

## 追補B – 125°CでのATtiny25/V仕様

この文書は125°Cまでの温度で動作するデバイスを詳述する情報を含みます。この追補では偏差だけが網羅され、他の全ての情報は完全なデータシートで得られます。完全なデータシートは[www.atmel.com](http://www.atmel.com)で得られます。



8ビット **AVR**<sup>®</sup>  
マイクロコントローラ  
実装書き換え可能な  
2Kバイト  
フラッシュメモリ内蔵

ATtiny25  
ATtiny25V

追補B

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。

Rev. 2586N-B-08/11, 2586NJ4-B-07/23



## 1. メモリ

### 1.1. データ用EEPROM

EEPROMは最低50,000回の消去/書き込み回数があります。

## 2. 電気的特性

### 2.1. DC特性

表2-1. DC特性 TA=-40°C~125°C

シンボル	項目	条件	最小	代表 (注1)	最大	単位
V <sub>IL</sub>	Lowレベル入力電圧 (XTAL1,RESETを除く)	VCC=1.8~2.4V	-0.5		0.2VCC (注2)	V
		VCC=2.4~5.5V	-0.5		0.3VCC (注2)	
V <sub>IL1</sub>	Lowレベル入力電圧 (XTAL1)	VCC=1.8~5.5V	-0.5		0.1VCC (注2)	
V <sub>IL2</sub>	Lowレベル入力電圧 (RESET)	VCC=1.8~5.5V	-0.5		0.2VCC (注2)	
V <sub>IL3</sub>	Lowレベル入力電圧 (I/OとしてのRESET)	VCC=1.8~2.4V	-0.5		0.2VCC (注2)	
		VCC=2.4~5.5V	-0.5		0.3VCC (注2)	
V <sub>IH</sub>	Highレベル入力電圧 (XTAL1,RESETを除く)	VCC=1.8~2.4V	0.7VCC (注3)		VCC+0.5	
		VCC=2.4~5.5V	0.6VCC (注3)		VCC+0.5	
V <sub>IH1</sub>	Highレベル入力電圧 (XTAL1)	VCC=1.8~2.4V	0.8VCC (注3)		VCC+0.5	
		VCC=2.4~5.5V	0.7VCC (注3)		VCC+0.5	
V <sub>IH2</sub>	Highレベル入力電圧 (RESET)	VCC=1.8~5.5V	0.9VCC (注3)		VCC+0.5	
		VCC=1.8~2.4V	0.7VCC (注3)		VCC+0.5	
V <sub>IH3</sub>	Highレベル入力電圧 (I/OとしてのRESET)	VCC=1.8~2.4V	0.7VCC (注3)		VCC+0.5	
		VCC=2.4~5.5V	0.6VCC (注3)		VCC+0.5	
V <sub>OL</sub>	Lレベル出力電圧 (RESET(注6)を除く) (注4)	IOL=10mA, VCC=5V			0.6	
		IOL=5mA, VCC=3V			0.5	
V <sub>OH</sub>	Hレベル出力電圧 (RESET(注6)を除く) (注5)	IOH=-10mA, VCC=5V	4.3			
		IOH=-5mA, VCC=3V	2.5			
I <sub>IL</sub>	I/OピンLowレベル入力漏れ電流	VCC=5.5V		<0.05	1	μA
I <sub>IH</sub>	I/OピンHighレベル入力漏れ電流	確実なH/L範囲		<0.05	1	
R <sub>RST</sub>	RESETピンプルアップ抵抗	VCC=5.5V, Low入力	30		60	kΩ
R <sub>PU</sub>	I/Oピンプルアップ抵抗	VCC=5.5V, Low入力	20		50	kΩ
I <sub>CC</sub>	活動動作消費電流 (注7)	VCC=2V, 1MHz		0.3	0.55	mA
		VCC=3V, 4MHz		1.5	2.5	
		VCC=5V, 8MHz		5	8	
	アイドル動作消費電流 (注7)	VCC=2V, 1MHz		0.1	0.2	
		VCC=3V, 4MHz		0.35	0.6	
		VCC=5V, 8MHz		1.2	2	
パワーダウン動作消費電流 (注8)	VCC=3V, WDT有効			4	20	μA
	VCC=3V, WDT禁止			0.2	14	

注1: 25°Cでの代表値です。

注2: Lowレベルの認識が保証される最高電圧です。

注3: Highレベルの認識が保証される最低電圧です。

注4: 各I/Oポートは安定状態(非過渡時)に於いて検査条件(VCC=5Vで10mA、VCC=3Vで5mA)よりも多くの吸い込み電流を流すことができますが、全てのIOLの合計が60mAを超えるべきではありません。IOLが検査条件を超える場合、VOLも仕様書での値を超えます。表の検査条件よりも大きな吸い込み電流を流すことは保証されません。

注5: 各I/Oポートは安定状態(非過渡時)に於いて検査条件(VCC=5Vで10mA、VCC=3Vで5mA)よりも多くの吐き出し電流を流すことができますが、全てのIOHの合計が60mAを超えるべきではありません。IOHが検査条件を超える場合、VOHも仕様書での値を超えます。表の検査条件よりも大きな吐き出し電流を流すことは保証されません。

注6: RESETピンはプログラミング動作での操作と移行時に高電圧を許容しなければならず、その結果として標準I/Oピンと比べて弱い駆動能力を持ちます。(12頁から始まる)表3-19.~22.をご覧ください。

注7: 完全なデータシートの25頁の「消費電力の最小化」で記述された方法を用いた外部クロックでの値です。電力削減が許可(PRR=\$FF)され、I/Oの駆動はありません。

注8: 低電圧検出器(BOD)禁止です。

## 2.2. クロック特性

### 2.2.1. 校正付き内蔵RC発振器精度

工場既定校正よりも高い精度に内蔵発振器を手動校正することが可能です。この発振器周波数が温度と電圧に依存することに注意してください。電圧と温度の特性は18頁の図3-36と図3-37.で得られます。

表2-2. 校正付き内蔵RC発振器の校正精度

校正種別	周波数	VCC	温度	校正精度 (注1)
工場校正	8.0MHz (注2)	3V	25°C	±10%
使用者校正	6~8MHz 内の固定周波数	1.8~5.5V(注3), 2.7~5.5V(注4) 内の固定電圧	-40~125°C 内の固定温度	±1%

注1: 校正点での発振器周波数精度(固定温度と固定電圧)

注2: ATtiny15互換動作での6.4MHz

注3: ATtiny25Vに対する電圧範囲

注4: ATtiny25に対する電圧範囲

## 2.3. システムとリセットの特性

### 2.3.1. 電源ONリセット

表2-3. 強化電源ONリセット特性 (TA=-40°C~125°C)

シンボル	項目	最小	代表	最大	単位
V <sub>POR</sub>	電源ONリセット開放閾値電圧 (注1)	1.1	1.4	1.7	V
V <sub>POA</sub>	電源ONリセット活性閾値電圧 (注2)	0.6	1.3	1.7	
SR <sub>ON</sub>	電源投入時上昇率	0.01			V/ms

注: 値は指針だけです。

注1: 電圧上昇時にデバイスがリセットから開放される閾値電圧です。

注2: 供給電圧がV<sub>POA</sub>未満でなければ電源ONリセットは動作しません(電圧下降時)。

## 2.4. 低電圧検出 (BOD)

表2-4. BODLEVEL<sub>1</sub>~<sub>0</sub>符号化 (V<sub>BOT</sub>, TA=-40~125°C) (注1)

BODLEVEL <sub>2</sub> ~ <sub>0</sub>	最小	代表	最大	単位
1 1 1	低電圧検出(BOD)リセット禁止			V
1 1 0	1.7	1.8	2.0	
1 0 1	2.5	2.7	2.9	
1 0 0	4.1	4.3	4.5	
0 0 0 ~ 0 1 1	(予約)			

注1: いくつかのデバイスでV<sub>BOT</sub>が公称最低動作電圧以下の可能性があります。この状態のデバイスについては、製造検査中、VCC=V<sub>BOT</sub>に落として検査されています。これはマイクロコントローラの正しい動作がもはや保証されない電圧になる前に、低電圧検出(BOD)リセットが起きることを保証します。

## 2.5. 低電圧直列プログラミング特性

表2-5. 低電圧直列プログラミング特性 (特記条件を除いて、TA=-40°C~125°C, VCC=1.8~5.5V)

シンボル	項目	最小	代表	最大	単位
1/t <sub>CLCL</sub>	発振器周波数	1.8~2.7V	0	4	MHz
		2.7~4.5V	0	10	
		4.5~5.5V	0	20	
t <sub>CLCL</sub>	発振器周期	1.8~2.7V	250		ns
		2.7~4.5V	100		
		4.5~5.5V	50		
t <sub>SHSL</sub>	SCKパルスHレベル幅 (注1)	2t <sub>CLCL</sub>			ns
t <sub>SLSH</sub>	SCKパルスLレベル幅 (注1)	2t <sub>CLCL</sub>			
t <sub>OVSH</sub>	SCK↑に対するMOSI準備時間	t <sub>CLCL</sub>			
t <sub>SHOX</sub>	SCK↑に対するMOSI保持時間	2t <sub>CLCL</sub>			
t <sub>SLIV</sub>	SCK↓に対するMISO出力遅延時間			100	

注1:  $f_{CK} < 12\text{MHz}$ 時2t<sub>CLCL</sub>、 $f_{CK} \geq 12\text{MHz}$ 時3t<sub>CLCL</sub>。

## 2.6. A/D変換器特性

表2-6. A/D変換特性 (TA=-40°C~125°C)

シンボル	項目	条件	最小	代表	最大	単位	
シングル エンド 入力 変換	分解能				10	ビット	
	絶対精度 (INL,DNL,利得, 変位(オフセット), 量子化誤差を含む)	VCC=4V	変換クロック=200kHz		2		LSB
		VREF=4V	変換クロック=1MHz		3		
		雑音低 減動作	変換クロック=200kHz		1.5		
			変換クロック=1MHz		2.5		
	積分性非直線誤差(INL) (変位,利得誤差校正後)	VCC=4V			1		LSB
	微分性非直線誤差(DNL)	VREF=4V			0.5		
	利得誤差	変換クロック=200kHz			2.5		
	変位(オフセット)(ゼロ)誤差				1.5		
	変換クロック周波数			50		1000	kHz
	変換時間	連続変換動作		14		280	μs
	AREF	外部基準電圧		2.0		VCC	V
VIN	入力電圧		GND		VREF	V	
	入力周波数帯域			38.4		kHz	
単極 差動 入力 変換	分解能		×1		10	ビット	
			×20		10		
	絶対精度 (INL,DNL,利得, 変位(オフセット), 量子化誤差を含む)		×1		10.0		LSB
			×20		20.0		
	積分性非直線誤差(INL) (変位,利得誤差校正後)	VCC=5V	×1		4.0		
		VREF=4V	×20		10.0		
	利得誤差	変換クロック=50~200kHz	×1		10.0		
			×20		15.0		
	変位(オフセット)(ゼロ)誤差		×1		3.0		
			×20		4.0		
	変換クロック周波数			50		200	kHz
	変換時間	連続変換動作		70		280	μs
AREF	外部基準電圧		2.0		VCC-1.0	V	
VIN	入力電圧		GND		VCC	V	
VDIFF	差動入力電圧差				VREF/利得	V	
	入力周波数帯域			4		kHz	

次頁に続く

(訳注) 原書の表2-6~8は表2-6として統合しました。

表2-6 (続き). A/D変換特性 (TA=-40°C~125°C)

シンボル	項目	条件	最小	代表	最大	単位	
両極差動入力変換	分解能		×1		10	ビット	
			×20		10		
		絶対精度 (INL,DNL,利得,変位(オフセット),量子化誤差を含む)	VCC=5V VREF=4V 変換クロック=50~200kHz	×1	8.0		LSB
				×20	8.0		
		積分性非直線誤差(INL)(変位,利得誤差校正後)	VCC=5V VREF=4V 変換クロック=50~200kHz	×1	4.0		
				×20	5.0		
		利得誤差	VCC=5V VREF=4V 変換クロック=50~200kHz	×1	4.0		
				×20	5.0		
		変位(オフセット)(ゼロ)誤差	VCC=5V VREF=4V 変換クロック=50~200kHz	×1	3.0		
				×20	4.0		
	変換クロック周波数		50		200	kHz	
	変換時間	連続変換動作	70		280	μs	
AREF	外部基準電圧		2.0		VCC-1.0	V	
VIN	入力電圧		GND		VCC		
VDIFF	差動入力電圧差				VREF/利得		
	入力周波数帯域			4		kHz	
共通	A/D変換出力	単極動作	0		1023	LSB	
		両極動作	-512		511		
	VINT	内部基準電圧		1.0	1.1	1.2	V
		内部2.56V基準電圧 (注)	VCC>3V	2.3	2.56	2.8	
	RREF	基準電圧入力インピーダンス			32		kΩ
RAIN	アナログ入力インピーダンス			100		MΩ	

注: 値は指針の意味だけです。

(訳注) 原書の表2-6~8は表2-6として統合しました。

### 3. 代表特性

本章内に含まれたデータは主に同じ製法と設計法の類似デバイスの特徴付けとシミュレーションに基づいています。従って、このデータはデバイスがどう反応するかについての指標として扱われるべきです。

以下の図は代表的な特性を示します。これらの図は製造中に検査されていません。全ての消費電流測定は全I/Oピンを入力として設定した内部プルアップ許可で行われています。電源幅振幅の方形波発振器がクロック源として使われています。

パワーダウン動作での消費電力はクロック選択と無関係です。

消費電流は動作電圧、動作周波数、I/Oピンの負荷、I/Oピンの切り替え速度、命令実行、周囲温度のような様々な要素の関数です。支配的な要素は動作電圧と動作周波数です。

容量性負荷のピンの引き込み電流は(1つのピンに対して)  $CL(\text{負荷容量}) \times VCC(\text{動作電圧}) \times f(\text{I/Oピンの平均切り替え周波数})$  として推測できます。

デバイスは検査範囲よりも高い周波数特性を示します。デバイスは注文番号が示す周波数よりも高い周波数での機能特性を保証されません。

ウォッチドッグ タイマ許可のパワーダウン動作での消費電流とウォッチドッグ タイマ禁止のパワーダウン動作での消費電流間の違いは、ウォッチドッグ タイマによって引き込んだ(消費した)差電流を表します。

#### 3.1. 活動動作消費電流

図3-1. 活動動作消費電流 対 動作電圧 (内蔵RC発振器,8MHz)

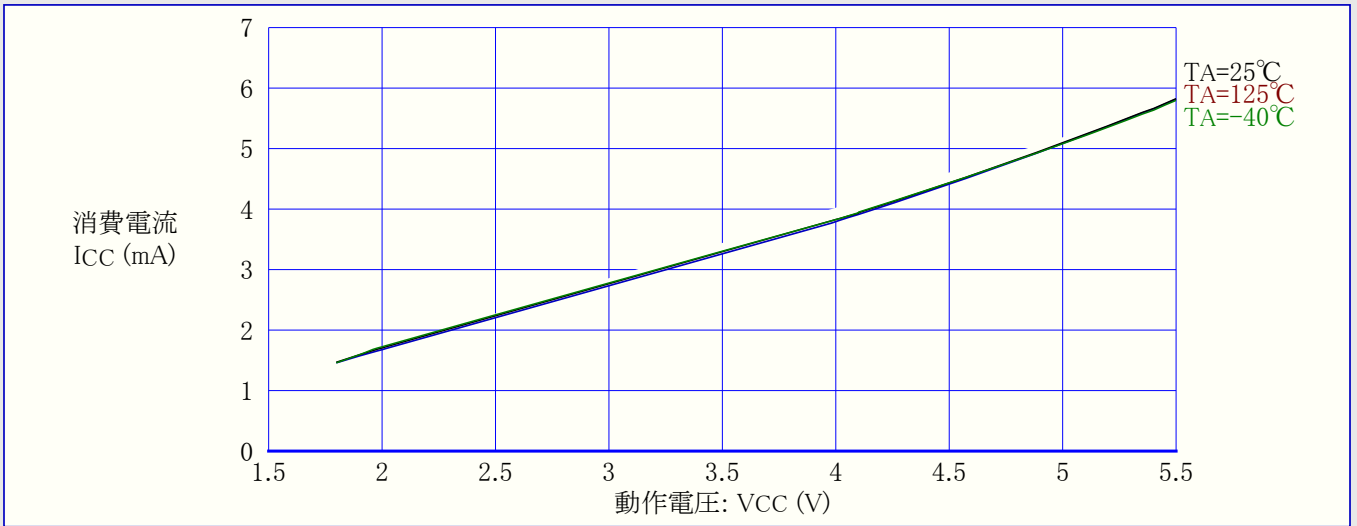


図3-2. 活動動作消費電流 対 動作電圧 (内蔵RC発振器,CKDIV8=プログラム(0),1MHz)

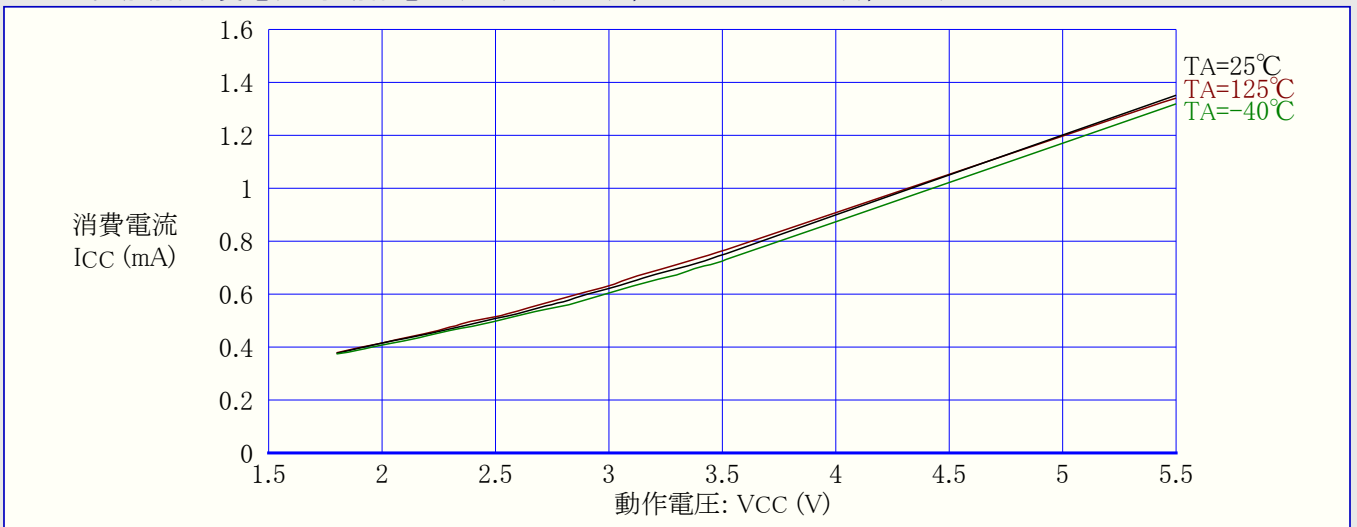
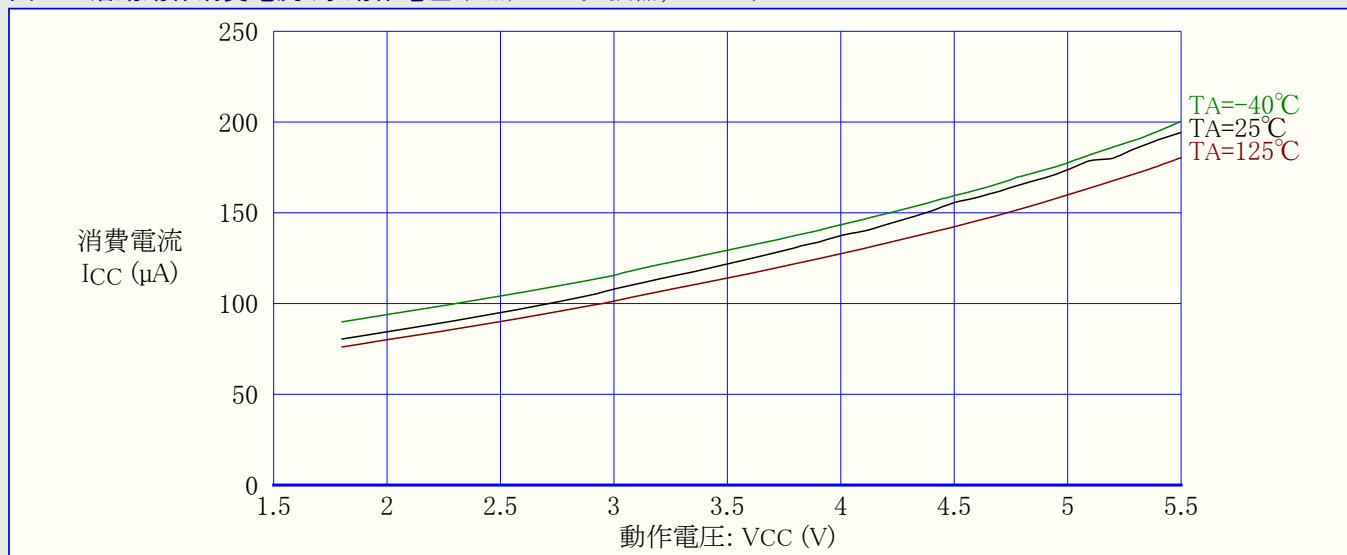


図3-3. 活動動作消費電流 対 動作電圧 (内蔵WDT発振器,128kHz)



## 3.2. アイドル動作消費電流

図3-4. アイドル動作消費電流 対 動作電圧 (内蔵RC発振器,8MHz)

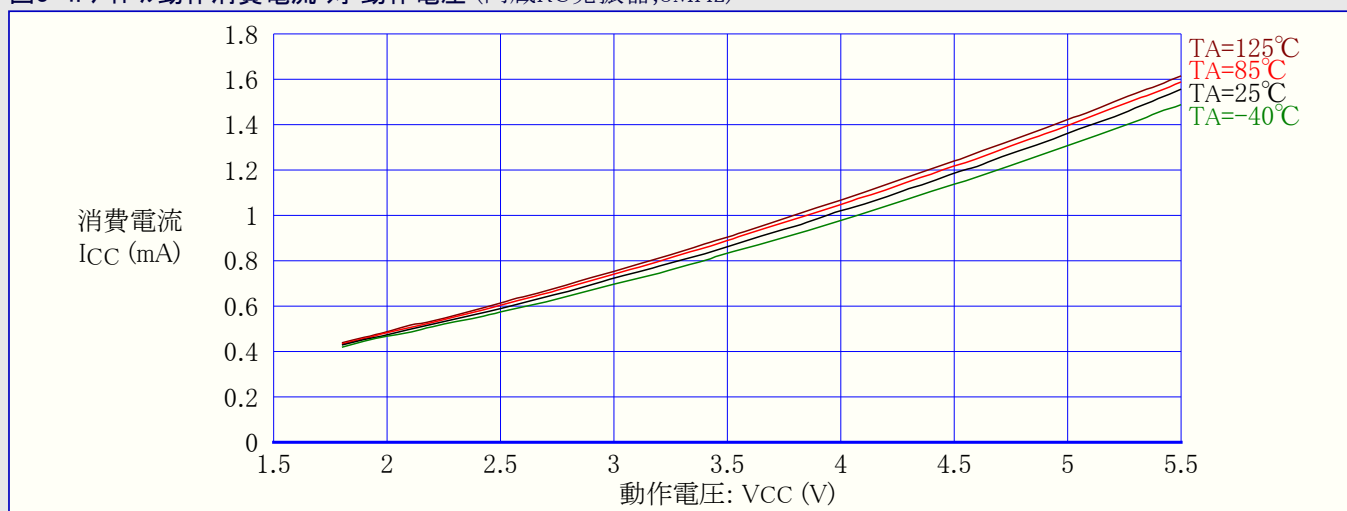


図3-5. アイドル動作消費電流 対 動作電圧 (内蔵RC発振器,CKDIV8=プログラム(0),1MHz)

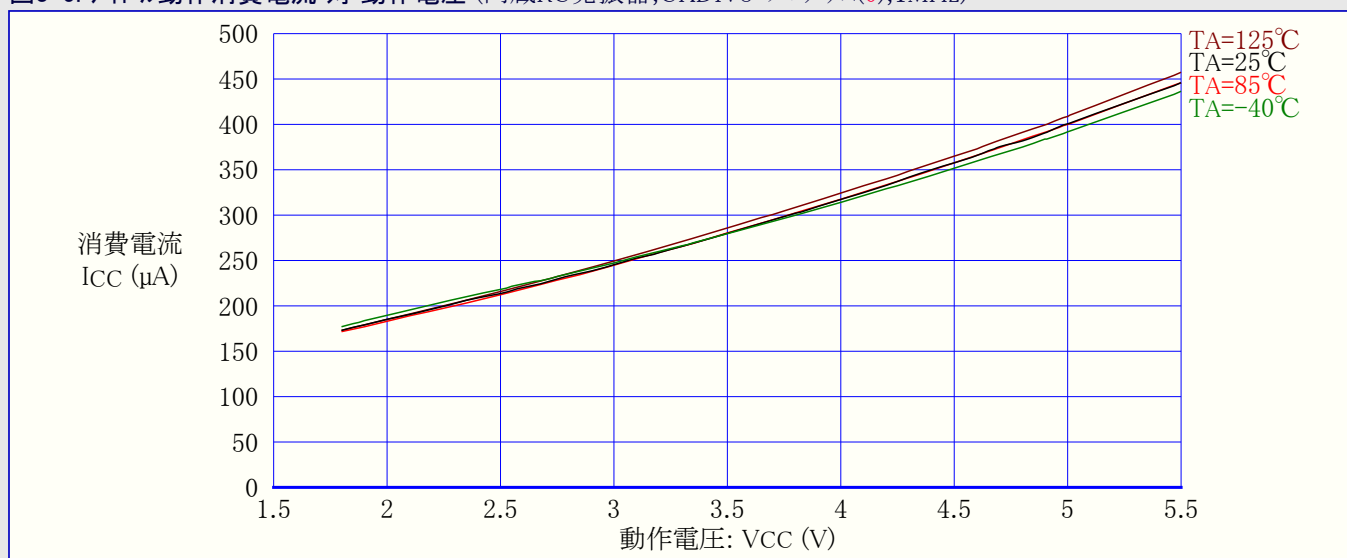
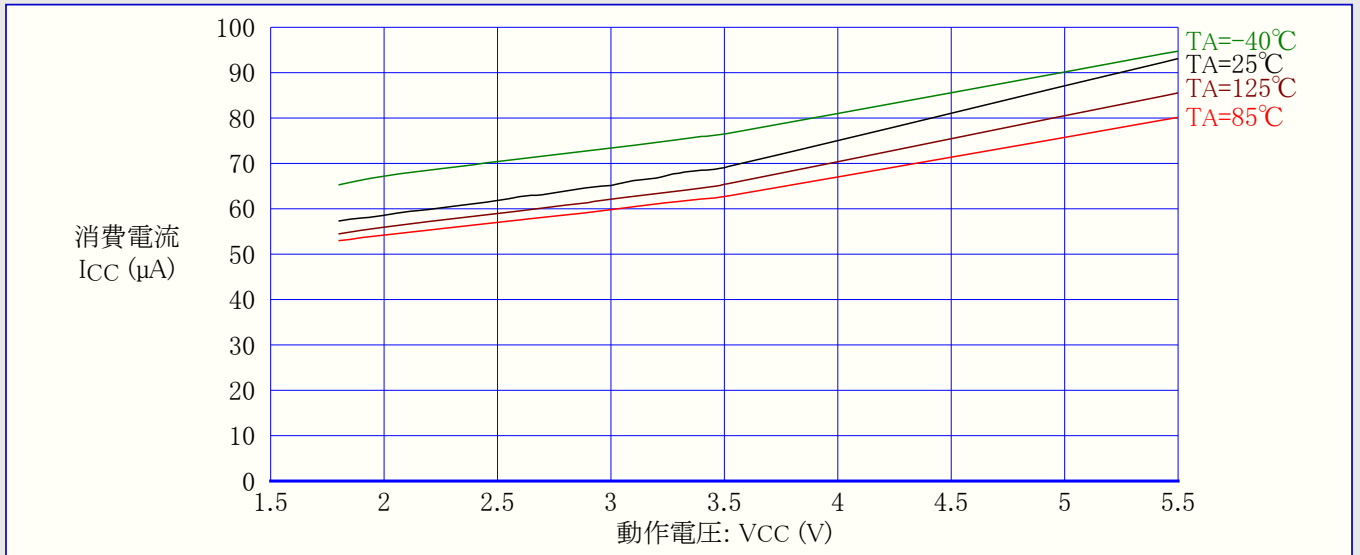


図3-6. アイドル動作消費電流 対 動作電圧 (内蔵WDT発振器,128kHz)



### 3.3. パワーダウン動作消費電流

図3-7. パワーダウン動作消費電流 対 動作電圧 (ウォッチドッグ タイマ禁止)

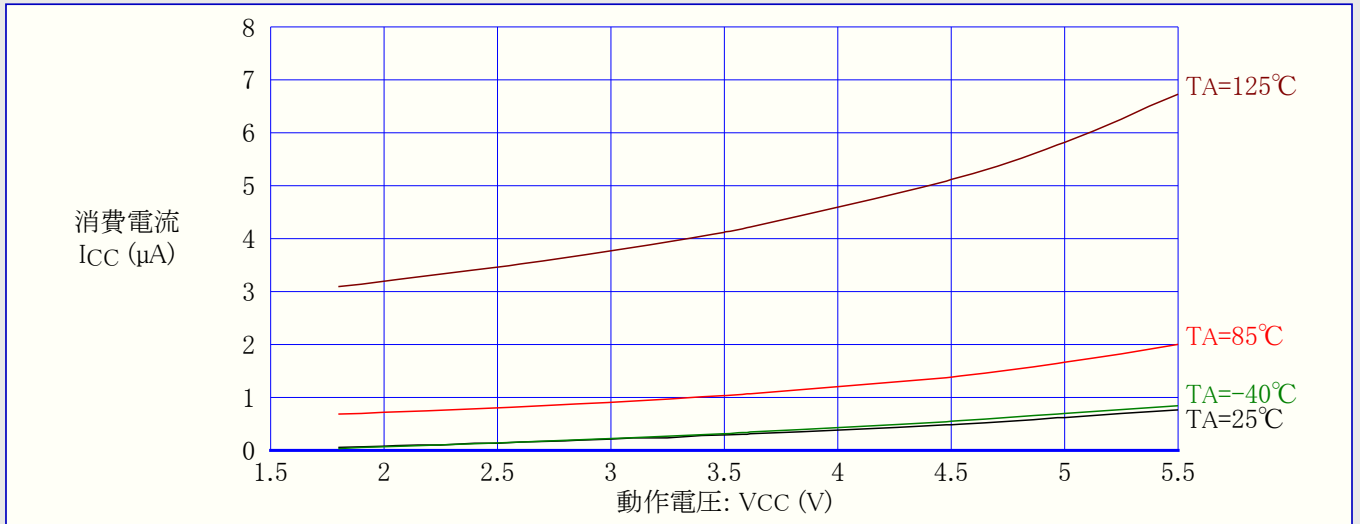
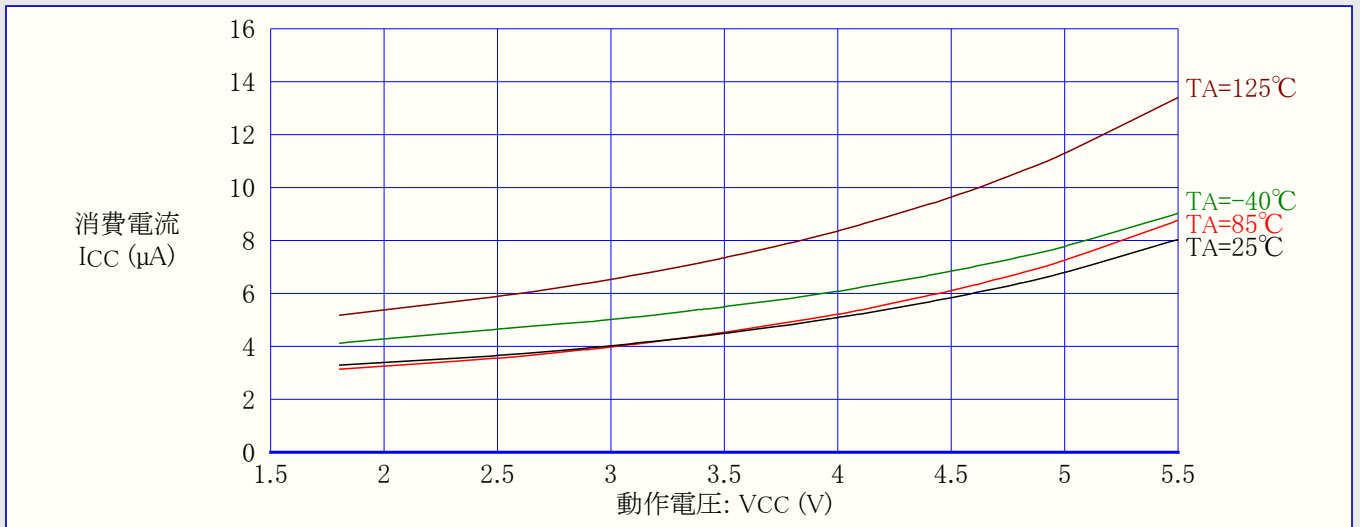


図3-8. パワーダウン動作消費電流 対 動作電圧 (ウォッチドッグ タイマ許可)



3.4. ピンプルアップ°

図3-9. I/Oピンプルアップ抵抗電流 対 入力電圧 (VCC=1.8V)

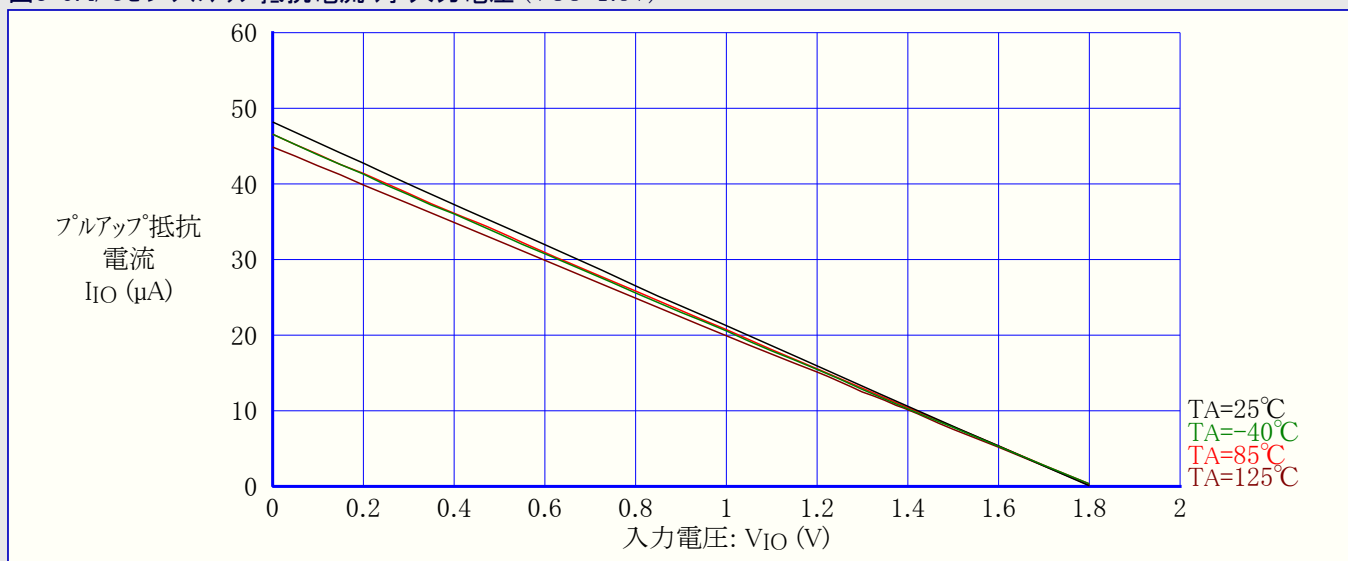


図3-10. I/Oピンプルアップ抵抗電流 対 入力電圧 (VCC=2.7V)

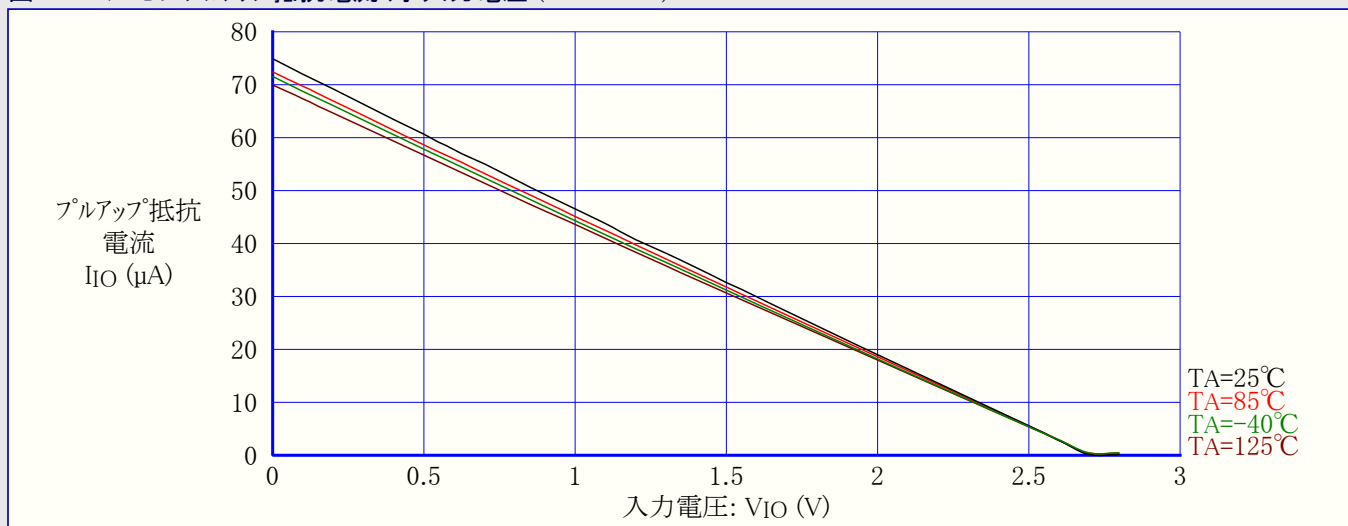


図3-11. I/Oピンプルアップ抵抗電流 対 入力電圧 (VCC=5V)

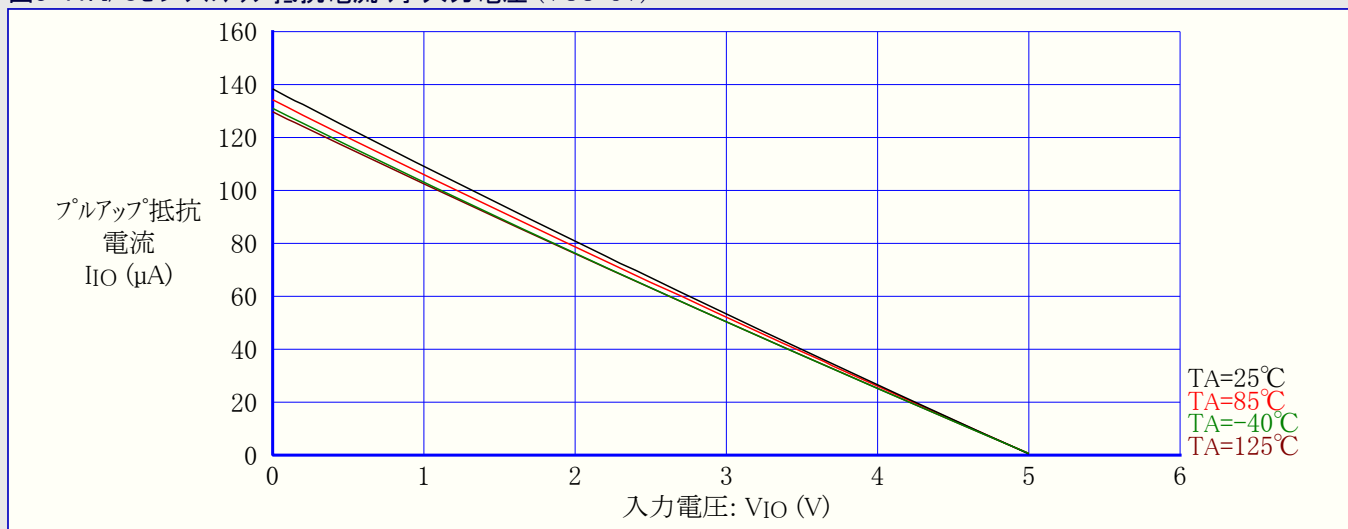


図3-12. RESETプルアップ抵抗電流 対 入力電圧 (VCC=1.8V)

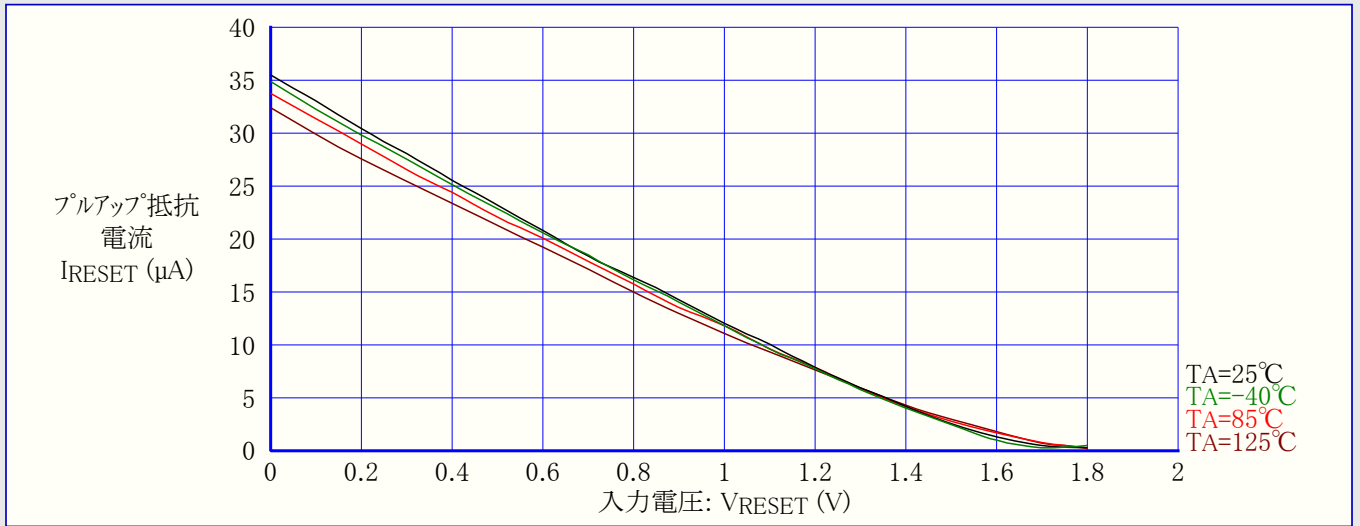


図3-13. RESETプルアップ抵抗電流 対 入力電圧 (VCC=2.7V)

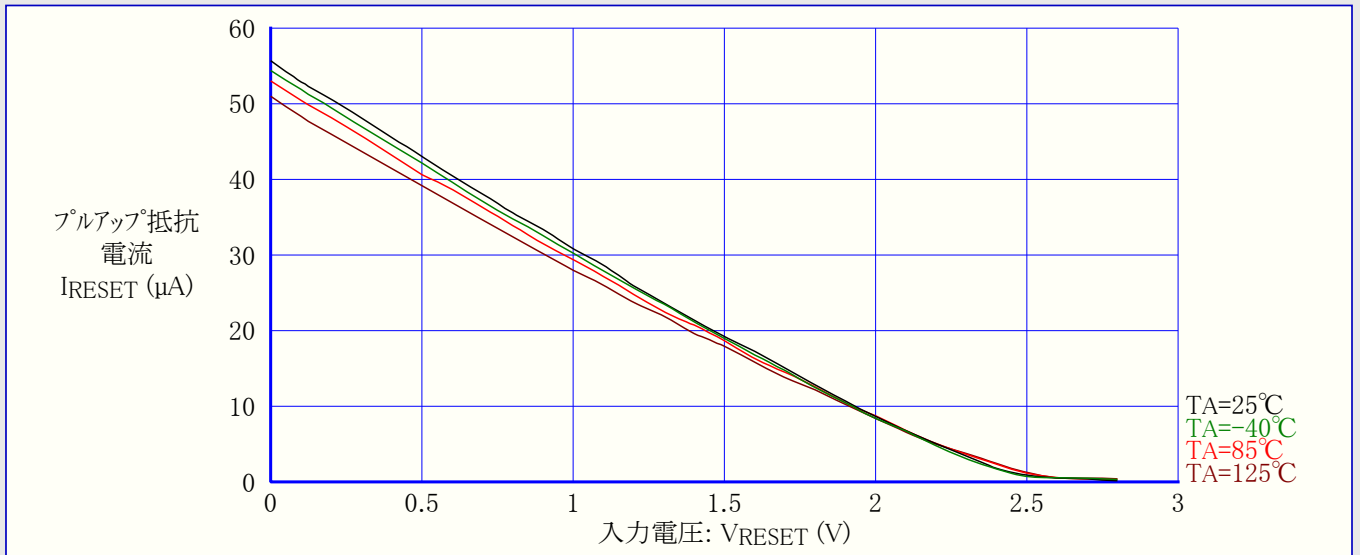
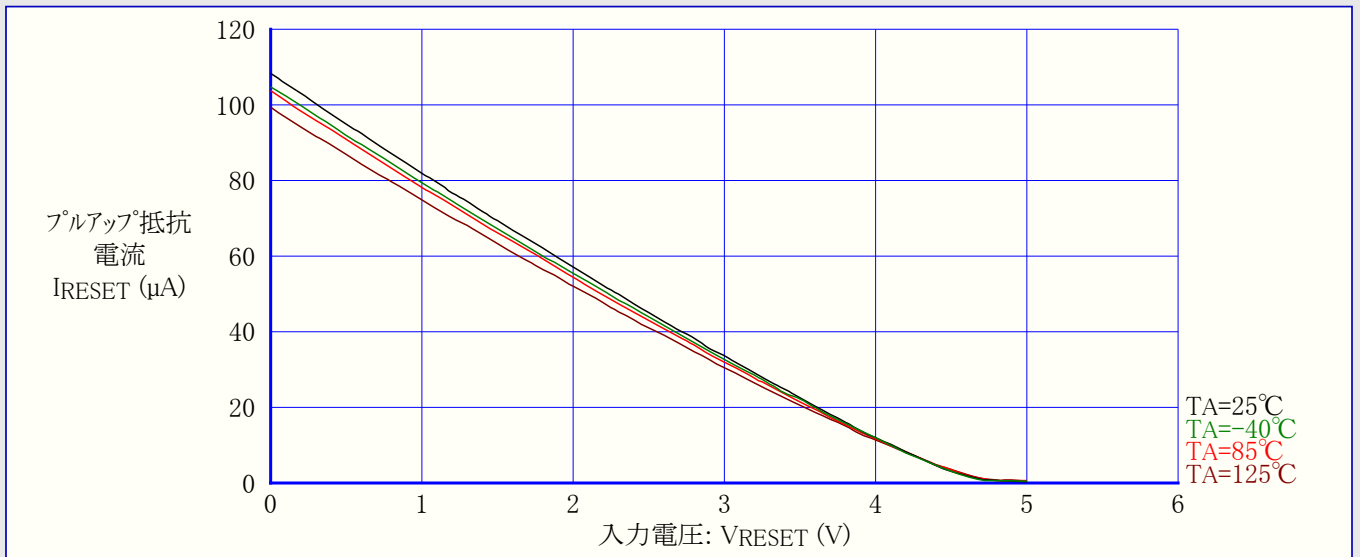


図3-14. RESETプルアップ抵抗電流 対 入力電圧 (VCC=5V)



## 3.5. ピン駆動能力

図3-15. I/Oピン出力電圧 対 吸い込み電流 (VCC=3V)

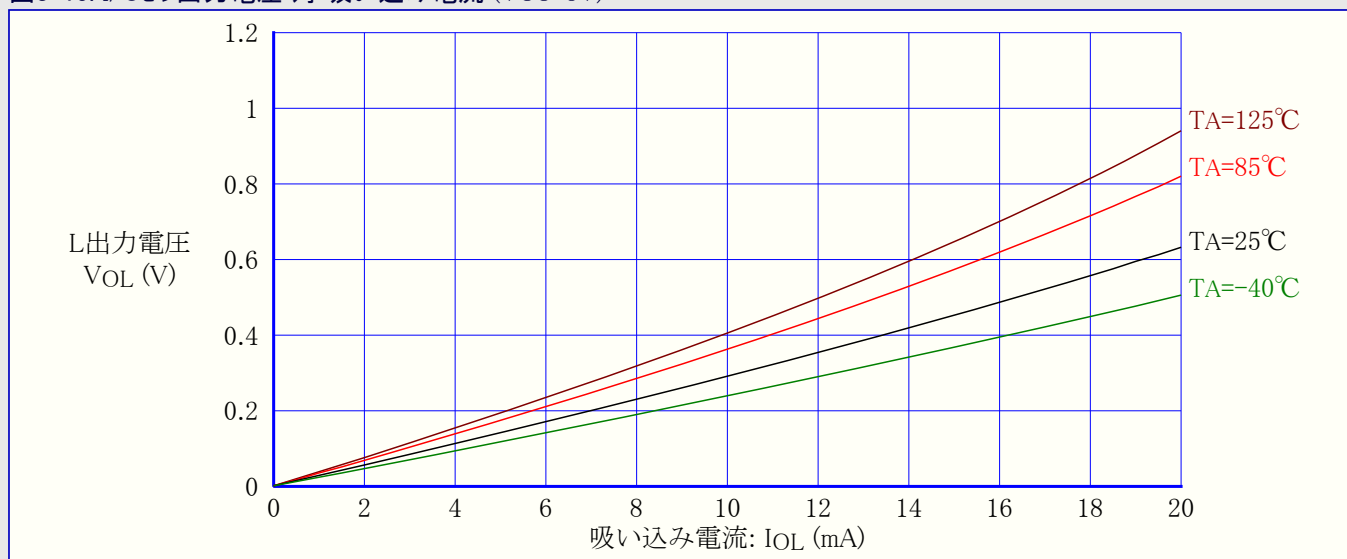


図3-16. I/Oピン出力電圧 対 吸い込み電流 (VCC=5V)

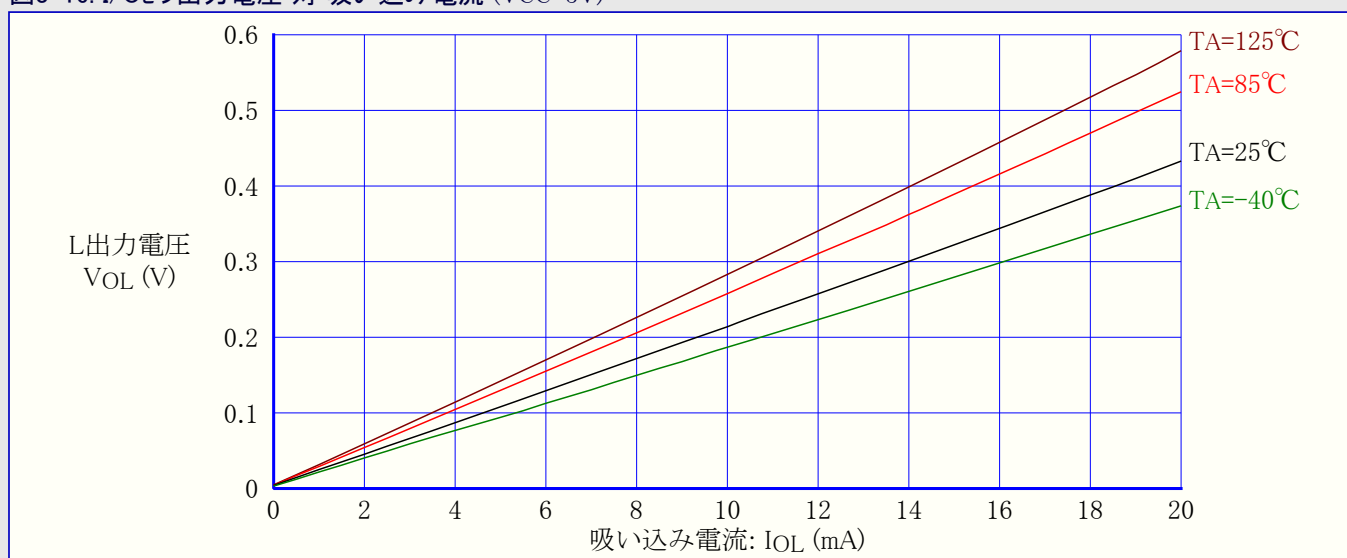


図3-17. I/Oピン出力電圧 対 吐き出し電流 (VCC=3V)

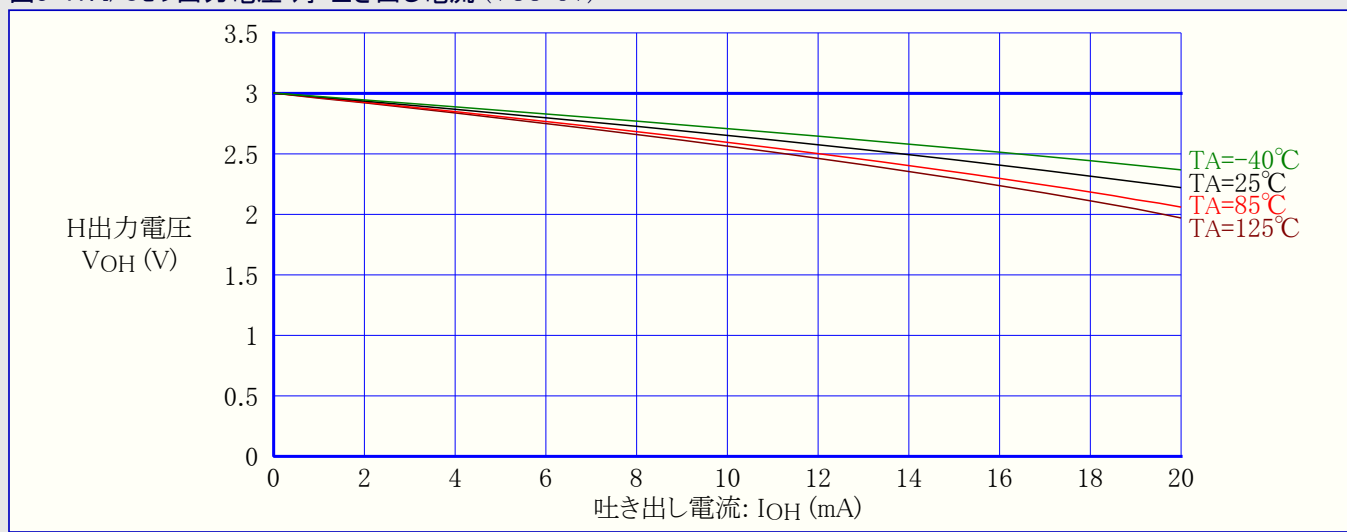


図3-18. I/Oピン出力電圧 対 吐き出し電流 (VCC=5V)

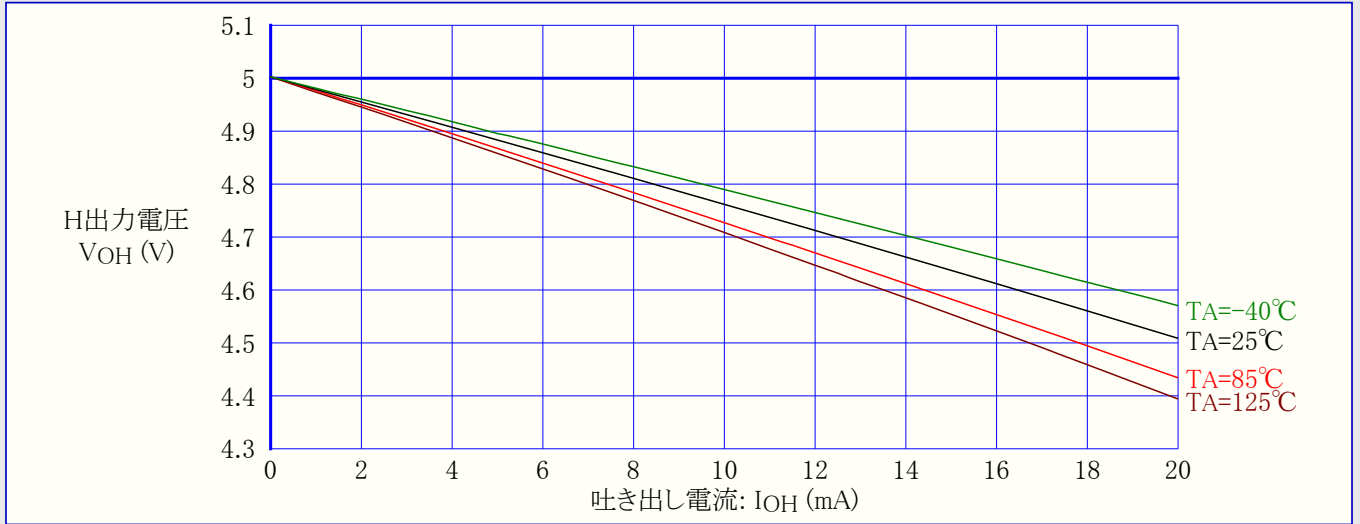


図3-19. RESETピン出力電圧 対 吸い込み電流 (VCC=3V)

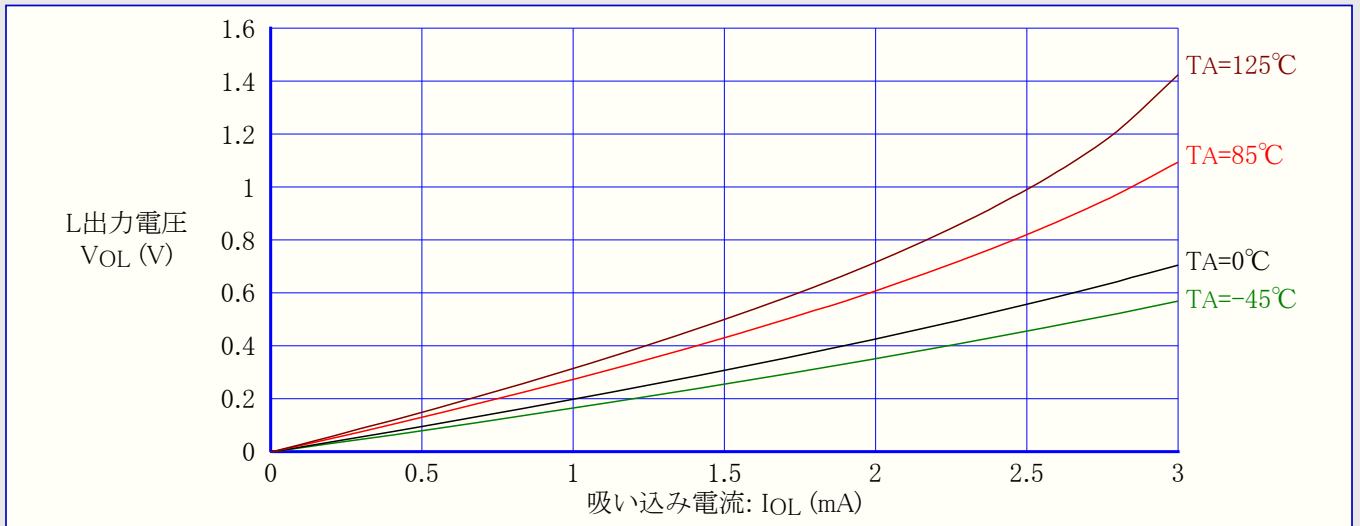


図3-20. RESETピン出力電圧 対 吸い込み電流 (VCC=5V)

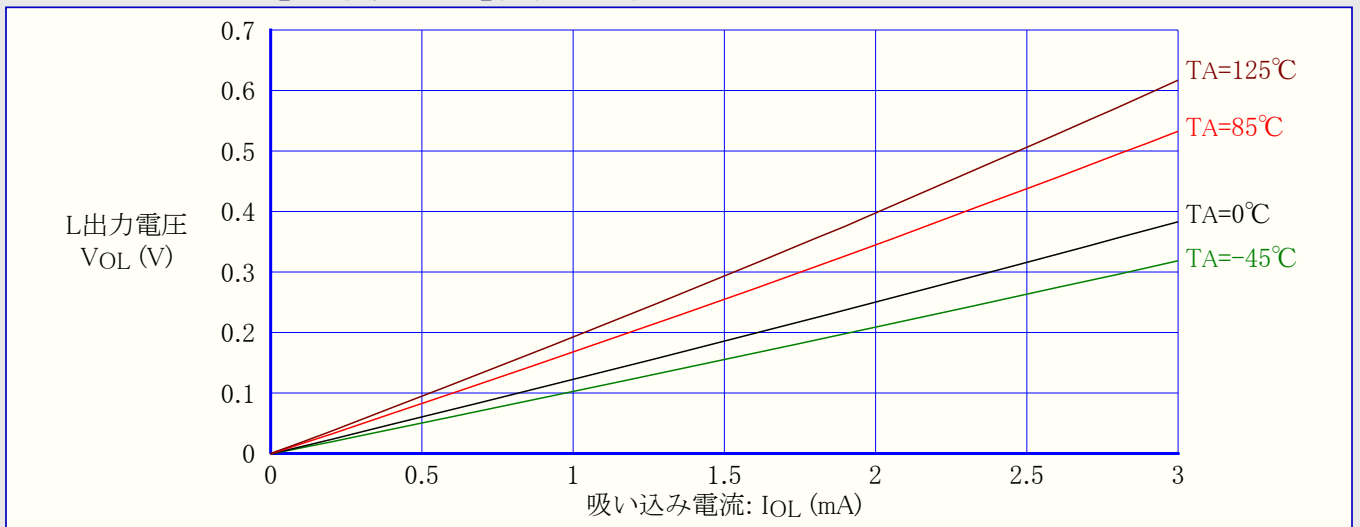


図3-21. RESETピン出力電圧 対 吐き出し電流 (VCC=3V)

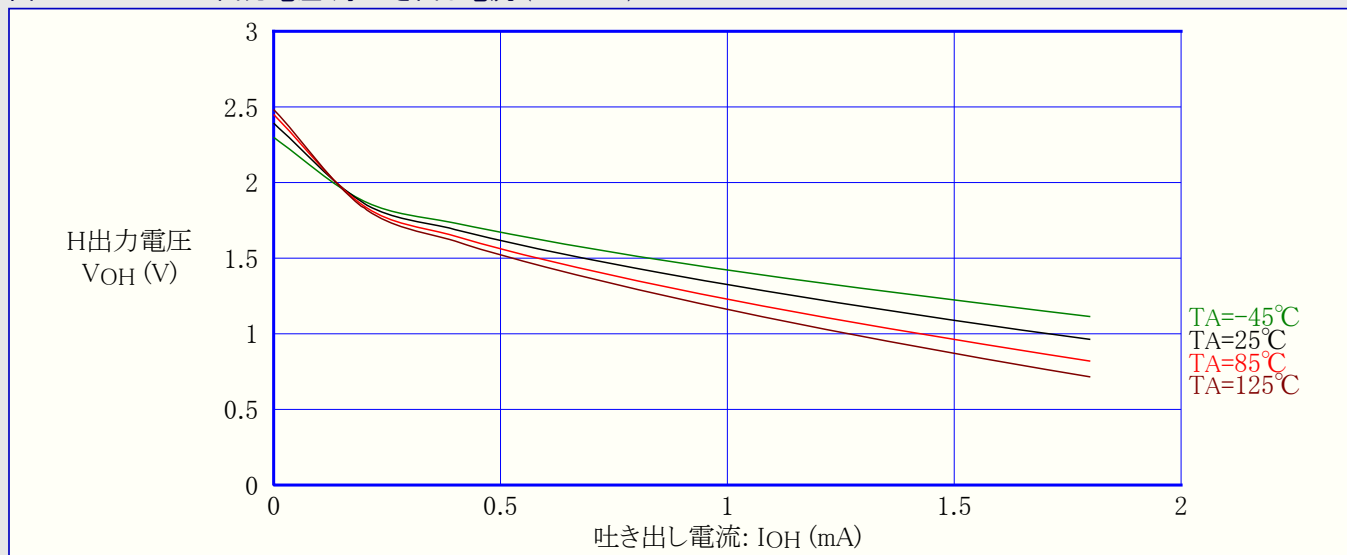
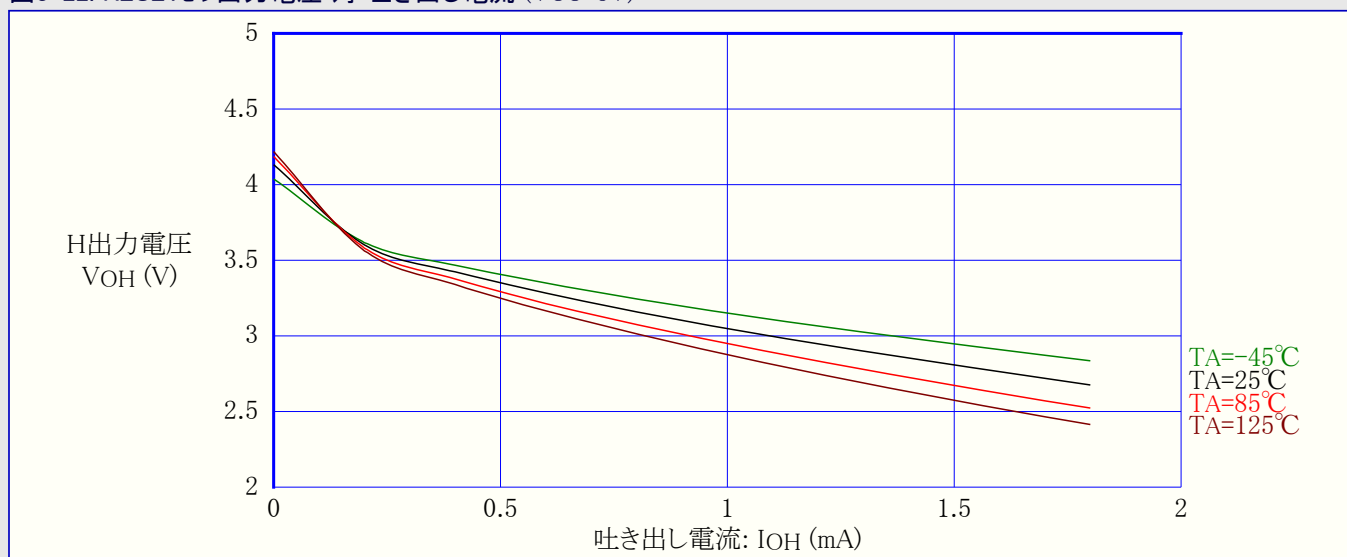


図3-22. RESETピン出力電圧 対 吐き出し電流 (VCC=5V)



### 3.6. ピン 閾値とヒステリシス

図3-23. I/Oピン入力閾値(スレッショルド)電圧 対 動作電圧 ( $V_{IH,1}$ 読み値)

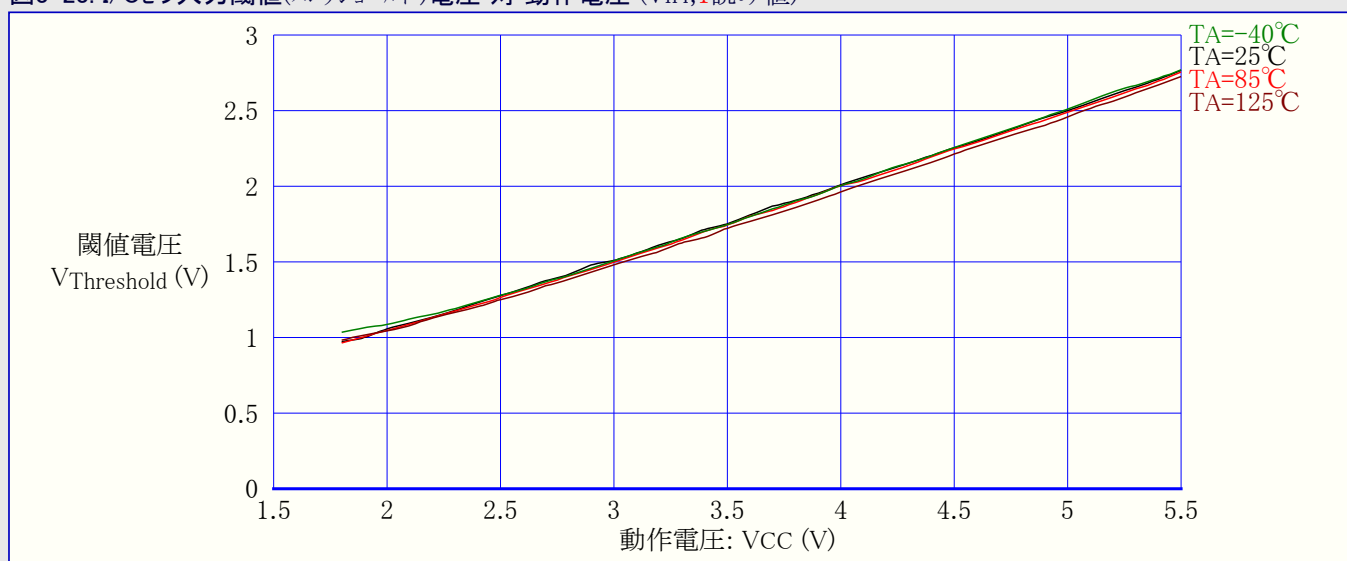


図3-24. I/Oピン入力閾値(スレッシュホールド)電圧 対 動作電圧 (VIL,0読み値)

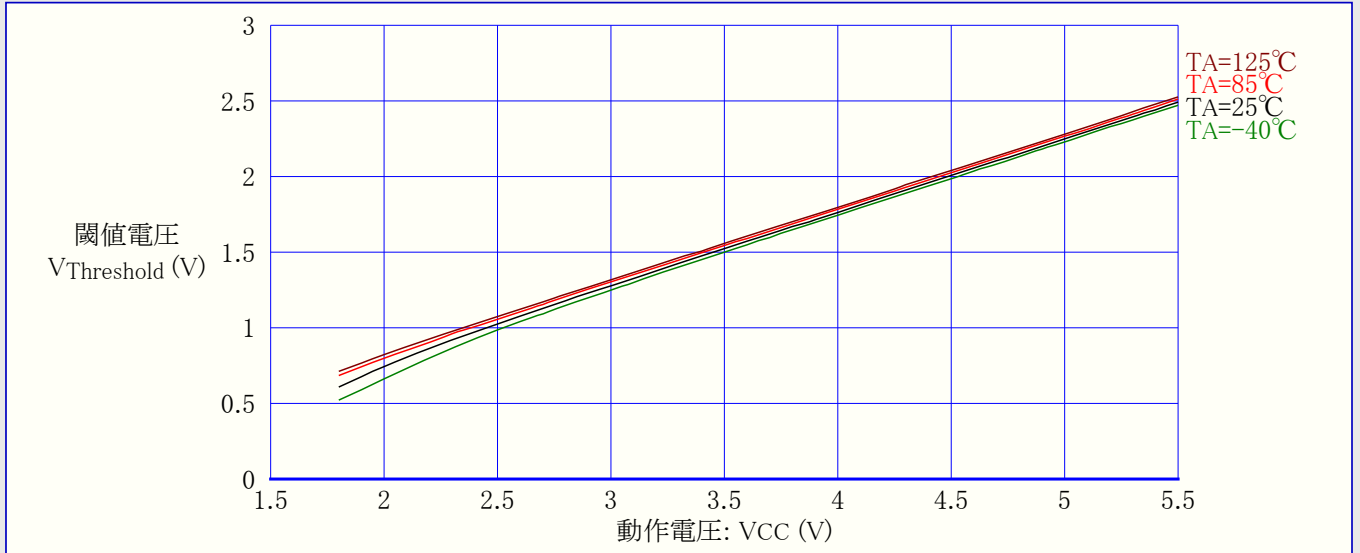


図3-25. I/Oピン入力ヒステリシス電圧 対 動作電圧

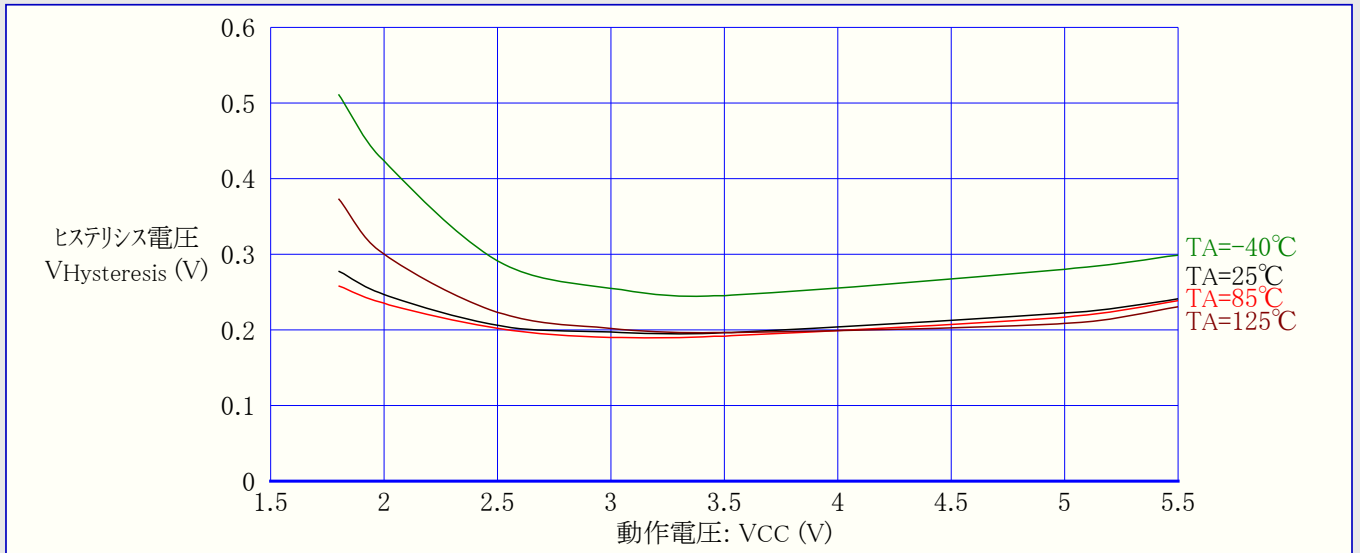


図3-26. RESET入力閾値(スレッシュホールド)電圧 対 動作電圧 (VIH,1読み値)

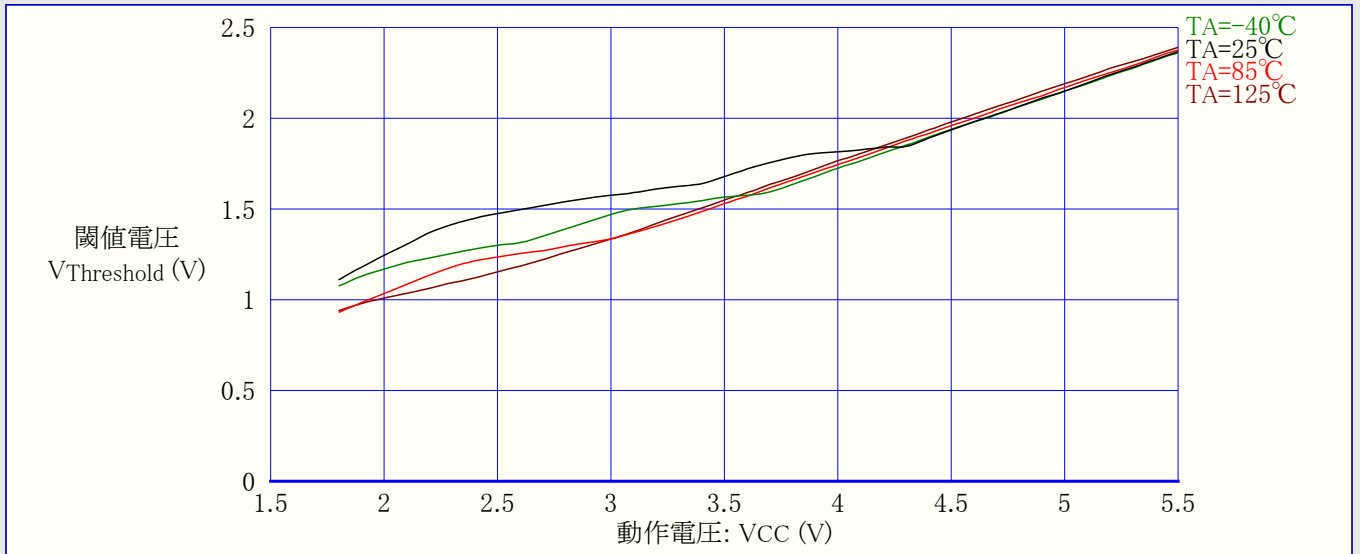


図3-27. RESET入力閾値(スレッショルド)電圧 対 動作電圧 (VIL,0読み値)

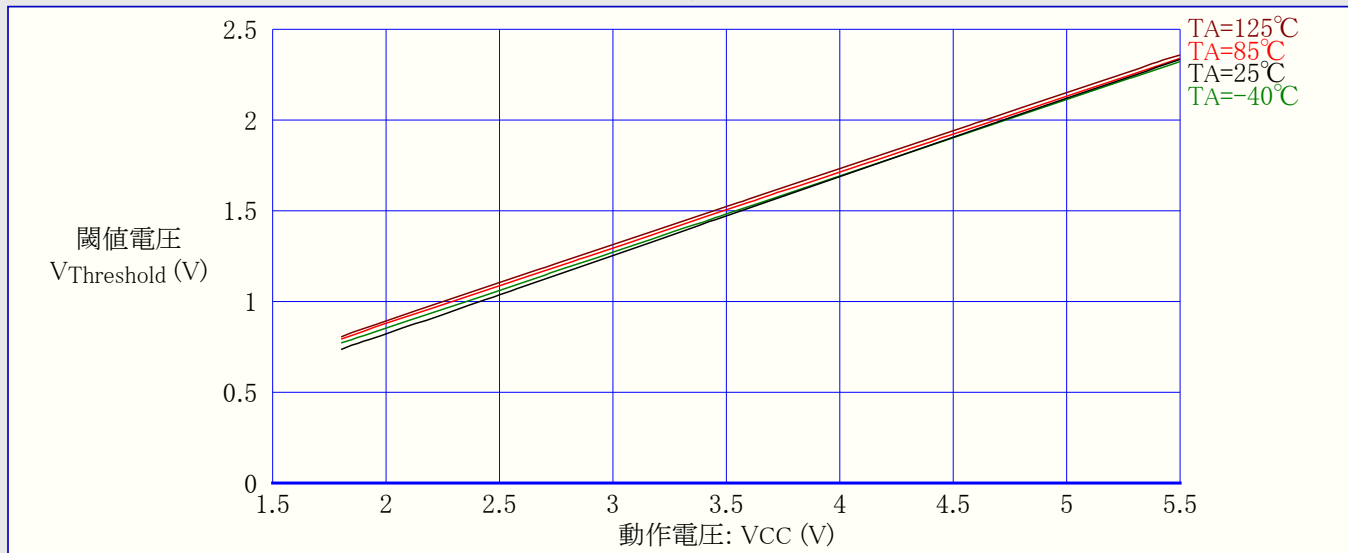
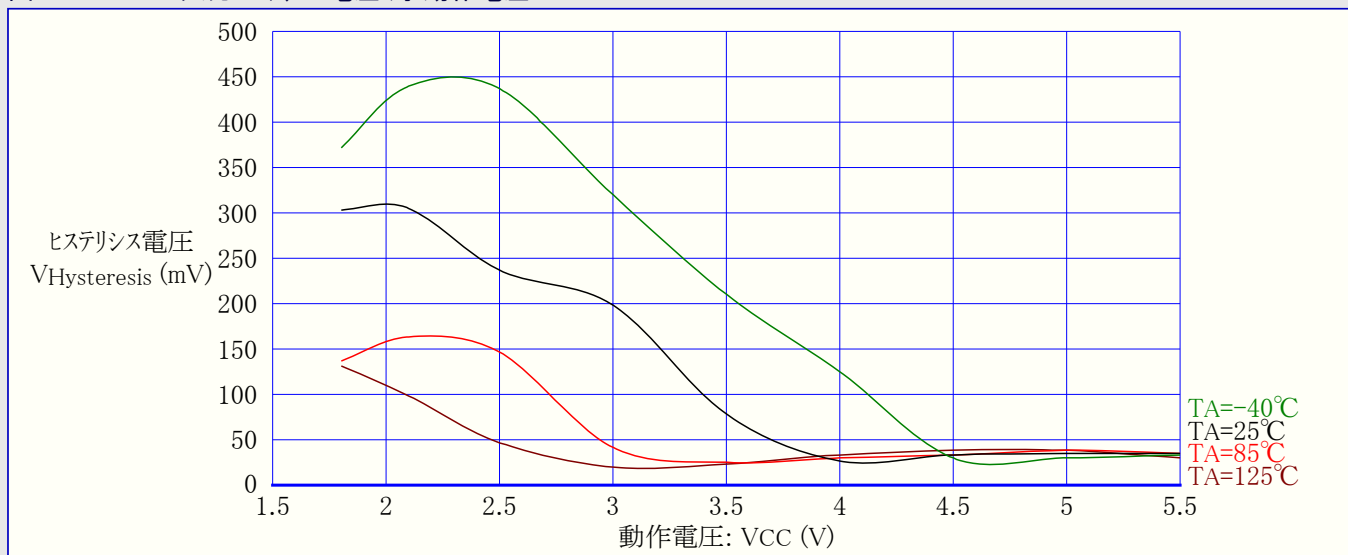


図3-28. RESET入力ヒステリシス電圧 対 動作電圧



### 3.7. 低電圧検出器(BOD)閾値

図3-29. 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4.3V)

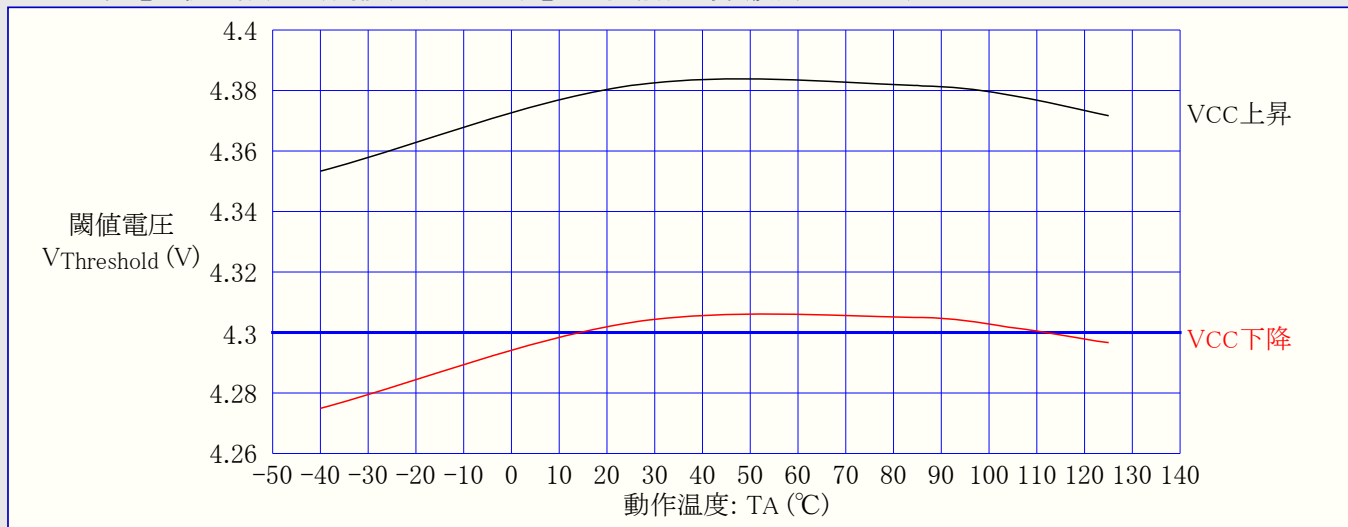


図3-30. 低電圧検出器(BOD)閾値(スレッシュホールド)電圧 対 動作温度 (検出電圧2.7V)

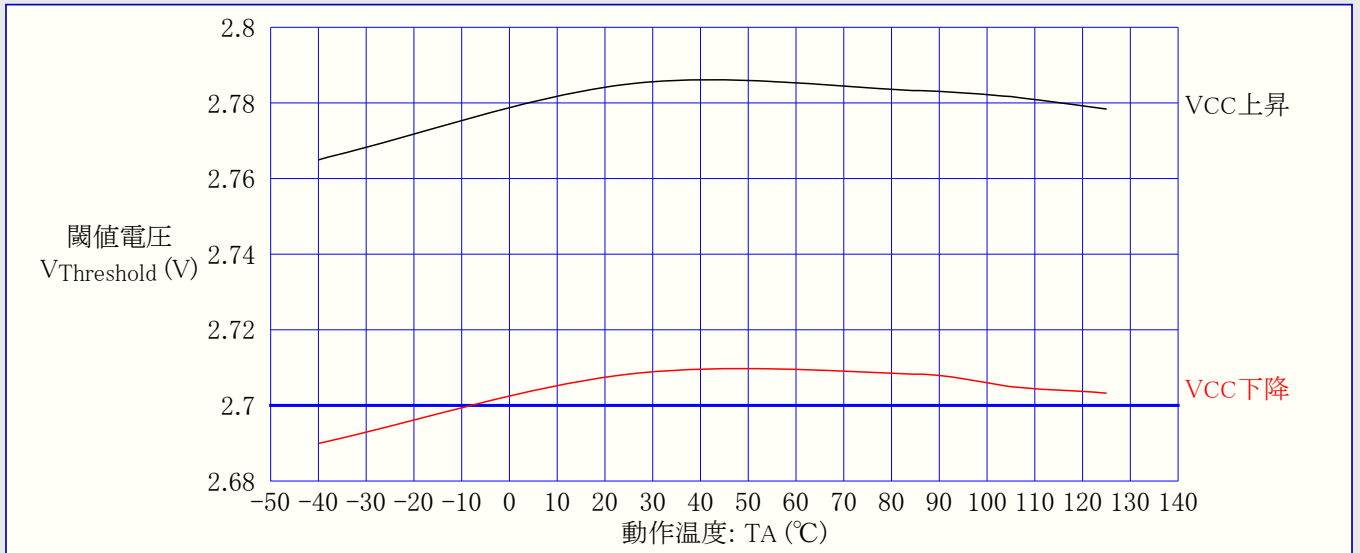


図3-31. 低電圧検出器(BOD)閾値(スレッシュホールド)電圧 対 動作温度 (検出電圧1.8V)

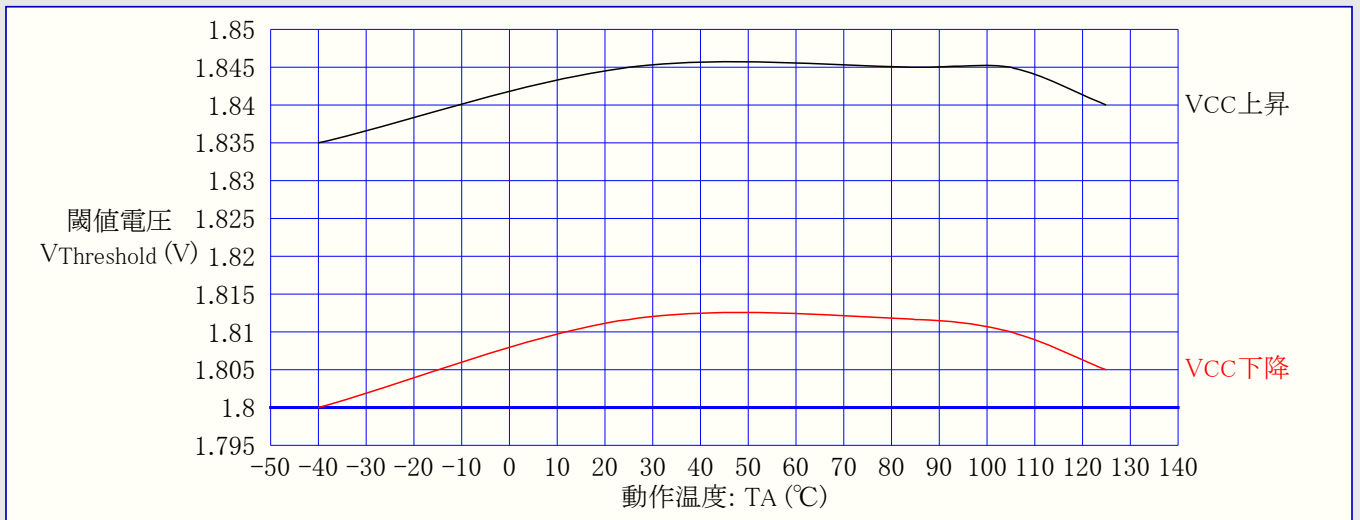


図3-32. 内部バンドギャップ電圧 対 動作電圧

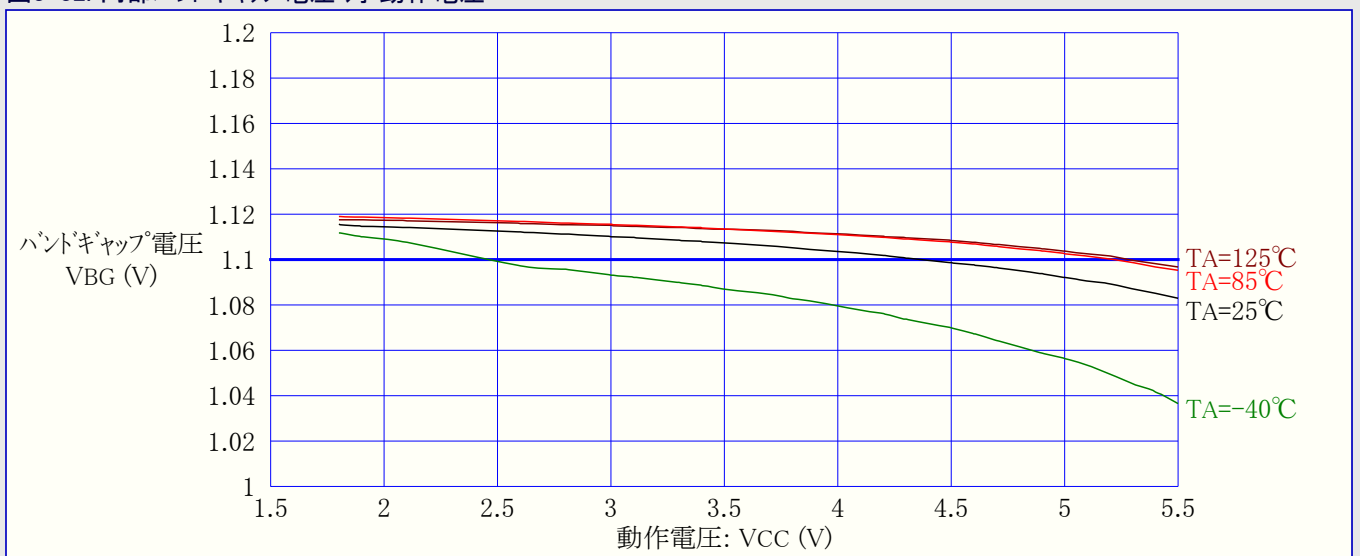
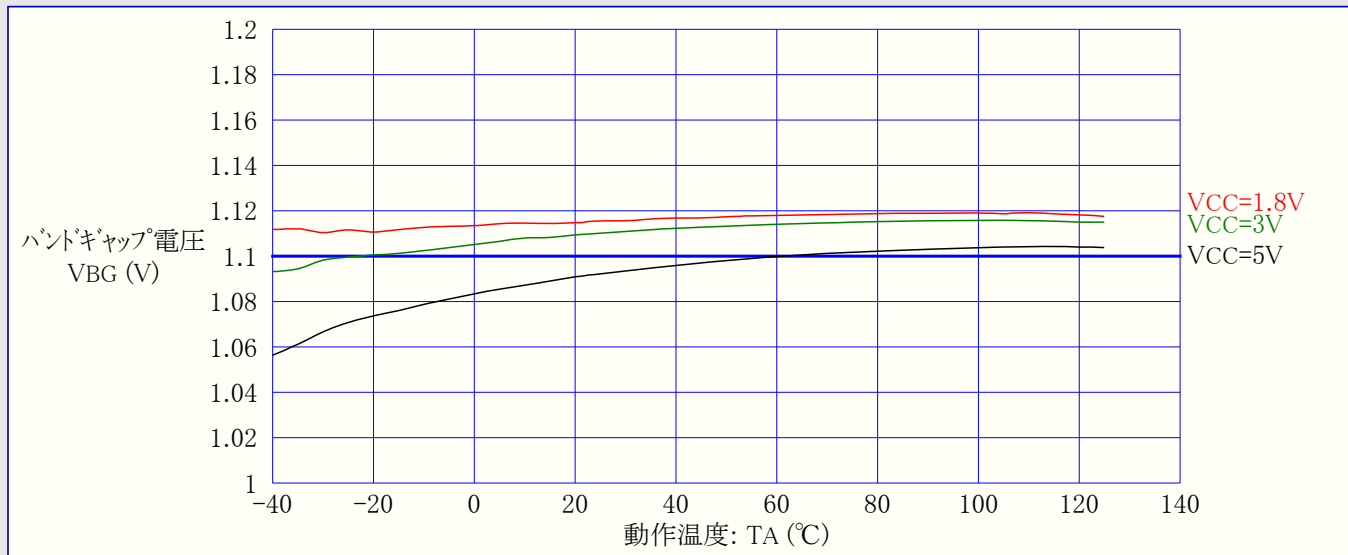


図3-33. 内部バンドギャップ電圧 対 動作温度



### 3.8. 内部発振器周波数

図3-34. ウォッチドッグ発振器周波数 対 動作電圧

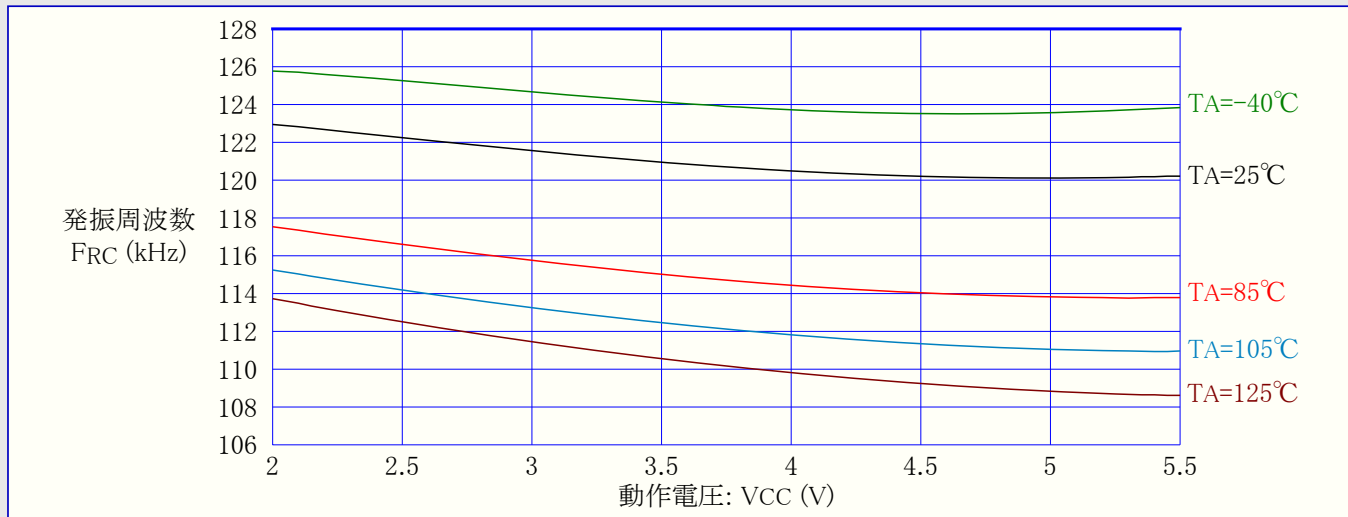


図3-35. ウォッチドッグ発振器周波数 対 動作温度

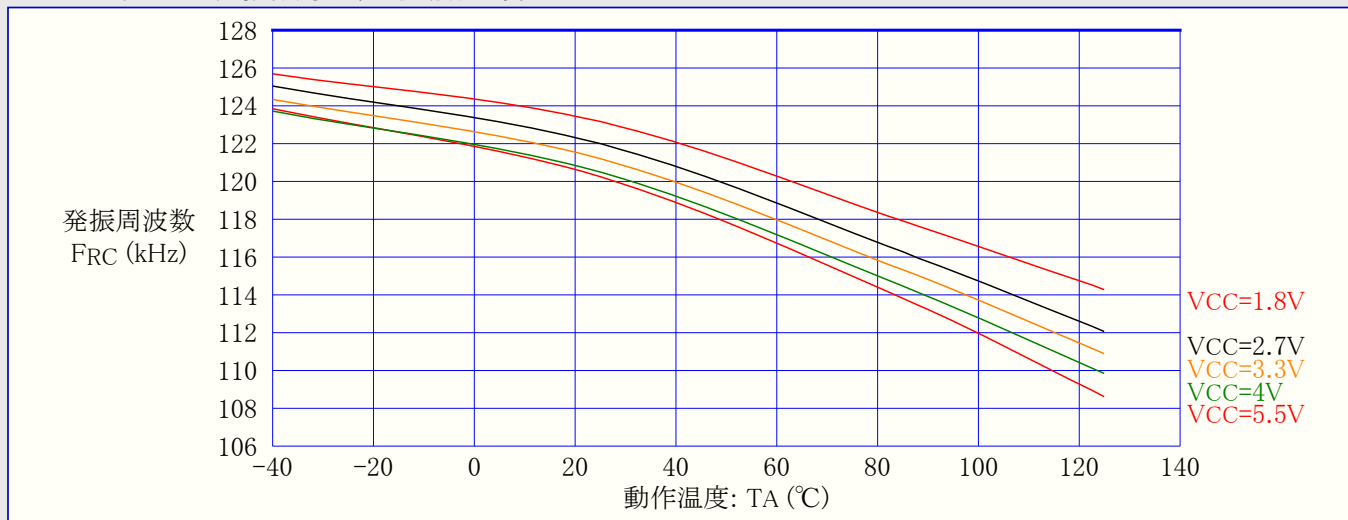


図3-36. 校正済み8MHz内蔵RC発振器周波数 対 動作電圧

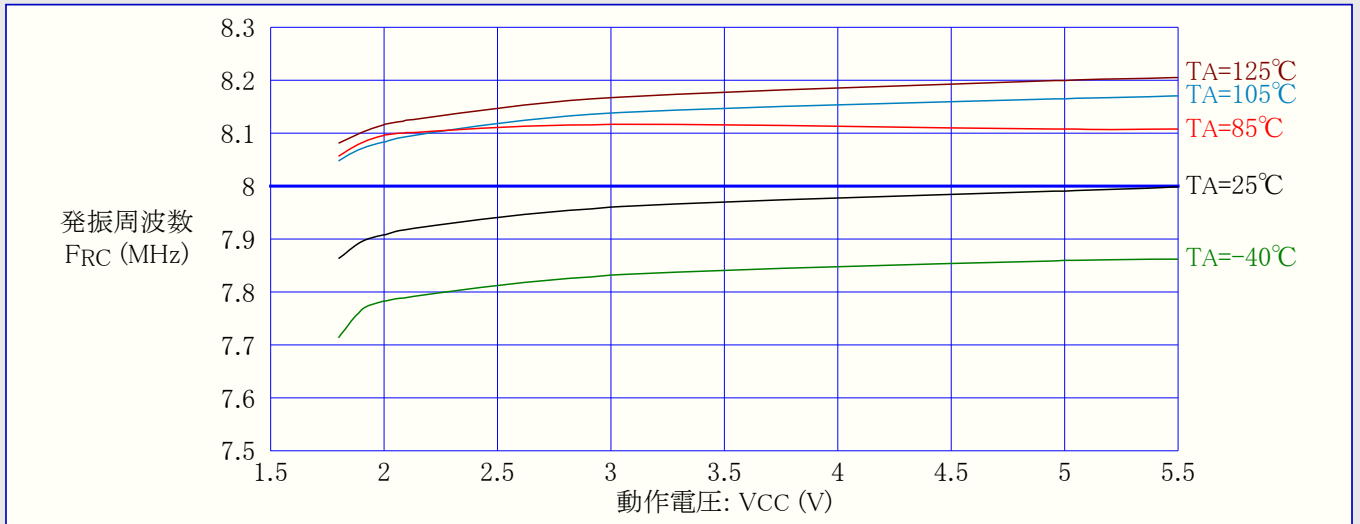


図3-37. 校正済み8MHz内蔵RC発振器周波数 対 動作温度

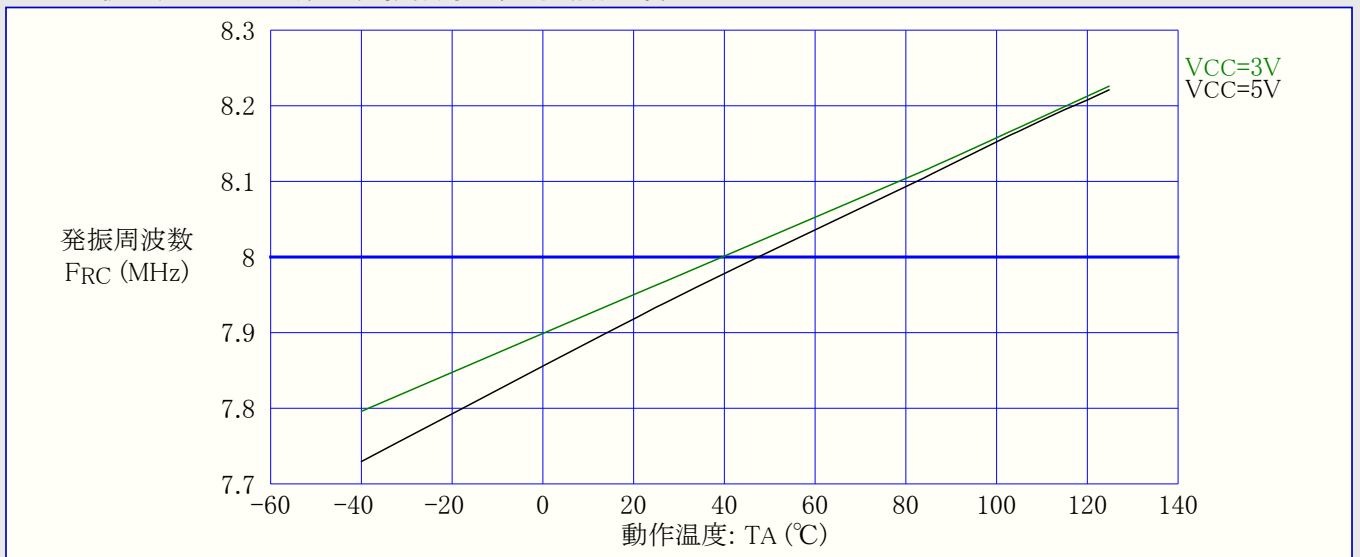
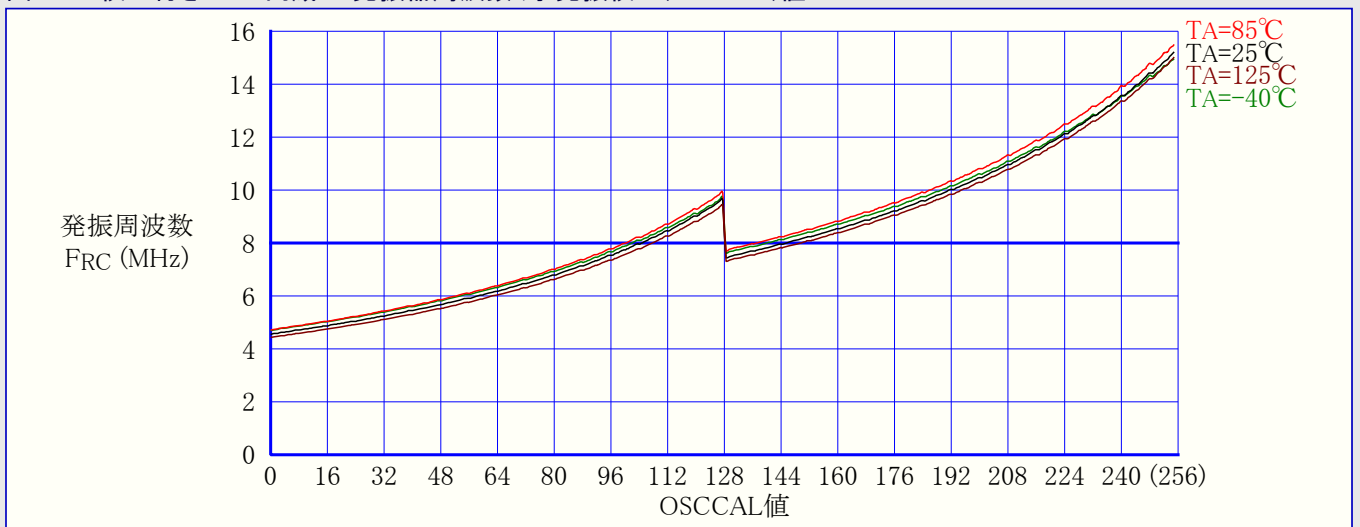


図3-38. 校正付き8MHz内蔵RC発振器周波数 対 発振校正(OSCCAL)値



3.9. 周辺機能部消費電流

図3-39. 低電圧検出器(BOD)消費電流 対 動作電圧

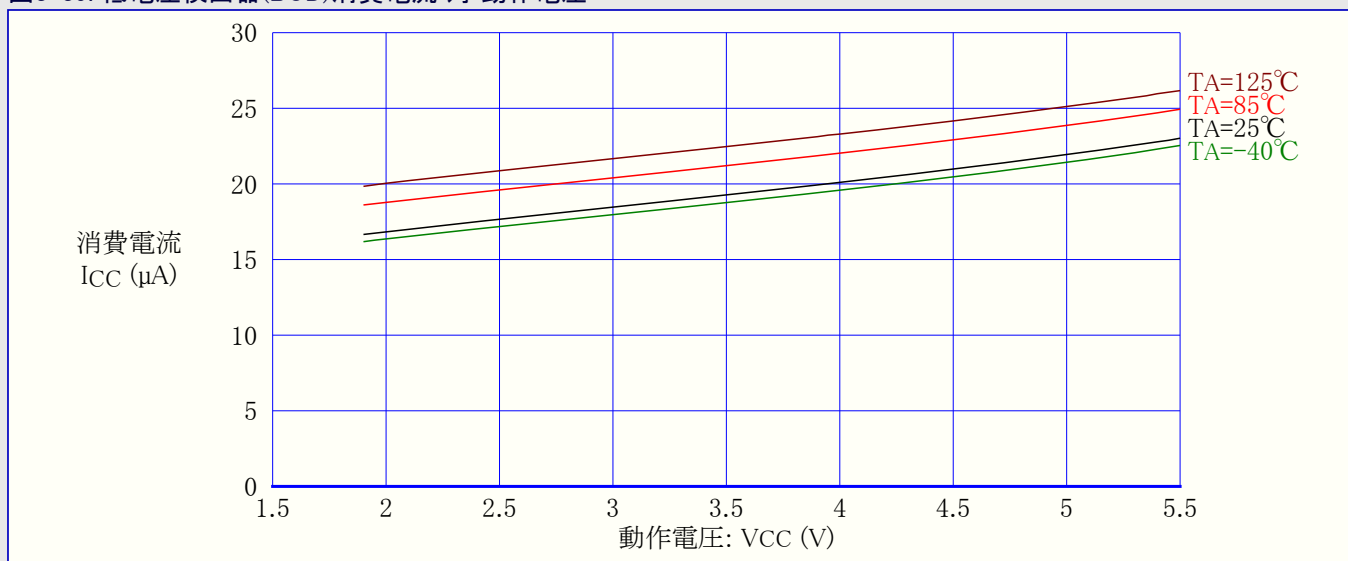


図3-40. A/D変換器消費電流 対 動作電圧 (AREF=AVCC)

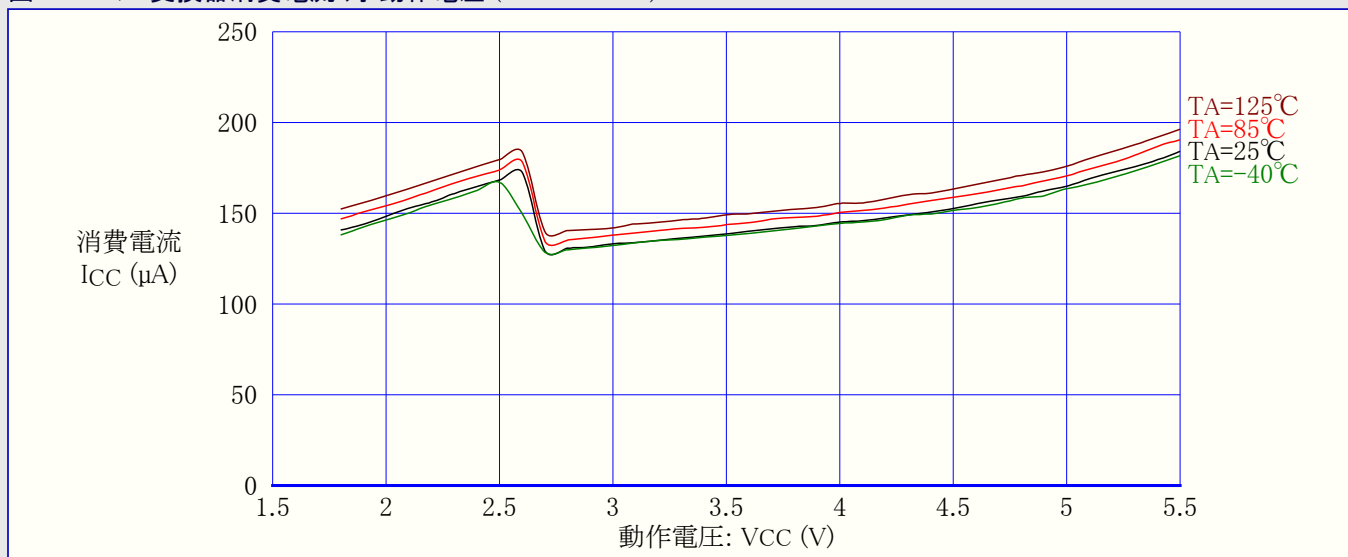


図3-41. アナログ比較器消費電流 対 動作電圧

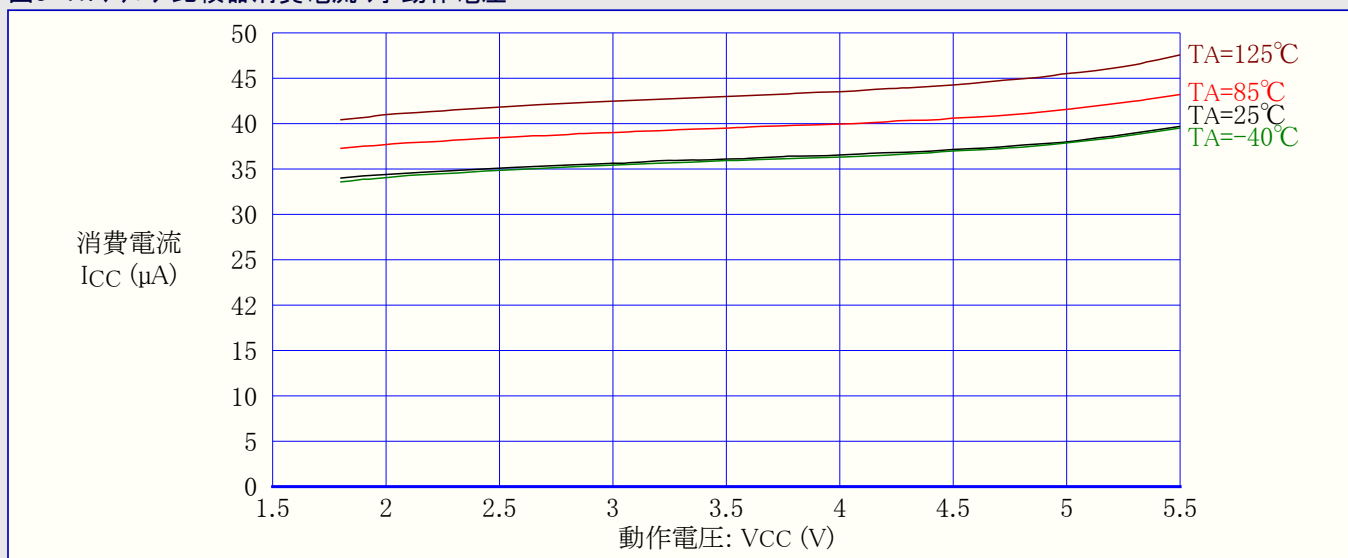
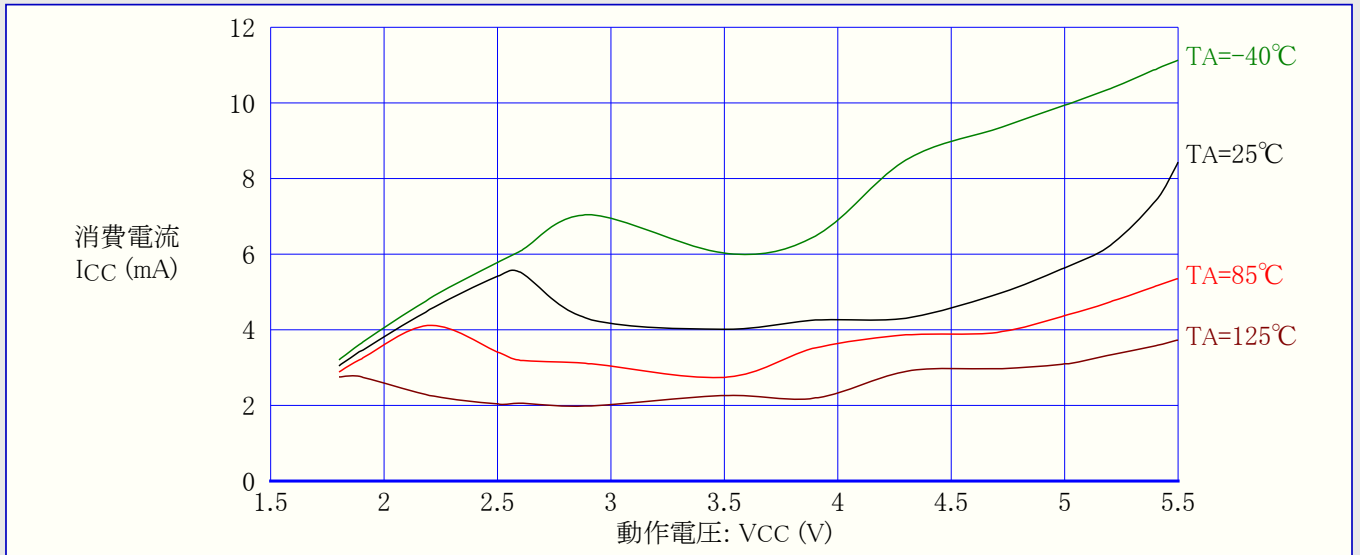


図3-42. プログラミング電流 対 動作電圧



### 3.10. リセット消費電流とリセットパルス幅

図3-43. リセット消費(供給)電流 対 周波数 (100kHz~1MHz、RESETプルアップ電流を除く)

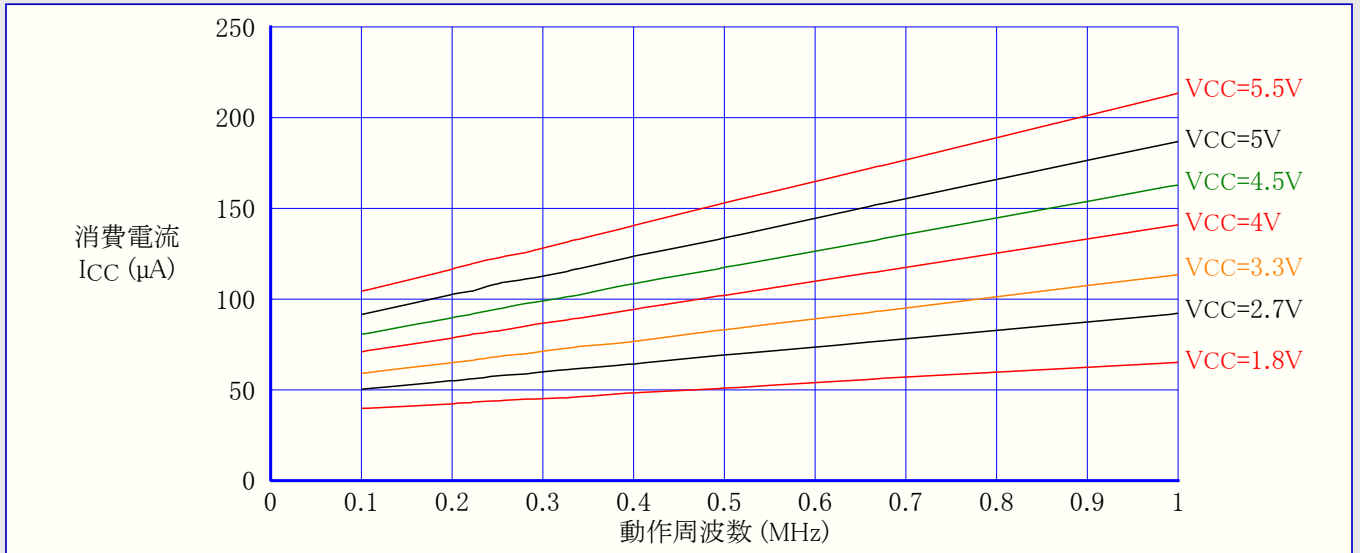


図3-44. リセット消費(供給)電流 対 周波数 (1MHz~20MHz、RESETプルアップ電流を除く)

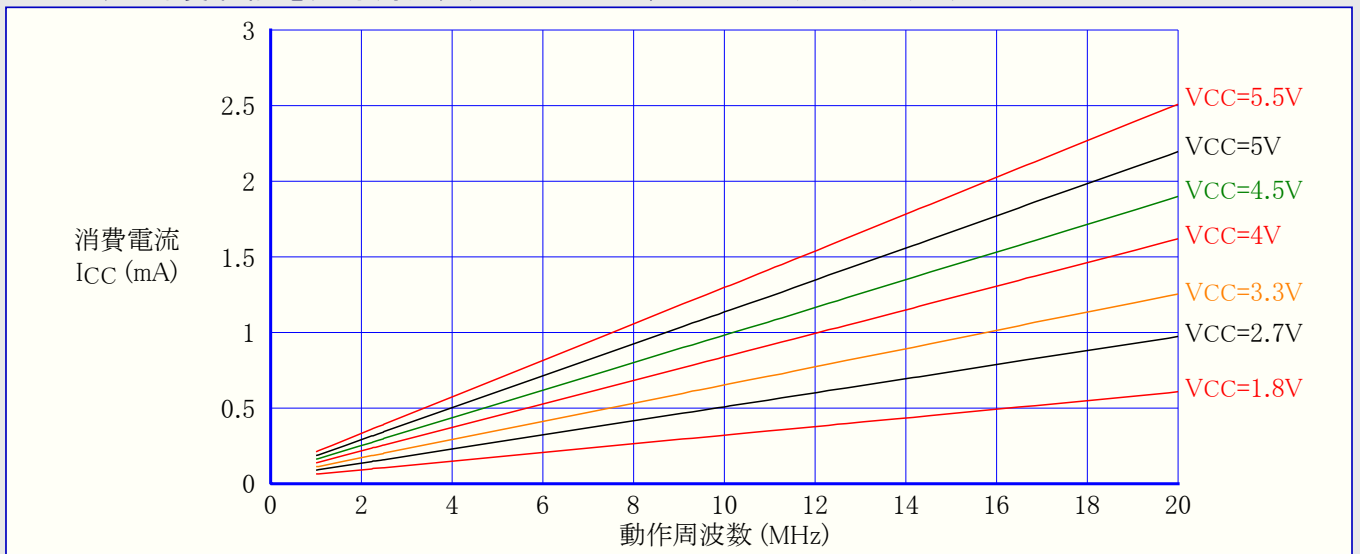
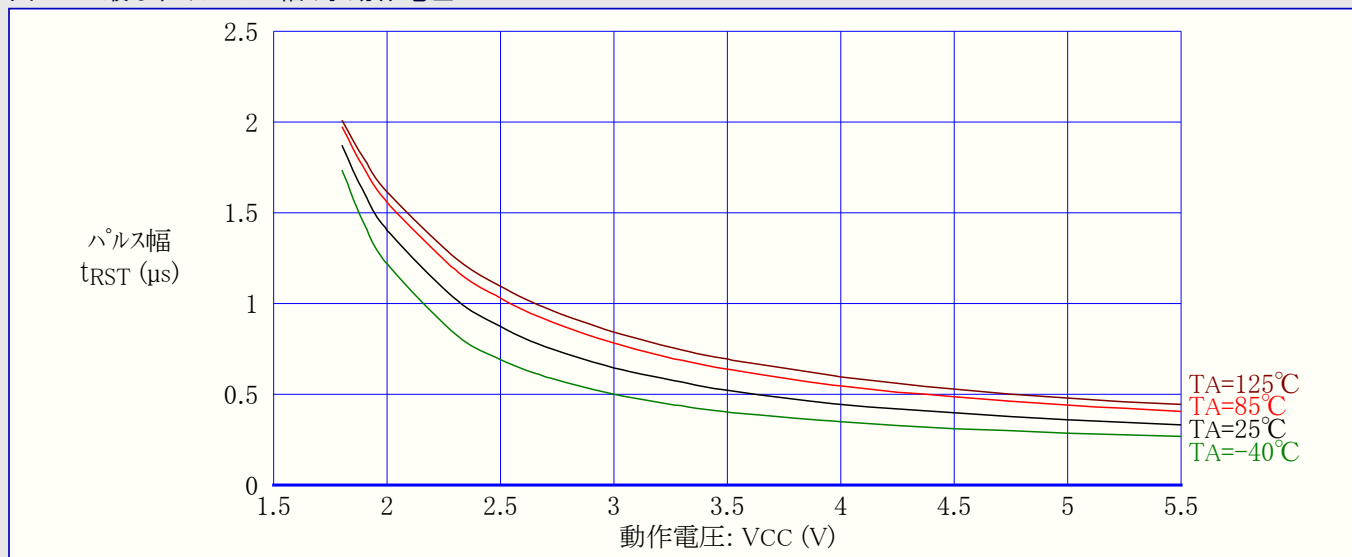


図3-45. 最小リセットパルス幅 対 動作電圧



## 4. 注文情報

### 4.1. ATtiny25

デバイス	速度(MHz)	電源電圧	温度範囲	外囲器 (注1)	注文符号 (注2)
ATtiny25	10	1.8~5.5V	拡張 (-40°C~125°C)	20M1	ATTINY25V-10MF
					ATTINY25V-10MFR
	20	2.7~5.5V			ATTINY25-20MF
					ATTINY25-20MFR

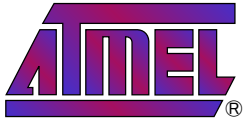
**注1:** 全ての外囲器は鉛フリー、ハロゲン化合物フリーで完全に安全で、これらは有害物質使用制限に関する欧州指令(RoHS指令)に適合します。

**注2:** 符号識別子は次のとおりです。

- ・ R : テープとリール。

#### 外囲器形式

20M1	20ピン 4×4×0.8mm 0.5mmピッチ 4方向平板リードなし/小リード枠外囲器 (QFN/MLF)
------	---



## 本社

### Atmel Corporation

2325 Orchard Parkway  
San Jose, CA 95131  
USA  
TEL (+1)(408) 441-0311  
FAX (+1)(408) 487-2600

## 国外営業拠点

### Atmel Asia Limited

Unit 01-5 & 16, 19F  
BEA Tower, Millennium City 5  
418 Kwun Tong Road  
Kwun Tong, Kowloon  
HONG KONG  
TEL (+852) 2245-6100  
FAX (+852) 2722-1369

### Atmel Munich GmbH

Business Campus  
Parking 4  
D-85748 Garching b. Munich  
GERMANY  
TEL (+49) 89-31970-0  
FAX (+49) 89-3194621

### Atmel Japan

141-0032 東京都品川区  
大崎1-6-4  
新大崎勸業ビル 16F  
アトメル ジャパン株式会社  
TEL (+81)(3)-6417-0300  
FAX (+81)(3)-6417-0370

## 製品窓口

### ウェブサイト

[www.atmel.com](http://www.atmel.com)

### 技術支援

[avr@atmel.com](mailto:avr@atmel.com)

### 販売窓口

[www.atmel.com/contacts](http://www.atmel.com/contacts)

### 文献請求

[www.atmel.com/literature](http://www.atmel.com/literature)

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のウェブサイトに表示する販売の条件と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。たとえば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、または利益の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。

### © Atmel Corporation 2011. 不許複製

Atmel<sup>®</sup>、ロゴとそれらの組み合わせ、その他はAtmel Corporationの登録商標または商標またはその付属物です。他の用語と製品名は一般的に他の商標です。

### © HERO 2023.

本データシートはAtmelの追補B ATtiny25/V 125°C仕様英語版データシート(改訂2586N-追補B-08/11)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は、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。

原書に対して若干構成が異なるため、一部の節/項番号が異なります。