNL) 対 外部VREF (T=25°C、VCC=3.6V)

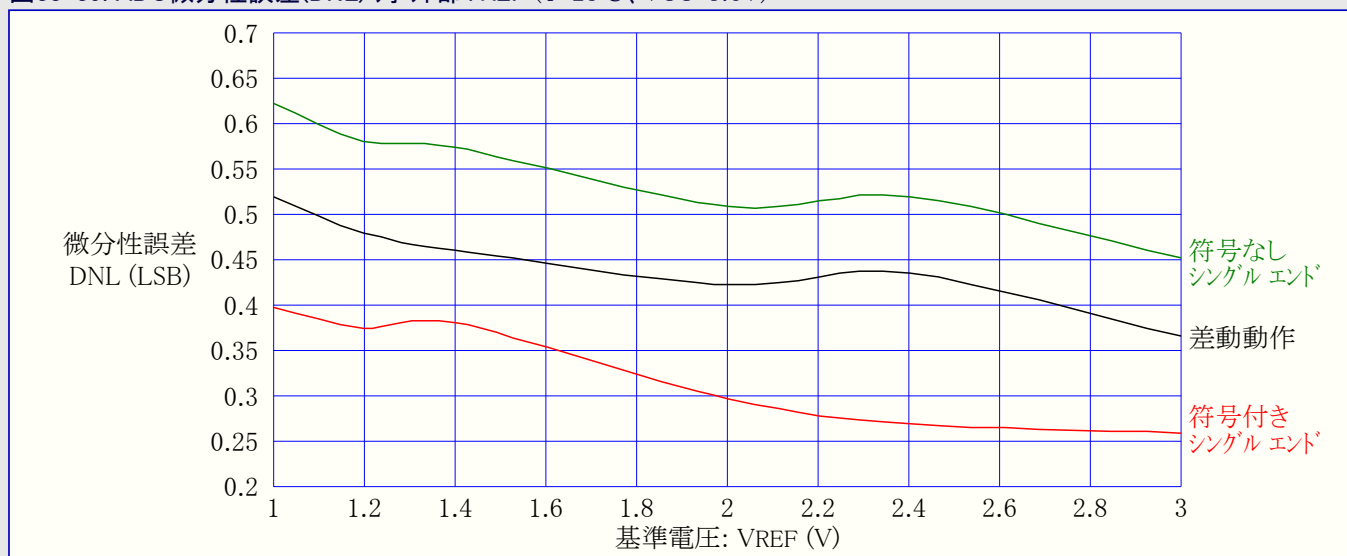


図33-40. ADC微分性誤差(DNL) 対 採取速度 (T=25°C、VCC=3.6V、VREF=外部3.0V)

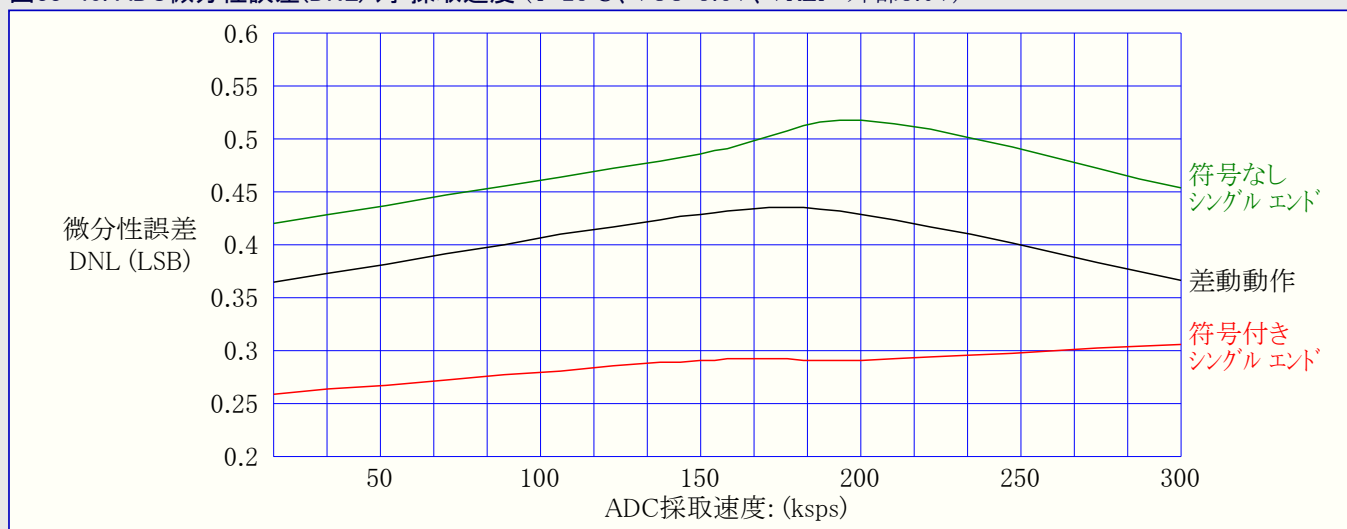


図33-41. ADC微分性誤差(DNL) 対 入力符号

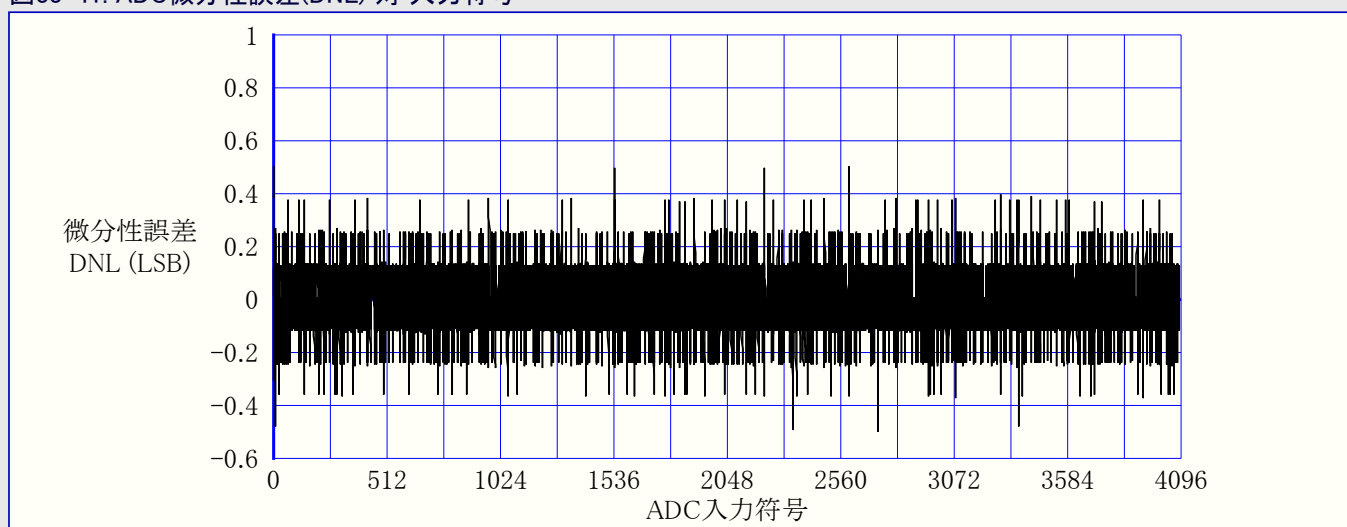


図33-42. ADC利得誤差 対 外部VREF (T=25°C、VCC=3.6V、A/D変換速度=200kSPS)

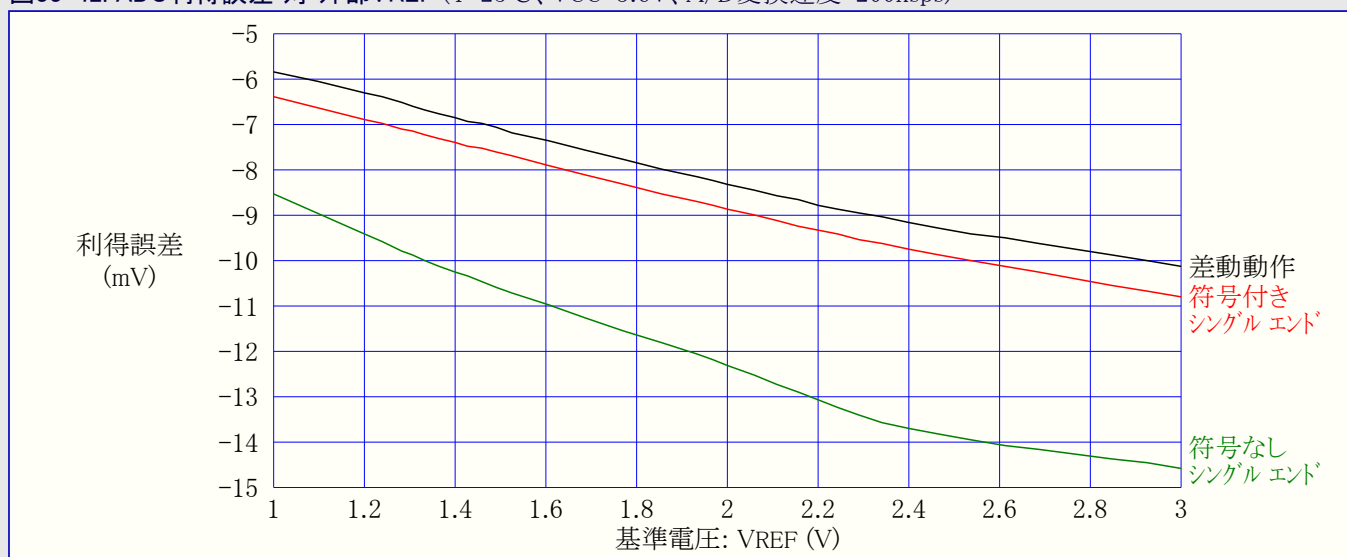


図33-43. ADC利得誤差 対 動作電圧 (T=25°C、VREF=外部1.0V、A/D変換速度=200ksps)

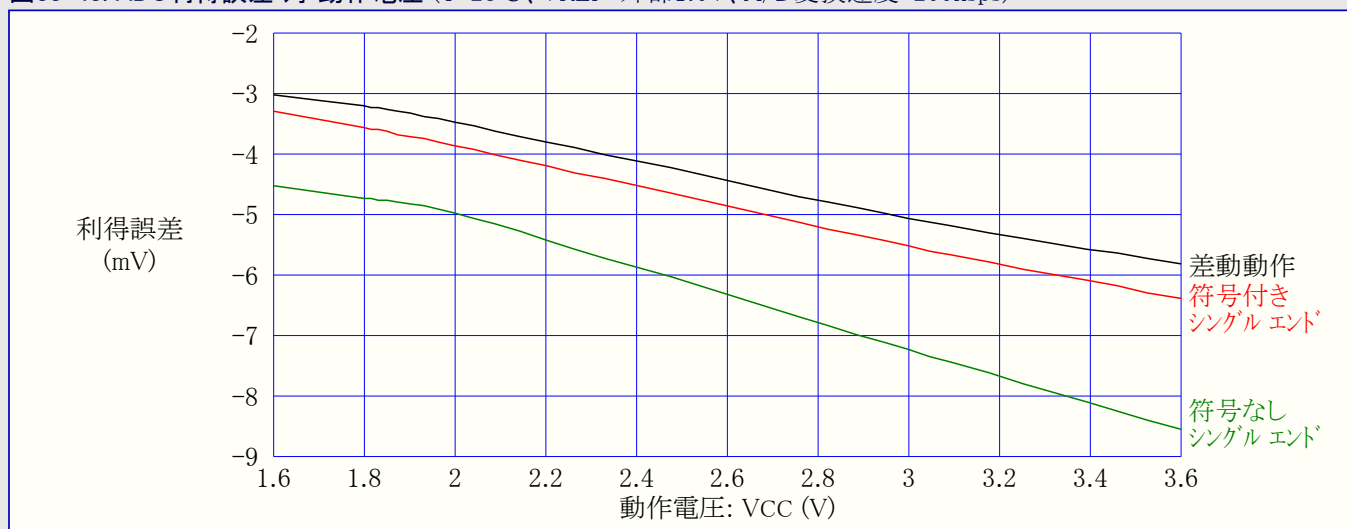


図33-44. ADC変位(オフセット)誤差 対 外部VREF (T=25°C、VCC=3.6V、A/D変換速度=200ksps)

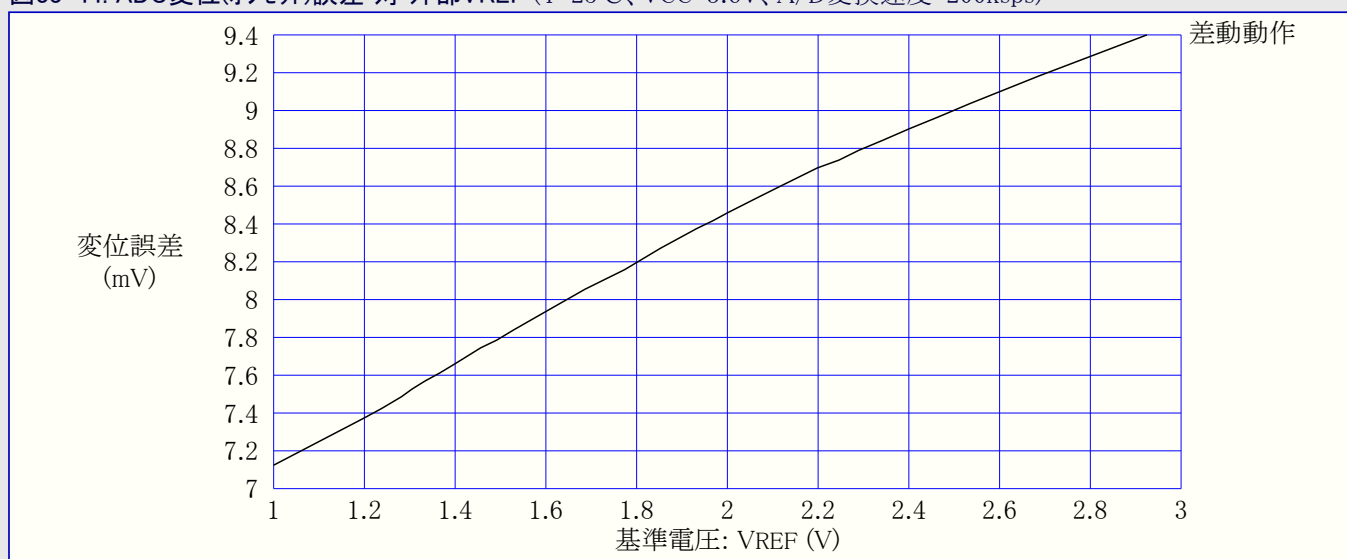


図33-45. ADC利得誤差 対 動作温度 (VCC=3.0V、VREF=外部2.0V)

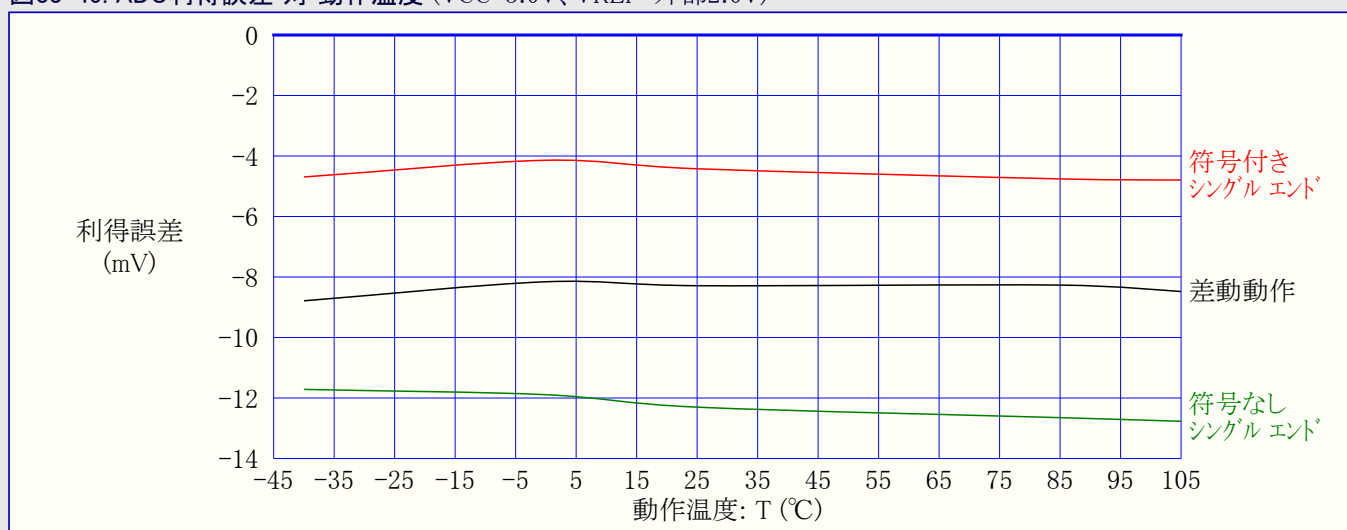
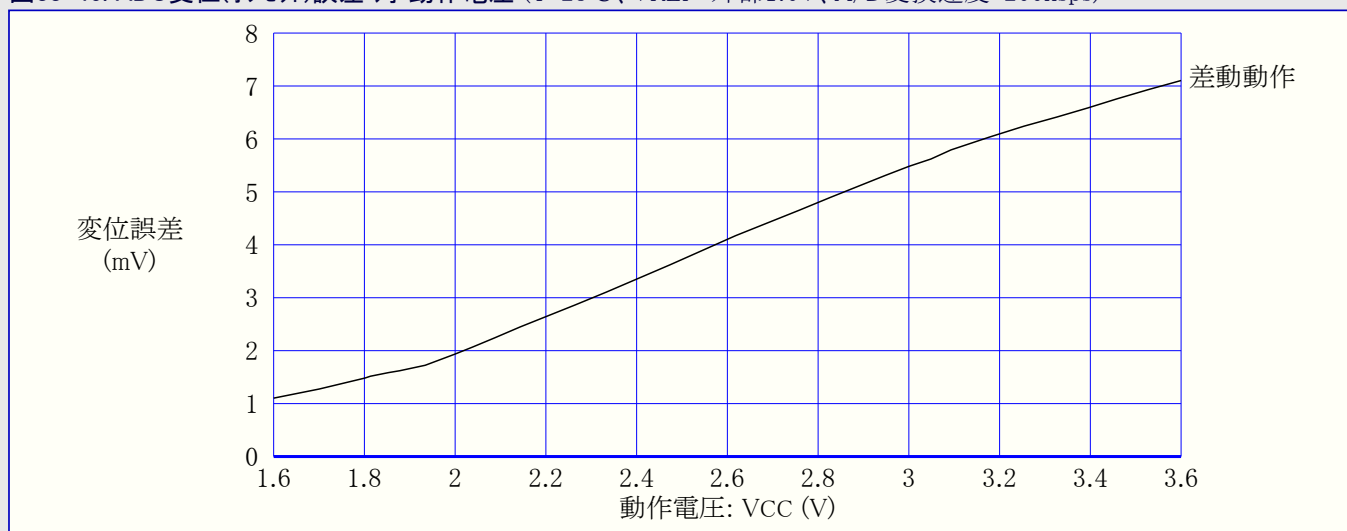


図33-46. ADC変位(オフセット)誤差 対 動作電圧 (T=25°C、VREF=外部1.0V、A/D変換速度=200ksps)



### 33.1.4. アナログ比較器特性

図33-47. アナログ比較器(AC)ヒステリシス 対 動作電圧 (高速動作、ヒステリシス=小)

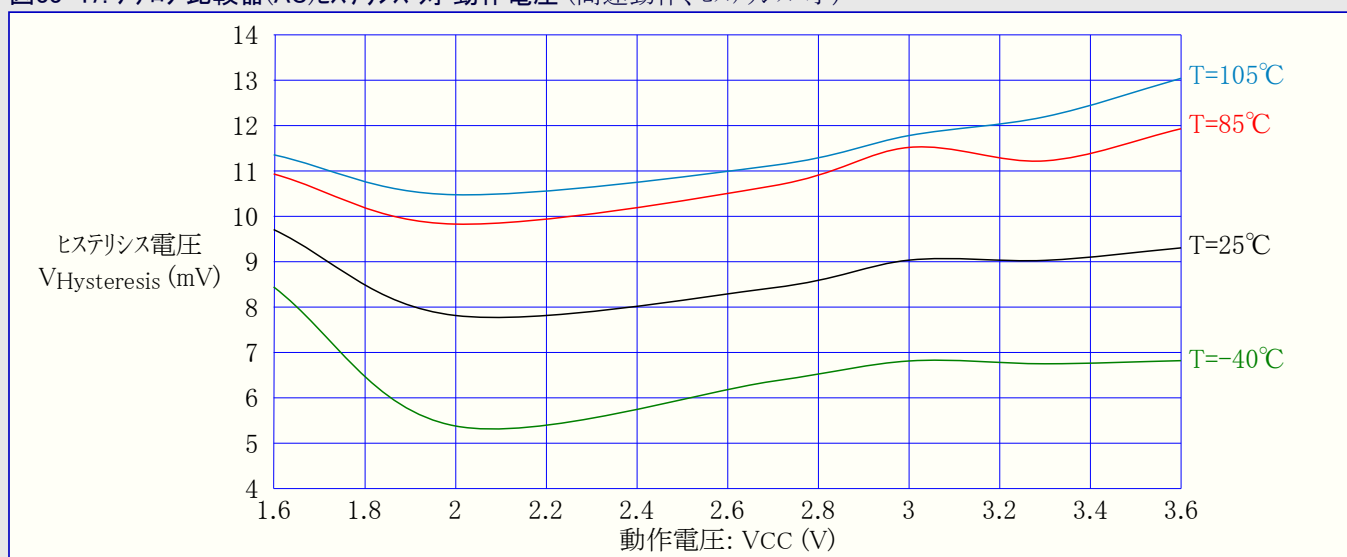


図33-48. アナログ比較器(AC)ヒステリシス 対 動作電圧 (高速動作、ヒステリシス=大)

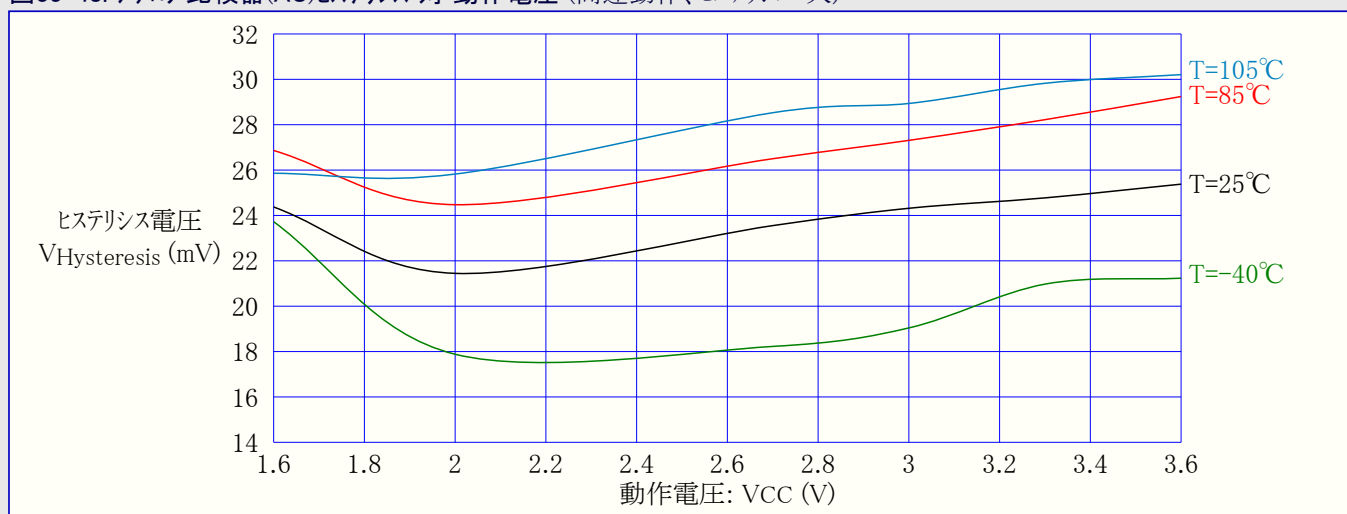


図33-49. アナログ比較器(AC)ヒステリシス 対 動作電圧 (低電力動作、ヒステリシス=小)

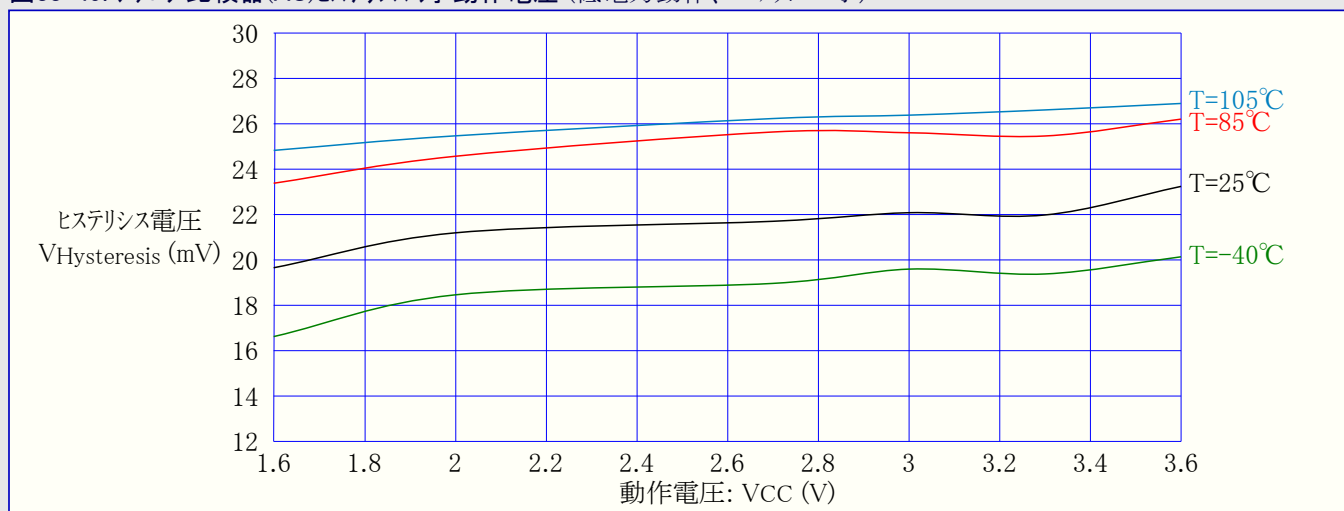


図33-50. アナログ比較器(AC)ヒステリシス 対 動作電圧 (低電力動作、ヒステリシス=大)

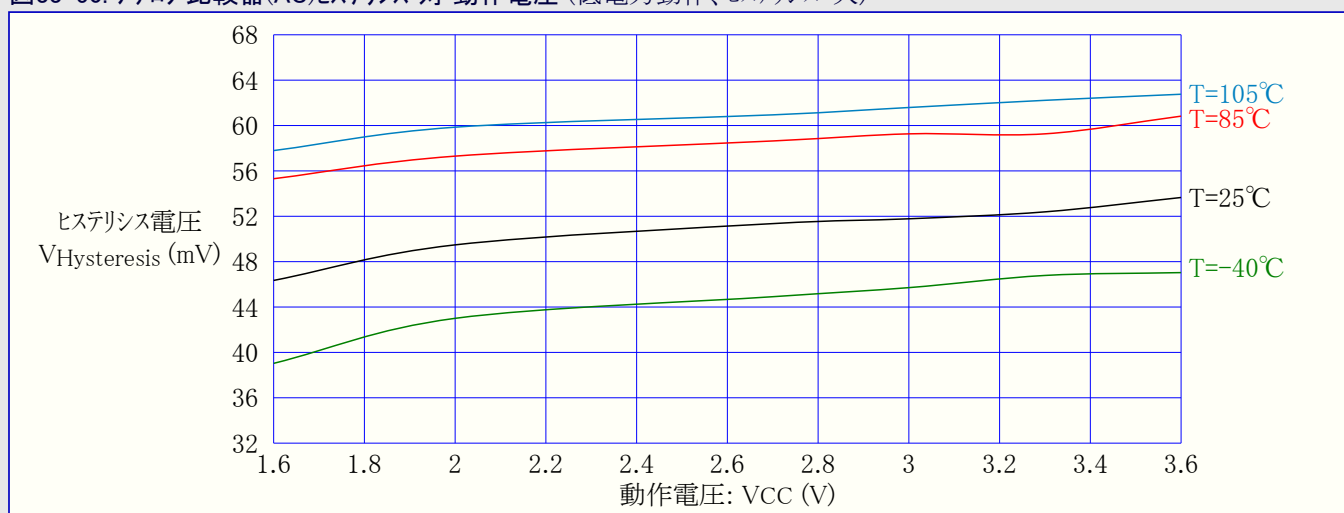


図33-51. アナログ比較器(AC)電流源 対 校正値 ( $T=25^{\circ}\text{C}$ )

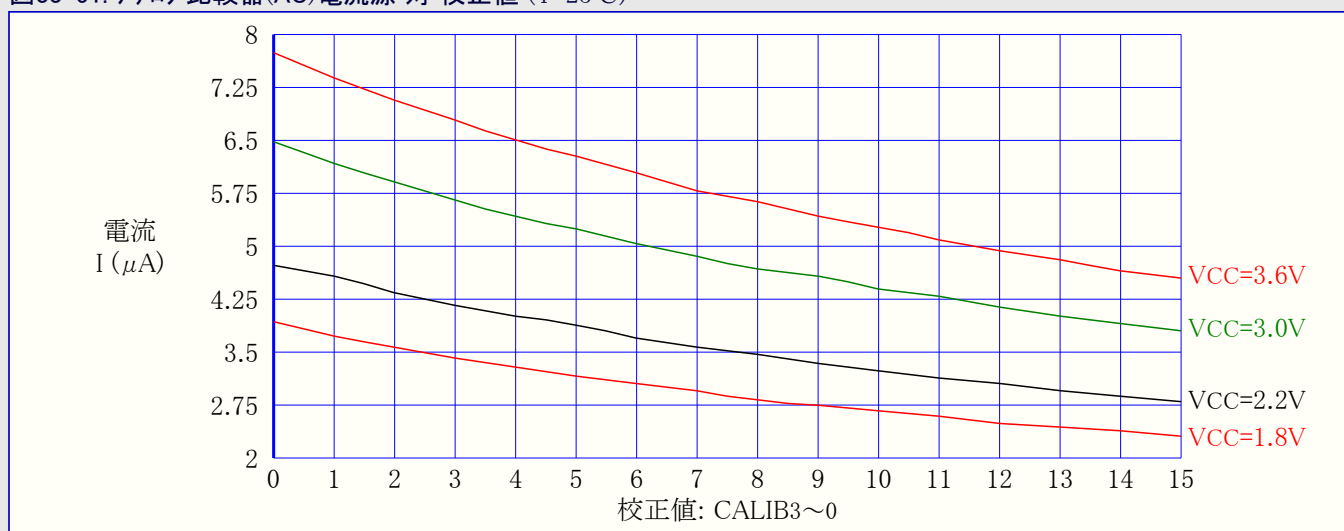


図33-52. アナログ比較器(AC)電流源 対 校正値 (VCC=3.0V)

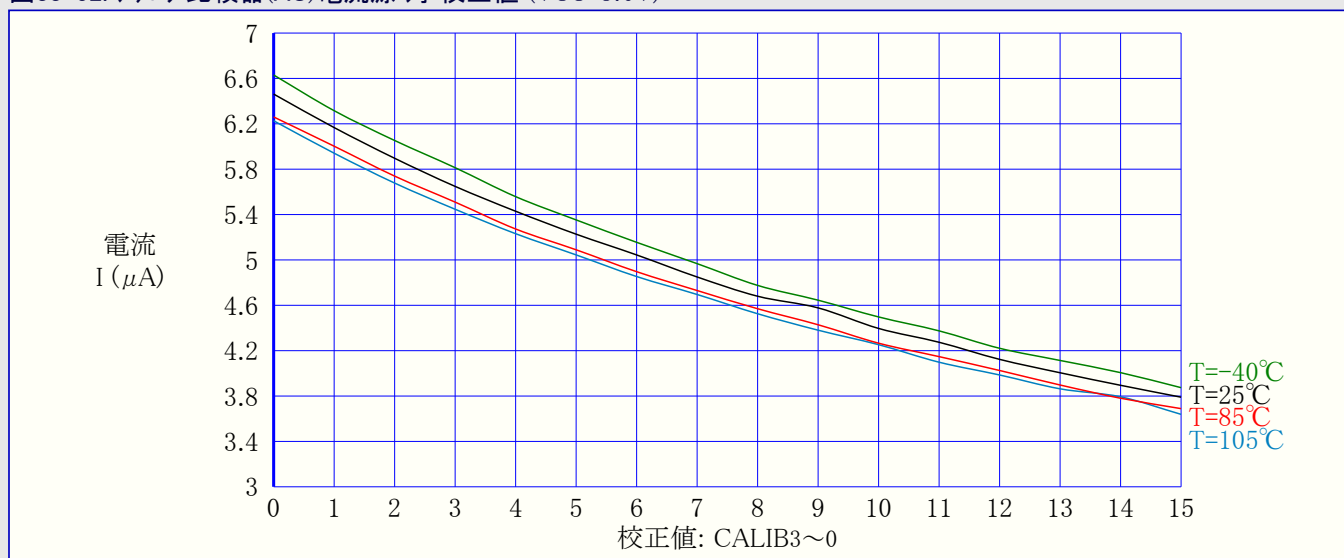
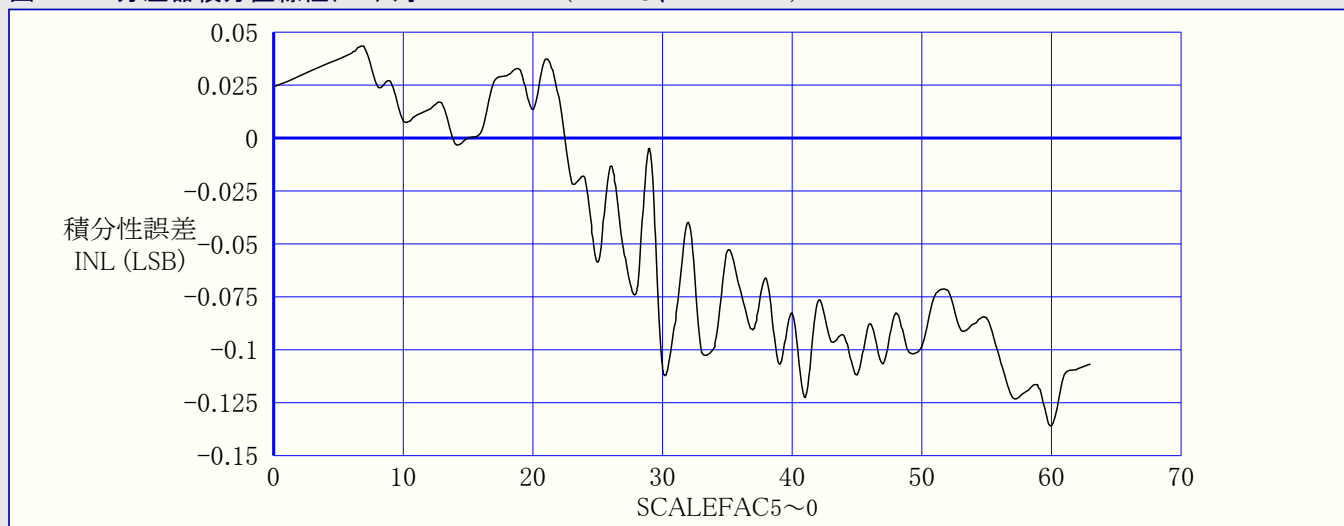
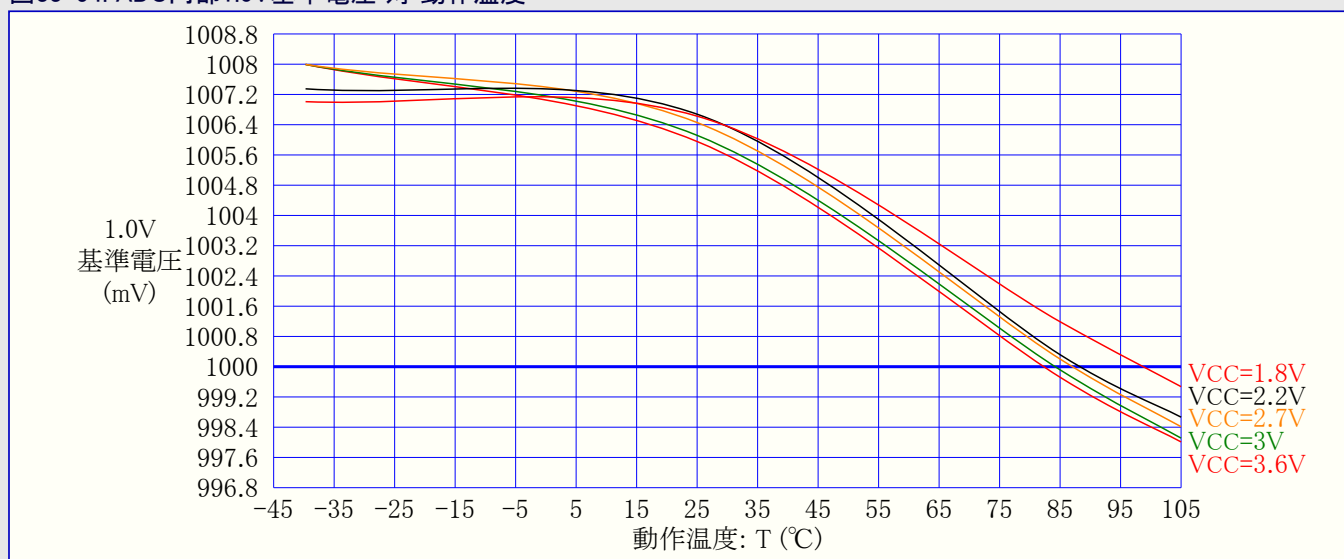


図33-53. 分圧器積分直線性(INL) 対 SCALEFAC ( $T=25^{\circ}\text{C}$ 、 $VCC=3.0\text{V}$ )



### 33.1.5. 内部1.0V基準電圧特性

図33-54. ADC内部1.0V基準電圧 対 動作温度



### 33.1.6. 低電圧検出器(BOD)特性

図33-55. 低電圧検出器(BOD)閾値(スレッシュホールド)電圧 対 動作温度 (検出電圧=1.6V)

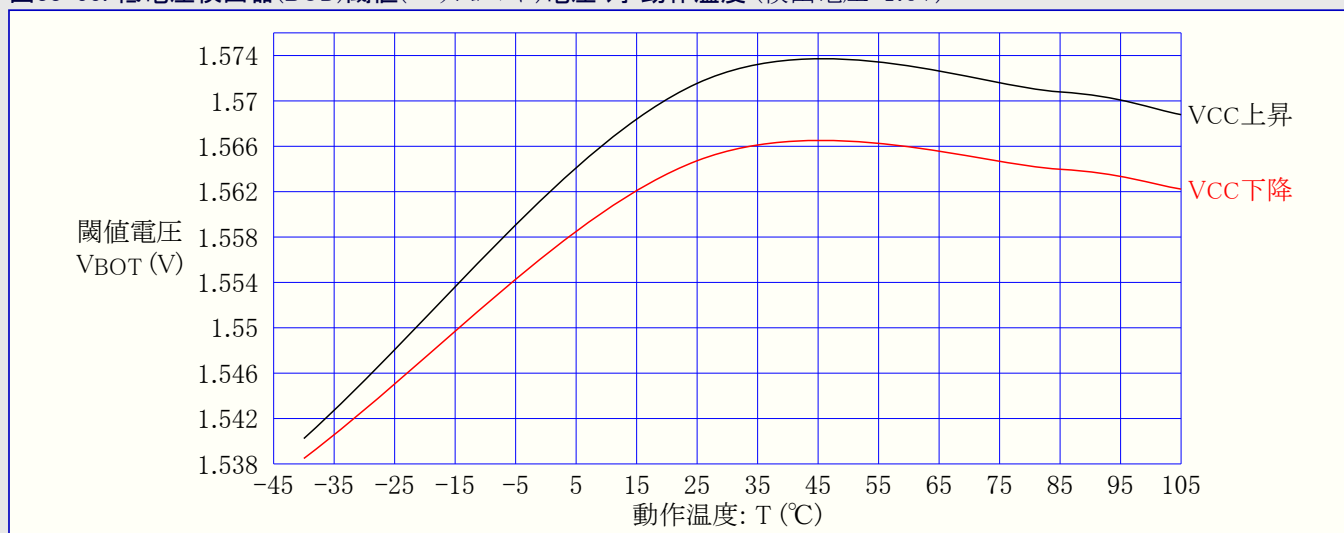
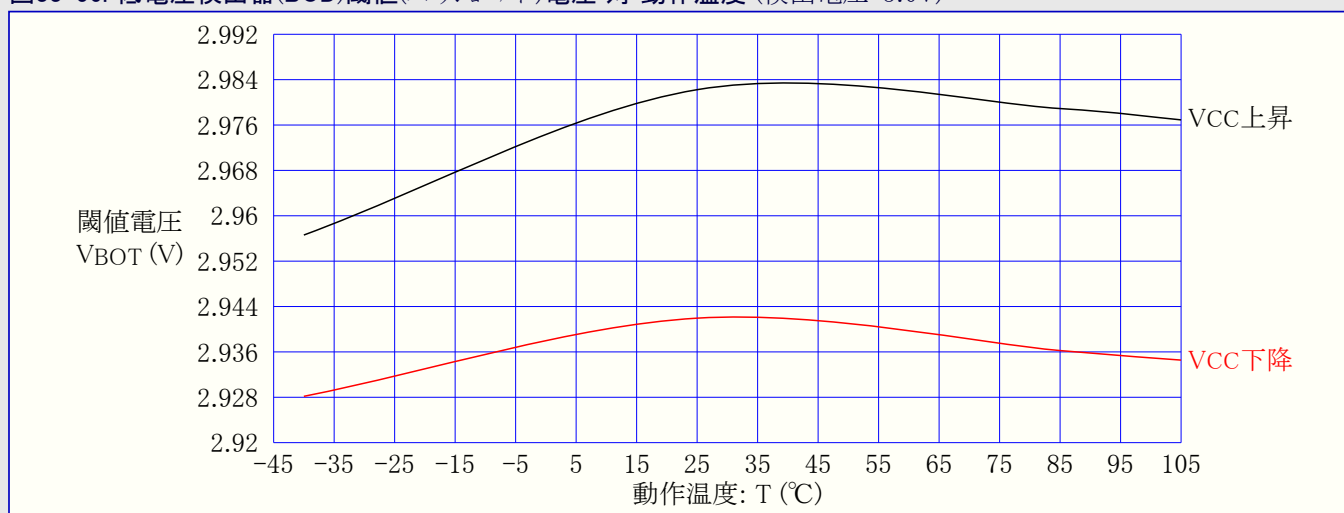


図33-56. 低電圧検出器(BOD)閾値(スレッシュホールド)電圧 対 動作温度 (検出電圧=3.0V)



### 33.1.7. 外部リセット特性

図33-57. 最小リセット パルス幅 対 動作電圧

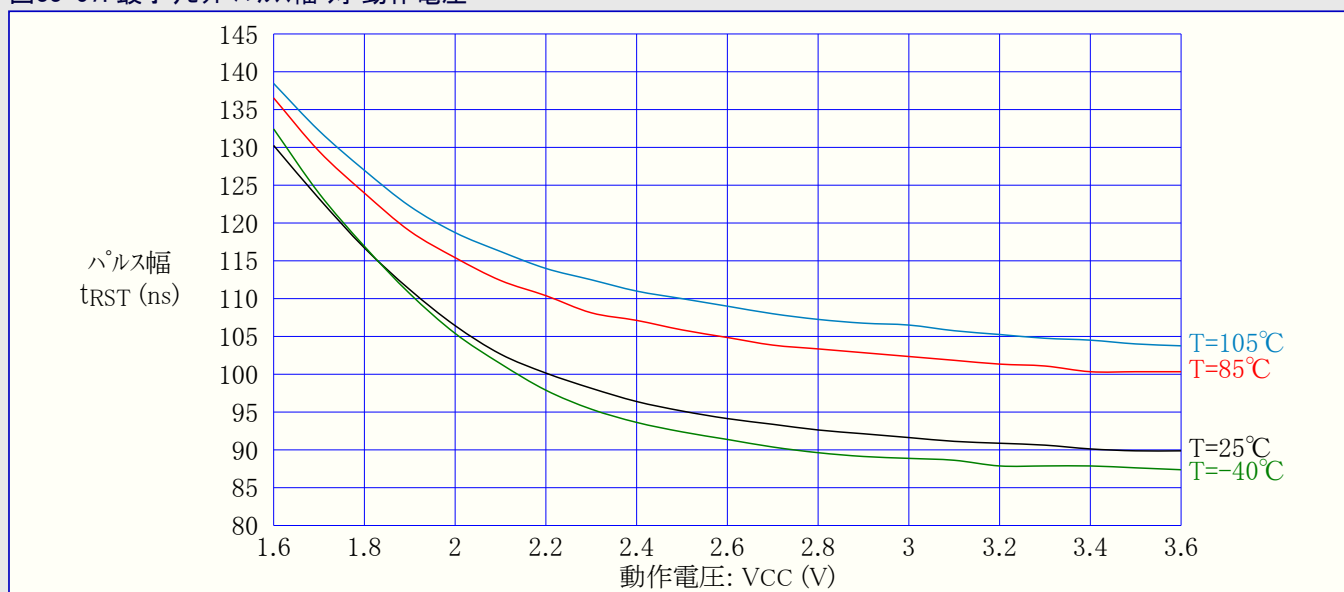




図33-58. リセットピンプルアップ抵抗電流 対 RESETピン入力電圧 (VCC=1.8V)

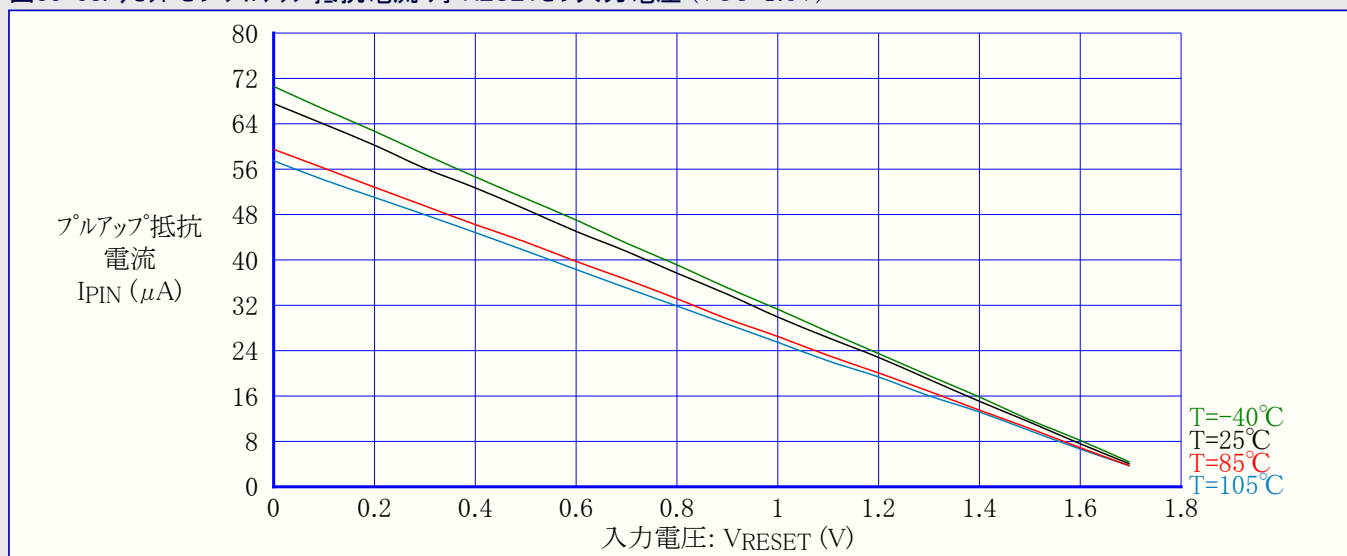


図33-59. リセットピンプルアップ抵抗電流 対 RESETピン入力電圧 (VCC=3.0V)

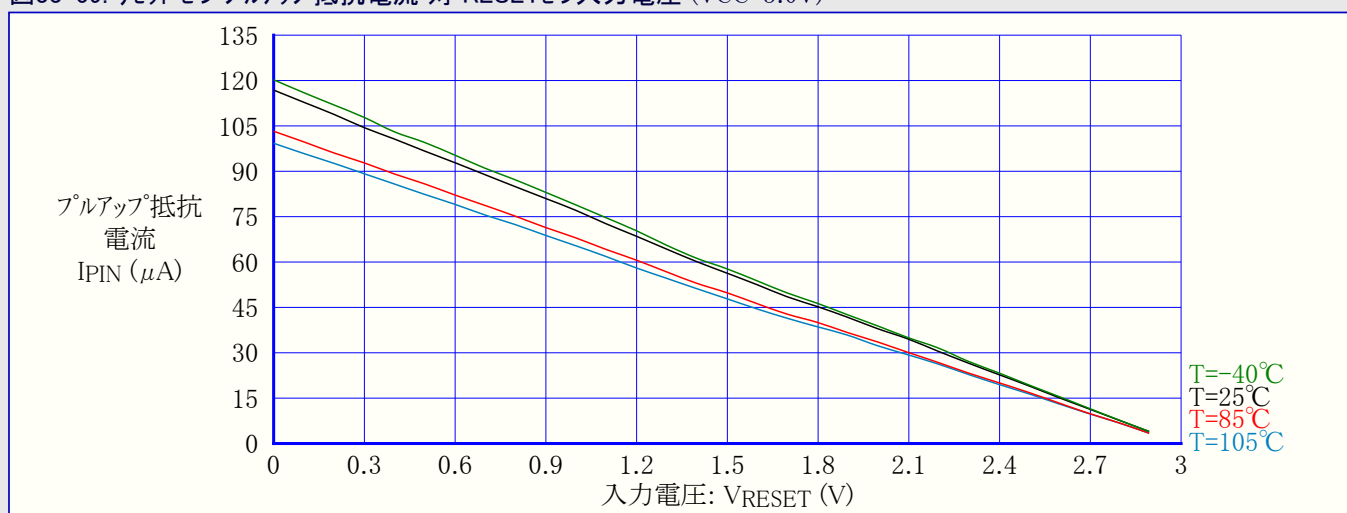


図33-60. リセットピンプルアップ抵抗電流 対 RESETピン入力電圧 (VCC=3.3V)

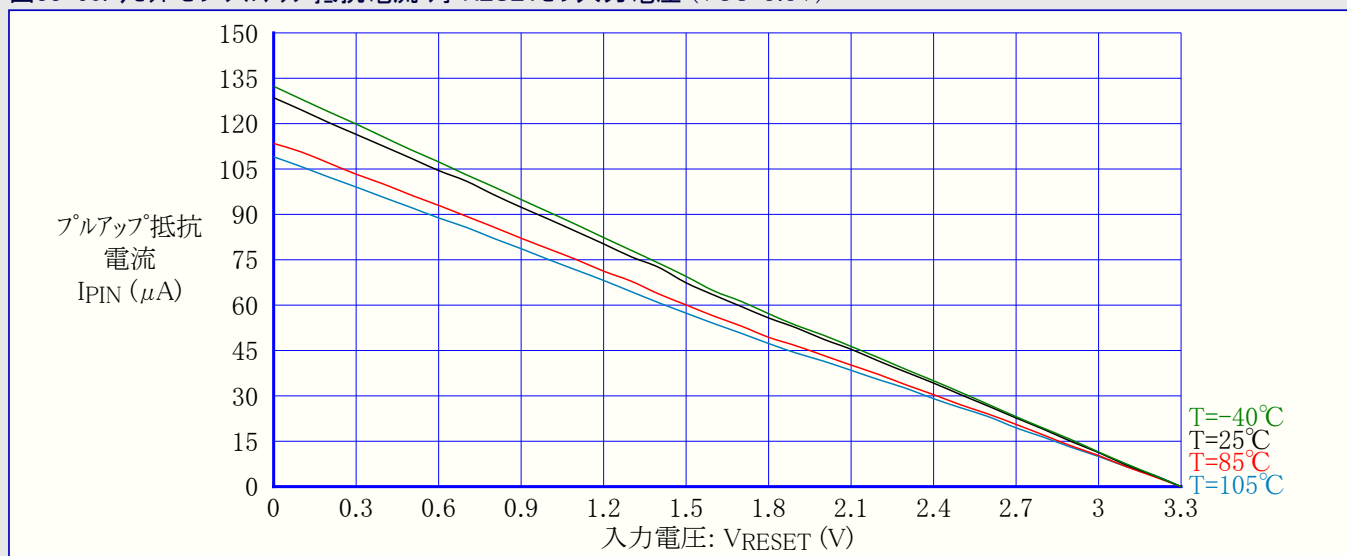


図33-61. RESET入力閾値(スレッショルド)電圧 対 動作電圧 ( $V_{IH}$ , 1読み値)

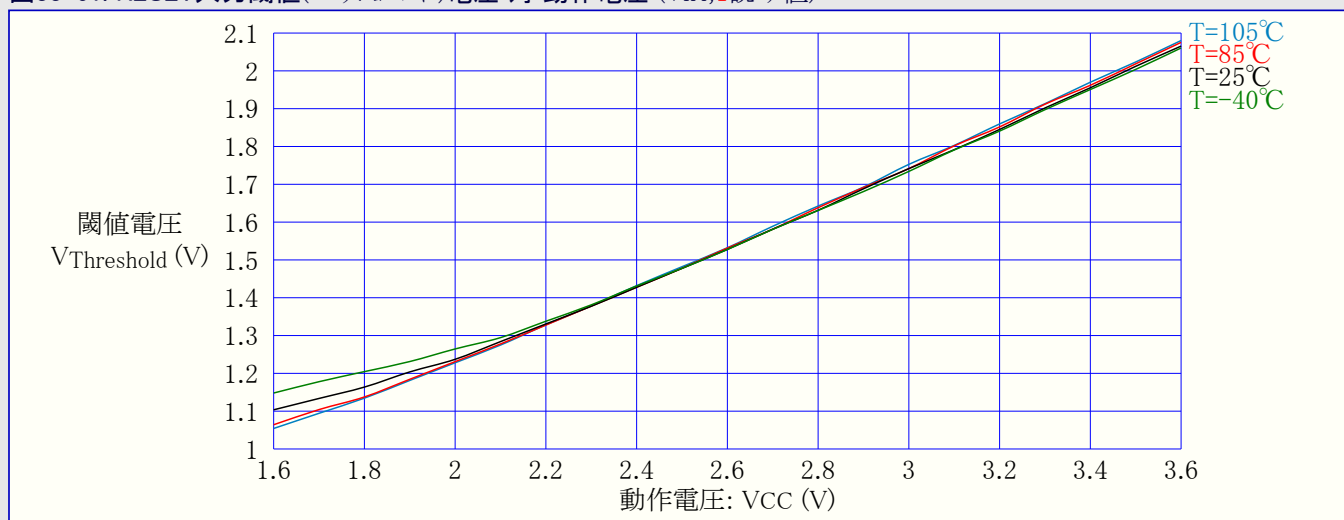
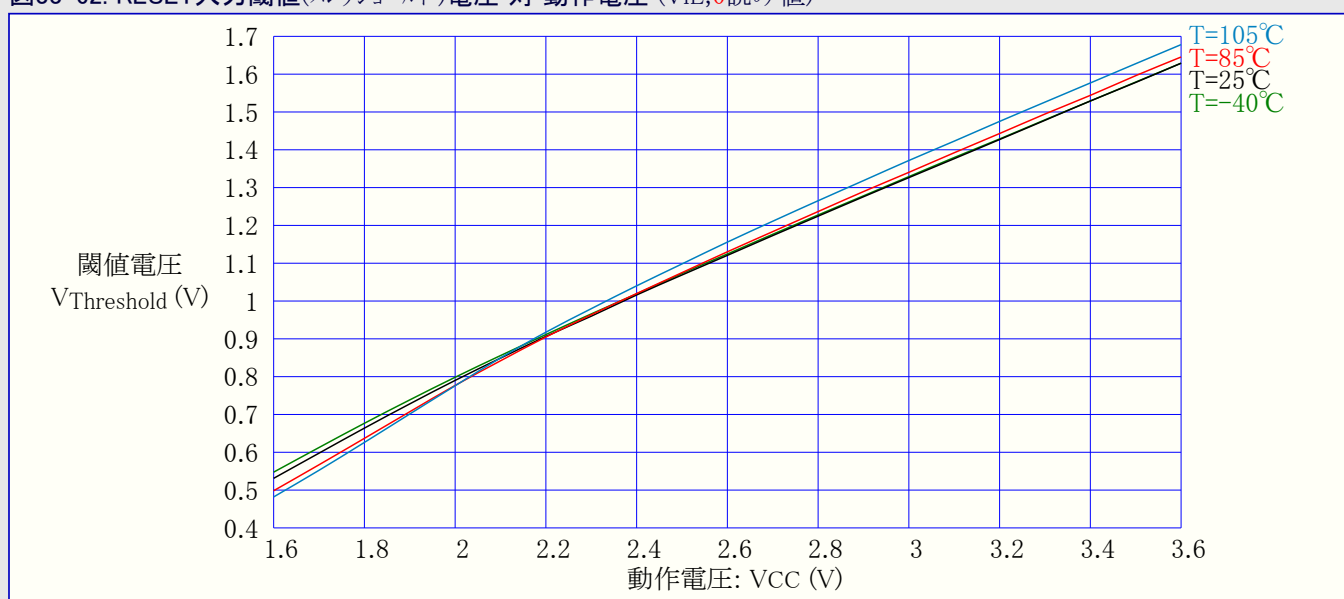


図33-62. RESET入力閾値(スレッショルド)電圧 対 動作電圧 ( $V_{IL}$ , 0読み値)



### 33.1.8. 電源ONリセット特性

図33-63. 電源ONリセット消費電流 対 動作電圧 (BODレベル=3.0Vの継続動作で許可)

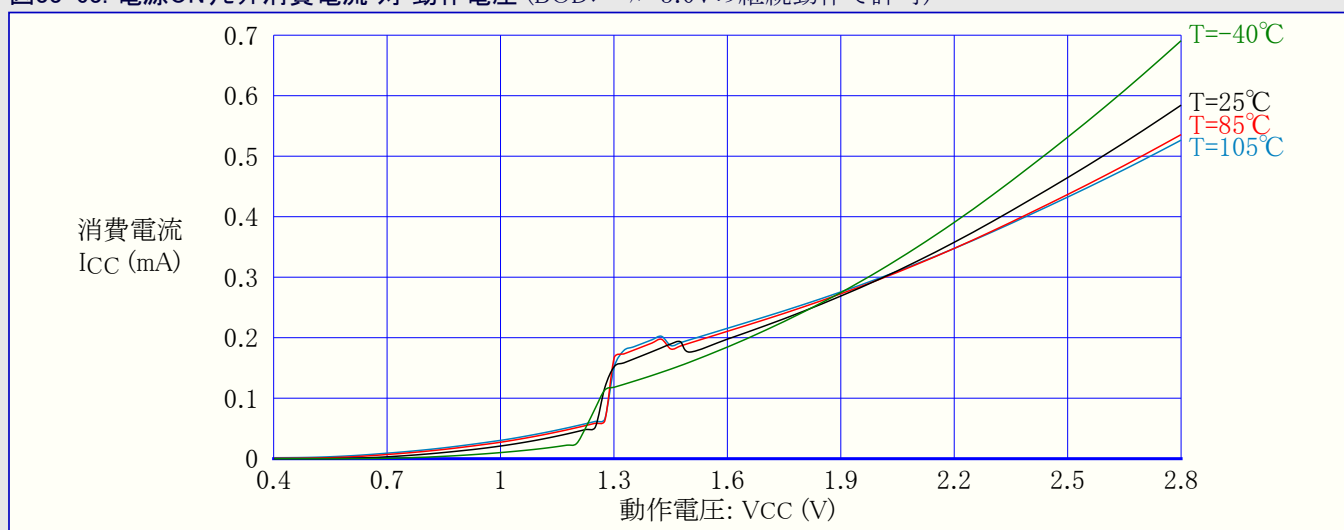
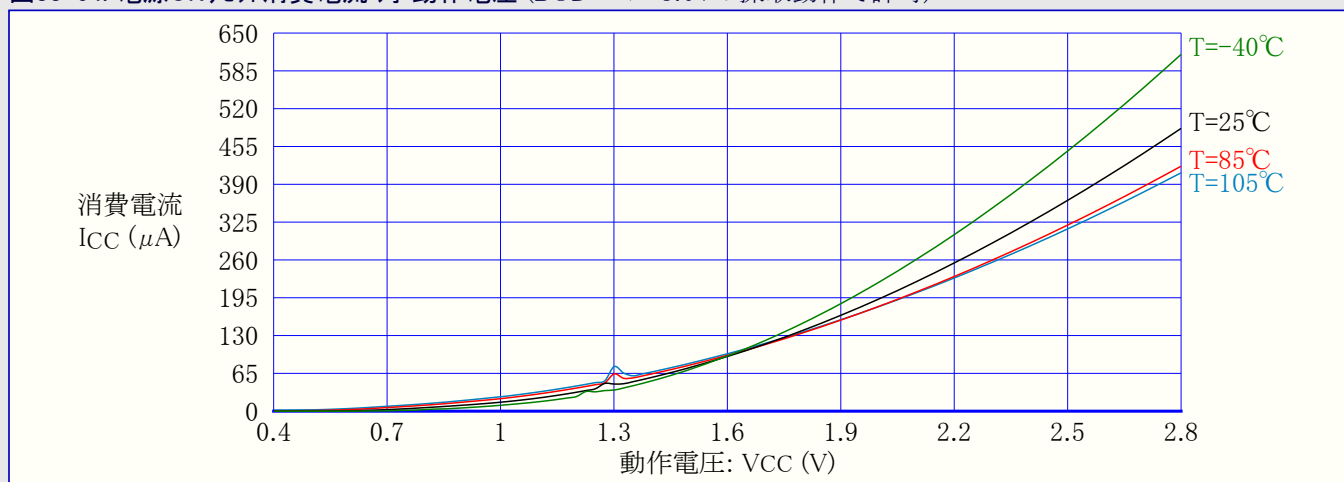


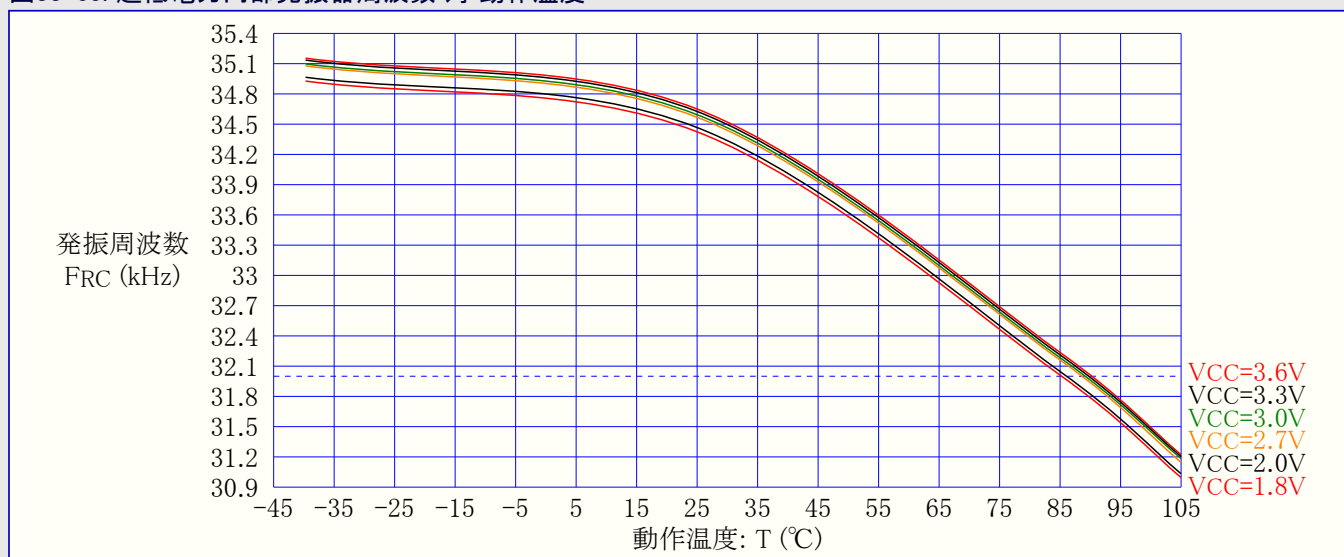
図33-64. 電源ON/セット消費電流 対 動作電圧 (BODレベル=3.0Vの採取動作で許可)



### 33.1.9. 発振器特性

#### 33.1.9.1. 超低電力内部発振器

図33-65. 超低電力内部発振器周波数 対 動作温度



#### 33.1.9.2. 32.768kHz内部発振器

図33-66. 32.768kHz内部発振器周波数 対 動作温度

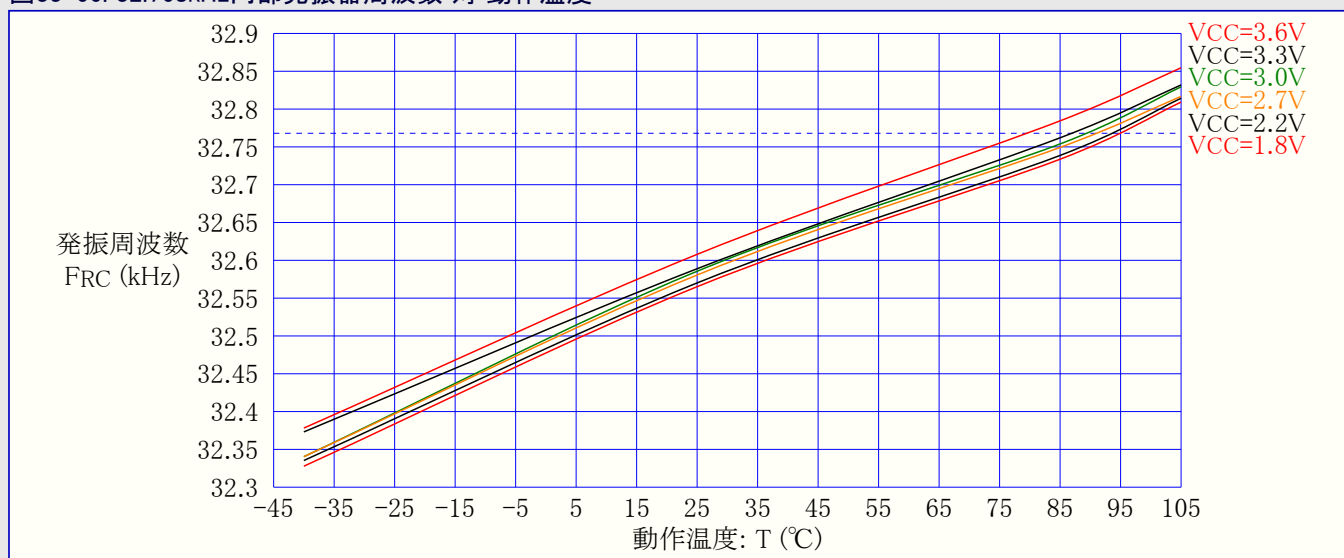
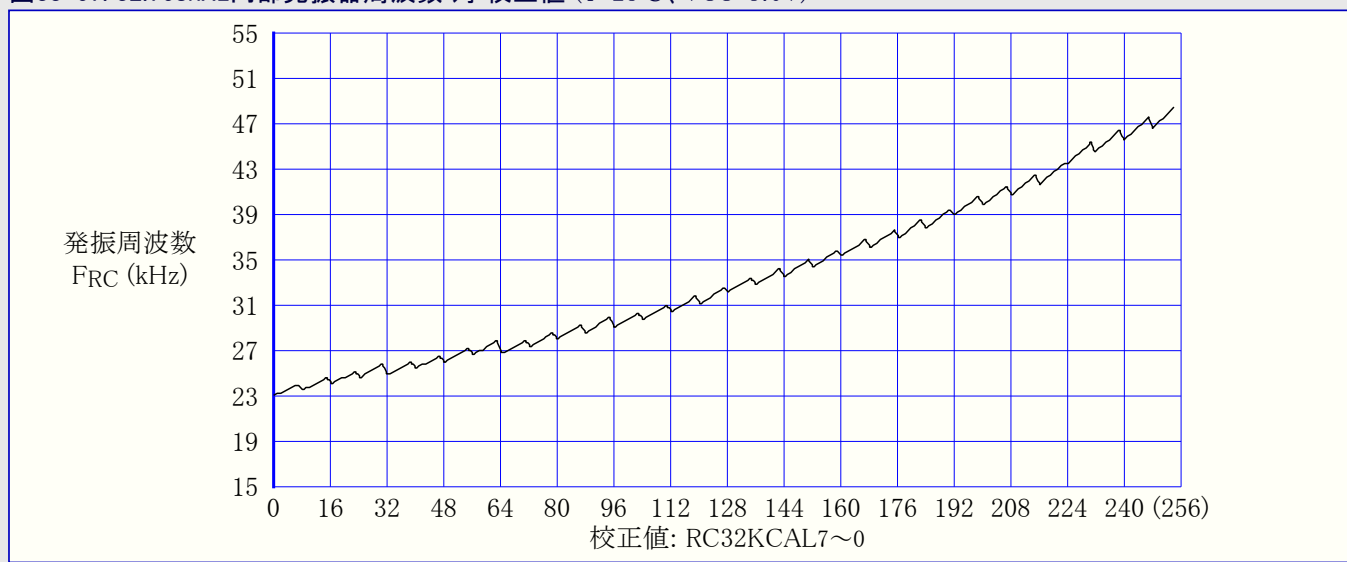


図33-67. 32.768kHz内部発振器周波数 対 校正値 (T=25°C、VCC=3.0V)



### 33.1.9.3. 2MHz内部発振器

図33-68. 2MHz内部発振器周波数 対 動作温度 (DFLL禁止)

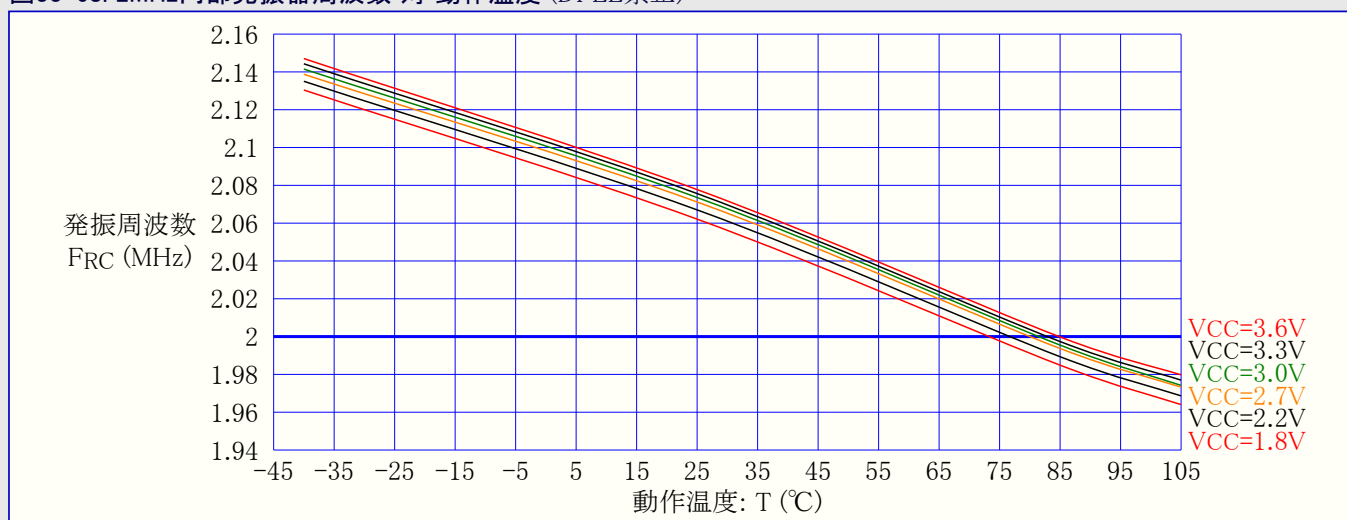


図33-69. 2MHz内部発振器周波数 対 動作温度 (32.768kHz内部発振器からでDFLL許可)

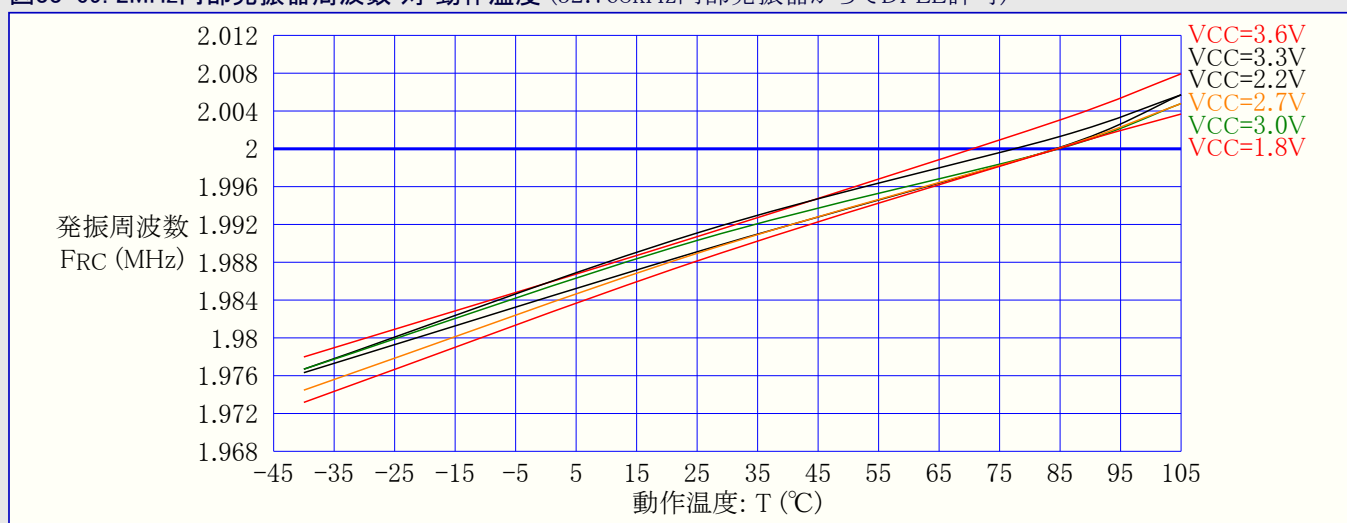
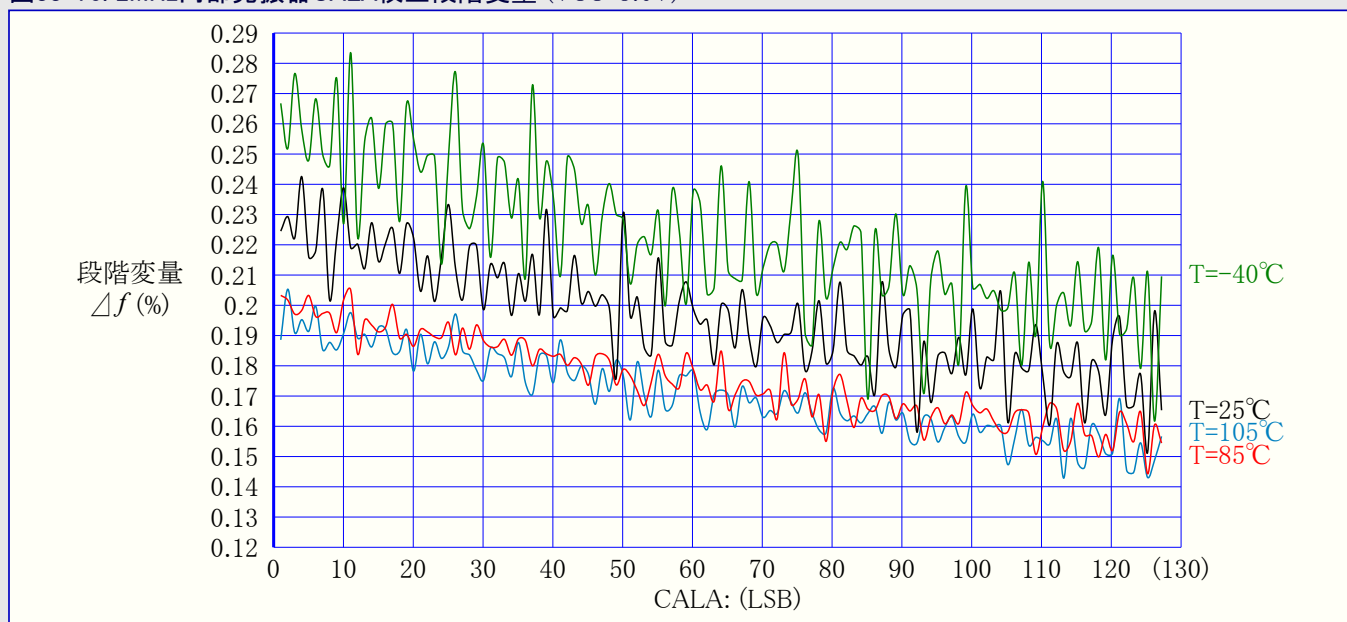


図33-70. 2MHz内部発振器CALA校正段階変量 (VCC=3.0V)



### 33.1.9.4. 32MHz内部発振器

図33-71. 32MHz内部発振器周波数 対 動作温度 (DFLL禁止)

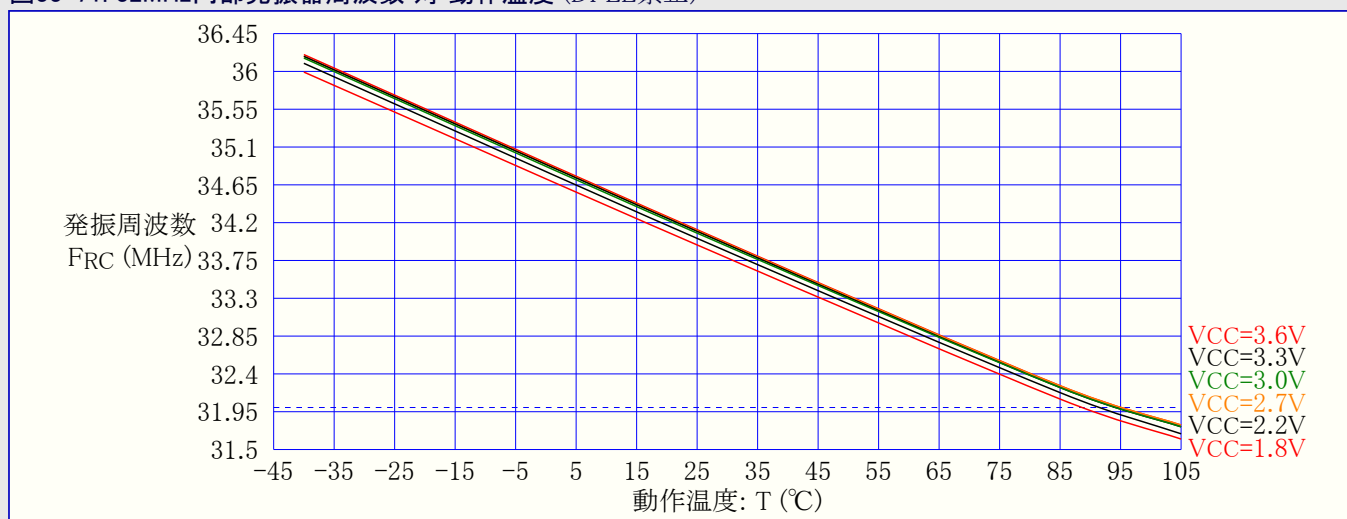


図33-72. 32MHz内部発振器周波数 対 動作温度 (32.768kHz内部発振器からDFLL許可)

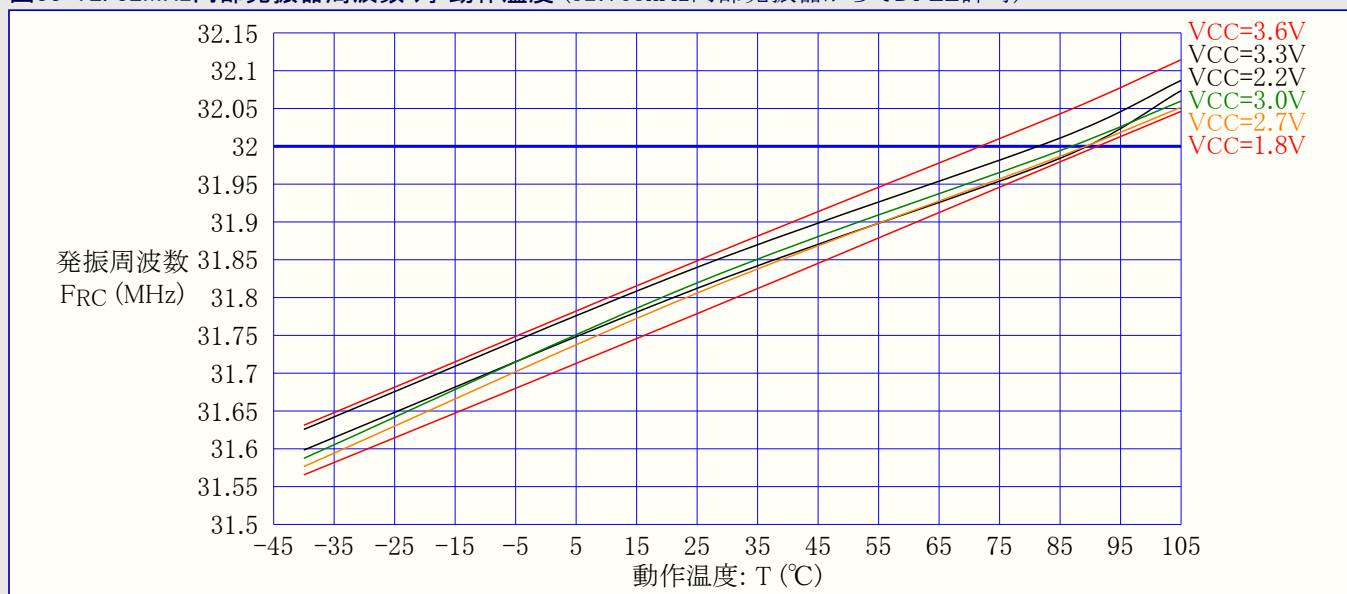
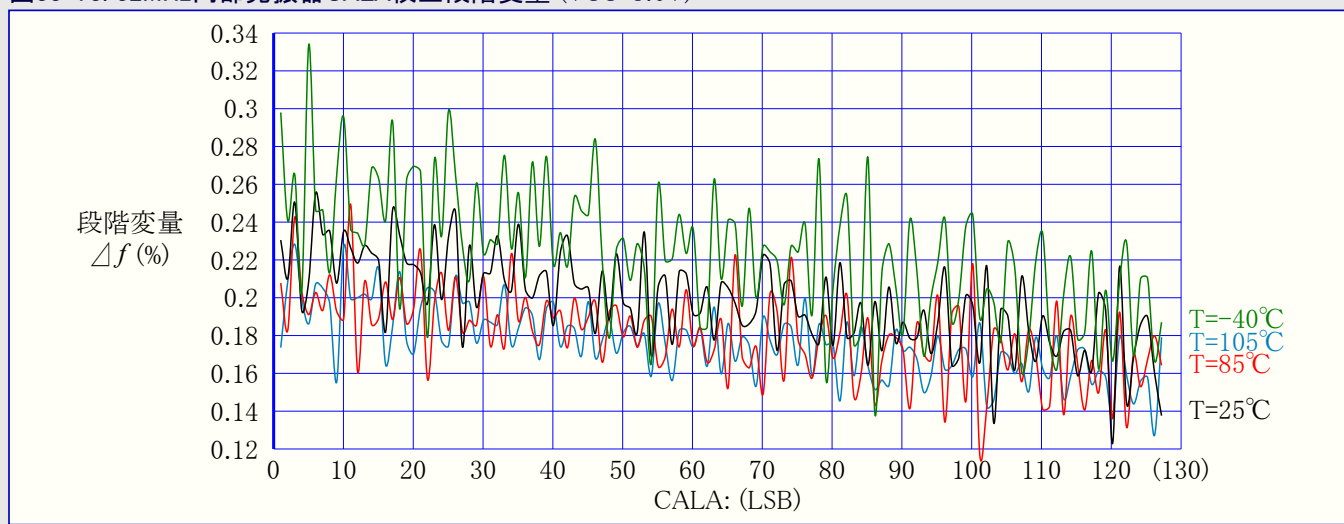


図33-73. 32MHz内部発振器CALA校正段階変量 (VCC=3.0V)



### 33.1.9.5. 48MHzに校正された32MHz内部発振器

図33-74. 48MHz内部発振器周波数 対 動作温度 (DFLL禁止)

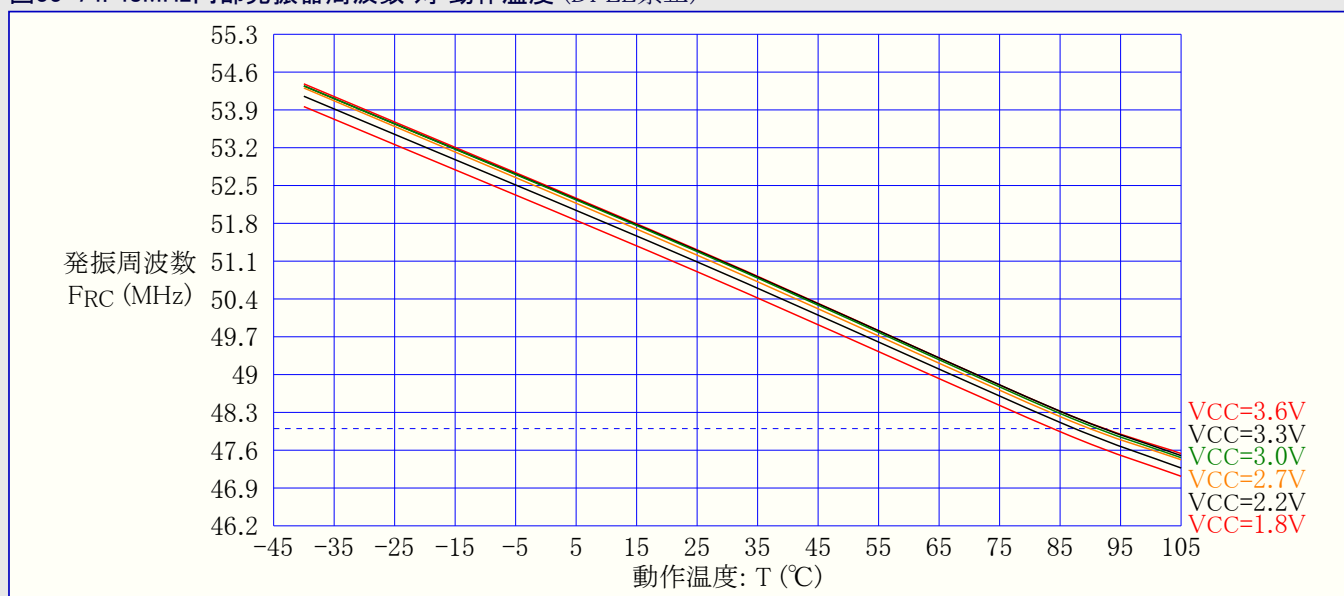
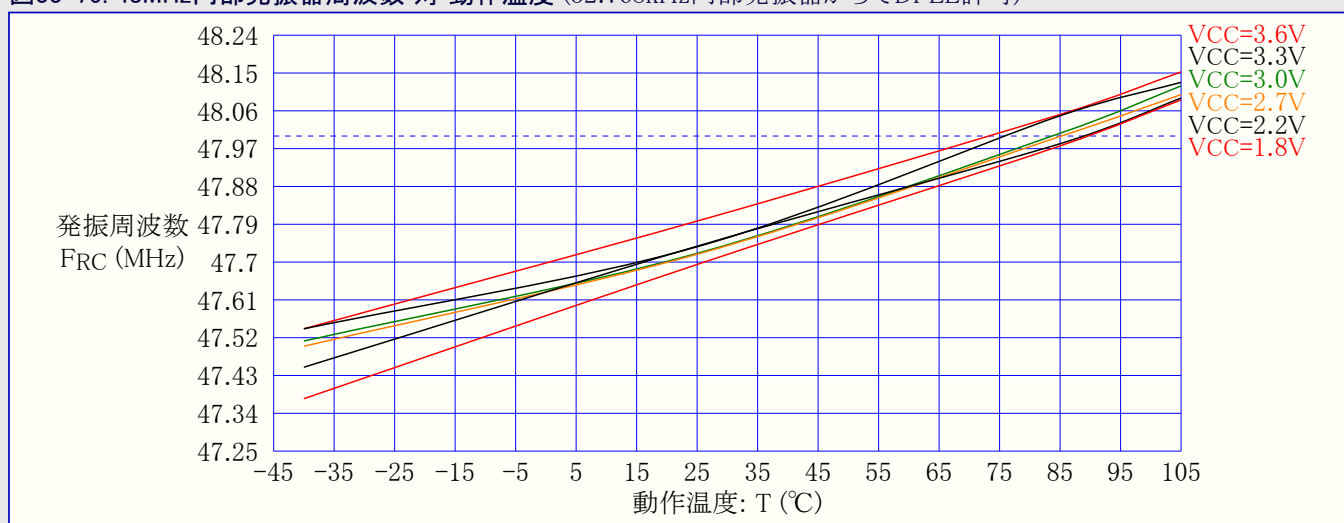
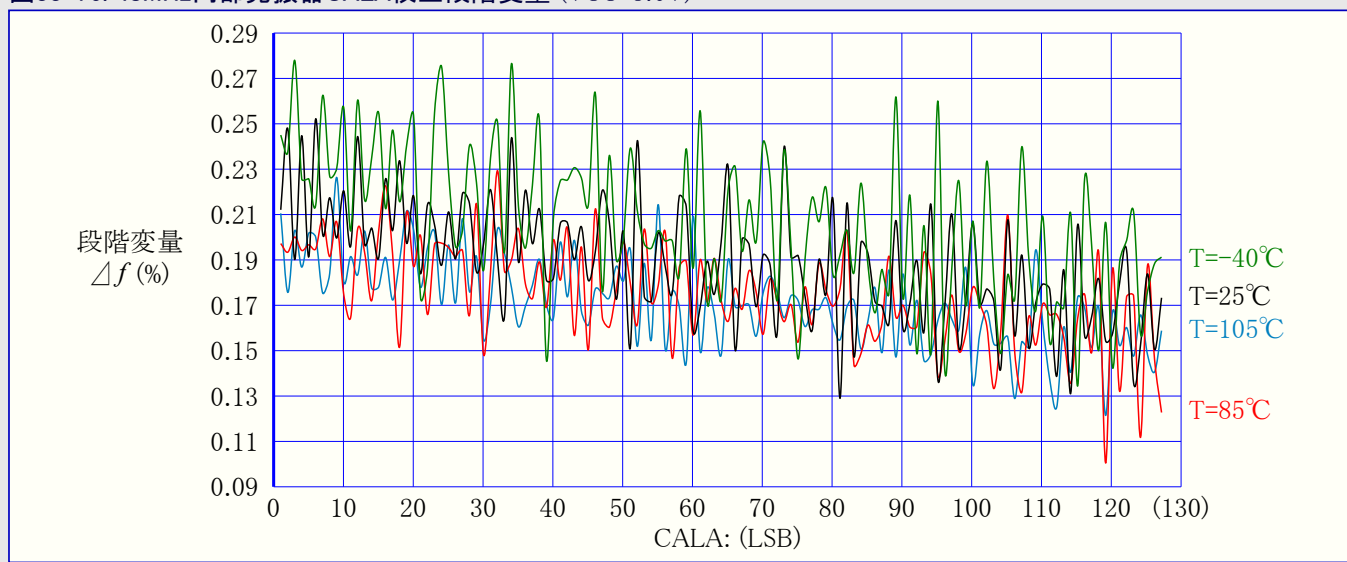


図33-75. 48MHz内部発振器周波数 対 動作温度 (32.768kHz内部発振器からDFLL許可)



(訳注) 原書の図33-75は32MHz用の図なので、本書では48MHz用に修正しています。

図33-76. 48MHz内部発振器CALA校正段階変量 (VCC=3.0V)



### 33.1.10. 2線インターフェース特性

図33-77. SDA保持時間 対 動作温度

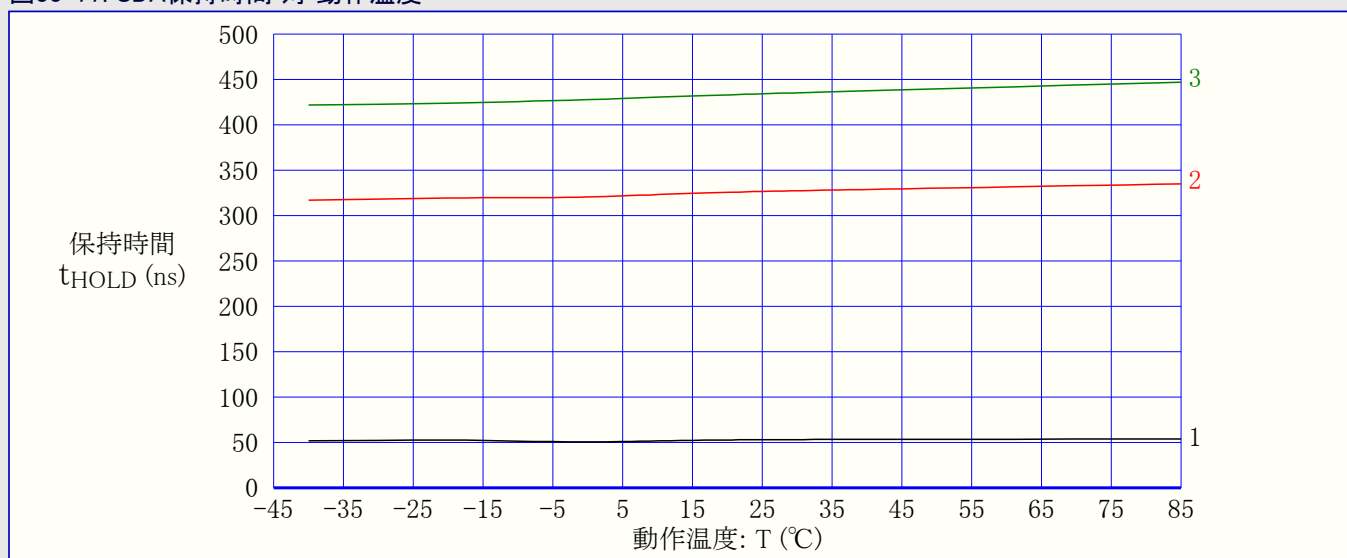
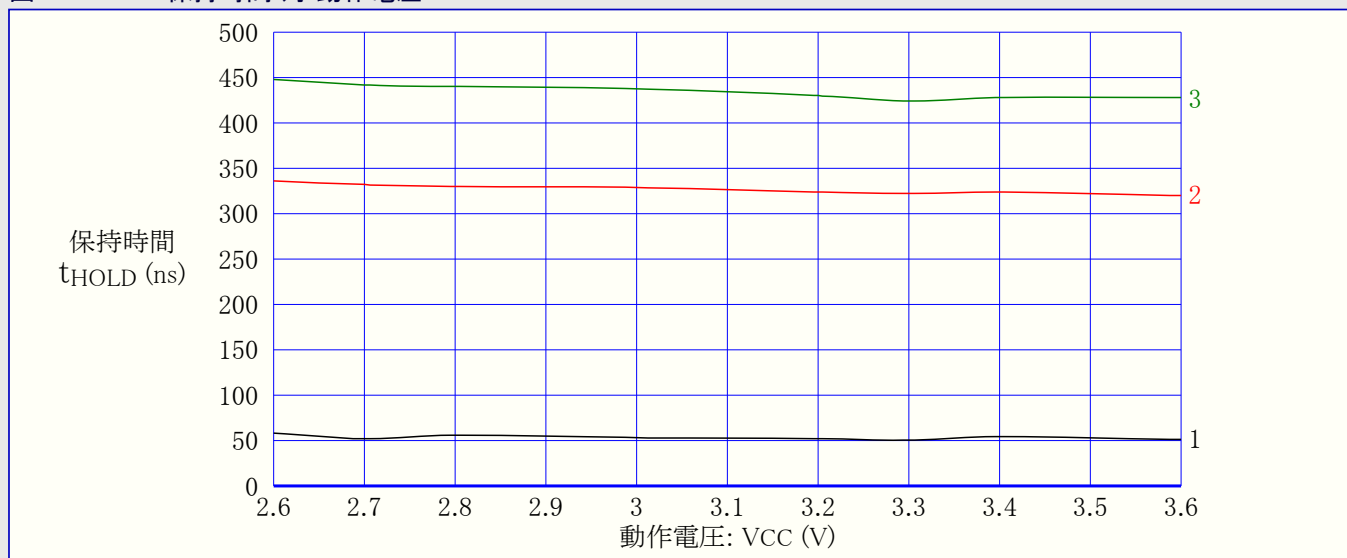
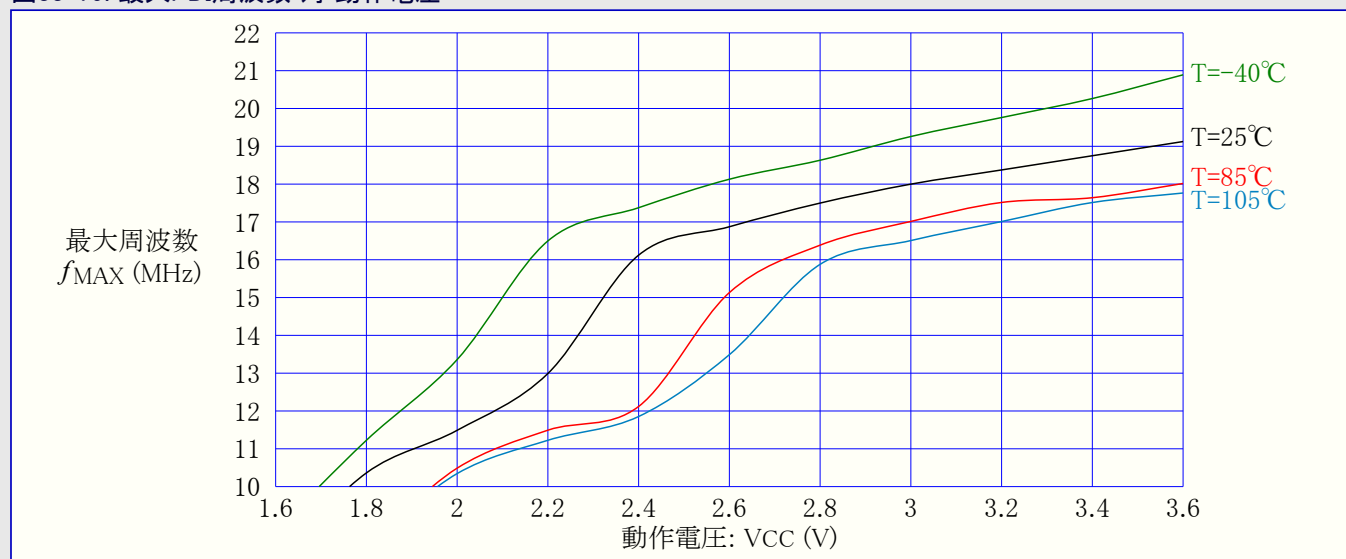


図33-78. SDA保持時間 対 動作電圧



### 33.1.11. PDI特性

図33-79. 最大PDI周波数 対 動作電圧





## 33.2. ATxmega32D4

### 33.2.1. 消費電流

#### 33.2.1.1. 活動動作消費電流

図33-80. 活動動作消費電流 対 周波数 ( $f_{SYS}=0\sim1.0\text{MHz}$ 外部クロック,  $T=25^\circ\text{C}$ )

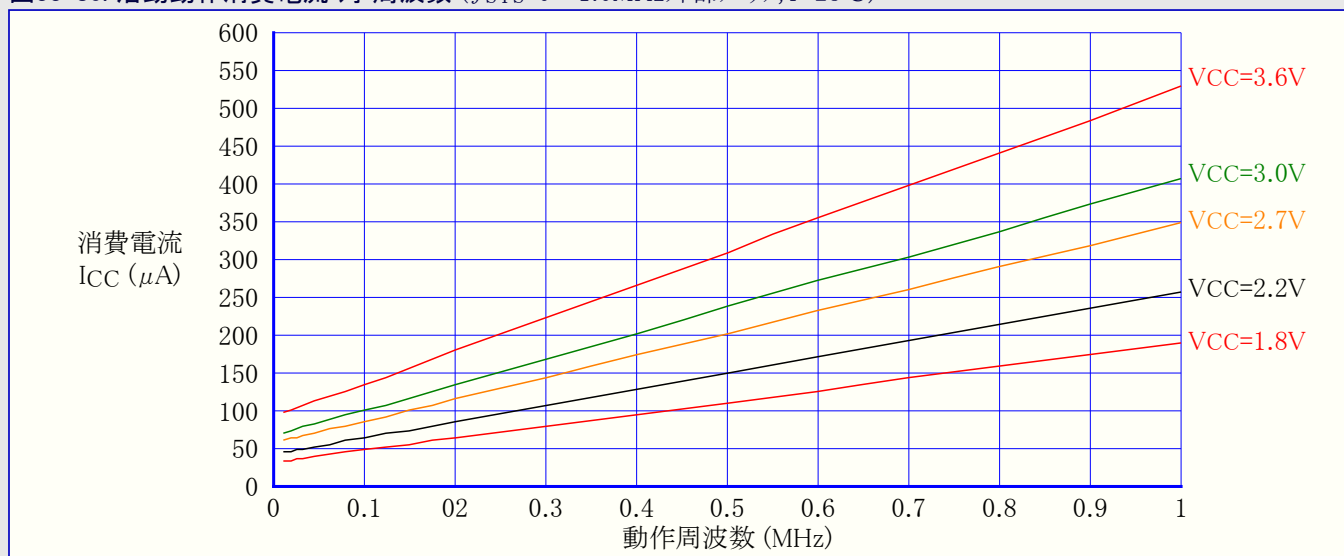


図33-81. 活動動作消費電流 対 周波数 ( $f_{SYS}=1\sim32\text{MHz}$ 外部クロック,  $T=25^\circ\text{C}$ )

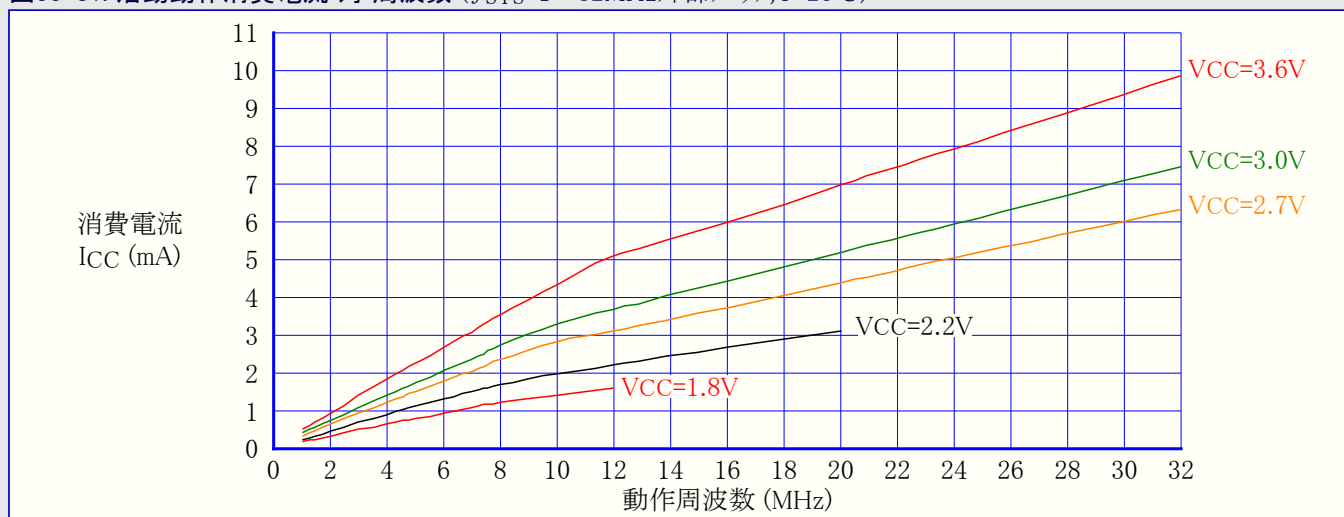


図33-82. 活動動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=32.768\text{kHz}$ 内部発振器)

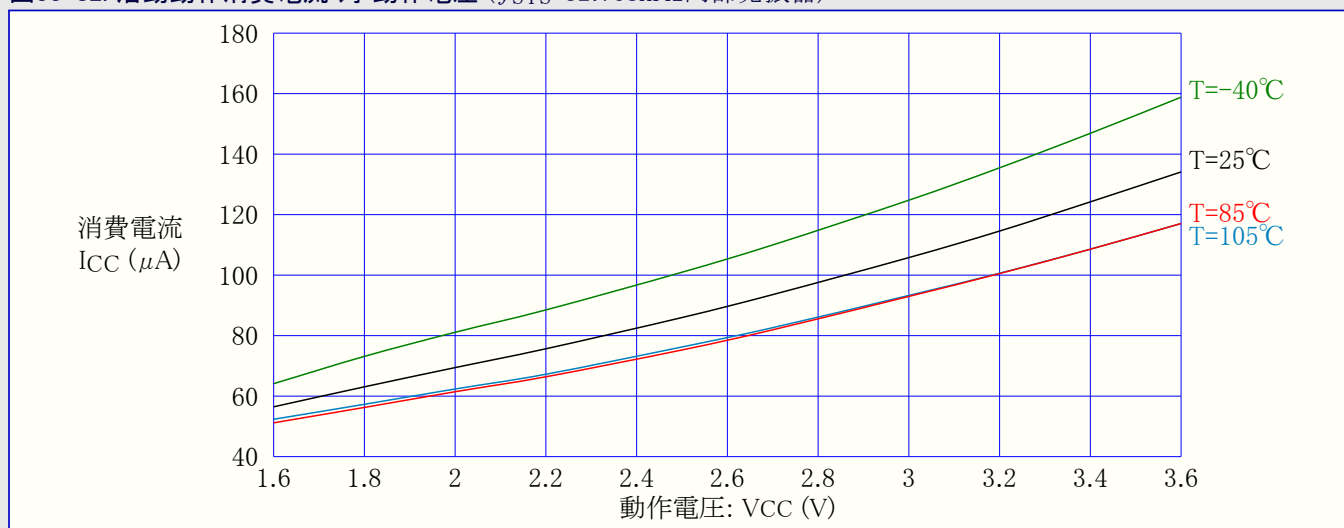


図33-83. 活動動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=1\text{MHz}$ 外部クロック)

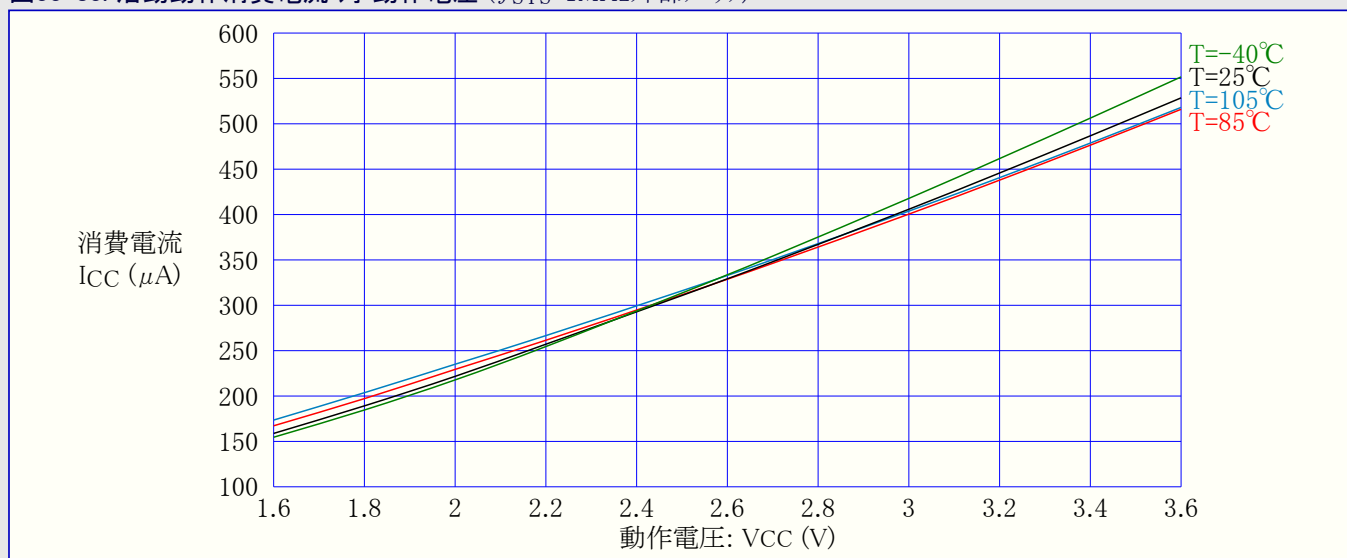


図33-84. 活動動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=2\text{MHz}$ 内部発振器)

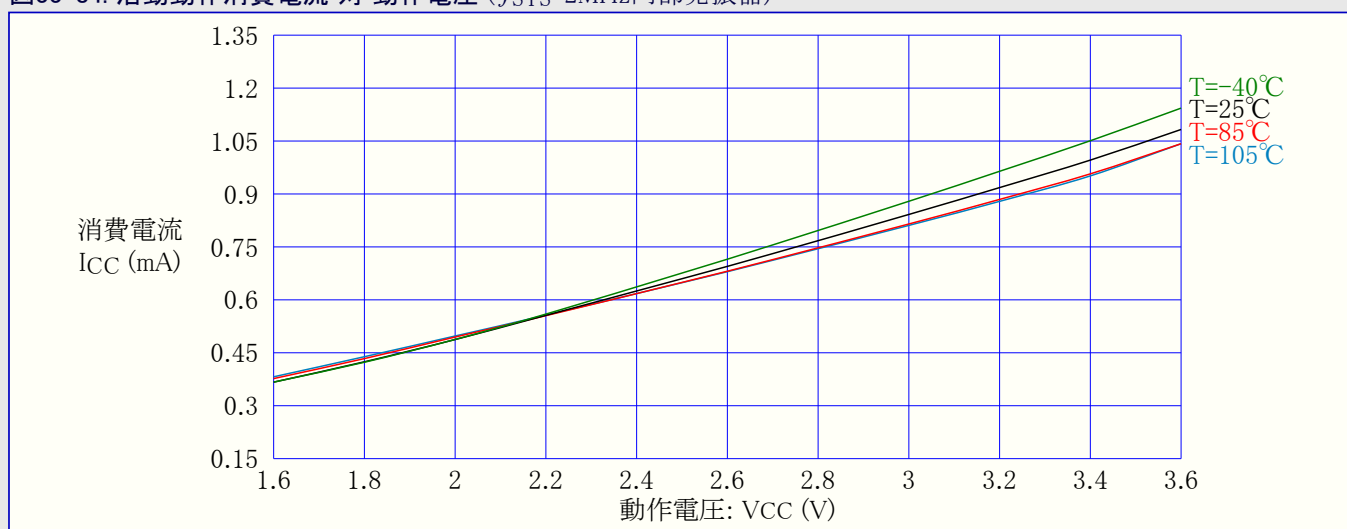


図33-85. 活動動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=8\text{MHz}$ に前置分周した32MHz内部発振器)

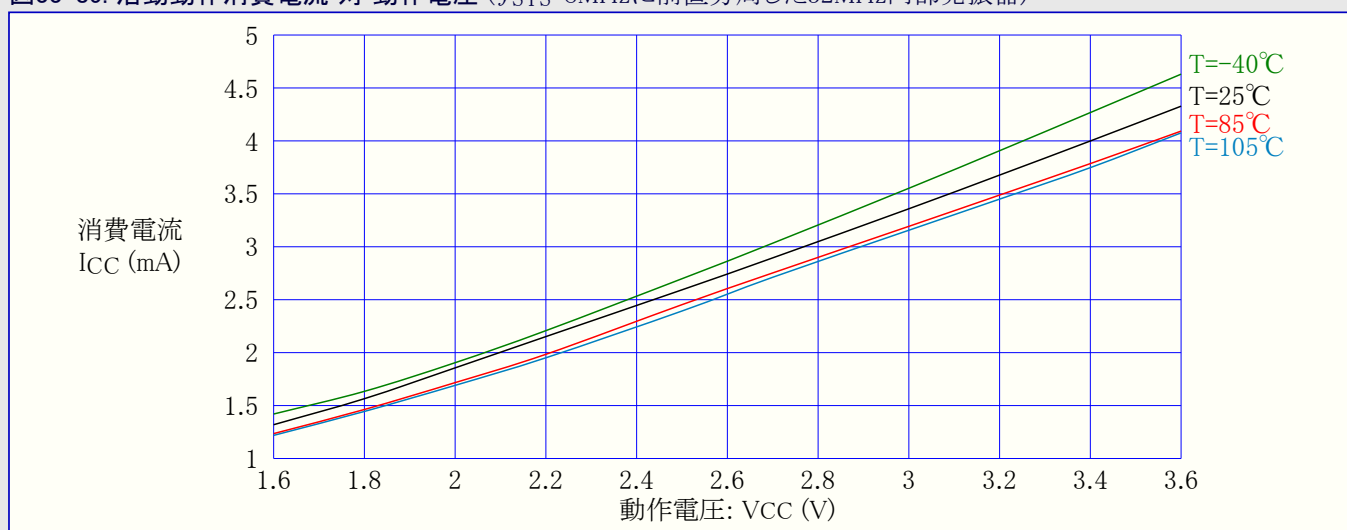
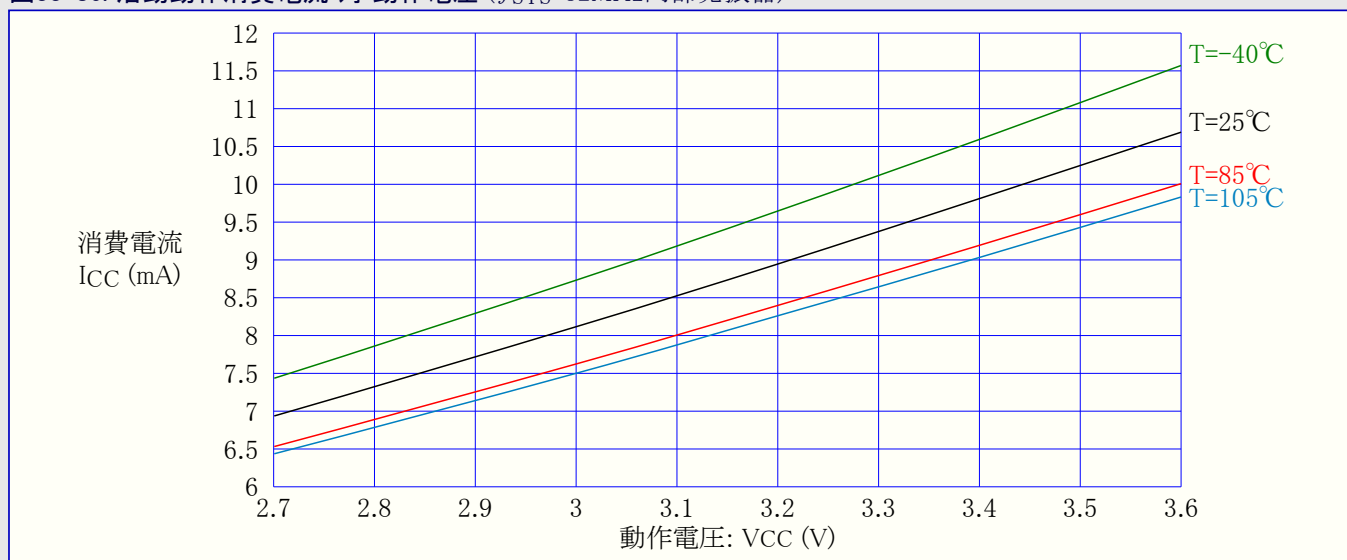


図33-86. 活動動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=32\text{MHz}$ 内部発振器)



### 33.2.1.2. アイドル動作消費電流

図33-87. アイドル動作消費電流 対 周波数 ( $f_{SYS}=0\sim1.0\text{MHz}$ 外部クロック,  $T=25^\circ\text{C}$ )

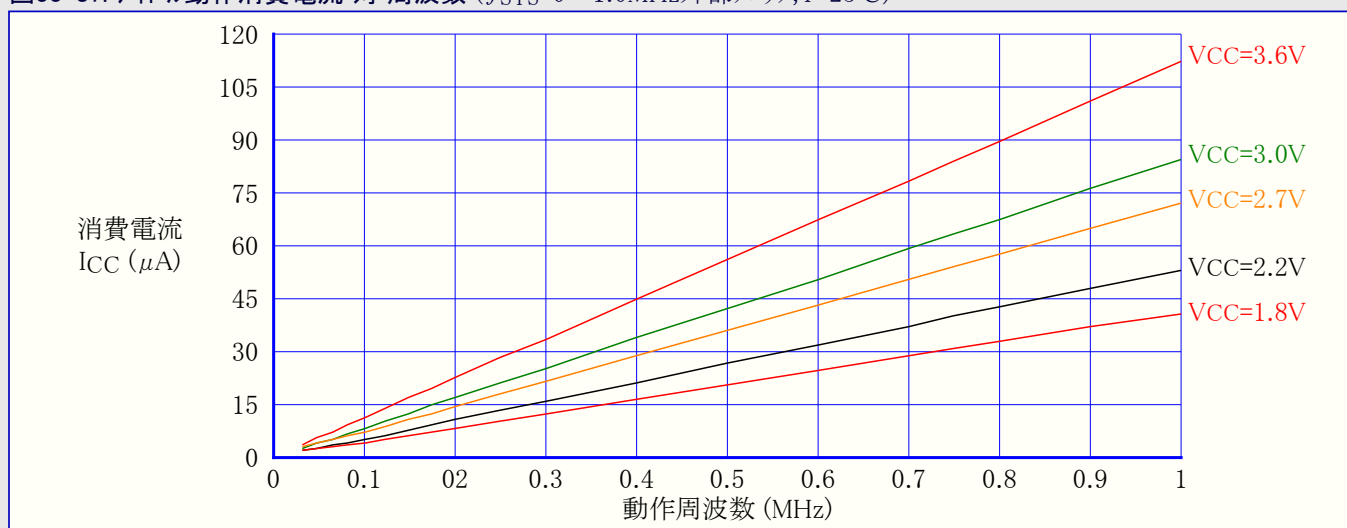


図33-88. アイドル動作消費電流 対 周波数 ( $f_{SYS}=1\sim32\text{MHz}$ 外部クロック,  $T=25^\circ\text{C}$ )

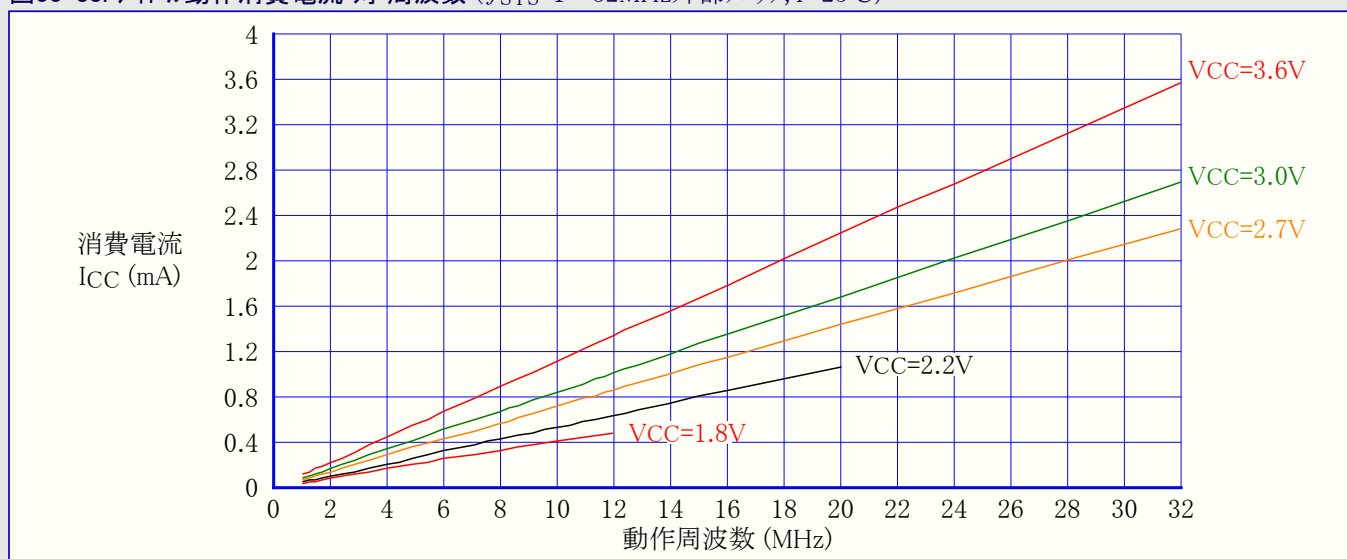


図33-89. アイドル動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=32.768\text{kHz}$ 内部発振器)

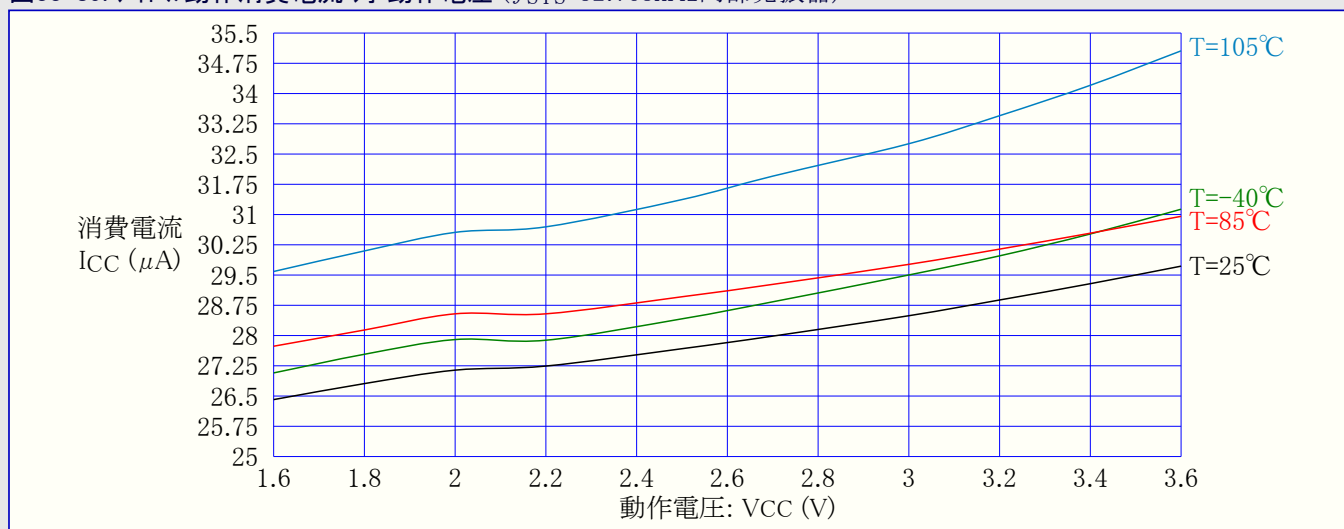


図33-90. アイドル動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=1\text{MHz}$ 外部クロック)

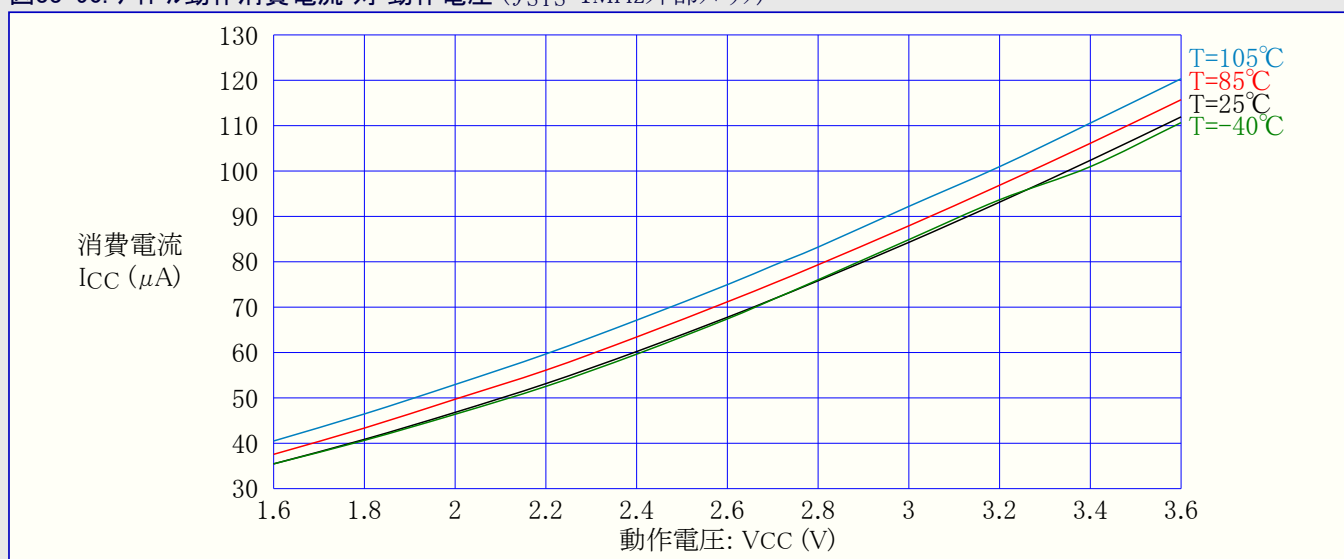


図33-91. アイドル動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=2\text{MHz}$ 内部発振器)

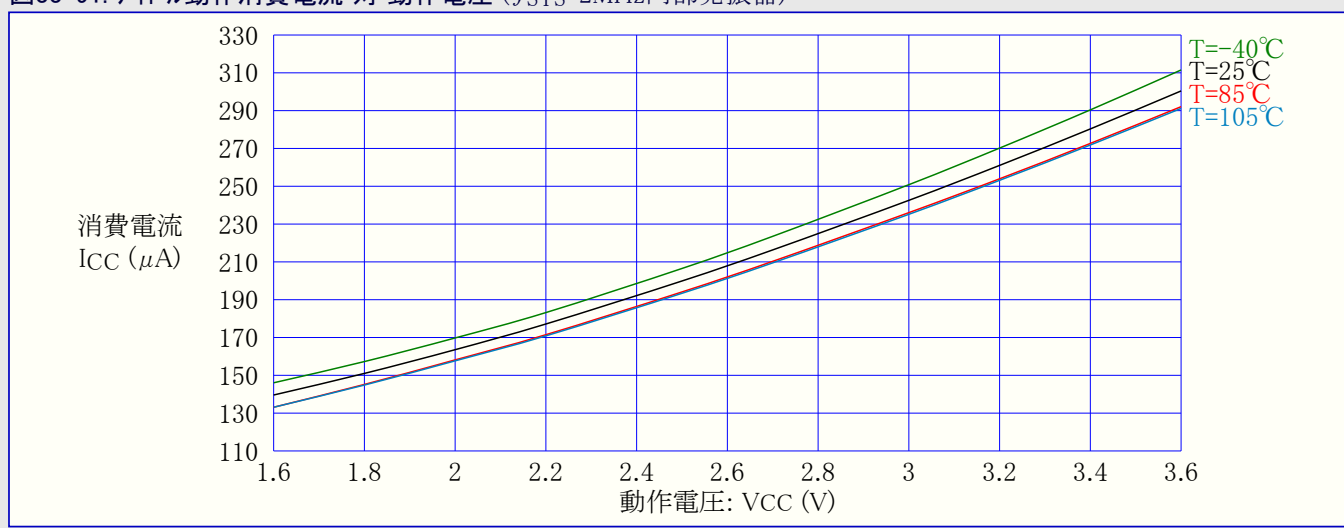


図33-92. アイドル動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=8\text{MHz}$ へ前置分周された32MHz内部発振器)

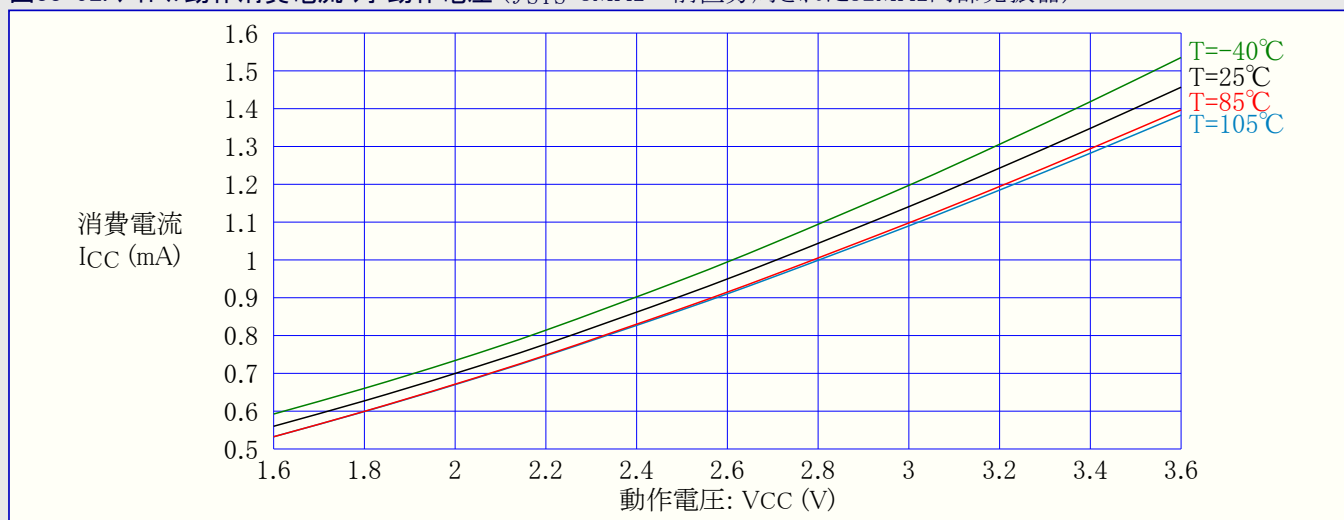
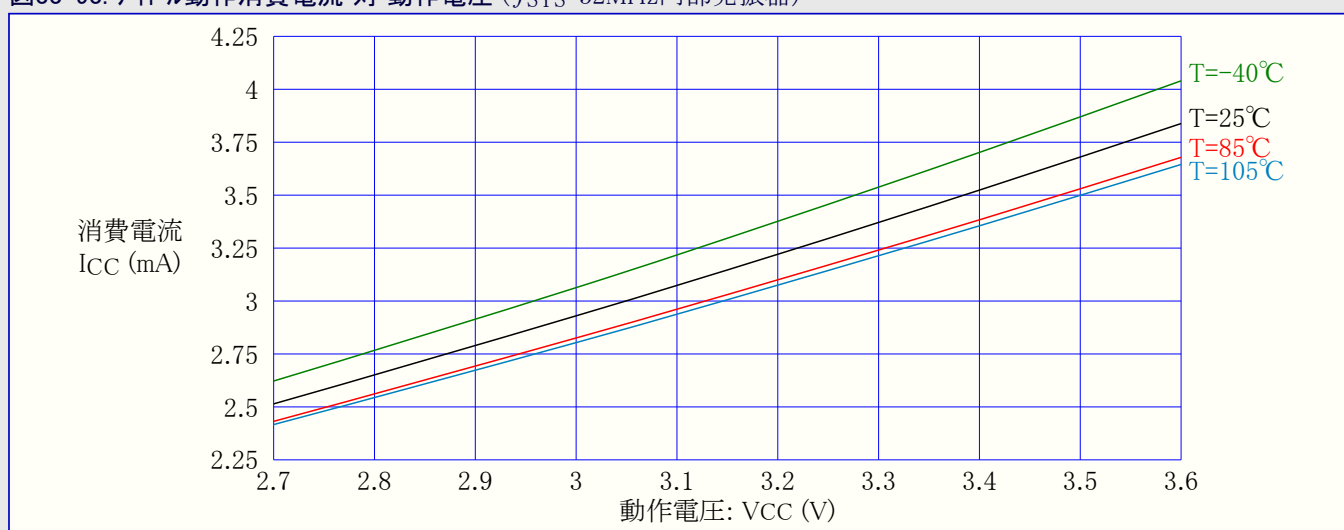


図33-93. アイドル動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=32\text{MHz}$ 内部発振器)



### 33.2.1.3. パワーダウン動作消費電流

図33-94. パワーダウン動作消費電流 対 動作電圧 (全機能禁止)

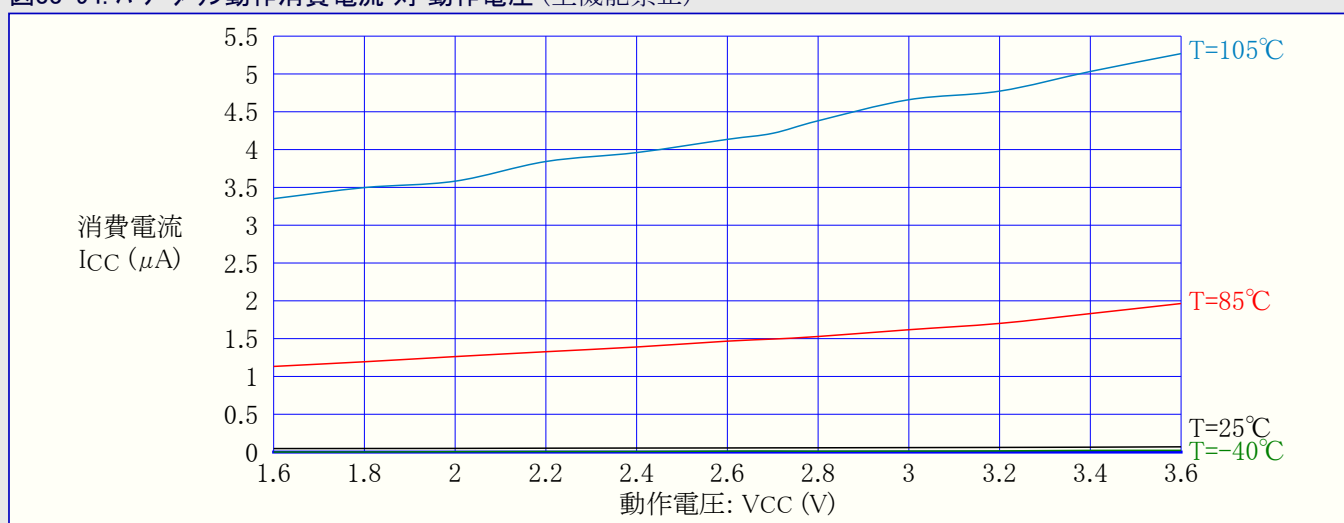


図33-95. パワーダウン動作消費電流 対 動作電圧 (採取動作BOD,WDT許可)

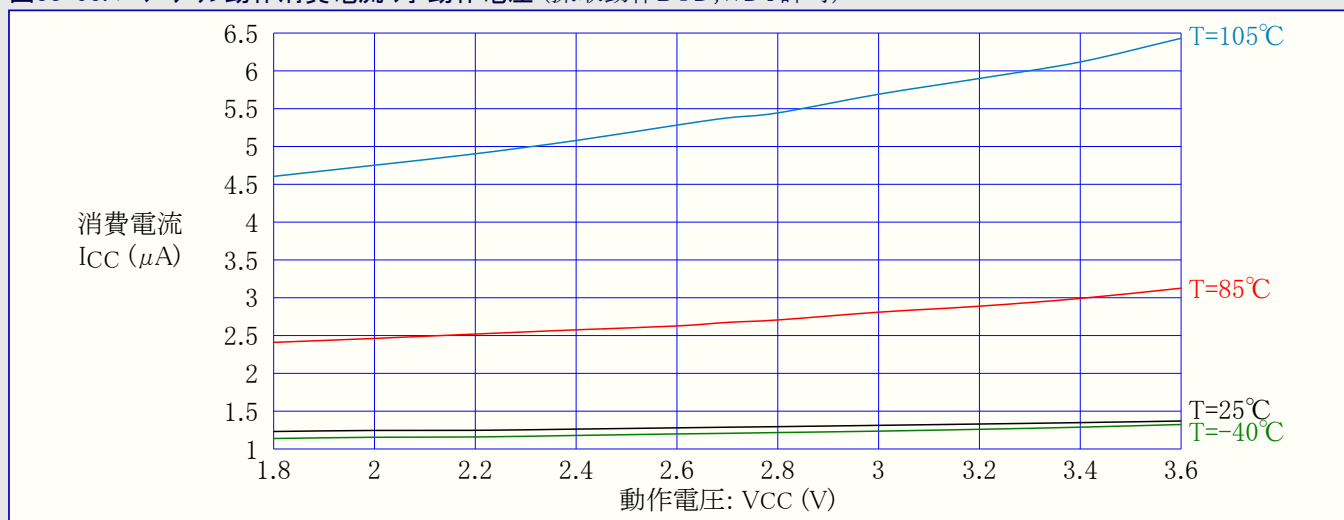
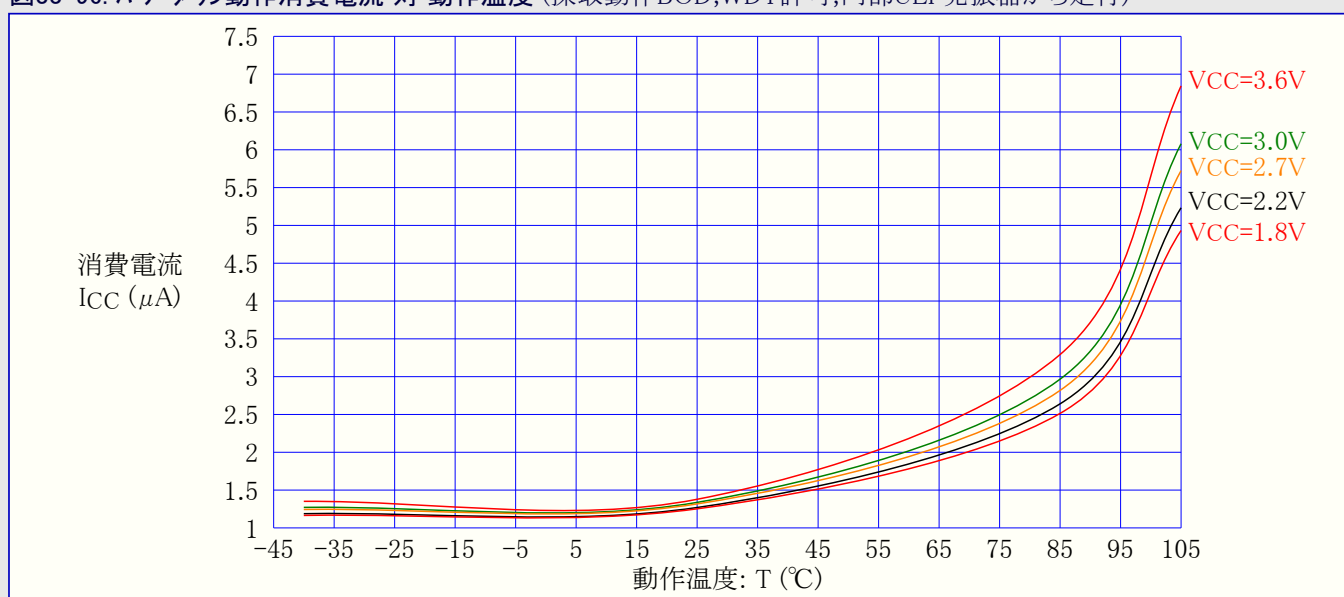
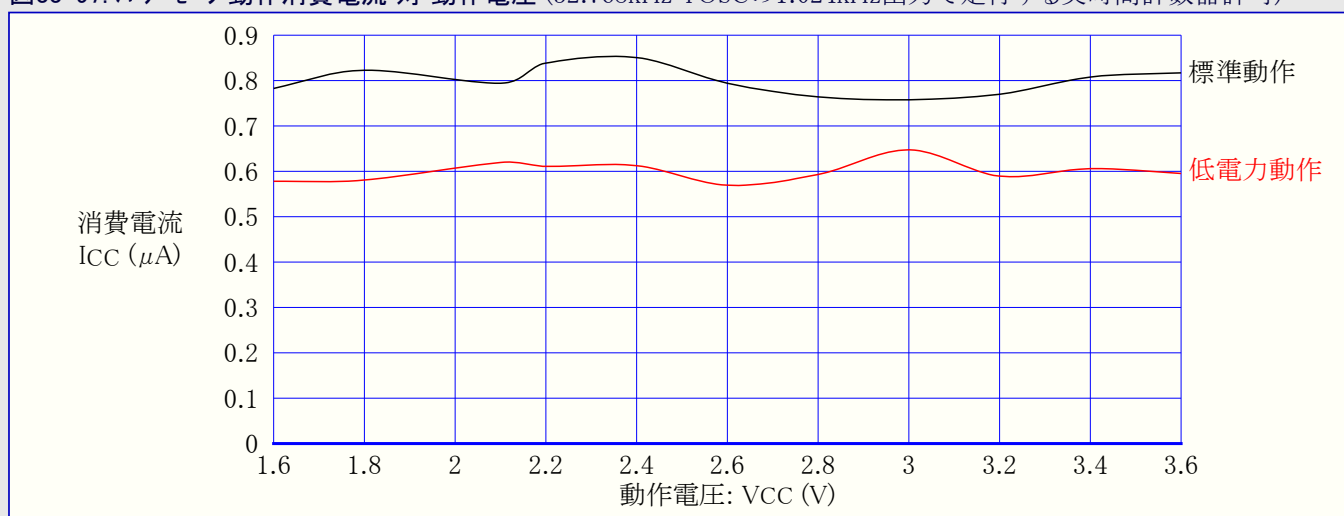


図33-96. パワーダウン動作消費電流 対 動作温度 (採取動作BOD,WDT許可,内部ULP発振器から走行)



### 33.2.1.4. パワーセーフ動作消費電流

図33-97. パワーセーフ動作消費電流 対 動作電圧 (32.768kHz TOSCの1.024kHz出力で走行する実時間計数器許可)



### 33.2.1.5. スタンバイ動作消費電流

図33-98. スタンバイ動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=1MHz$ )

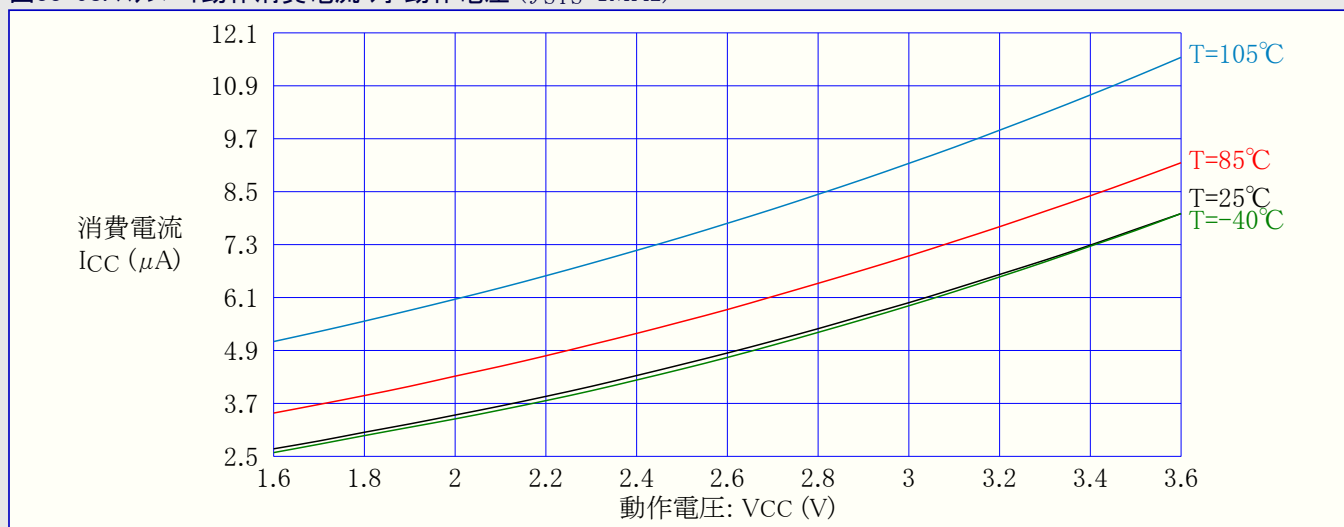
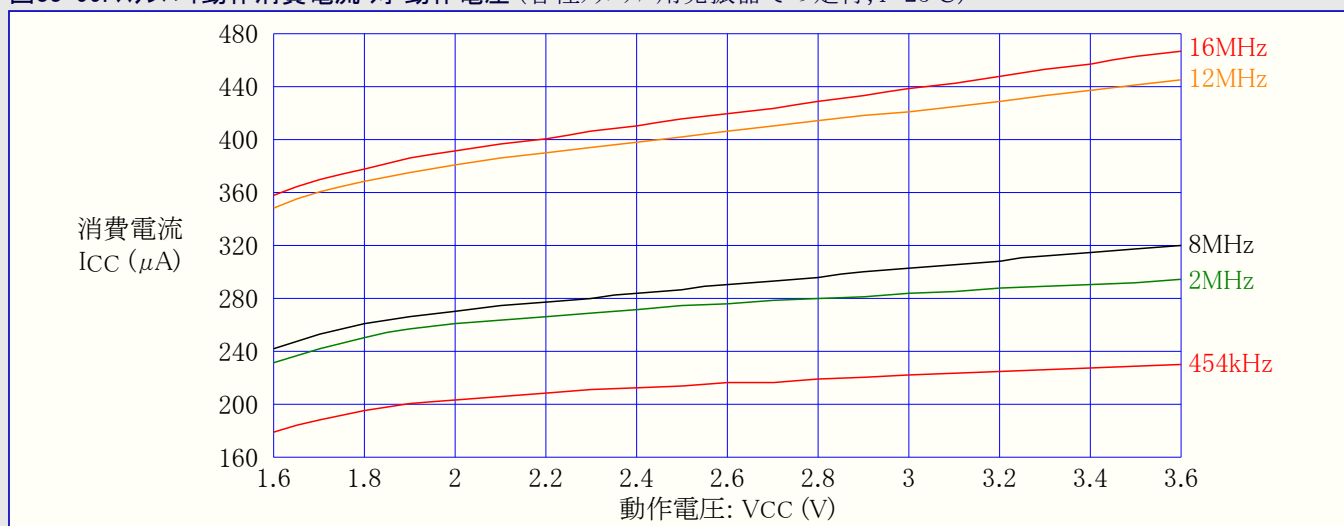


図33-99. スタンバイ動作消費電流 対 動作電圧 (各種クリスタル用発振器での走行, T=25°C)



### 33.2.2. 入出力ピン特性

#### 33.2.2.1. フルアップ

図33-100. I/Oピンフルアップ抵抗電流 対 入力電圧 (VCC=1.8V)

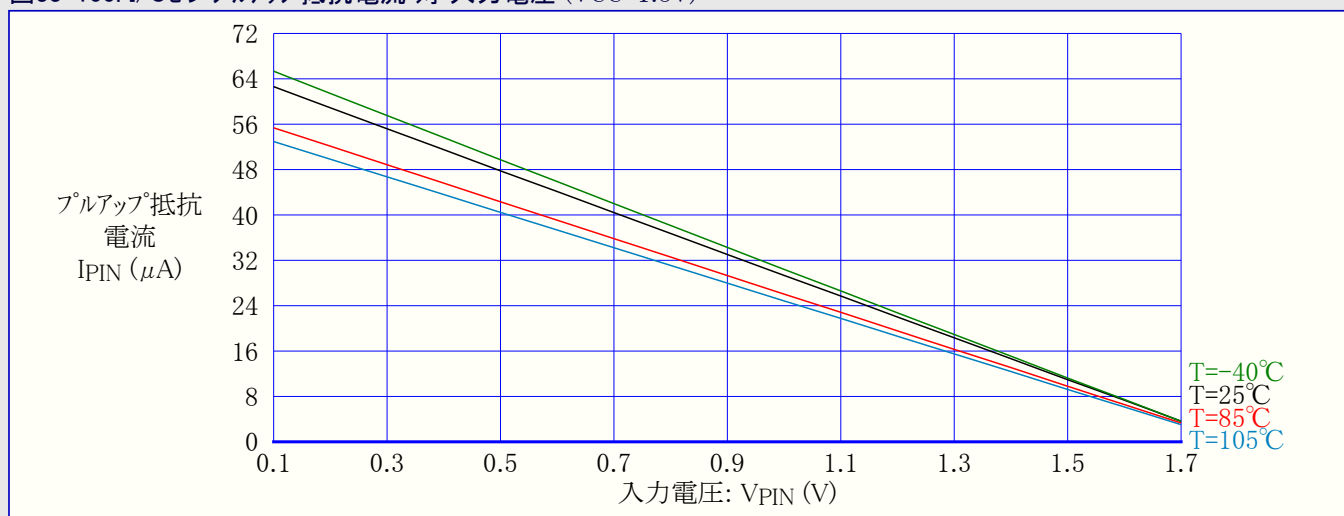


図33-101. I/Oピンプルアップ抵抗電流 対 入力電圧 (VCC=3.0V)

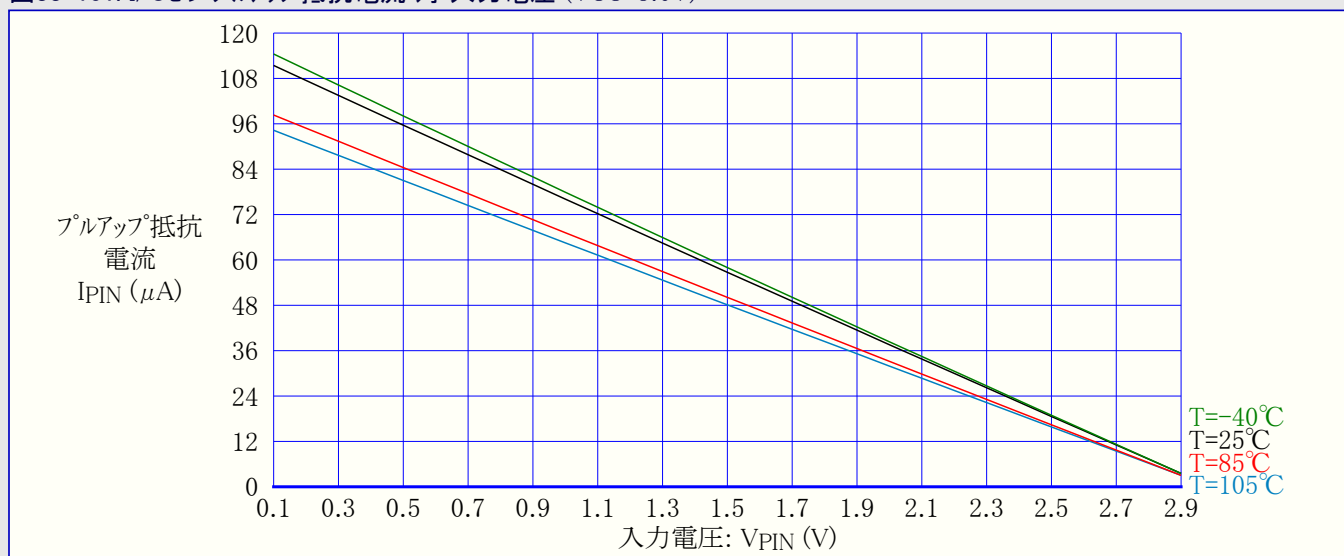
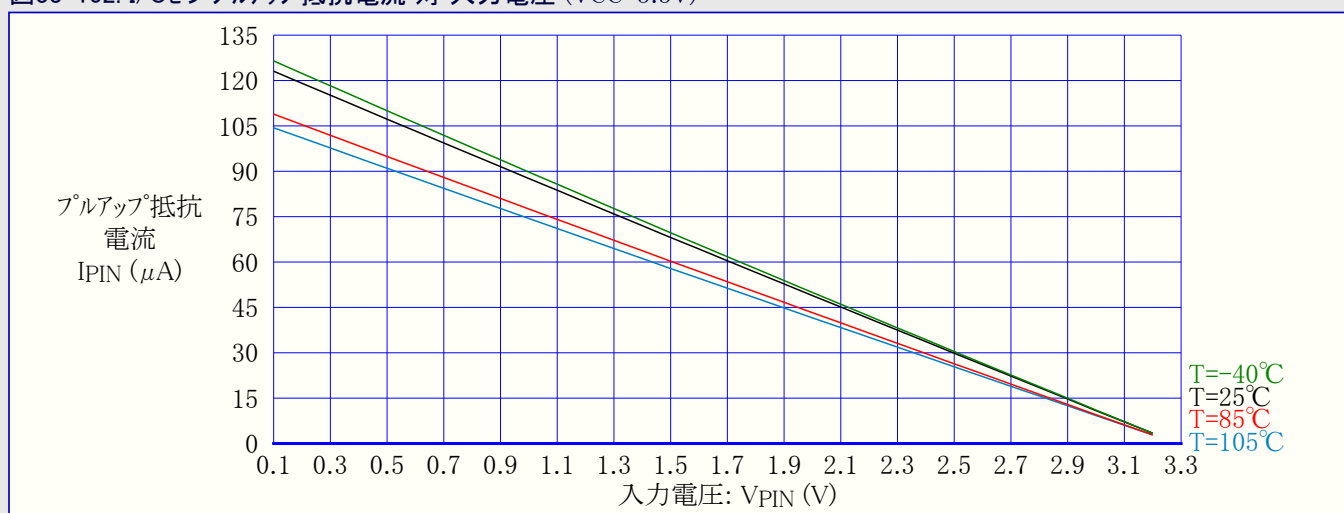


図33-102. I/Oピンプルアップ抵抗電流 対 入力電圧 (VCC=3.3V)



### 33.2.2.2. 出力電圧 対 シンク/ソース電流

図33-103. I/Oピン出力電圧 対 ソース電流 (VCC=1.8V)

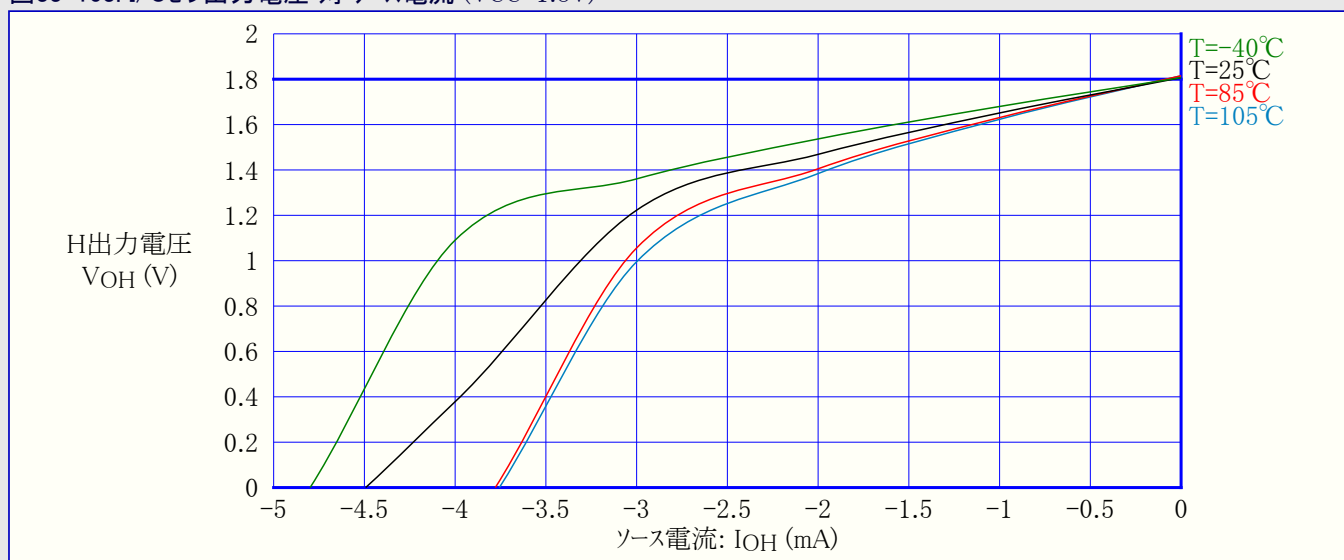




図33-104. I/Oピン出力電圧 対 ソース電流 (VCC=3.0V)

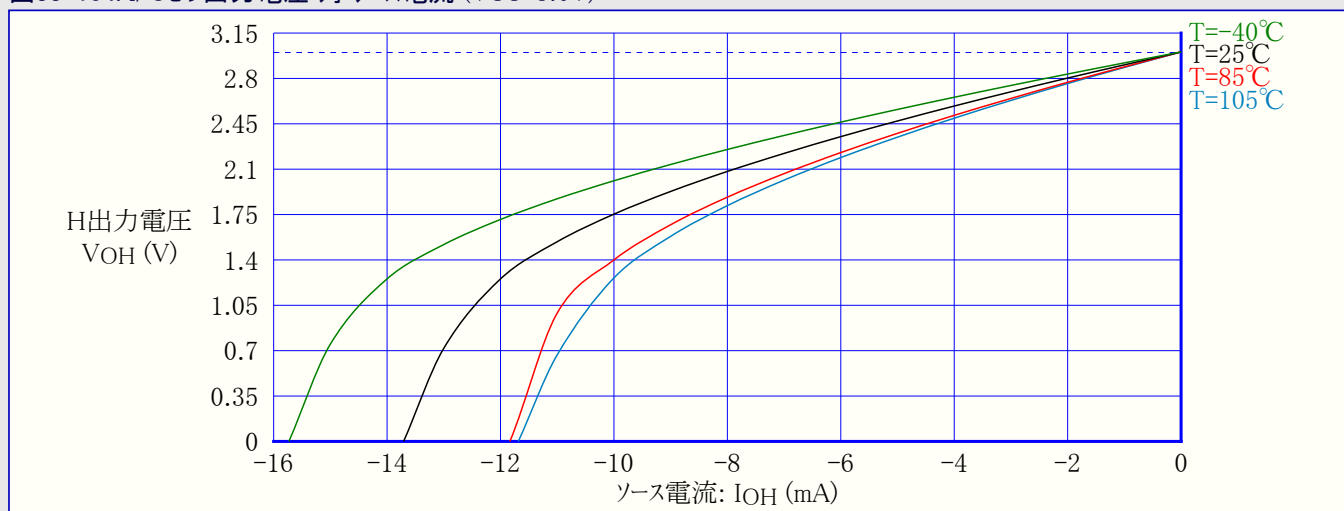


図33-105. I/Oピン出力電圧 対 ソース電流 (VCC=3.3V)

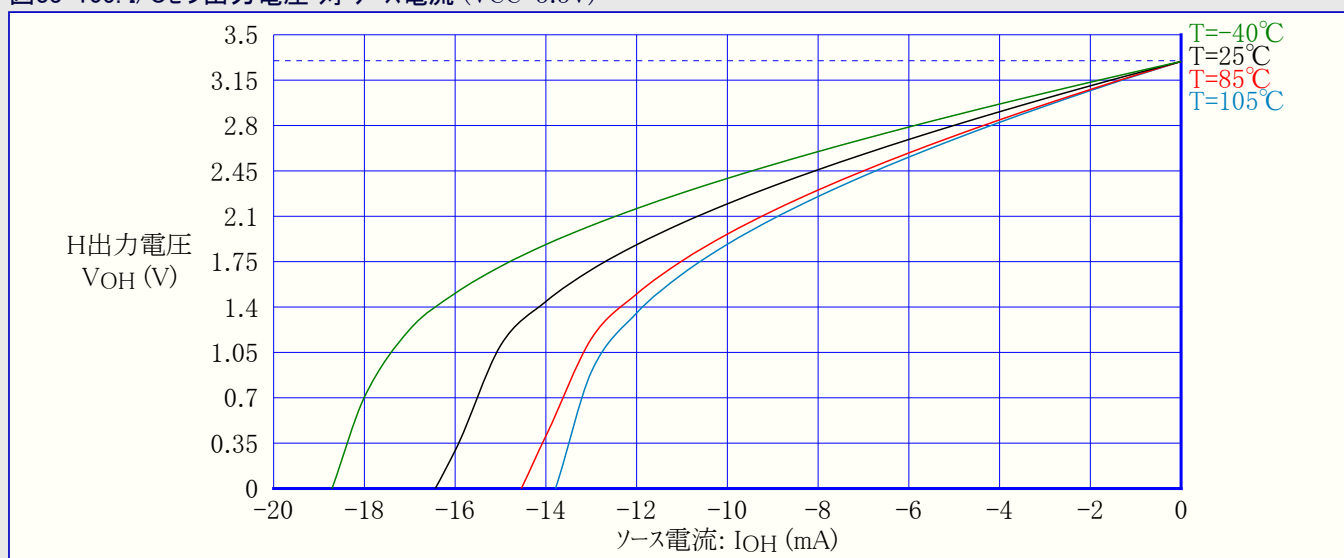


図33-106. I/Oピン出力電圧 対 ソース電流 (T=25°C)

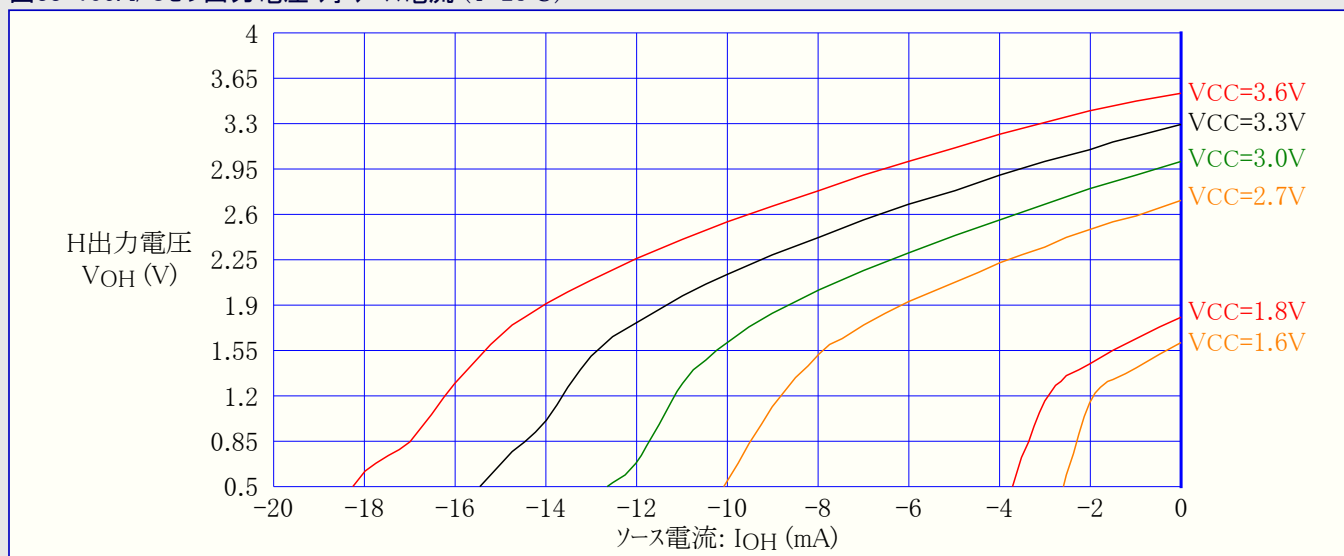


図33-107. I/Oピン出力電圧 対 シンク電流 (VCC=1.8V)

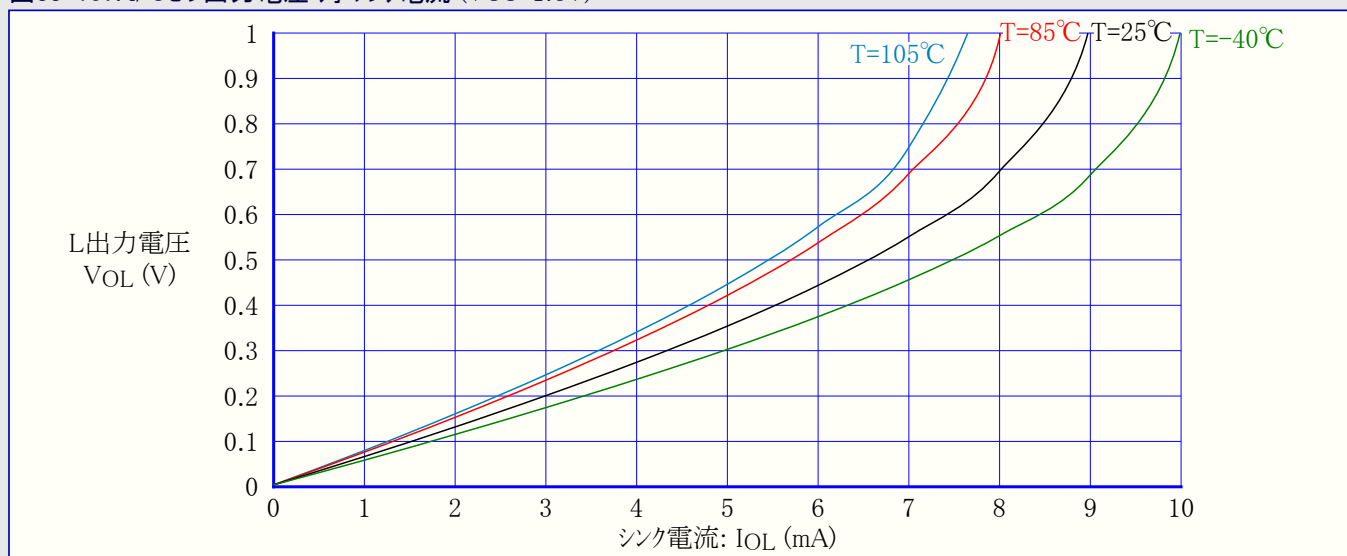


図33-108. I/Oピン出力電圧 対 シンク電流 (VCC=3.0V)

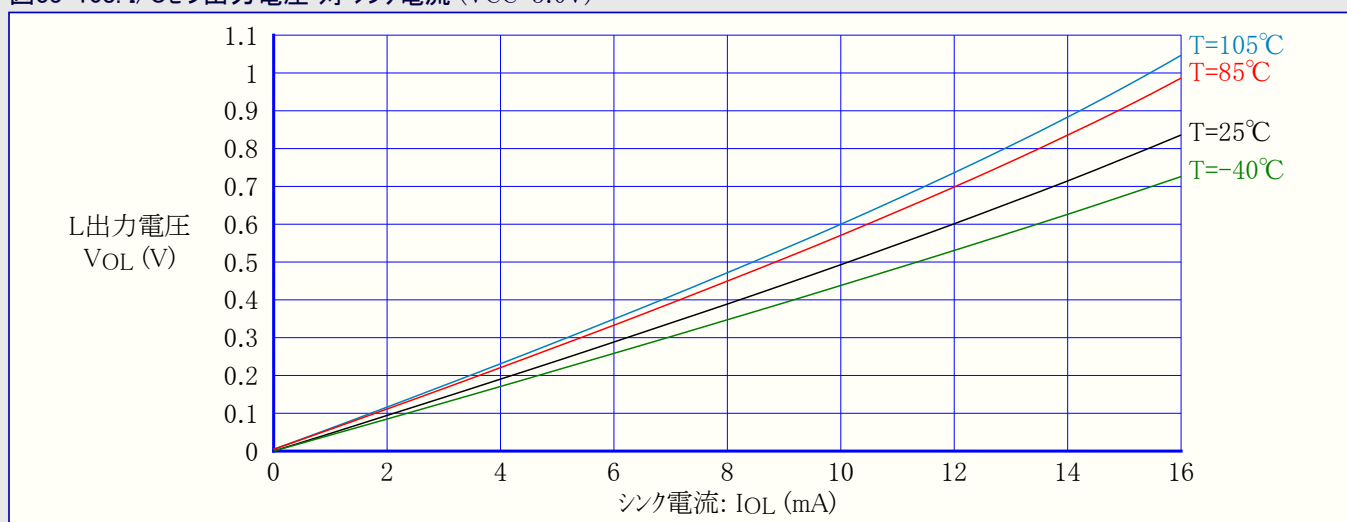


図33-109. I/Oピン出力電圧 対 シンク電流 (VCC=3.3V)

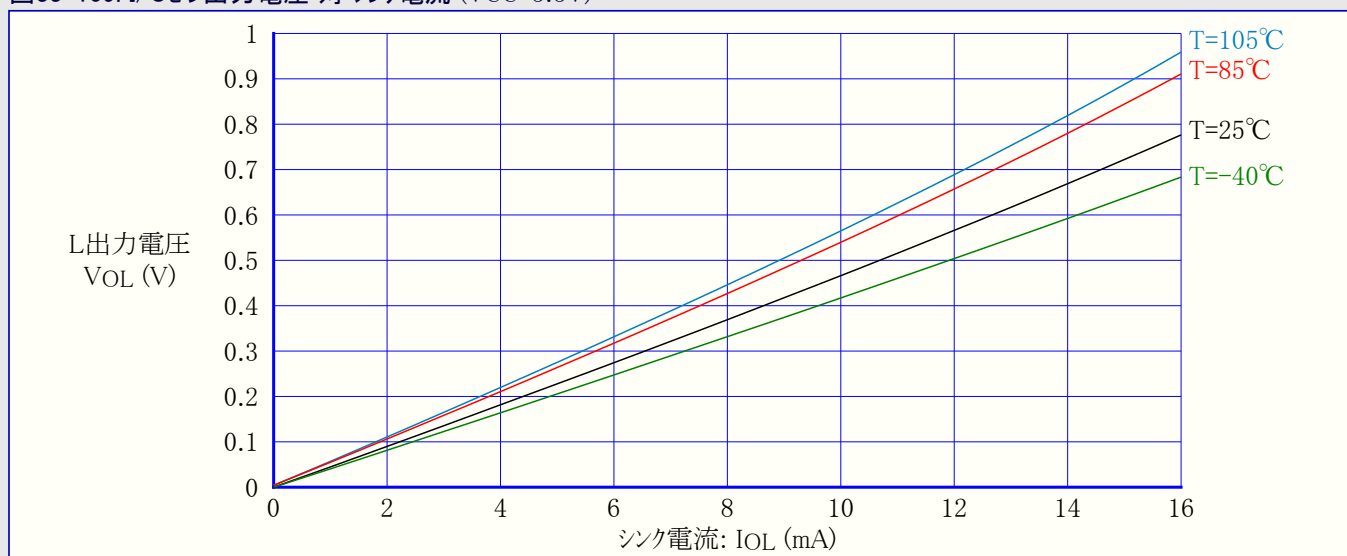
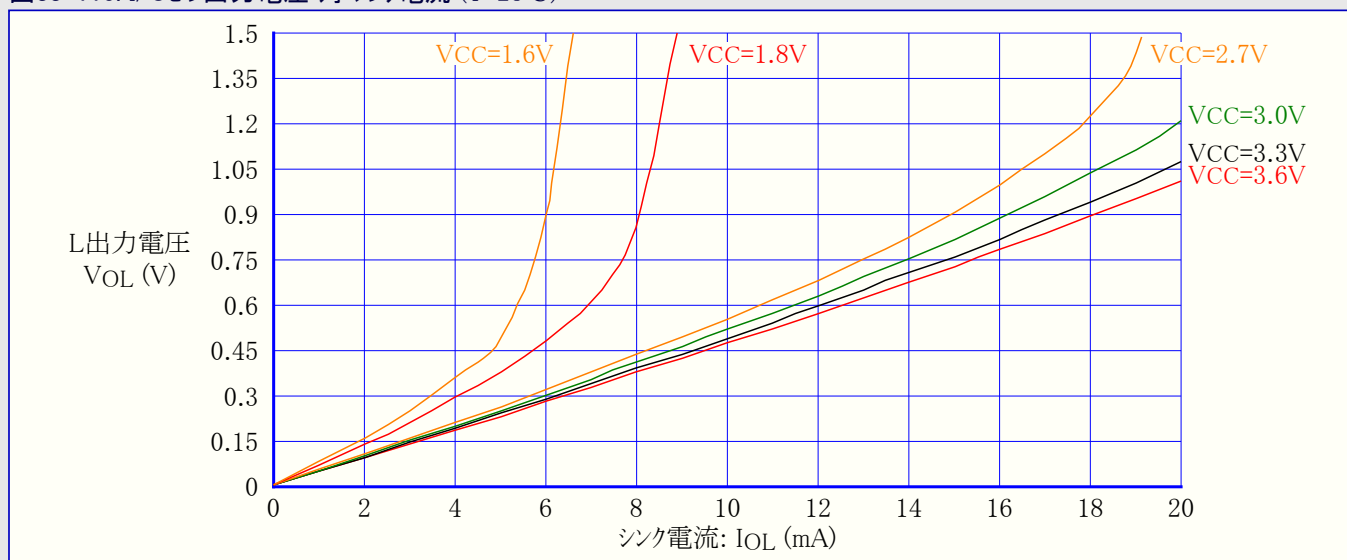


図33-110. I/Oピン出力電圧 対 シンク電流 (T=25°C)



### 33.2.2.3. 閾値とヒステリシス

図33-111. I/Oピン入力閾値(スレッショルド)電圧 対 動作電圧 (T=25°C)

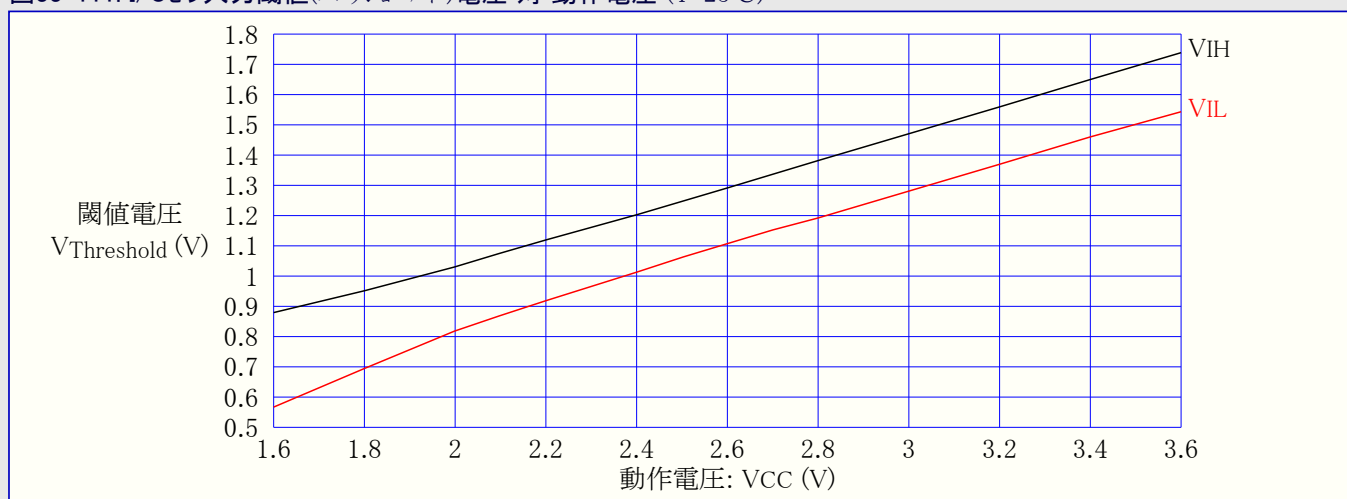


図33-112. I/Oピン入力閾値(スレッショルド)電圧 対 動作電圧 ( $V_{IH}$ , I読み値)

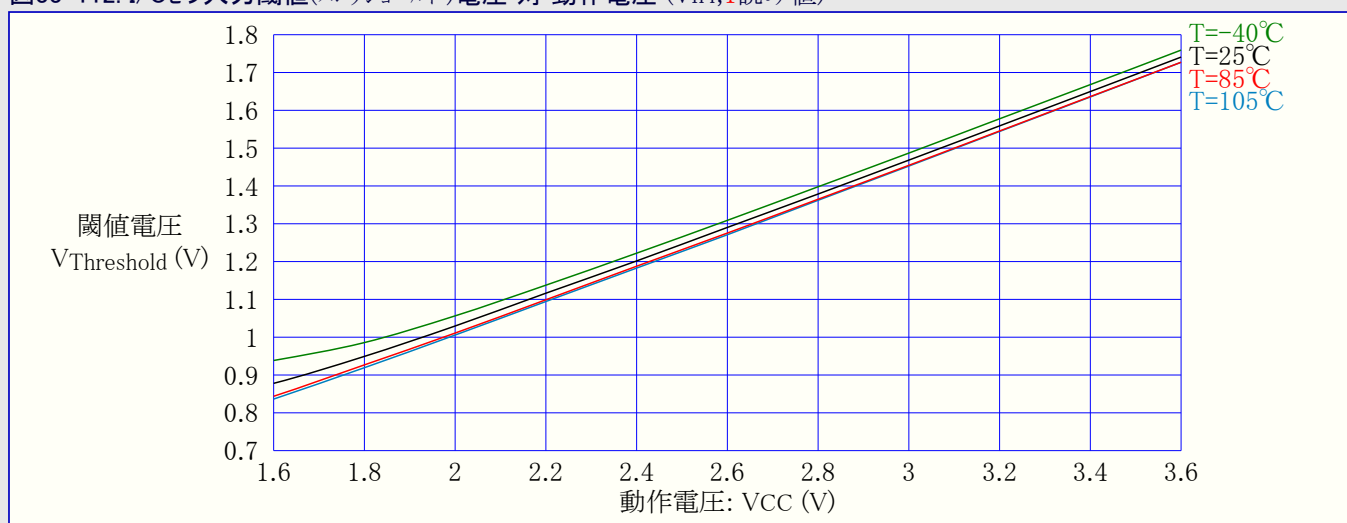


図33-113. I/Oピン入力閾値(スレッショルド)電圧 対 動作電圧 (VIL,0読み値)

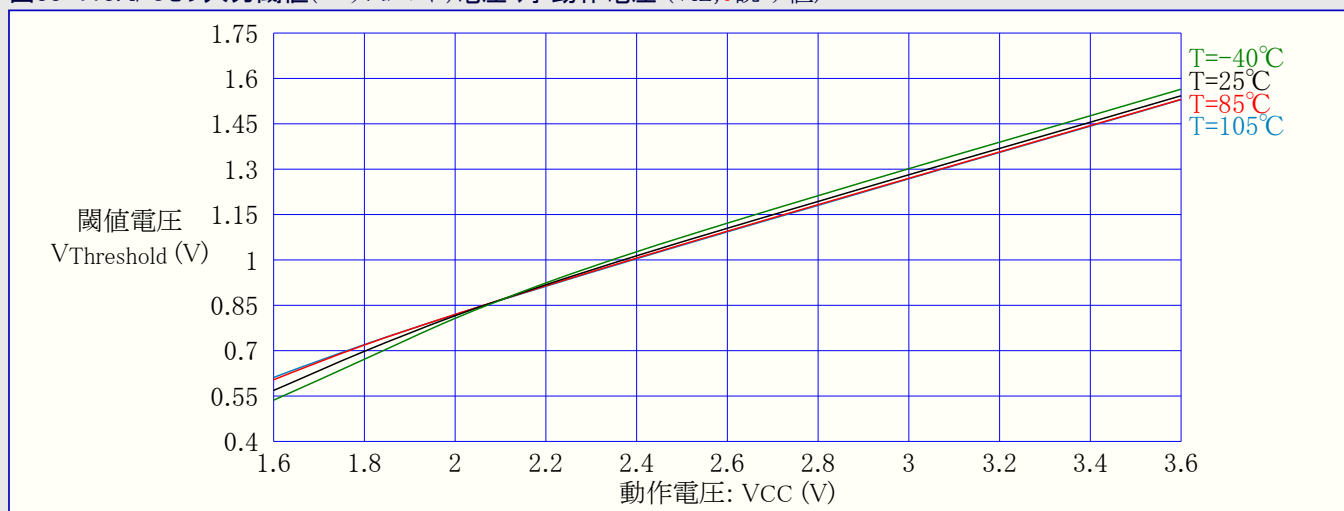
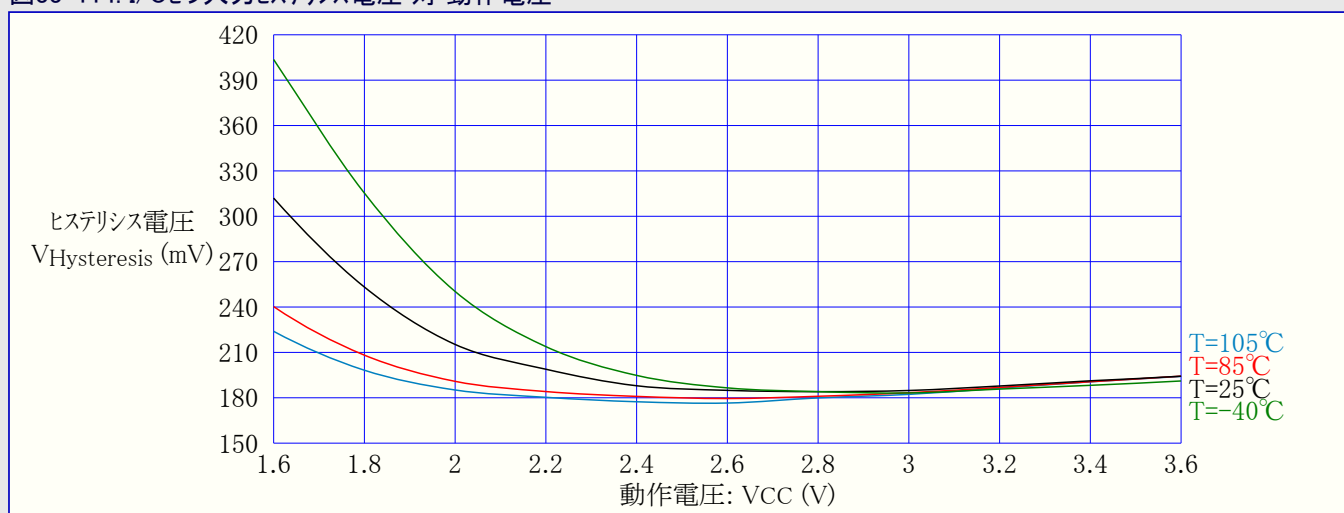


図33-114. I/Oピン入力ヒステリシス電圧 対 動作電圧



### 33.2.3. A/D変換器(ADC)特性

図33-115. ADC積分性誤差(INL) 対 外部VREF ( $T=25^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{CC}=3.6\text{V}$ )

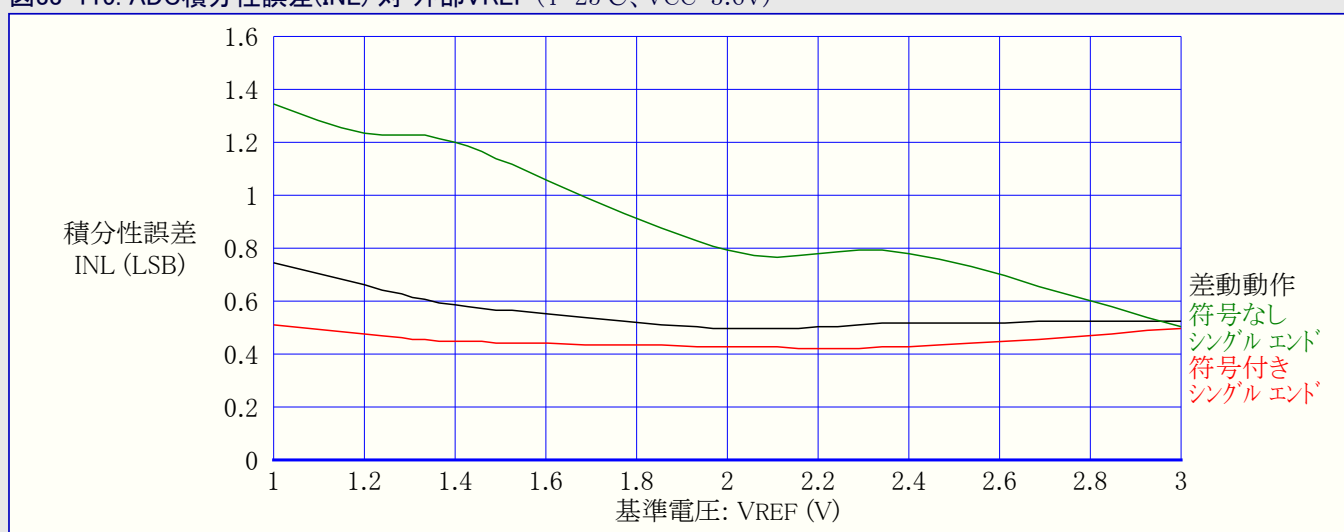


図33-116. ADC積分性誤差(INL) 対 採取速度 (T=25°C、VCC=3.6V、VREF=外部3.0V)

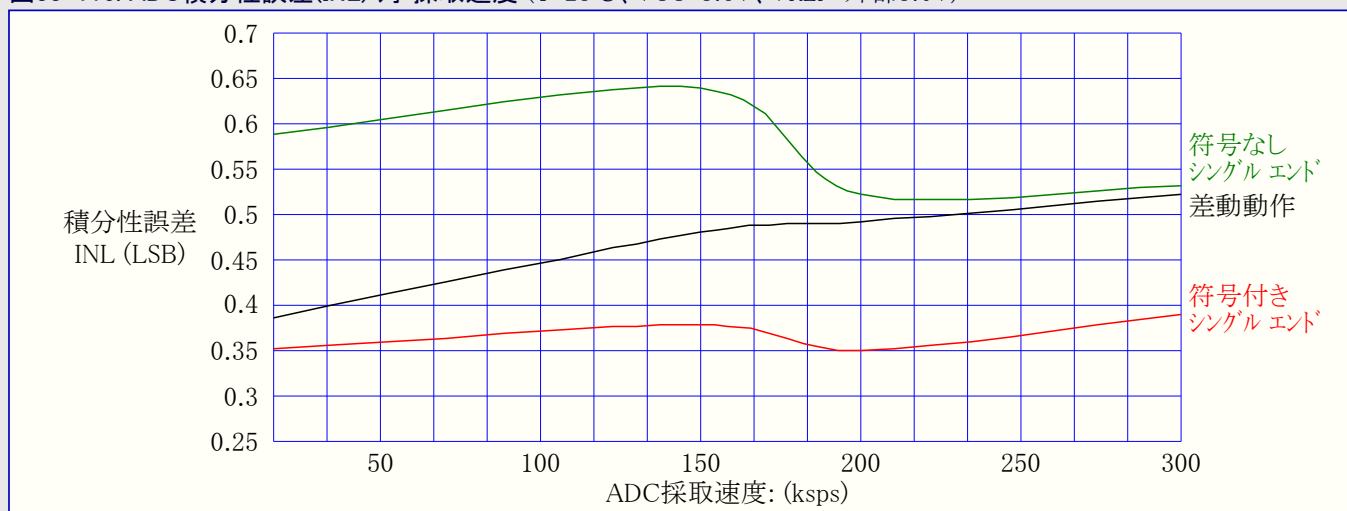


図33-117. ADC積分性誤差(INL) 対 入力符号

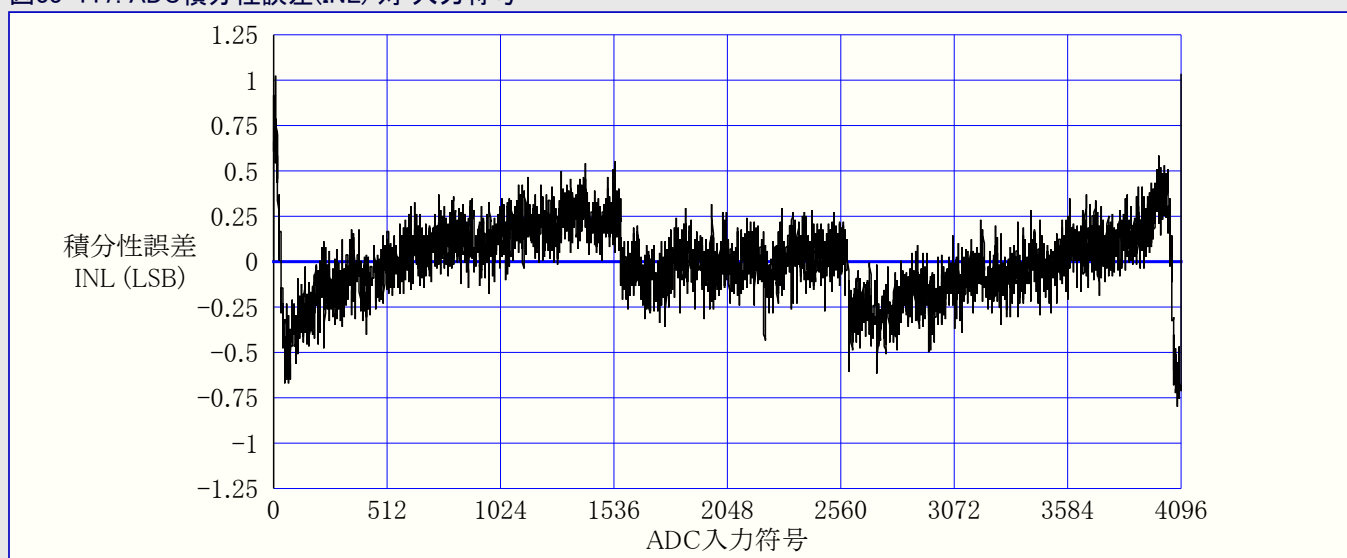


図33-118. ADC微分性誤差(DNL) 対 外部VREF (T=25°C、VCC=3.6V)

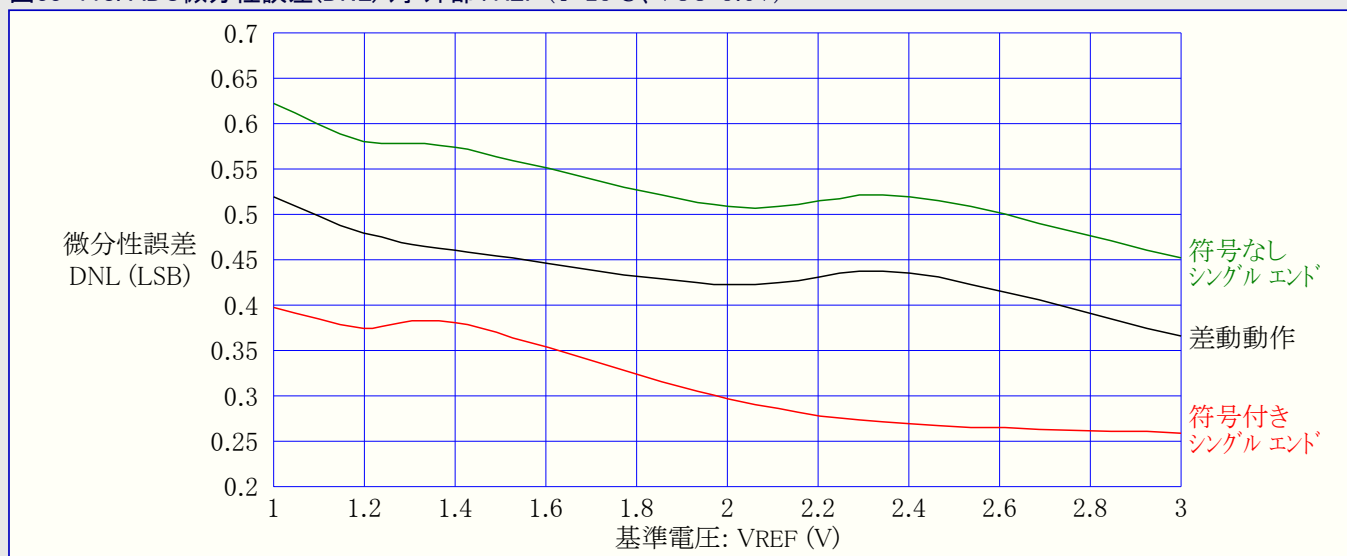


図33-119. ADC微分性誤差(DNL) 対 採取速度 (T=25°C、VCC=3.6V、VREF=外部3.0V)

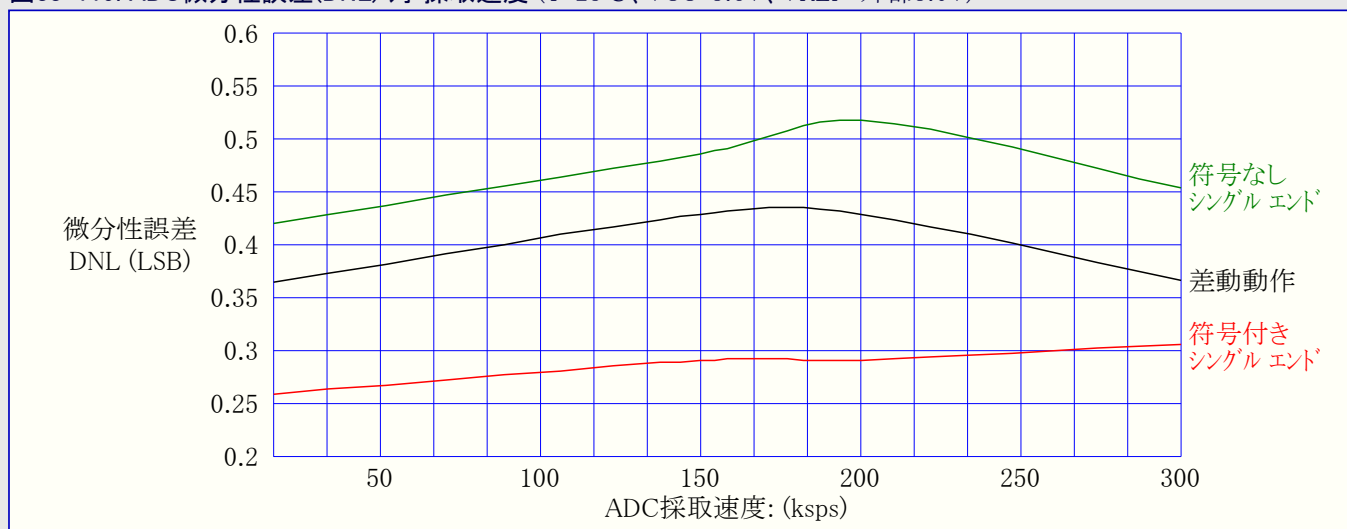


図33-120. ADC微分性誤差(DNL) 対 入力符号

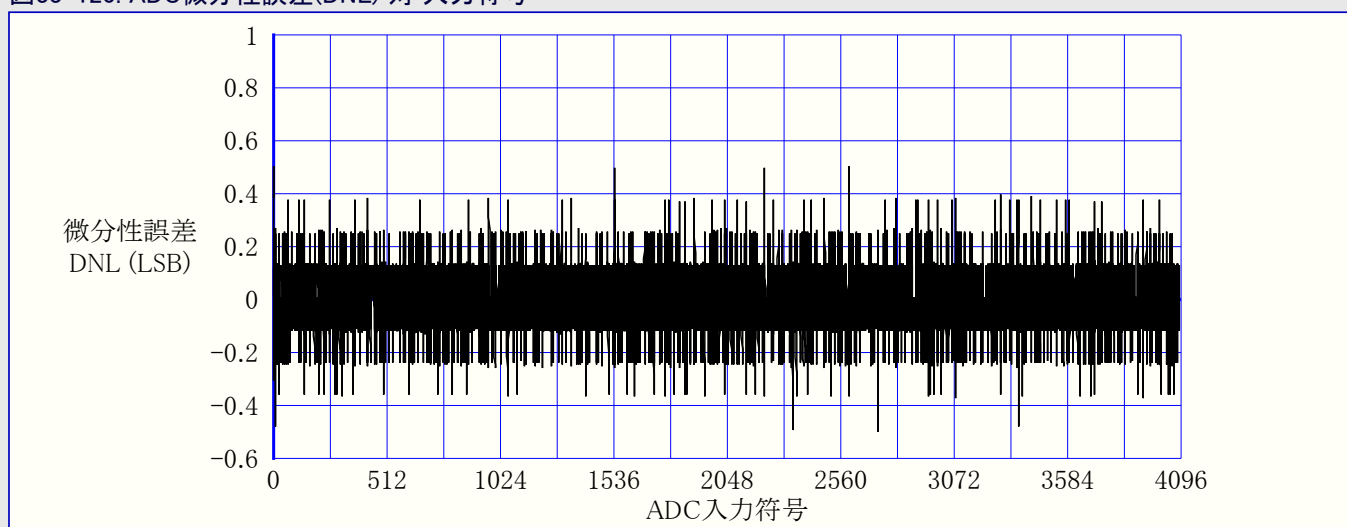


図33-121. ADC利得誤差 対 外部VREF (T=25°C、VCC=3.6V、A/D変換速度=200kSps)

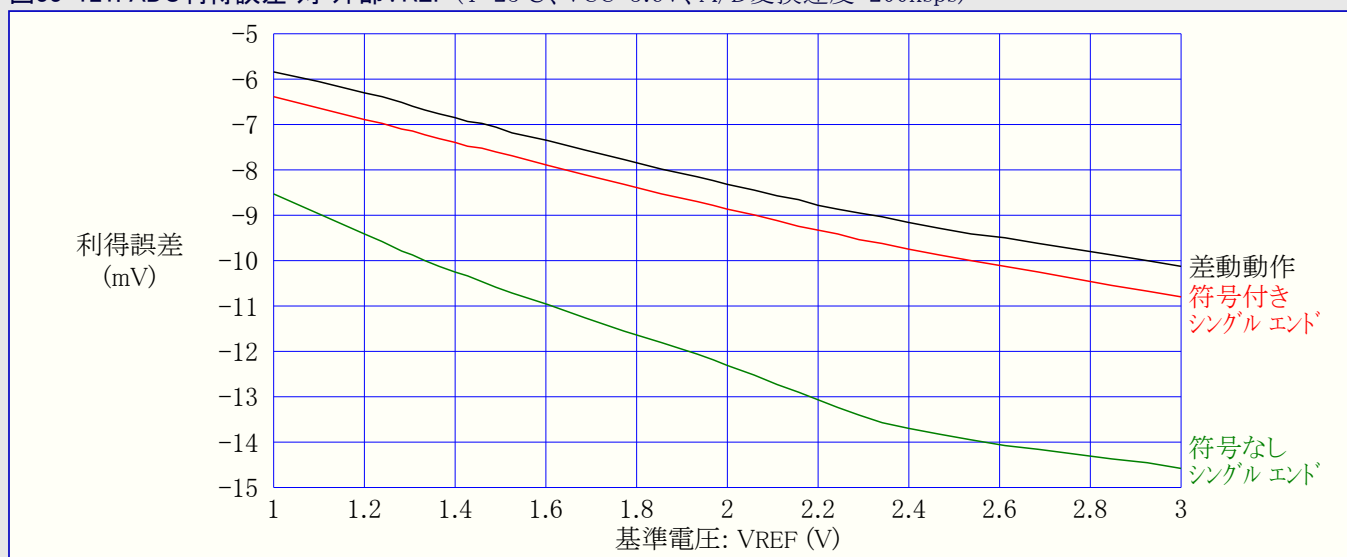


図33-122. ADC利得誤差 対 動作電圧 (T=25°C、VREF=外部1.0V、A/D変換速度=200ksps)

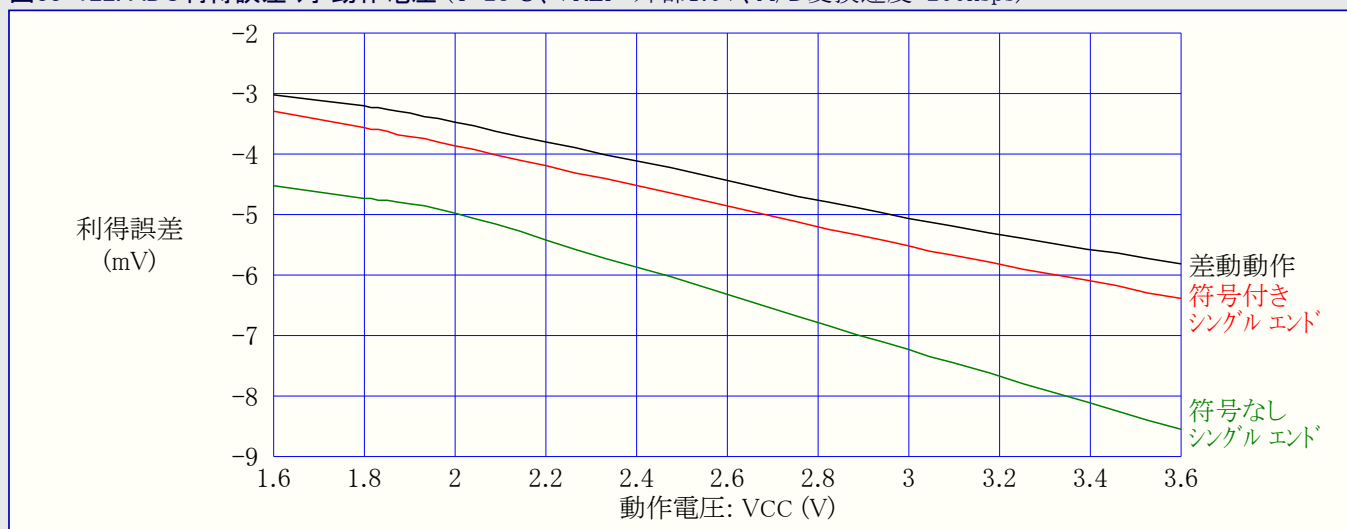


図33-123. ADC変位(オフセット)誤差 対 外部VREF (T=25°C、VCC=3.6V、A/D変換速度=200ksps)

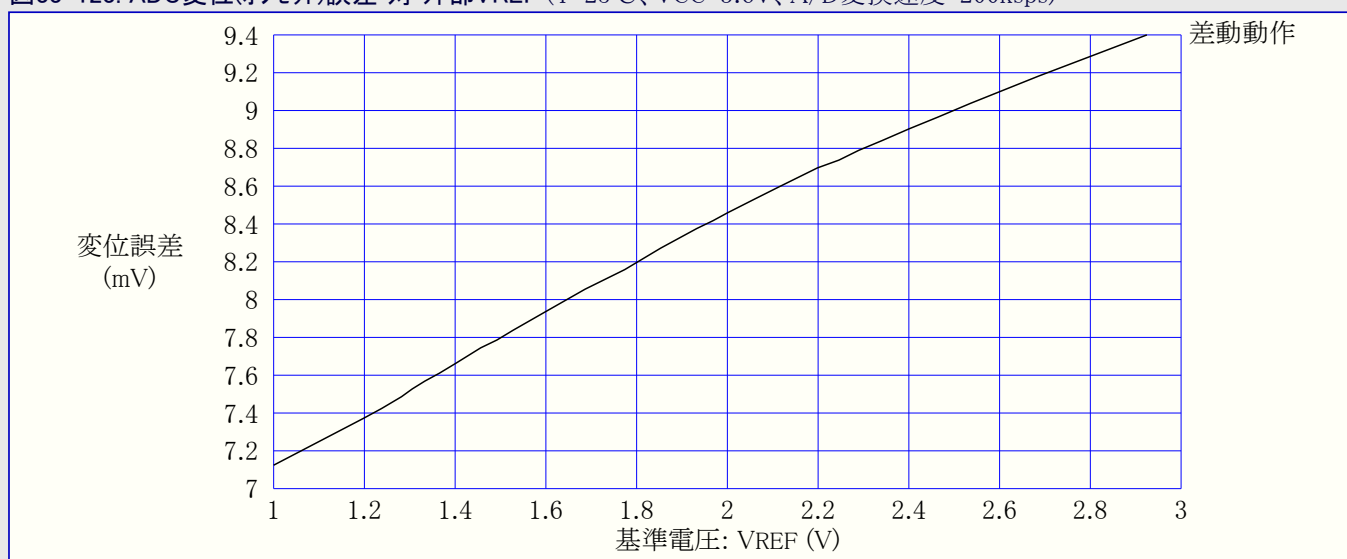


図33-124. ADC利得誤差 対 動作温度 (VCC=3.0V、VREF=外部2.0V)

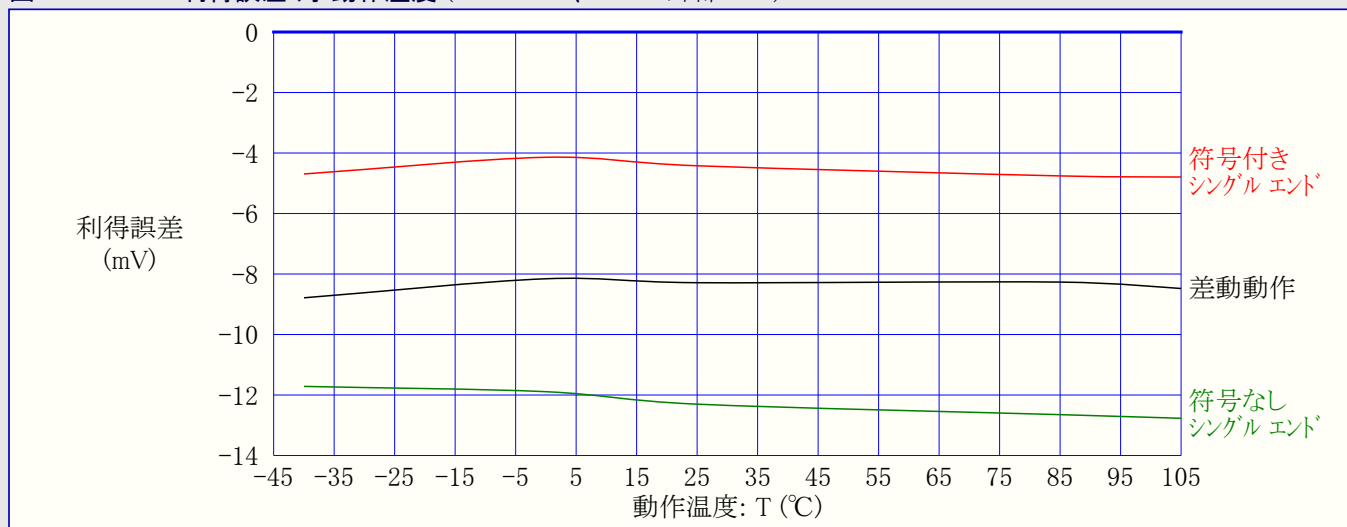
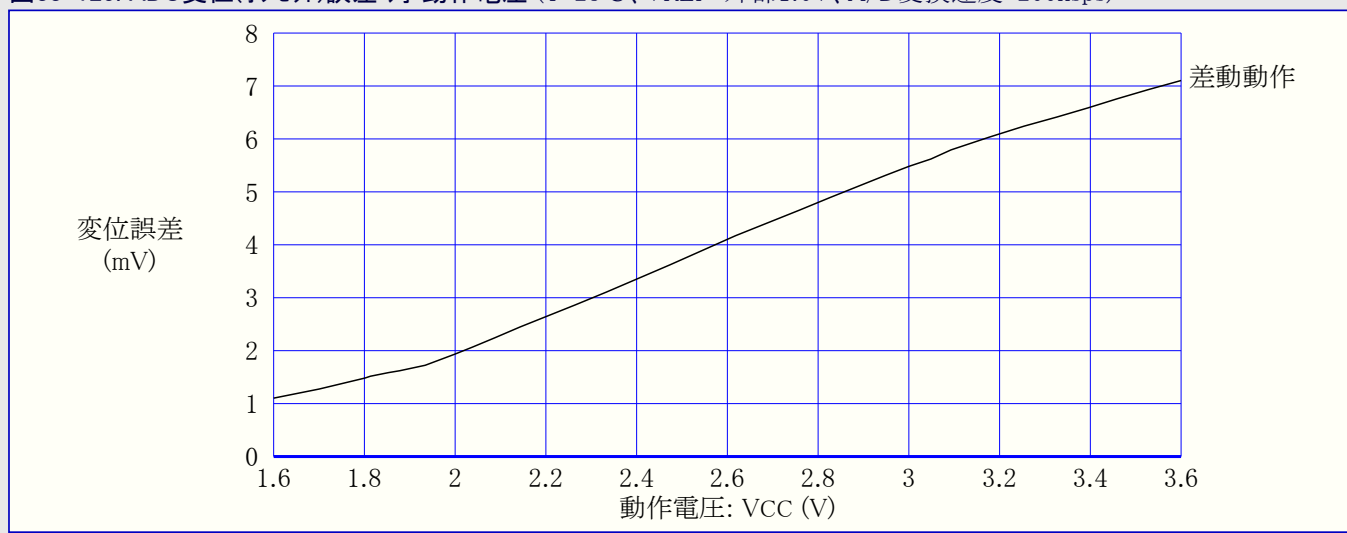


図33-125. ADC変位(オフセット)誤差 対 動作電圧 (T=25°C、VREF=外部1.0V、A/D変換速度=200ksps)



### 33.2.4. アナログ比較器特性

図33-126. アナログ比較器(AC)ヒステリシス 対 動作電圧 (高速動作、ヒステリシス=小)

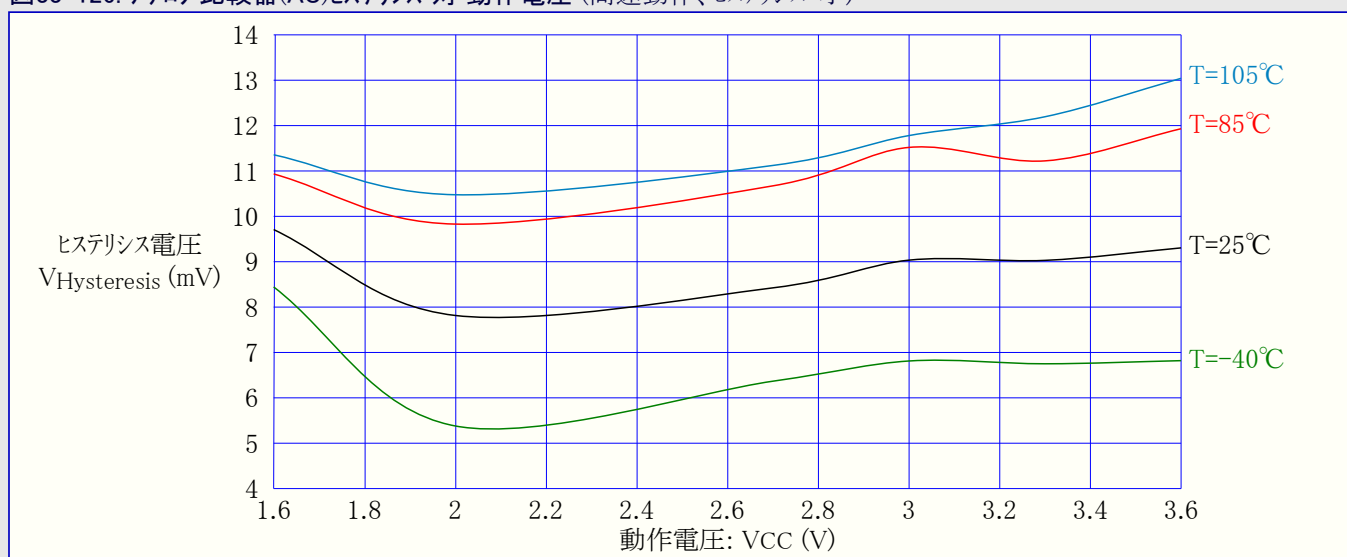


図33-127. アナログ比較器(AC)ヒステリシス 対 動作電圧 (高速動作、ヒステリシス=大)

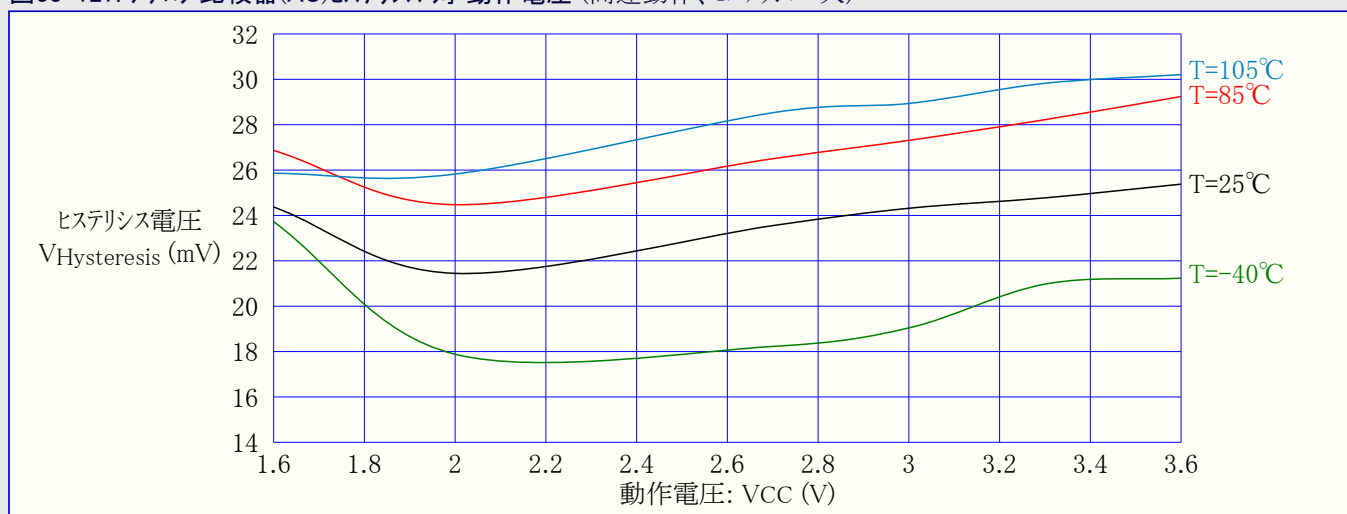




図33-128. アナログ比較器(AC)ヒステリシス 対 動作電圧 (低電力動作、ヒステリシス=小)

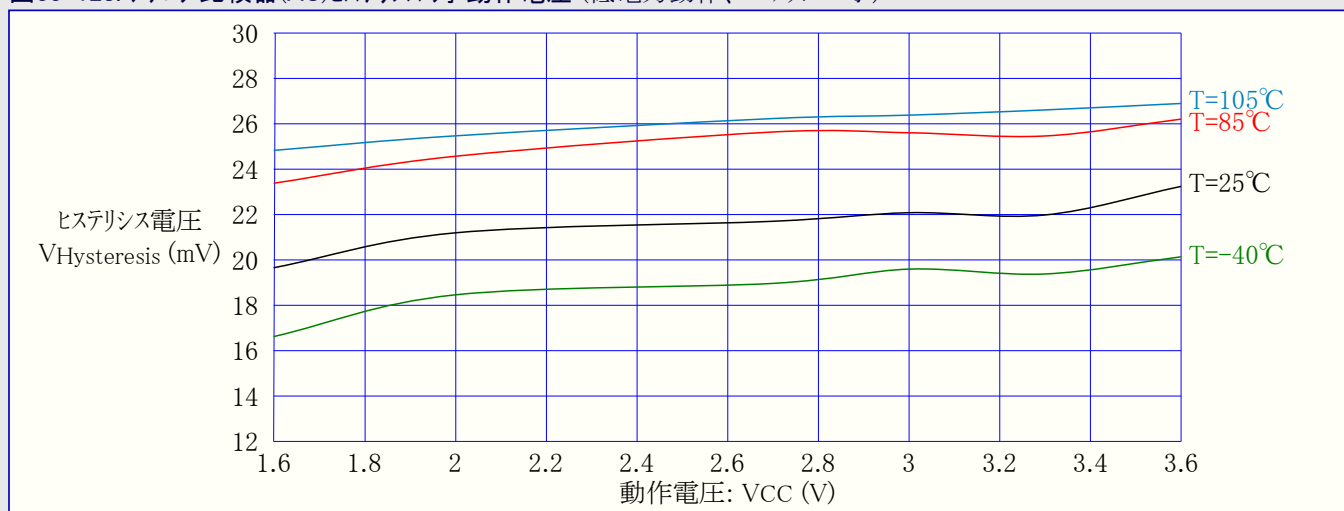


図33-129. アナログ比較器(AC)ヒステリシス 対 動作電圧 (低電力動作、ヒステリシス=大)

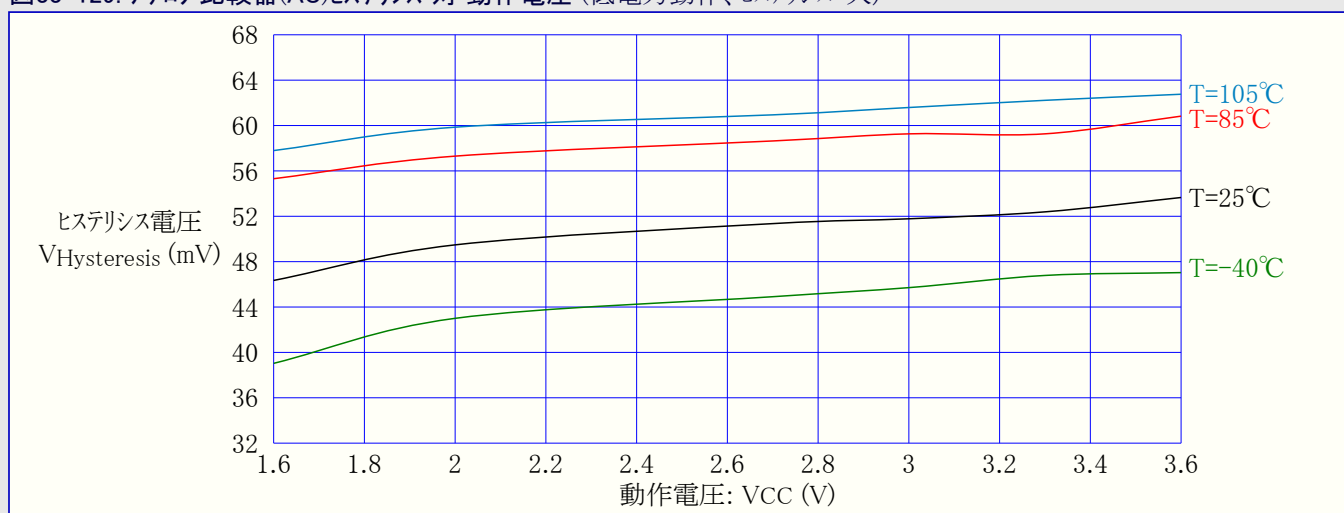


図33-130. アナログ比較器(AC)電流源 対 校正値 (T=25°C)

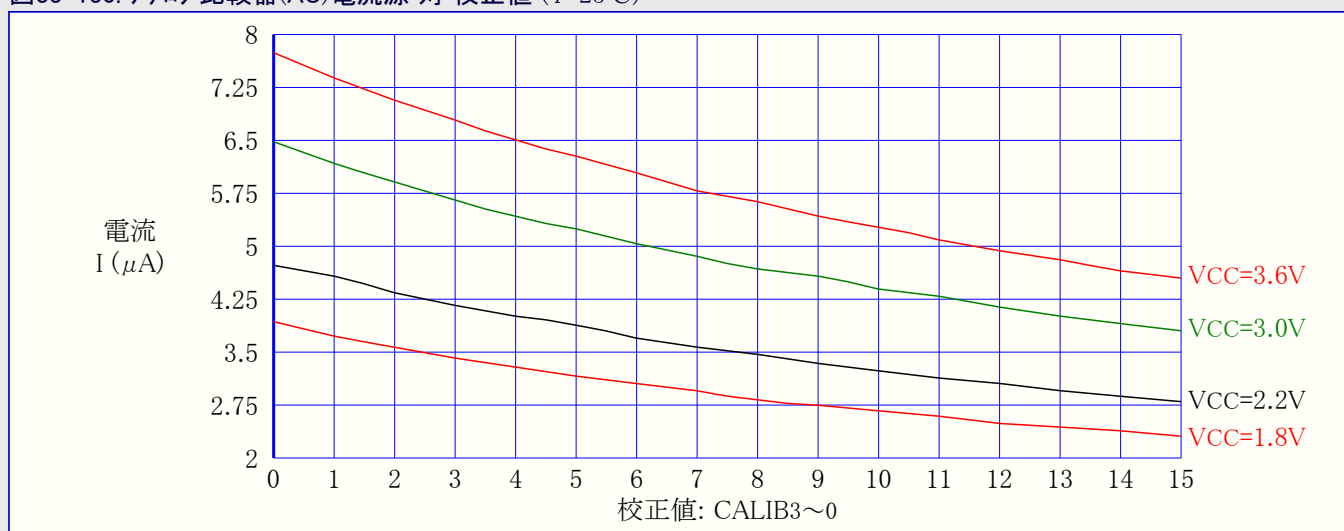


図33-131. アナログ比較器(AC)電流源 対 校正值 (VCC=3.0V)

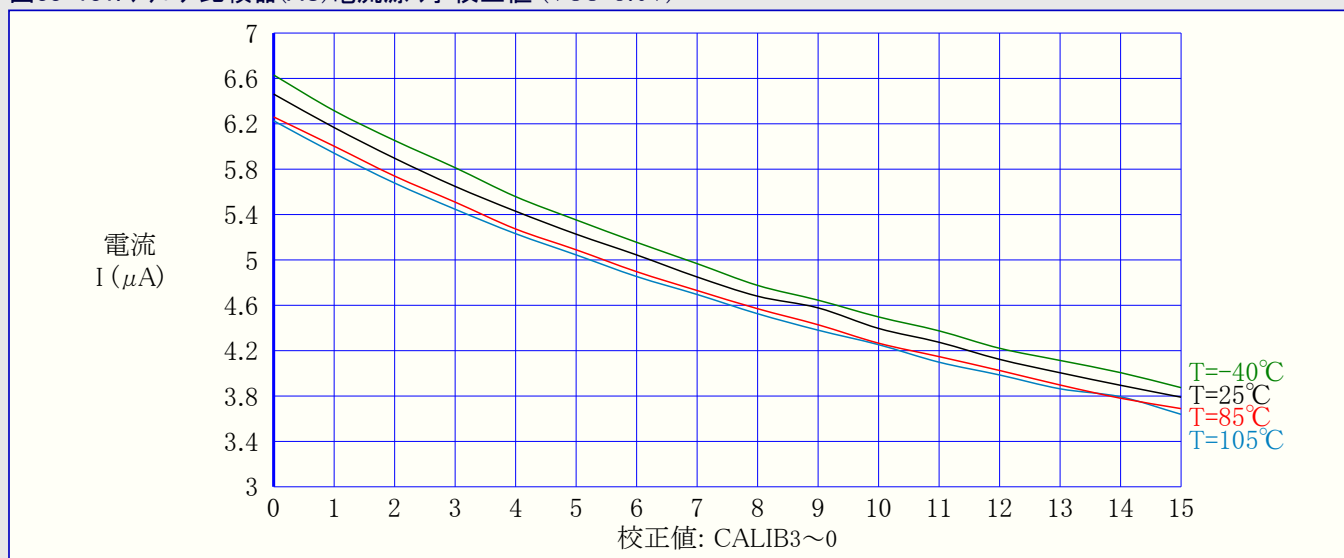
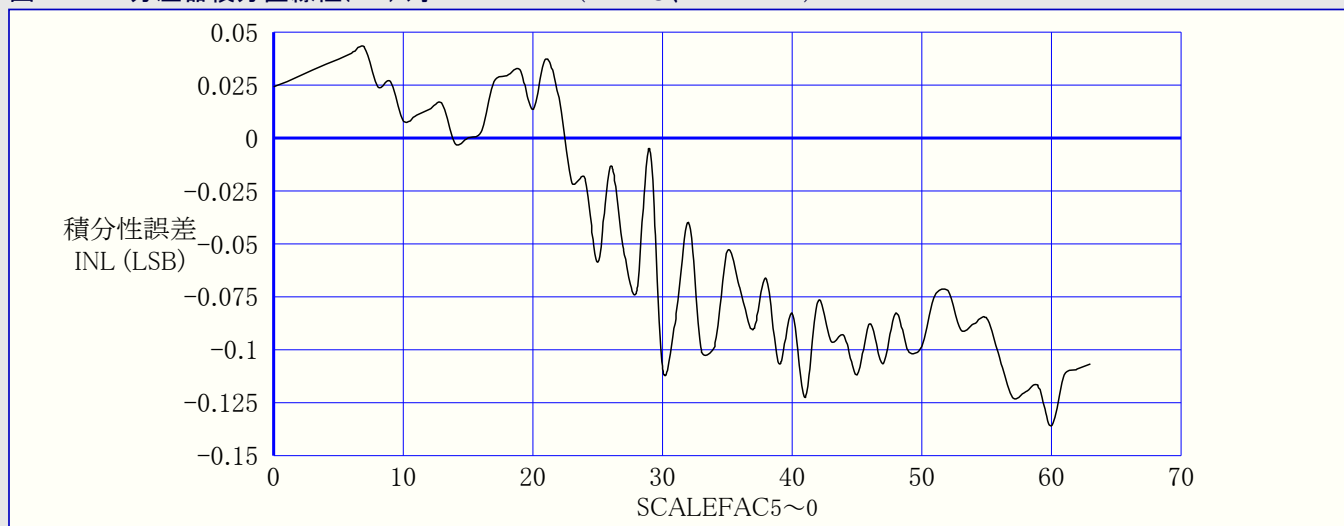
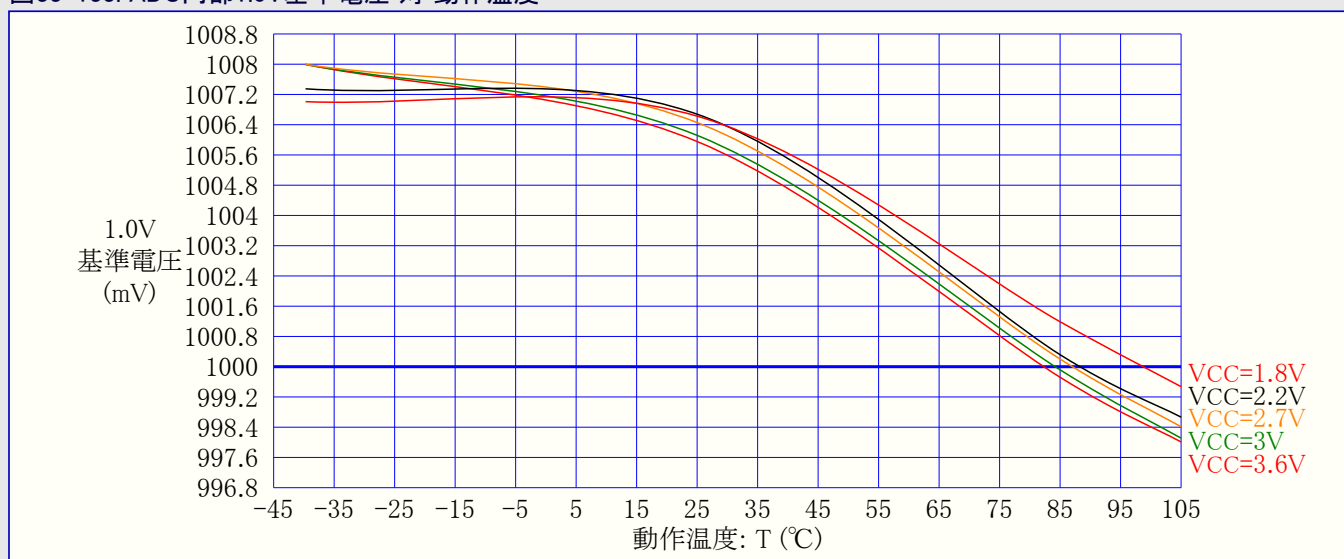


図33-132. 分圧器積分直線性(INL) 対 SCALEFAC (T=25°C、VCC=3.0V)



### 33.2.5. 内部1.0V基準電圧特性

図33-133. ADC内部1.0V基準電圧 対 動作温度



### 33.2.6. 低電圧検出器(BOD)特性

図33-134. 低電圧検出器(BOD)閾値(スレッシュホールド)電圧 対 動作温度 (検出電圧=1.6V)

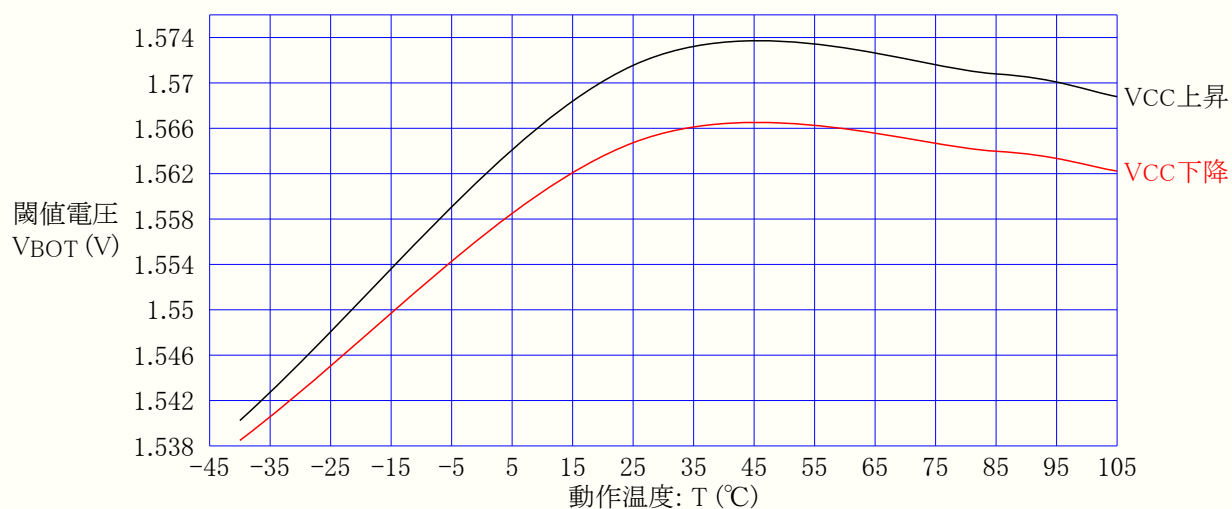
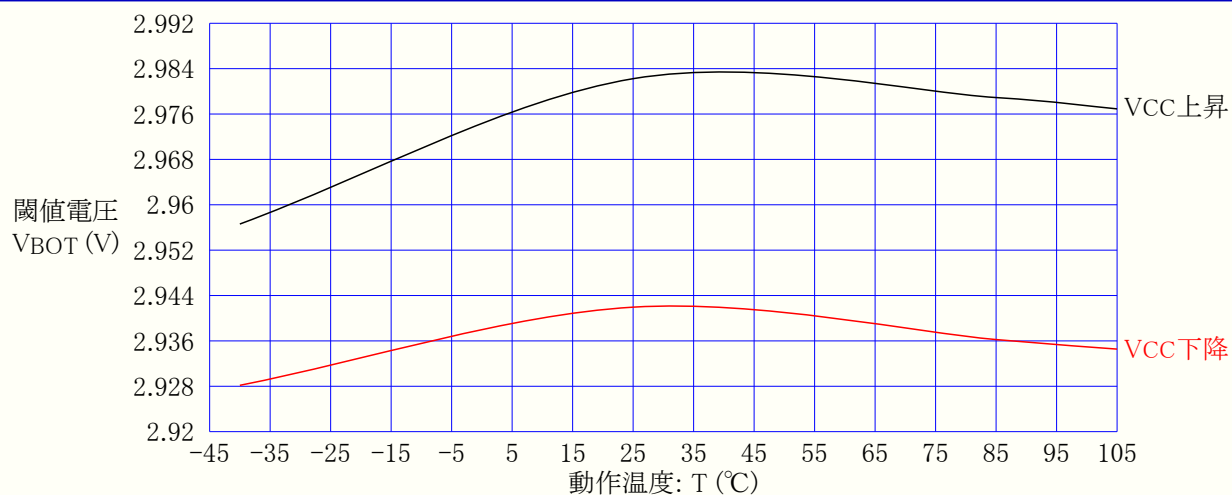


図33-135. 低電圧検出器(BOD)閾値(スレッシュホールド)電圧 対 動作温度 (検出電圧=3.0V)



### 33.2.7. 外部リセット特性

図33-136. 最小リセット パルス幅 対 動作電圧

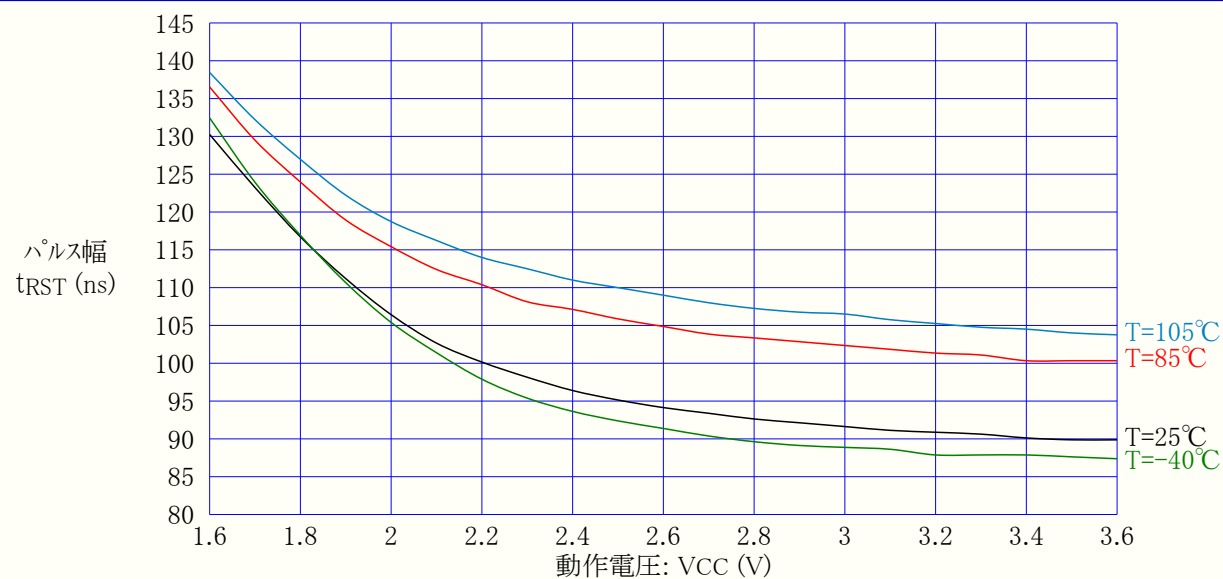


図33-137. リセットピンプルアップ抵抗電流 対 RESETピン入力電圧 (VCC=1.8V)

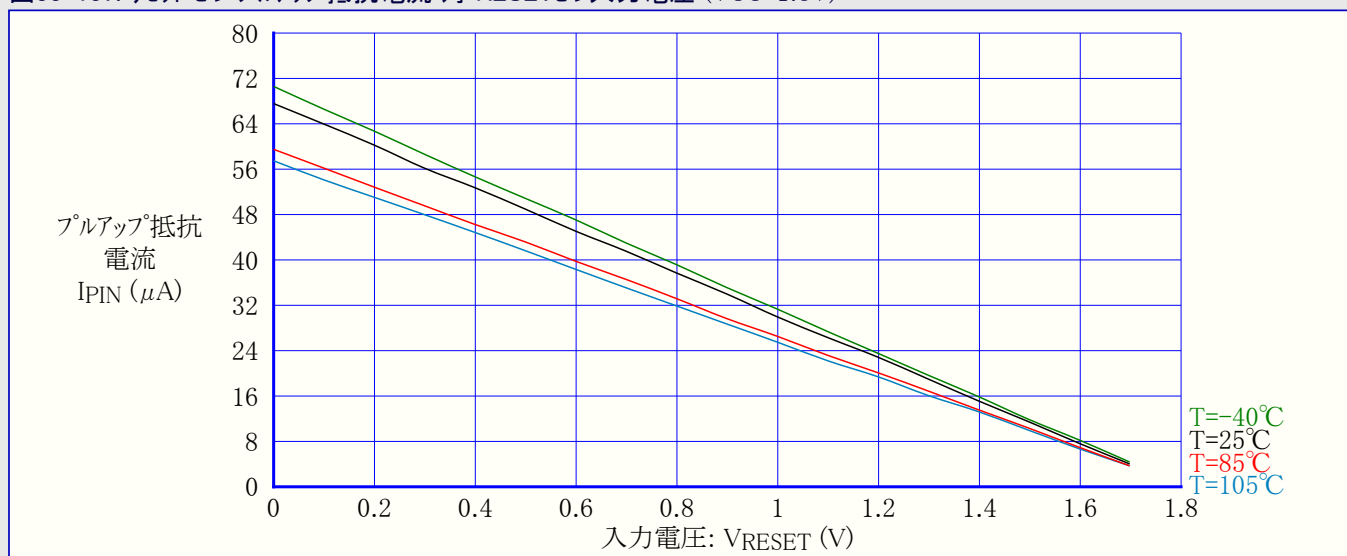


図33-138. リセットピンプルアップ抵抗電流 対 RESETピン入力電圧 (VCC=3.0V)

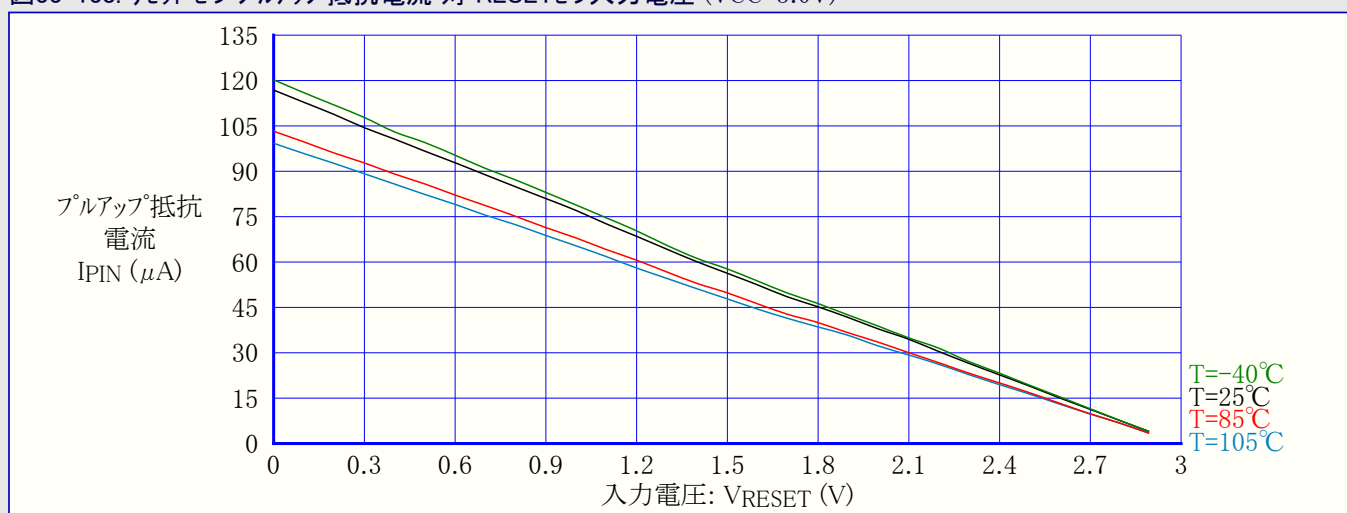


図33-139. リセットピンプルアップ抵抗電流 対 RESETピン入力電圧 (VCC=3.3V)

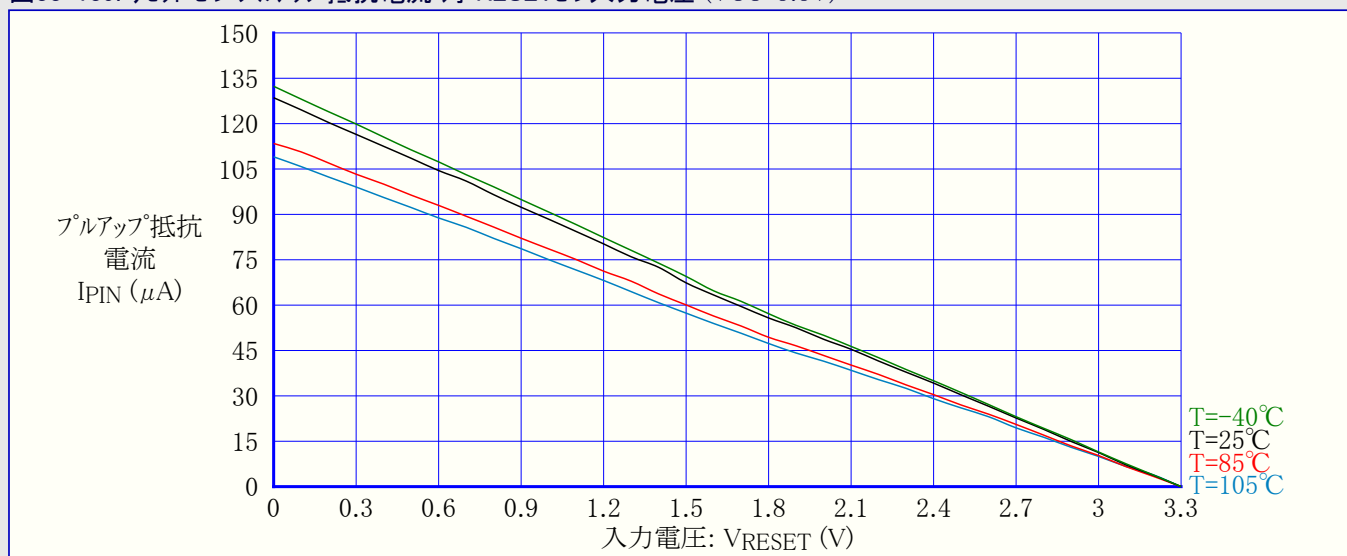


図33-140. RESET入力閾値(スレッショルド)電圧 対 動作電圧 ( $V_{IH}$ , 1読み値)

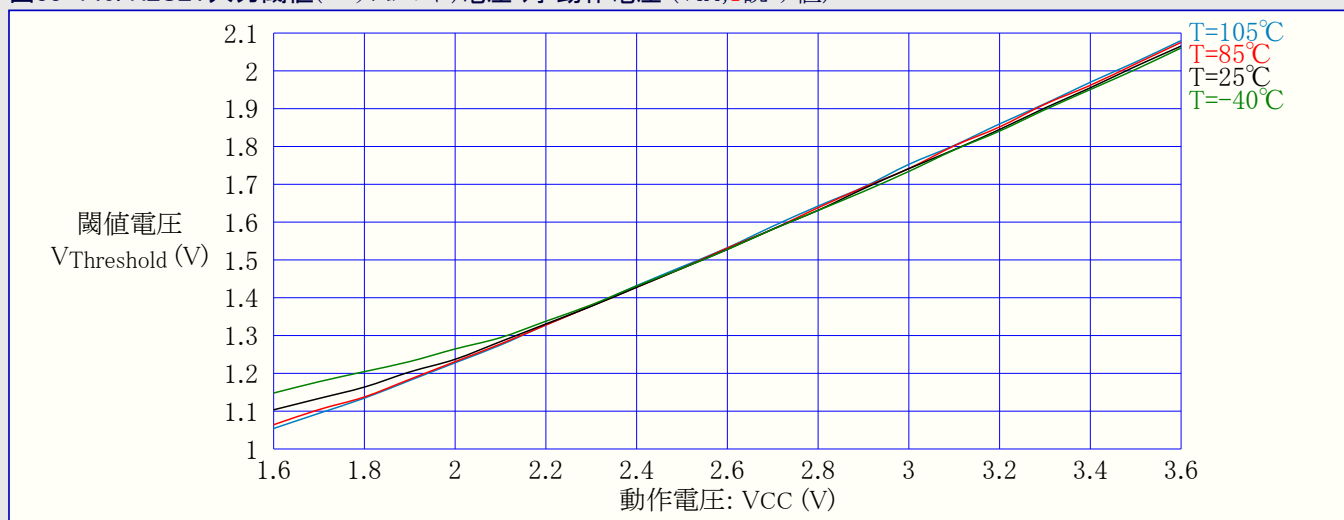
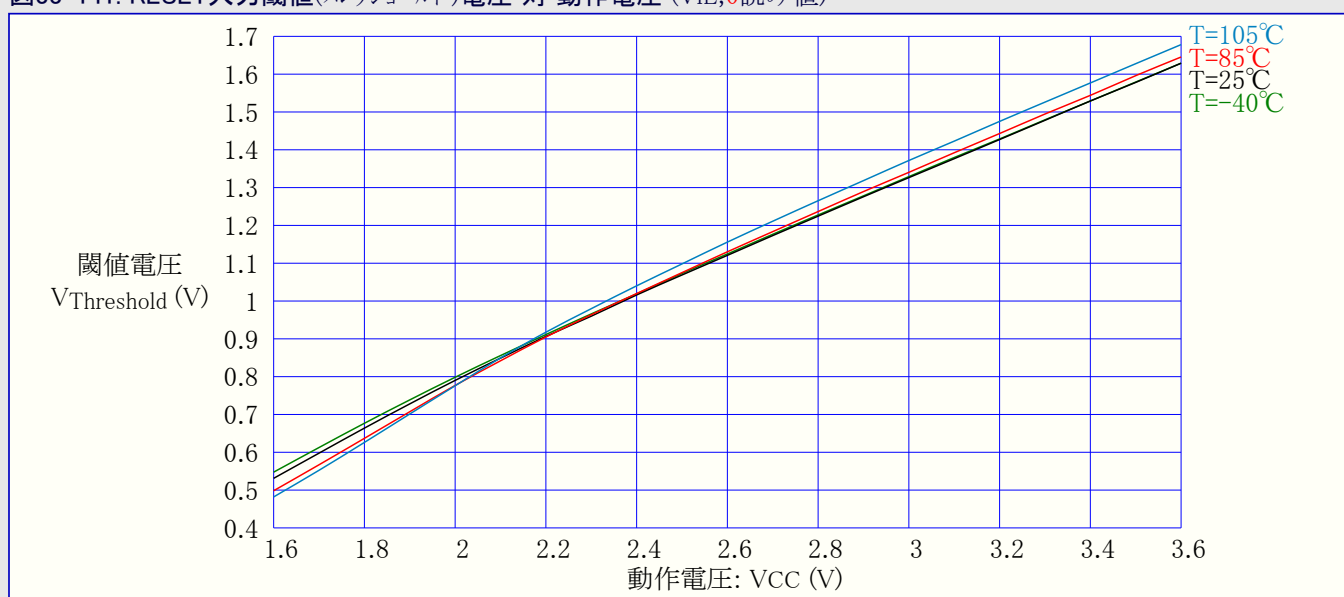


図33-141. RESET入力閾値(スレッショルド)電圧 対 動作電圧 ( $V_{IL}$ , 0読み値)



### 33.2.8. 電源ONリセット特性

図33-142. 電源ONリセット消費電流 対 動作電圧 (BODレベル=3.0Vの継続動作で許可)

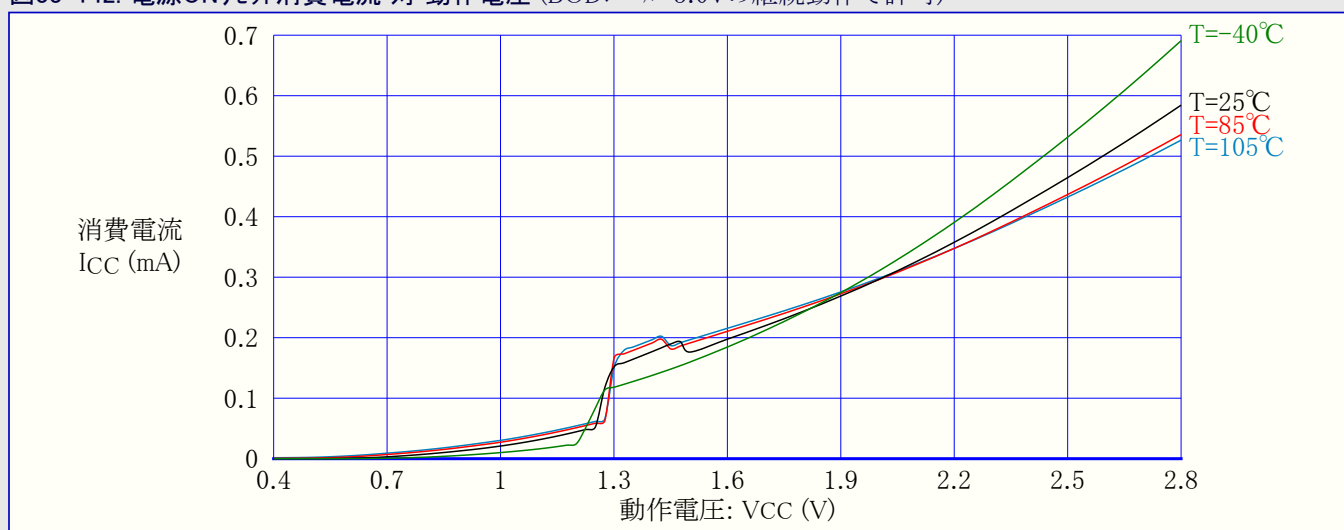
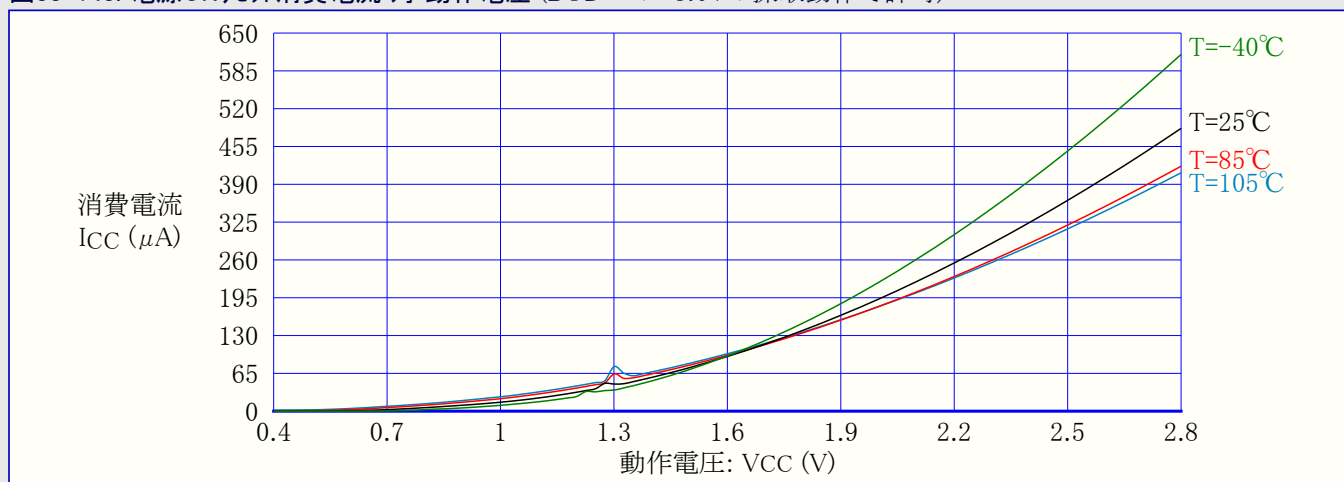


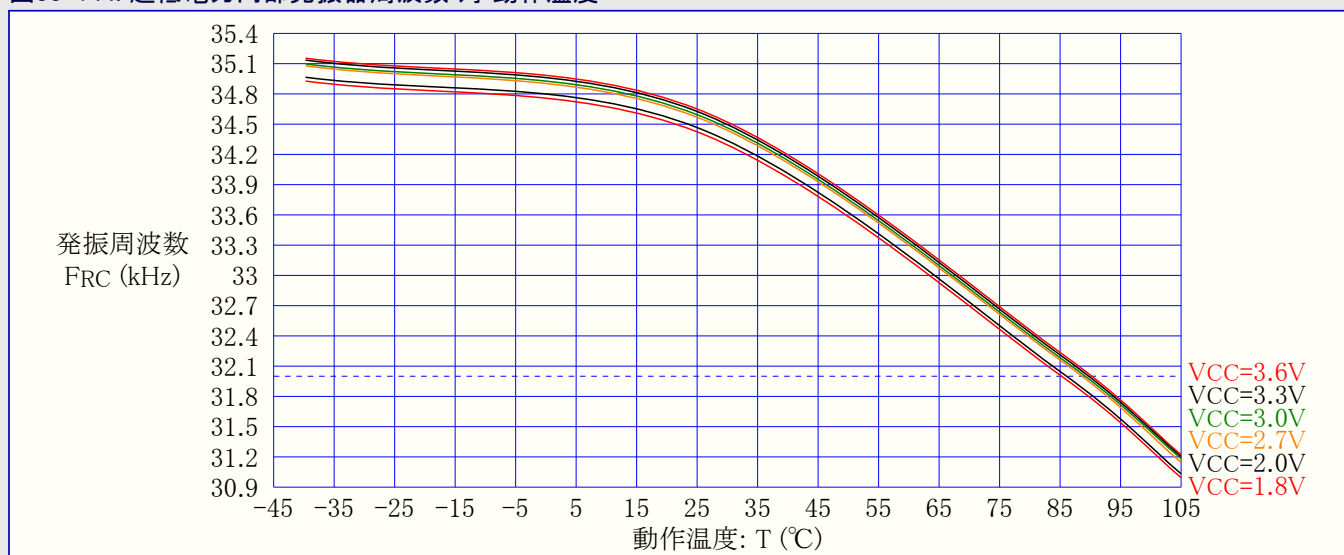
図33-143. 電源ON/リセット消費電流 対 動作電圧 (BODレベル=3.0Vの採取動作で許可)



### 33.2.9. 発振器特性

#### 33.2.9.1. 超低電力内部発振器

図33-144. 超低電力内部発振器周波数 対 動作温度



#### 33.2.9.2. 32.768kHz内部発振器

図33-145. 32.768kHz内部発振器周波数 対 動作温度

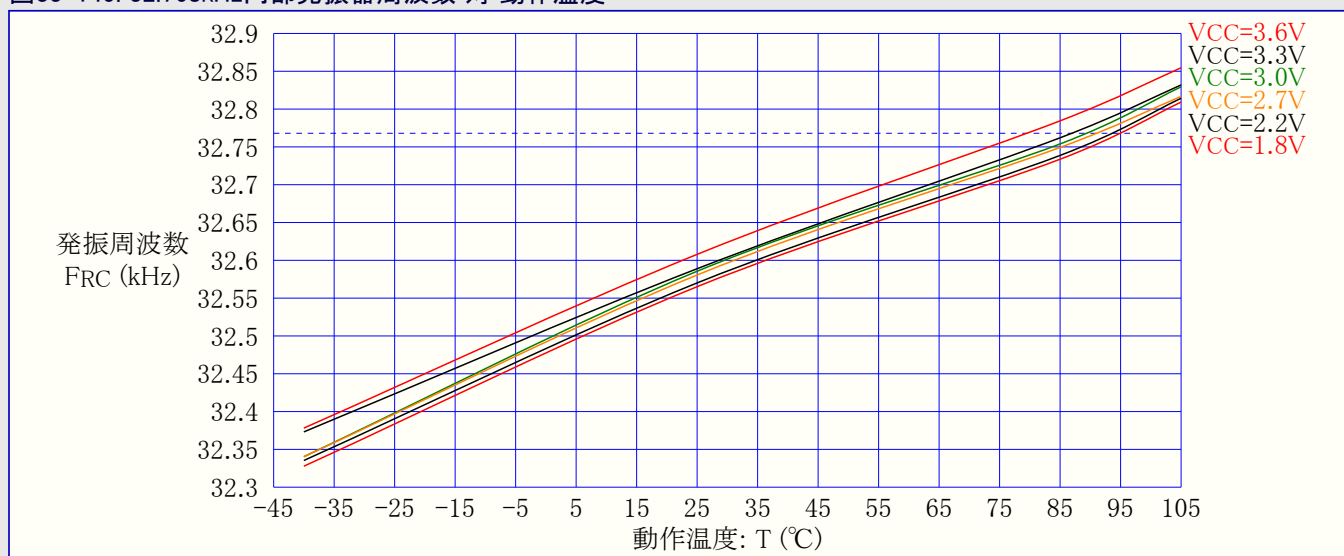
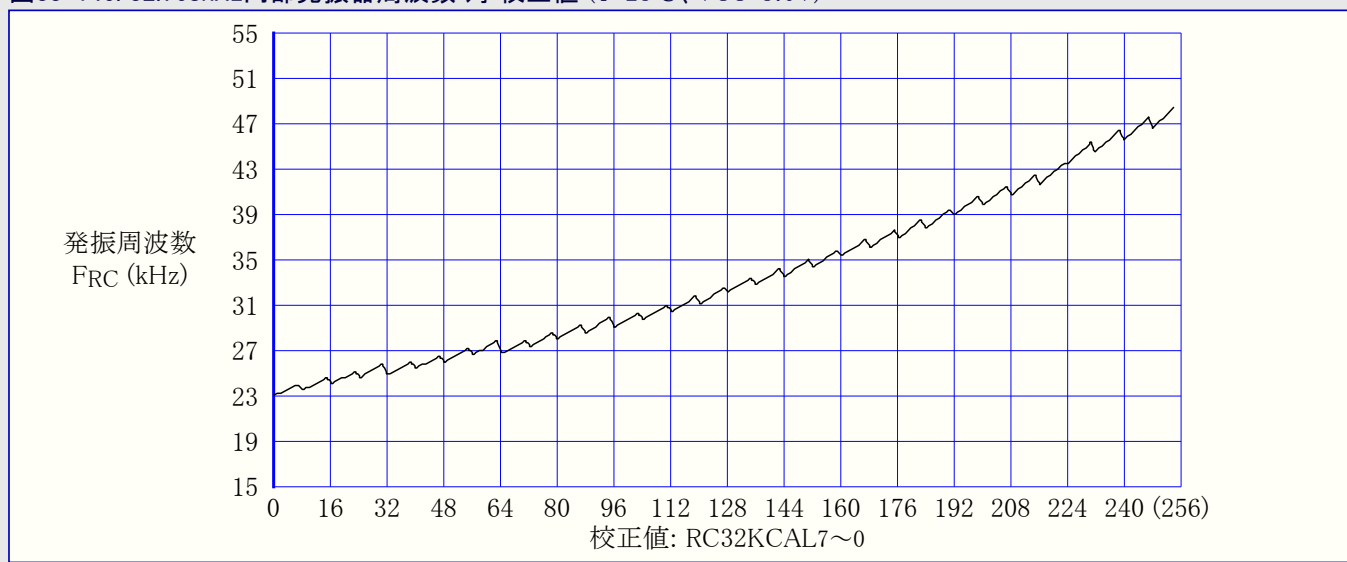


図33-146. 32.768kHz内部発振器周波数 対 校正値 (T=25°C、VCC=3.0V)



### 33.2.9.3. 2MHz内部発振器

図33-147. 2MHz内部発振器周波数 対 動作温度 (DFLL禁止)

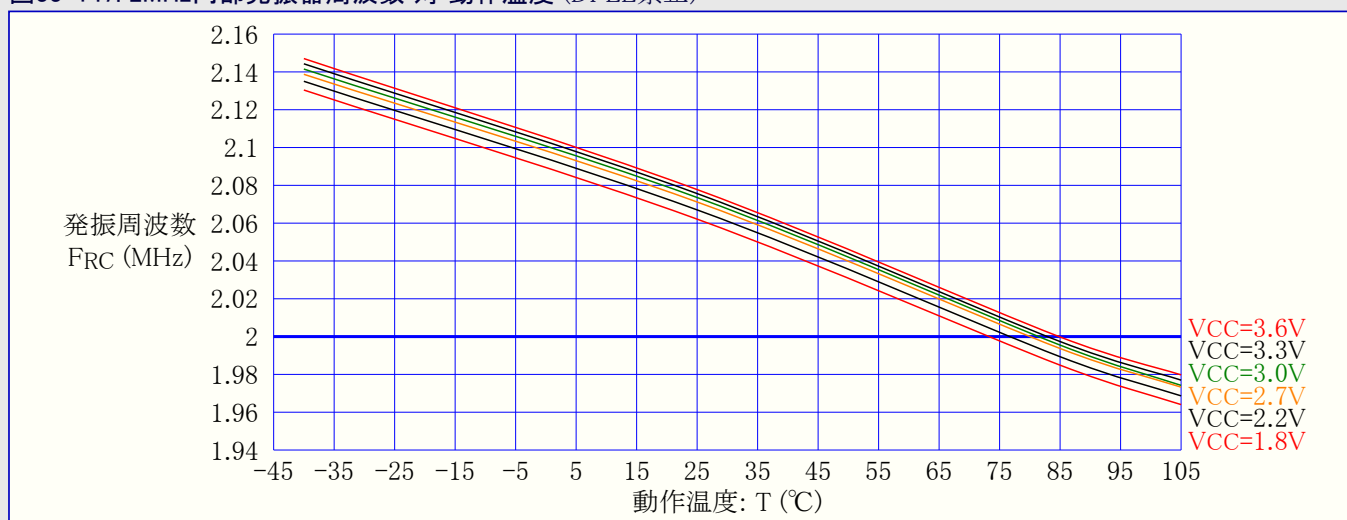


図33-148. 2MHz内部発振器周波数 対 動作温度 (32.768kHz内部発振器からDFLL許可)

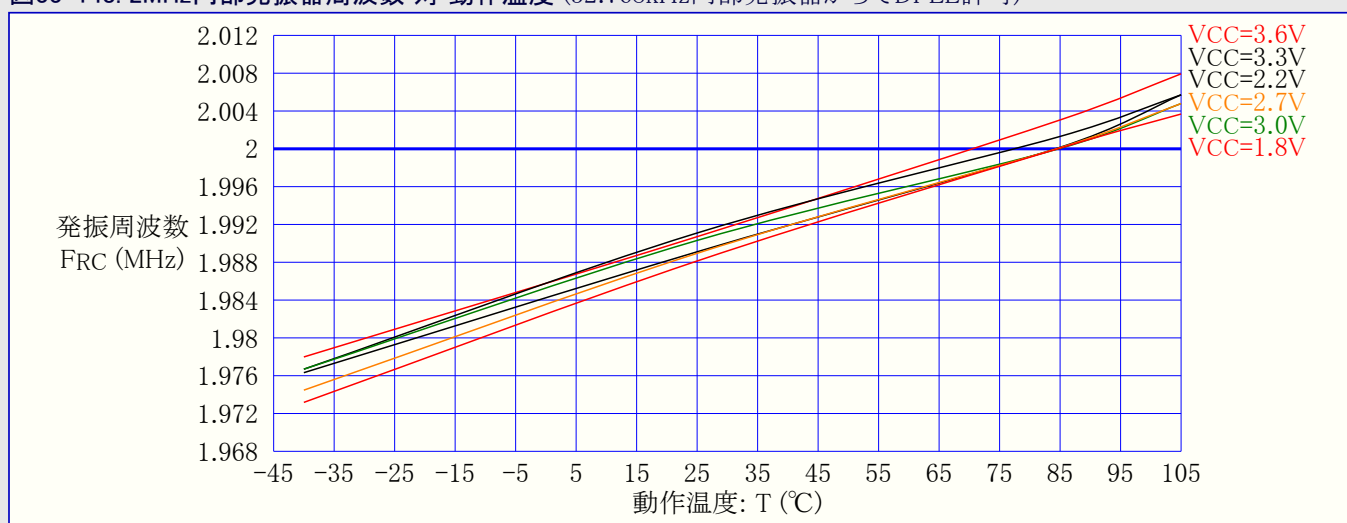
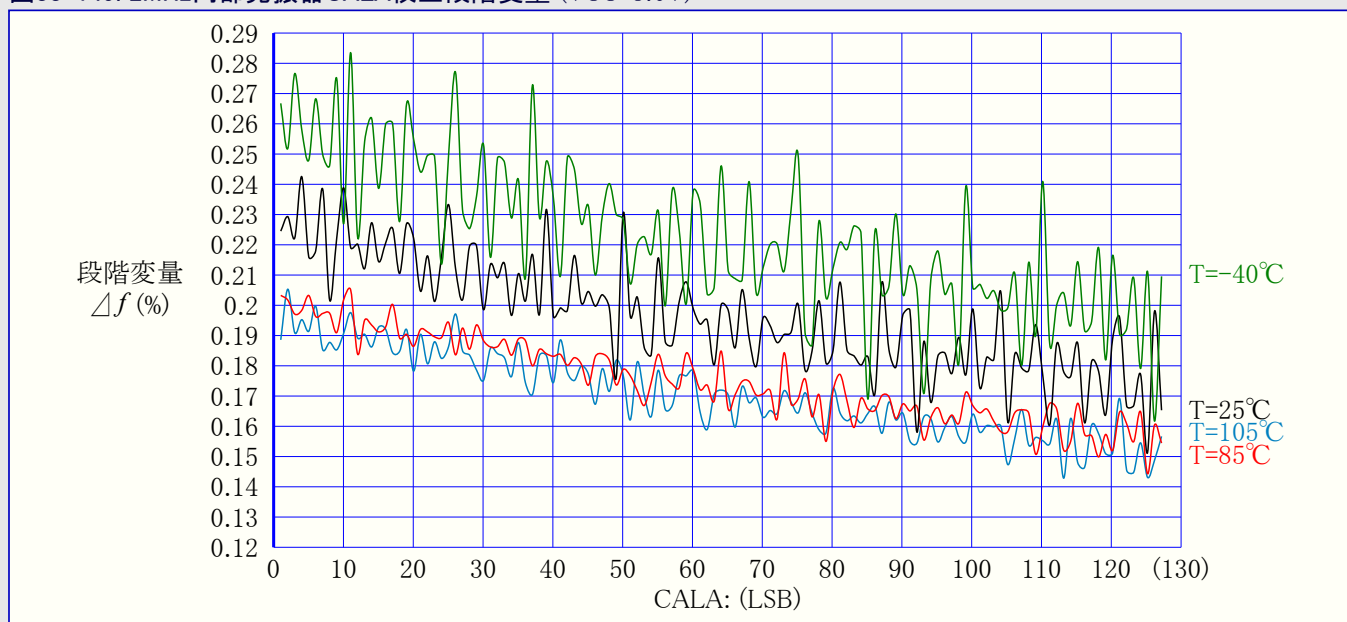


図33-149. 2MHz内部発振器CALA校正段階変量 (VCC=3.0V)



### 33.2.9.4. 32MHz内部発振器

図33-150. 32MHz内部発振器周波数 対 動作温度 (DFLL禁止)

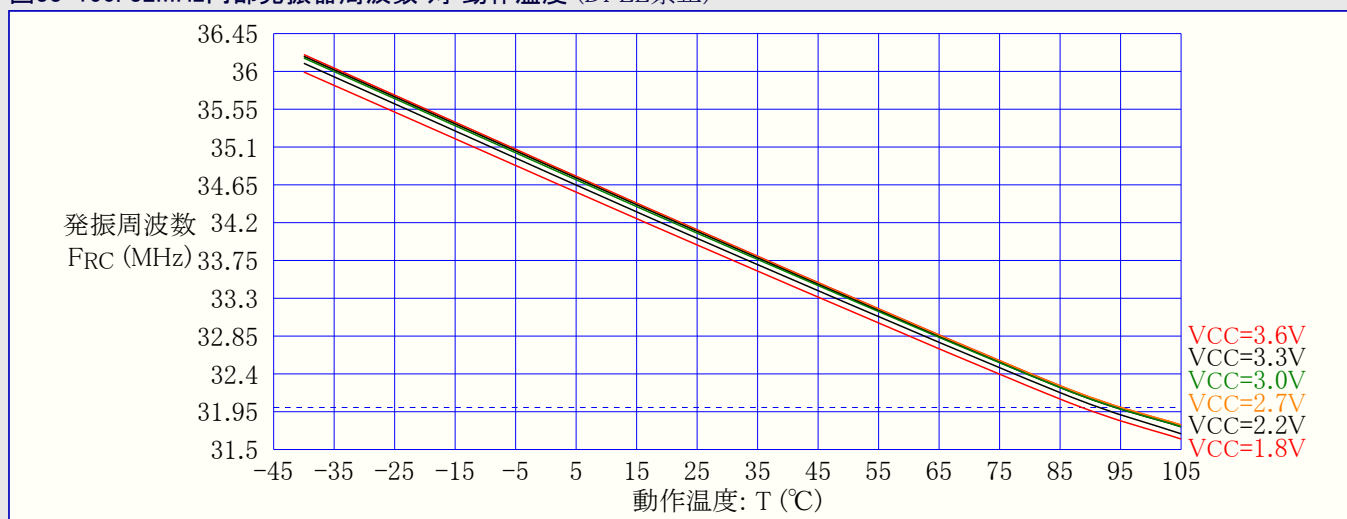


図33-151. 32MHz内部発振器周波数 対 動作温度 (32.768kHz内部発振器からでDFLL許可)

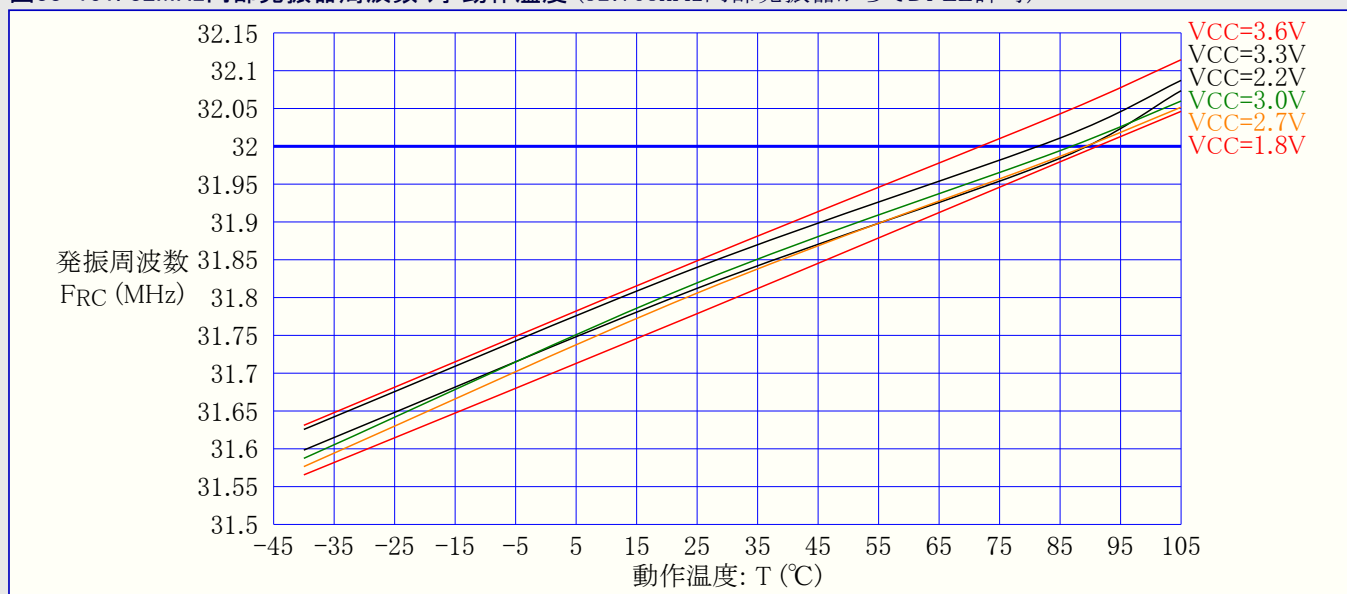
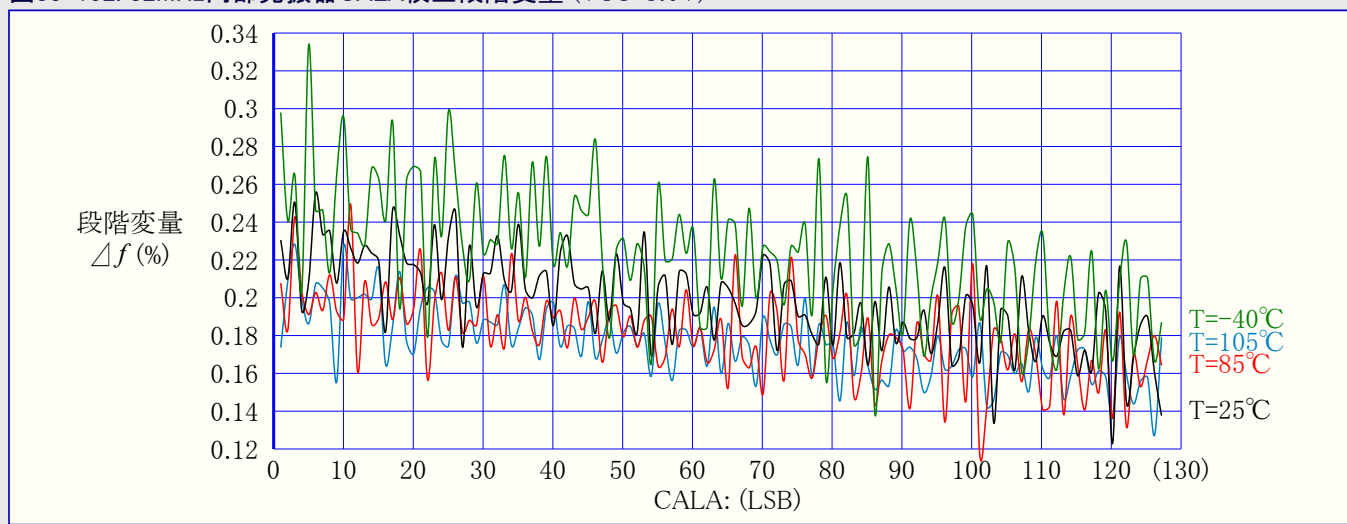




図33-152. 32MHz内部発振器CALA校正段階変量 (VCC=3.0V)



### 33.2.9.5. 48MHzに校正された32MHz内部発振器

図33-153. 48MHz内部発振器周波数 対 動作温度 (DFLL禁止)

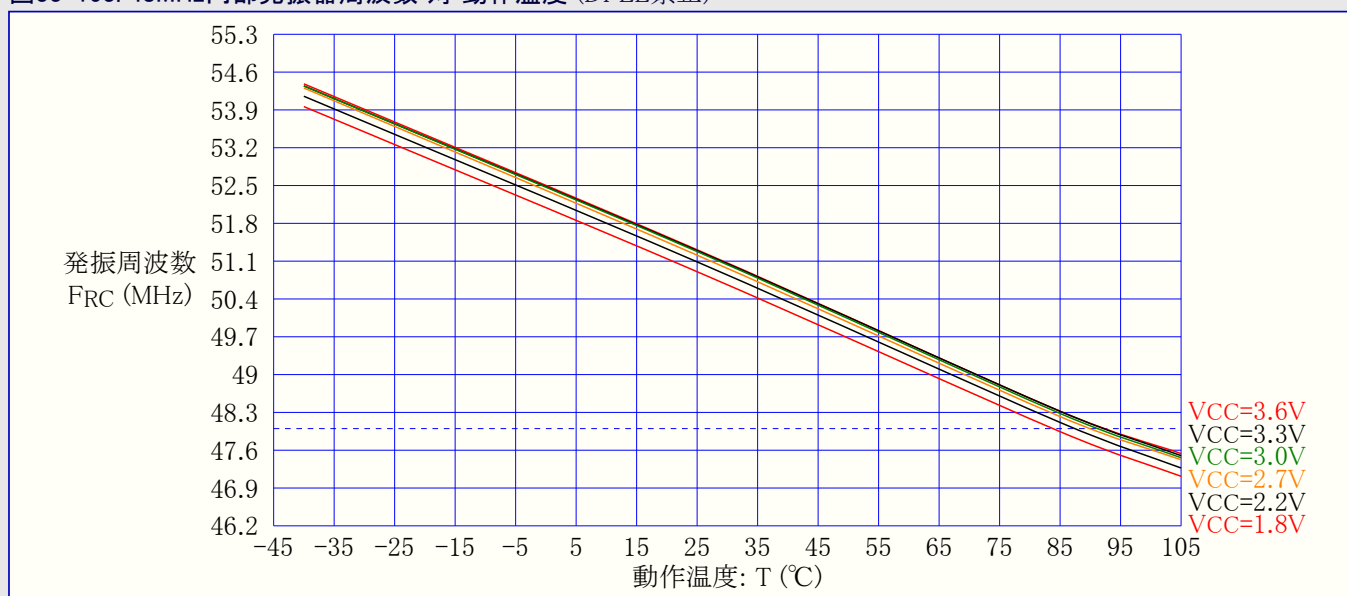
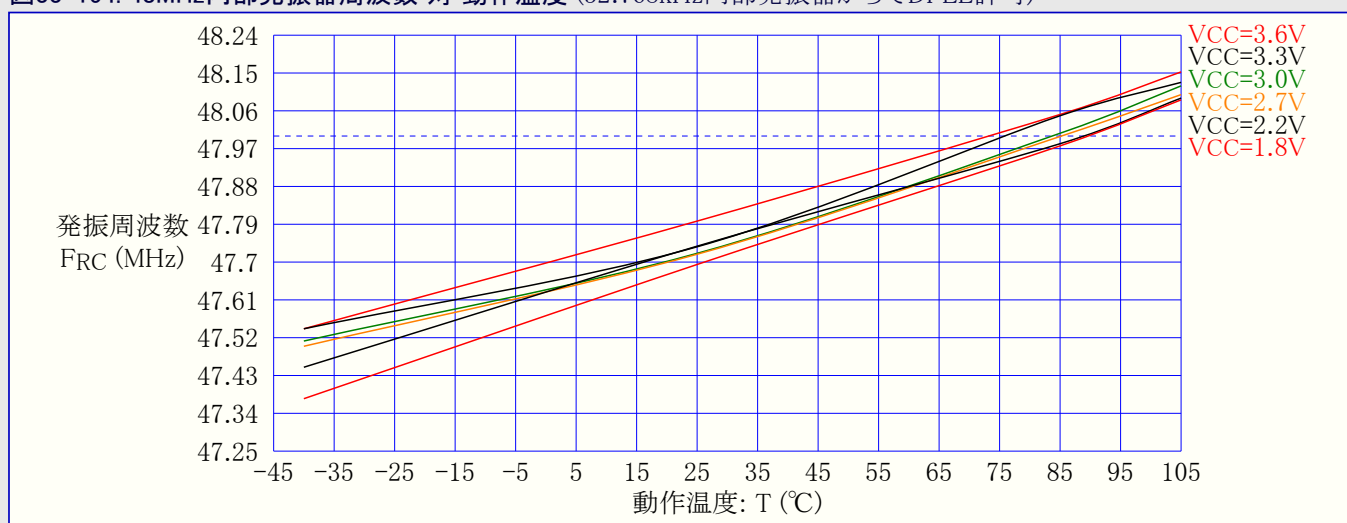
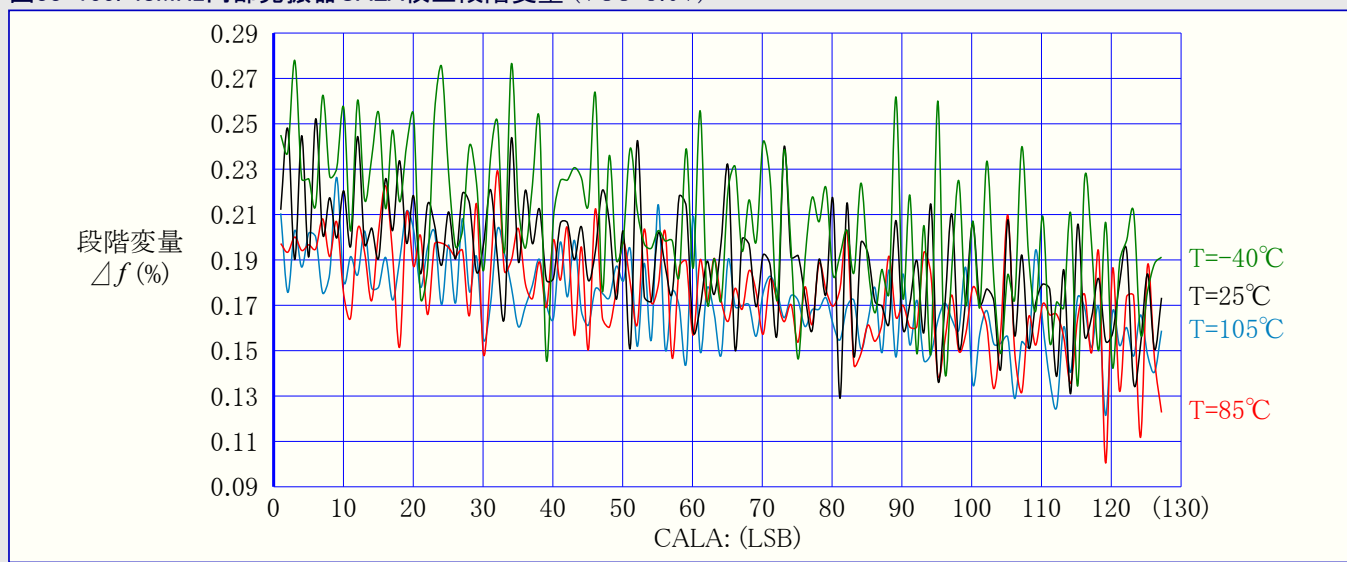


図33-154. 48MHz内部発振器周波数 対 動作温度 (32.768kHz内部発振器からでDFLL許可)



(訳注) 原書の図33-154.は32MHz用の図なので、本書では48MHz用に修正しています。

図33-155. 48MHz内部発振器CALA校正段階変量 (VCC=3.0V)



### 33.2.10. 2線インターフェース特性

図33-156. SDA保持時間 対 動作温度

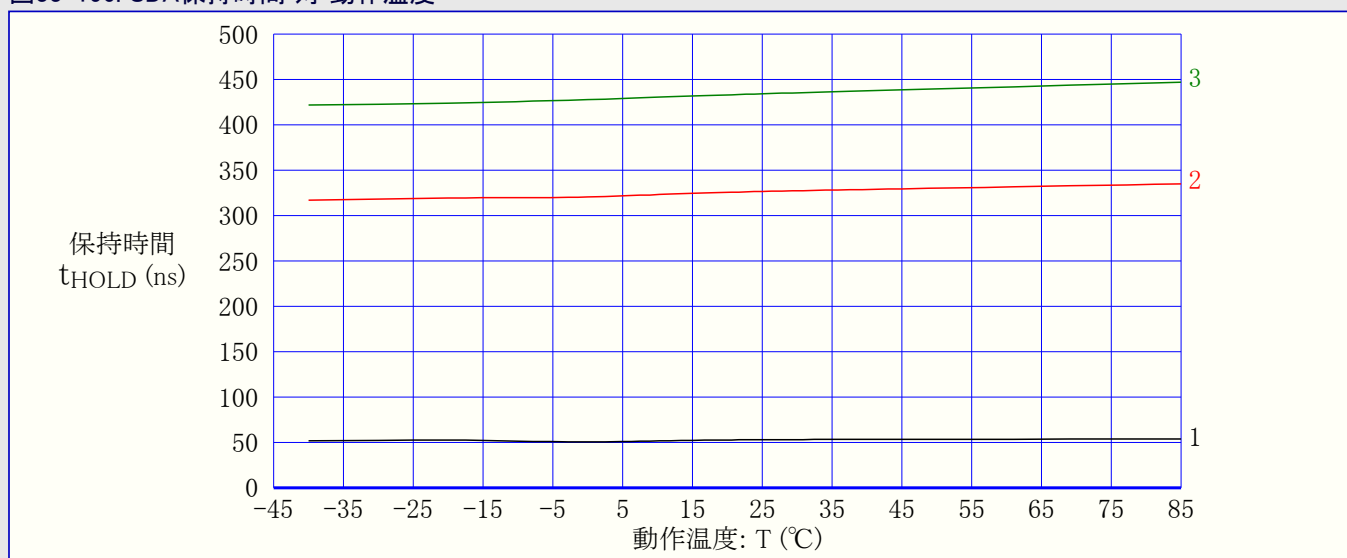
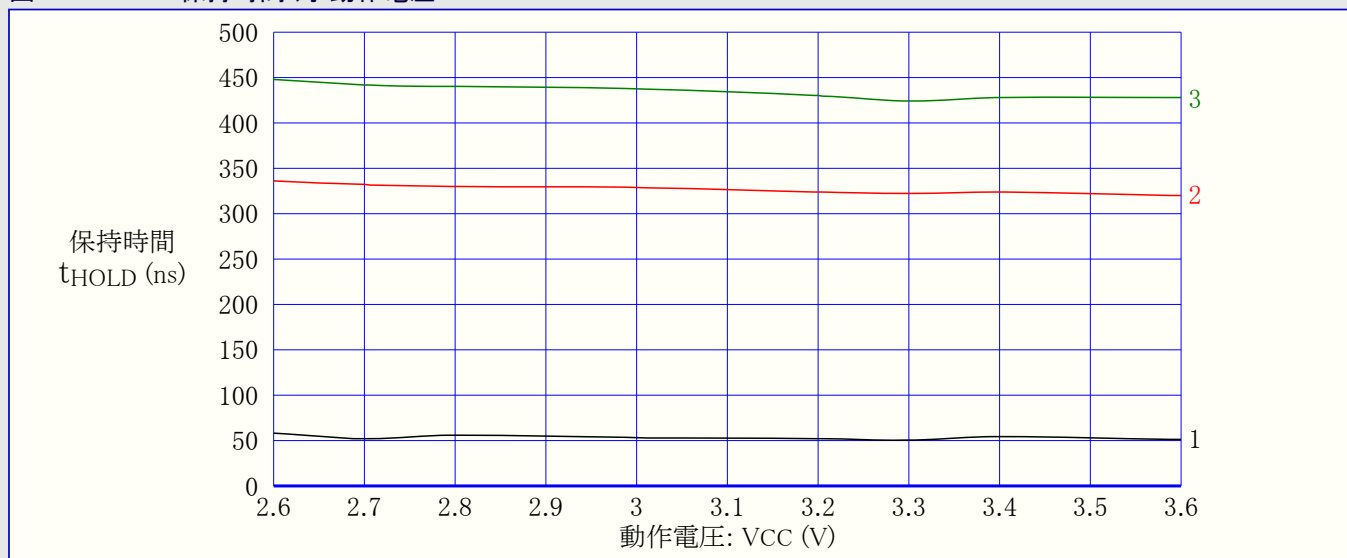
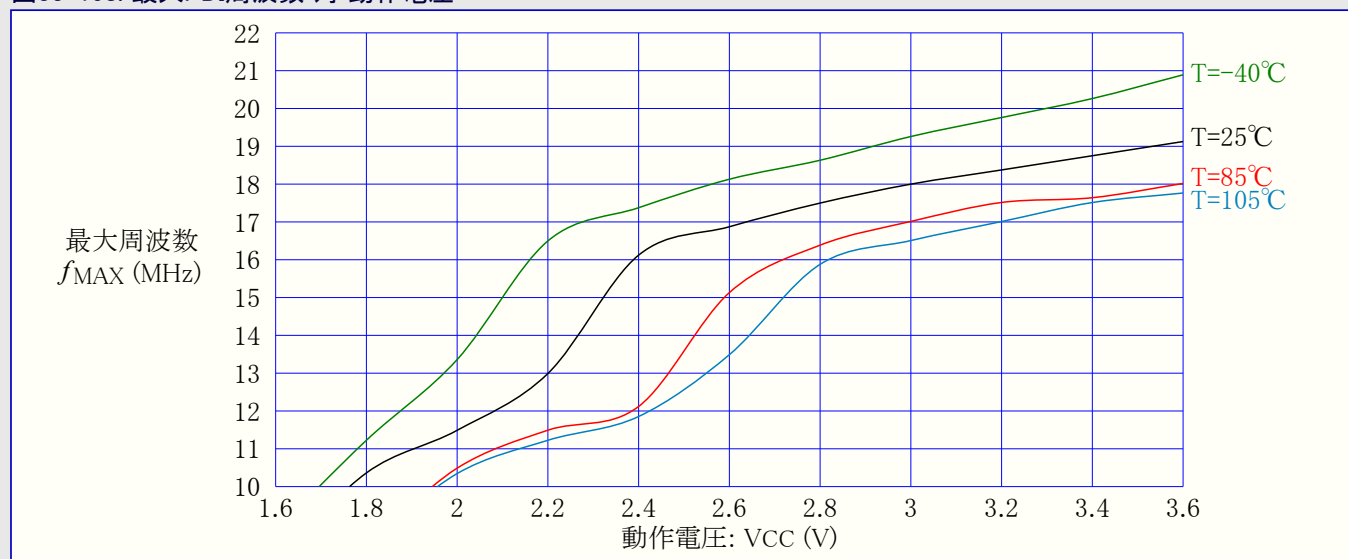


図33-157. SDA保持時間 対 動作電圧



### 33.2.11. PDI特性

図33-158. 最大PDI周波数 対 動作電圧



### 33.3. ATxmega64D4

#### 33.3.1. 消費電流

##### 33.3.1.1. 活動動作消費電流

図33-159. 活動動作消費電流 対 周波数 ( $f_{\text{SYS}}=0\sim 1.0\text{MHz}$ 外部クロック,  $T=25^\circ\text{C}$ )

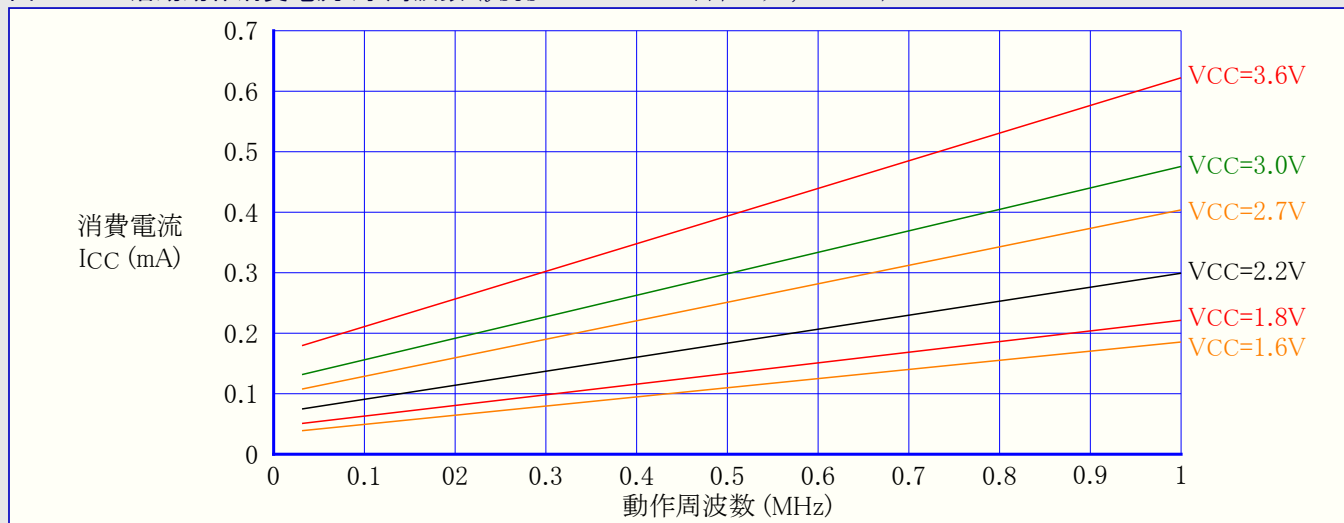


図33-160. 活動動作消費電流 対 周波数 ( $f_{\text{SYS}}=1\sim 32\text{MHz}$ 外部クロック,  $T=25^\circ\text{C}$ )

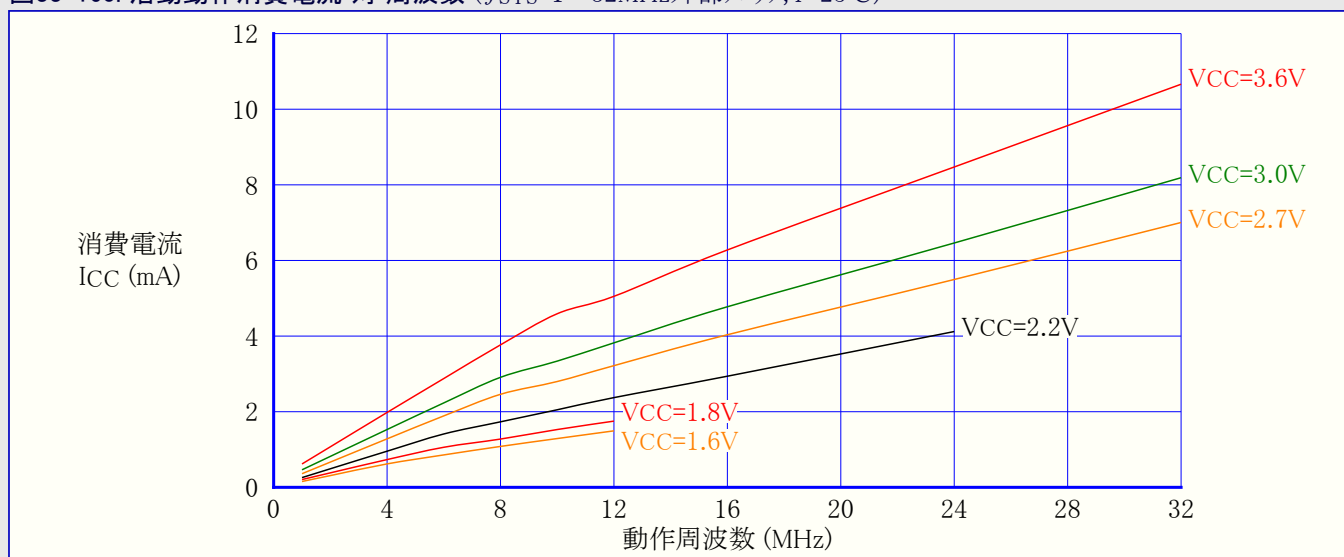


図33-161. 活動動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{\text{SYS}}=32.768\text{kHz}$ 内部発振器)

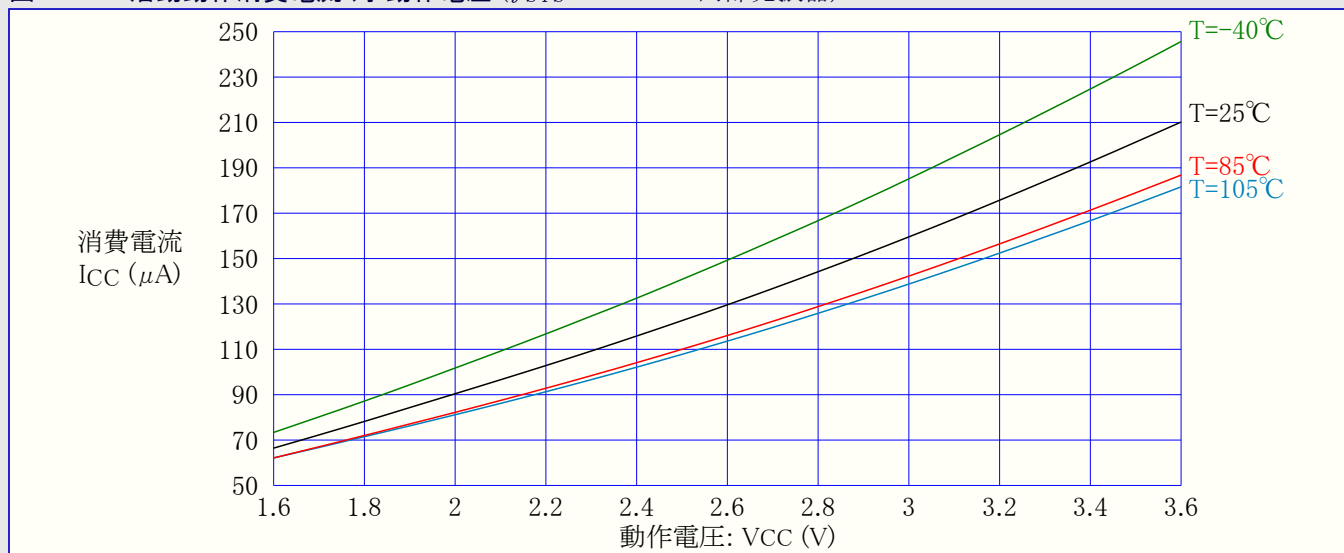


図33-162. 活動動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=1\text{MHz}$ 外部クロック)

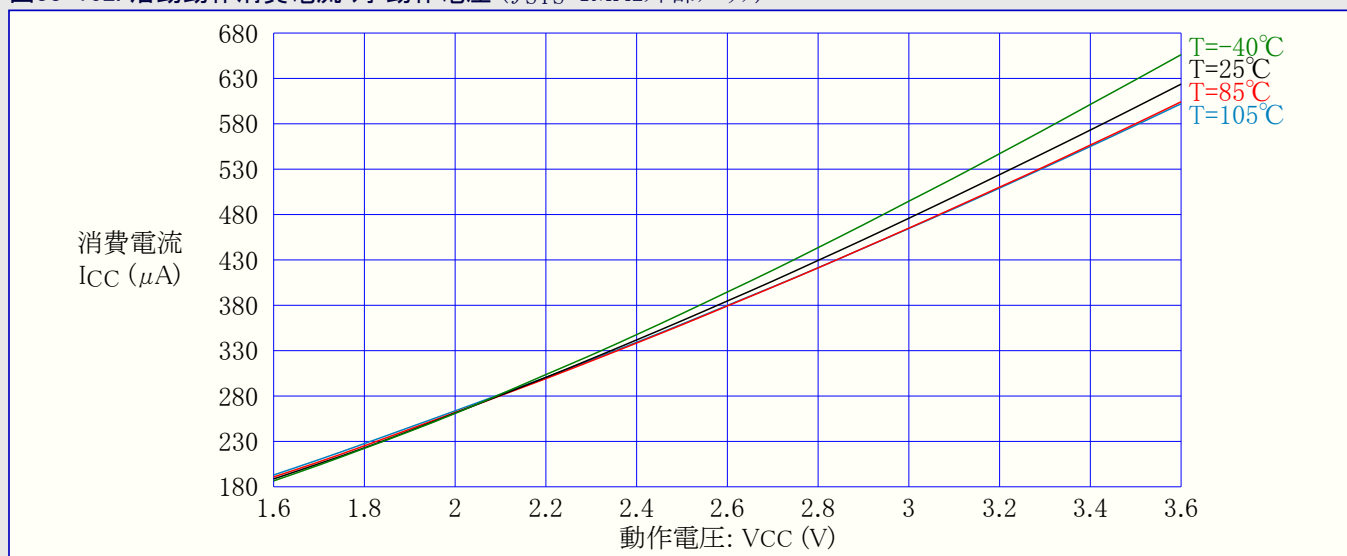


図33-163. 活動動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=2\text{MHz}$ 内部発振器)

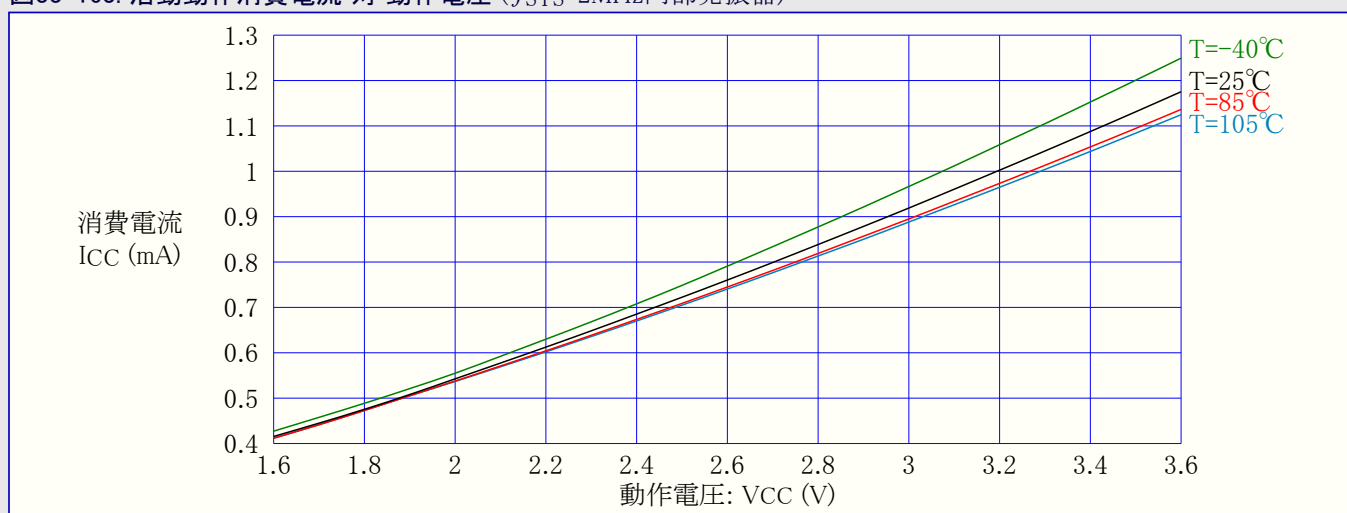


図33-164. 活動動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=8\text{MHz}$ に前置分周した32MHz内部発振器)

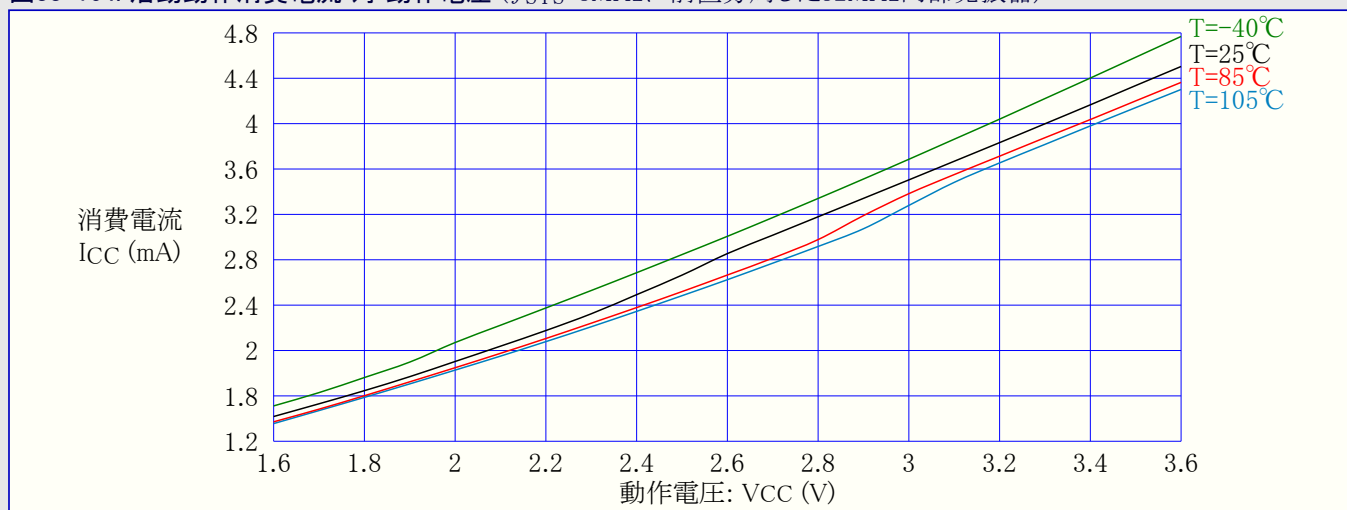
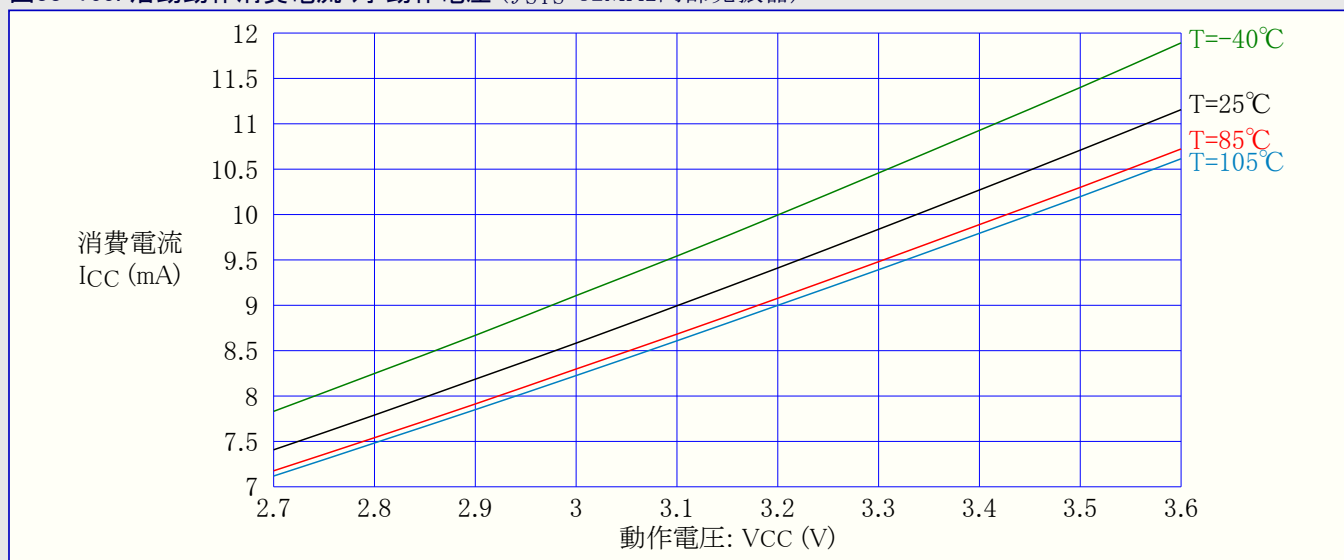


図33-165. 活動動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=32\text{MHz}$ 内部発振器)



### 33.3.1.2. アイドル動作消費電流

図33-166. アイドル動作消費電流 対 周波数 ( $f_{SYS}=0\sim 1.0\text{MHz}$ 外部クロック,  $T=25^{\circ}\text{C}$ )

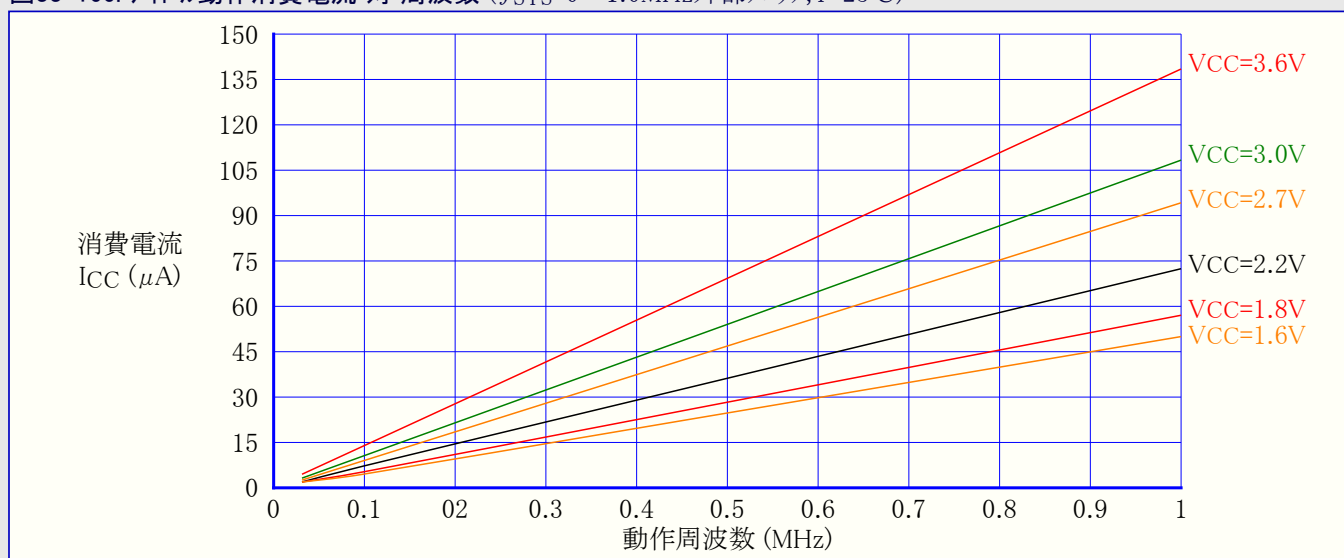


図33-167. アイドル動作消費電流 対 周波数 ( $f_{SYS}=1\sim 32\text{MHz}$ 外部クロック,  $T=25^{\circ}\text{C}$ )

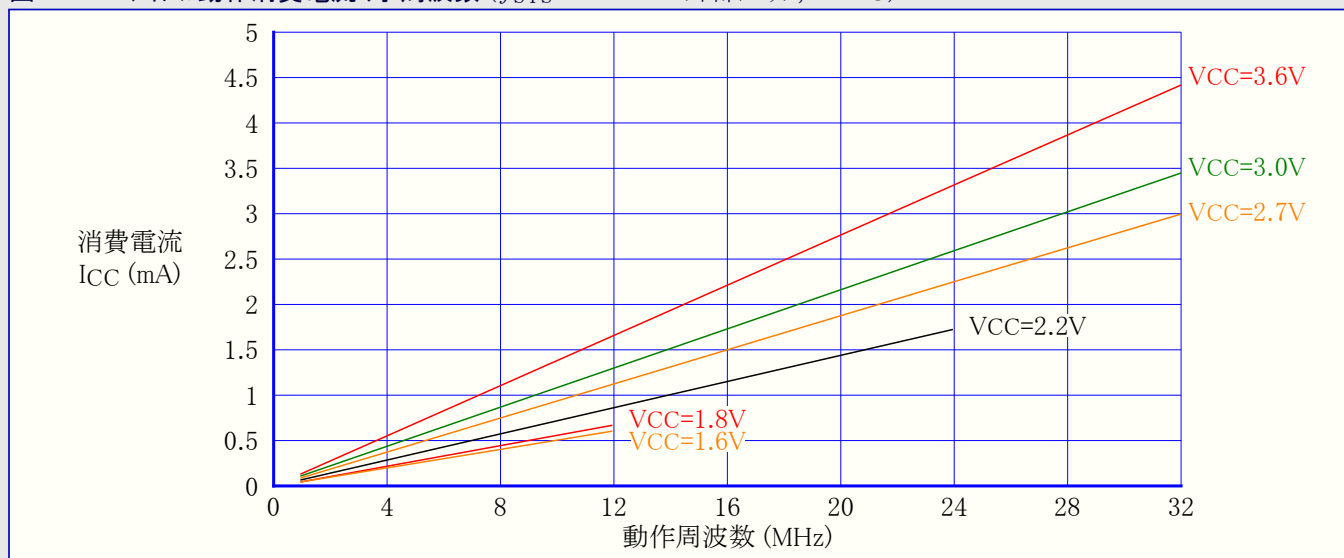


図33-168. アイドル動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=32.768\text{kHz}$ 内部発振器)

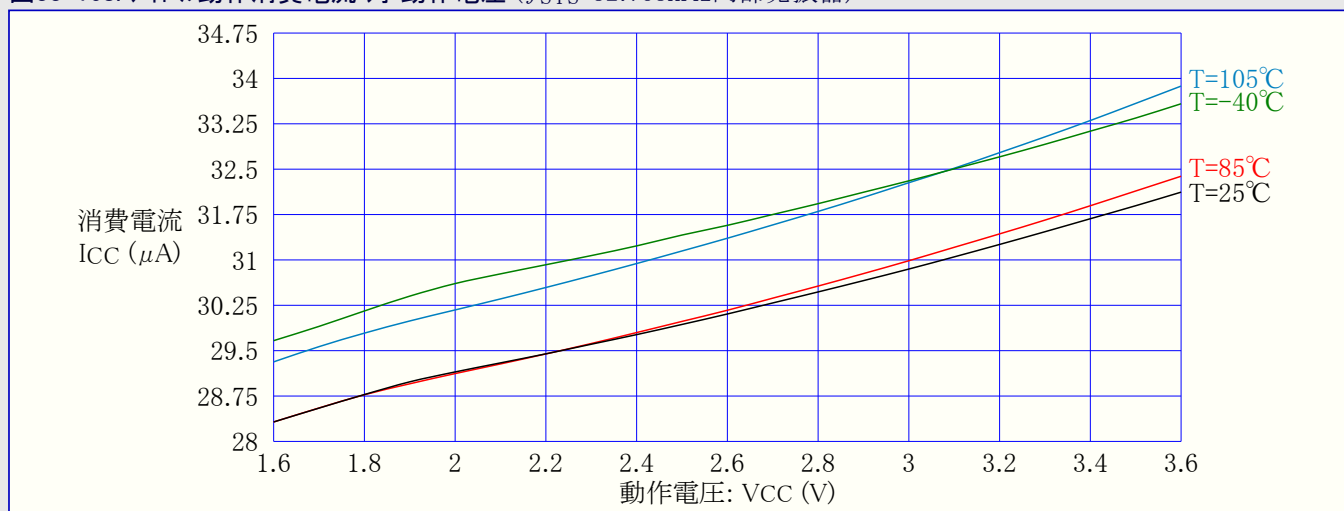


図33-169. アイドル動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=1\text{MHz}$ 外部発振器)

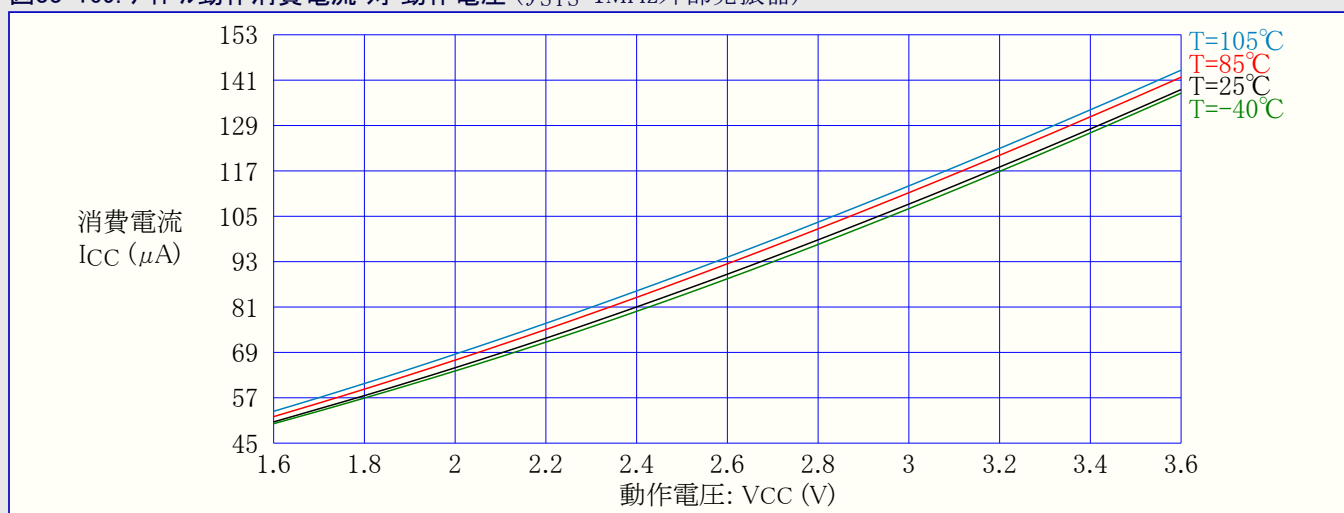


図33-170. アイドル動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=2\text{MHz}$ 内部発振器)

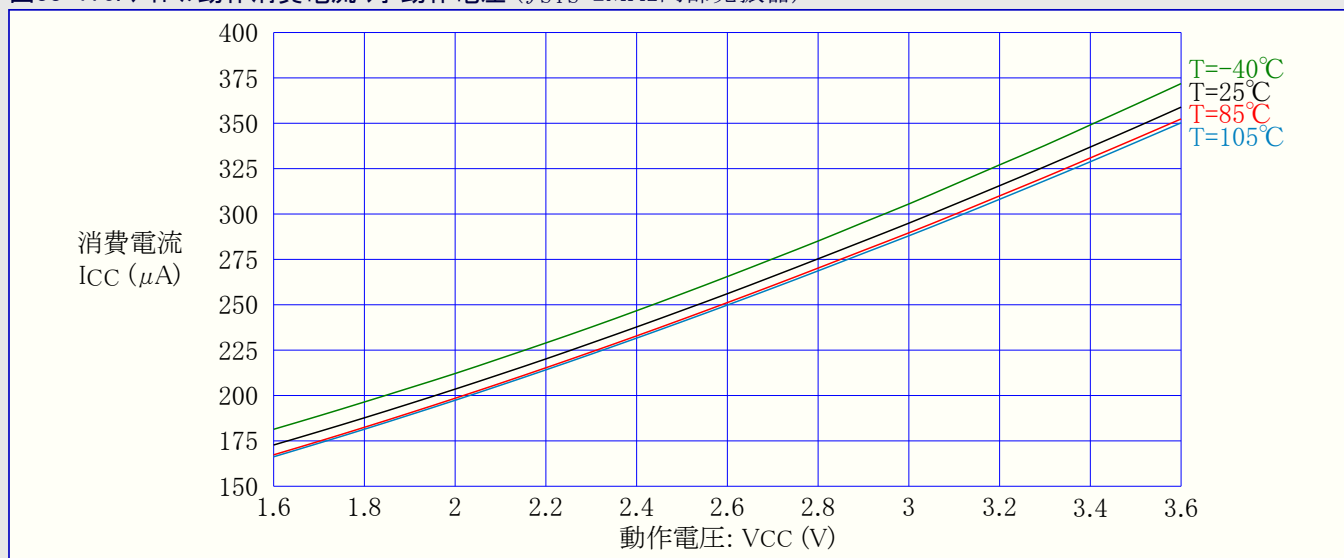


図33-171. アイドル動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=8\text{MHz}$ へ前置分周された32MHz内部発振器)

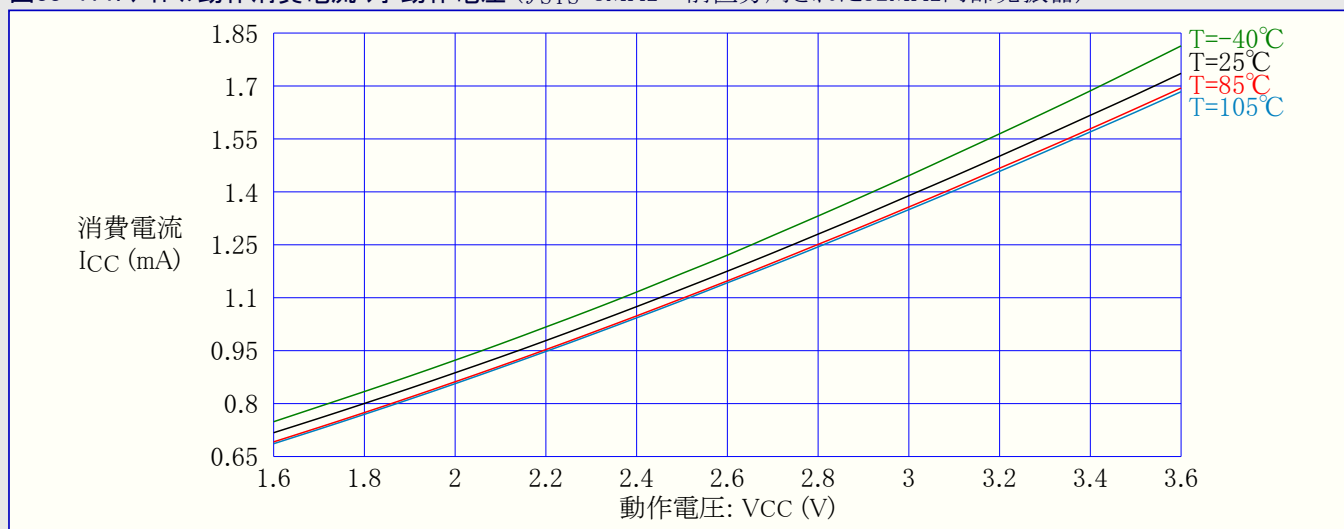
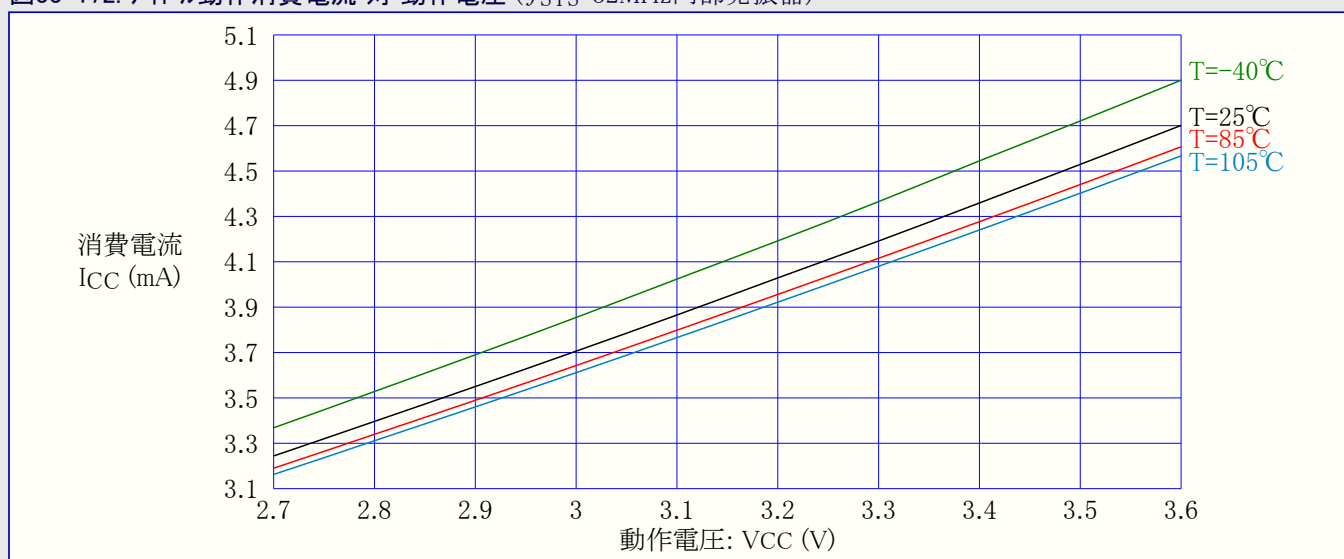


図33-172. アイドル動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=32\text{MHz}$ 内部発振器)



### 33.3.1.3. パワーダウン動作消費電流

図33-173. パワーダウン動作消費電流 対 動作温度 (全機能禁止)

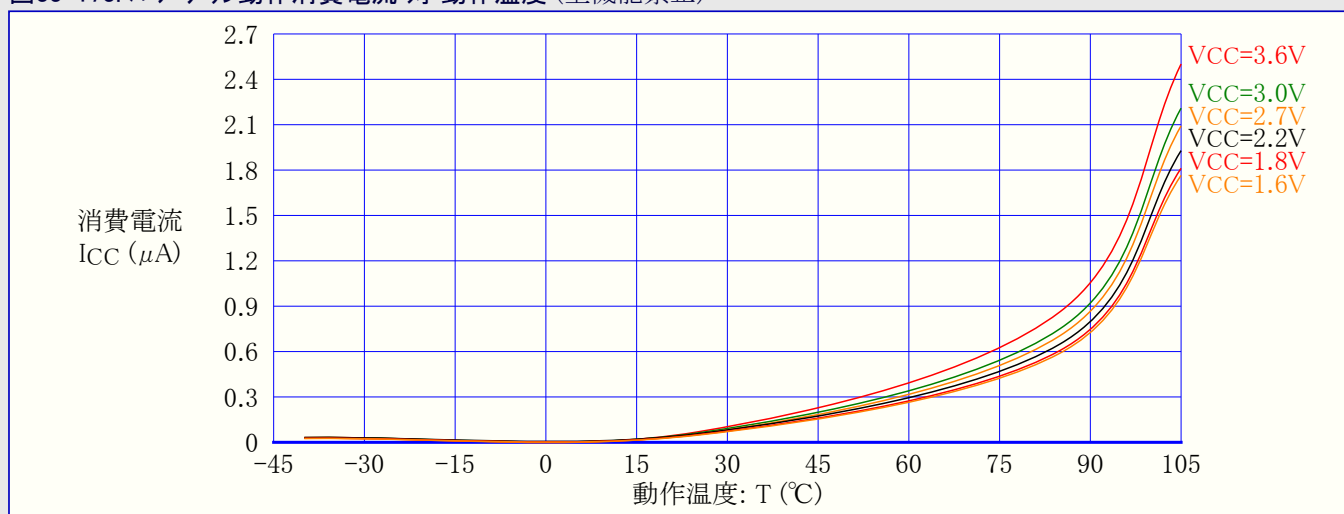




図33-174. パワーダウン動作消費電流 対 動作電圧 (全機能禁止)

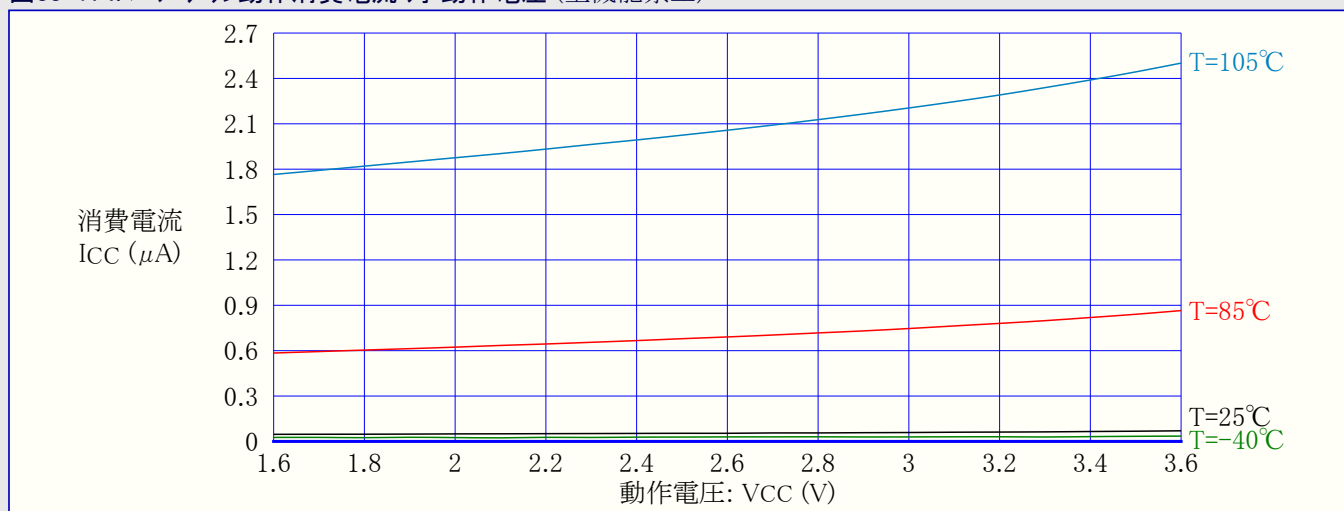
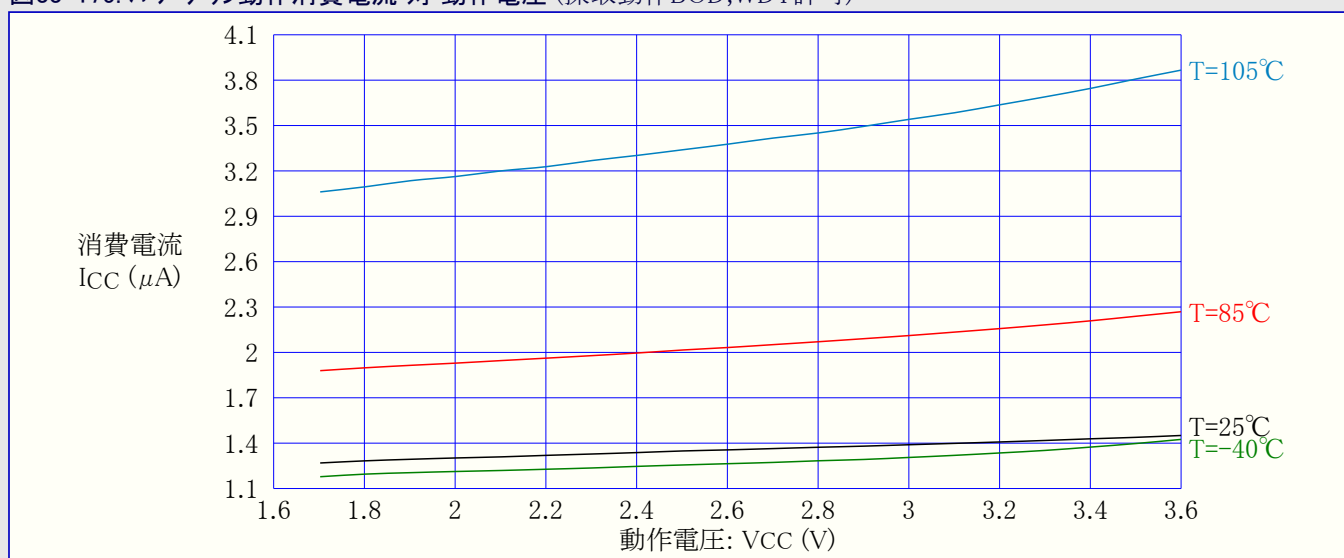
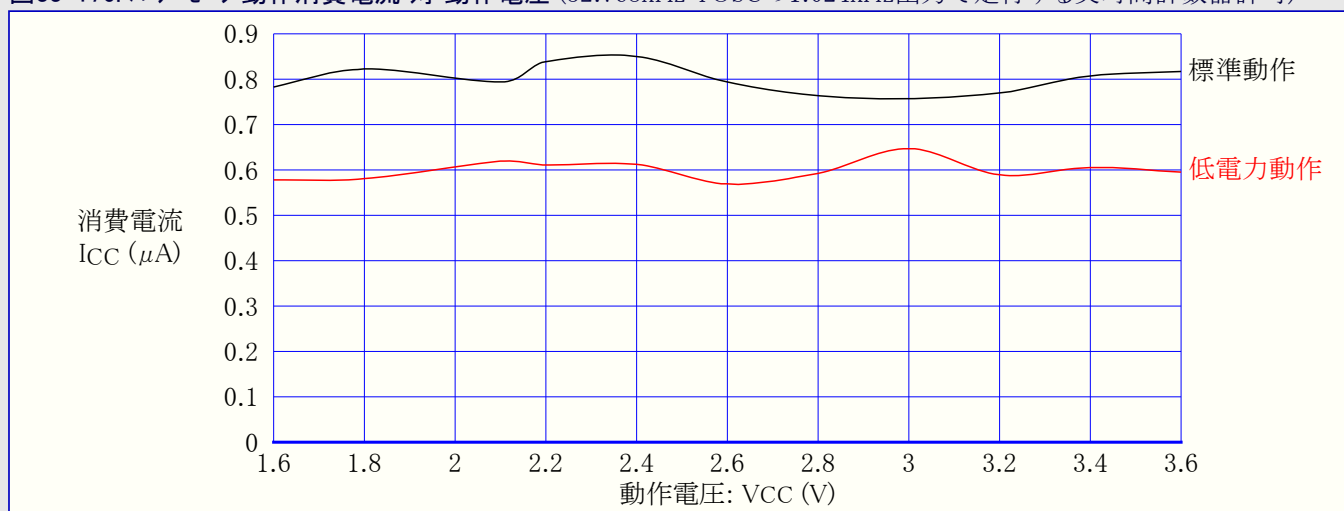


図33-175. パワーダウン動作消費電流 対 動作電圧 (採取動作BOD, WDT許可)



#### 33.3.1.4. パワーセーブ動作消費電流

図33-176. パワーセーブ動作消費電流 対 動作電圧 (32.768kHz TOSCの1.024kHz出力で走行する実時間計数器許可)



### 33.3.1.5. スタンバイ動作消費電流

図33-177. スタンバイ動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=1MHz$ )

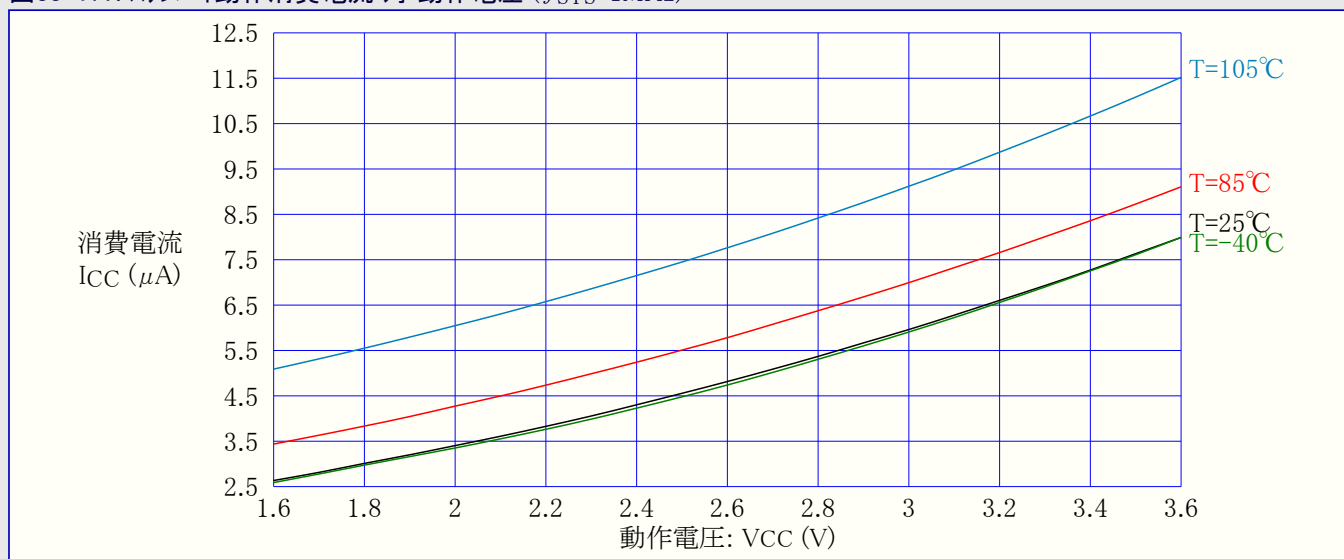
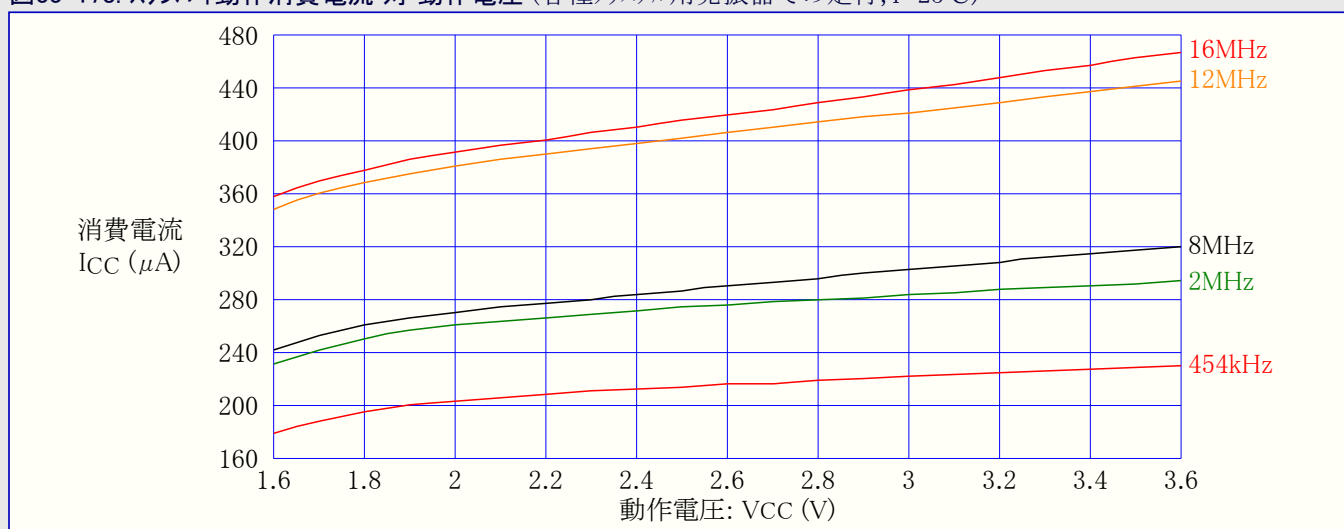


図33-178. スタンバイ動作消費電流 対 動作電圧 (各種クリスタル用発振器での走行, T=25°C)



### 33.3.2. 入出力ピン特性

#### 33.3.2.1. プルアップ

図33-179. I/Oピンプルアップ抵抗電流 対 入力電圧 (VCC=1.8V)

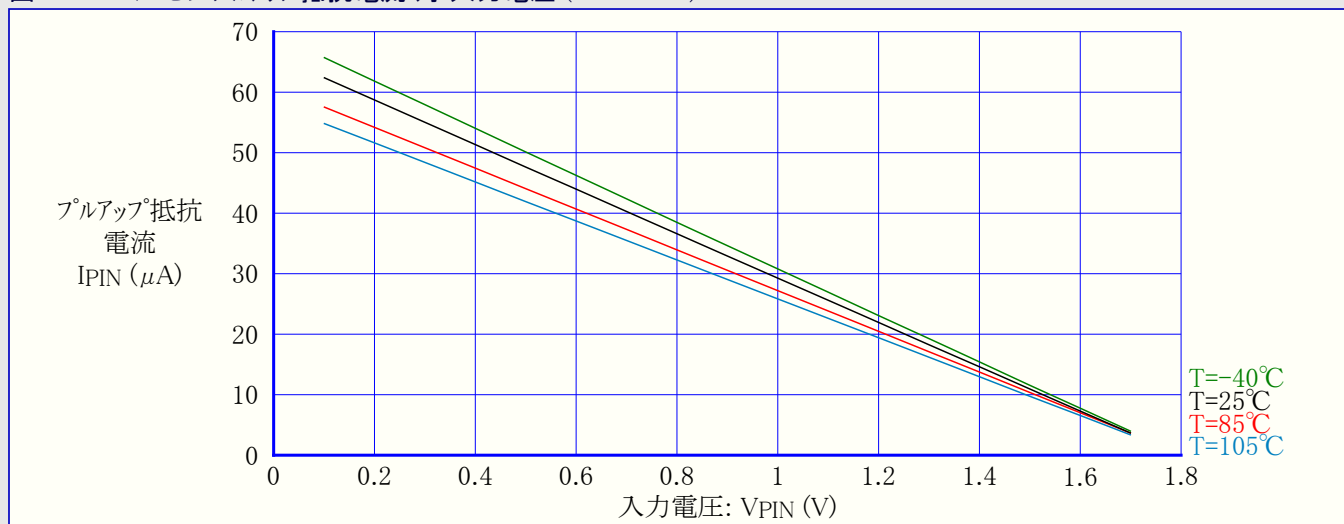


図33-180. I/Oピンプルアップ抵抗電流 対 入力電圧 (VCC=3.0V)

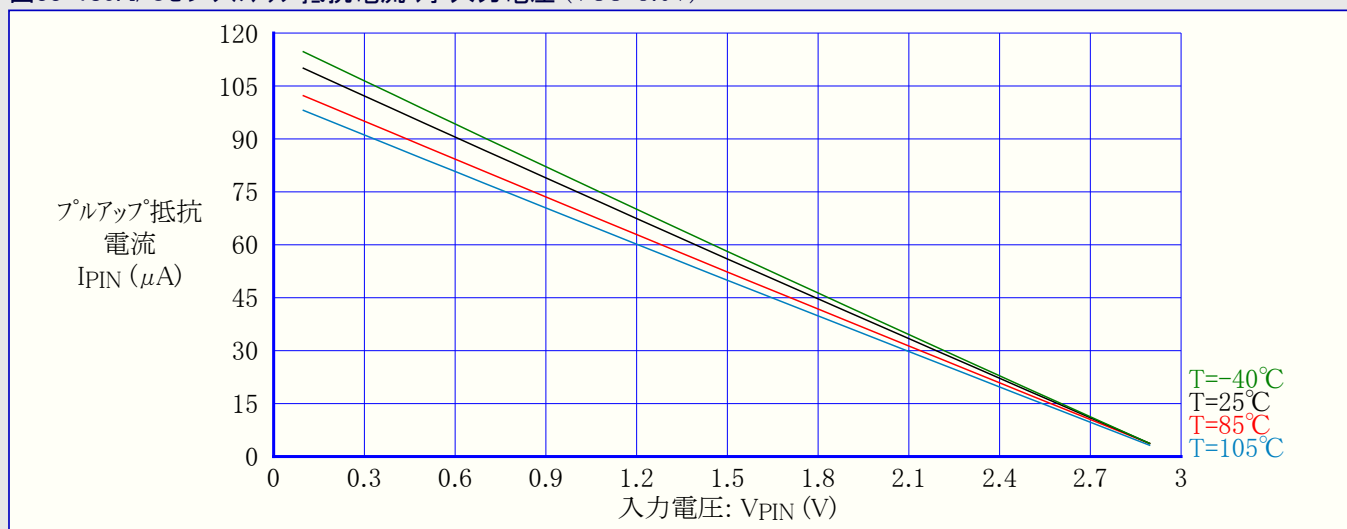
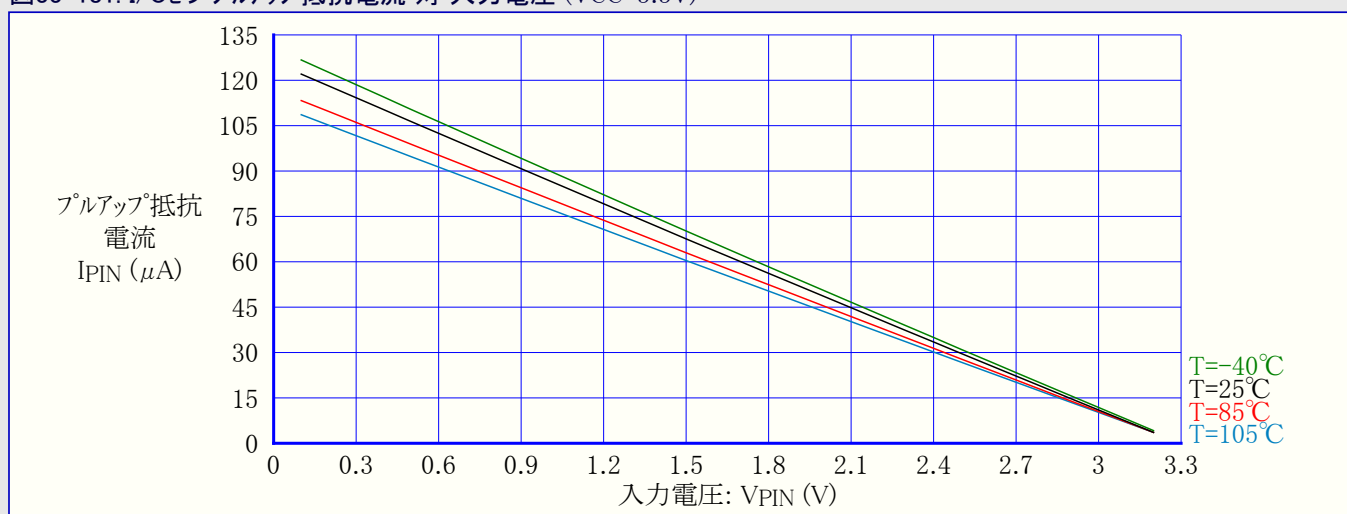


図33-181. I/Oピンプルアップ抵抗電流 対 入力電圧 (VCC=3.3V)



### 33.3.2.2. 出力電圧 対 シンク/ソース電流

図33-182. I/Oピン出力電圧 対 ソース電流 (VCC=1.8V)

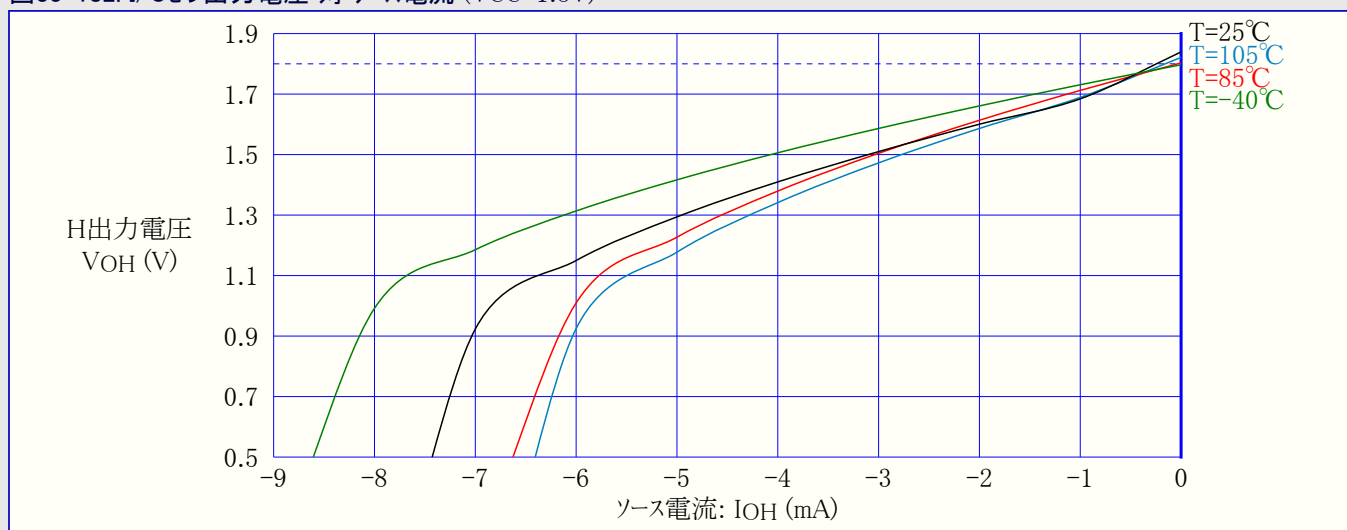


図33-183. I/Oピン出力電圧 対 ソース電流 (VCC=3.0V)

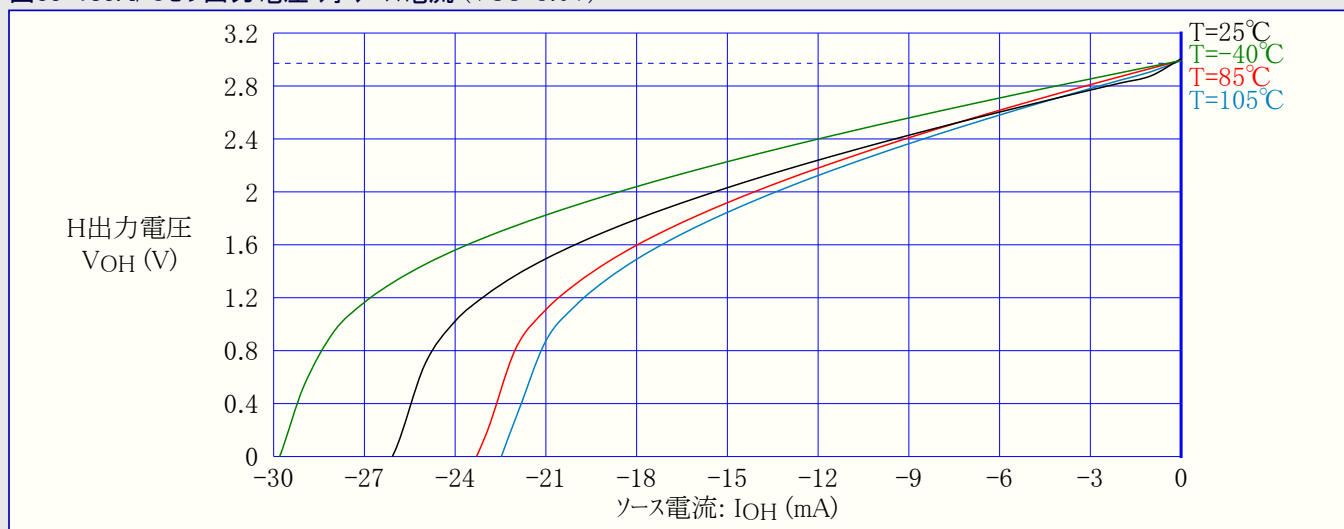


図33-184. I/Oピン出力電圧 対 ソース電流 (VCC=3.3V)

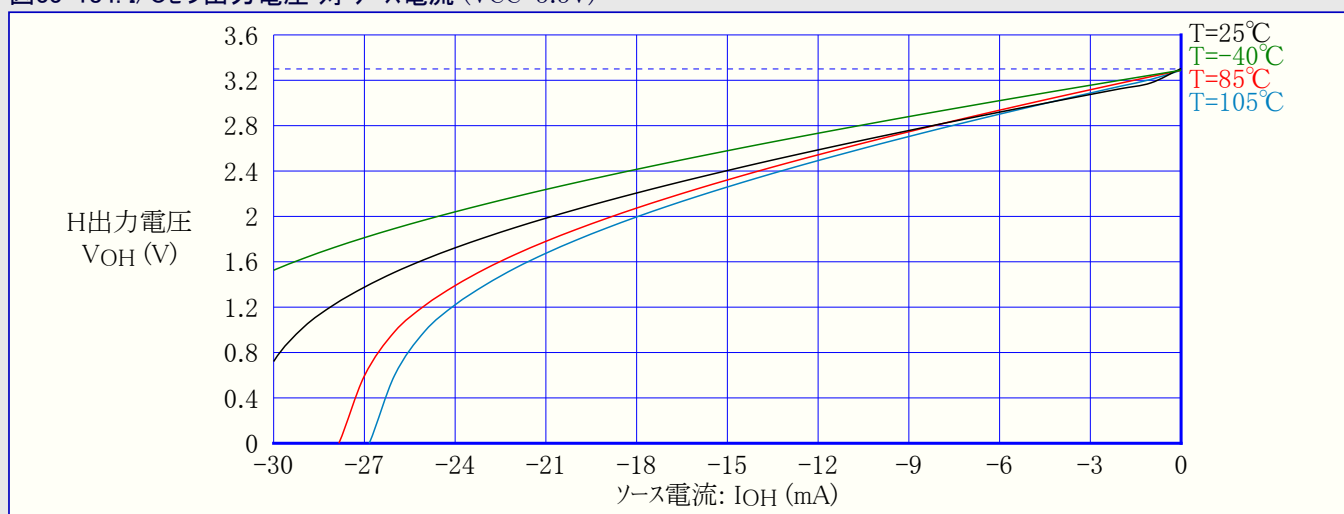


図33-185. I/Oピン出力電圧 対 ソース電流 (T=25°C)

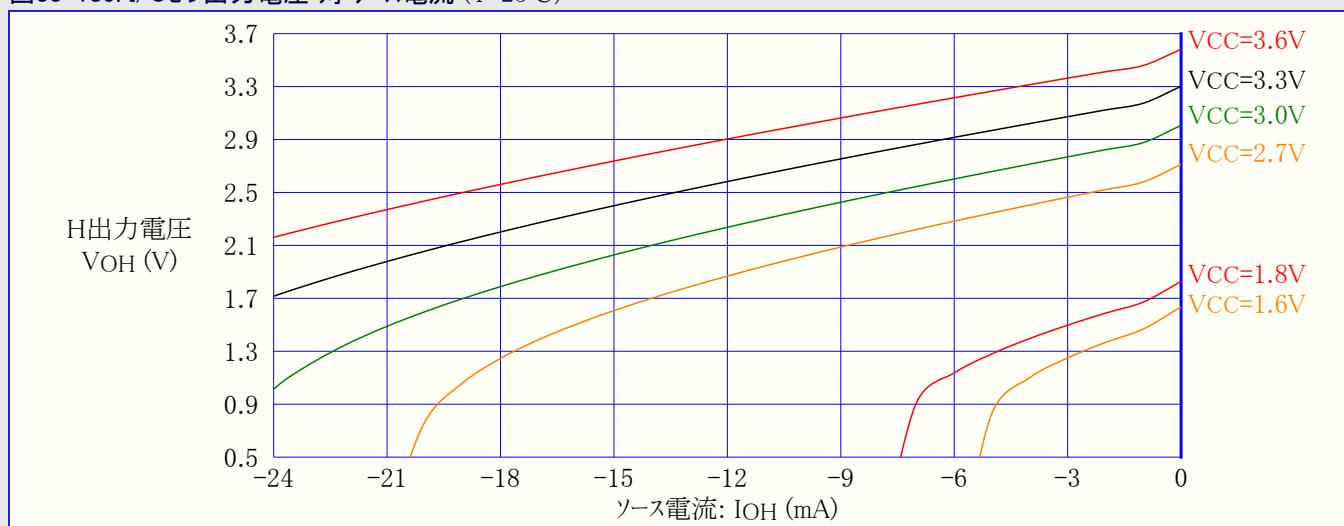


図33-186. I/Oピン出力電圧 対 シンク電流 (VCC=1.8V)

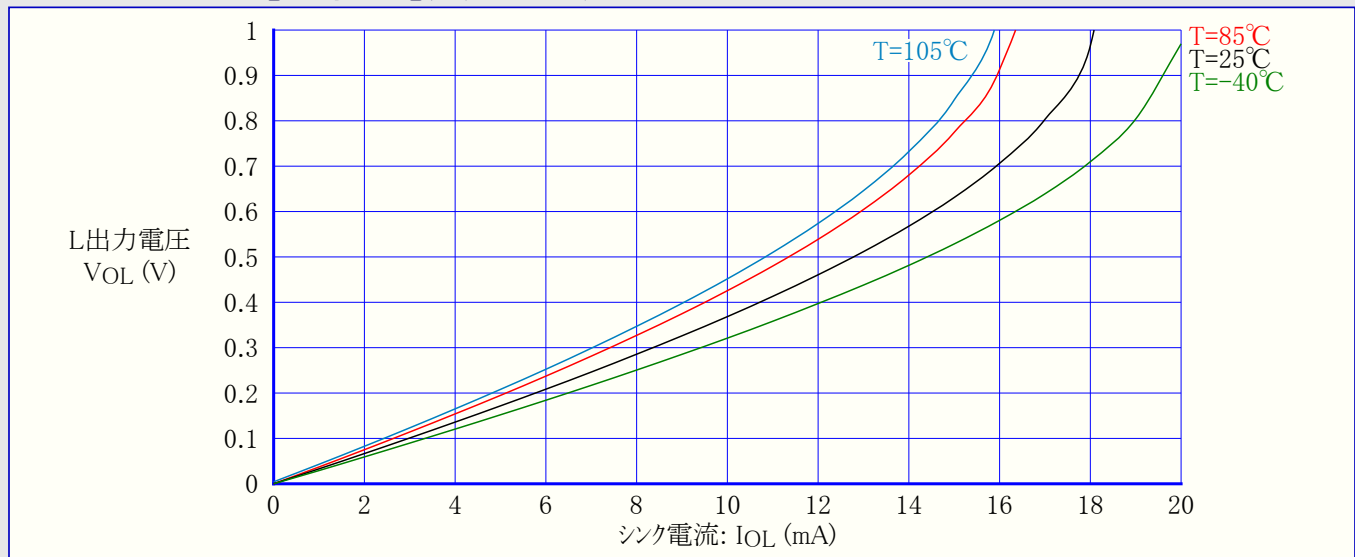


図33-187. I/Oピン出力電圧 対 シンク電流 (VCC=3.0V)

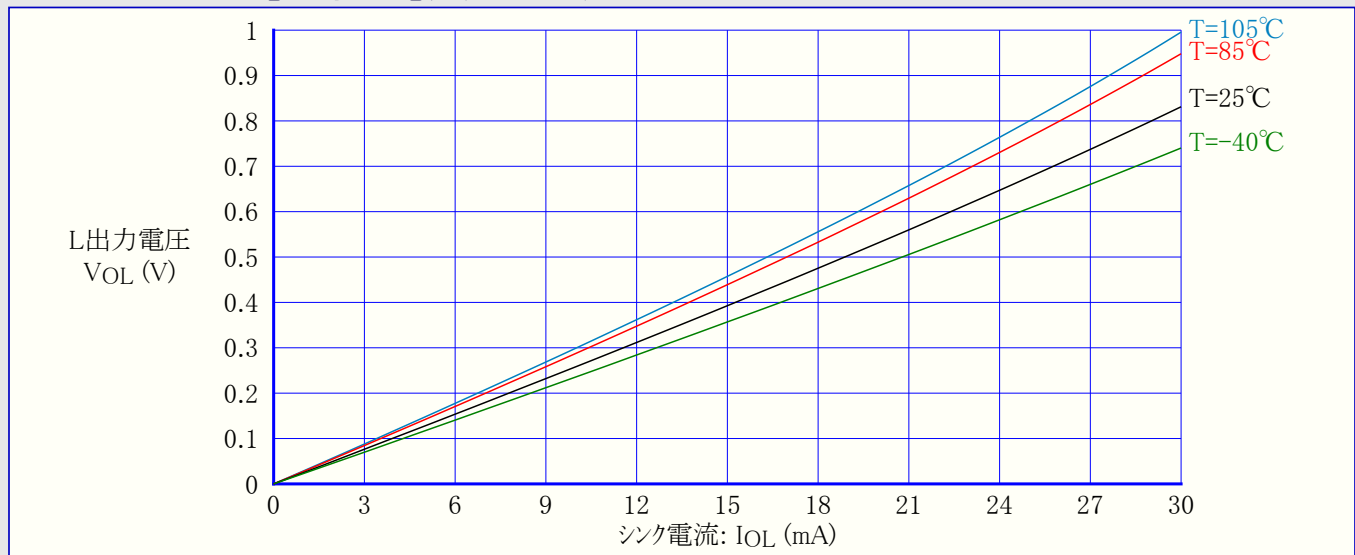


図33-188. I/Oピン出力電圧 対 シンク電流 (VCC=3.3V)

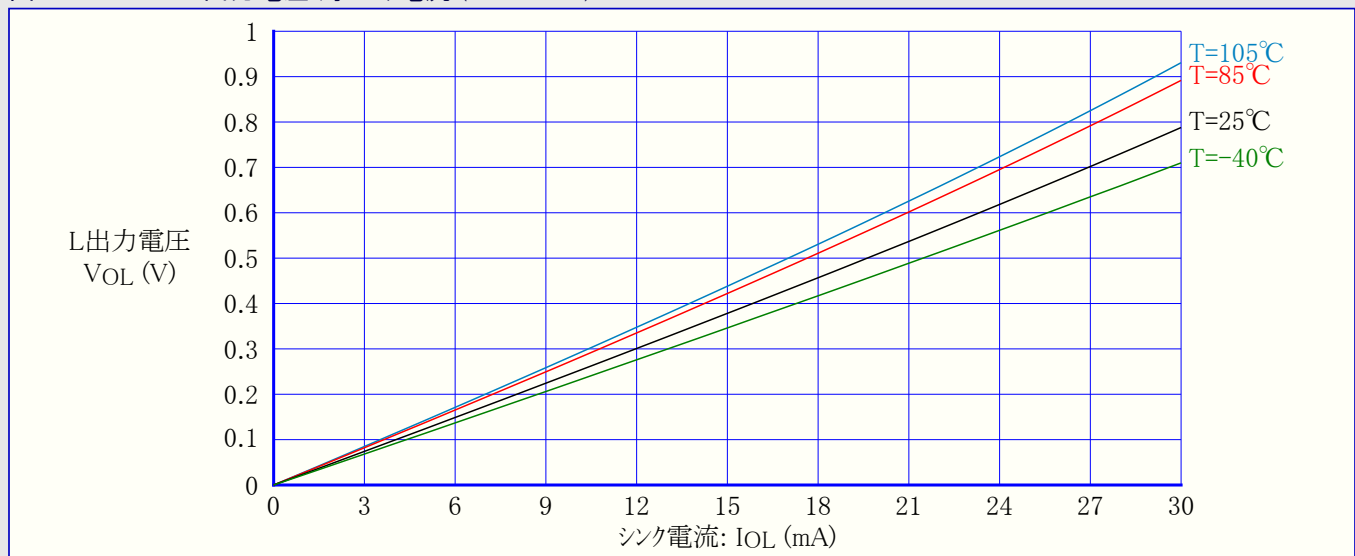
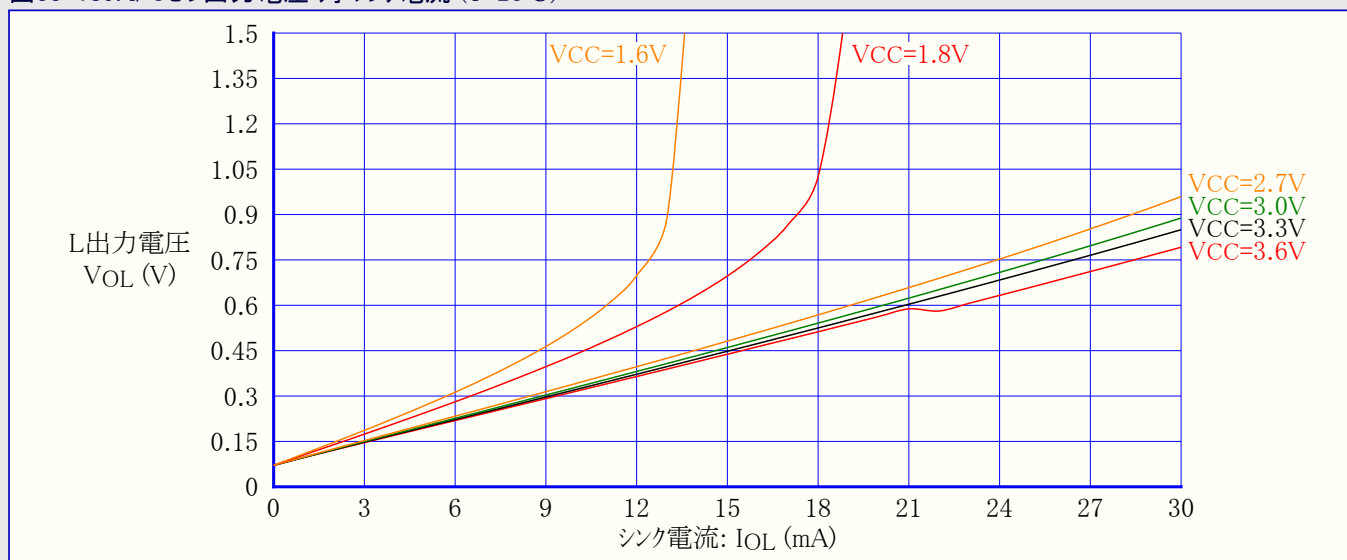


図33-189. I/Oピン出力電圧 対 シンク電流 (T=25°C)



### 33.3.2.3. 閾値とヒステリシス

図33-190. I/Oピン入力閾値(スレッショルド)電圧 対 動作電圧 (T=25°C)

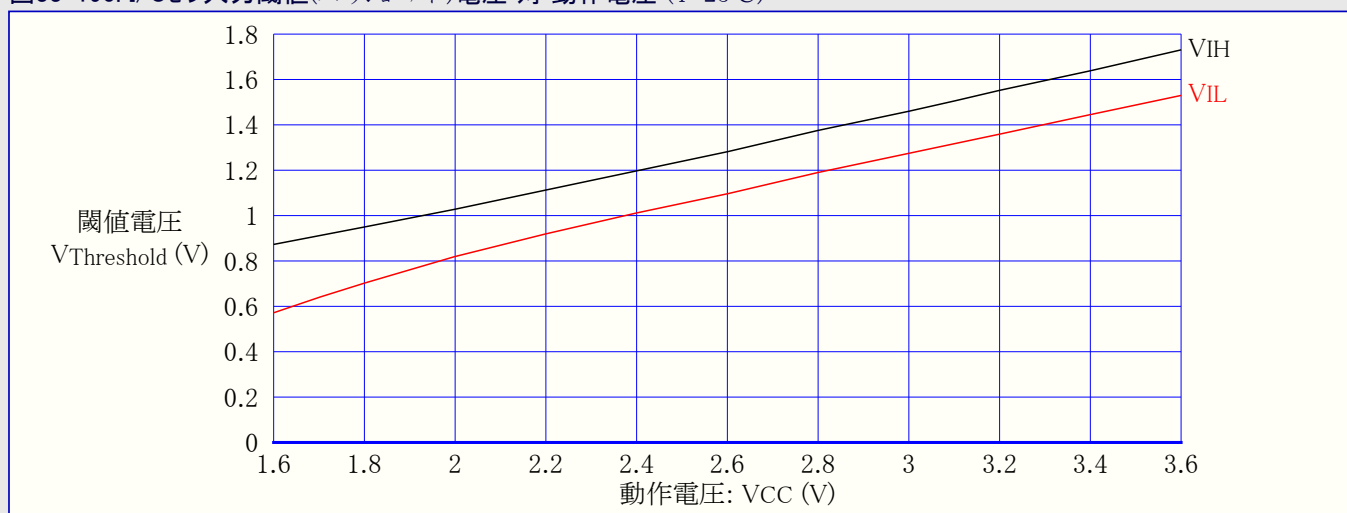


図33-191. I/Oピン入力閾値(スレッショルド)電圧 対 動作電圧 ( $V_{IH}$ , I読み値)

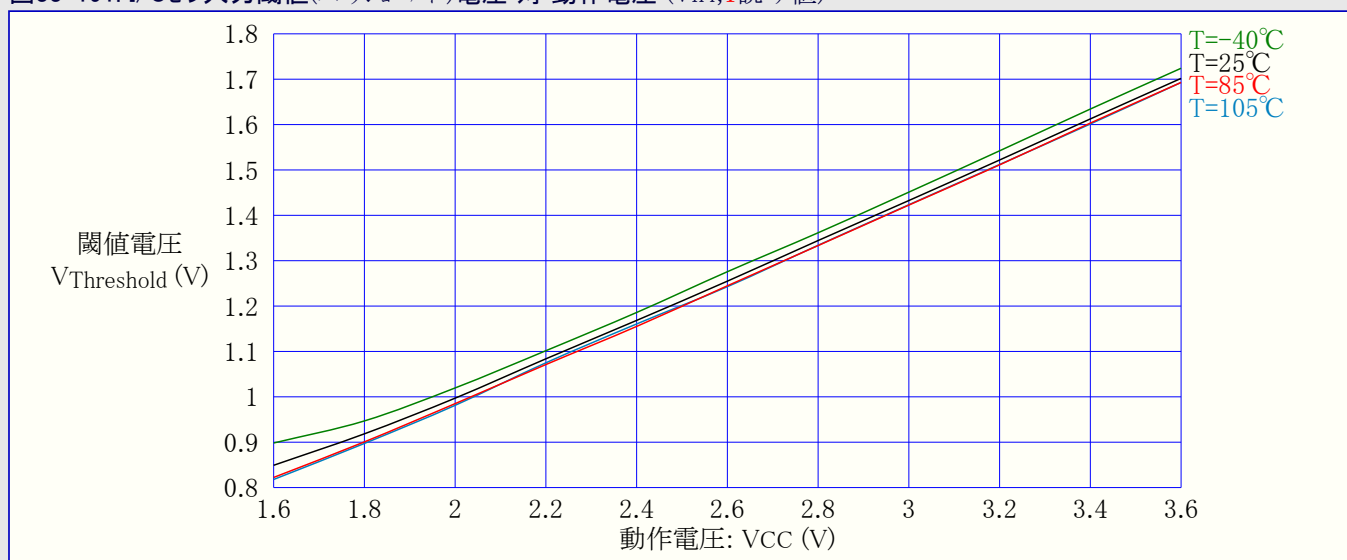


図33-192. I/Oピン入力閾値(スレッショルド)電圧 対 動作電圧 (VIL,0読み値)

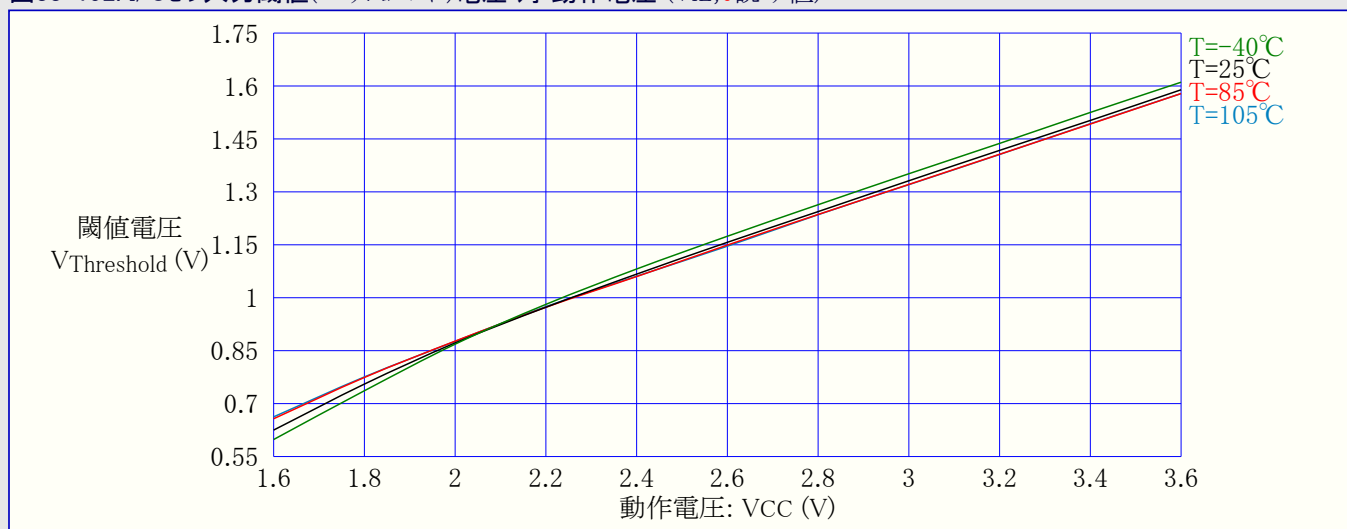
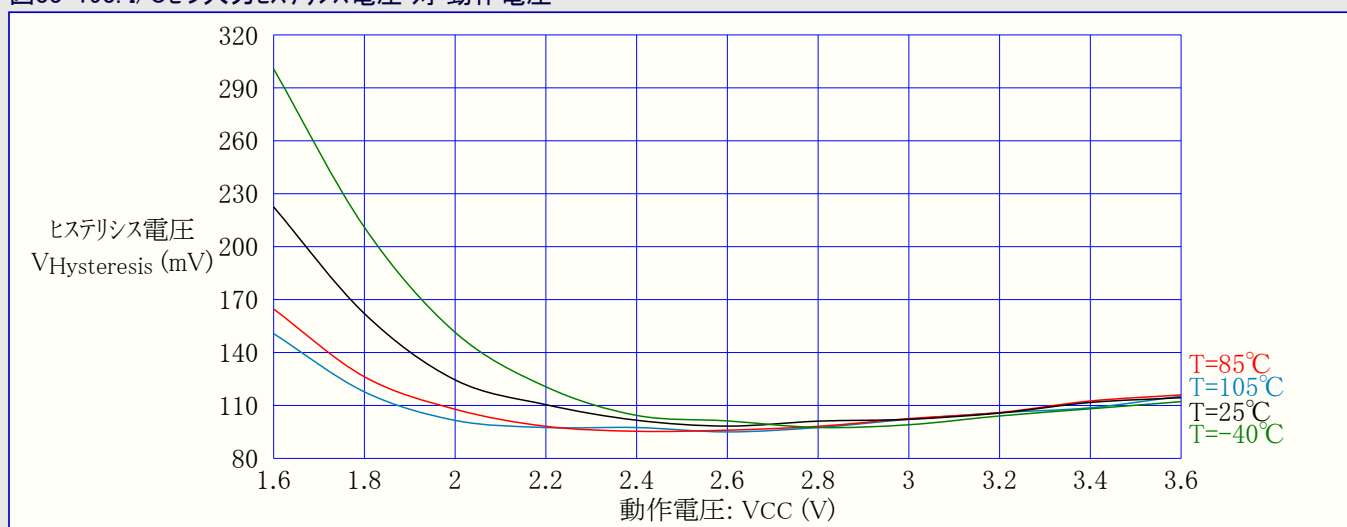


図33-193. I/Oピン入力ヒステリシス電圧 対 動作電圧



### 33.3.3. A/D変換器(ADC)特性

図33-194. ADC積分性誤差(INL) 対 外部VREF ( $T=25^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{CC}=3.6\text{V}$ )

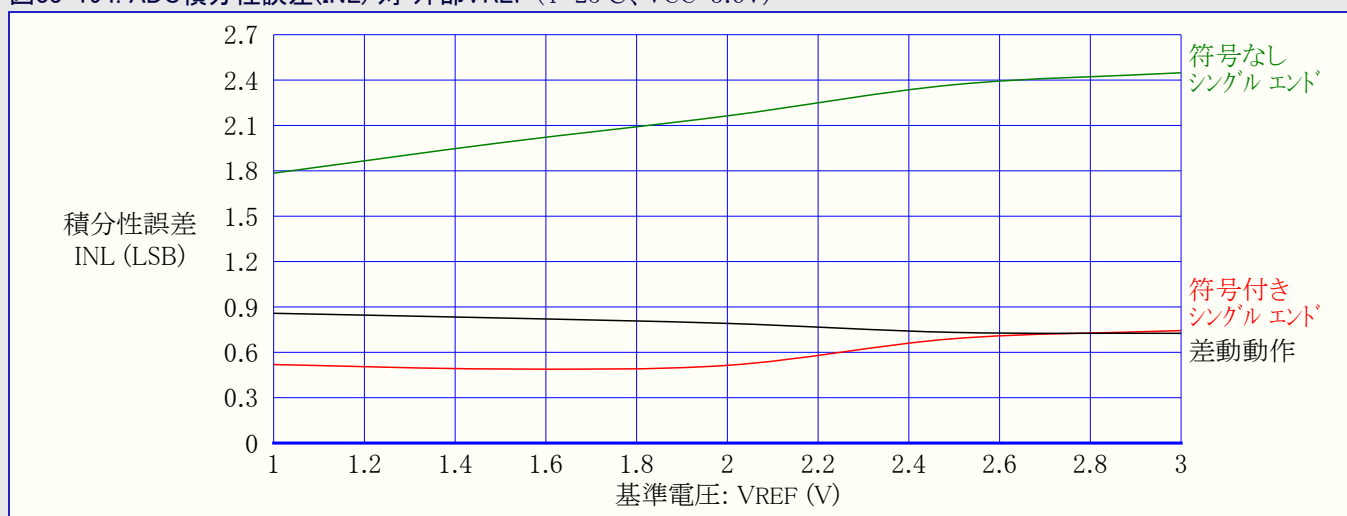


図33-195. ADC積分性誤差(INL) 対 採取速度 (T=25°C、VCC=2.7V、VREF=外部1.0V)

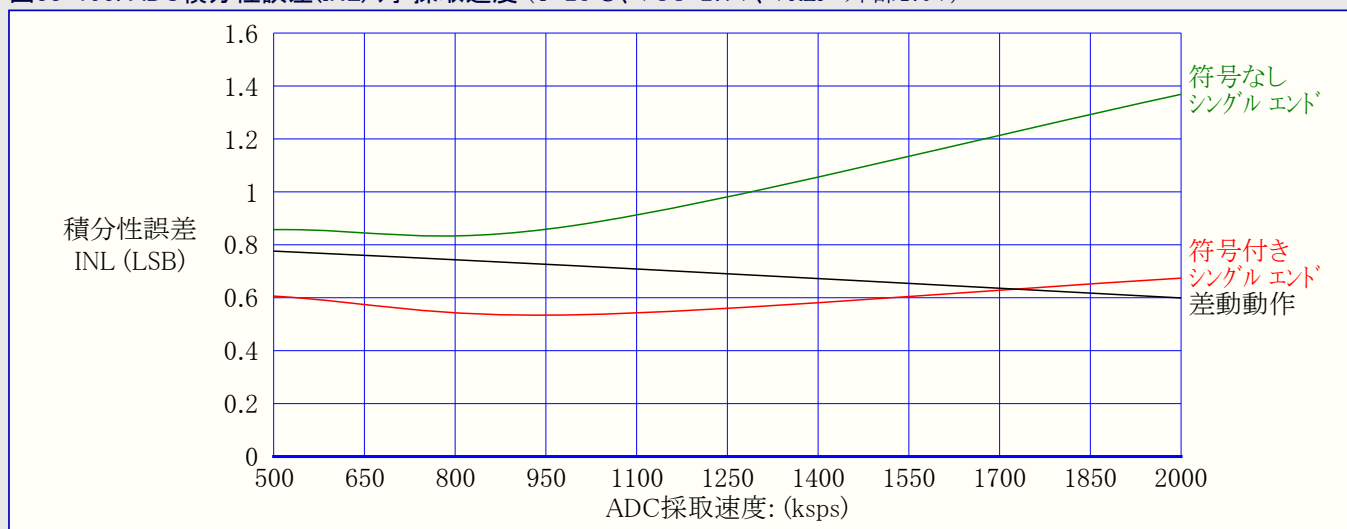


図33-196. ADC積分性誤差(INL) 対 入力符号

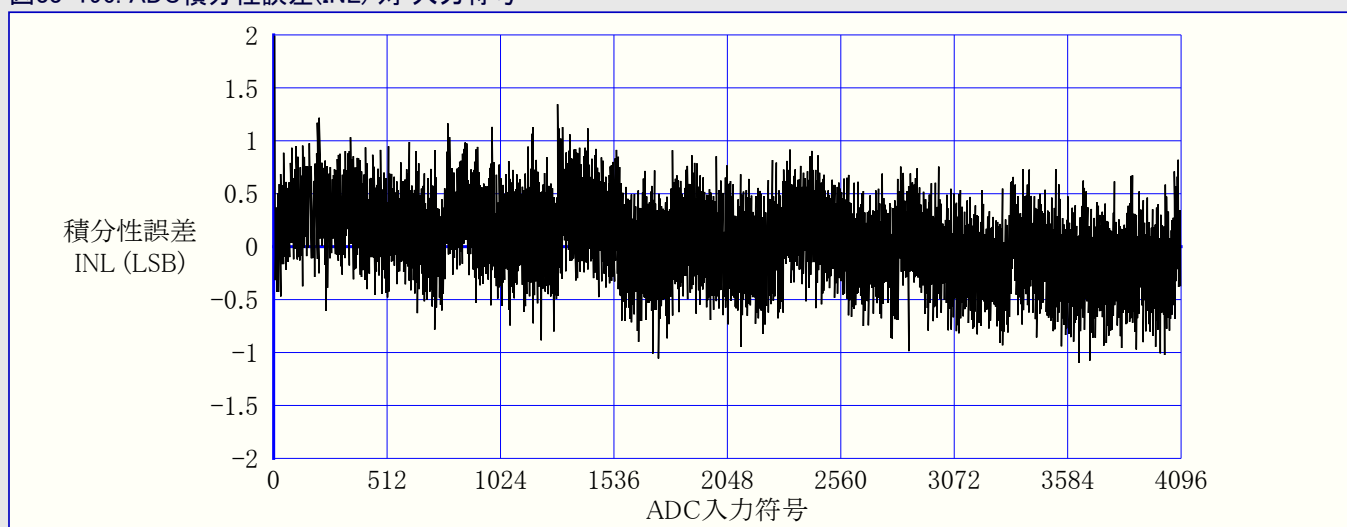


図33-197. ADC微分性誤差(DNL) 対 外部VREF (T=25°C、VCC=3.6V)

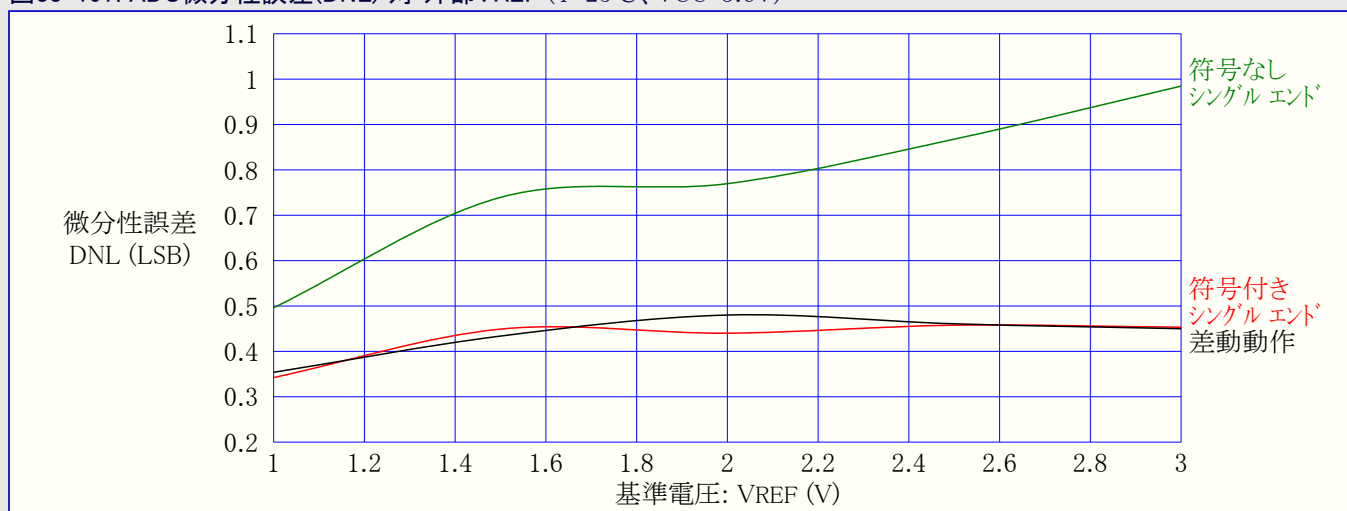




図33-198. ADC微分性誤差(DNL) 対 採取速度 (T=25°C、VCC=2.7V、VREF=外部1.0V)

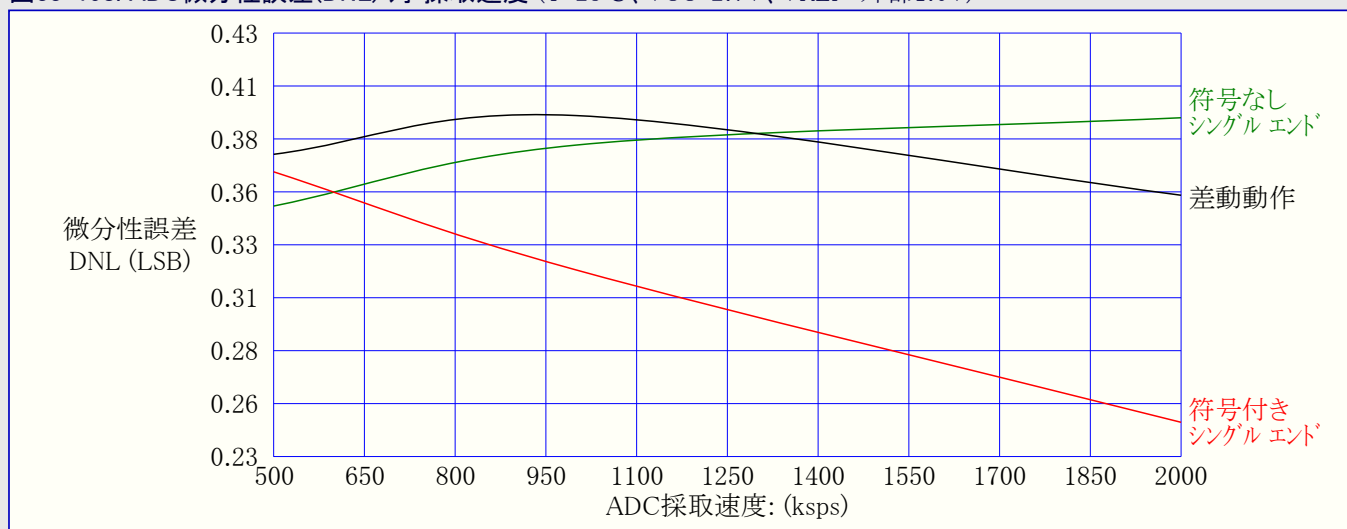


図33-199. ADC微分性誤差(DNL) 対 入力符号

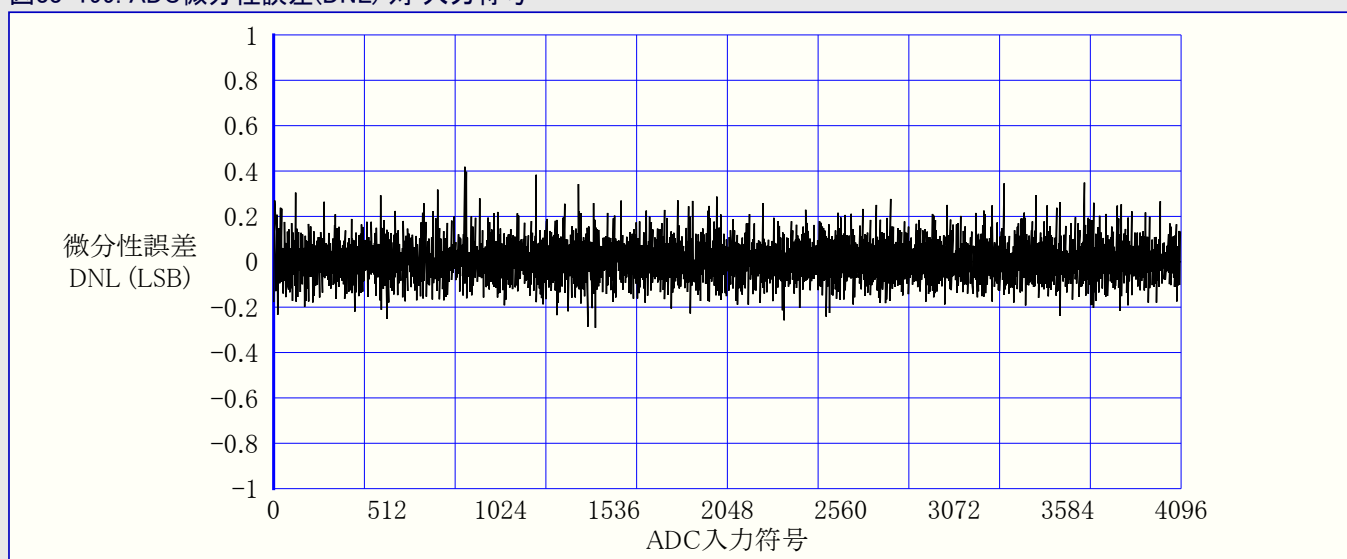


図33-200. ADC利得誤差 対 外部VREF (T=25°C、VCC=3.6V、A/D変換速度=500ksps)

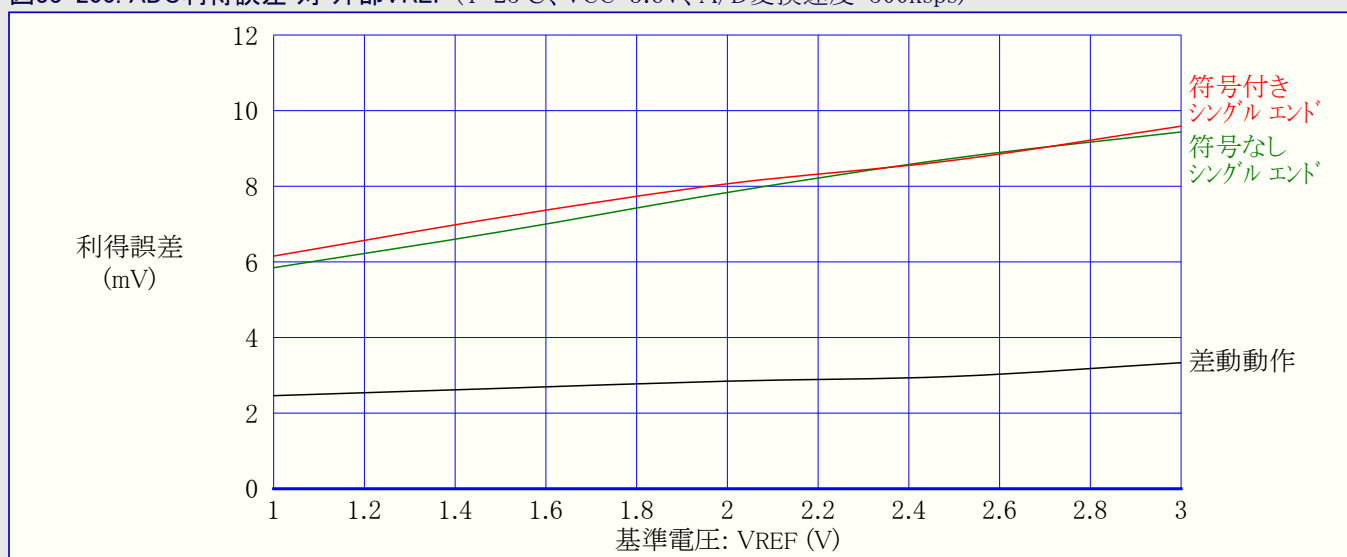


図33-201. ADC利得誤差 対 動作電圧 (T=25°C、VREF=外部1.0V、A/D変換速度=500ksps)

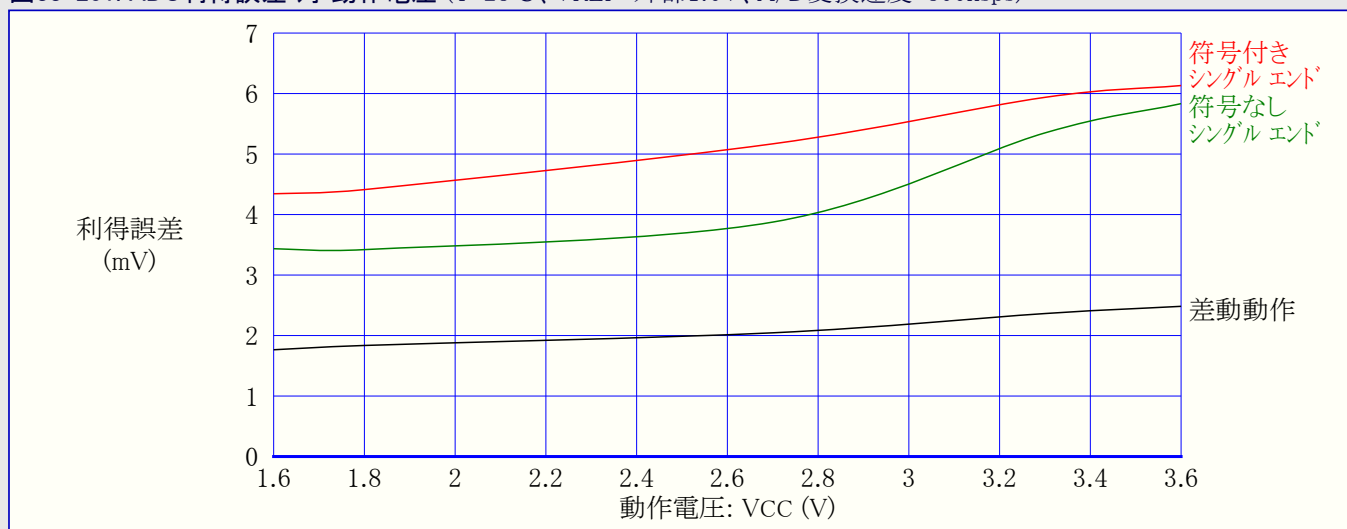


図33-202. ADC変位(オフセット)誤差 対 外部VREF (T=25°C、VCC=3.6V、A/D変換速度=500ksps)

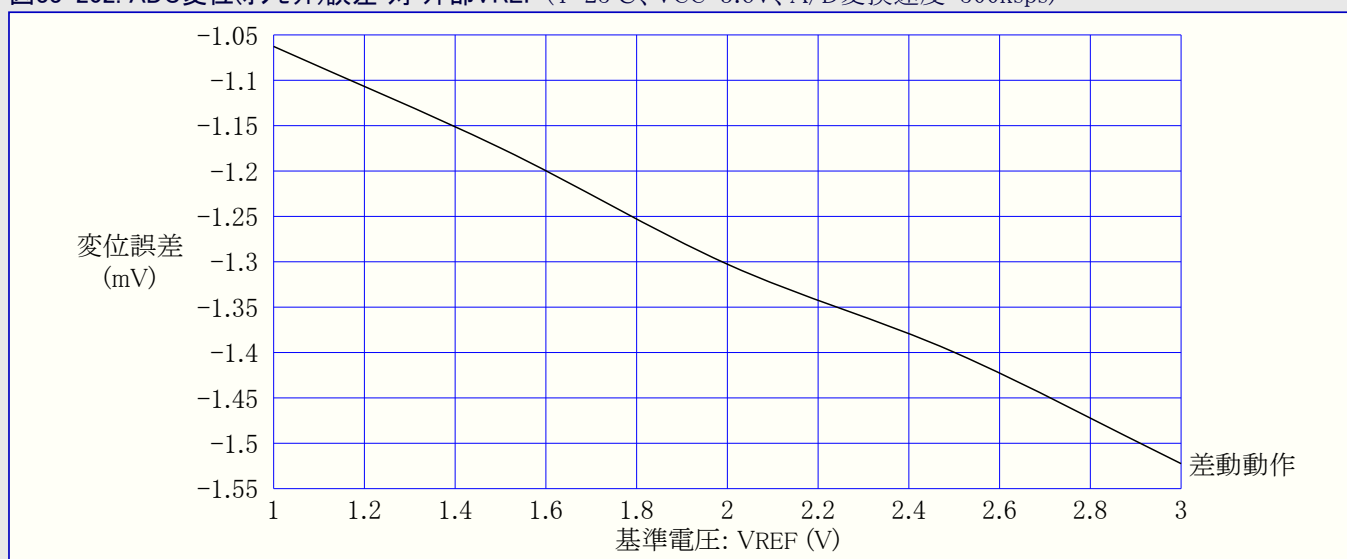


図33-203. ADC利得誤差 対 動作温度 (VCC=2.7V、VREF=外部1.0V)

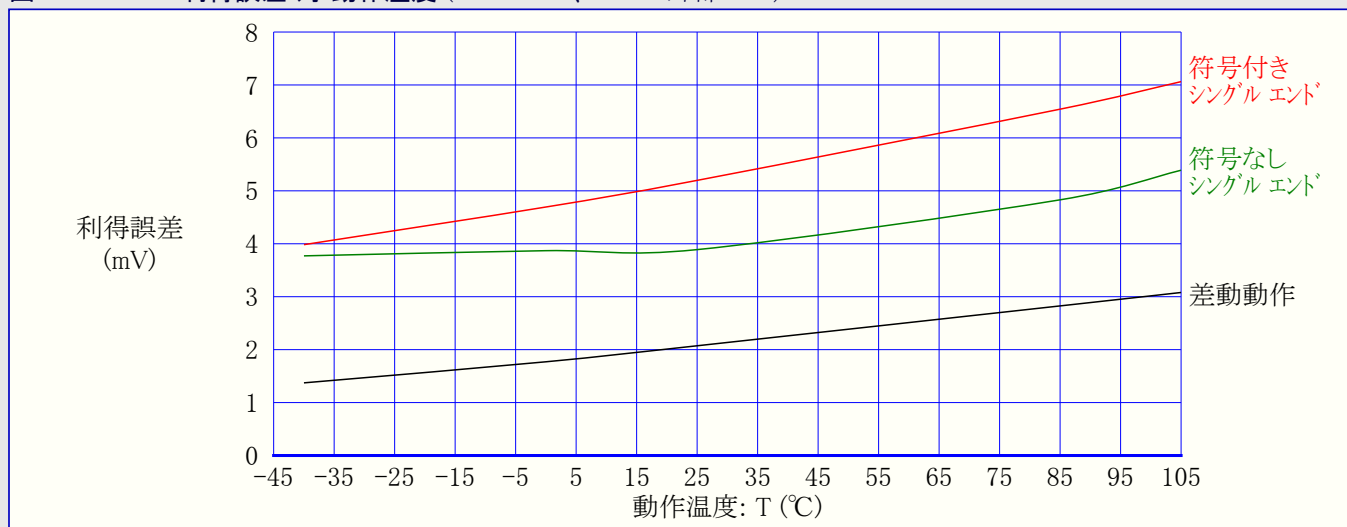


図33-204. ADC変位(オフセット)誤差 対 動作電圧 (T=25°C、VREF=外部1.0V、A/D変換速度=500ksps)

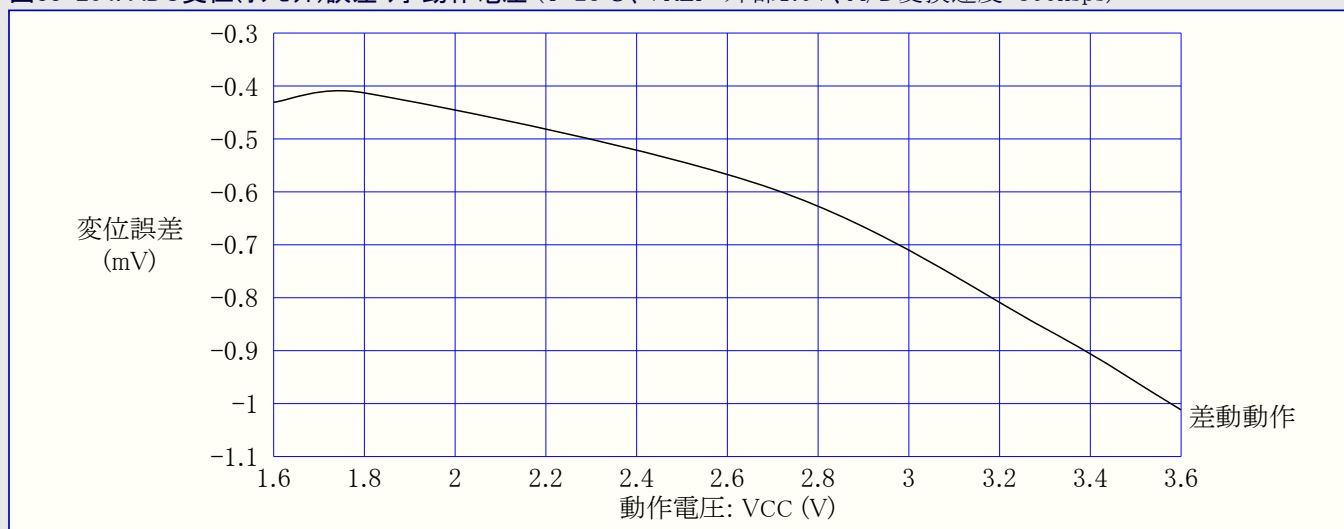


図33-205. ADC雑音 対 外部VREF (T=25°C、VCC=3.6V、A/D変換速度=500ksps)

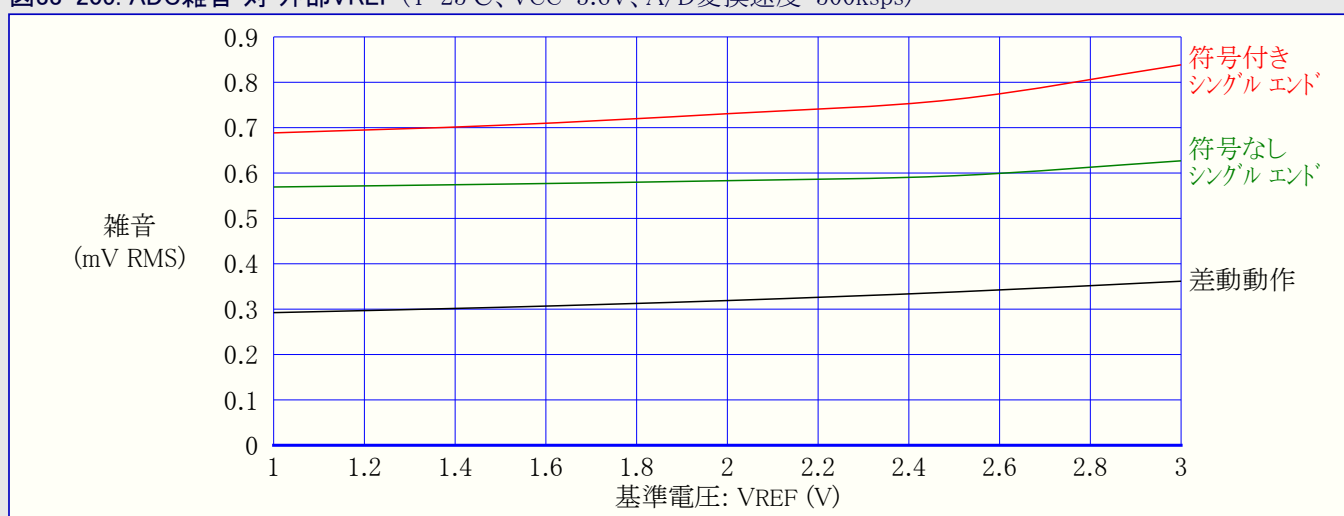
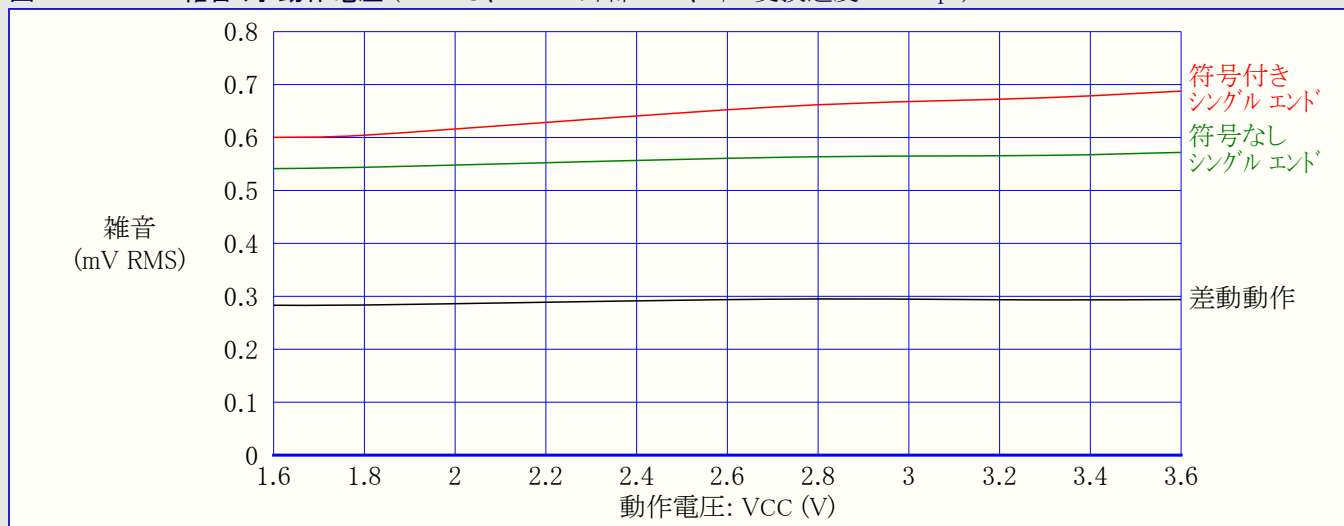


図33-206. ADC雑音 対 動作電圧 (T=25°C、VREF=外部1.0V、A/D変換速度=500ksps)



訳注: 原書本位置の「33.3.4. D/A変換器特性」は本デバイスにD/A変換器が存在しないことによる誤りのため削除しました。

### 33.3.4. アナログ比較器特性

図33-207. アナログ比較器(AC)ヒステリシス 対 動作電圧 (高速動作、ヒステリシス=小)

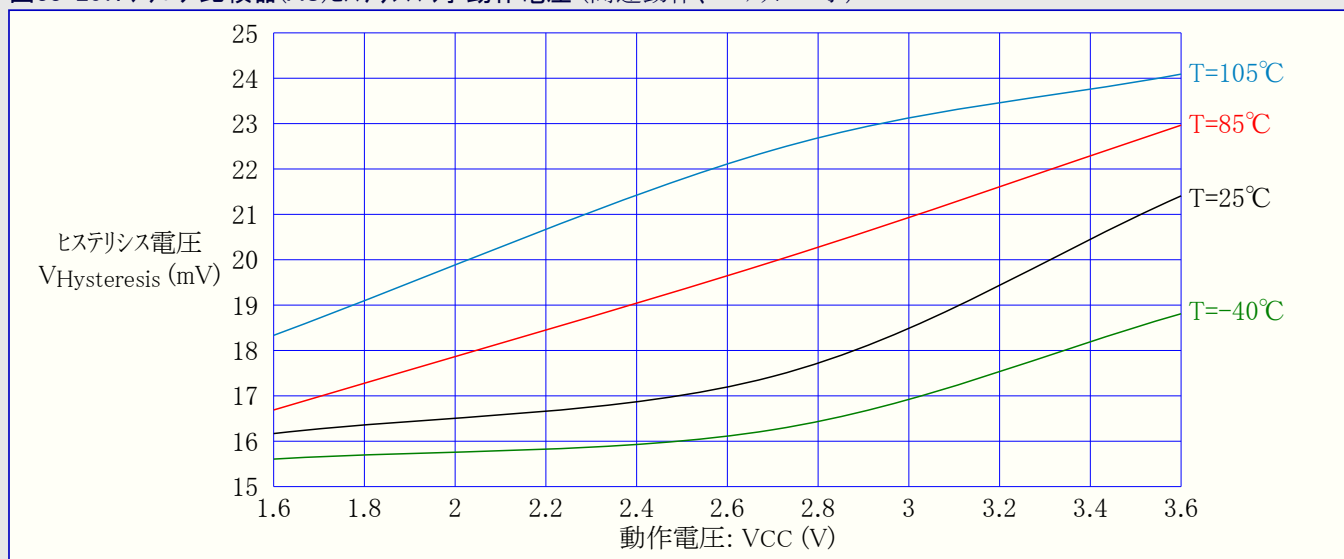


図33-208. アナログ比較器(AC)ヒステリシス 対 動作電圧 (高速動作、ヒステリシス=大)

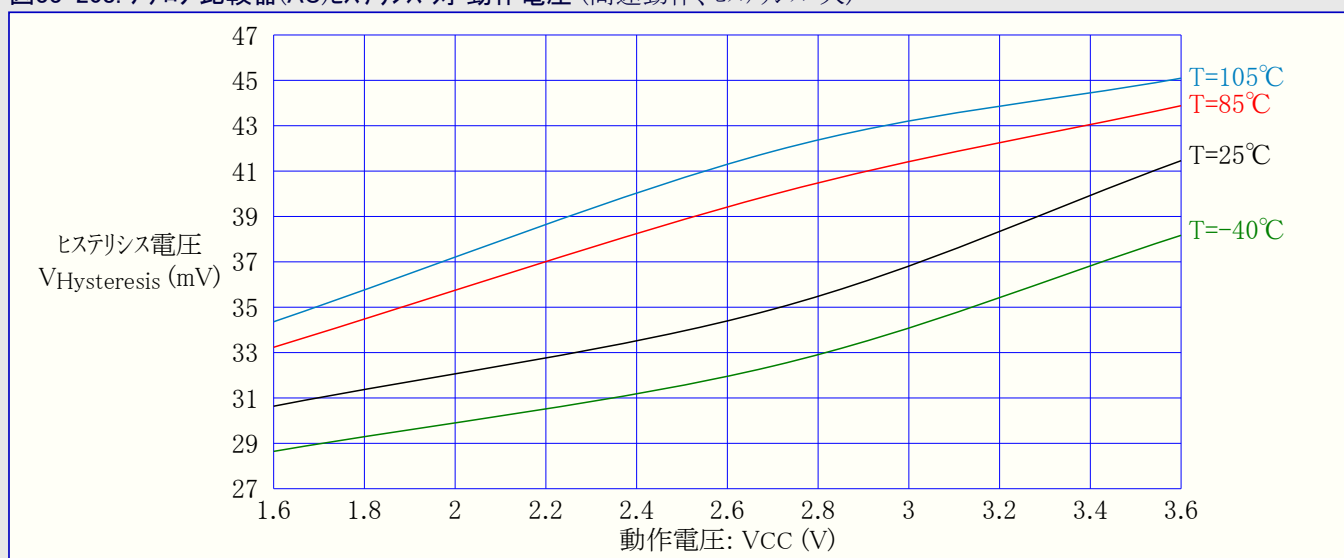


図33-209. アナログ比較器(AC)ヒステリシス 対 動作電圧 (低電力動作、ヒステリシス=小)

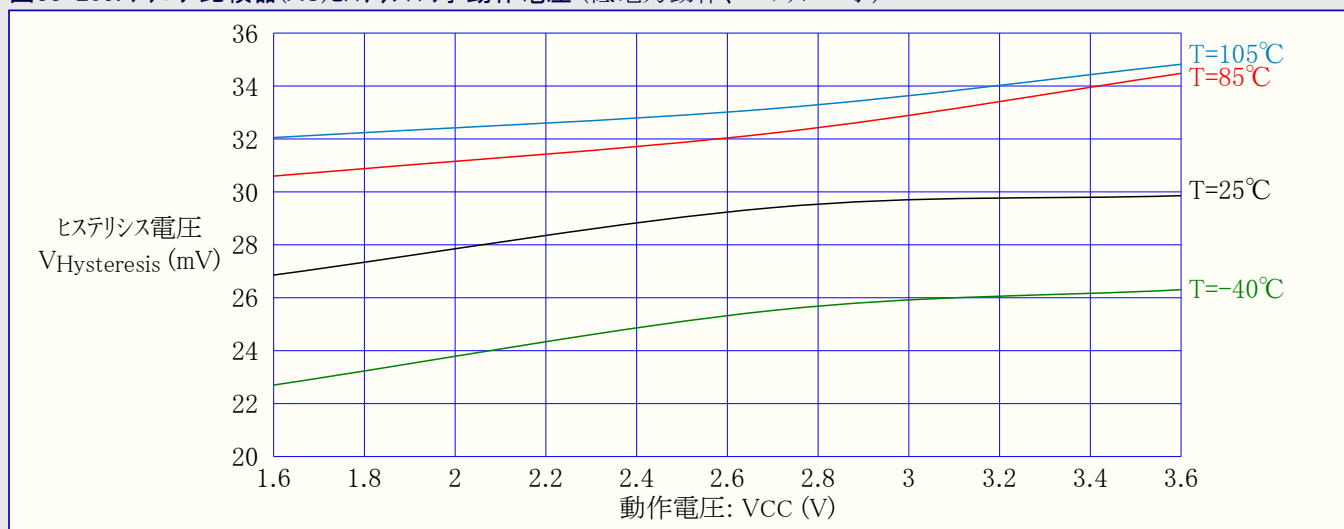


図33-210. アナログ比較器(AC)ヒステリシス 対 動作電圧 (低電力動作、ヒステリシス=大)

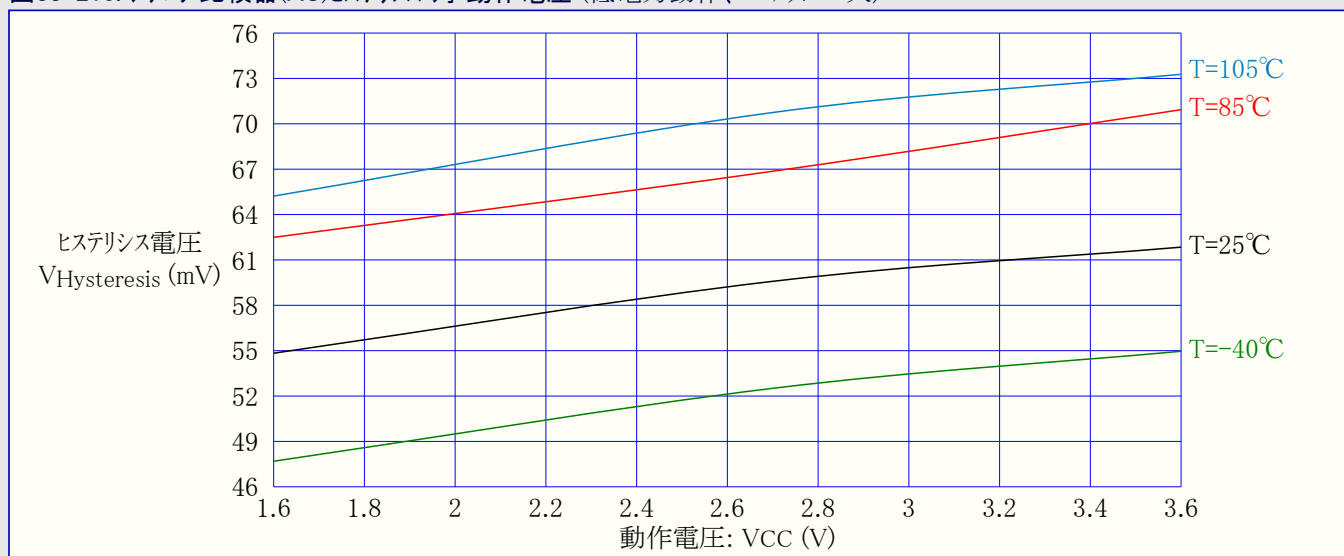


図33-211. アナログ比較器(AC)電流源 対 校正値 (T=25°C)

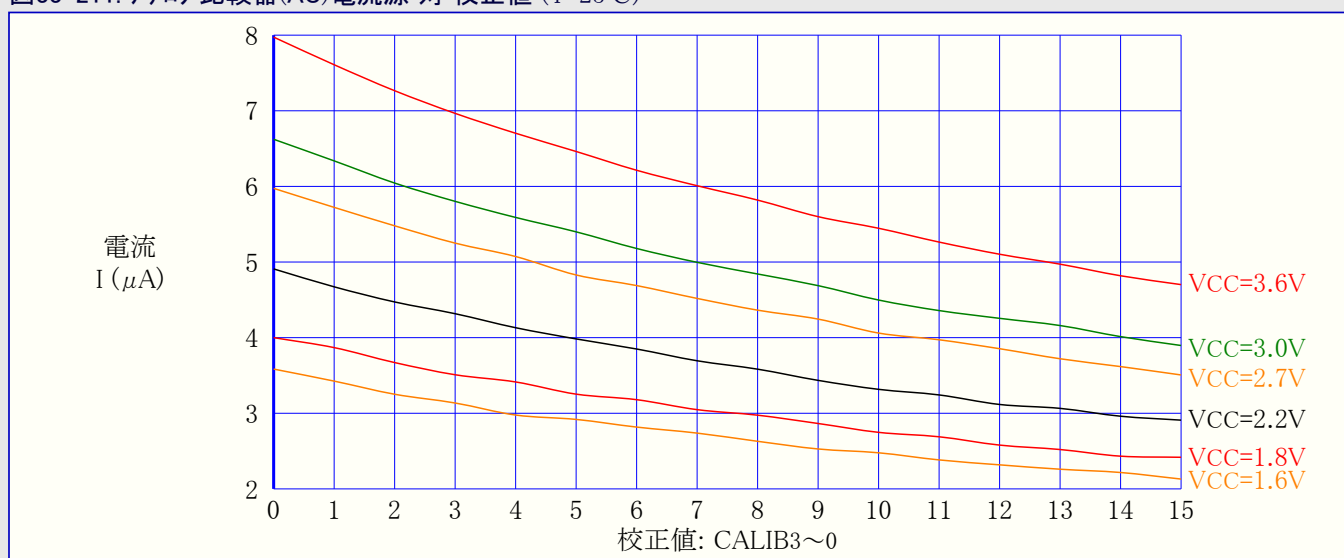


図33-212. アナログ比較器(AC)電流源 対 校正値 (VCC=3.0V)

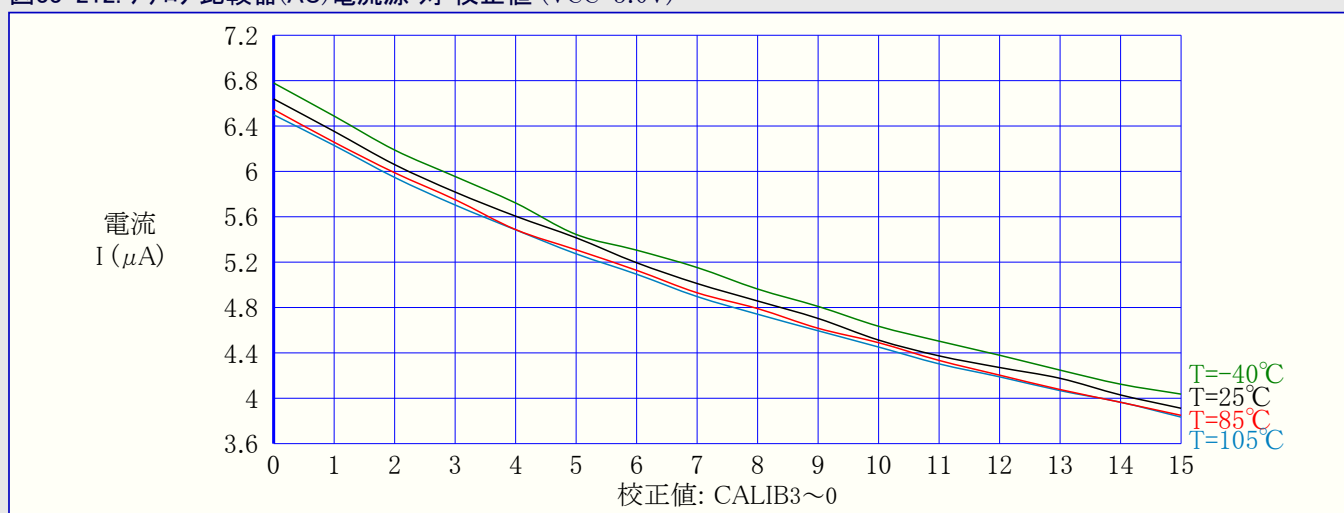
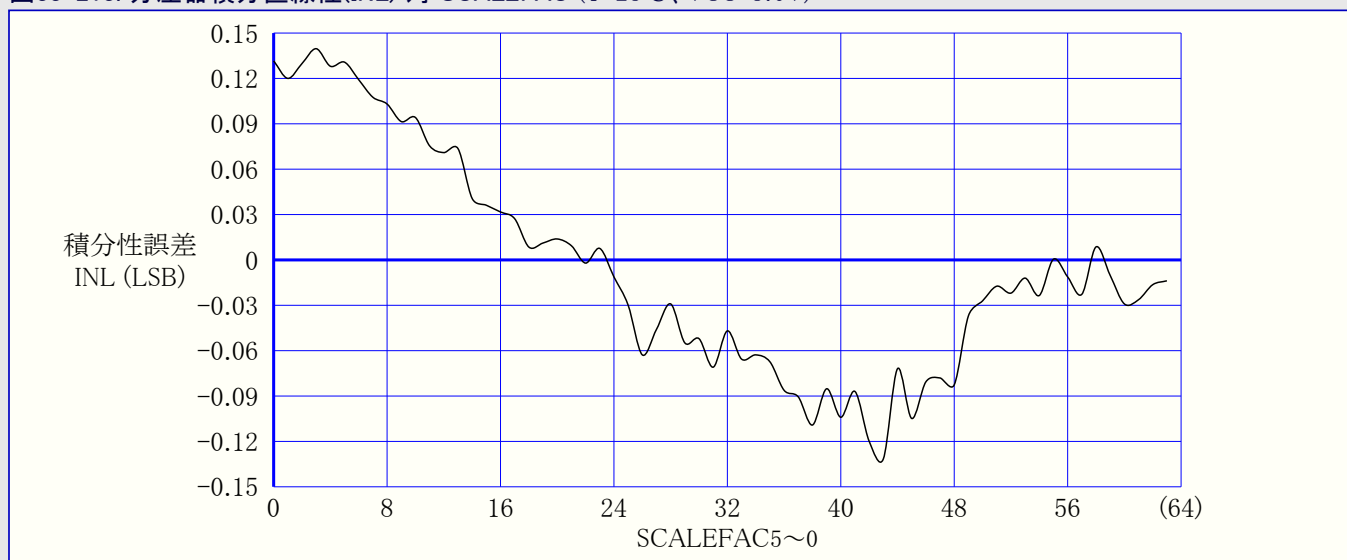
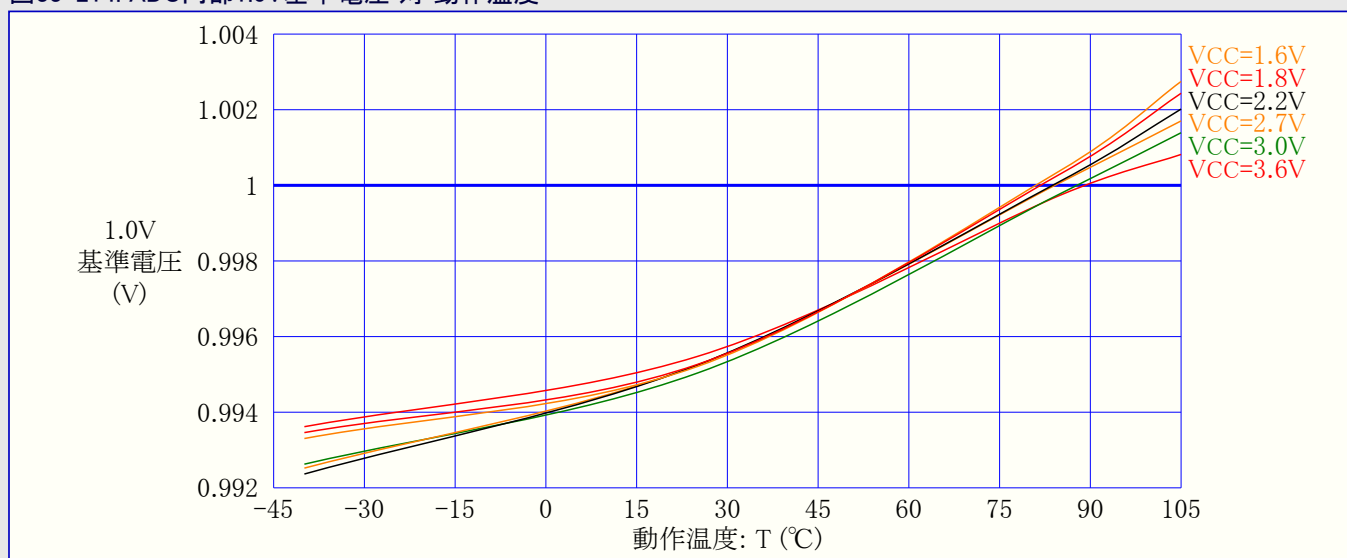


図33-213. 分圧器積分直線性(INL) 対 SCALEFAC (T=25°C、VCC=3.0V)



### 33.3.5. 内部1.0V基準電圧特性

図33-214. ADC内部1.0V基準電圧 対 動作温度



### 33.3.6. 低電圧検出器(BOD)特性

図33-215. 低電圧検出器(BOD)閾値(スレッシュホールド)電圧 対 動作温度 (検出電圧=1.6V)

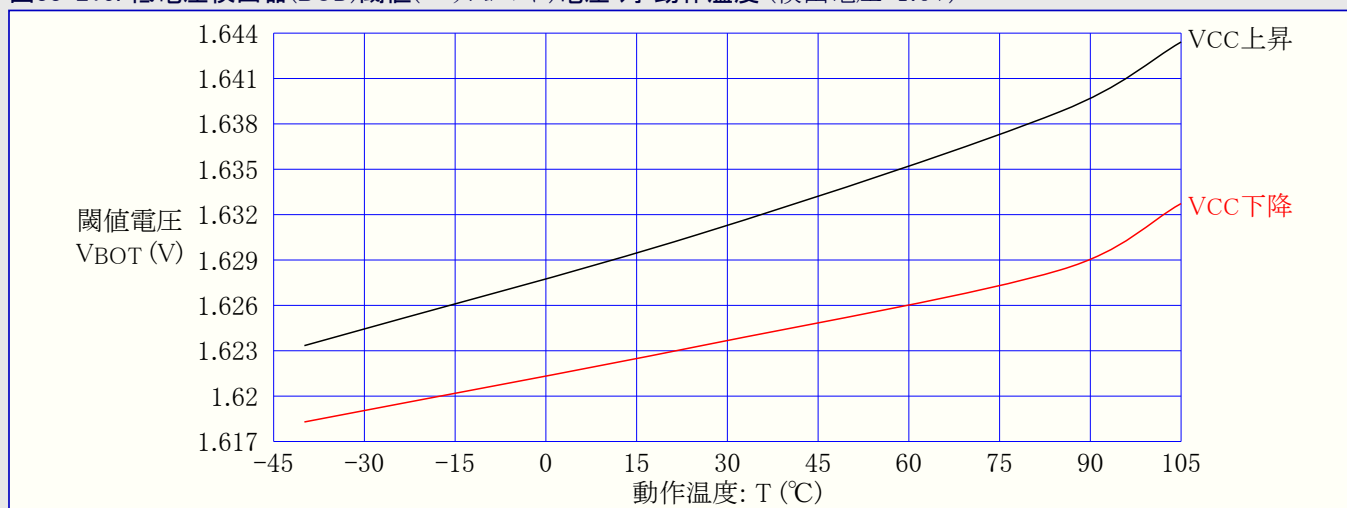
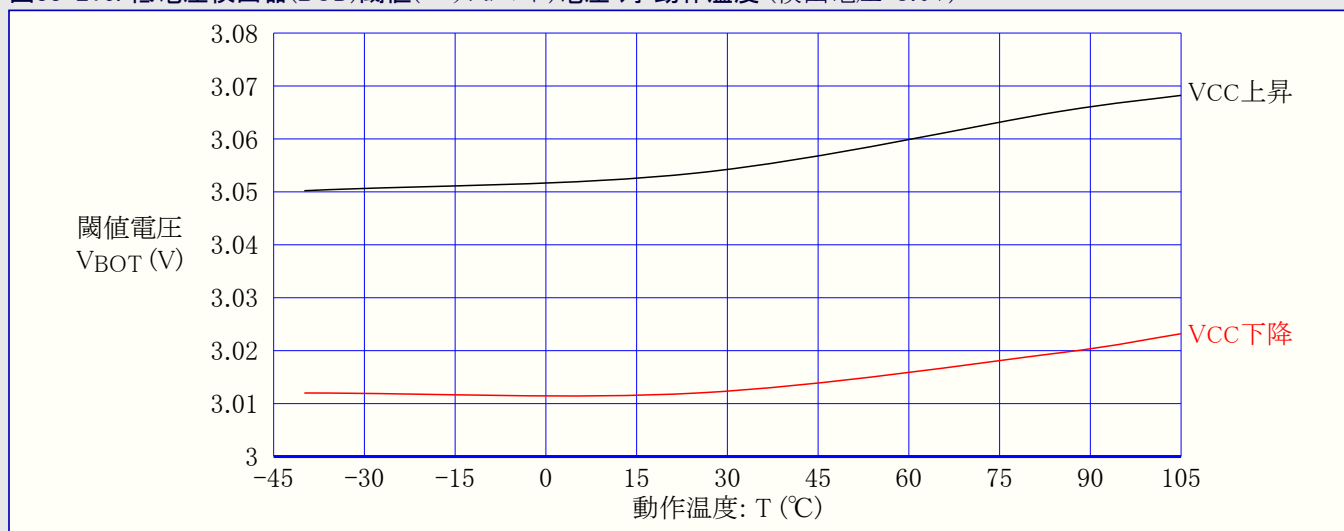


図33-216. 低電圧検出器(BOD)閾値(スレッシュホールド)電圧 対 動作温度 (検出電圧=3.0V)



### 33.3.7. 外部リセット特性

図33-217. 最小リセットパルス幅 対 動作電圧

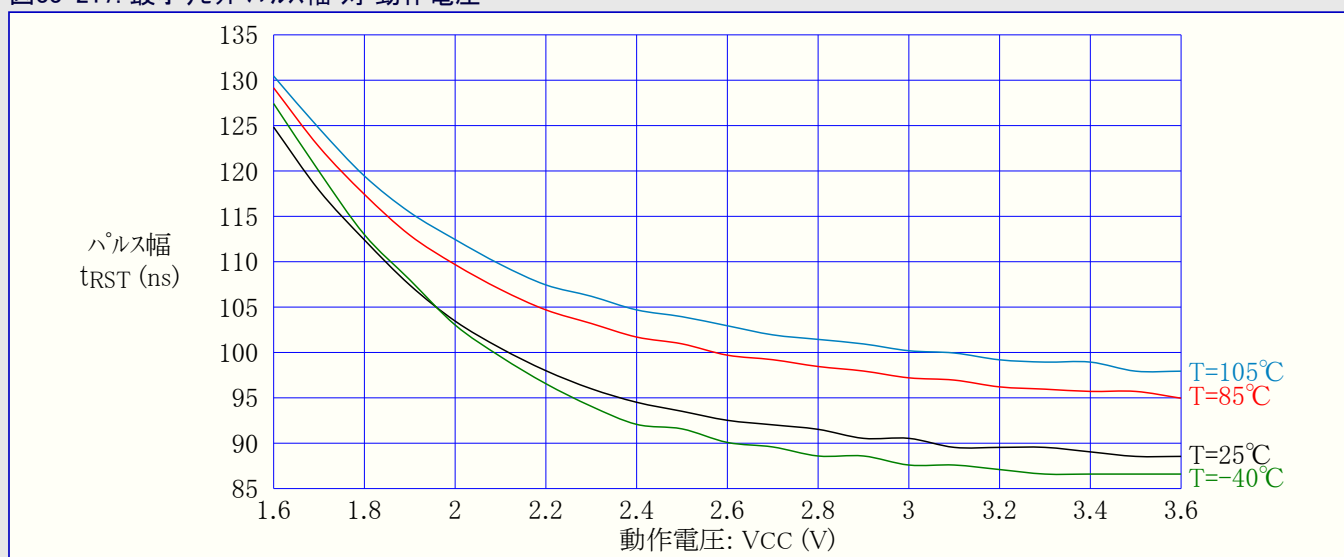


図33-218. リセットピンプルアップ抵抗電流 対 RESETピン入力電圧 (VCC=1.8V)

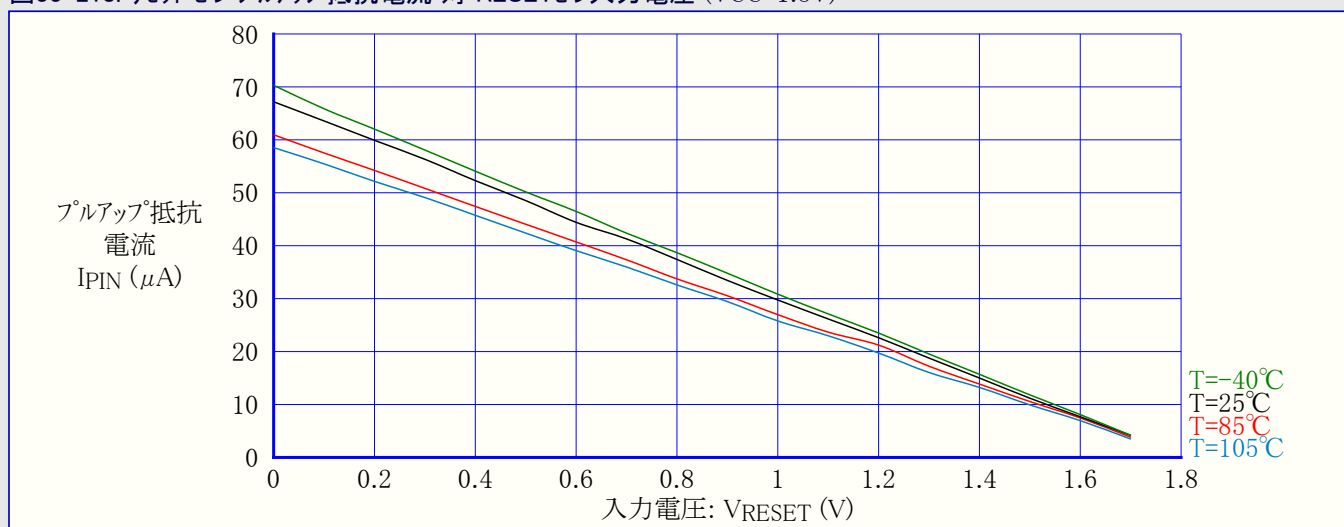


図33-219. リセットピンプルアップ抵抗電流 対 RESETピン入力電圧 (VCC=3.0V)

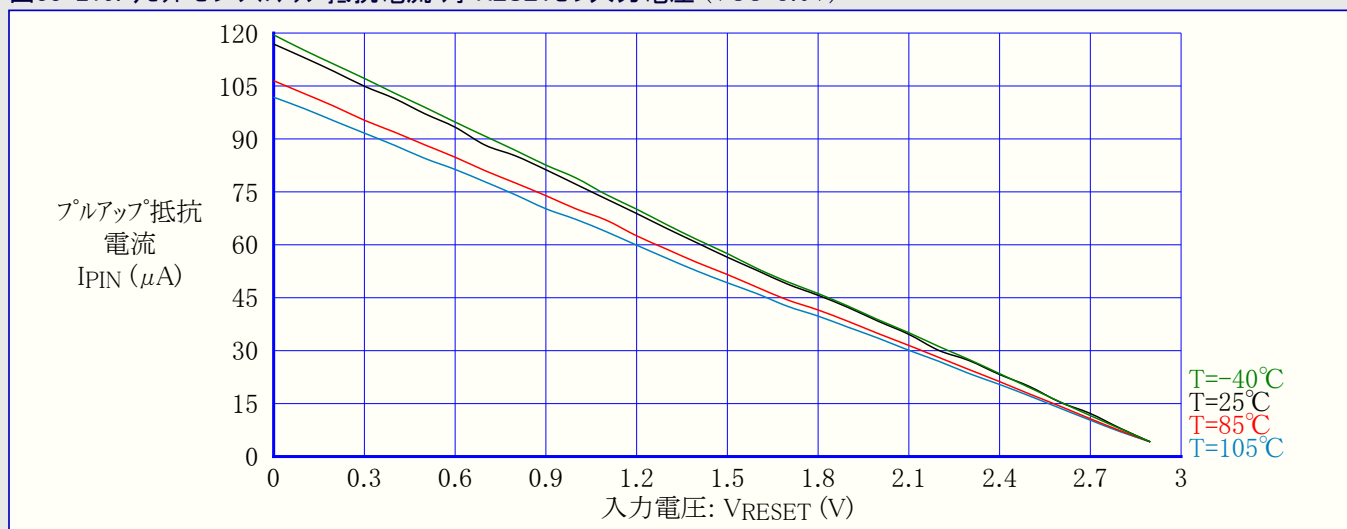


図33-220. リセットピンプルアップ抵抗電流 対 RESETピン入力電圧 (VCC=3.3V)

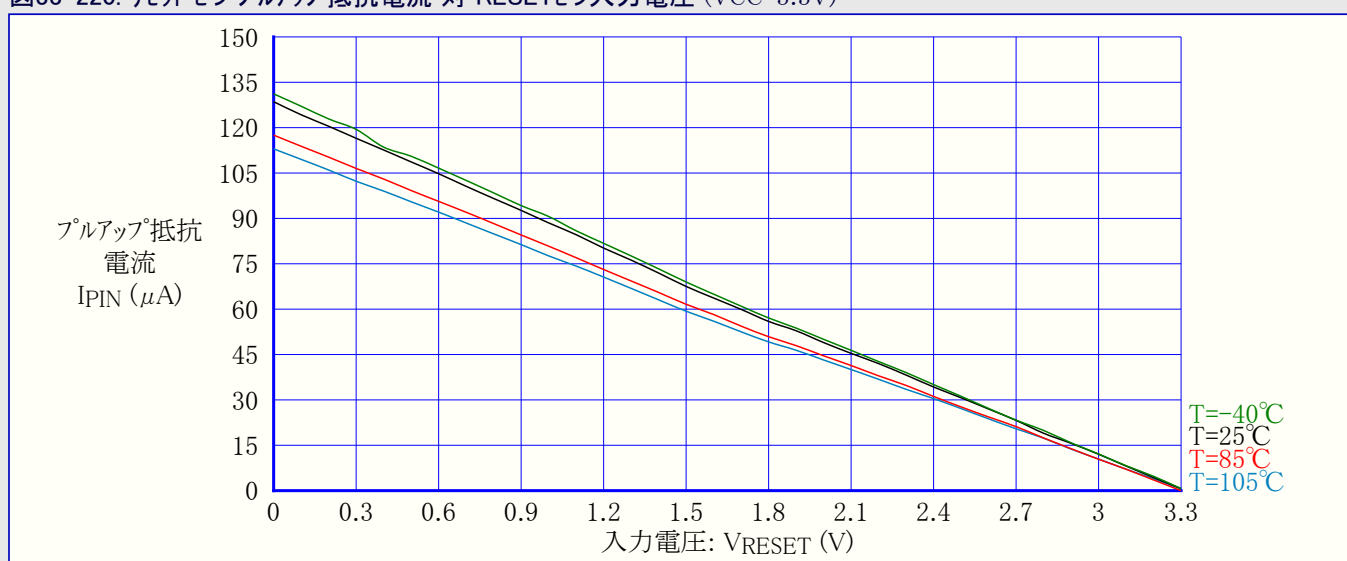


図33-221. RESET入力閾値(スレッショルド)電圧 対 動作電圧 ( $V_{IH}$ , I読み値)

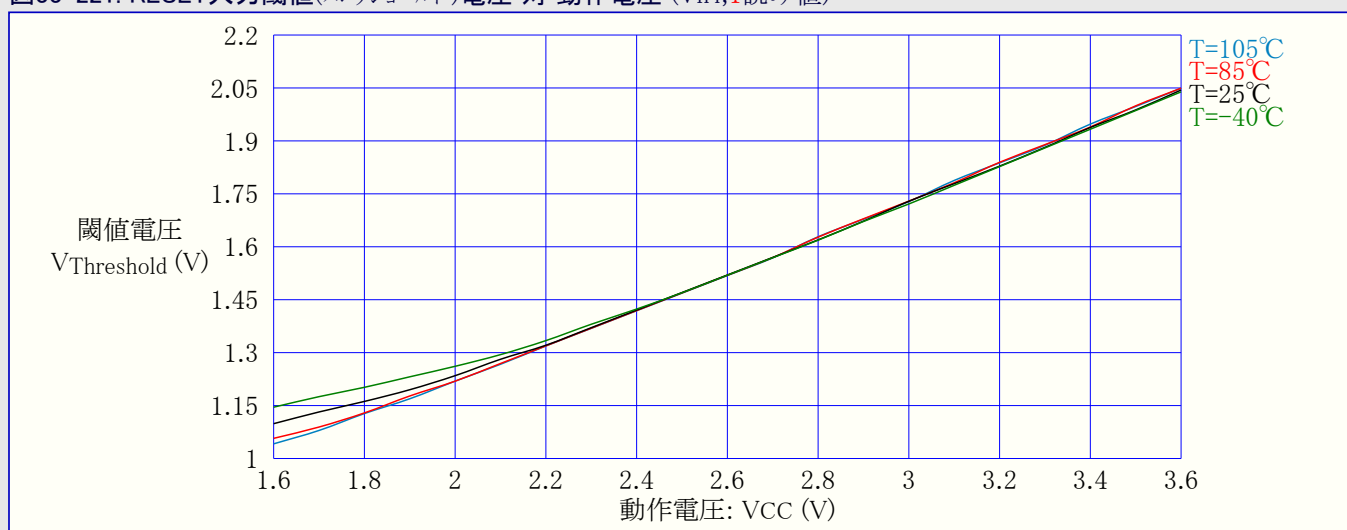
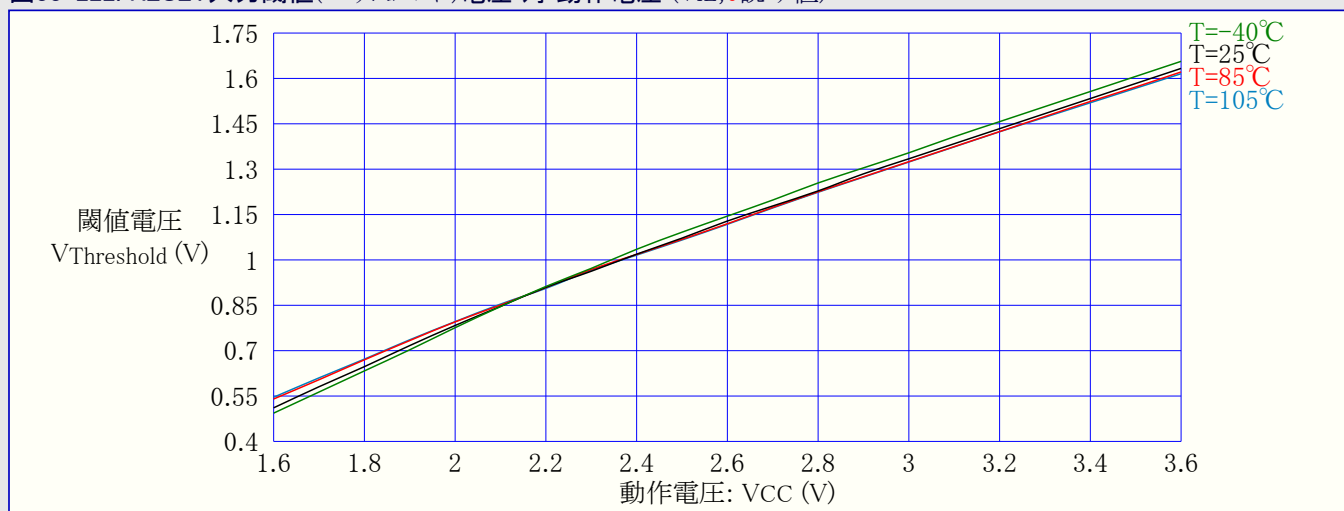




図33-222. RESET入力閾値(スレッショルド)電圧 対 動作電圧 (VIL,0読み値)



### 33.3.8. 電源ONリセット特性

図33-223. 電源ONリセット消費電流 対 動作電圧 (BODレベル=3.0Vの継続動作で許可)

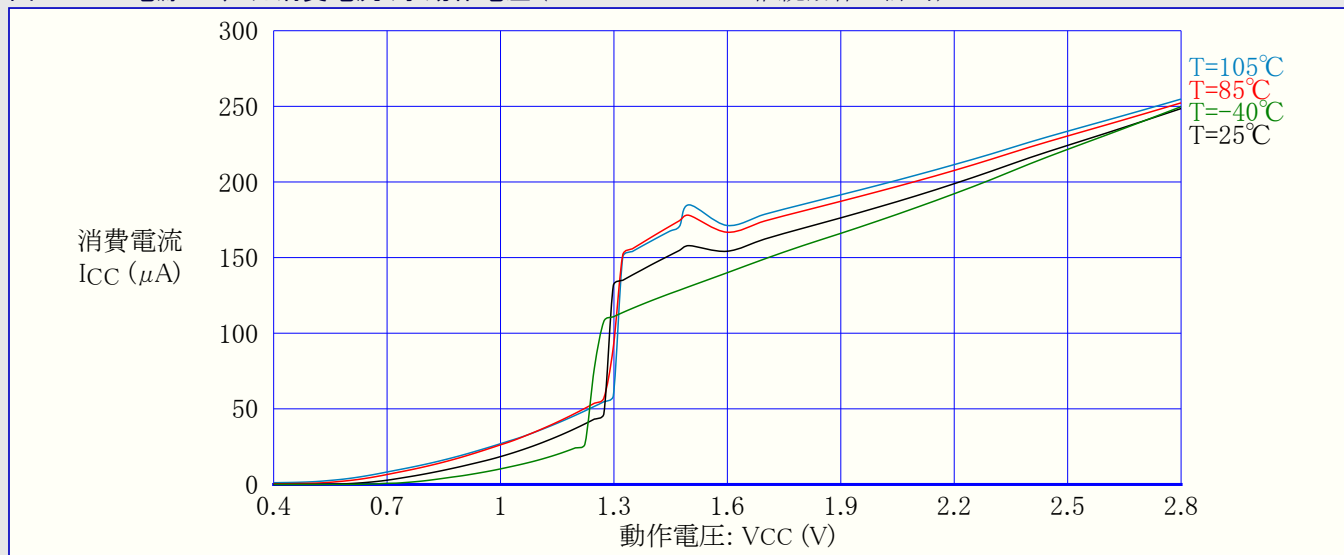
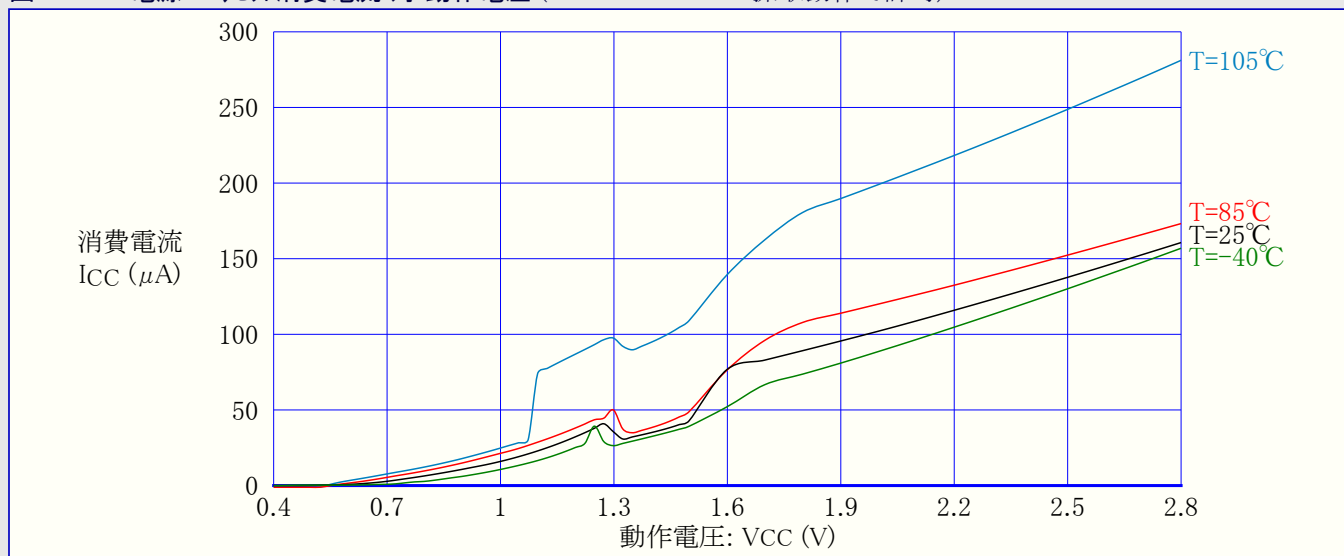


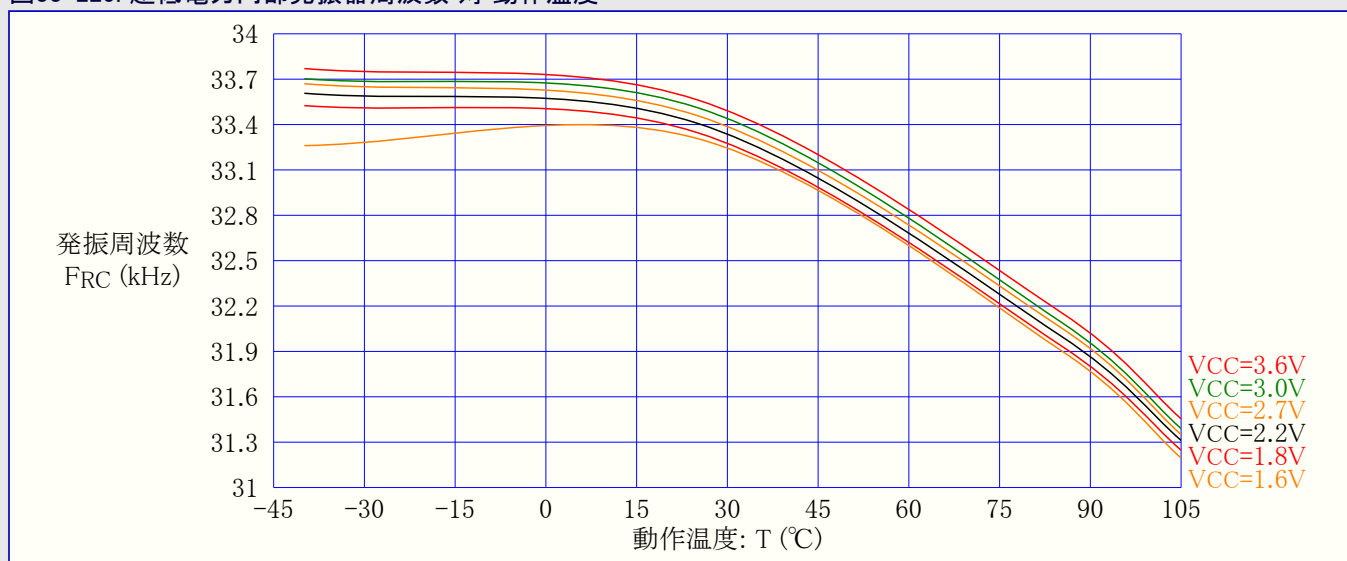
図33-224. 電源ONリセット消費電流 対 動作電圧 (BODレベル=3.0Vの採取動作で許可)



### 33.3.9. 発振器特性

#### 33.3.9.1. 超低電力内部発振器

図33-225. 超低電力内部発振器周波数 対 動作温度



#### 33.3.9.2. 32.768kHz内部発振器

図33-226. 32.768kHz内部発振器周波数 対 動作温度

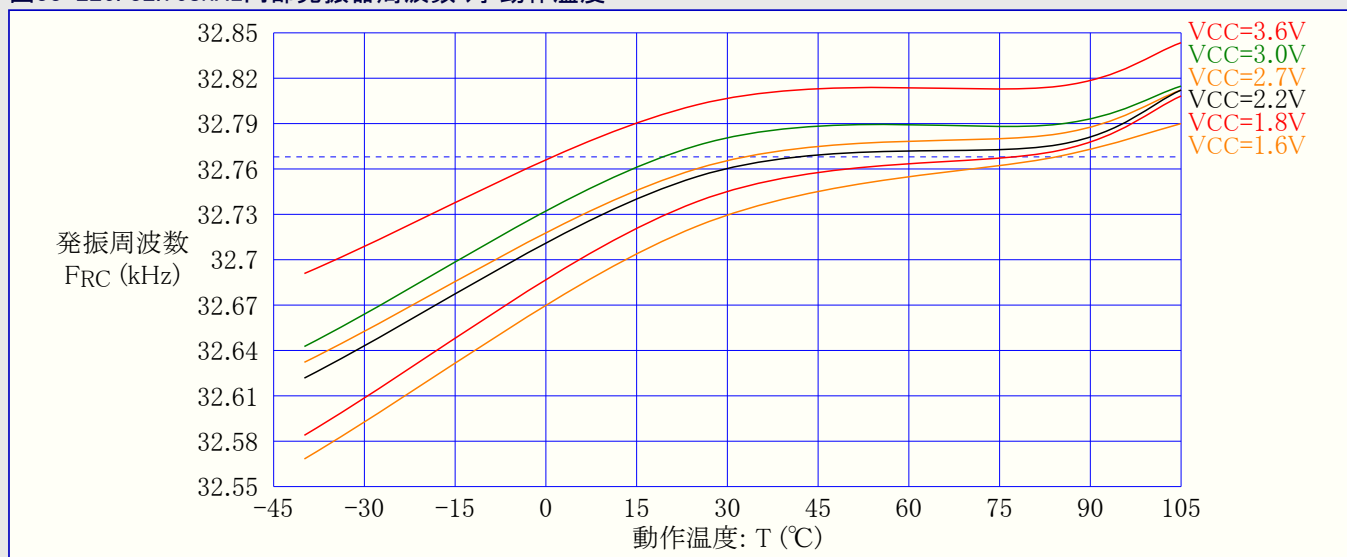
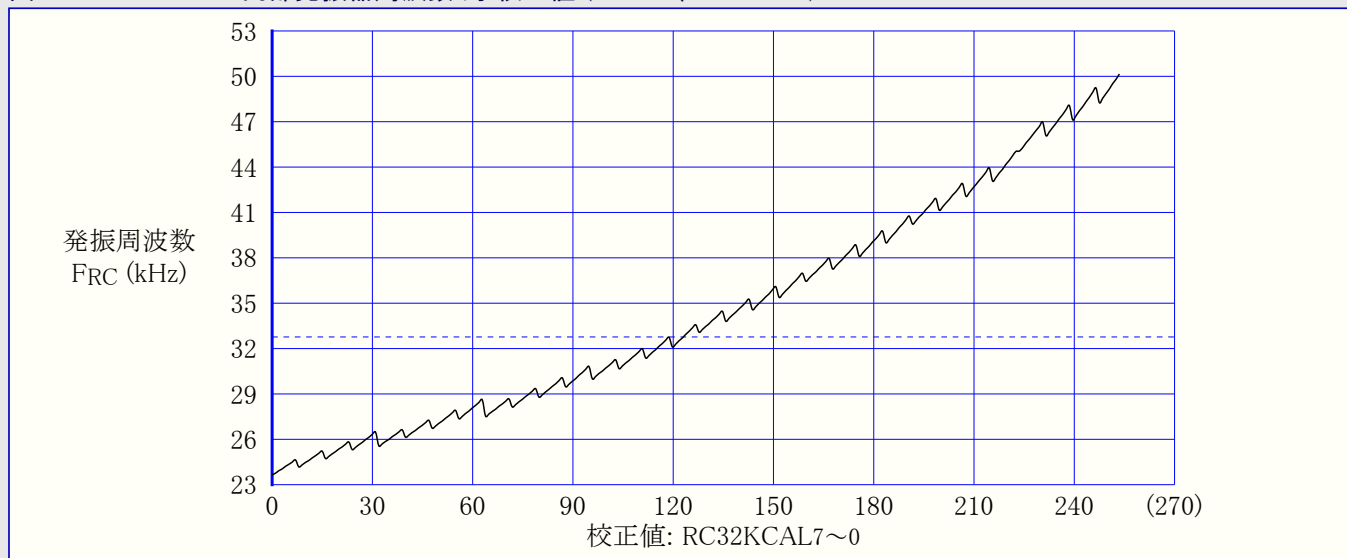


図33-227. 32.768kHz内部発振器周波数 対 校正値 (T=25°C、VCC=3.0V)



### 33.3.9.3. 2MHz内部発振器

図33-228. 2MHz内部発振器周波数 対 動作温度 (DFLL禁止)

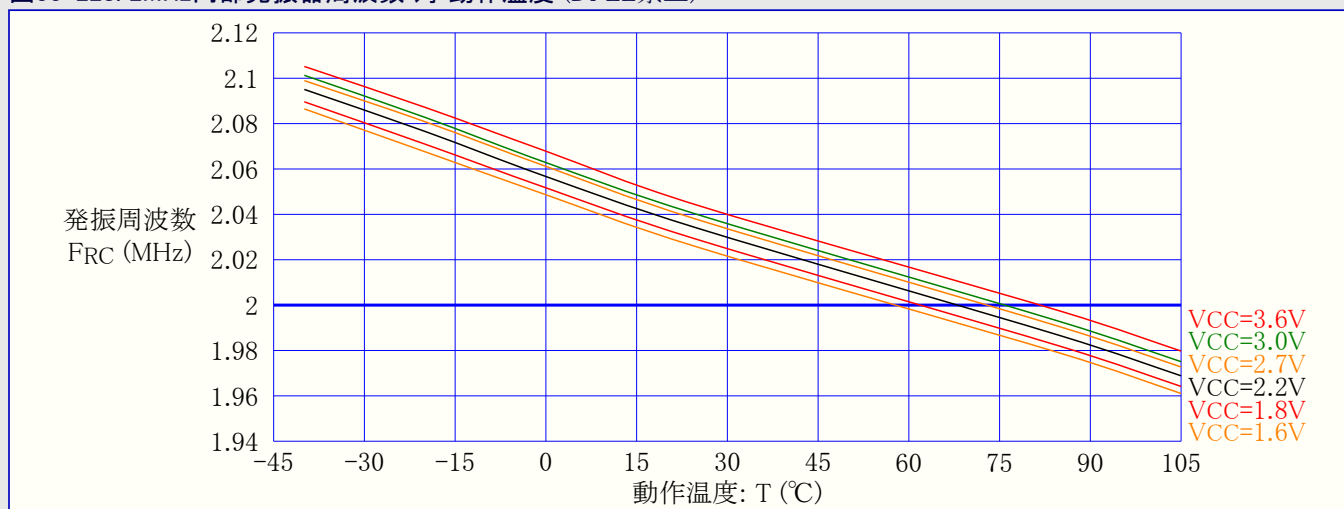


図33-229. 2MHz内部発振器周波数 対 動作温度 (32.768kHz内部発振器からDFLL許可)

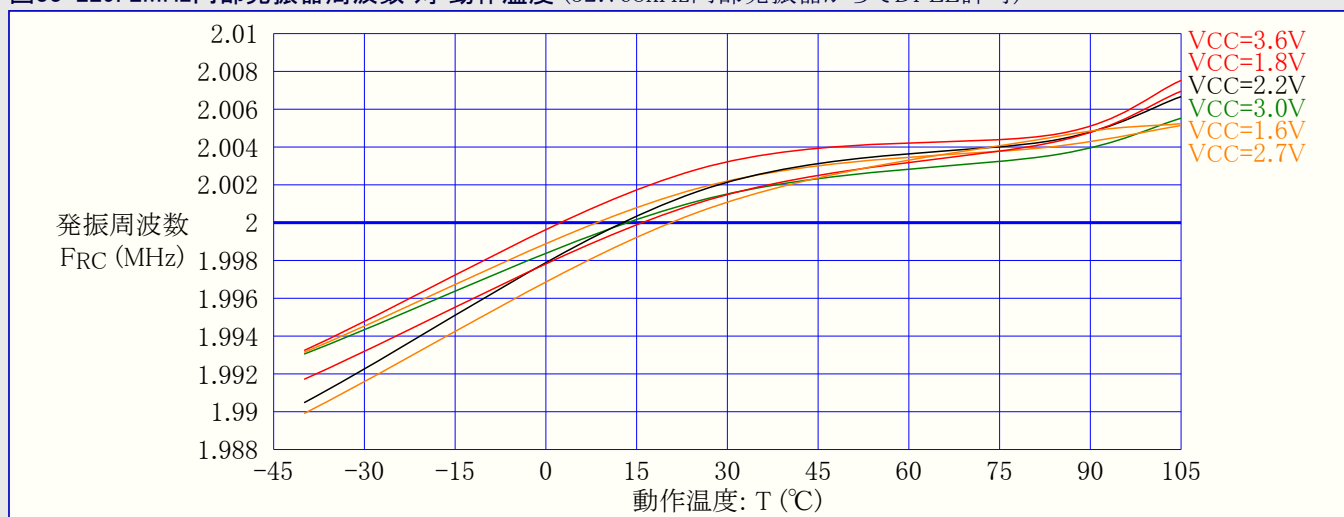
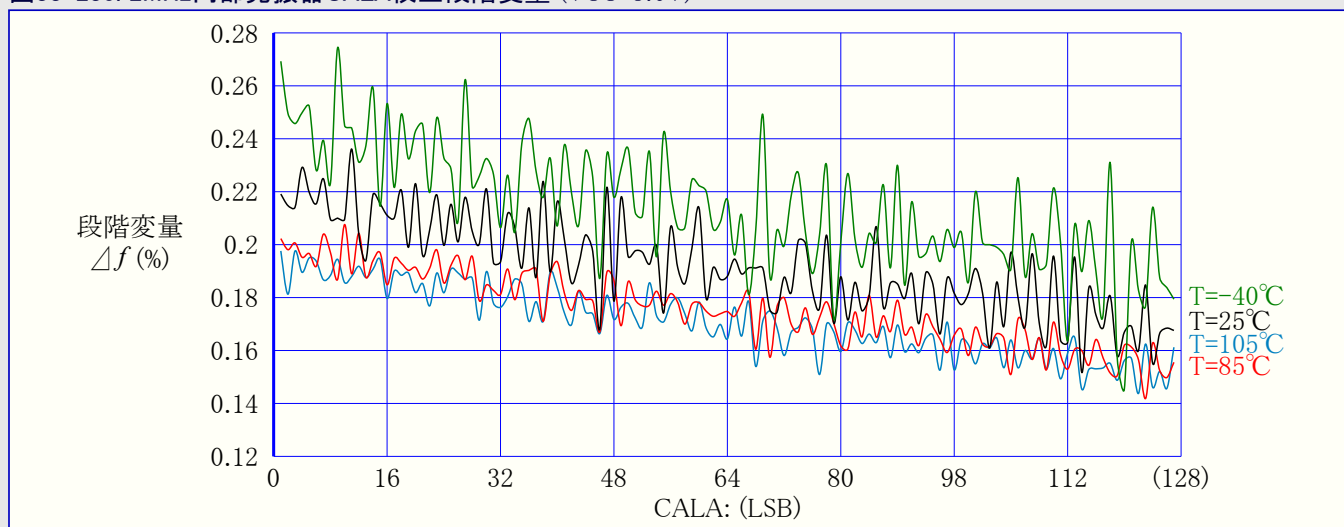


図33-230. 2MHz内部発振器CALA校正段階変量 (VCC=3.0V)



### 33.3.9.4. 32MHz内部発振器

図33-231. 32MHz内部発振器周波数 対 動作温度 (DFLL禁止)

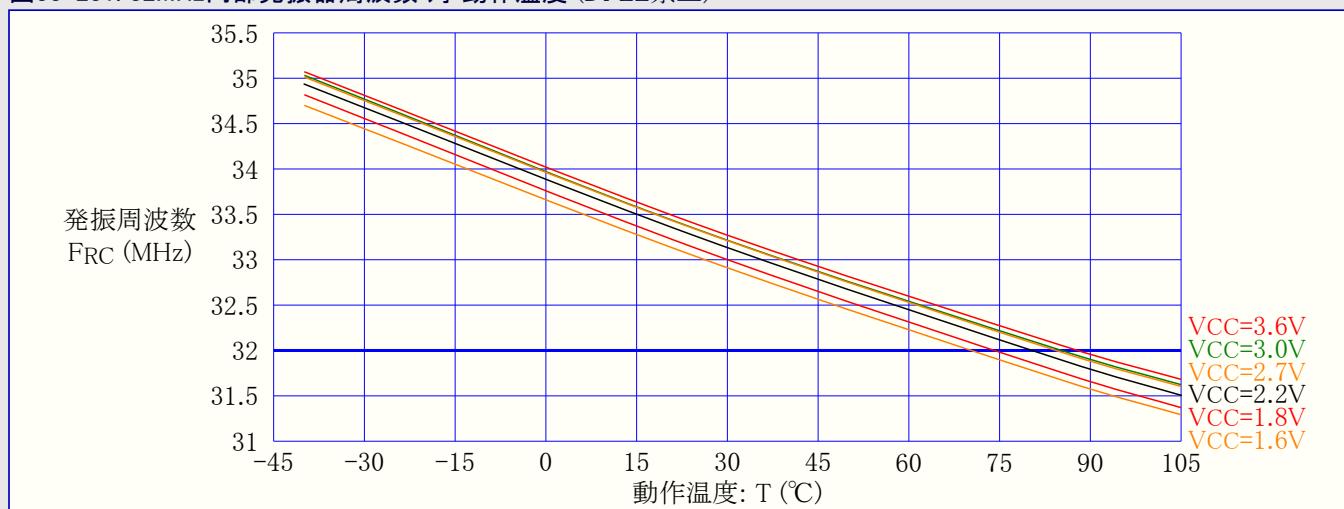


図33-232. 32MHz内部発振器周波数 対 動作温度 (32.768kHz内部発振器からでDFLL許可)

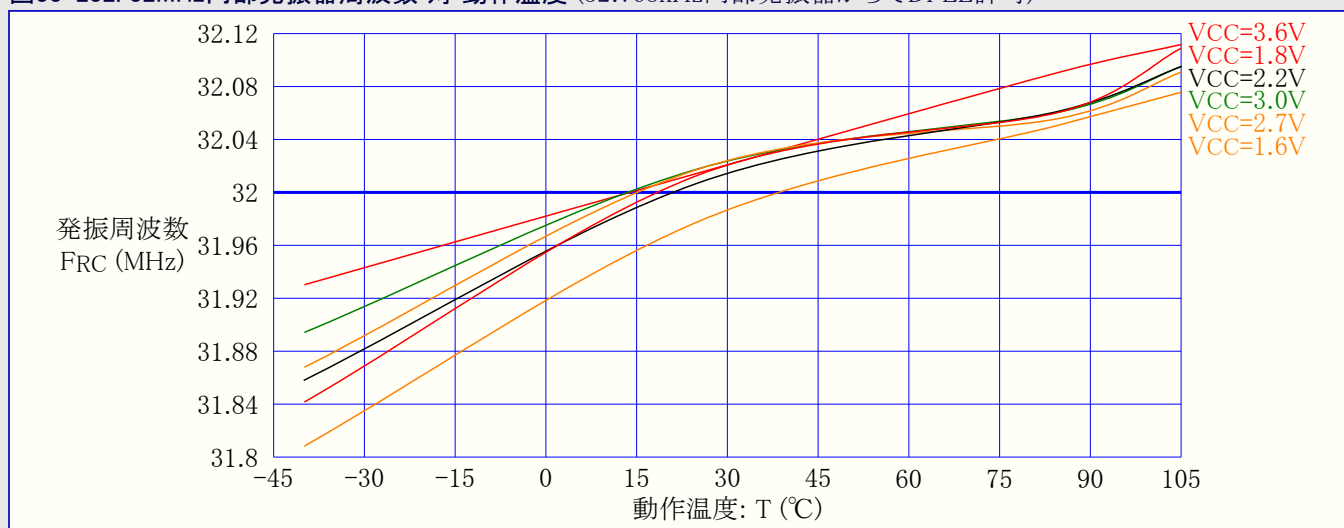


図33-233. 32MHz内部発振器CALA校正段階変量 (VCC=3.0V)

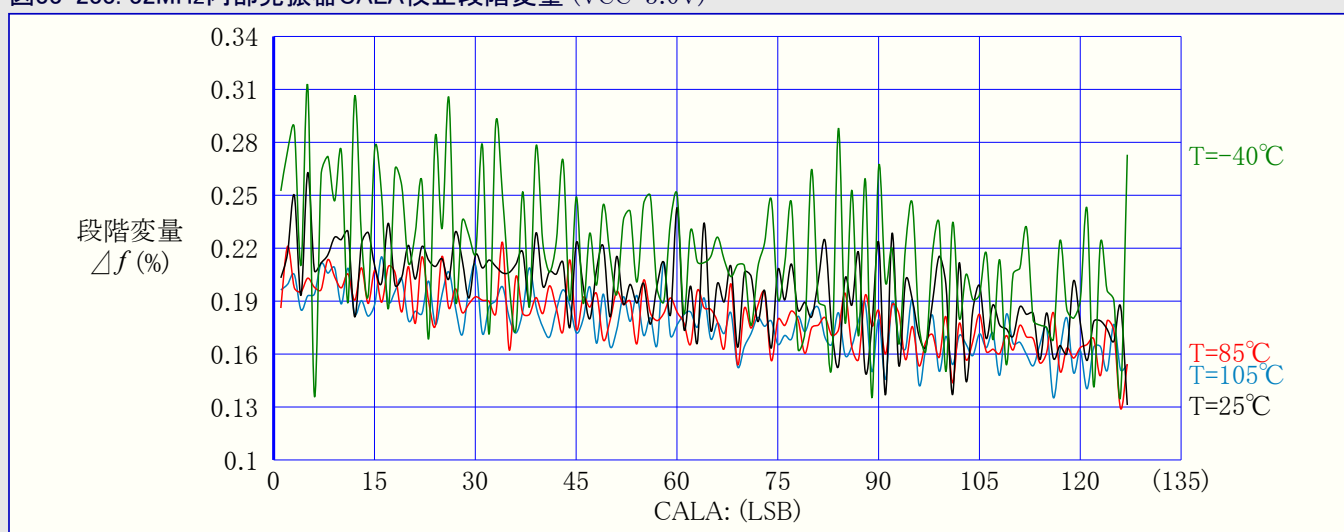
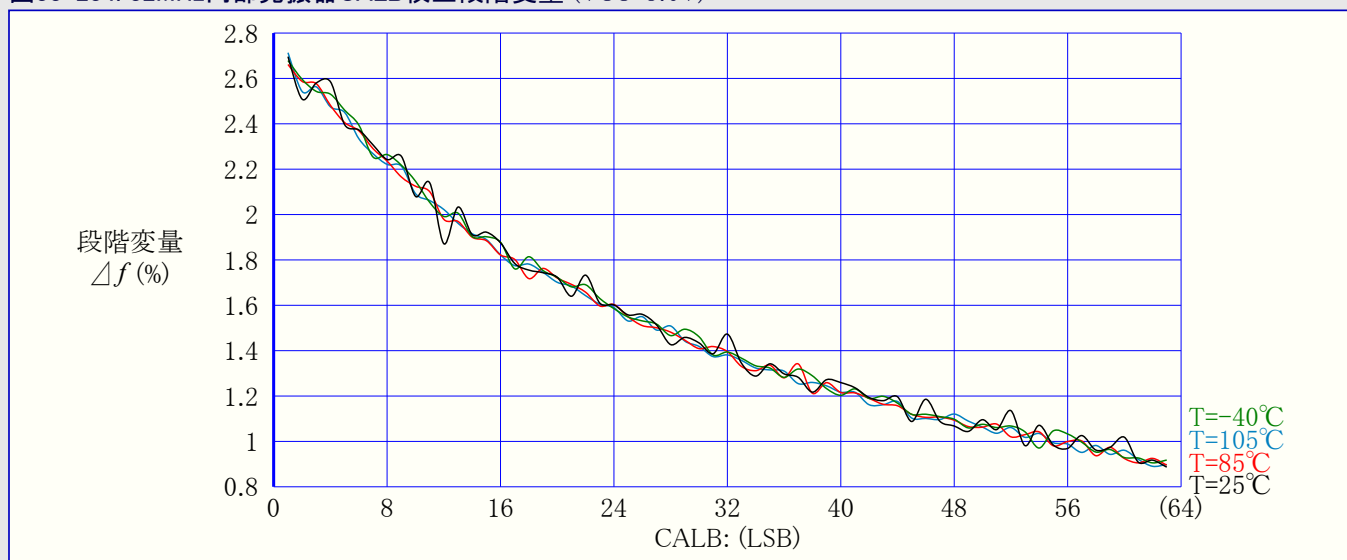


図33-234. 32MHz内部発振器CALB校正段階変量 (VCC=3.0V)



### 33.3.9.5. 48MHzに校正された32MHz内部発振器

図33-235. 48MHz内部発振器周波数 対 動作温度 (DFLL禁止)

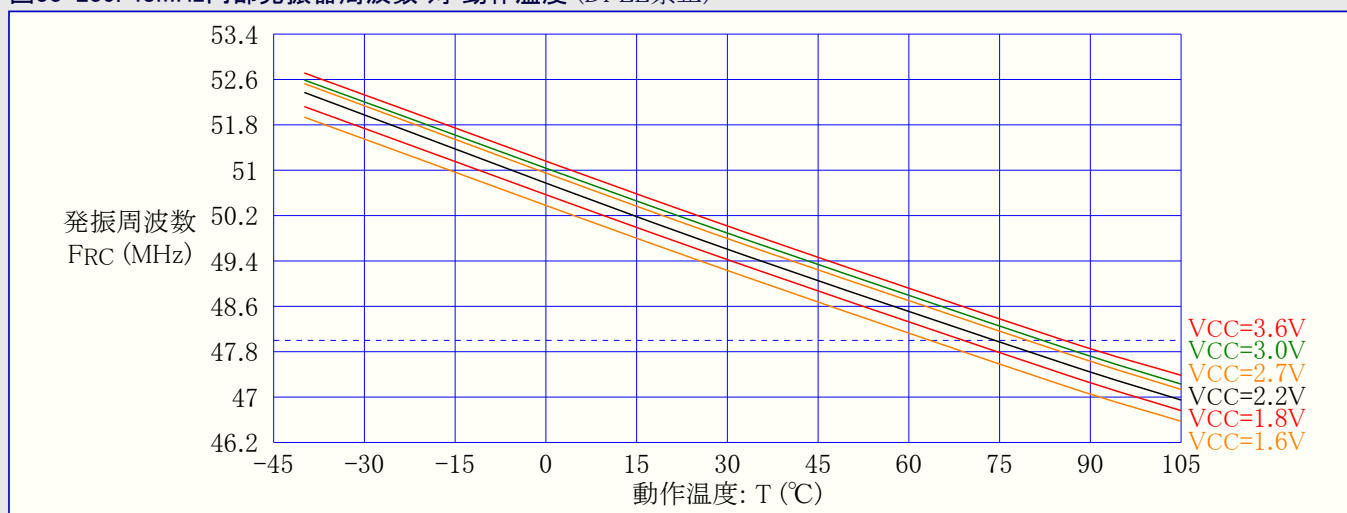


図33-236. 48MHz内部発振器周波数 対 動作温度 (32.768kHz内部発振器からでDFLL許可)

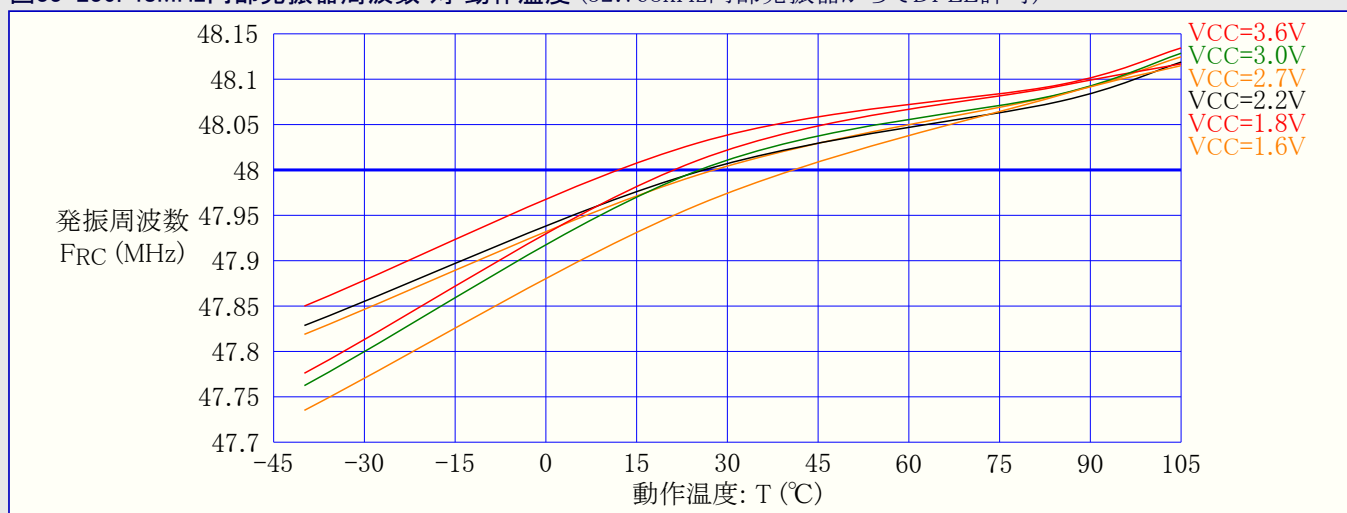
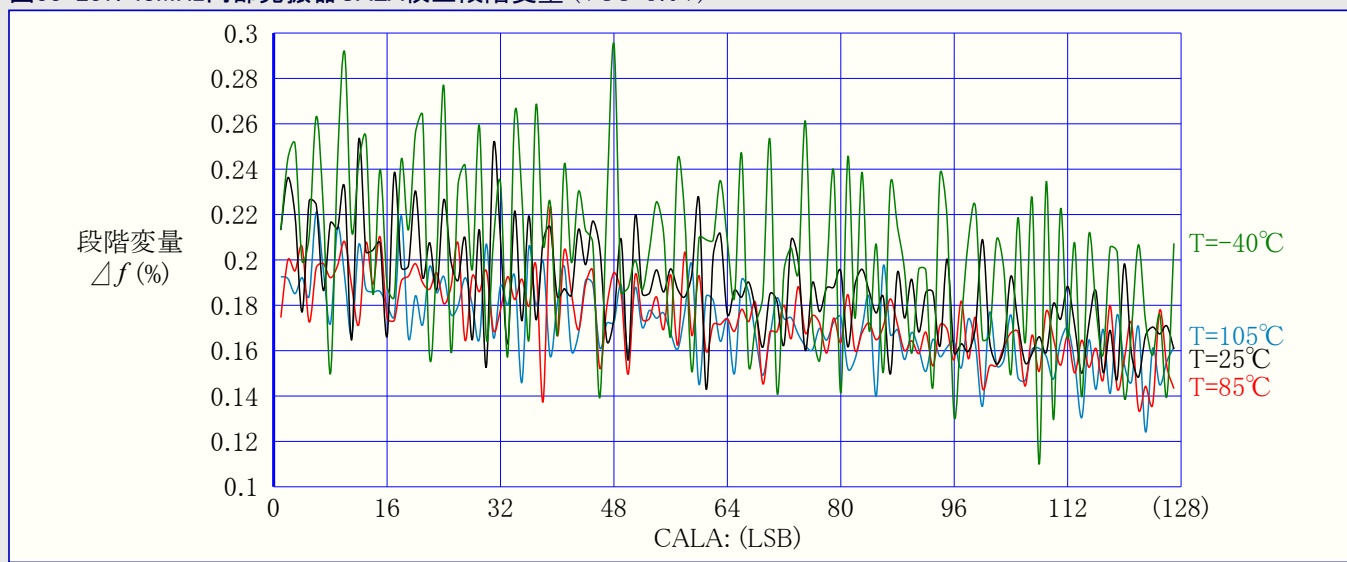
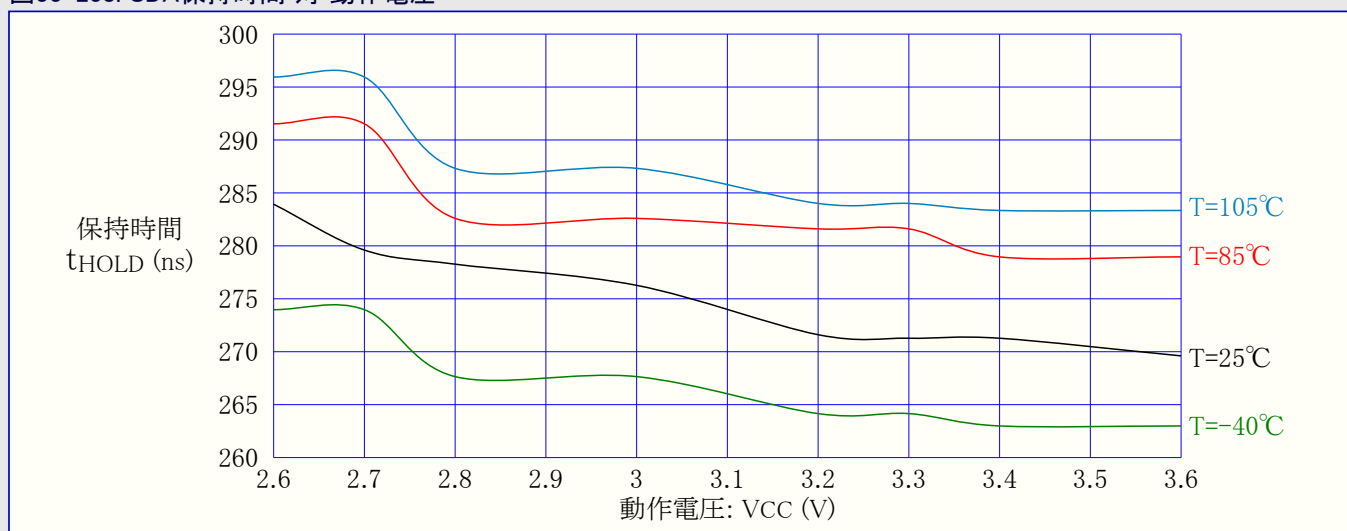


図33-237. 48MHz内部発振器CALA校正段階変量 (VCC=3.0V)



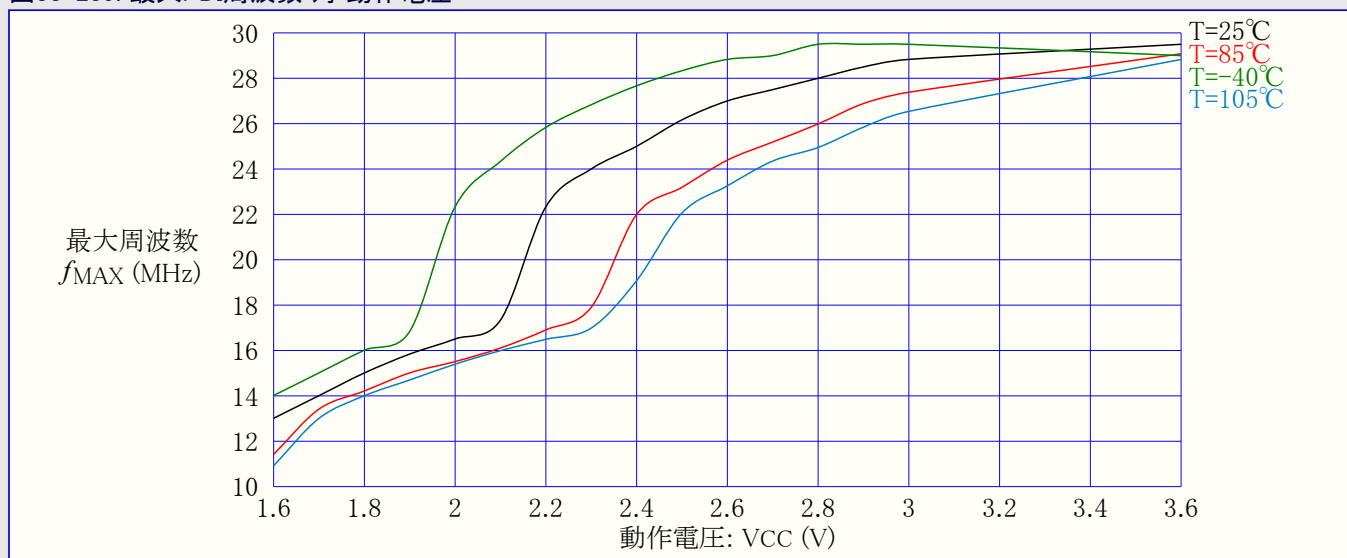
### 33.3.10. 2線インターフェース特性

図33-238. SDA保持時間 対 動作電圧



### 33.3.11. PDI特性

図33-239. 最大PDI周波数 対 動作電圧



## 33.4. ATxmega128D4

### 33.4.1. 消費電流

#### 33.4.1.1. 活動動作消費電流

図33-240. 活動動作消費電流 対 周波数 ( $f_{\text{SYS}}=0\sim 1.0\text{MHz}$ 外部クロック,  $T=25^\circ\text{C}$ )

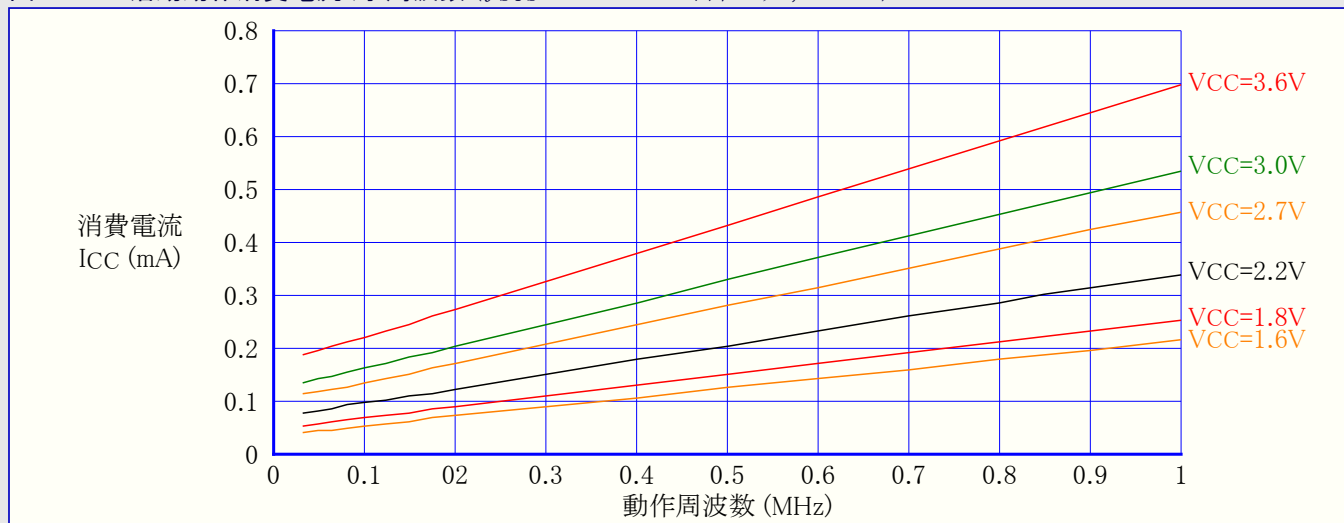


図33-241. 活動動作消費電流 対 周波数 ( $f_{\text{SYS}}=1\sim 32\text{MHz}$ 外部クロック,  $T=25^\circ\text{C}$ )

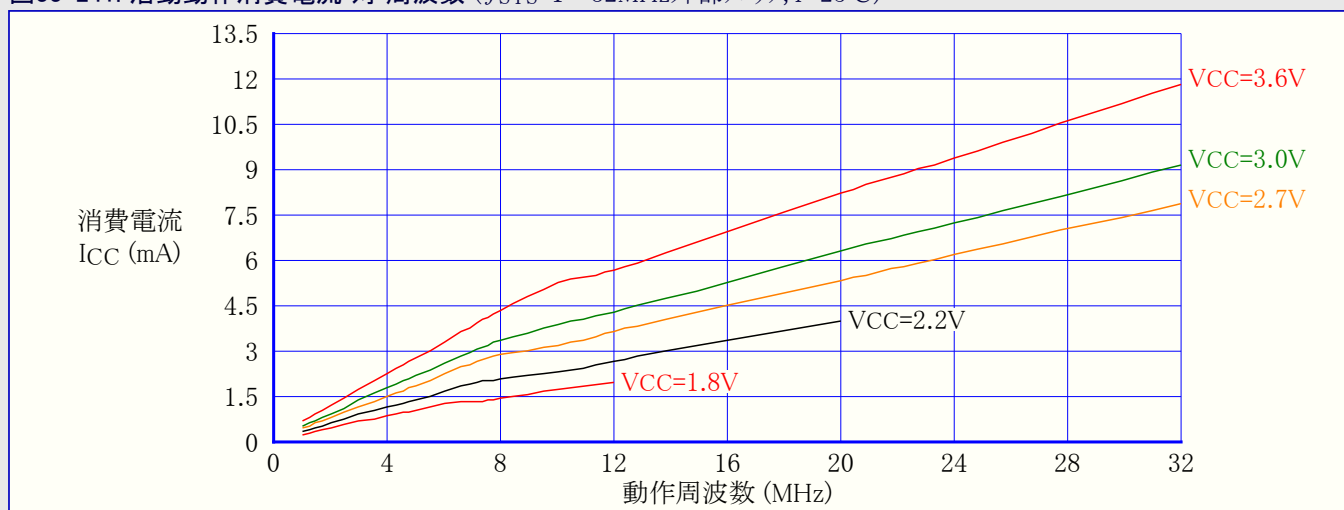


図33-242. 活動動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{\text{SYS}}=32.768\text{kHz}$ 内部発振器)

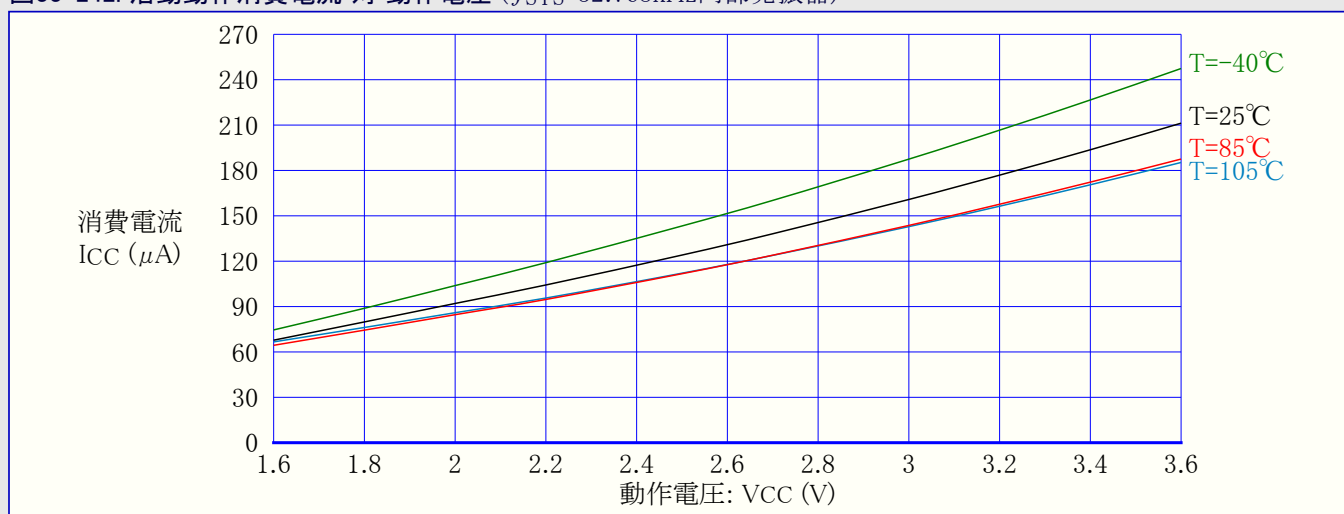


図33-243. 活動動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=1\text{MHz}$ 外部クロック)

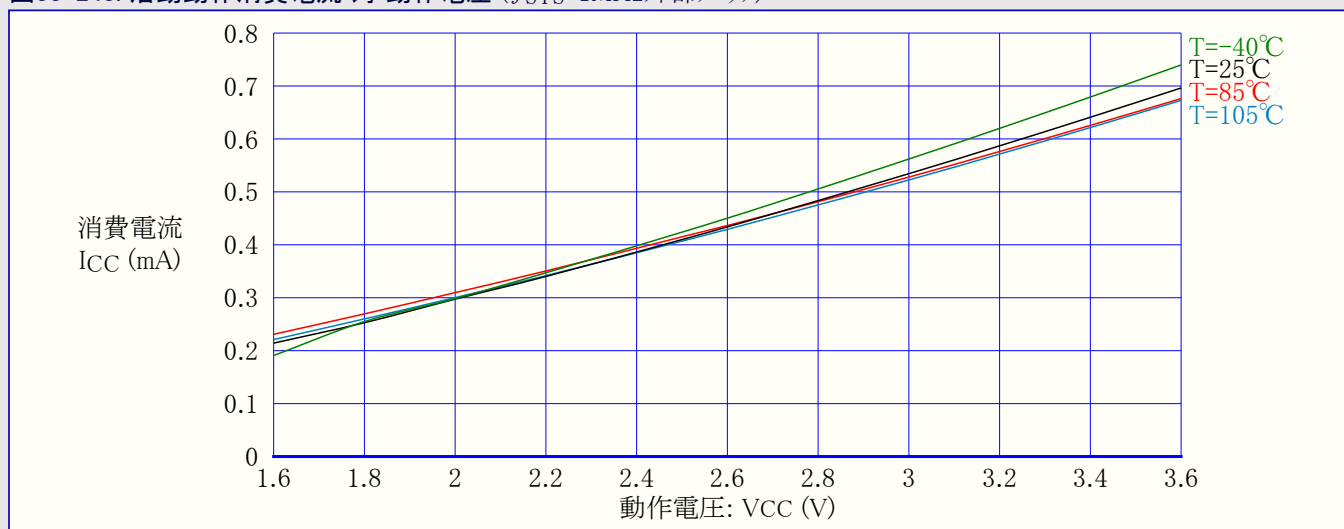


図33-244. 活動動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=2\text{MHz}$ 内部発振器)

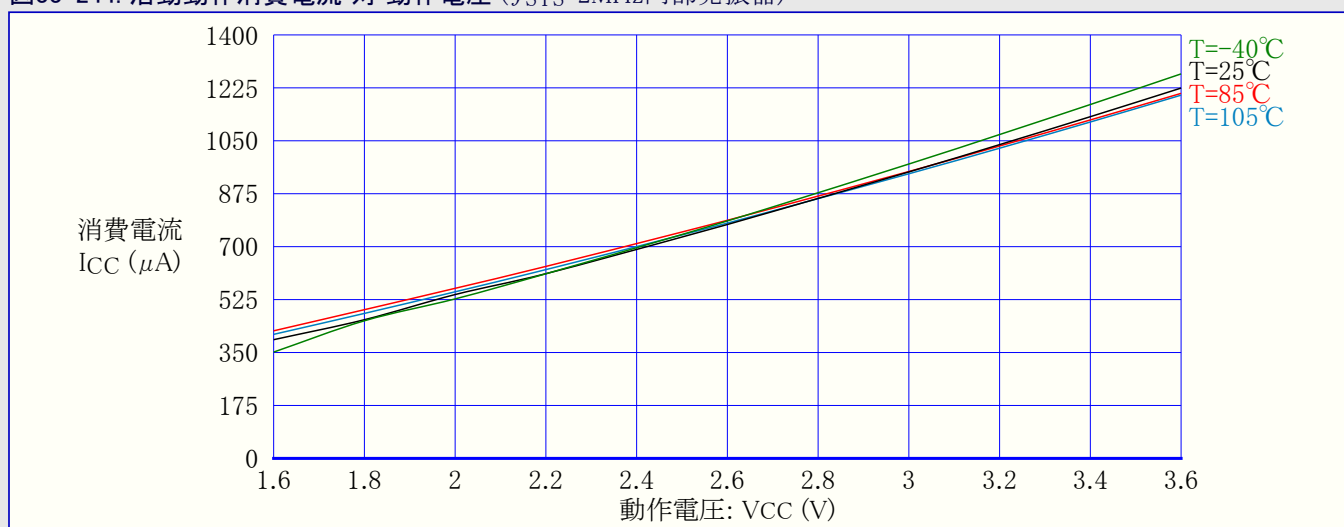


図33-245. 活動動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=8\text{MHz}$ に前置分周した32MHz内部発振器)

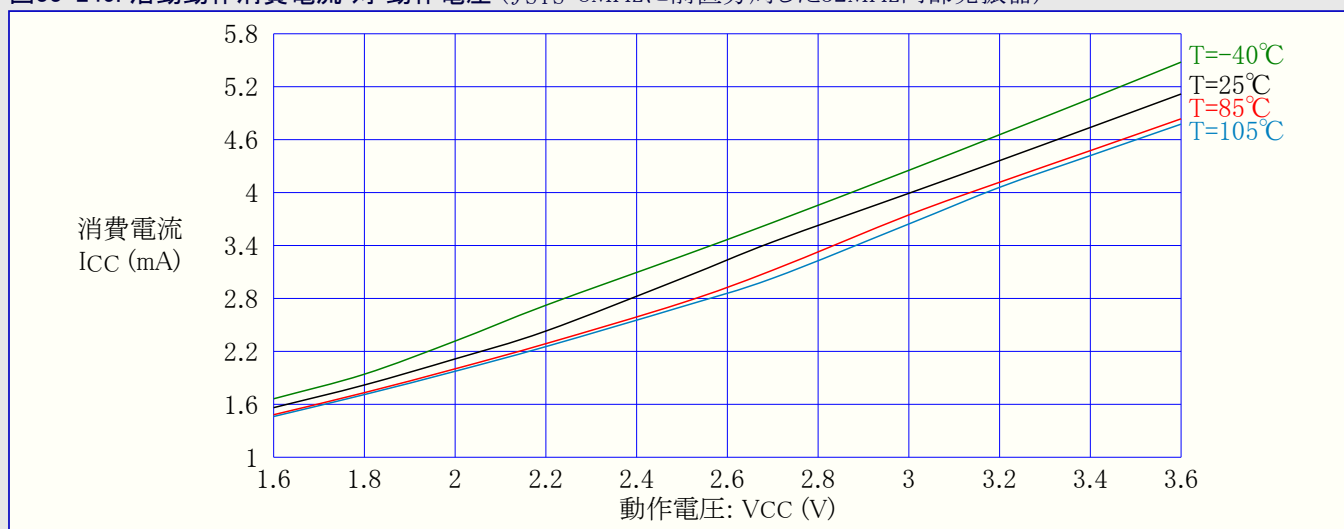
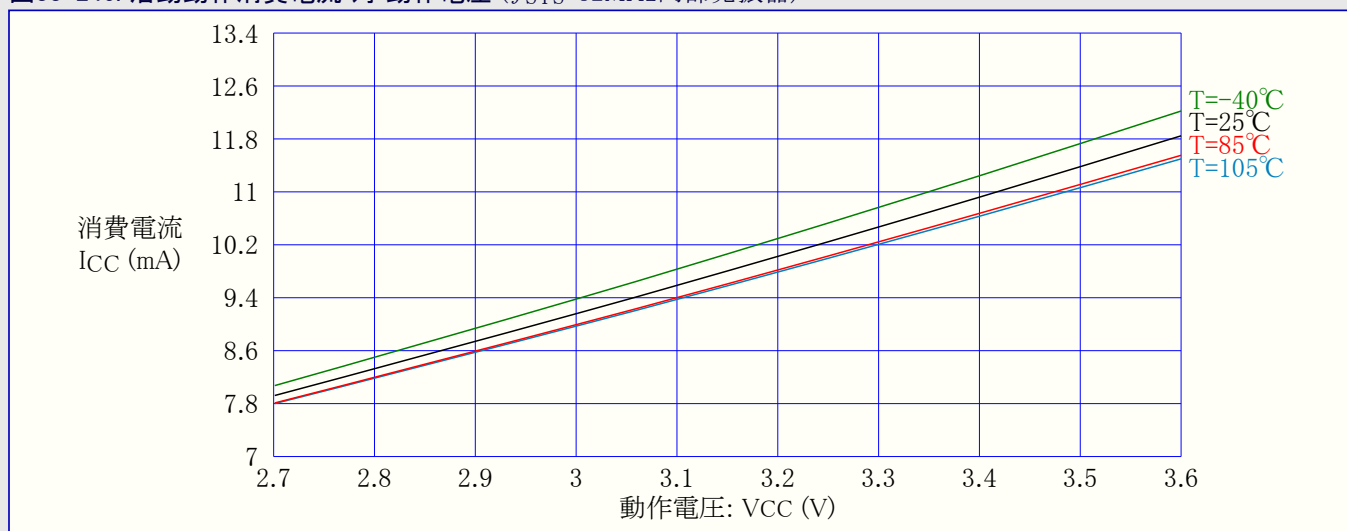




図33-246. 活動動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=32\text{MHz}$ 内部発振器)



### 33.4.1.2. アイドル動作消費電流

図33-247. アイドル動作消費電流 対 周波数 ( $f_{SYS}=0\sim 1.0\text{MHz}$ 外部クロック,  $T=25^{\circ}\text{C}$ )

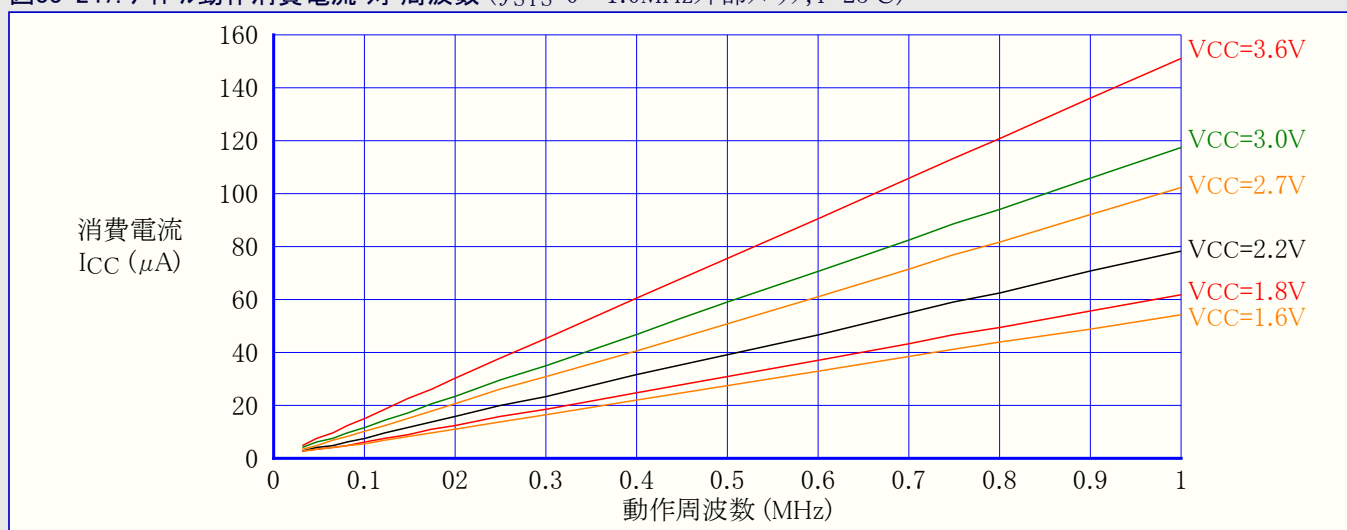


図33-248. アイドル動作消費電流 対 周波数 ( $f_{SYS}=1\sim 32\text{MHz}$ 外部クロック,  $T=25^{\circ}\text{C}$ )

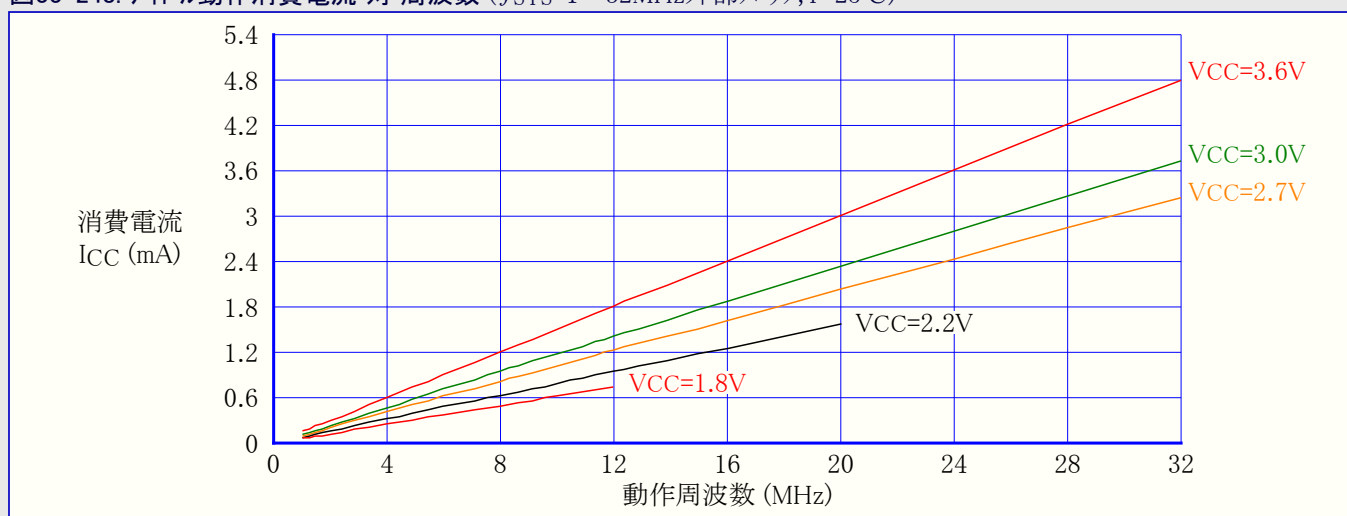


図33-249. アイドル動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=32.768\text{kHz}$ 内部発振器)

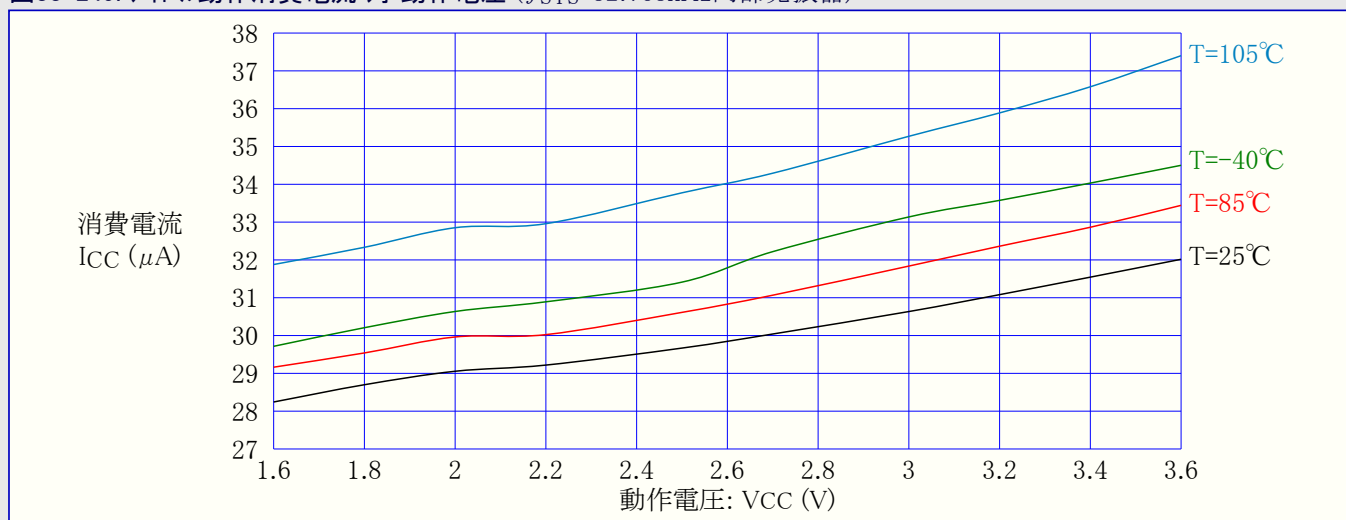


図33-250. アイドル動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=1\text{MHz}$ 外部発振器)

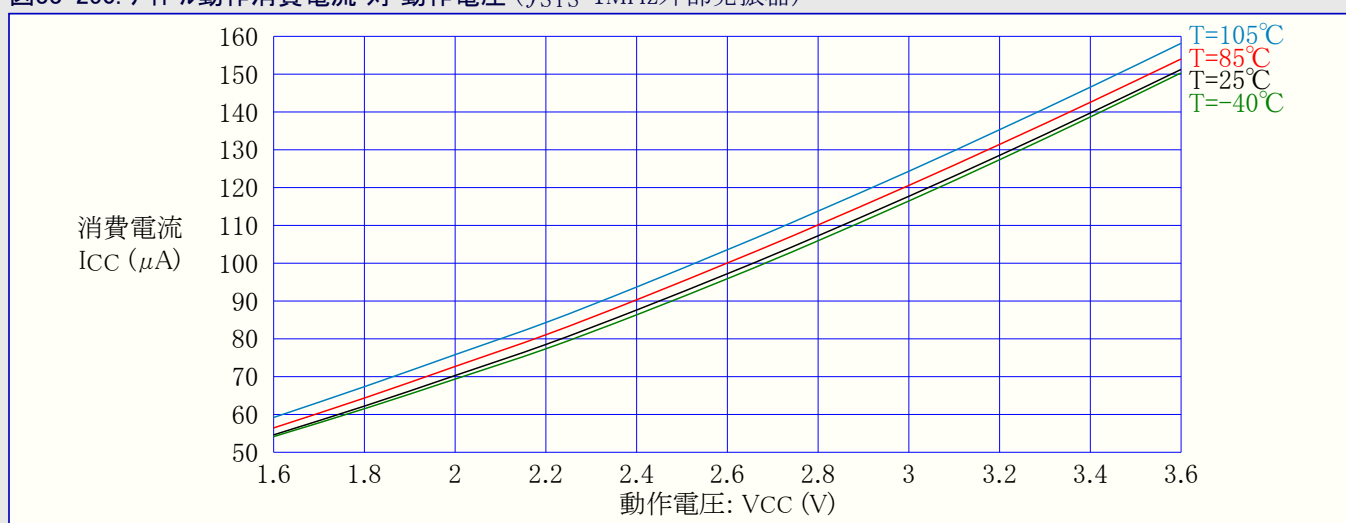


図33-251. アイドル動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=2\text{MHz}$ 内部発振器)

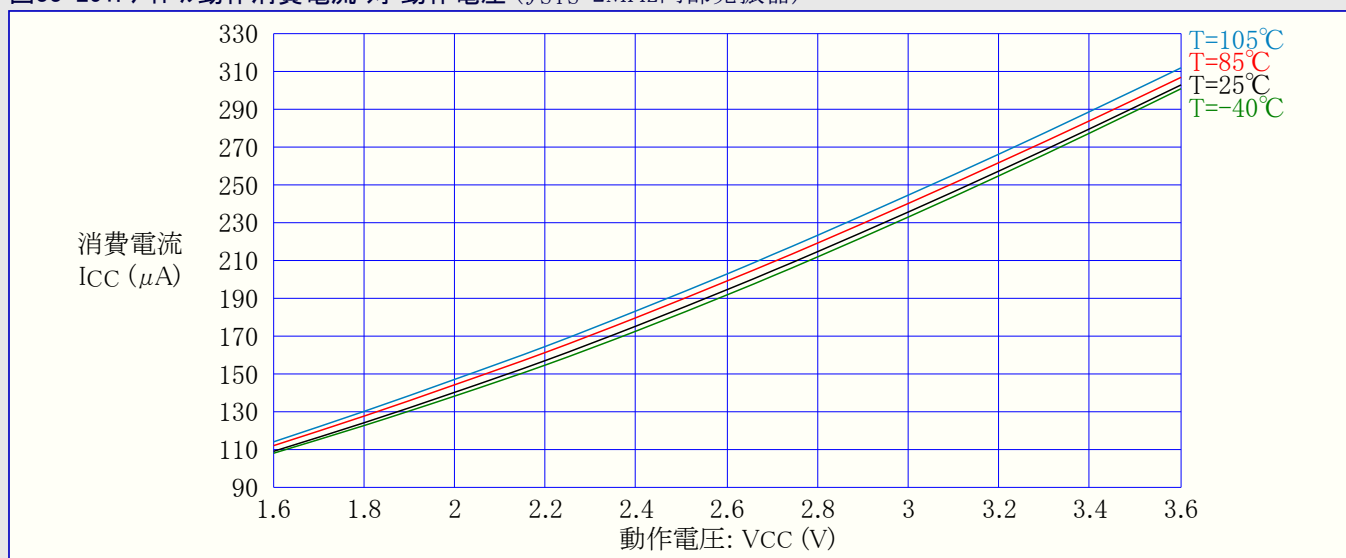


図33-252. アイドル動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=8\text{MHz}$ へ前置分周された32MHz内部発振器)

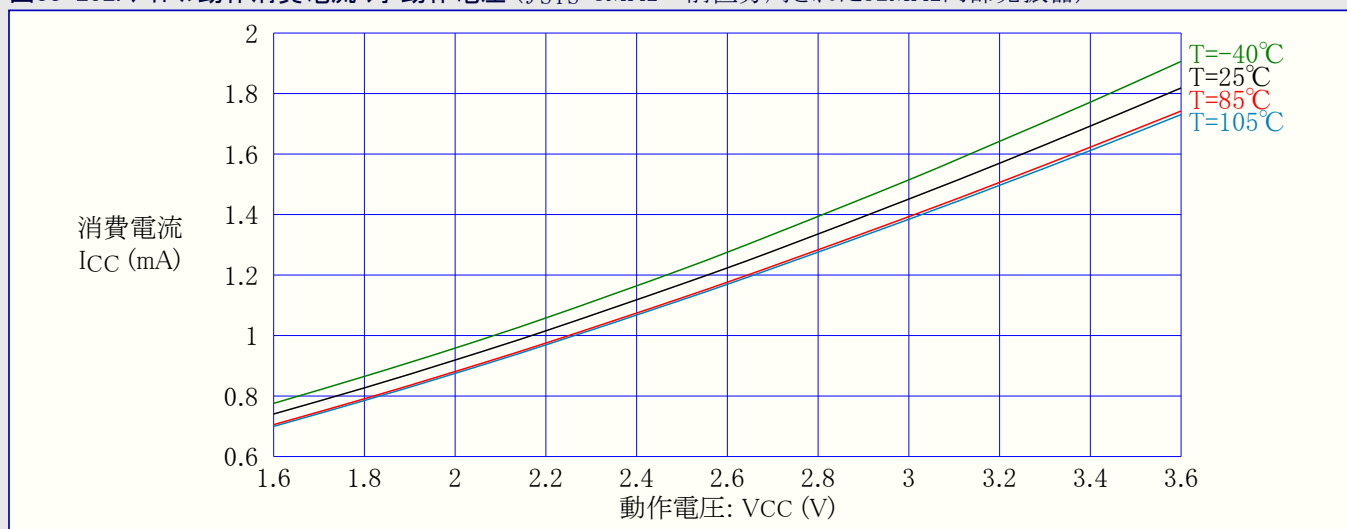
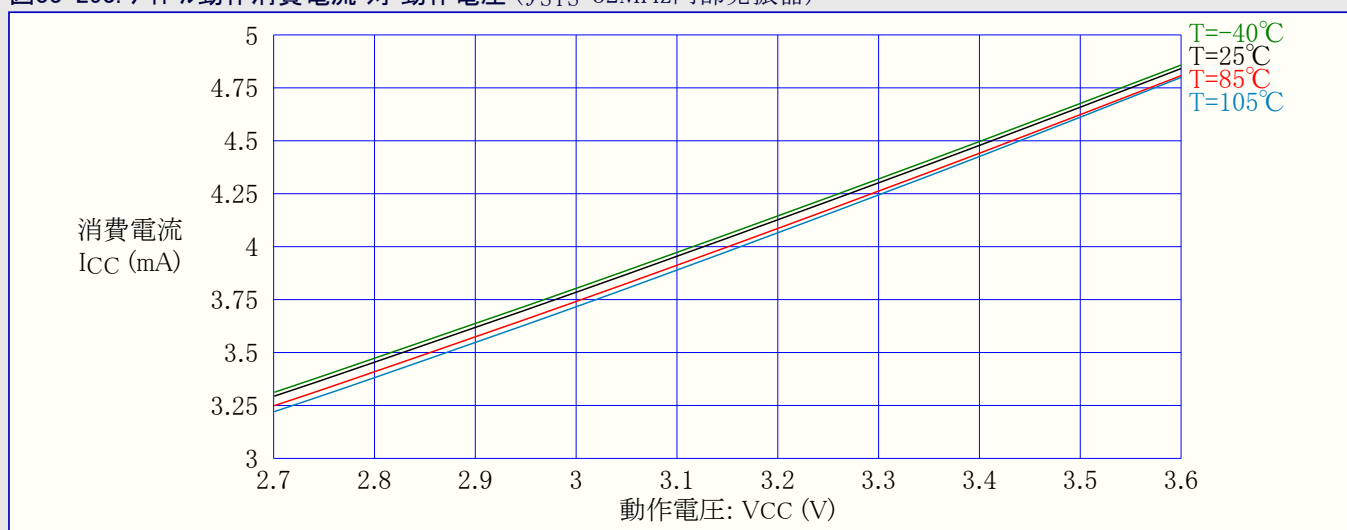


図33-253. アイドル動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=32\text{MHz}$ 内部発振器)



### 33.4.1.3. パワーダウン動作消費電流

図33-254. パワーダウン動作消費電流 対 動作温度 (全機能禁止)

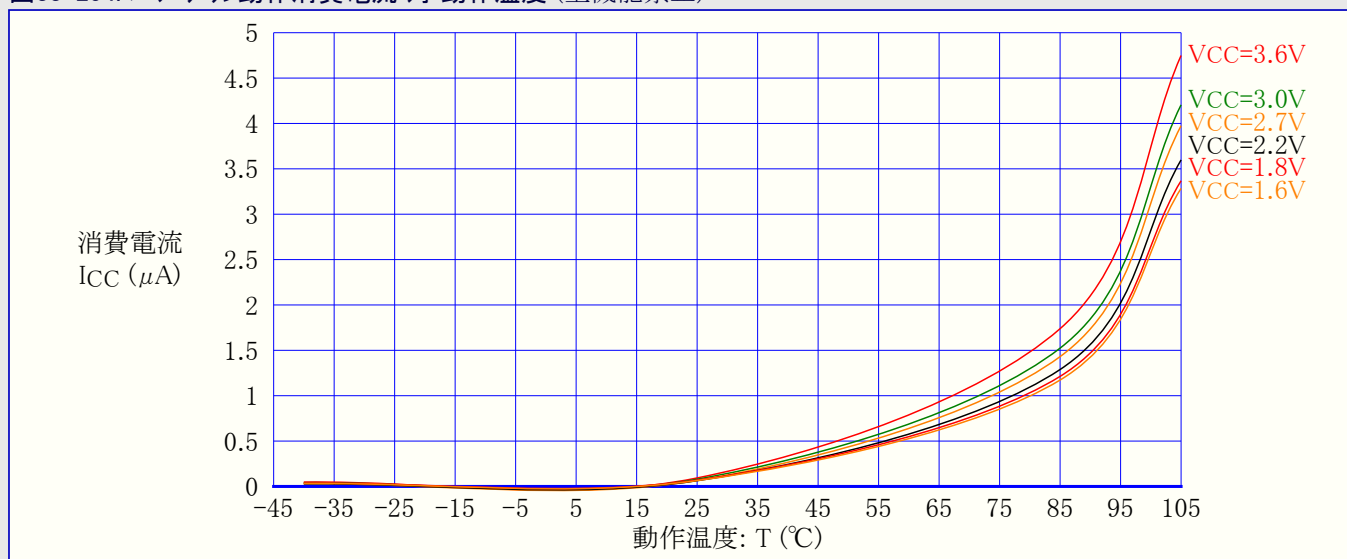


図33-255. パワーダウン動作消費電流 対 動作電圧 (全機能禁止)

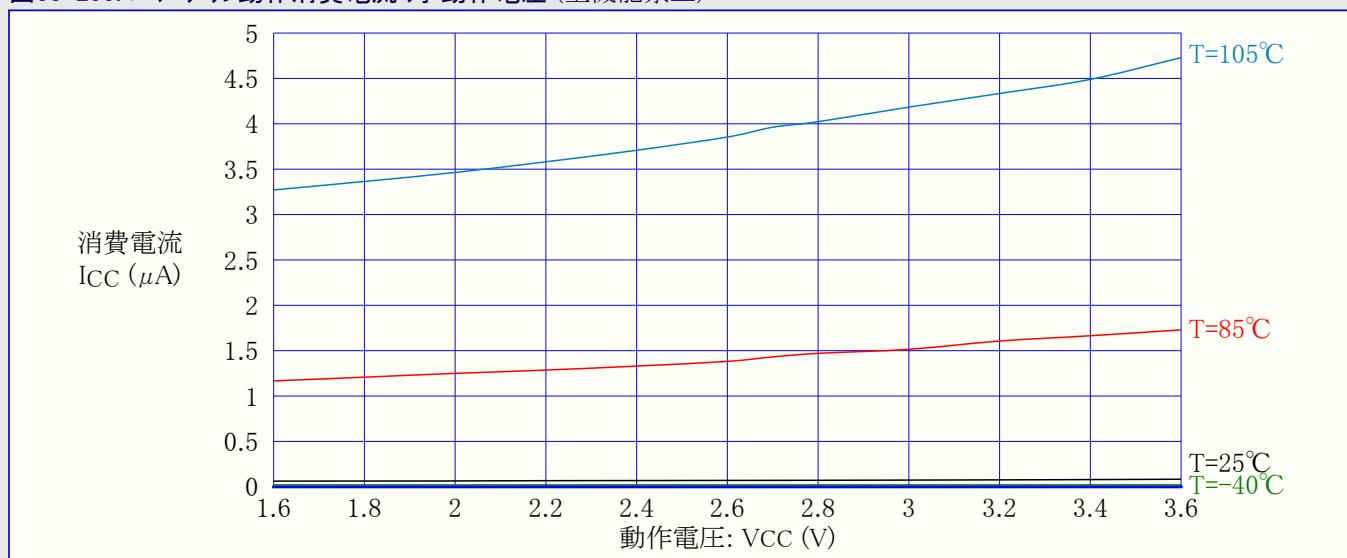
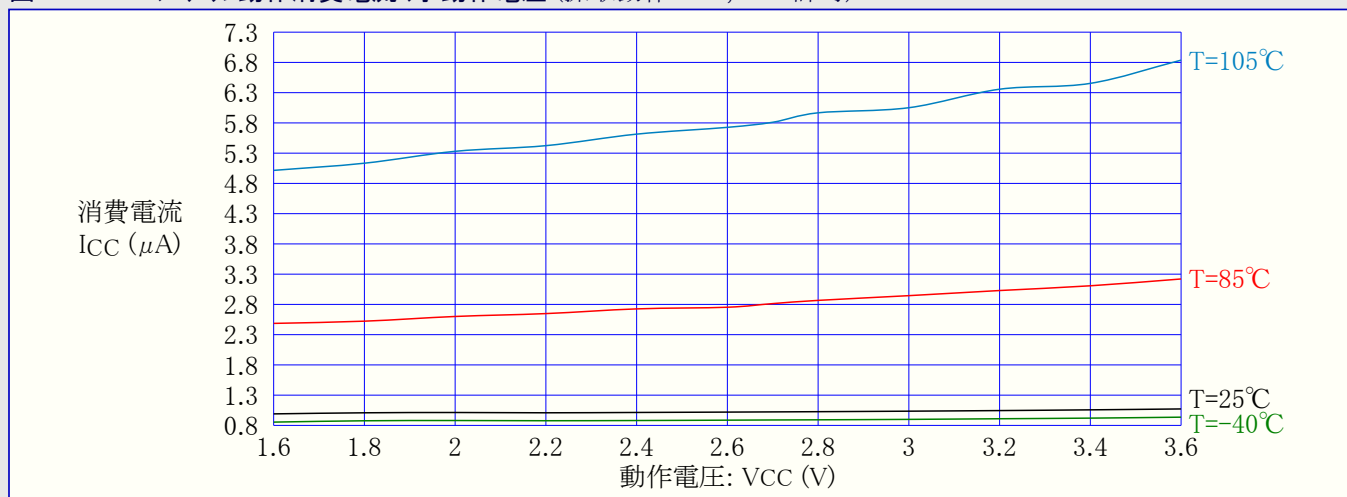
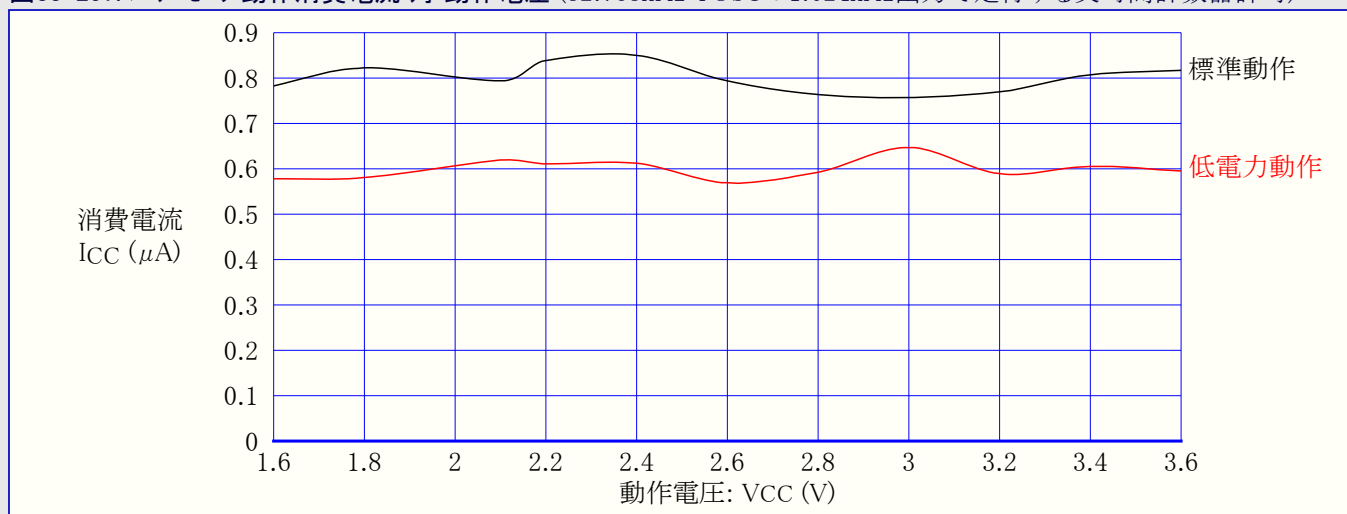


図33-256. パワーダウン動作消費電流 対 動作電圧 (採取動作BOD, WDT許可)



#### 33.4.1.4. パワーセーブ動作消費電流

図33-257. パワーセーブ動作消費電流 対 動作電圧 (32.768kHz TOSCの1.024kHz出力で走行する実時間計数器許可)



### 33.4.1.5. スタンバイ動作消費電流

図33-258. スタンバイ動作消費電流 対 動作電圧 ( $f_{SYS}=1\text{MHz}$ )

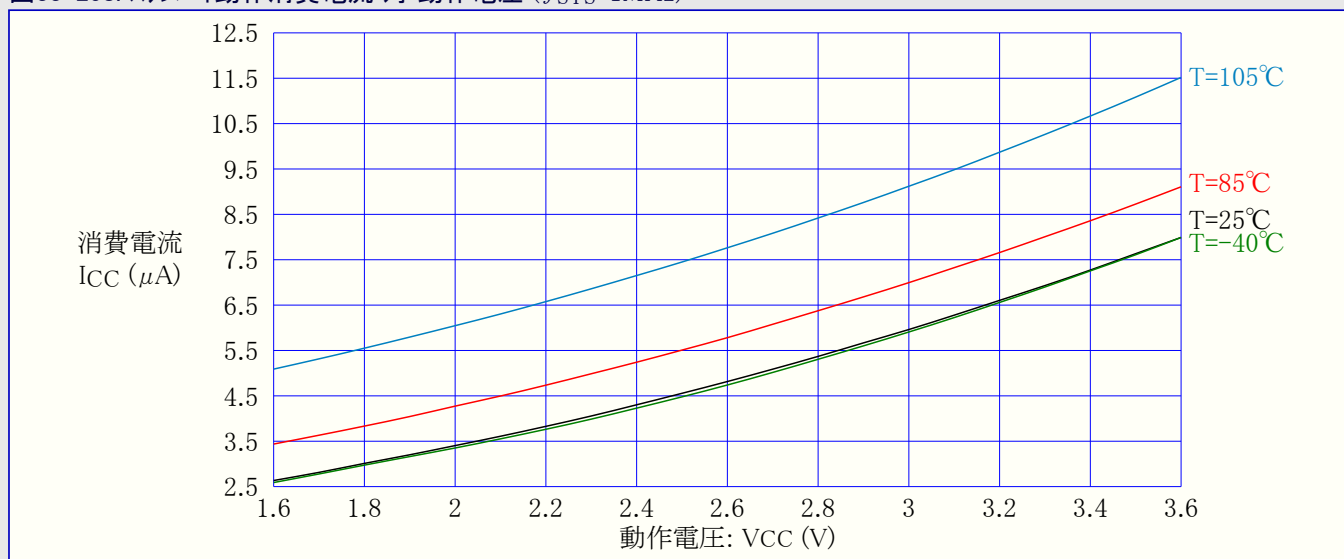
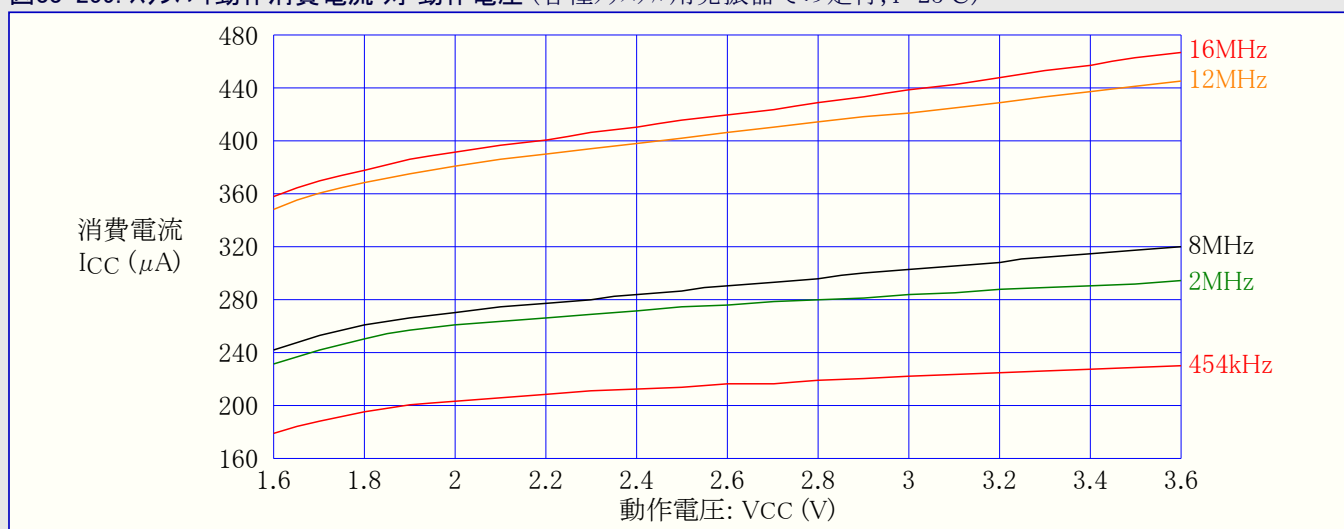


図33-259. スタンバイ動作消費電流 対 動作電圧 (各種クリスタル用発振器での走行,  $T=25^{\circ}\text{C}$ )



### 33.4.2. 入出力ピン特性

#### 33.4.2.1. プルアップ

図33-260. I/Oピンプルアップ抵抗電流 対 入力電圧 ( $V_{CC}=1.8\text{V}$ )

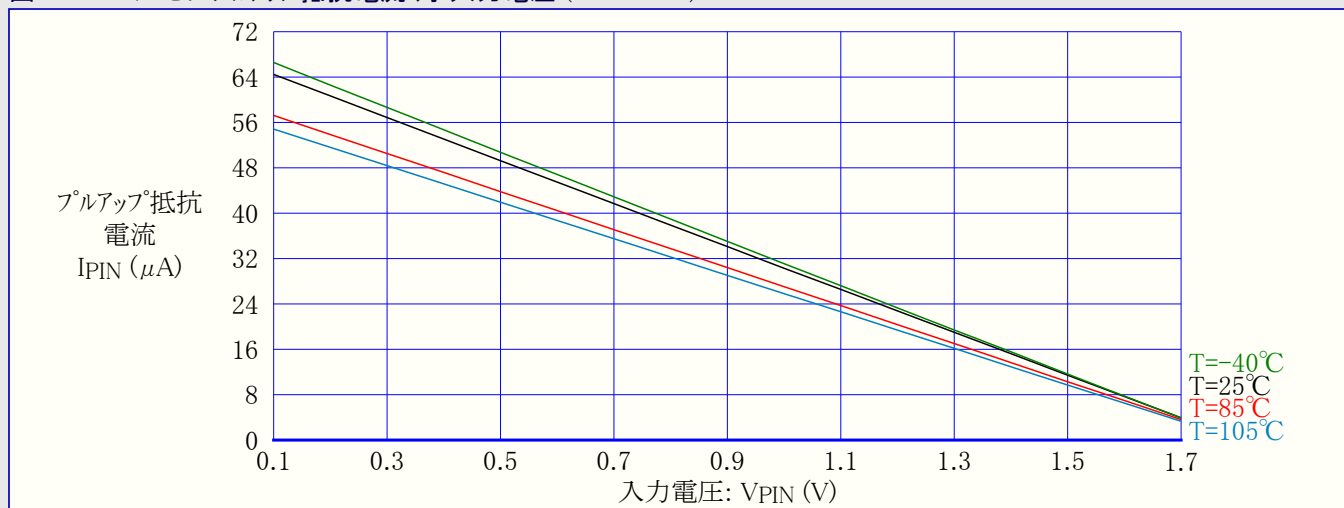


図33-261. I/Oピンプルアップ抵抗電流 対 入力電圧 (VCC=3.0V)

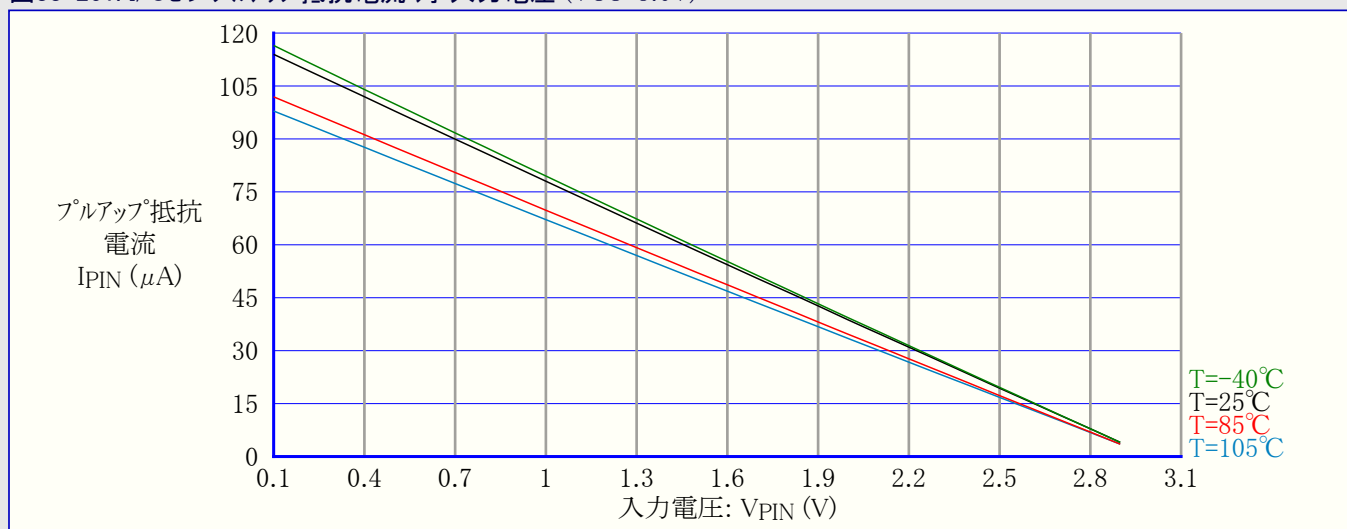
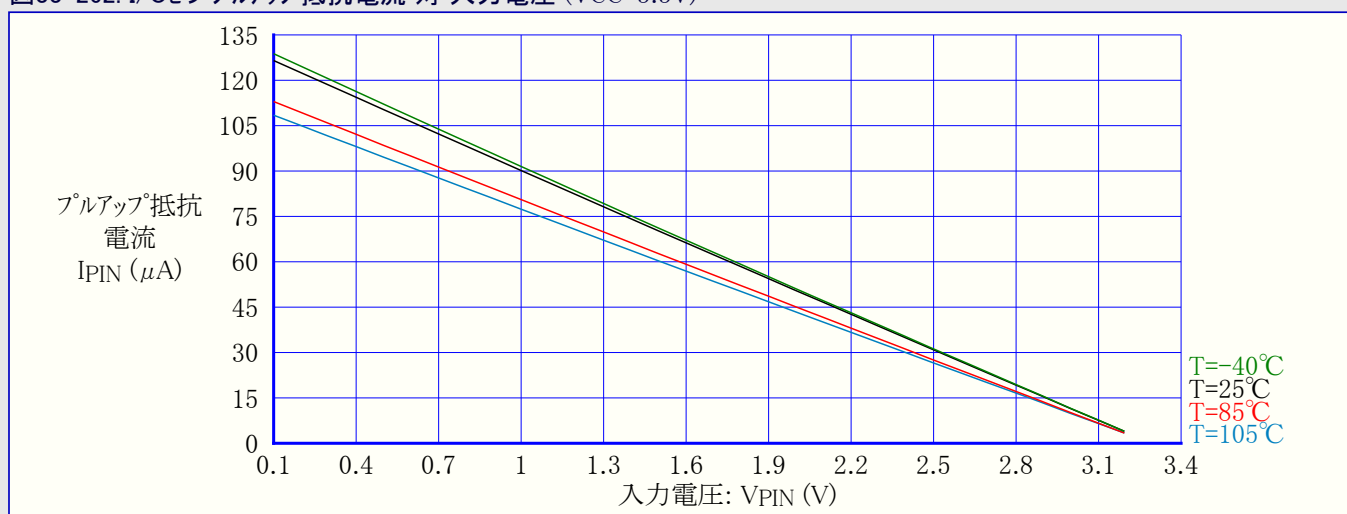


図33-262. I/Oピンプルアップ抵抗電流 対 入力電圧 (VCC=3.3V)



### 33.4.2.2. 出力電圧 対 シンク/ソース電流

図33-263. I/Oピン出力電圧 対 ソース電流 (VCC=1.8V)

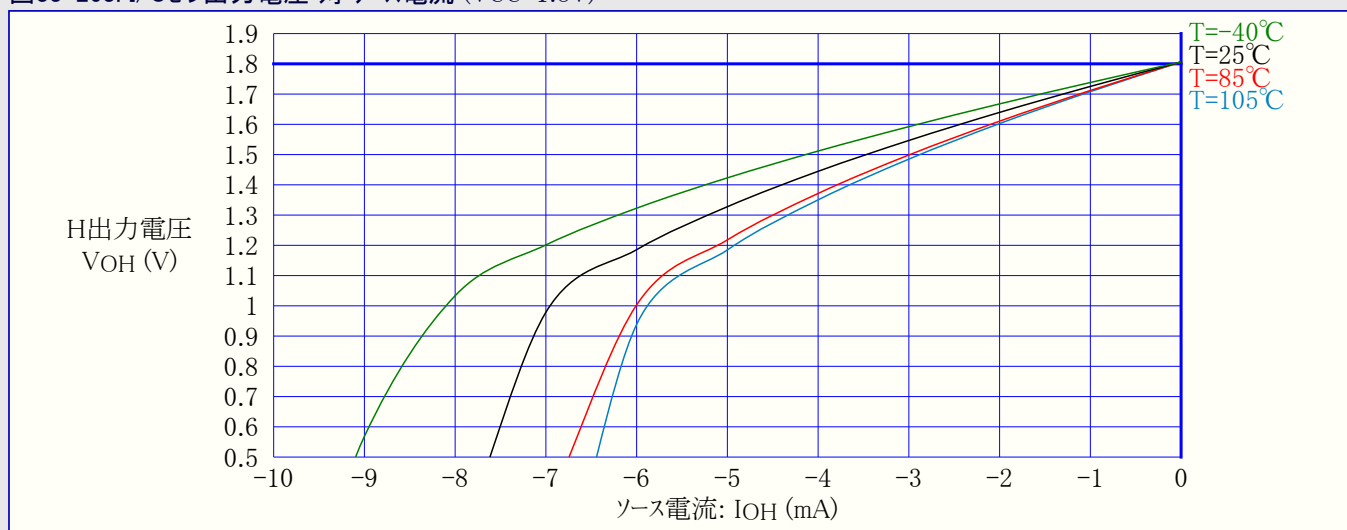


図33-264. I/Oピン出力電圧 対 ソース電流 (VCC=3.0V)

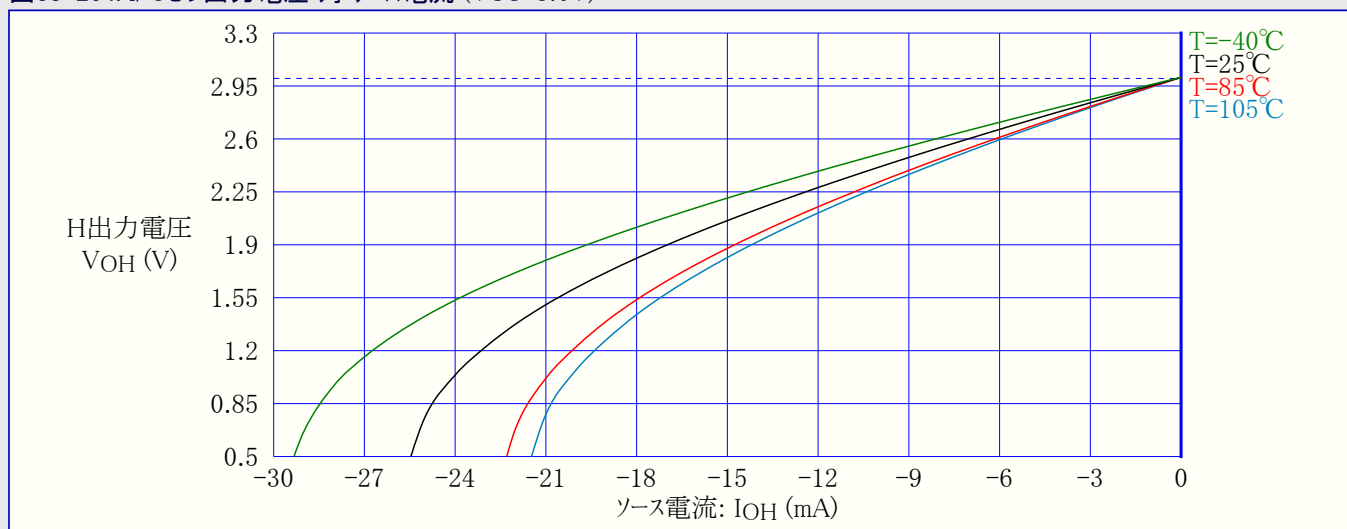


図33-265. I/Oピン出力電圧 対 ソース電流 (VCC=3.3V)

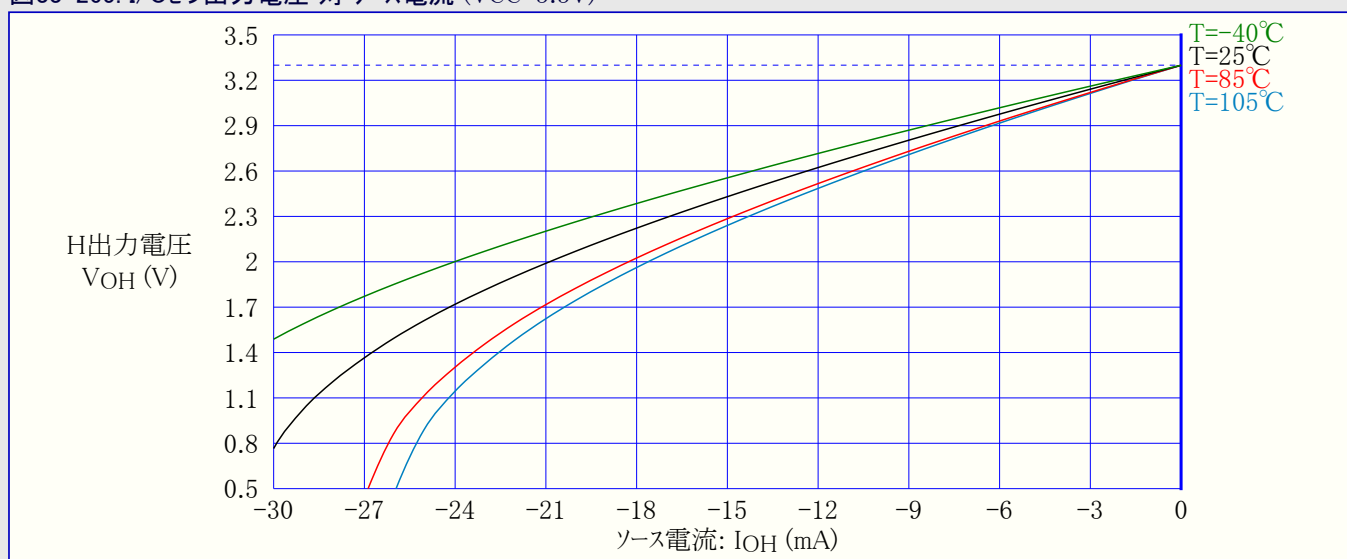


図33-266. I/Oピン出力電圧 対 ソース電流 (T=25°C)

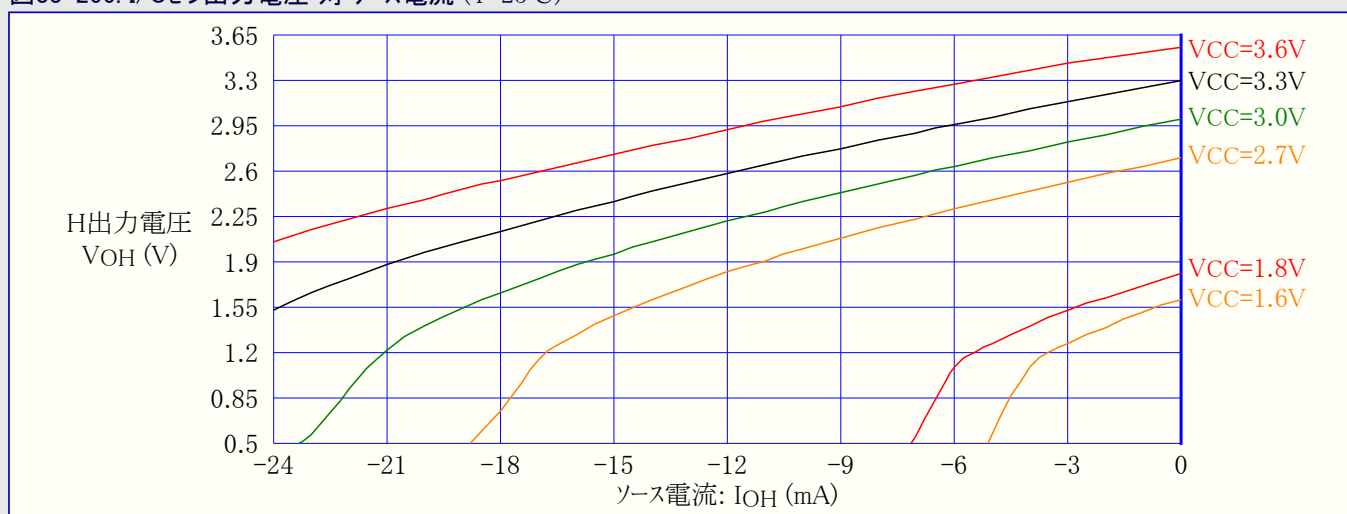


図33-267. I/Oピン出力電圧 対 シンク電流 (VCC=1.8V)

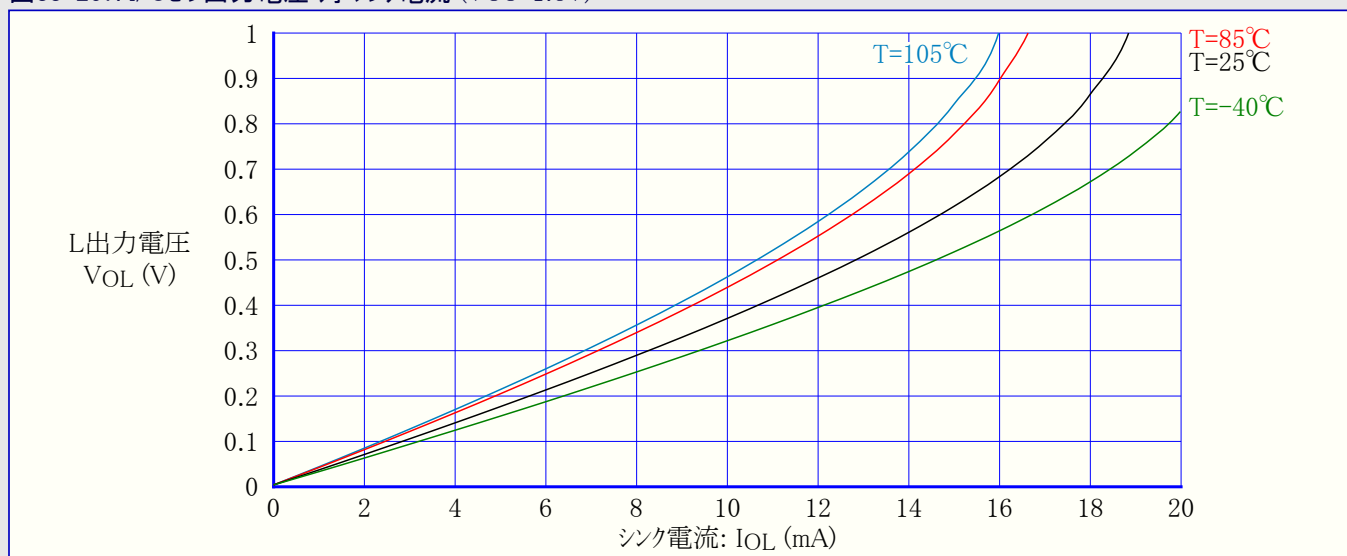


図33-268. I/Oピン出力電圧 対 シンク電流 (VCC=3.0V)

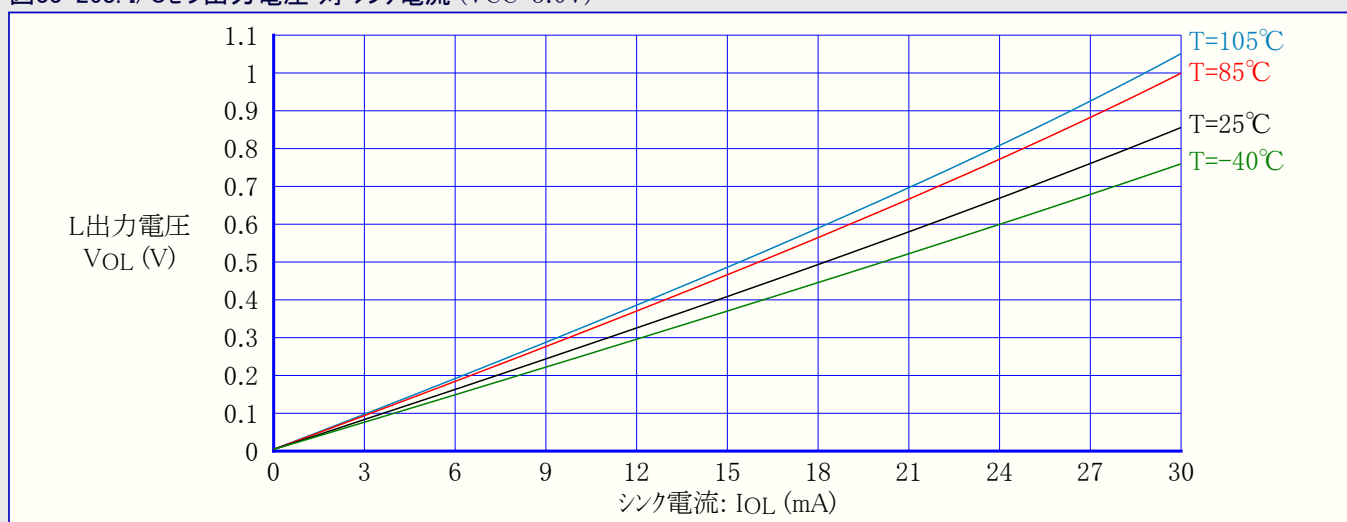


図33-269. I/Oピン出力電圧 対 シンク電流 (VCC=3.3V)

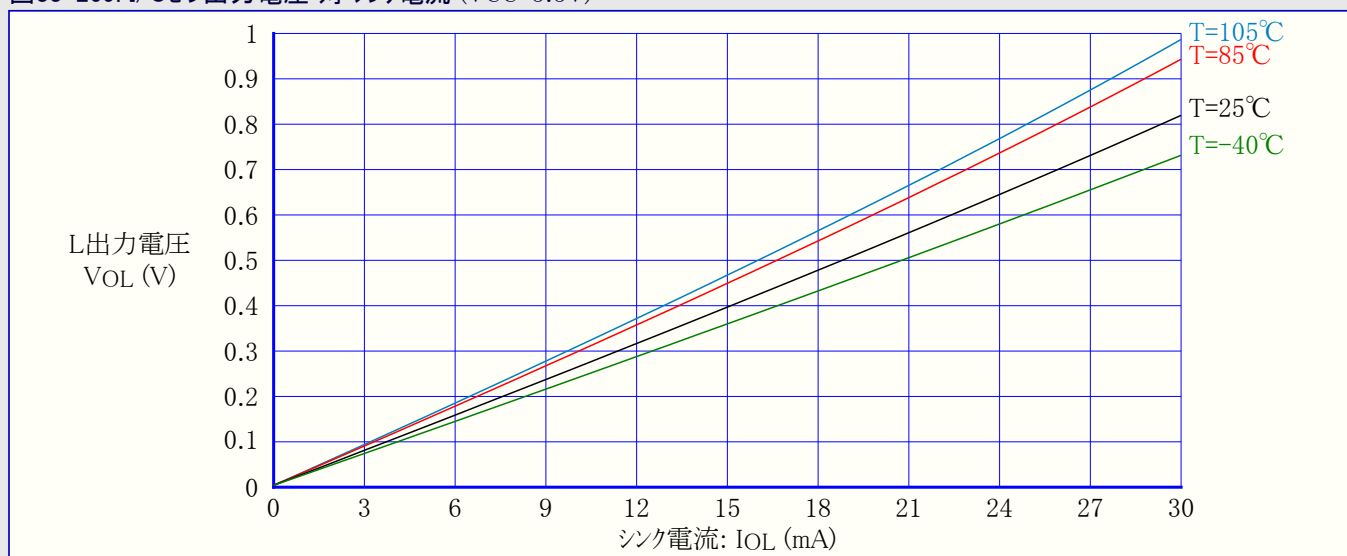
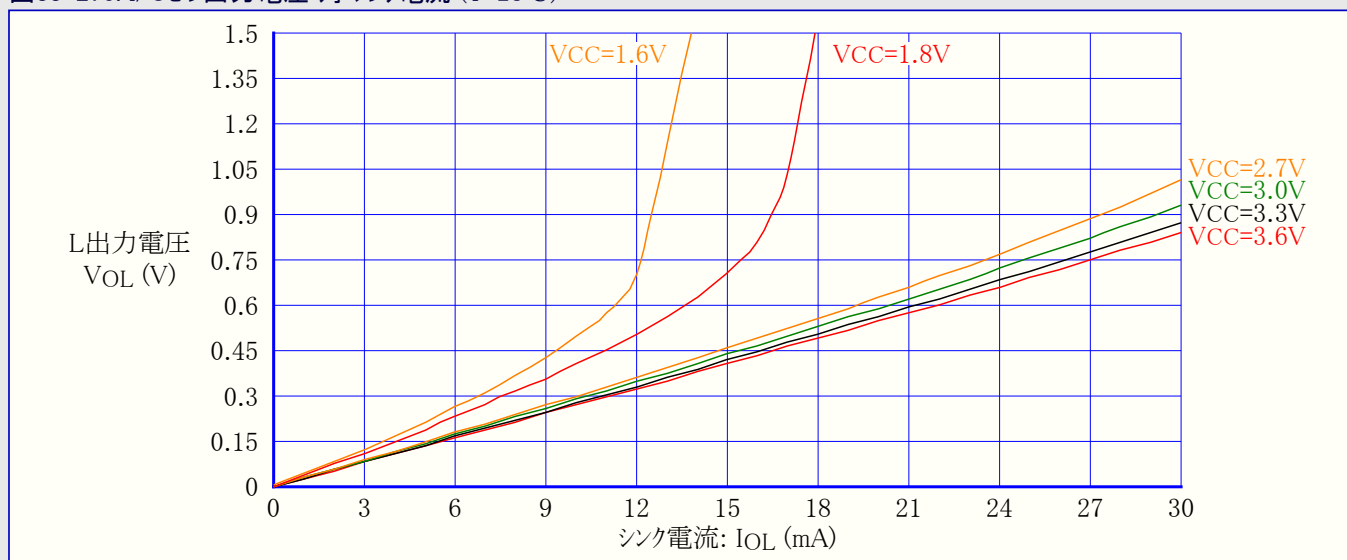




図33-270. I/Oピン出力電圧 対 シンク電流 (T=25°C)



### 33.4.2.3. 閾値とヒステリシス

図33-271. I/Oピン入力閾値(スレッショルド)電圧 対 動作電圧 (T=25°C)

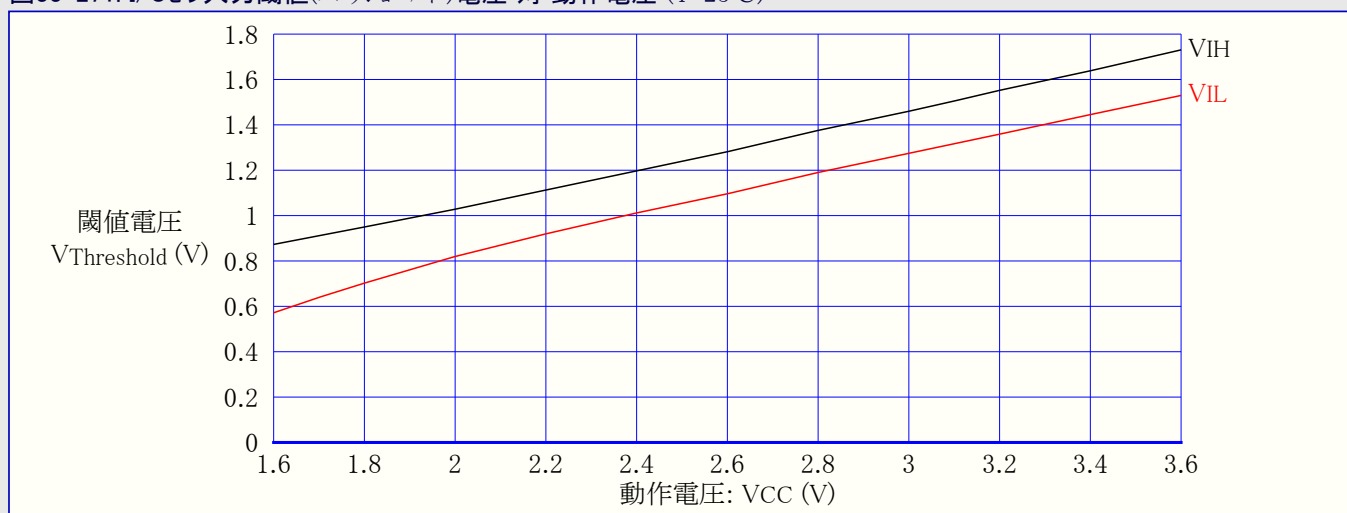


図33-272. I/Oピン入力閾値(スレッショルド)電圧 対 動作電圧 ( $V_{IH}$ , I読み値)

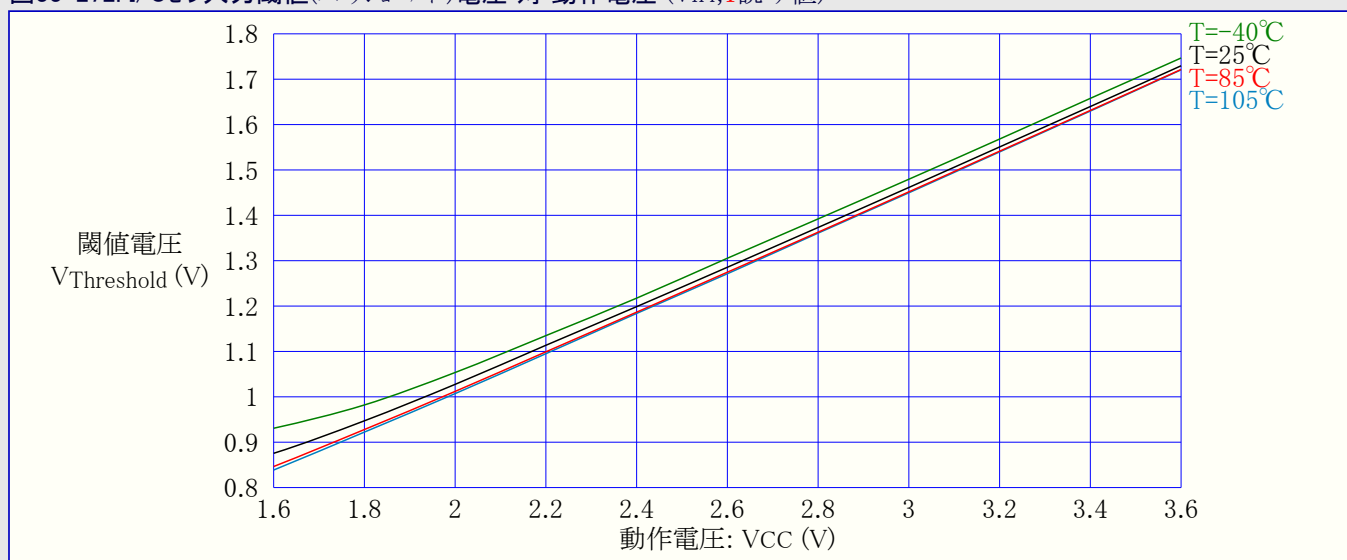


図33-273. I/Oピン入力閾値(スレッショルド)電圧 対 動作電圧 (VIL,0読み値)

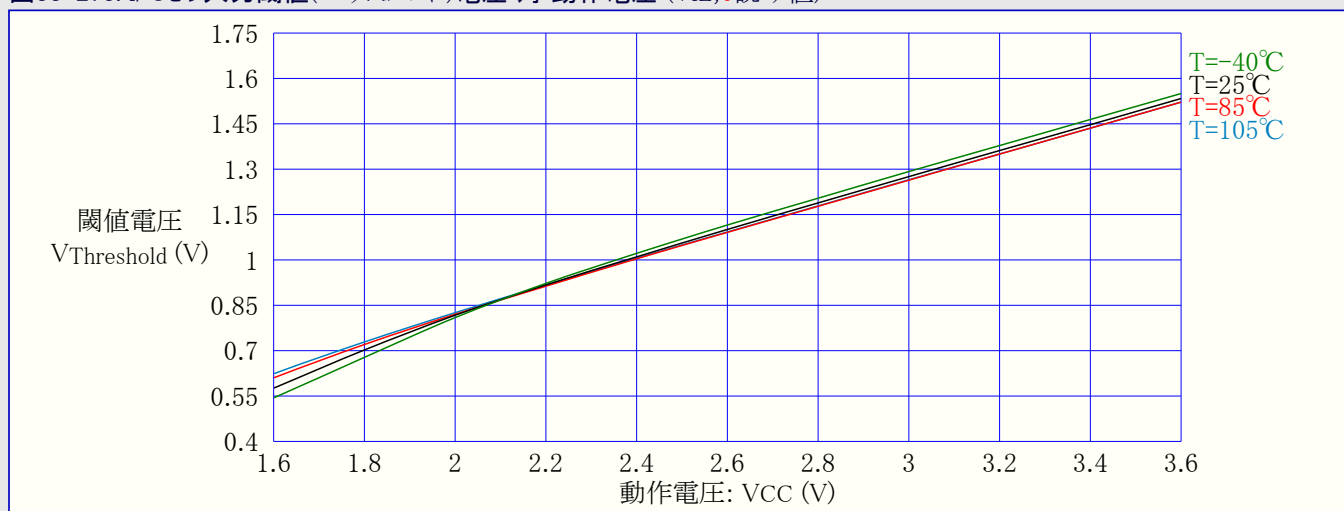
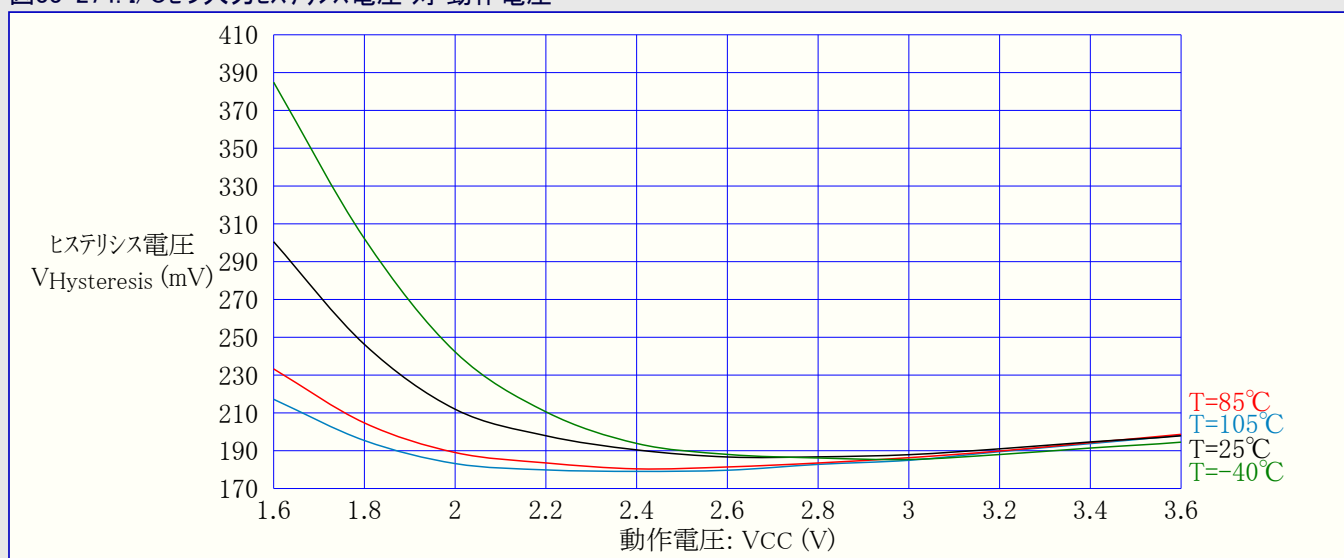


図33-274. I/Oピン入力ヒステリシス電圧 対 動作電圧



### 33.4.3. A/D変換器(ADC)特性

図33-275. ADC積分性誤差(INL) 対 外部VREF (T=25°C、VCC=3.6V)

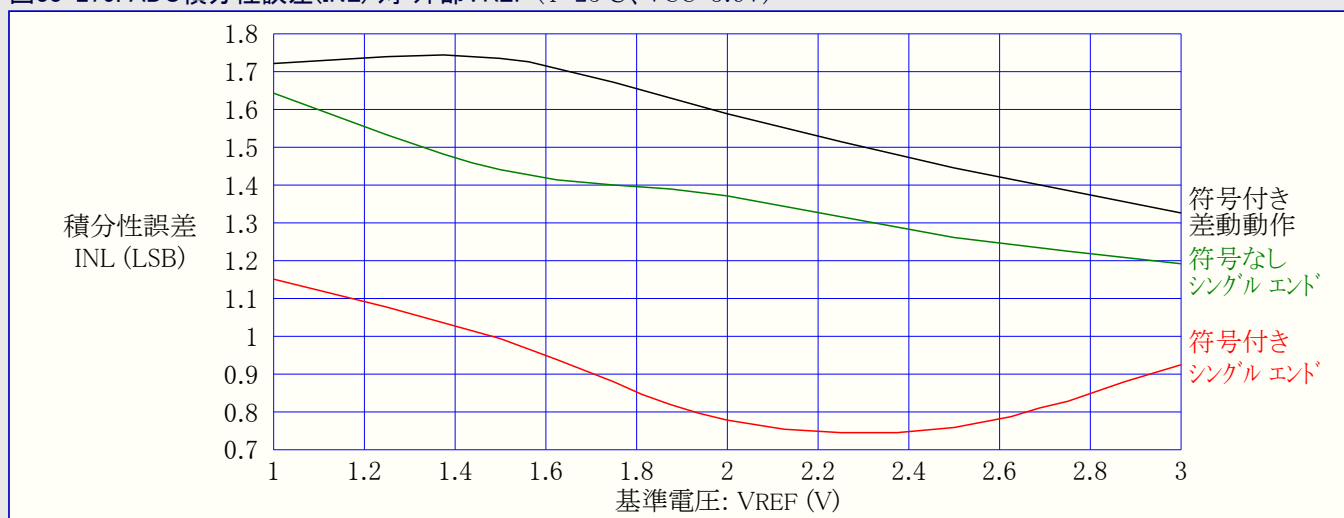


図33-276. ADC積分性誤差(INL) 対 採取速度 (T=25°C、VCC=3.6V、VREF=外部3.0V)

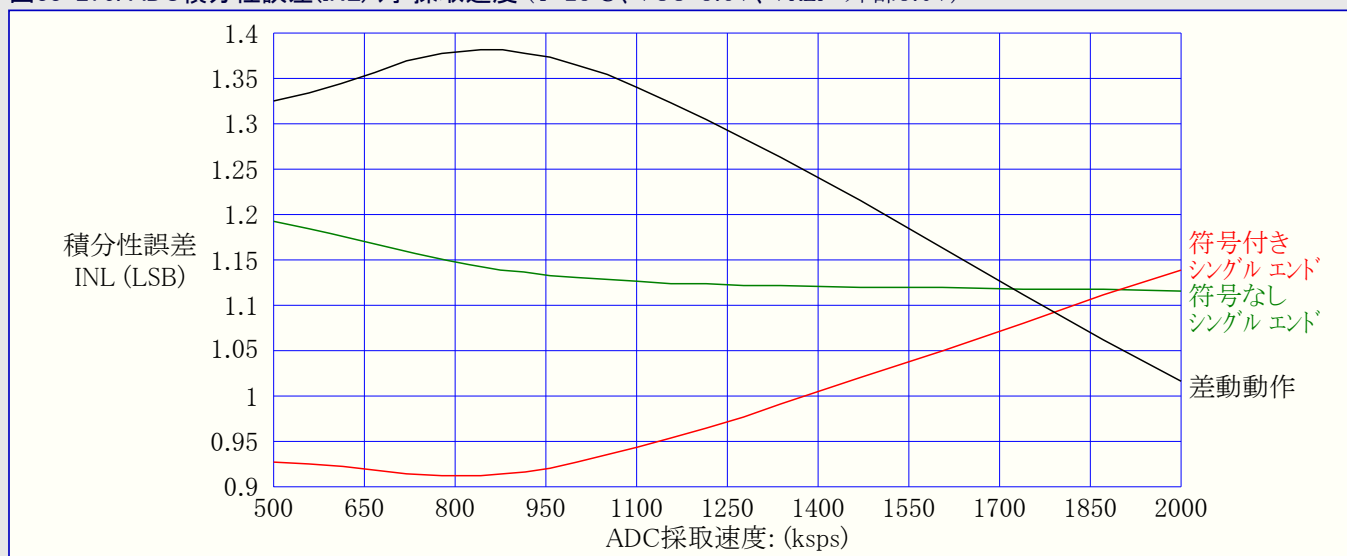


図33-277. ADC積分性誤差(INL) 対 入力符号

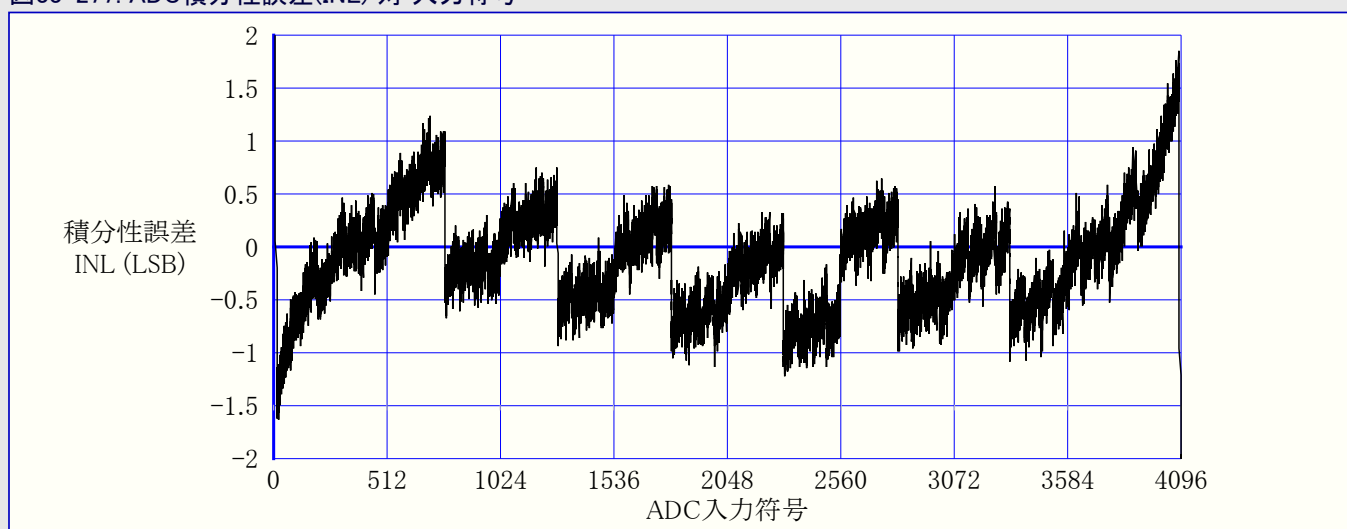


図33-278. ADC微分性誤差(DNL) 対 外部VREF (T=25°C、VCC=3.6V)

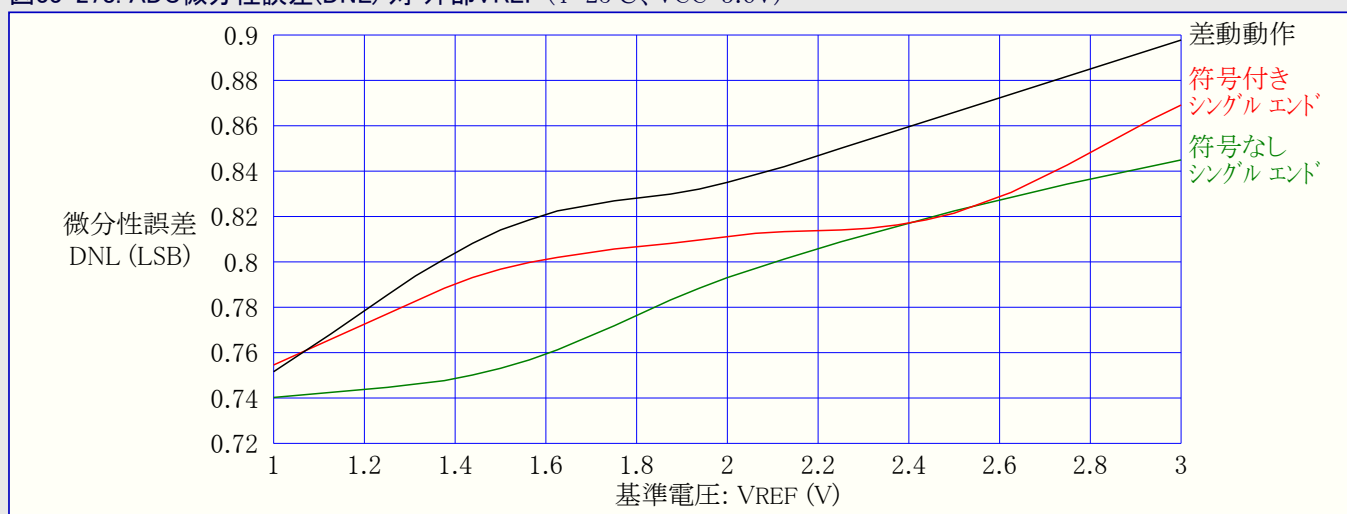


図33-279. ADC微分性誤差(DNL) 対 採取速度 (T=25°C、VCC=3.6V、VREF=外部3.0V)

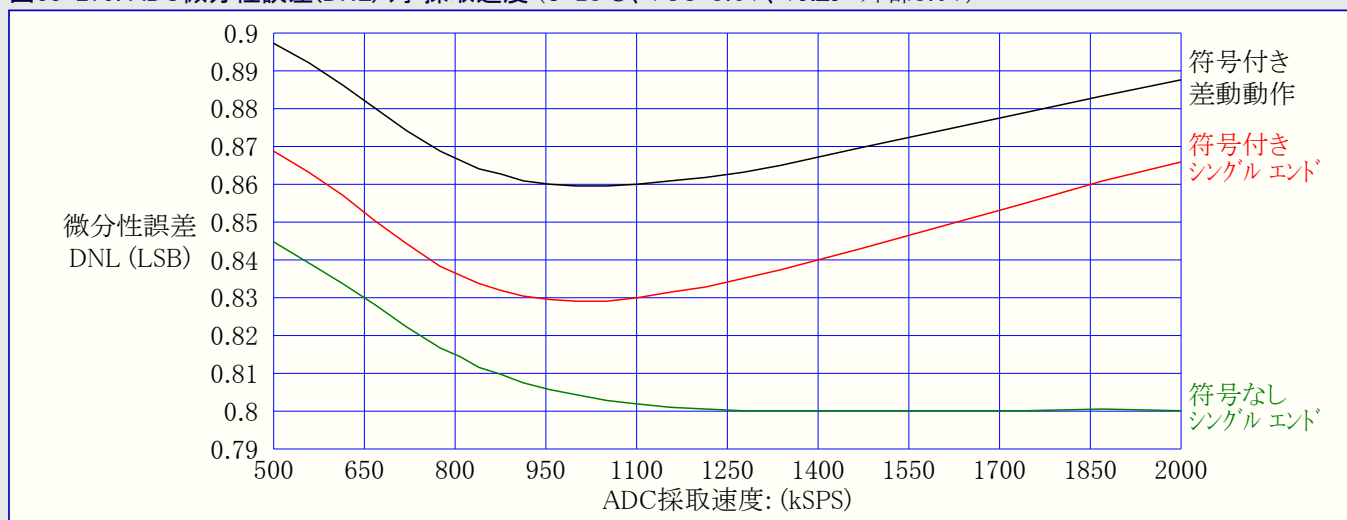


図33-280. ADC微分性誤差(DNL) 対 入力符号

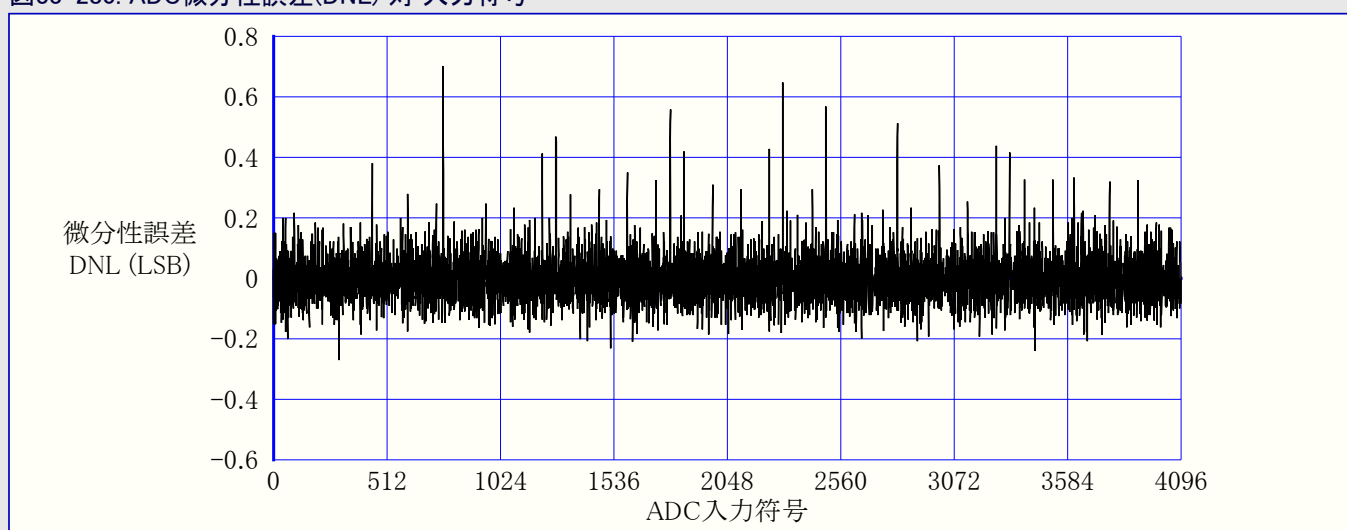


図33-281. ADC利得誤差 対 外部VREF (T=25°C、VCC=3.6V、A/D変換速度=500ksps)

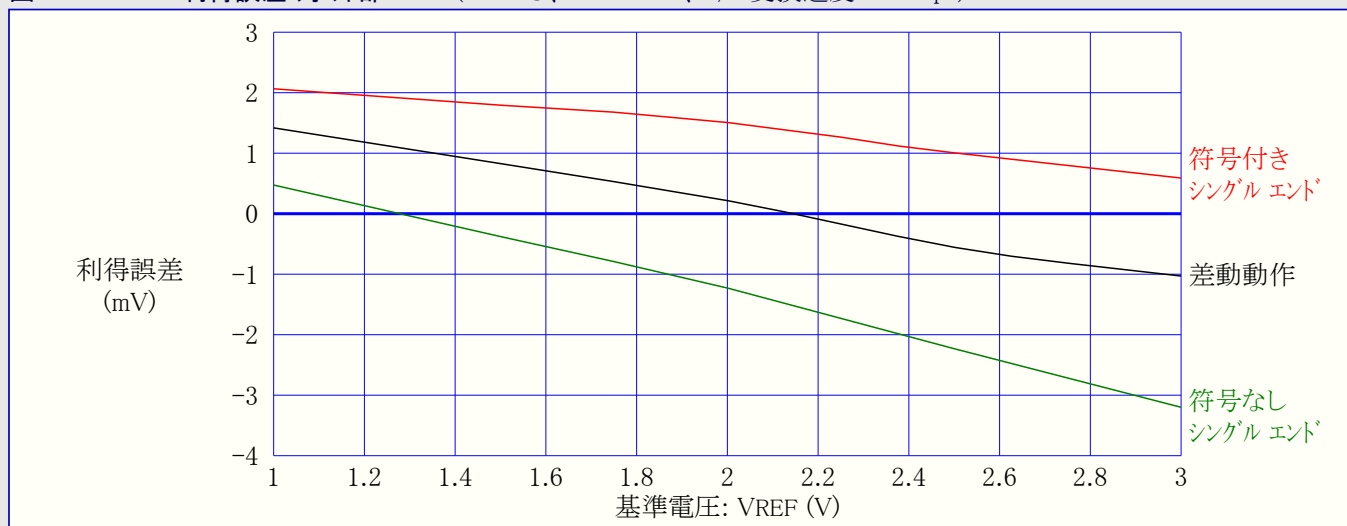


図33-282. ADC利得誤差 対 動作電圧 (T=25°C、VREF=外部1.0V、A/D変換速度=500ksps)

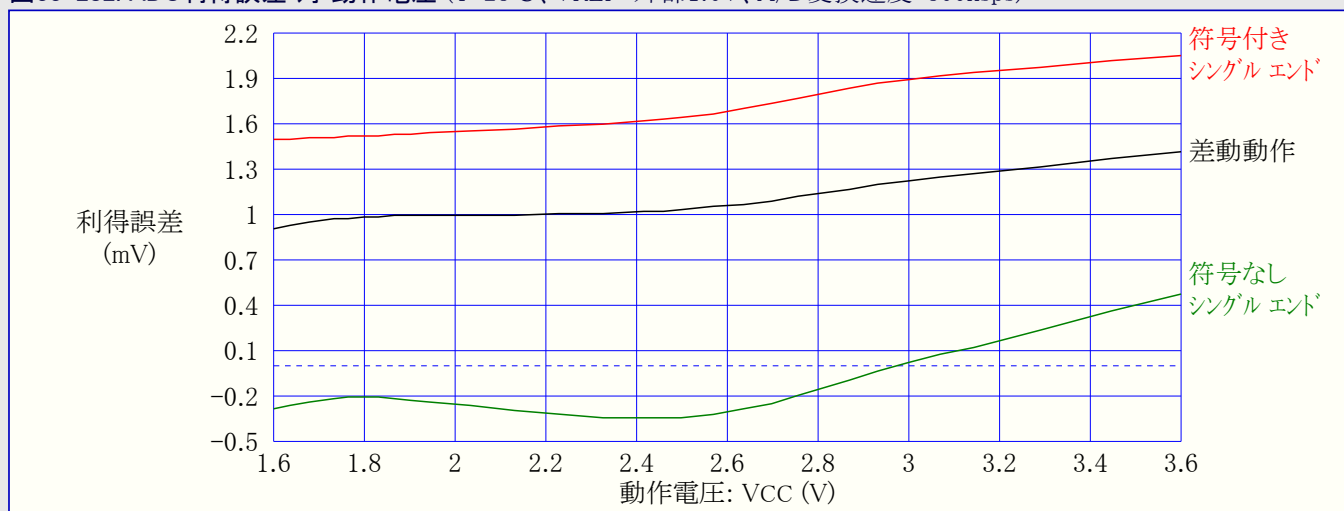


図33-283. ADC変位(オフセット)誤差 対 外部VREF (T=25°C、VCC=3.6V、A/D変換速度=500ksps)

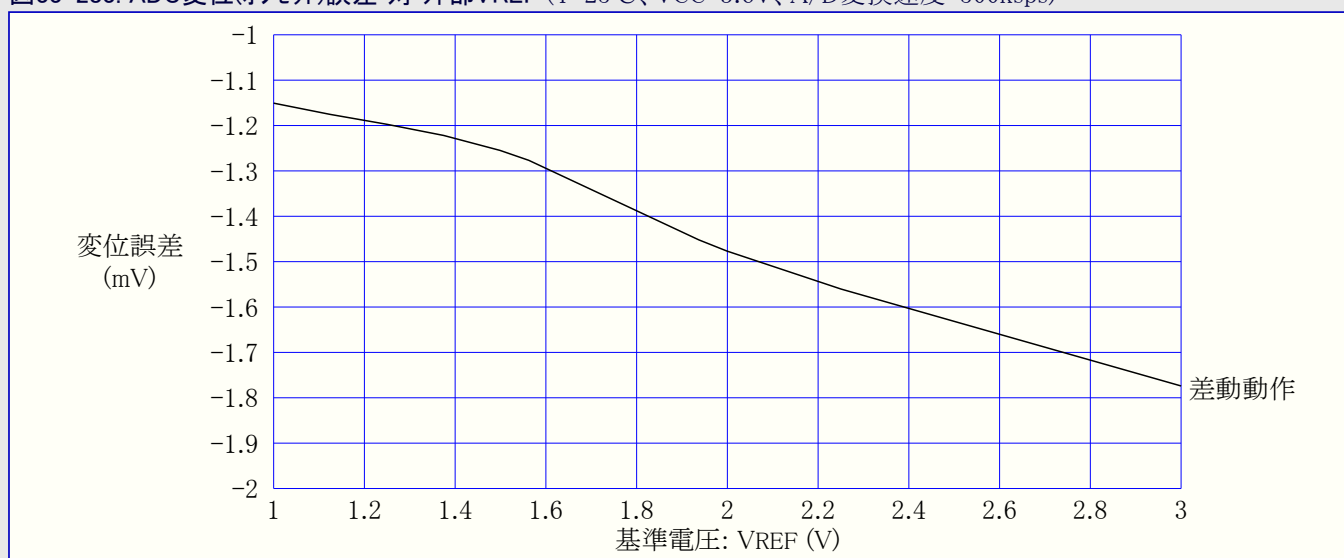


図33-284. ADC利得誤差 対 動作温度 (VCC=3.6V、VREF=外部2.0V)

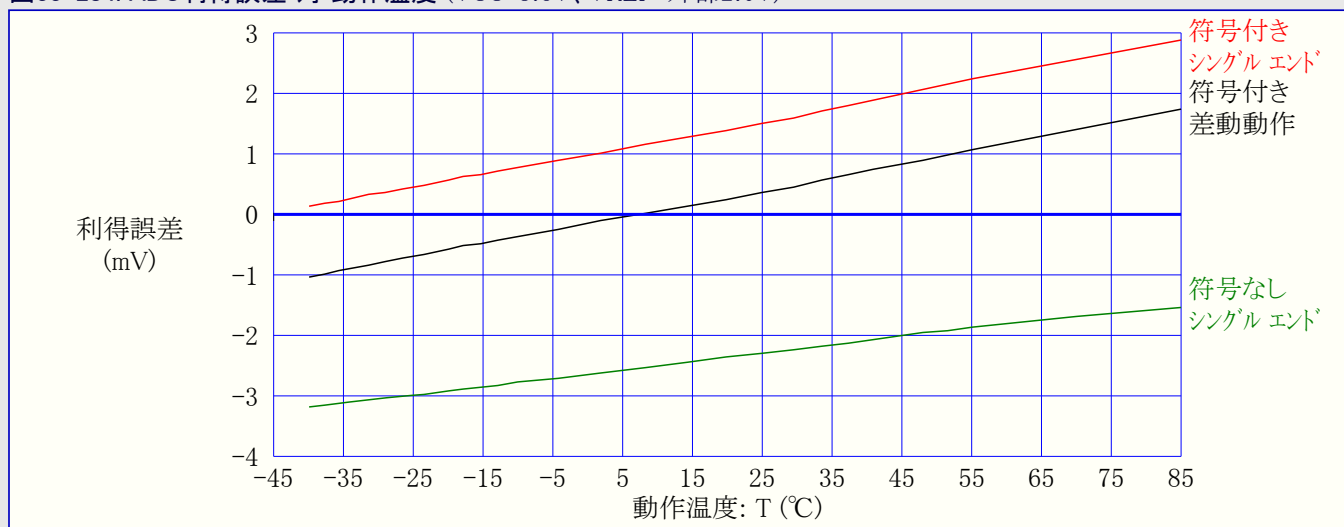


図33-285. ADC変位(オフセット)誤差 対 動作電圧 (T=25°C、VREF=外部1.0V、A/D変換速度=500ksps)

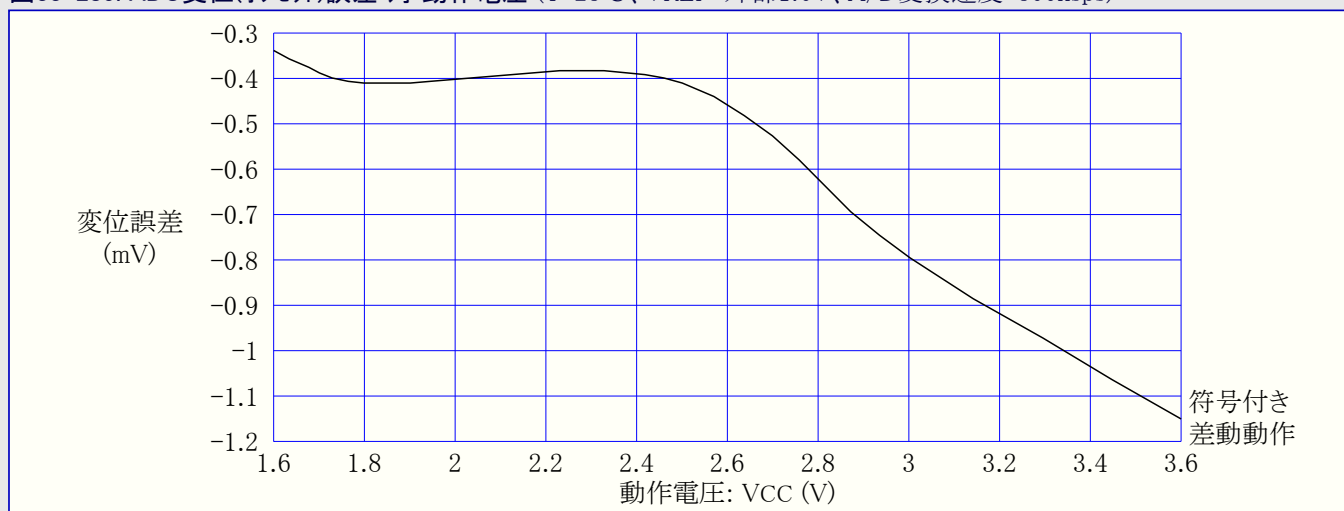


図33-286. ADC雑音 対 外部VREF (T=25°C、VCC=3.6V、A/D変換速度=500ksps)

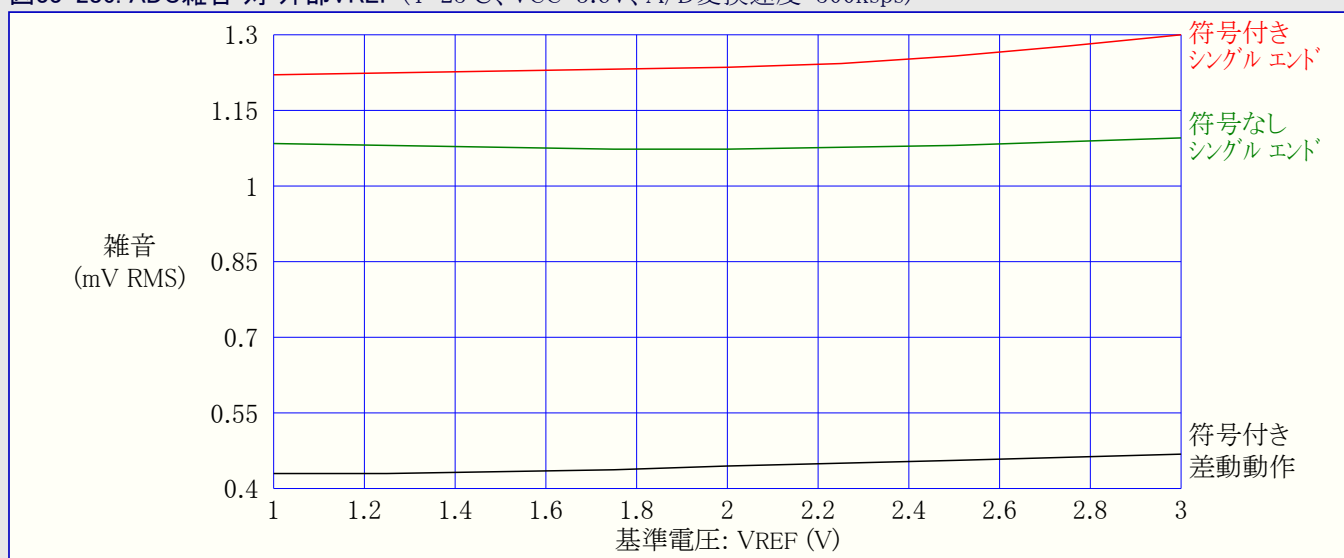
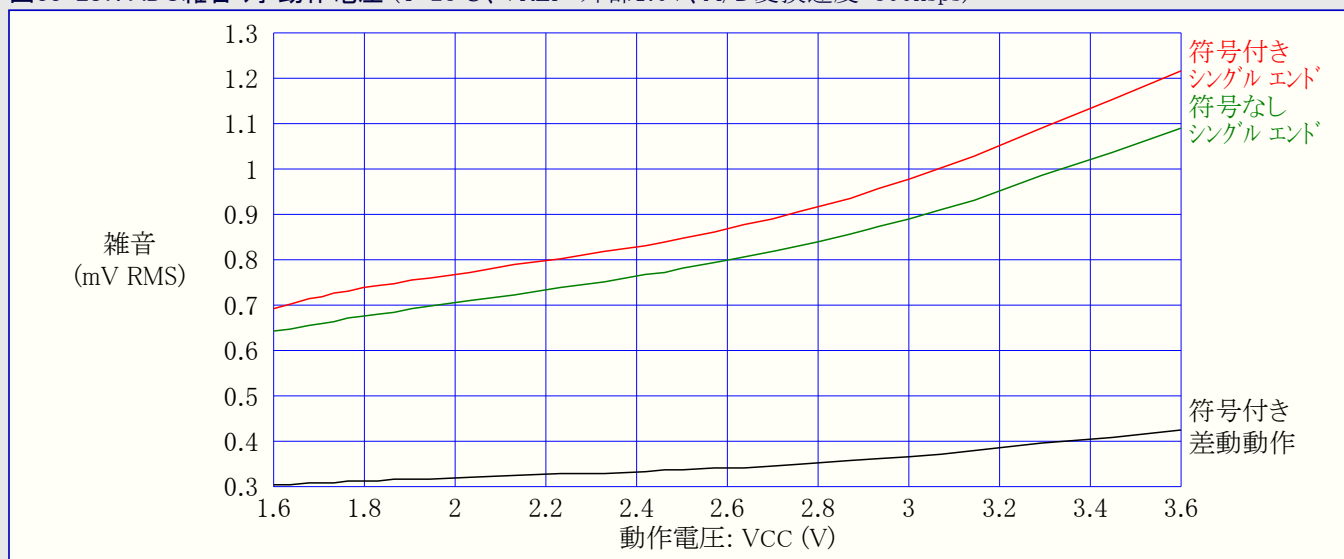


図33-287. ADC雑音 対 動作電圧 (T=25°C、VREF=外部1.0V、A/D変換速度=500ksps)



訳注: 原書本位置の「33.4.4. D/A変換器特性」は本デバイスにD/A変換器が存在しないことによる誤りのため削除しました。

### 33.4.4. アナログ比較器特性

図33-288. アナログ比較器(AC)ヒステリシス 対 動作電圧 (高速動作、ヒステリシス=小)

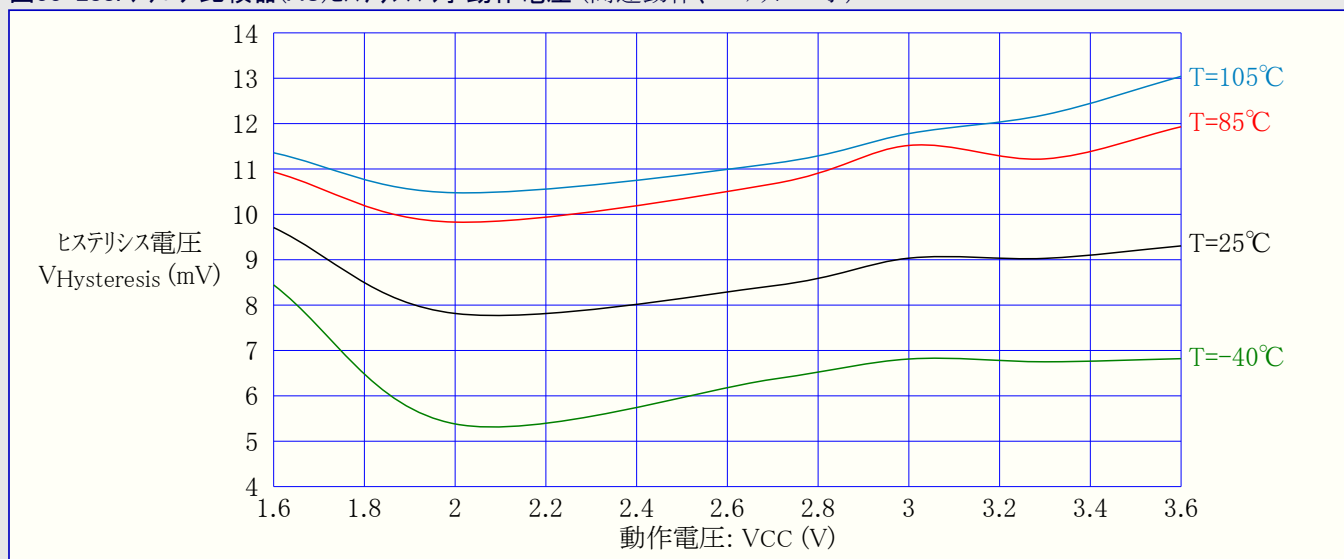


図33-289. アナログ比較器(AC)ヒステリシス 対 動作電圧 (高速動作、ヒステリシス=大)

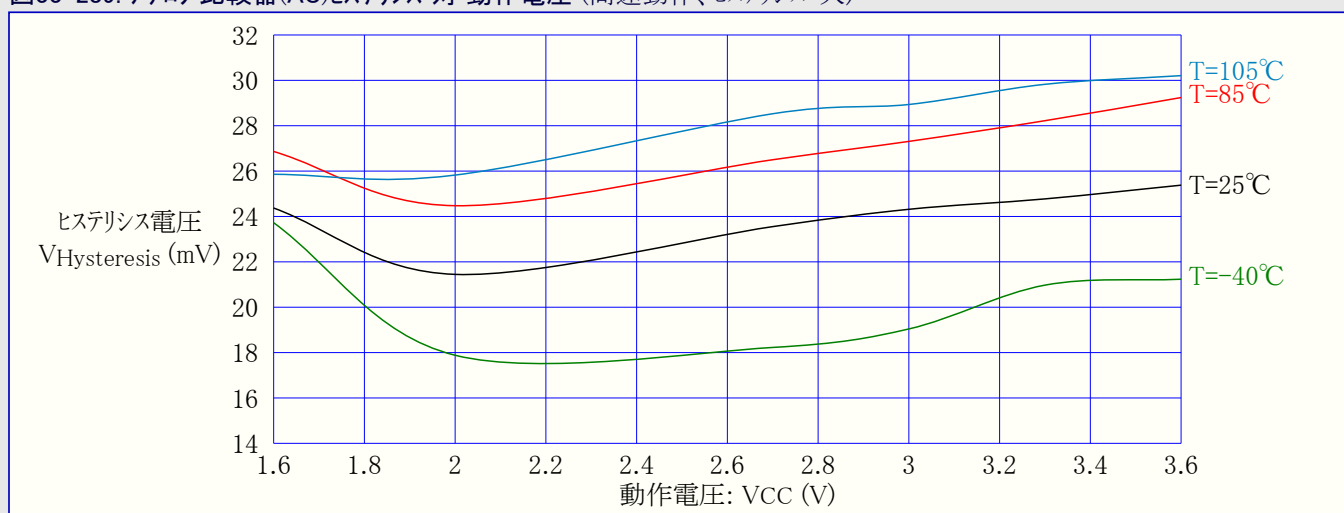


図37-290. アナログ比較器(AC)ヒステリシス 対 動作電圧 (低電力動作、ヒステリシス=小)

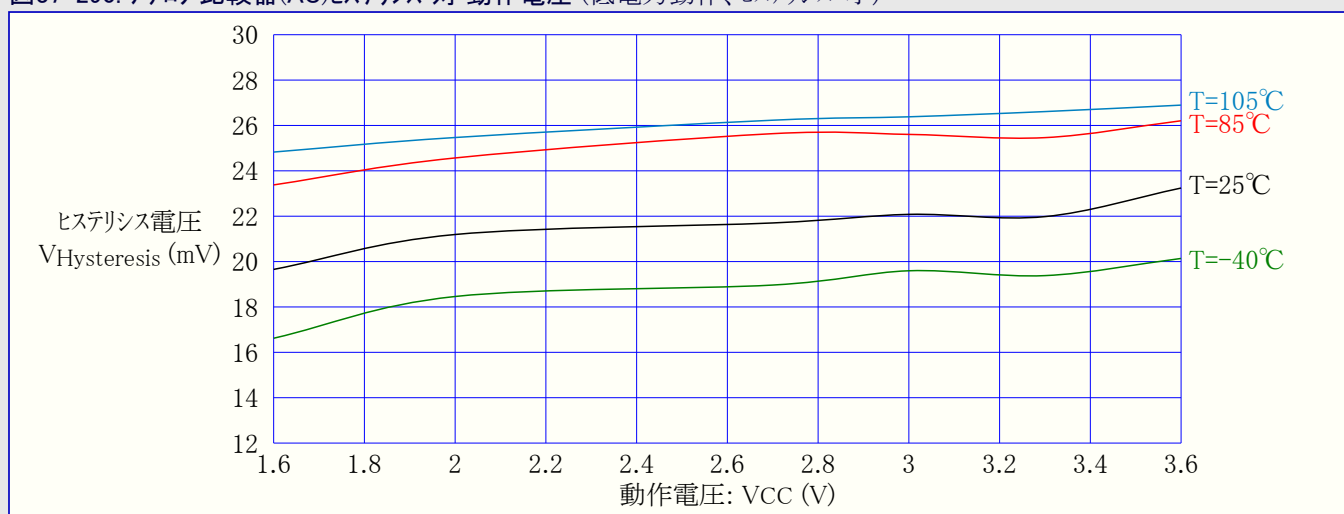


図33-291. アナログ比較器(AC)ヒステリシス 対 動作電圧 (低電力動作、ヒステリシス=大)

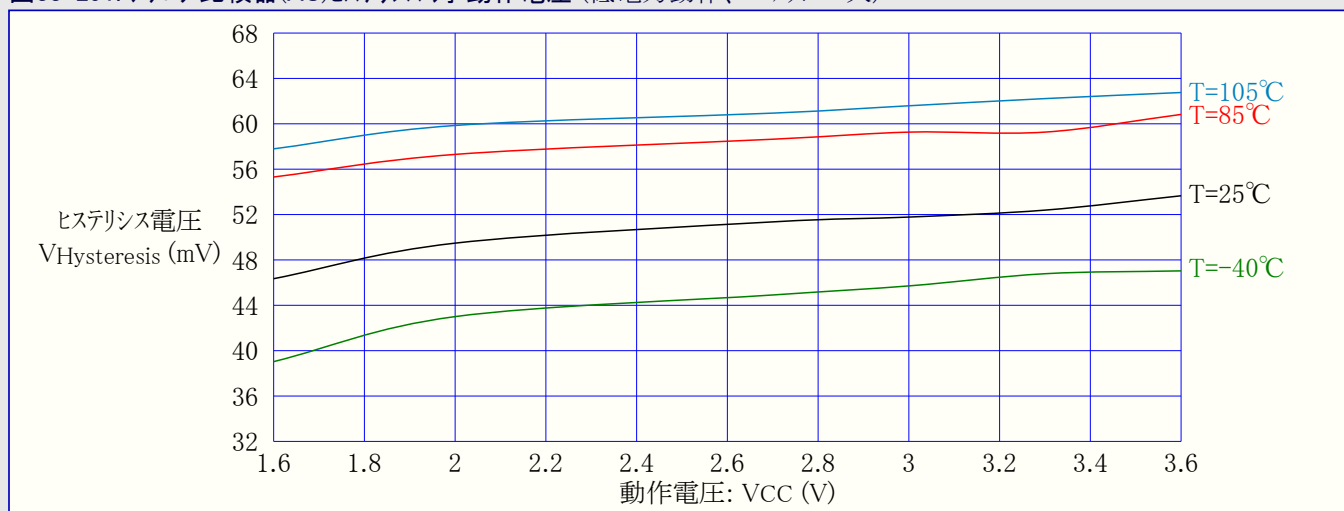


図33-292. アナログ比較器(AC)電流源 対 校正値 ( $T=25^{\circ}\text{C}$ )

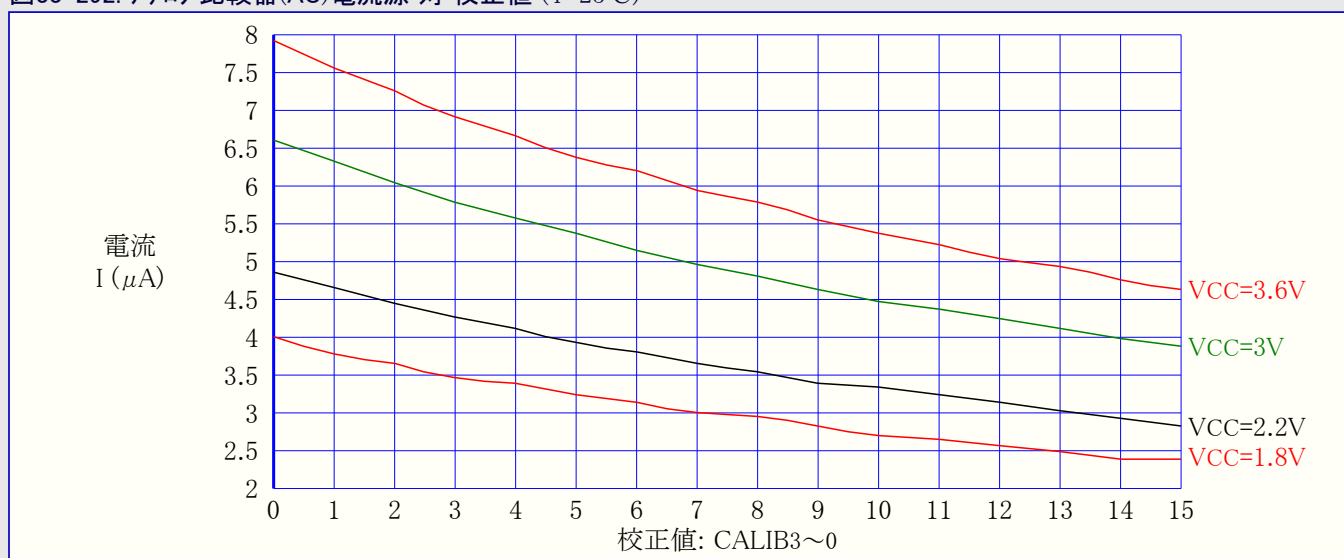


図33-293. アナログ比較器(AC)電流源 対 校正値 ( $V_{CC}=3.0\text{V}$ )

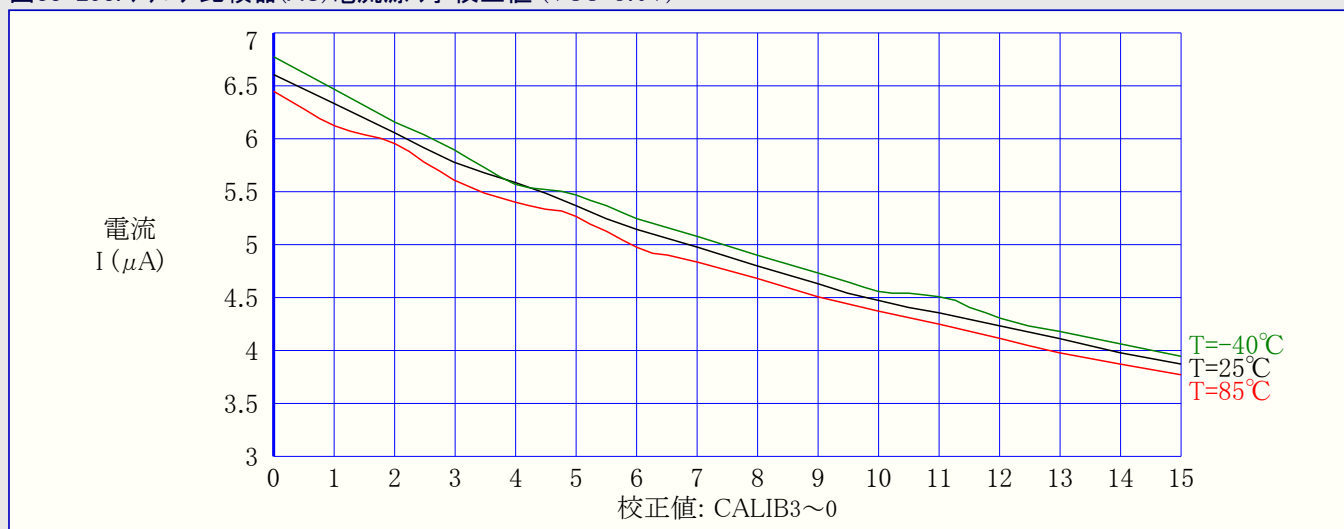
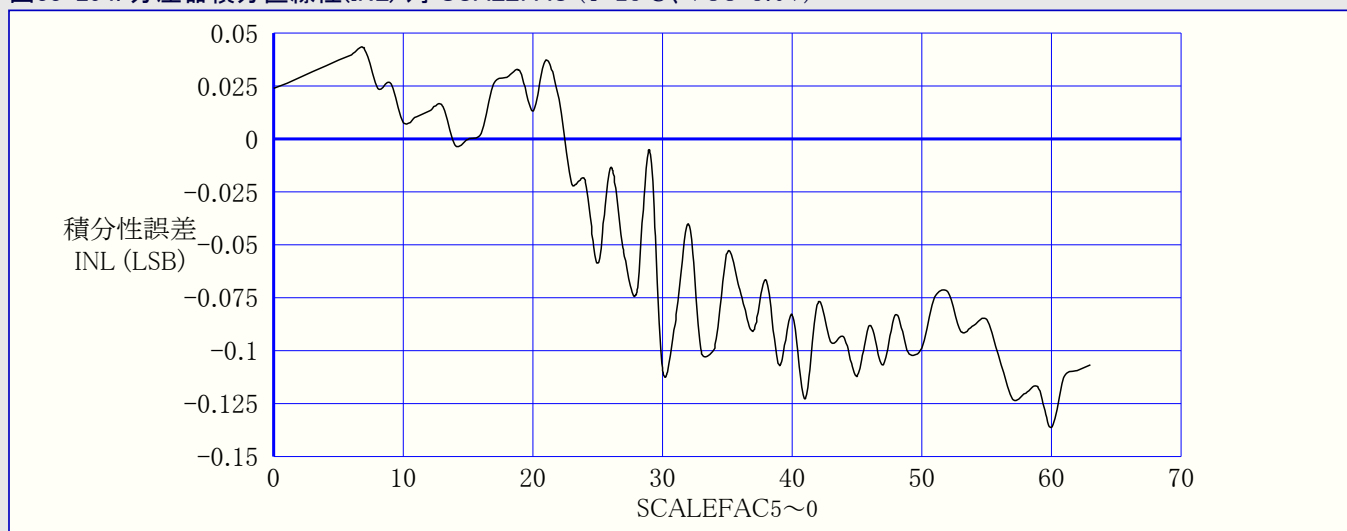


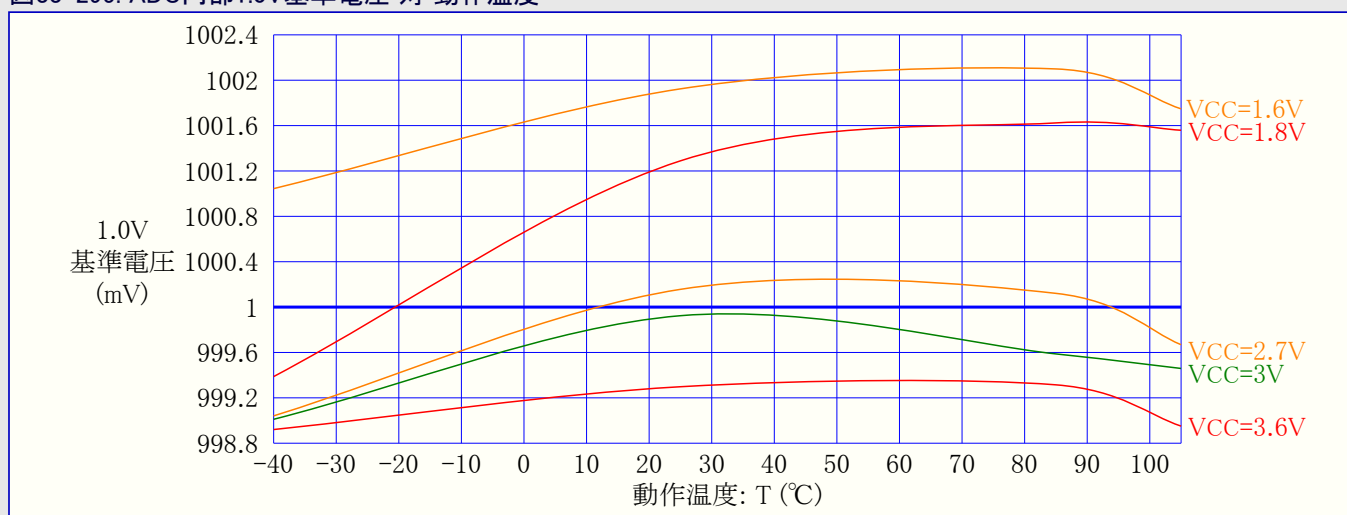


図33-294. 分圧器積分直線性(INL) 対 SCALEFAC (T=25℃、VCC=3.0V)



### 33.4.5. 内部1.0V基準電圧特性

図33-295. ADC内部1.0V基準電圧 対 動作温度



### 33.4.6. 低電圧検出器(BOD)特性

図33-296. 低電圧検出器(BOD)閾値(スレッショルド)電圧 対 動作温度 (検出電圧=1.6V)

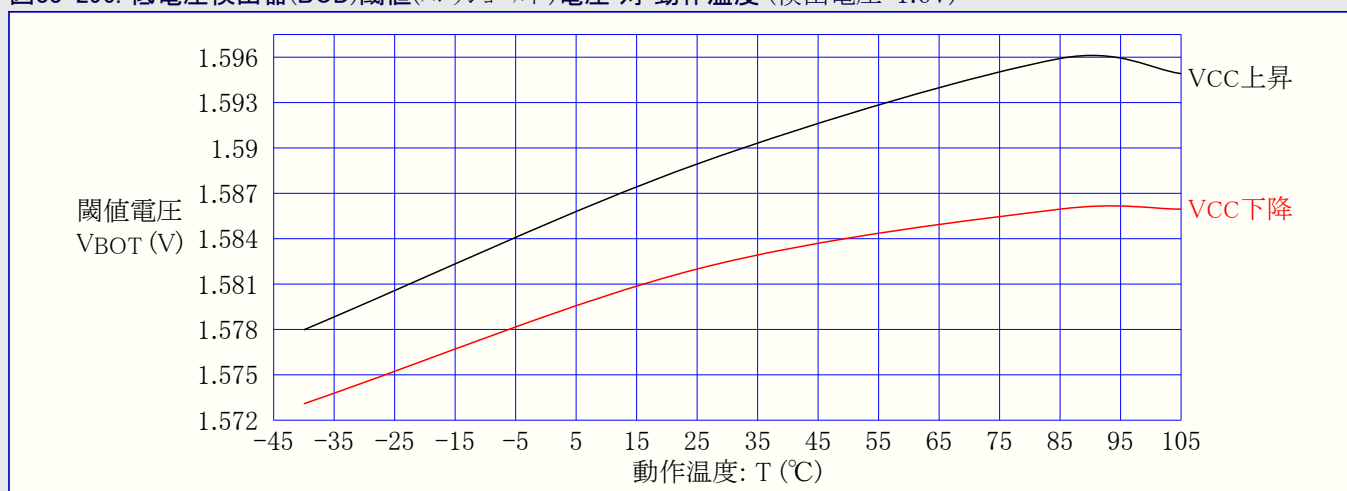
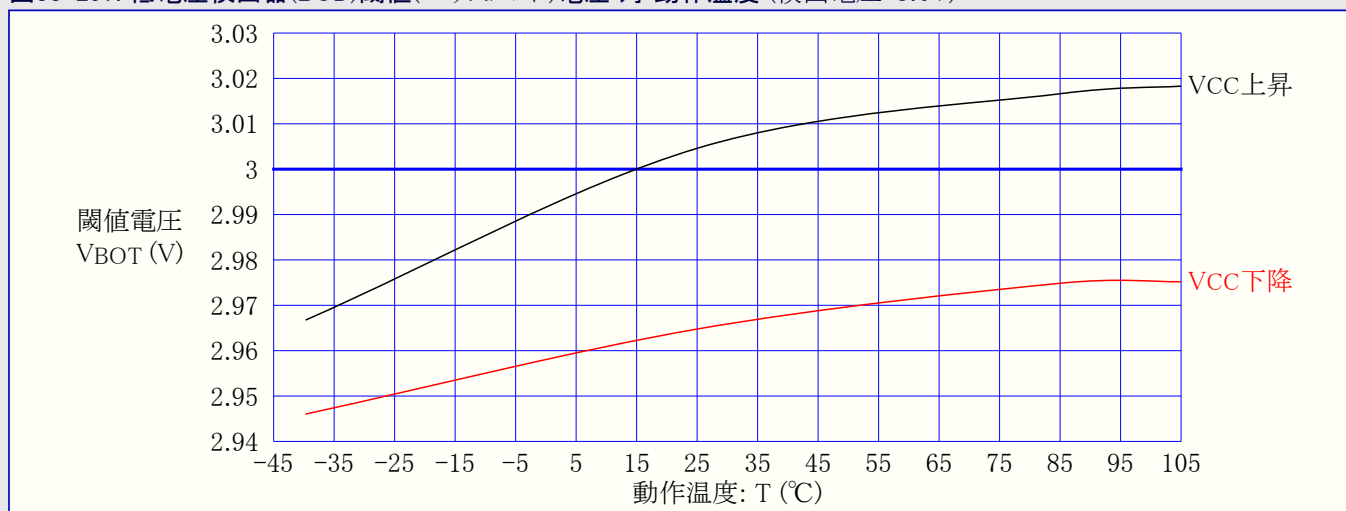


図33-297. 低電圧検出器(BOD)閾値(スレッシュホールド)電圧 対 動作温度 (検出電圧=3.0V)



### 33.4.7. 外部リセット特性

図33-298. 最小リセットパルス幅 対 動作電圧

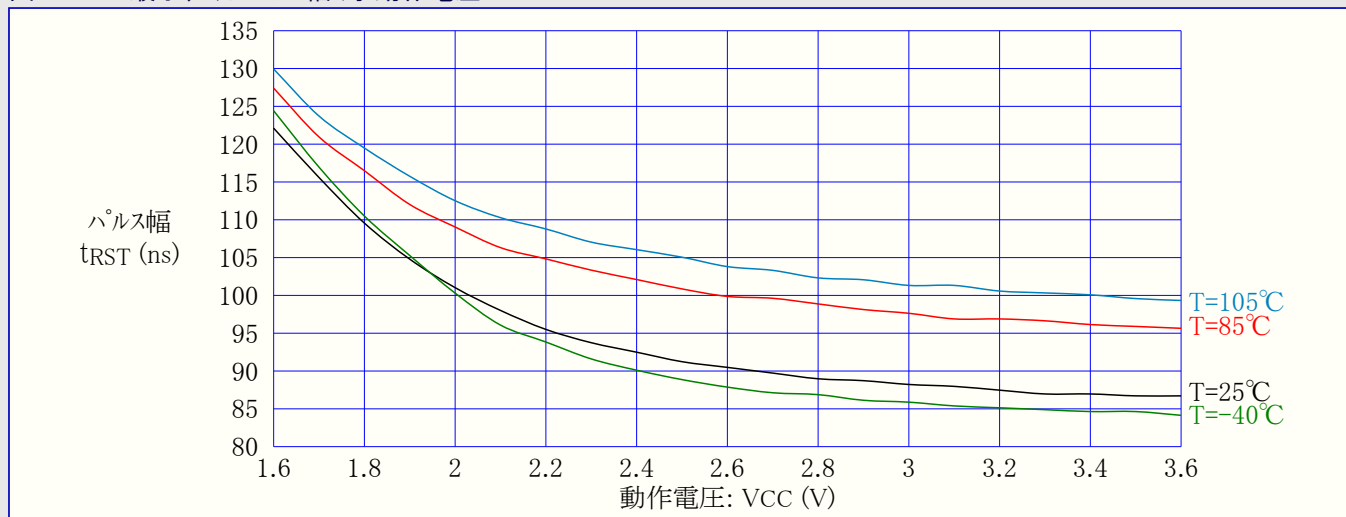


図33-299. リセットピンプルアップ抵抗電流 対 RESETピン入力電圧 (VCC=1.8V)

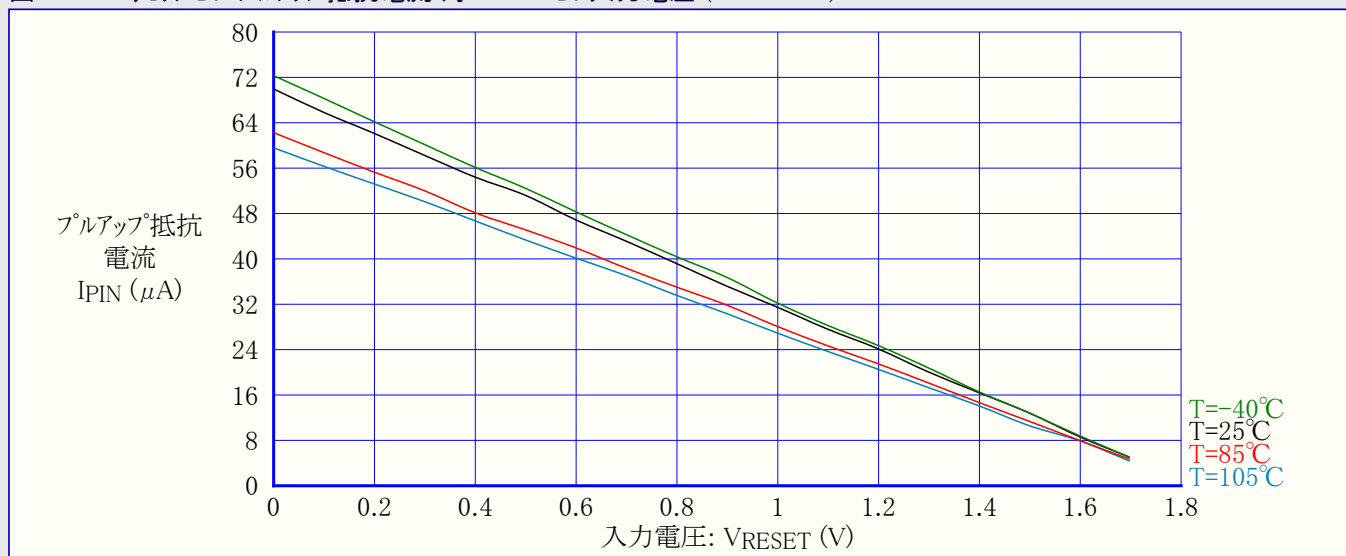


図33-300. リセットピンプルアップ抵抗電流 対 RESETピン入力電圧 (VCC=3.0V)

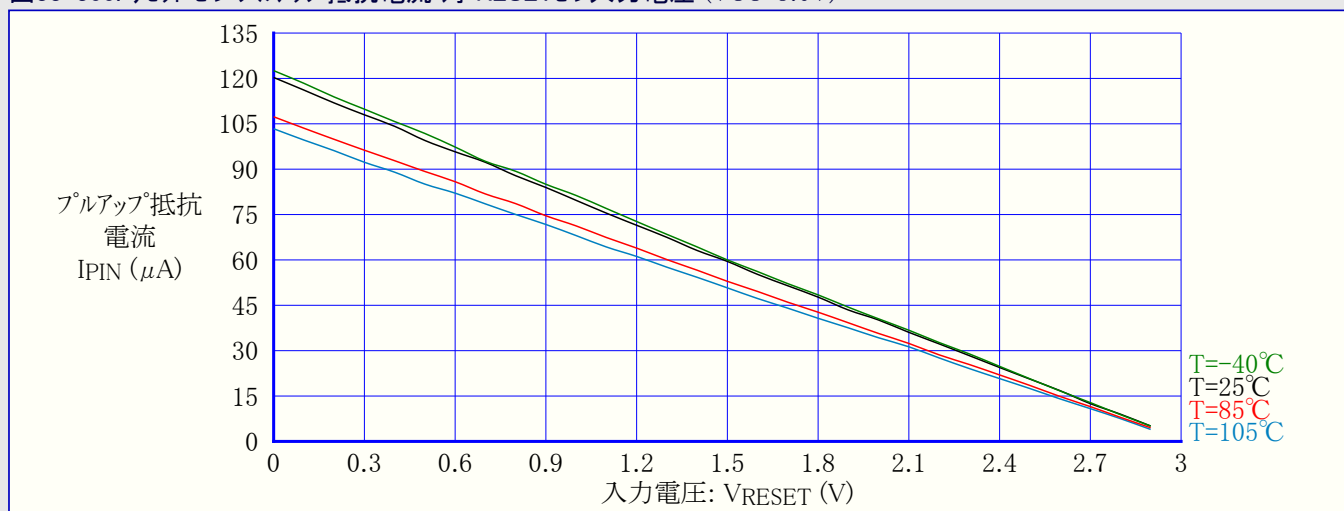


図33-301. リセットピンプルアップ抵抗電流 対 RESETピン入力電圧 (VCC=3.3V)

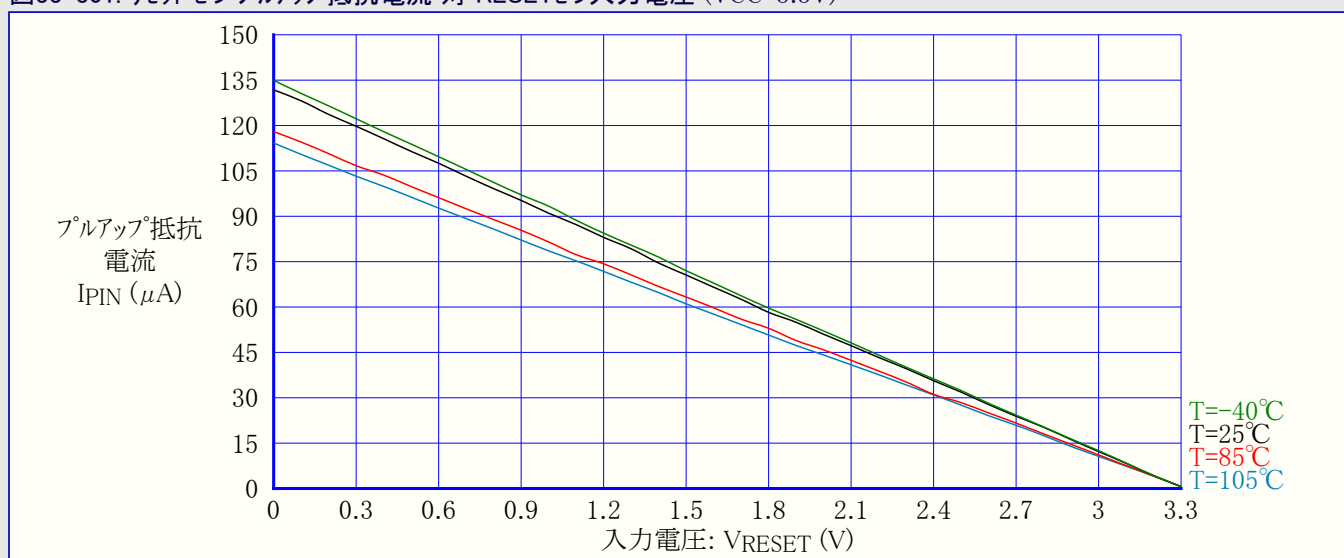


図33-302. RESET入力閾値(スレッショルド)電圧 対 動作電圧 ( $V_{IH}$ , I読み値)

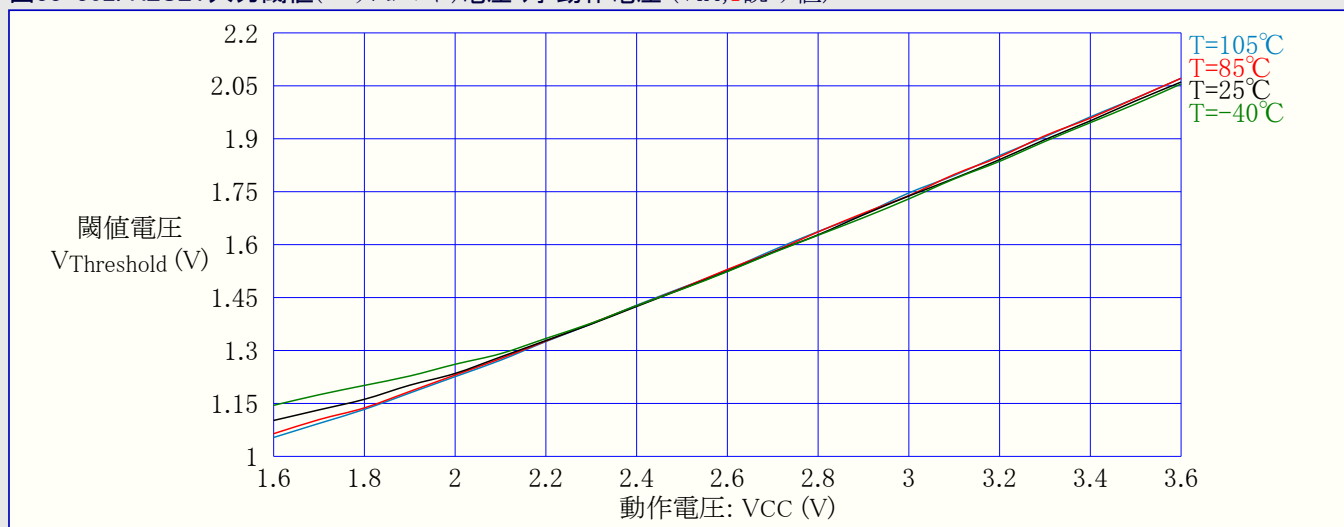
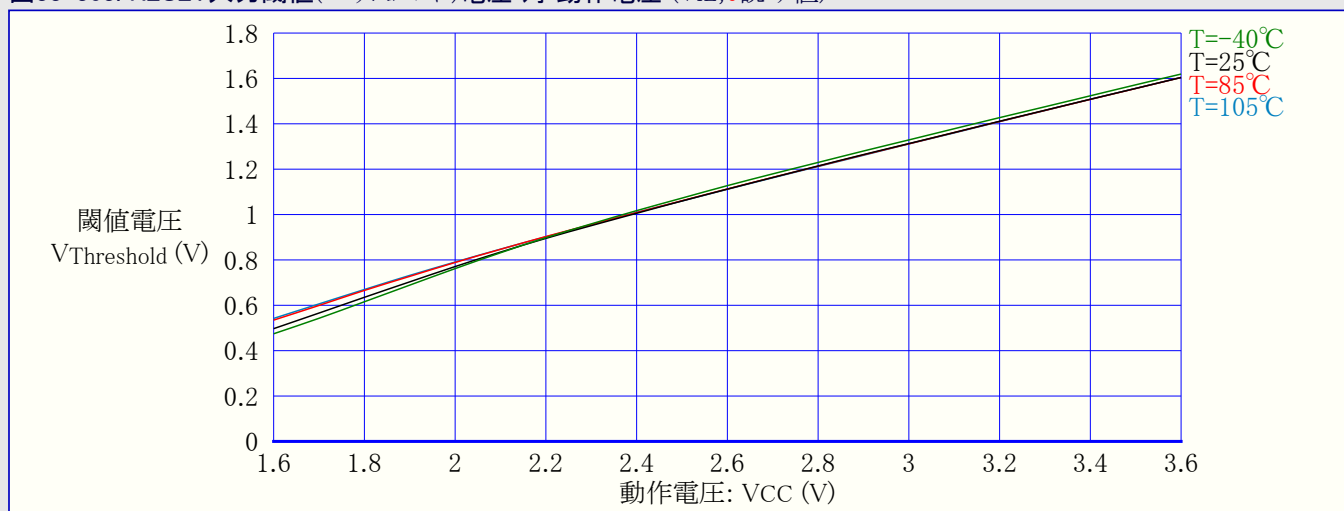


図33-303. RESET入力閾値(スレッショルド)電圧 対 動作電圧 (VIL,0読み値)



### 33.4.8. 電源ONリセット特性

図33-304. 電源ONリセット消費電流 対 動作電圧 (BODレベル=3.0Vの継続動作で許可)

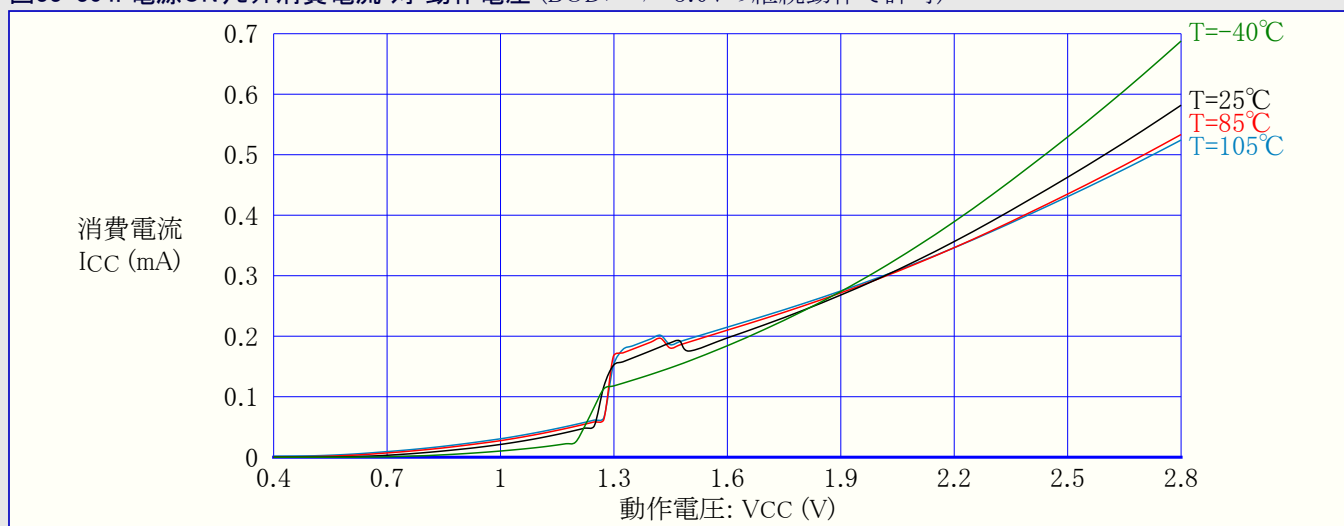
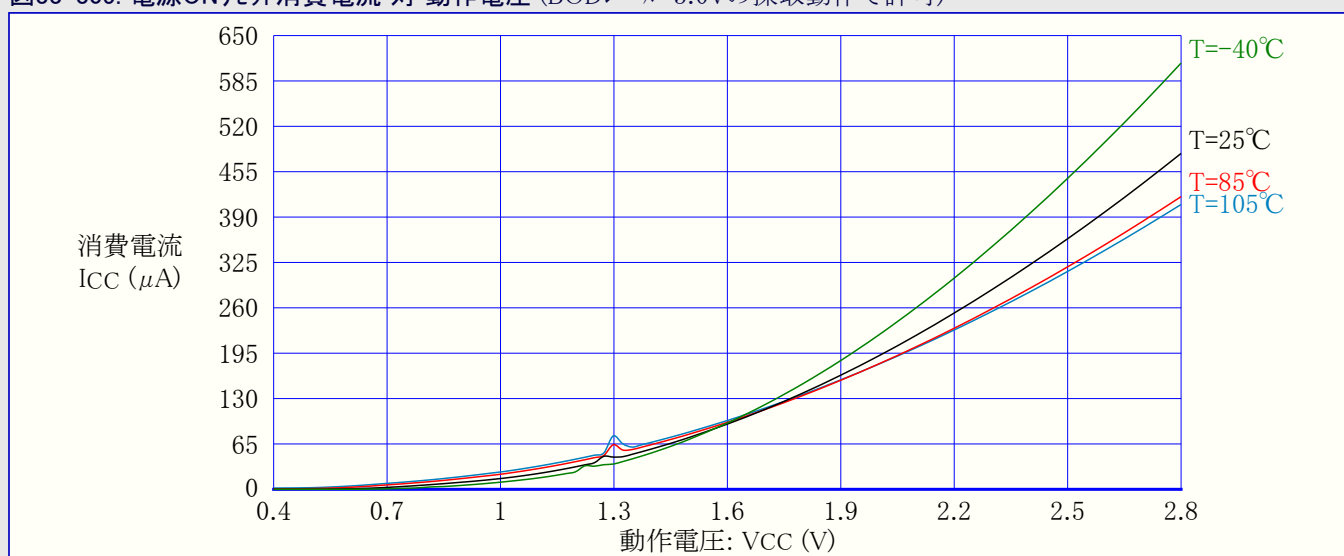


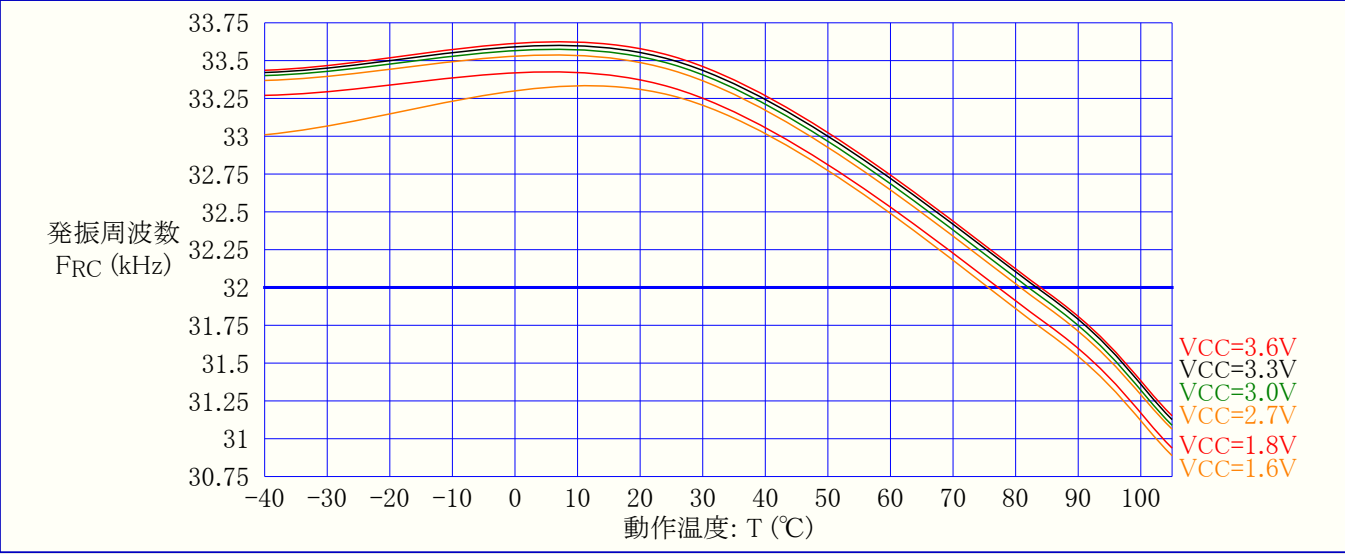
図33-305. 電源ONリセット消費電流 対 動作電圧 (BODレベル=3.0Vの採取動作で許可)



33.4.9. 発振器特性

33.4.9.1. 超低電力内部発振器

図33-306. 超低電力内部発振器周波数 対 動作温度



37.4.9.2. 32.768kHz内部発振器

図33-307. 32.768kHz内部発振器周波数 対 動作温度

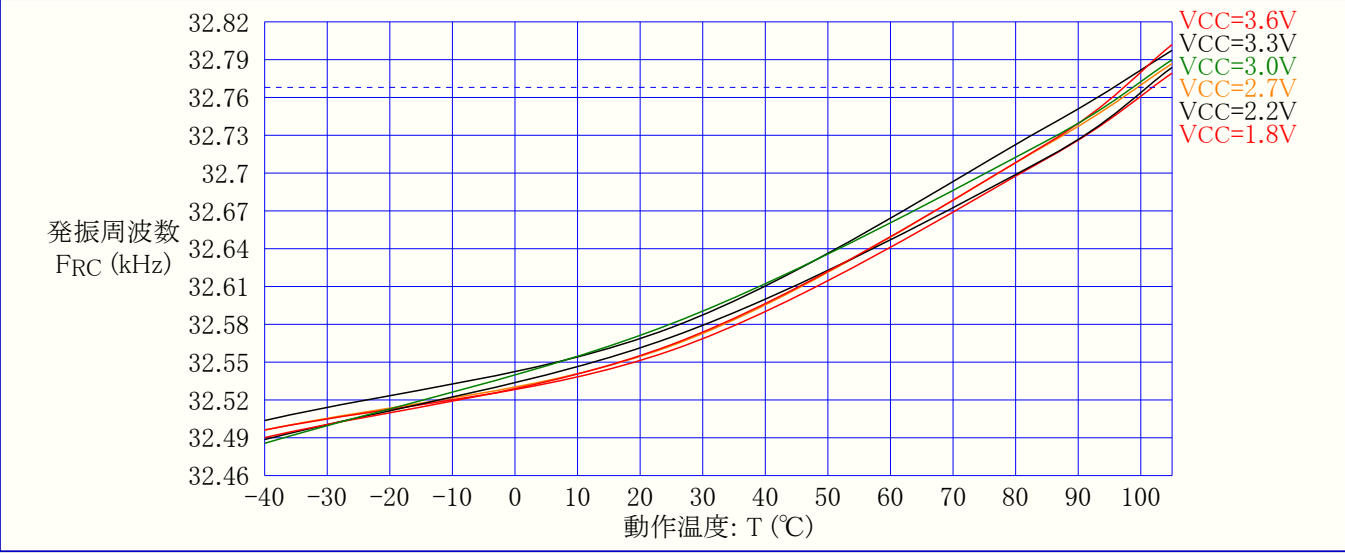
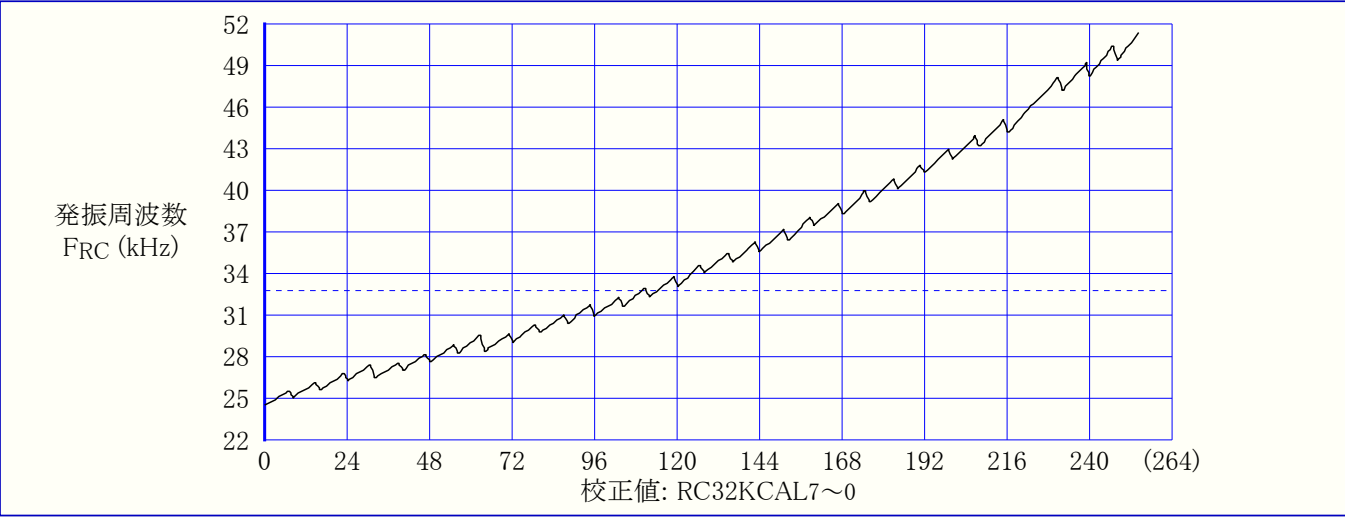


図33-308. 32.768kHz内部発振器周波数 対 校正值 (T=25°C、VCC=3.0V)



### 33.4.9.3. 2MHz内部発振器

図33-309. 2MHz内部発振器周波数 対 動作温度 (DFLL禁止)

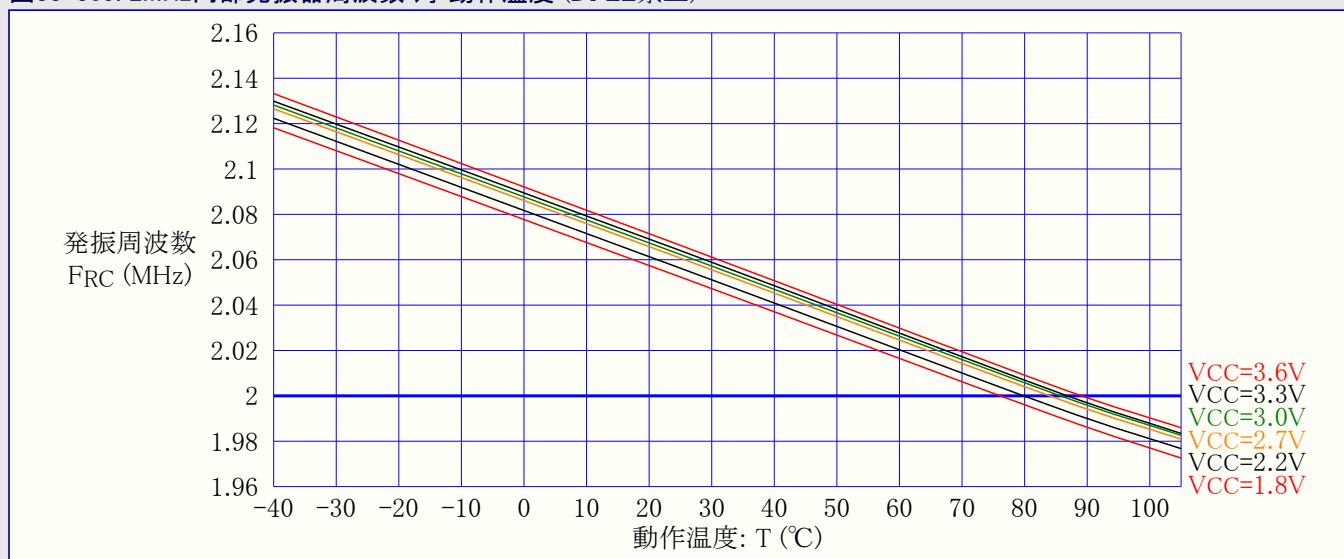


図33-310. 2MHz内部発振器周波数 対 動作温度 (32.768kHz内部発振器からでDFLL許可)

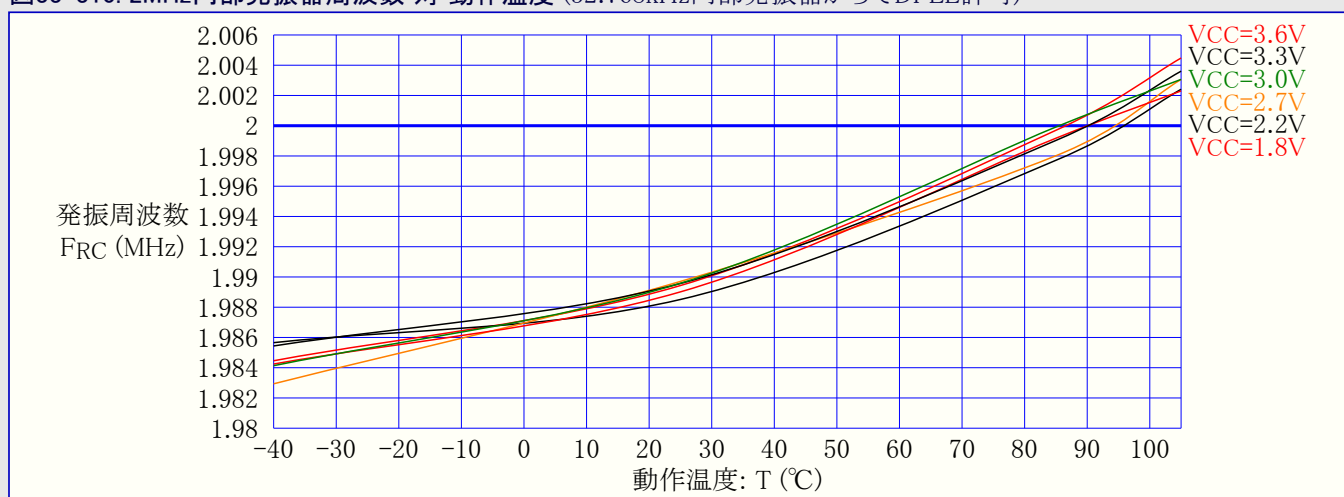
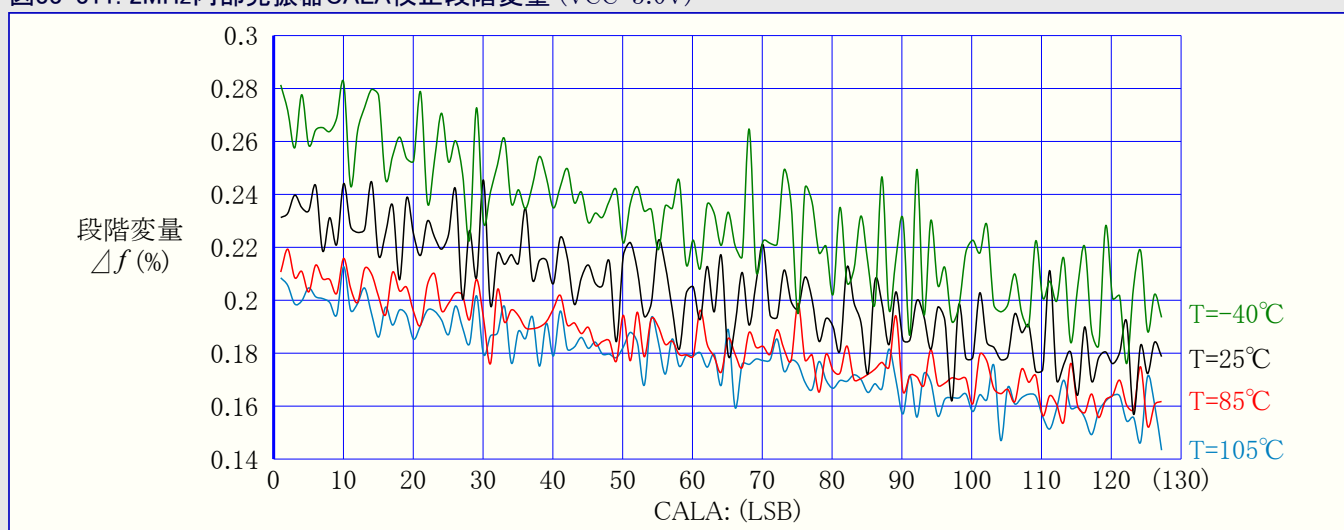


図33-311. 2MHz内部発振器CALA校正段階変量 (VCC=3.0V)



### 33.4.9.4. 32MHz内部発振器

図33-312. 32MHz内部発振器周波数 対 動作温度 (DFLL禁止)

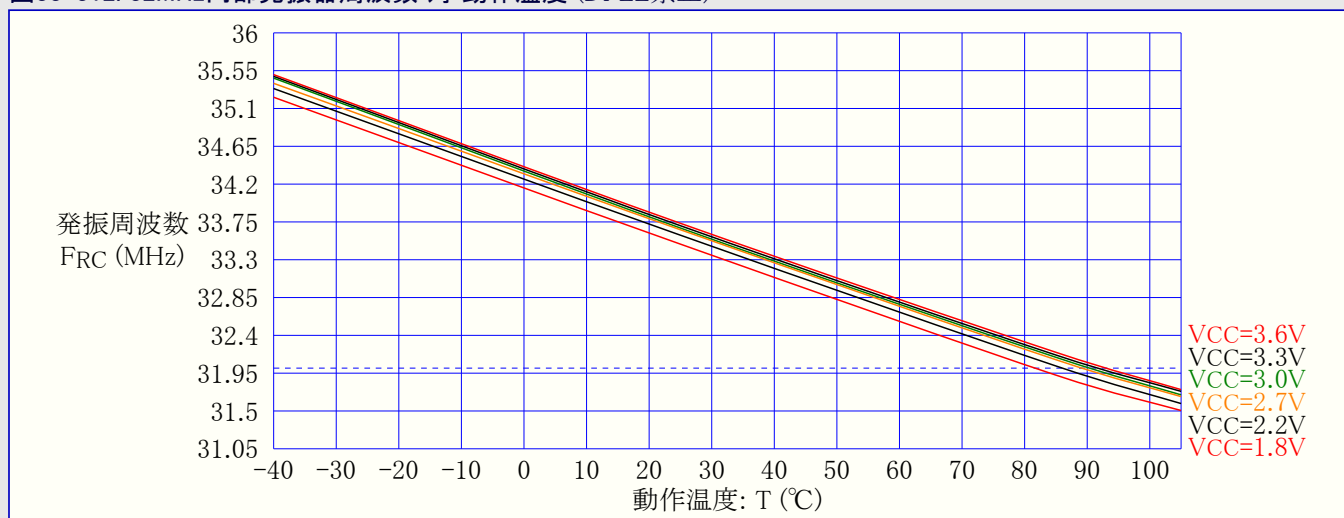


図33-313. 32MHz内部発振器周波数 対 動作温度 (32.768kHz内部発振器からでDFLL許可)

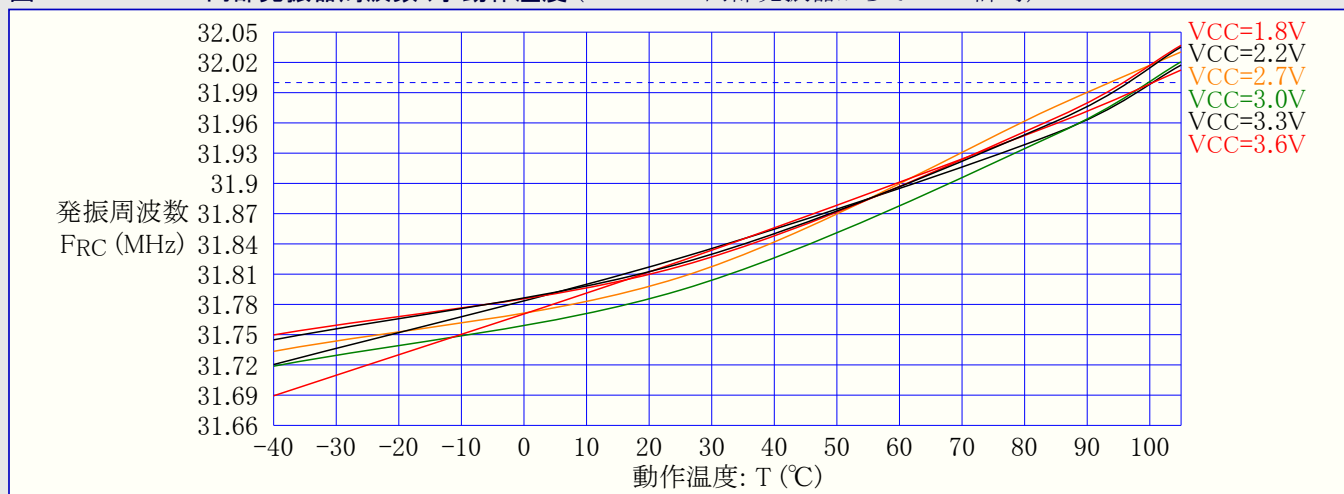
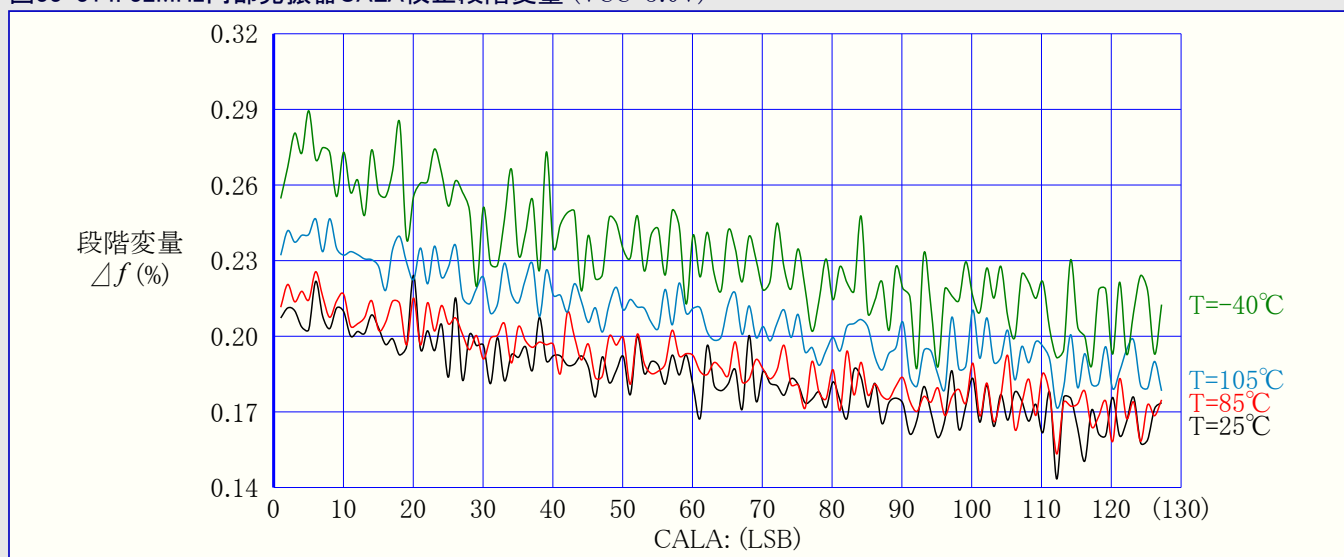


図33-314. 32MHz内部発振器CALA校正段階変量 (VCC=3.0V)



### 33.4.9.5. 48MHzに校正された32MHz内部発振器

図33-315. 48MHz内部発振器周波数 対 動作温度 (DFLL禁止)

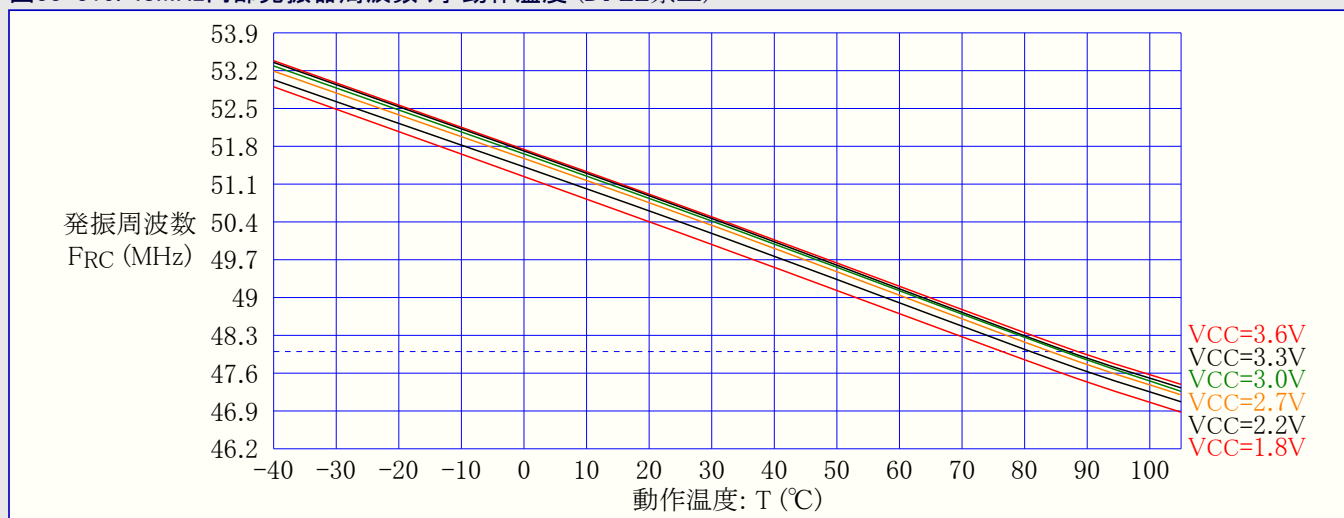


図33-316. 48MHz内部発振器周波数 対 動作温度 (32.768kHz内部発振器からでDFLL許可)

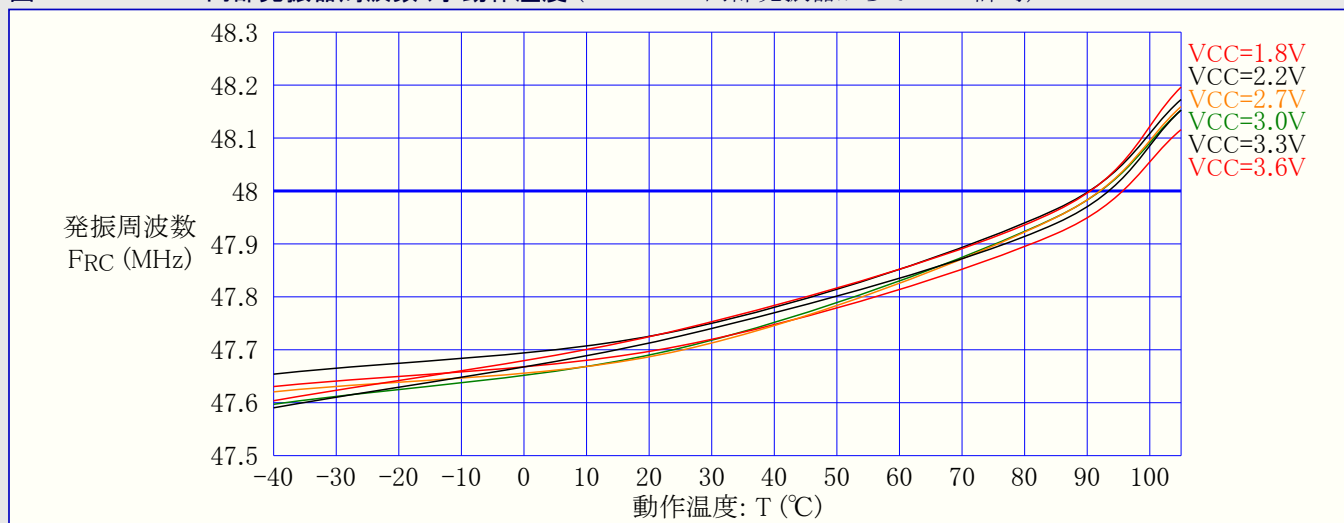
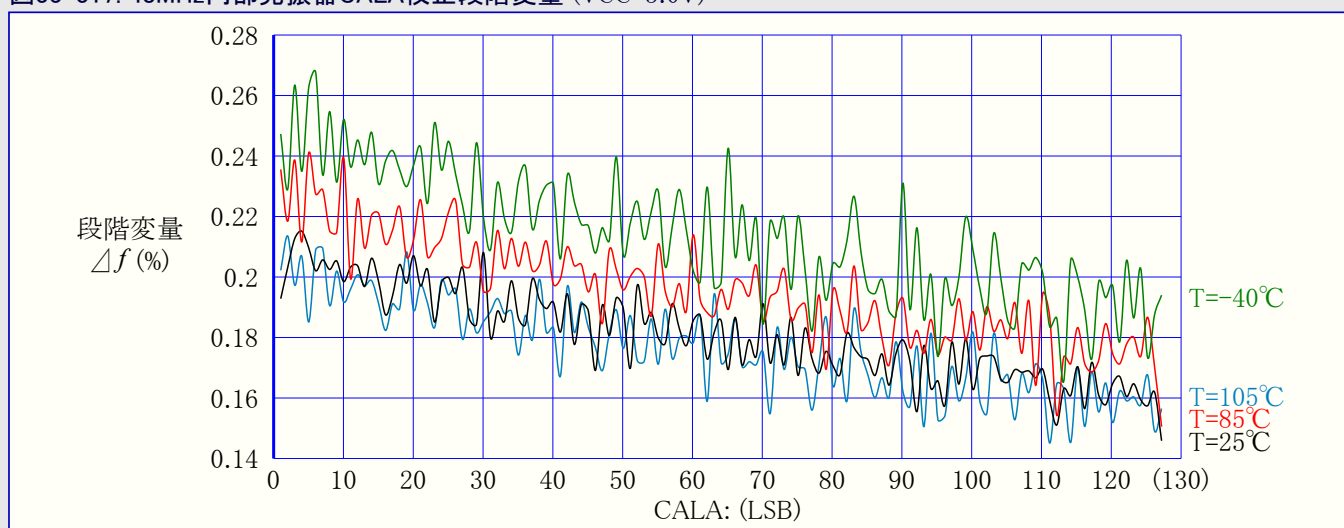


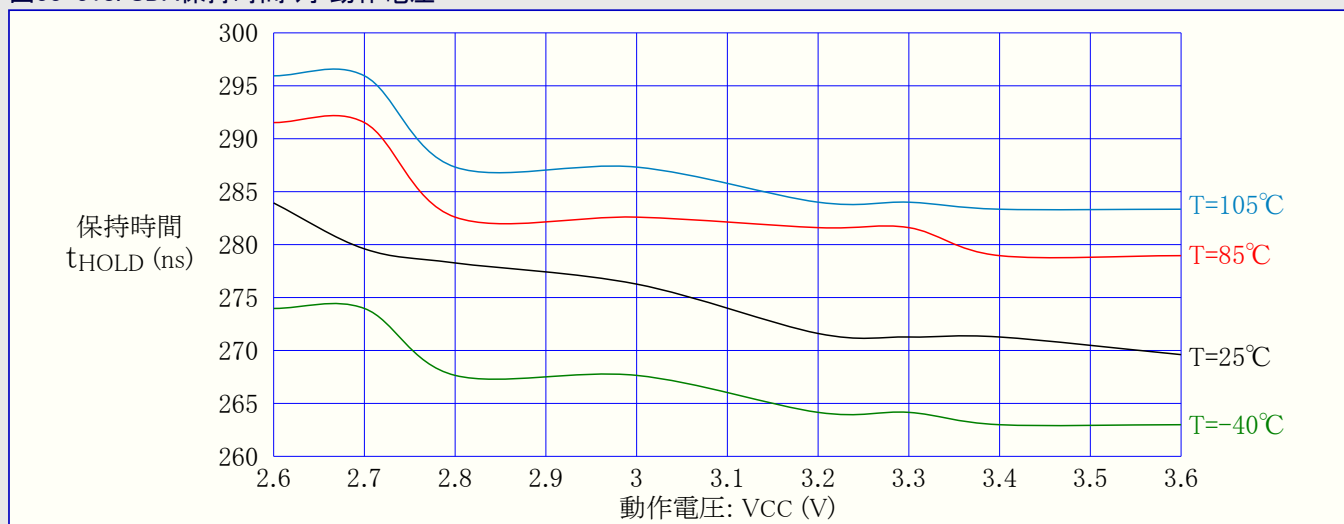
図33-317. 48MHz内部発振器CALA校正段階変量 (VCC=3.0V)





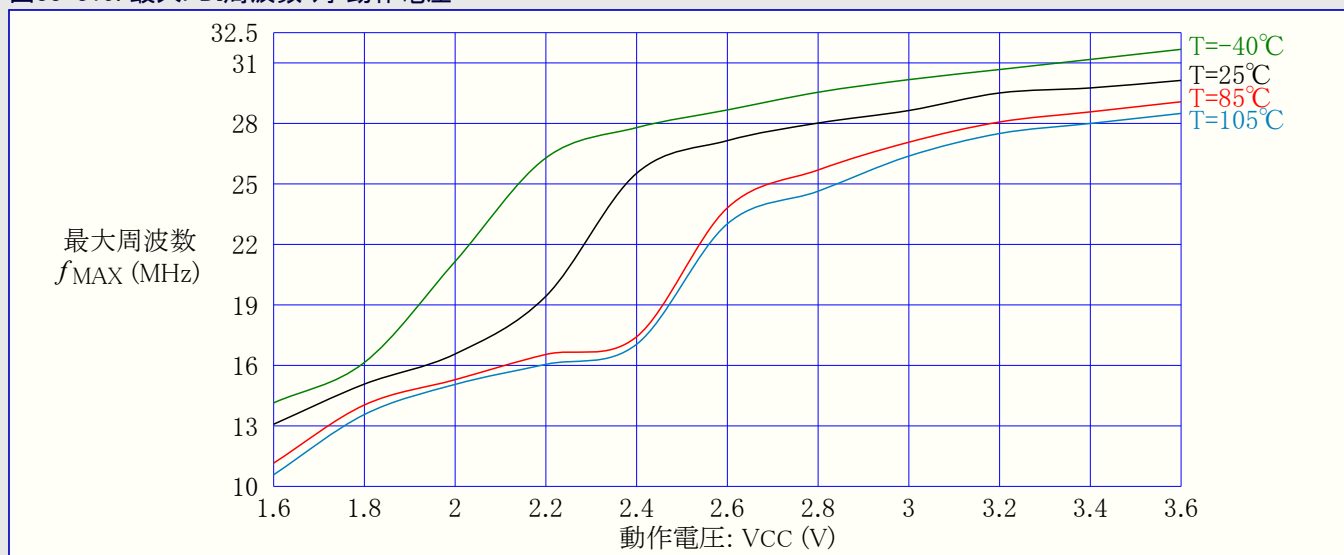
### 33.4.10. 2線インターフェース特性

図33-318. SDA保持時間 対 動作電圧



### 33.4.11. PDI特性

図33-319. 最大PDI周波数 対 動作電圧



## 34. 障害情報

### 34.1. ATxmega16D4/32D4改訂C,D,F,G,H、ATxmega64D4改訂B,C

試供されていません。

### 34.2. ATxmega16D4/32D4改訂A,B,E,I、ATxmega64D4改訂A,D、ATxmega128D4改訂A

● 温度感知器が校正されていない	16/32-A/B/E/I, 64-A/D, 128-A
● 両アナログ比較器(AC)使用時にACに関するバンドギャップ基準電圧が変更できない	16/32-A/B
● アナログ比較器用VCC電圧縮尺器が非直線	16/32-A/B
● A/D変換器利得段が単独変換に使用することができない	16/32-A/B
● A/D変換器はいくつかの動作条件に関して増加したINL誤差を持つ	16/32-A/B
● A/D変換器利得段出力範囲が2.4Vに制限される	16/32-A/B
● 比較一致でのA/D変換器事象が機能しない	16/32-A/B
● 8~64倍の利得が使用される時にA/D変換器伝播遅延が正確でない	16/32-A/B
● A/D変換器でのバンドギャップ電圧測定はVCCが2.7V以下の時に機能しない	16/32-A/B
● 入力を利得段に切り替え後の最初の3採取で精度を失う	16/32-A/B
● PGMとCWCMの形態設定がXMEGA D手引書の記述のようでない	16/32-A/B
● 周期単位動作での誤り後にPWMが正しく再開しない	16/32-A/B
● 低電圧検出器(BOD)がどのリセット後にも許可される	16/32-A/B
● 活動動作での採取動作低電圧検出器(BOD)は基準電圧としてバンドギャップ使用時に雑音を発生	16/32-A/B
● NVM DATA0が書かれる時にEEPROMページ緩衝部が常に書かれる	16/32-A/B
● 保留中の完全な非同期ピン変化割り込みがデバイスを起こさない	16/32-A/B
● ピン形態設定がアナログ比較器出力に影響を及ぼさない	16/32-A/B
● クリスタル用発振器停止に関するNMIフラグが自動的に解除(0)	16/32-A/B
● フラッシュメモリ電力削減動作は休止形態動作移行時に許可することができない	16/32-A/B
● 例えクリスタルがRTCの供給元でも、パワーセーブ後にクリスタル始動時間が必要とされる	16/32-A/B
● 休止後にRTC計数値が正しく読めない	16/32-A/B
● 保留中の非同期RTC割り込みがデバイスを起こさない	16/32-A/B
● TWI送信衝突フラグが再送開始条件で解除(0)されない	16/32-A/B
● TWI停止割り込み要求フラグの解除(0)がバスを固定化するかもしれない	16/32-A/B
● バス時間超過のTWI開始条件が転送処理を落とさせる	16/32-A/B
● TWIデータ割り込み要求フラグ(DIF)が誤って設定(1)として読まれる	16/32-A/B
● 閉鎖窓内のWDR命令がリセットを発行しない	16/32-A/B
● 反転I/O許可がアナログ比較器出力に影響を及ぼさない	16/32-A/B
● TWIEが利用不能	16/32-A/B
● CRC生成器部署が利用不能	16/32-A/B
● A/D変換器の1/2倍利得とVCC/2基準電圧が利用不能	16/32-A/B
● TOSC代替ピン位置が利用不能	16/32-A/B
● TWI SDA保持時間形態設定が利用不能	16/32-A/B
● タイマ/カウンタ2型が利用不能	16/32-A/B
● HiRes+任意選択が利用不能	16/32-A/B
● デジタル周辺機能用交換ピン位置が利用不能	16/32-A/B
● 外部クリスタル用XOSC_PWR高駆動任意選択が利用不能	16/32-A/B
● 2分周PLL任意選択が利用不能	16/32-A/B
● 実時間計数器の前置分周なし32kHzクロック任意選択が利用不能	16/32-A/B
● PLL固定化検出失敗機能が利用不能	16/32-A/B
● 利用不能な機能と任意選択	16/32-A/B
● USART送信部禁止が自動的にTxDPin方向を入力に設定しない	16/32-A/B
● 利得使用時にA/D変換器伝播遅延が正しくない	16/32-E
● 最終アドレスがフラッシュ領域の最終語アドレスの時の範囲CRCに対してCRC失敗	16/32-E
● AWeX誤り保護回復が模様型生成動作で正しく行われない	16/32-E
● QDECでタイマ/カウンタ使用時の誤った割り込み	16/32-E
● アナログ比較器(AC)システムフラグがACシステム許可の場合にだけ有効	16/32-E
● 低温且つ低VCCでの符号なしシングルエンドでADCが符号抜けを持つかもしれない	64-A

1. 温度感知器が校正されていない (16/32-A/B/E/I, 64-A/D, 128-A)

温度感知器工場校正が実行されていません。

対策/対処

ありません。

2. 両アナログ比較器(AC)使用時にACに関するバンドギャップ基準電圧が変更できない (16/32-A/B)

バンドギャップ電圧が1つのアナログ比較器(AC)に対する入力として選択され、その後に別のACに対する入力として選択/選択解除されると、最初の比較器は最大1 $\mu$ sの間、影響を及ぼされ、潜在的に不正な比較結果を生じ得ます。

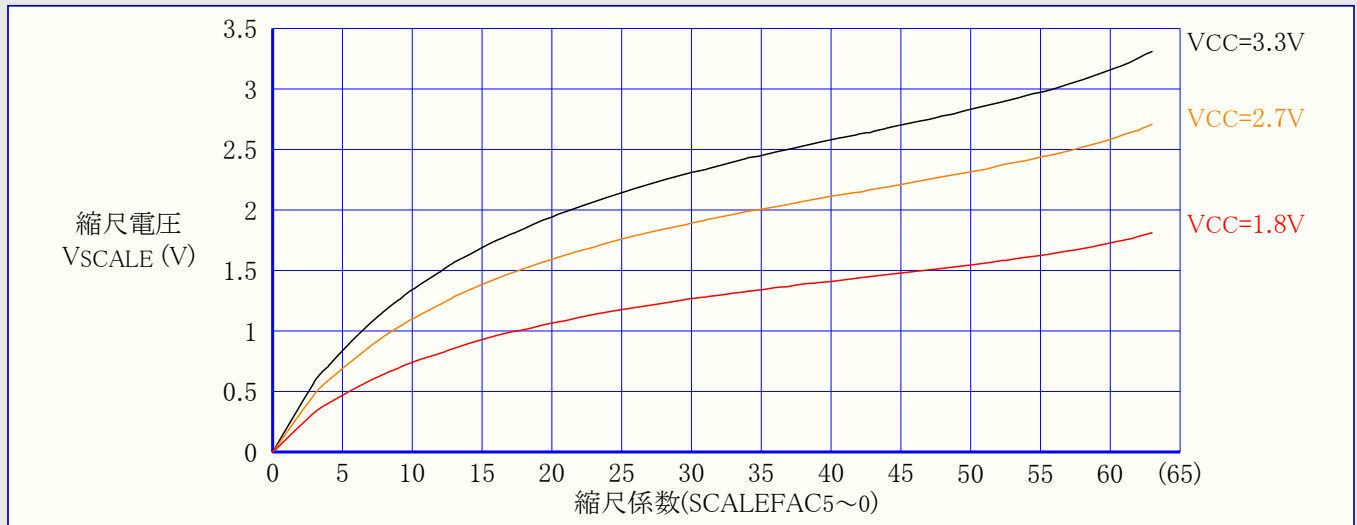
対策/対処

バンドギャップ電圧が両ACに対して同時に必要とされるなら、それらのどれかを許可する前に両ACに対する入力選択を形態設定してください。

3. アナログ比較器用VCC電圧縮尺器が非直線 (16/32-A/B)

アナログ比較器の6ビットVCC縮尺器は非直線です。

図34-1. アナログ比較器電圧縮尺器 対 縮尺係数 (TA=25°C)



対策/対処

正確な電圧レベルが必要とされるなら、アナログ比較器に対して外部電圧入力を使用してください。

4. A/D変換器利得段が単独変換に使用することができない (16/32-A/B)

A/D変換器(ADC)利得段はソフトウェアまたは事象システムから起動そして開始された単独変換に対して正しい結果を出力しません。

対策/対処

利得段が使用される時に、正しい結果のためにADCは連続変換動作形態に設定されなければなりません。

5. A/D変換器はいくつかの動作条件に関して増加したINL誤差を持つ (16/32-A/B)

いくつかのA/D変換器(ADC)形態設定または動作条件はINL誤差増加に帰着します。

符号付き動作に於いて積分性非直線誤差(INL)は次のように増加します。

- 130k採取/秒以上の採取速度に関して6LSB、200k採取/秒の採取速度に対して最大8LSB
- VCCが3.0V以上の時の1.1V以下の基準電圧に関して6LSB
- 1.3V以下の基準電圧、且つ周辺温度0°C以下に関して20LSB

符号なし動作では積分性非直線誤差(INL)が保証されず、この動作形態は使用されるべきではありません。

対策/対処

ありません。INL誤差増加を防ぐため、上記形態でのADC使用を避けてください。シングルエンド測定に対してもADCを符号付き形態で使用してください。

## 6. A/D変換器利得段出力範囲が2.4Vに制限される (16/32-A/B)

A/D変換器(ADC)利得段の増幅出力が決して2.4V以上にならず、従って差動入力に2.4V/利得以下の時にだけ正しい出力を生成します。利用可能な利得に関して、これは以下の差動入力範囲を与えます。

- 利得1倍 : 2.4V
- 利得2倍 : 1.2V
- 利得4倍 : 0.6V
- 利得8倍 : 300mV
- 利得16倍 : 150mV
- 利得32倍 : 75mV
- 利得64倍 : 38mV

### 対策/対処

正しい結果を得るために、ADC利得段からの増幅電圧出力を2.4V以下に保つか、またはADC基準電圧を2.4V以下に保ってください。

## 7. 比較一致でのA/D変換器事象が機能しない (16/32-A/B)

例え割り込み形態(INTMODE)がBELOWまたはABOVEに設定されていても、変換完了毎にA/D変換器(ADC)合図事象が与えられます。

### 対策/対処

比較機能を使用する時に比較一致での割り込みを許可して使用してください。

## 8. 8～64倍の利得が使用される時にA/D変換器伝播遅延が正確でない (16/32-A/B)

伝播遅延は8倍、16倍、32倍、64倍の利得設定に対して1A/D変換クロック周期だけ増えます。

### 対策/対処

ありません。

## 9. A/D変換器でのバンドギャップ電圧測定はVCCが2.7V以下の時に機能しない (16/32-A/B)

A/D変換器(ADC)はVCCが2.7V以下の時のバンドギャップ測定を行うのに使用することができません。

### 対策/対処

ありません。

## 10. 入力を利得段に切り替え後の最初の3採取で精度を失う (16/32-A/B)

A/D変換器(ADC)利得段でのメモリ効果のため、入力チャネル切り替え後の最初の3採取は12ビット精度を達成するために無視されなければなりません。

### 対策/対処

ADC利得段への入力チャネル切り替え後に3回のA/D変換を走らせてそれらの結果を破棄してください。

## 11. PGMとCWCMの形態設定がXMEGA D手引書の記述のようでない (16/32-A/B)

共通波形チャネル動作形態(CWCM)の許可は模様型生成動作形態(PGM)を許可しますが、共通波形動作形態を許可しません。

模様型生成動作形態許可と共通波形チャネル動作形態不許可は模様型生成動作形態と共通波形チャネル動作形態の両方を許可します。

### 対策/対処

表34-1. PGMとCWCMの形態設定はこの表に従います。

PGM	CWCM	説明
0	0	PGM禁止、CWCM禁止
0	1	PGM許可
1	0	PGM許可、CWCM許可
1	1	PGM許可

## 12. 周期単位動作での誤りにPWMが正しく再開しない (16/32-A/B)

AWeX誤り検出再開形態が周期単位に設定されている時は、誤り条件がもはや存在しない後の最初の更新で波形出力が標準動作に戻りません。

### 対策/対処

出力を再許可するようにどれかのAWeX I/Oレジスタを書いてください。

### 13. 低電圧検出器(BOD)がどのリセット後にも許可される (16/32-A/B)

リセット元のどれかが活性(有効)になる場合にBODが許可され、VCC電圧が設定されたBODレベル以下なら、デバイスをリセットに保ちます。例えばBODが禁止されていても、電源ONリセットの間、VCCが設定されているBODレベル以上になるまでリセットは開放されません。

#### 対策/対処

例えばBODが使用されていない場合、BODレベルをVCCよりも高く設定しないでください。

### 14. 活動動作での採取動作低電圧検出器(BOD)は基準電圧としてバンドギャップ使用時に雑音を発生 (16/32-A/B)

デバイスが活動動作またはアイドル動作で走行している時の採取動作でのBOD使用は、A/D変換器(ADC)、D/A変換器(DAC)、アナログ比較器(AC)に対するバンドギャップ基準電圧上に雑音を付加するでしょう。

#### 対策/対処

ADC、DACまたはACのどれかに対する基準電圧としてバンドギャップが使用される場合、BODが採取動作に設定されてはなりません。

### 15. NVM DATA0が書かれる時にEEPROMページ緩衝部が常に書かれる (16/32-A/B)

EEPROMがメモリに割り当てられている場合、NVM DATA0への書き込みがEEPROMページ緩衝部内のデータを不正にします。

#### 対策/対処

NVM DATA0を書く前に、例えばソフトウェアCRCまたはフラッシュ ページ緩衝部書き込みを行う時にEEPROMページ緩衝部設定中(EEL OAD)フラグが設定(1)されているかを調べてください。EEL OADが設定(1)されている時にNVM DATA0を書かないでください。

### 16. 保留中の完全な非同期ピン変化割り込みがデバイスを起こさない (16/32-A/B)

休止命令が実行された時に保留になる、どのポートのピン2からのどの完全な非同期ピン変化割り込みも、デバイスが別の供給元または再び供給元の起動から起こされるまで無視されます。これはシステムクロックが停止される全ての休止形態に移行する時に適用します。

#### 対策/対処

ありません。

### 17. ピン形態設定がアナログ比較器出力に影響を及ぼさない (16/32-A/B)

出力、プルアップ/ダウン、反転I/Oピン機能はアナログ比較器出力機能に影響を及ぼしません。

#### 対策/対処

出力、プルアップ/ダウン形態設定に関してはありません。

反転I/Oに関しては、反対の結果を与えるようにアナログ比較器(AC)構成を形態設定する(換言すると、正入力をAC負入力へとその逆で接続するか、またはアナログ比較器出力の極性を変更するために外部の反転器とで使用してください)。

### 18. クリスタル用発振器停止に関するNMIフラグが自動的に解除(0) (16/32-A/B)

クリスタル用発振器停止用のNMIフラグ(XOSCFDIF)はNMI割り込み処理部を実行する時に自動的に解除(0)されます。

#### 対策/対処

このデバイス改訂版は1つのNMI割り込み元だけを持ち、故にソフトウェアで割り込み元を調べる必要はありません。

### 19. フラッシュメモリ電力削減動作は休止形態動作移行時に許可することができない (16/32-A/B)

深い休止形態動作時にフラッシュ電力削減動作が許可されている場合、デバイスは4回毎の起動要求でだけ起動するでしょう。

アイドル休止形態動作移行時にフラッシュ電力削減動作が許可されている場合、起動時間は最大16CPUクロック周期まで変化するでしょう。

#### 対策/対処

休止形態動作移行前にフラッシュ電力削減動作を禁止してください。

### 20. 例えクリスタルがRTCの供給元でも、パワーセーブ後にクリスタル始動時間が必要とされる (16/32-A/B)

例え休止中に32.768kHzクリスタルがRTCに使用されていても、クリスタルからのクロックは指定された始動時間前にシステムに対して準備可になりません。XMEGA D 手引書の“クリスタル用発振器選択(XOSCSEL3~0)”をご覧ください。活動形態で低電圧検出(BOD)が使用されている場合、BODはこの期間(0.5s)ONになります。

#### 対策/対処

より早い始動が望まれる場合、システムクロックとして内部発振器で休止へ行ってください。



## 21. 休止後にRTC計数値が正しく読めない (16/32-A/B)

実時間計数器(RTC)がRTC溢れでデバイスを起こすように設定され、そして休止移行時にRTC CNTのビット0がRTC PERのビット0と同じ場合、RTC計数レジスタの値は起き上がり後の最初の前置分周されたRTCクロック周期内で正しく読むことができません。読んだ値は休止移行時のレジスタ内の値と同じです。

起き上がり元としてRTC比較一致が使用される場合も同じく適用されます。

### 対策/対処

RTC CNT値を読む前に最低1つの前置分周されたRTCクロック周期を待ってください。

## 22. 保留中の非同期RTC割り込みがデバイスを起こさない (16/32-A/B)

休止命令が実行されている時に保留にした実時間計数器からの非同期割り込みはデバイスが別の供給元または再び供給元の起動から起こされるまで無視されます。

### 対策/対処

ありません。

## 23. TWI送信衝突フラグが再送開始条件で解除(0)されない (16/32-A/B)

TWI送信衝突フラグは**開始条件**と**再送開始条件**で自動的に解除(0)されるべきですが、**開始条件**でだけ解除(0)されます。

### 対策/対処

アドレス一致割り込み後にソフトウェアでこのフラグを解除(0)してください。

## 24. TWI停止割り込み要求フラグの解除(0)がバスを固定化するかもしれない (16/32-A/B)

新しいアドレスを受信したためにハードウェアが**停止条件(STOP)**割り込み要求フラグ(APIF)を設定(1)するのと同じ周辺クロック周期でソフトウェアがこのフラグを解除(0)した場合、クロック保持(CLKHOLD)フラグが解除(0)されず、SCL線が開放されません。これはバスを固定化します。

### 対策/対処

バスの状態がアイドル(IDLE)かを調べてください。これがその場合ならAPIFの解除(0)は安全です。バスの状態がアイドルでなければAPIFを解除(0)する前にSCLピンがLowなるのを待ってください。

コード:

```
/* "安全領域"の場合にだけ割り込み要求フラグを解除(0) */
while ( /* バスがアイドル以外 */
        ((COMMS_TWI_MASTER.STATUS & TWI_MASTER_BUSSTATE_gm) != TWI_MASTER_BUSSTATE_IDLE_gc) &&
        /* SCLが従装置によって保持されていない */
        !(COMMS_TWI_SLAVE.STATUS & TWI_SLAVE_CLKHOLD_bm)
      )
{
    /* SCL線のLowを確認 */
    if ( !(COMMS_PORT.IN & PIN1_bm) )
        if ( !(COMMS_PORT.IN & PIN1_bm) )
            break;
}
/* 保留のアドレス一致割り込み検査 */
if ( !(COMMS_TWI_SLAVE.STATUS & TWI_SLAVE_CLKHOLD_bm) )
{
    /* 割り込み要求フラグの安全な解除(0) */
    COMMS_TWI_SLAVE.STATUS |= (uint8_t)TWI_SLAVE_APIF_bm;
}
```

## 25. バス時間超過のTWI開始条件が転送処理を落とさせる (16/32-A/B)

バス時間超過が許可され、**開始条件**が検出されるのと同じ周辺クロックで時間超過が起こる場合、転送処理を落とします。

### 対策/対処

ありません。

## 26. TWIデータ割り込み要求フラグ(DIF)が誤って設定(1)として読まれる (16/32-A/B)

TWI従装置応答指令(CMD=11)発行時、データ割り込み要求フラグ(DIF)の解除(0)に1周辺クロック周期かかります。指令発行直後のDIF読み込みは未だ設定(1)を示します。

### 対策/対処

DIF検査前に1つのNOP命令を追加してください。

## 27. 閉鎖窓内のWDR命令がリセットを発行しない (16/32-A/B)

窓制御レジスタ更新後の1ULPクロック周期内にWDR命令が実行される時に、システムリセットを与えることなく計数器が解除され得ます。

### 対策/対処

WDR命令を実行する前に最低1ULPクロック周期待ってください。

## 28. 反転I/O許可がアナログ比較器出力に影響を及ぼさない (16/32-A/B)

反転I/Oピン機能はアナログ比較器出力機能に影響を及ぼしません。

### 対策/対処

反転された結果を与えるようにアナログ比較器構成を形態設定するか、またはアナログ比較器出力の極性を変更するために外部反転器を使用してください。

## 29. 利用不能な機能と任意選択 (16/32-A/B)

以下の機能と任意選択は利用不能です。これらの機能と任意選択を許可または形態設定しようとするどのレジスタまたはヒューズへの書き込みも無効で、予約されたアドレス位置への書き込みとなります。

- TWIE、ポートEのTWI部署
- TWI CTRLレジスタ内のTWI SDA保持任意選択は1ビット
- CRC生成器部署
- A/D変換器(ADC)の1/2倍利得任意選択とADCチャネルCTRLレジスタ内のGAINビットでのこの形態設定任意選択
- A/D変換器(ADC)のVCC/2基準電圧任意選択とADC REFCTRLレジスタのREFSELビットでのこの形態設定任意選択
- 差動測定で負入力として内部GNDを使用するADC任意選択とADCチャネルMUXCTRLレジスタのMUXNEGビットでのこの形態設定任意選択
- A/D変換器(ADC)チャネル走査とADC SCANレジスタ
- A/D変換器(ADC)電流制限任意選択とADC CTRLBレジスタ内のCURRLIMITビット
- 利得段用のA/D変換器(ADC)インピーダンス形態選択とADC CTRLBレジスタ内のIMPMODEビット
- タイマ/カウンタ2型とT/C0 CTRLレジスタ内のBYTEMビットでのSPLITMODE形態設定任意選択
- アナログ比較器(AC)電流出力任意選択とACのCURRCTRLとCURRCALIBのレジスタ
- タイマ/カウンタ比較出力チャネル、USART0、SPI用の代替ピン位置を持つポート再配置機能とポートのREMAPレジスタ
- ポートのRTCクロック出力任意選択とポートのCLKEVOUTレジスタ内のRTCCOUTビット
- クロックと事象用の代替ピン位置を持つポート再配置機能とポートのCLKEVOUTレジスタ
- TOSC代替ピン位置とFUSEBYTE2内のTOSCSELビット
- TOSC1からの外部クロック、TOSCからの32.768kHz、32.768kHz内部発振器からの32.768kHzの実時間計数器クロック元とクロックのRTCCCTRLレジスタ内のRTCSRCビットでのこれらの形態設定任意選択
- 2分周PLLとクロックのPLLCTRLレジスタ内のPLLDIVビット
- PLL固定化検出失敗機能とクロックのXOSCFAILレジスタ内のPLLDIFとPLLFDENのビット
- 外部クリスタル用高駆動任意選択と発振器のXOSCCTRLレジスタ内のXOSCPWRビット
- アナログ部署の順次始動を許すための任意選択とMCU制御メモリ内のANAINITレジスタ

### 対策/対処

ありません。

## 30. USART送信部禁止が自動的にTxDPin方向を入力に設定しない (16/32-A/B)

USART送信部が送信すべきデータなしでアイドルの場合、送信許可(TXEN)の0設定は自動的にTxDPinの方向を入力に設定しないでしょう。

### 対策/対処

TxDピンの方向はポート方向(DIR)レジスタを使用して入力に設定することができます。即座にポートDIRレジスタを入力に設定することができます。進行中の送信は切り詰められます。

## 31. 利得使用時にA/D変換器伝播遅延が正しくない (16/32-E)

伝播遅延は全ての利得設定に対して1ADCクロック周期だけ増します。

### 対策/対処

ありません。

### 32. 最終アドレスがフラッシュ領域の最終語アドレスの時の範囲CRCに対してCRC失敗 (16/32-E)

ブート読み込み施錠が許可された場合、範囲CRCは応用領域の最終アドレスで終わることができません。応用表読み込み施錠が許可された場合、範囲CRCは応用表の前の最後のアドレスで終わることができません。

#### 対策/対処

範囲CRCで使用する最終アドレスが読み込み施錠を許可された領域の前の最終アドレスで終わらないことを確実にしてください。代わりに、完全な応用領域に対する専用CRC命令を使用してください。

### 33. AWeX誤り保護回復が模様型生成動作で正しく行われない (16/32-E)

誤りが検出されると、出力無効化許可(OUTOVEN)レジスタが解除され、誤り条件が解消される時に対応する許可されたDTIチャネルに従ってOUTOVENが回復されます。共通波形チャネル動作(CWCM:Common Waveform Channel Mode)に関しては、誤りから回復した後にOUTOVENが正しいので、これは無効です。模様型生成動作(PGM:Pattern Generation Mode)については、OUTOVENが代わりに沈黙時間Low側緩衝(DTLSBUF)レジスタに従って回復されてしまいます。

#### 対策/対処

CWCMに関しては対策の必要がありません。

ラッチ動作でのPGMについては誤り状態から戻る前にDTIチャネルを禁止してください。そして、正しい出力を再び許可するために方向(DIR)レジスタが書かれる前に、正しいOUTOVEN値を設定してDTIチャネルを許可してください。

周期単位動作でのPGMについては対策がありません。

### 34. QDECでタイマ/カウンタ使用時の誤った割り込み (16/32-E)

タイマ/カウンタがQDEC許可で2重傾斜動作形態に設定されると、計数器がBOTTOMから1へ計数する時に追加の漏れ(下溢れ)割り込み(と事象)が与えられます。

#### 対策/対処

漏れ(下溢れ)割り込み受け取り時、計数器の方向と値を調べてください。方向が上昇(UP)で計数器の値が0なら、計数器の値を1に変更してください。これは追加の事象も取り去ります。計数器の値が0を超える場合、割り込み要求フラグを解除してください。

### 35. アナログ比較器(AC)システム フラグがACシステム許可の場合にだけ有効 (16/32-E)

例えばアナログ比較器(AC)が許可されずに無効でも、AC出力用の状態フラグは更新されます。また、アナログ比較器のどちらかの許可なしにAC割り込み要求フラグを解除することは不可能です。

#### 対策/対処

ACシステム状態フラグを使用する前に、ソフトウェアはACシステム許可後に一度ACシステム フラグを解除(0)すべきです。

### 36. 低温且つ低VCCでの符号なしシングル エントでADCが符号抜けを持つかもしれない (64-A)

ADCはVCCが1.8V以下の時の0°C以下に於いて符号なしシングル エント(SE)動作形態で符号抜けを持つかもしれません。

#### 対策/対処

符号付きSE動作形態を使用してください。



## 35. データシート改訂履歴

本章内の参照頁番号はこのデータシートに対して参照されていることに注意してください。本章内の改訂参照は資料の改訂版に対する参照です。

### 35.1. 8135A-03/2009

1. 初版

### 35.2. 8135B-09/2009

1. 49頁に「電気的特性」を追加
2. 101頁に「代表特性」を追加

### 35.3. 8135C-10/2009

1. 2つの2線インターフェースで1頁の「特徴」を更新
2. 4頁の「図2-1. 構成図とTQFP/QFNピン配置」を更新
3. 5頁の「概要」を更新
4. 6頁の「XMEGA D4構成図」を更新
5. 22頁の表13-1.を更新
6. 32頁の「概要」を更新
7. 43頁の表28-5.を更新
8. 44頁の「周辺機能部署アドレス割り当て」を更新

### 35.4. 8135D-12/2009

1. ATxmega128D4デバイスを追加、それによるデータシート更新
2. Min/Max値で49頁の「電気的特性」を更新
3. 52頁の表32-7.を更新(入力ヒステシスはmVではなくV) (訳注:後に削除)
4. 55頁に「フラッシュメモリとEEPROMの特性」を追加
5. 209頁に「障害情報」を追加

### 35.5. 8135E-02/2010

1. 4頁の図2-1. デバイスピン配置を更新、PDI\_CLKとPDI\_DATAをPDIのみに改名
2. 14頁の表7-3.を更新、ATxmega32D4のページ数は32
3. 25頁の「交換ピン機能」を更新 (訳注:実際には変更なし)
4. 37頁の「ADC – 12ビット A/D変換器」を更新
5. 37頁の図25-1.を更新
6. 41頁の「タイマ/カウンタとAwEx機能」を更新
7. 42頁の「交換ピン機能」を更新
8. 51頁に表32-6.を追加
9. 59頁に表32-26.を追加
10. 122頁の「内部発振器周波数」を「発振器と起動時間」に変更 (訳注:後の「発振器特性」)
11. 209頁の「障害情報」を更新

### 35.6. 8135F-02/2010

1. 127頁に「PDI速度」を追加 (訳注:後の「PDI特性」)

### 35.7. 8135G-08/2010

1. 4頁で図2-1.の脚注2を更新
2. CRCへの全参照削除、6頁の図3-1.を更新
3. 23頁の「要点」を更新、ポートピン7での事象チャネル0出力
4. フラッシュメモリ/EEPROMプログラミングに関するICCの追加により、50頁の「消費電流」を更新
5. 52頁で「A/D変換器特性」にAVCCを追加
6. 52頁で「A/D変換器特性」の始動時間を更新
7. 「障害情報」章で誤植修正と更新

### 35.8. 8135H-09/2010

1. 209頁の「**障害情報**」を更新

### 35.9. 8135I-10/2010

1. 44頁の**表29-1**を更新

### 35.10. 8135J-12/2010

1. 完了に変更されたデータシート状況、表紙から削除された暫定
2. 「**電气的特性**」で全ての表を更新
3. 55頁の**表32-16**を置換
4. 59頁の**表32-26**を置換、59頁に「**TOSC入力容量**」図を追加
5. ADC(ADCがいくつかの動作条件で増されたINL誤差を持つ)に関する障害情報を更新
6. TWIE(TWIEが利用不能)の追加で209頁の改訂A,Bの障害情報を更新
7. 新しいAtmelの品質様式指針によって最終頁を更新

### 35.11. 8135K-06/2012

1. 2頁の「**注文情報**」でATxmega64D4-CUを追加

### 35.12. 8135L-06/2012

1. 編集上の更新
2. 49頁の「**電气的特性**」章内の全ての表を更新
3. 101頁に新しい「**代表特性**」を追加
4. 209頁の「**障害情報**」で新しい改訂A,B障害情報を追加、利用不能な機能と任意選択
5. 209頁の「**障害情報**」で新しい改訂E障害情報を追加

### 35.13. 8135M-02/2013

1. Atmelの新しいデータシート雛形でデータシートを更新
2. 4頁の**図2-1**を更新。PE2/PE3は今や半灰色
3. 4頁の**図2-1**を更新。19番ピンはVDDではなくVCC
4. 14頁の**表7-2**を更新。FWORD列更新:Z[x~1]によってZ[x~0]を置換、FPAGE列をZ[y~8]に更新
5. 23頁の「**入出力ポート**」を更新。「任意選択スレーブ制御」を削除。この機能はATxmega CとD系のデバイスには存在しません。
6. 38頁で**図26-1**の「**アナログ比較器概要**」を更新
7. 49頁で「**ATxmega16D4**」と62頁で「**ATxmega32D4**」用の新しい「**電气的特性**」を追加
8. 58頁の**表32-25**、71頁の**表32-53**、84頁の**表32-82**、を更新。ESRパラメータを追加
9. 101頁で「**ATxmega16D4**」と128頁で「**ATxmega32D4**」用の新しい「**代表特性**」を追加
10. 209頁の「**障害情報**」を更新。アナログ比較器(AC)システムが許可されている場合にだけACシステム状態フラグが有効

### 35.14. 8135N-04/2013

1. 37頁の「**ADC - 12ビット A/D変換器**」内の記述を更新
2. 「**障害情報**」を更新:
  - ・ ATxmega16D4/32D4 : 改訂F,G,H,Iを追加
  - ・ ATxmega64D4 : 改訂A,B,Cを追加
  - ・ ATxmega128D4 : 改訂Aを追加

### 35.15. 8135O-08/2013

1. 「**障害情報**」を更新:
  - ・ 209頁のATxmega16D4/32D4改訂A,B,E,Iに「**温度感知器未校正**」を追加
  - ・ 209頁のATxmega64D4改訂A,Dに「**温度感知器未校正**」を追加
  - ・ 209頁のATxmega128D3改訂Aに「**温度感知器未校正**」を追加

### 35.16. 8135P-01/2014

1. 105°C特性で「**ATxmega16D4**」と「**ATxmega32D4**」の代表特性を更新

### 35.17. 8135Q-09/2014

1. 2頁の「注文情報」を更新、ATxmega16D4/32D4/64D4/128D4の105℃品に対する注文情報を追加
2. 12頁の図7-1.で応用表領域を4K/4K/4K/4Kから8K/4K/4K/4Kに更新
3. 37頁の図25-1.と37頁の「ADC - 12ビットA/D変換器」と38頁の「AC - アナログ比較器」の文章でVCCをAVCCに変更
4. 50頁の表32-4.、63頁の表32-32.、76頁の表32-60.、89頁の表32-89.を更新。。全機能禁止と採取動作BOD許可に対するT=105℃用パワーダウン消費電流ICCを追加
5. 55頁の表32-17.、68頁の表32-45.、81頁の表32-73.、94頁の表32-102.を更新。T=55℃を削除して、T=85℃とT=105℃用の値を含めるように全ての表を更新
6. 61頁の表32-28.、74頁の表32-56.、87頁の表32-85.、100頁の表32-114.で $t_{SU;DAT}$ パラメータ用単位をnsに変更
7. 「ATxmega64D4」と「ATxmega128D4」の「代表特性」を105℃特性で更新
8. 210頁の「障害情報」でUSART送信部禁止での障害情報を追加

## 目次

特徴	1	14.3. 出力駆動部	23
1. 注文情報	2	14.4. 入力感知	25
2. ピン配置/構成図	4	14.5. 交換ポート機能	25
3. 概要	5	15. TC0/1 – 16ビット タイマ/カウンタ0型と1型	26
3.1. 構成図	6	15.1. 要点	26
4. 資料	7	15.2. 概要	26
4.1. 推奨読み物	7	16. TC2 – 16ビット タイマ/カウンタ2型	28
5. 容量性接触感知	7	16.1. 要点	28
6. AVR CPU	8	16.2. 概要	28
6.1. 要点	8	17. AWeX – 新波形拡張	29
6.2. 概要	8	17.1. 要点	29
6.3. 構造概要	8	17.2. 概要	29
6.4. 算術論理演算器 (ALU)	9	18. Hi-Res – 高分解能拡張	30
6.5. プログラムの流れ	9	18.1. 要点	30
6.6. ステータス レジスタ	9	18.2. 概要	30
6.7. スタックとスタック ポインタ	9	19. RTC – 16ビット実時間計数器	31
6.8. レジスタ ファイル	10	19.1. 要点	31
7. メモリ	11	19.2. 概要	31
7.1. 要点	11	20. TWI – 2線インターフェース	32
7.2. 概要	11	20.1. 要点	32
7.3. フラッシュ プログラム メモリ	11	20.2. 概要	32
7.4. ヒューズと施錠ビット	12	21. SPI – 直列周辺インターフェース	33
7.5. データ メモリ	13	21.1. 要点	33
7.6. EEPROM	13	21.2. 概要	33
7.7. I/Oメモリ	13	22. USART	34
7.8. データ メモリとバス調停	13	22.1. 要点	34
7.9. メモリ タイミング	13	22.2. 概要	34
7.10. デバイスIDと改訂	13	23. I2C – 赤外線通信部署	35
7.11. I/Oメモリ保護	13	23.1. 要点	35
7.12. フラッシュ メモリとEEPROMのページ容量	14	23.2. 概要	35
8. 事象システム	15	24. CRC – 巡回冗長検査生成器	36
8.1. 要点	15	24.1. 要点	36
8.2. 概要	15	24.2. 概要	36
9. システム クロックとクロック選択	16	25. ADC – 12ビット A/D変換器	37
9.1. 要点	16	25.1. 要点	37
9.2. 概要	16	25.2. 概要	37
9.3. クロック元	17	26. AC – アナログ比較器	38
10. 電力管理と休止形態動作	18	26.1. 要点	38
10.1. 要点	18	26.2. 概要	38
10.2. 概要	18	27. プログラミングとデバッグ	40
10.3. 休止形態動作種別	18	27.1. 要点	40
11. システム制御とリセット	19	27.2. 概要	40
11.1. 要点	19	28. ピン配置とピン機能	41
11.2. 概要	19	28.1. 交換ピン機能の種類	41
11.3. リセットの流れ	19	28.2. 交換ピン機能	42
11.4. リセット元	19	29. 周辺機能部署アドレス割り当て	44
12. WDT – ウォッチドッグ タイマ	21	30. 命令一式要約	45
12.1. 要点	21	31. 外圍器情報	48
12.2. 概要	21	31.1. 44A	48
13. 割り込みと設定可能な多段割り込み制御器	22	31.2. 44M1	48
13.1. 要点	22	31.3. 49C2	48
13.2. 概要	22	32. 電気的特性	49
13.3. 割り込みベクタ	22	32.1. ATxmega16D4	49
14. 入出力ポート	23	32.2. ATxmega32D4	62
14.1. 要点	23	32.3. ATxmega64D4	75
14.2. 概要	23	32.4. ATxmega128D4	88

33. 代表特性	101
33.1. ATxmega16D4	101
33.2. ATxmega32D4	128
33.3. ATxmega64D4	155
33.4. ATxmega128D4	182
34. 障害情報	209
34.1. ATxmega16D4/32D4改訂C,D,F,G,H、 ATxmega64D4改訂B,C	209
34.2. ATxmega16D4/32D4改訂A,B,E,I、 ATxmega64D4改訂A,D、 ATxmega128D4改訂A	209
35. データシート改訂履歴	216
35.1. 8135A-03/2009	216
35.2. 8135B-09/2009	216
35.3. 8135C-10/2009	216
35.4. 8135D-12/2009	216
35.5. 8135E-02/2010	216
35.6. 8135F-02/2010	216
35.7. 8135G-08/2010	216
35.8. 8135H-09/2010	217
35.9. 8135I-10/2010	217
35.10. 8135J-12/2010	217
35.11. 8135K-06/2012	217
35.12. 8135L-06/2012	217
35.13. 8135M-02/2013	217
35.14. 8135N-04/2013	217
35.15. 8135O-08/2013	217
35.16. 8135P-01/2014	217
35.17. 8135Q-09/2014	218

Atmel®, Atmelロゴとそれらの組み合わせ、Enabling Unlimited Possibilities®とその他は米国および他国に於けるAtmel Corporationの登録商標または商標です。他の用語と製品名は一般的に他の商標です。

**お断り:** 本資料内の情報はAtmel製品と関連して提供されています。本資料またはAtmel製品の販売と関連して承諾される何れの知的所有権も禁反言あるいはその逆によって明示的または暗示的に承諾されるものではありません。Atmelのウェブサイトにある販売の条件とAtmelの定義での詳しい説明を除いて、商品性、特定目的に関する適合性、または適法性の暗黙保証に制限せず、Atmelはそれらを含むその製品に関連する暗示的、明示的または法令による如何なる保証も否認し、何ら責任がないと認識します。たとえAtmelがそのような損害賠償の可能性を進言されたとしても、本資料を使用できない、または使用以外で発生する(情報の損失、事業中断、または利益と損失に関する制限なしの損害賠償を含み)直接、間接、必然、偶然、特別、または付随して起こる如何なる損害賠償に対しても決してAtmelに責任がないでしょう。Atmelは本資料の内容の正確さまたは完全性に関して断言または保証を行わず、予告なしでいつでも製品内容と仕様の変更を行う権利を保留します。Atmelはここに含まれた情報を更新することに対してどんな公約も行いません。特に別の方法で提供されなければ、Atmel製品は車載応用に対して適当ではなく、使用されるべきではありません。Atmel製品は延命または生命維持を意図した応用での部品としての使用に対して意図、認定、または保証されません。

**安全重視、軍用、車載応用のお断り:** Atmel製品はAtmelが提供する特別に書かれた承諾を除き、そのような製品の機能不全が著しく人に危害を加えたり死に至らしめることがかなり予期されるどんな応用(“安全重視応用”)に対しても設計されず、またそれらとの接続にも使用されません。安全重視応用は限定なしで、生命維持装置とシステム、核施設と武器システムの操作の装置やシステムを含みます。Atmelによって軍用等級として特に明確に示される以外、Atmel製品は軍用や航空宇宙の応用や環境のために設計も意図もされていません。Atmelによって車載等級として特に明確に示される以外、Atmel製品は車載応用での使用のために設計も意図もされていません。

© HERO 2014.

本データシートはAtmelのATxmega D4系英語版データシート(Rev.8135Q-09/2014)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。

汎用入出力ポートの出力データレジスタとピン入力、対応関係からの理解の容易さから出力レジスタと入力レジスタで統一表現されています。一部の用語がより適切と思われる名称に変更されています。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。