

Application Note

MSPM0 を使用した冷却ファン コントローラ

Gary Gao

概要

サーバー、ネットワーク機器、またはデスクトップ コンピュータでは多種に及ぶ冷却ファンが使用されています。さまざまな動作条件でファンを制御するために、冷却ファン コントローラが使用されます。冷却ファン コントローラには、専用 IC と MCU という 2 種類の設計があります。専用の IC は、使いやすい反面、一部の MCU と比べてわずかに高価です。また、お客様の要件を満たすために IC を変更することができません。MCU の設計は、柔軟性に優れています。このアプリケーション ノートでは、MSPM0 デバイスをベースとする MCU 設計について説明します。また、このようなアプリケーションをすぐに開始できるようにデモ コードも提供します。

このデモでサポートされている主な機能:

- 最大 4 つ (MSPM0C1104) および 6 つ (MSPM0H3215/MSPM0C1106) の 4 線式ファンの制御をサポート
- PWM デューティ サイクルおよび周波数の制御
- TACH 検出
- 構成用の I2C インターフェイス
- 温度センサをサンプリングするための ADC
- ファン障害検出

ソフトウェアをダウンロードするには、[こちら](#) をクリックしてください。

目次

1 4 線式冷却ファン.....	2
2 MSPM0 を使用した冷却ファン コントローラの設計.....	3
2.1 MSPM0C1104 と MSPM0C1106 を使用した設計.....	3
2.2 MSPM0H3215 と MSPM0H3216 を使用した設計.....	4
3 ソフトウェアの紹介.....	5
3.1 ソフトウェアの動作フロー.....	5
3.2 機能の説明.....	6
3.3 I2C 通信プロトコル.....	7
3.4 デモにおけるレジスタの定義.....	8
4 ハードウェアを使用したデモ テスト.....	9
4.1 ハードウェア設定.....	9
4.2 ソフトウェアの設定.....	10
4.3 デモ コードを実行する.....	10
5 まとめ.....	11
6 参考資料.....	12

商標

LaunchPad™ is a trademark of Texas Instruments.

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

1 4 線式冷却ファン

4 線式冷却ファンは、3 線式または 2 線式の冷却ファンと比較すると、パフォーマンスと信頼性に優れています。サーバーまたは PC の冷却システムには、4 線式冷却ファンが一般的に使われます。4 線式冷却ファンの信号を [表 1-1](#) に示します。

表 1-1. 4 線式冷却ファンの信号

ワイヤの色	信号	詳細
黒	GND	
赤	VCC	ファンへの電源供給 (通常 12V)
黄	TACH	速度信号、通常はオープンドレイン出力
青	PWM	速度コントロール。ファン モジュールで 5V にプル アップ、またはオープンドレイン入力

PWM デューティ サイクルを変更して、ファンの速度を制御します。TACH 信号は、ファンの実際の速度を決定するために使用されます。ファン モジュールのホール センサを使用して、1 つ以上のパルスを生成して回転させます。パルスの数は、モーターの極対数に依存します。

2 MSPM0 を使用した冷却ファンコントローラの設計

このアプリケーションノートでは、異なる MSPM0 デバイスに基づく設計を 2 つ紹介します: MCU (MSPM0C1104、MSPM0C1106) および 5V 電源の MCU (MSPM0H3215、MSPM0H3216)。

2.1 MSPM0C1104 と MSPM0C1106 を使用した設計

PWM 信号がオープンドレイン IO であるファンモジュールでは、MSPM0C1104 デバイスまたは MSPM0C1106 デバイスの使用を推奨しています。設計の概要を図 2-1 に示します。

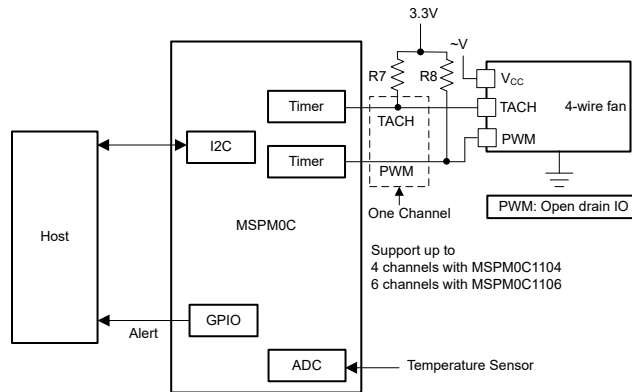


図 2-1. MSPM0C1104 または MSPM0C1106 を使用した冷却ファンコントローラの設計

これらのデバイスは、1.62V ~ 3.6V の電源と、8 ~ 16kB のフラッシュで動作します。1MHz のクロック周波数までサポートできる I2C インターフェイスがあります。このデバイスには、12 ビットの ADC と、最大 10 個の PWM 出力またはキャプチャをサポートできる 3 つのタイマが搭載されています。これらのデバイスは、4 線式ファン 4 基の制御をサポートできます。

MSPM0C1105 と MSPM0C1106 もデバイスのオプションになります。これらのデバイスは、1.62V ~ 3.6V の電源と、32 ~ 64kB のフラッシュで動作します。1MHz のクロック周波数までサポートできる I2C インターフェイスがあります。このインターフェイスは、12 ビット ADC と 5 つのタイマを搭載しており、最大 14 の PWM 出力またはキャプチャをサポートできます。このインターフェイスは、4 線式ファン 6 基の制御をサポートできます。

TACH 信号と PWM 信号はいずれもオープンドレイン IO です。3.3V にプルアップし、MSPM0C のキャプチャとチャンネルに直接接続します。

温度センサには、NTC または TMP61 などのリニア サーミスタを使用できます。

I2C インターフェイスを使用して、PWM デューティや PWM 周波数の変更、TACH のキャプチャ値の読み取り、ADC 結果の読み取りなど、あらゆる構成を実行できます。通信プロトコルの詳細については [機能の説明](#) を参照してください。

ファンの故障状態を検出するホストを変更するための GPIO 出力があります。

2.2 MSPM0H3215 と MSPM0H3216 を使用した設計

PWM 信号が 5V プルアップであるファン モジュールでは、MSPM0H3215 と MSPM0H3216 の使用を推奨しています。この設計の概要を 図 2-2 に示します。

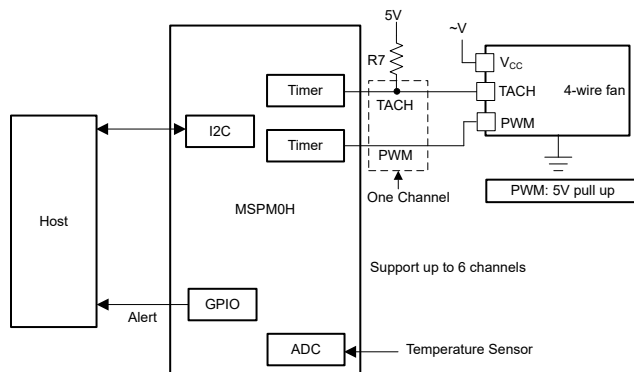


図 2-2. MSPM0H3215 と MSPM0H3216 を使用した冷却ファン コントローラの設計

MSPM0H3215 と MSPM0H3216 は、TI 初の 5V MCU です。このデバイスは、4.5V ~ 5.5V の電源と、32 ~ 64kB のフラッシュで動作できます。2 つの I2C インターフェイス、12 ビット ADC、最大 14 チャンネルの PWM 出力またはキャプチャをサポートできる 5 つのタイマが搭載されています。このインターフェイスは、4 線式ファン 6 基の制御をサポートできます。

このインターフェイスはトランジスタを節約できます。また、ファン モジュールの PWM 信号が 5V で、ファン モジュール内でプルアップされている場合に、PWM 制御チャンネルをオンにすることができます。

3 ソフトウェアの紹介

3.1 ソフトウェアの動作フロー

ソフトウェアの動作フローを [図 3-1](#) に示します。

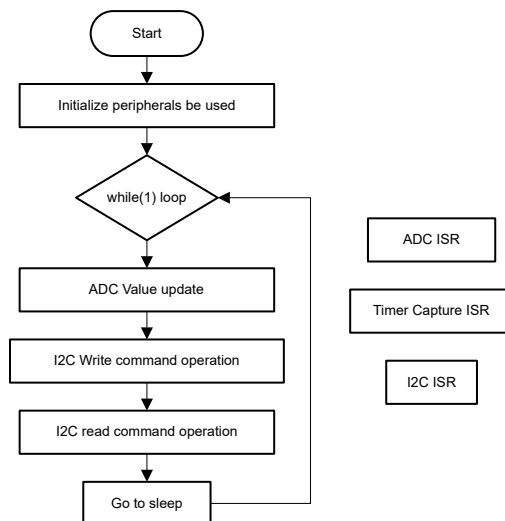


図 3-1. ソフトウェアの動作フローの概要

ソフトウェアでは、I2C コマンド データは I2C ISR で受信または送信され、while ループでアクティブになります。タイマ ISR には、TACH 信号とファンの故障検出を使用します。

3.2 機能の説明

3.2.1 PWM 出力

特定のチャンネルで PWM を起動する場合、出力で特定のデューティ サイクル レジスタ (0x20 から開始) にゼロではないデューティ サイクルを書き込むことができます。PWM 出力を停止するには、特定チャンネルのデューティ サイクル レジスタにゼロ デューティ サイクルを書き込みます。このデモのデューティ サイクル有効ビットは 9 ビットであり、2 つのレジスタを使用してチャンネルの 1 つのデューティ サイクルを識別します。このデモでは、すべてのレジスタは 1 バイト長です。

このデモは、PWM 周波数レジスタ (0x10 から開始) の PWM 周波数変更もサポートしています。現在、デモでは 4 種類の周波数 (22.9Hz、45.8Hz (デフォルト)、91.7Hz、23.4kHz) をサポートできます。お客様は、コードの必要に応じて異なる周波数に変更できます。4 ビットを使用して、1 つのレジスタに複数の周波数を設定できるため、1 つのレジスタを使用して 2 つの異なるタイマを設定できます。デモ コードでは、いくつかの PWM チャンネルが 1 つのタイマで生成されます。これらの PWM は同じ周波数を使用できます。

3.2.2 TACH キャプチャ

TACH 信号はファン モジュールから生成され、MSPM0 内のタイマによってキャプチャされます。タイマはパルスの期間をキャプチャします。これは、0x30 から始まるレジスタから読み取ることができます。ここに示す 2 つのレジスタは、1 つのキャプチャ値を示しています。たとえば、0x30 は FAN1 の MSB、0x31 は FAN1 の LSB です。キャプチャ値の有効ビットは 16 ビットです。このデモ コードでは、キャプチャ タイマ周波数を 8192Hz に構成しています。式 1 でキャプチャ値を使用して RPM を計算します。

$$RPM = \left(\frac{8192}{N_{CAP}} \times \frac{60}{N_p} \right) \quad (1)$$

N_{cap} はキャプチャ値です。

N_p : 生成されたパルスは 1 サイクルになります。

式 2 で示すように T_p を計算します

$$T_p = N_{cap} / 8192 \quad (2)$$

3.2.3 ADC サンプリング

このデモ コードでは、温度サーミスタからの信号をサンプリングする ADC チャンネルを提供します。ADC 値では、0x40 を表示および開始するのに 2 つのレジスタを使用します。このテストでは、レジスタが LP-MSPM0L1306 上で TMP61 を使用して環境の温度を取得します。ADC サンプルレートは約 1.6Hz であり、ADC のキャプチャ タイマのゼロ イベントトリガを使用してサンプリングを開始します。このデモでは、キャプチャ タイマの期間設定は 600ms です。

3.2.4 ファンの故障検出およびオーバーフローの最大値

このデモ コードは、ファンの故障検出をサポートできます。ファン PWM デューティ サイクルが 0 ではなく、オーバーフロー イベントの構成されたオーバーフロー最大値または TACH キャプチャ タイマのゼロ イベントに対する TACH 信号キャプチャが存在しない場合、ファンは故障ステータスになり、0x60 レジスタに記録されます。このレジスタにおいて、1 ビットは 1 つのファンのステータスに相当します。オーバーフローの最大値は、レジスタ 0x50 にも設定できます。デフォルト値は 3 です。つまり、ファン 1 が起動しても TACH 信号が $3 \times 600\text{ms} = 1.8\text{s}$ でキャプチャされない場合、ファン 1 は故障として記録されます。故障検出レジスタが故障を読み取るたびに、イベントはクリアされます。テキサス・インスツルメンツでは、1.8s 以内に値を 2 回読み取ることや、2 回目の読み取り値を常に 0 にすることは推奨していません。

3.3 I2C 通信プロトコル

I2C 通信プロトコルには、0x40 をアドレスとして 図 3-2 を使用します。

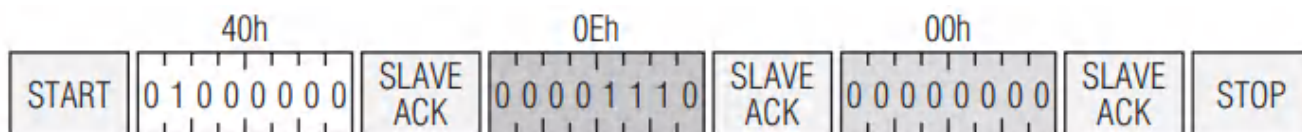


図 3-2. レジスタ 0x0E に 1 バイトを書き込みます



図 3-3. レジスタ 0x0E に 2 バイトを書き込みます

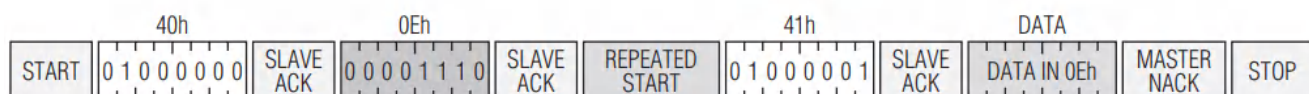


図 3-4. レジスタ 0x0E に 2 バイトを書き込みます

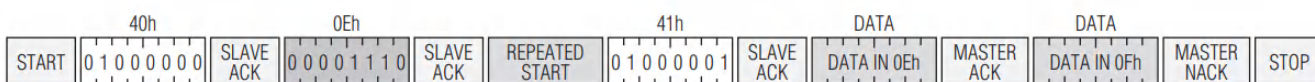


図 3-5. レジスタ 0x0E から 2 バイトを読み取ります

デモでは、読み取りまたは書き込みモードで 1 バイトまたは 2 バイトのみをサポートできます。

3.4 デモにおけるレジスタの定義

表 3-1. レジスタの定義

R/W	登録	リセット値	機能	ビット 0	ビット 1	ビット 2	ビット 3	ビット 4	ビット 5	ビット 6	ビット 7
R/W	0x10	0x11	PWM 周波数	0x0 = 22.9Hz 0xB = 20.8KHz				0x1 = 40.7Hz 0x3 = 81.5Hz 0xB = 20.8KHz			
R/W	0x20	0	FAN1 デューティサイ クル	MSB							
R/W	0x21	0	FAN1 デューティサイ クル	＼	＼	＼	＼	＼	＼	＼	LSB
R/W	0x22	0	FAN2 デューティサイ クル	MSB							
R/W	0x23	0	FAN2 デューティサイ クル	＼	＼	＼	＼	＼	＼	＼	LSB
R/W	0x24	0	FAN3 デューティサイ クル	MSB							
R/W	0x25	0	FAN3 デューティサイ クル	＼	＼	＼	＼	＼	＼	＼	LSB
R/W	0x26	0	FAN4 デューティサイ クル	MSB							
R/W	0x27	0	FAN4 デューティサイ クル	＼	＼	＼	＼	＼	＼	＼	LSB
R/W	0x28	0	FAN5 デューティサイ クル	MSB							
R/W	0x29	0	FAN5 デューティサイ クル	＼	＼	＼	＼	＼	＼	＼	LSB
R/W	0x2A	0	FAN6 デューティサイ クル								
R/W	0x2B	0	FAN6 デューティサイ クル	＼	＼	＼	＼	＼	＼	＼	LSB
R	0x30	0	FAN1 TACH	MSB							
R	0x31	0	FAN1 TACH	LSB							
R	0x32	0	FAN2 TACH	MSB							
R	0x33	0	FAN2 TACH	LSB							
R	0x34	0	FAN3 TACH	MSB							
R	0x35	0	FAN3 TACH	LSB							
R	0x36	0	FAN4 TACH	MSB							
R	0x37	0	FAN4 TACH	LSB							
R	0x38	0	FAN5 TACH	MSB							
R	0x39	0	FAN5 TACH	LSB							
R	0x3A	0	FAN6 TACH	MSB							
R	0x3B	0	FAN6 TACH	LSB							
R	0x40	0	ADC 値	MSB				＼	＼	＼	＼
R	0x40	0	ADC 値	LSB							
R/W	0x50	0x3	オーバーフロー最大	≥1 が必須							
R/W	0x60	0	FAN フォルト	FAN1	FAN2	FAN3	FAN4	FAN5	FAN6	＼	＼
				0:故障なし							

注

予約済みビットを意味します。MSPM0C1104 は 4 個のファンをサポートできます。FAN5 および FAN6 のレジスタは無視できます。

4 ハードウェアを使用したデモ テスト

このアプリケーション ノートでは、MSPM0C1104 および MSPM0H2316 をベースとしたデモ コードを紹介します。MSPM0C1106 は MSPM0H2316 とピンの互換性があるため、MSPM0H2316 から MSPM0C1106 には簡単にコードを移植できます。

4.1 ハードウェア設定

ハードウェア要件:

- 1 ～ 6 基の 4 線式冷却ファン
- LP-MSPM0L1306 をホスト デバイスとして使用
- LP-MSPM0C1104 または LP-MSPM0H3216 をファン コントローラ ボードとして使用
- TACH または PWM 信号をプル アップするためのプル アップ回路
- 信号をキャプチャするための **Seleae** などのロジック アナライザ
- トランジスタまたはスイッチ (オプション)

表 4-1. ハードウェア接続

信号		ホスト デバイス	ファンコントローラ デバイス	
		LP-MSPM0L1306	LP-MSPM0C1104	LP-MSPM0H3216
I2C	SCL	PA11/I2C0_SCL	PA11/I2C0_SCL	PA11/I2C0_SCL
	SDA	PA0/I2C0_SDA	PA0/I2C0_SDA	PA0/I2C0_SDA
温度センサ	電源	J15-2	3V3	5V
	Vsensor	J1-2	PA27	PA27
ファン故障アラート	GPIO	\	PA25	PA24
PWM	FAN1	\	PA26	PA23
	FAN2	\	PA2	PA18
	FAN3	\	PA16	PA10
	FAN4	\	PA23	PA6
	FAN5	\	\	PB14
	FAN6	\	\	PB13
TACH	FAN1	\	PA28	PA8
	FAN2	\	PA6	PA9
	FAN3	\	PA17	PB17
	FAN4	\	PA18	PA12
	FAN5	\	\	PB8
	FAN6	\	\	PA22

前述のように、温度センサは LP-MSPM0L1306 上の TMP61 を使用します。ホスト デモ コードでの計算により、ファン コントローラ デバイスの ADC リファレンスを使用して、同じ電源から TMP61 に電力を供給する必要があります。(VDD)。この結果、表 4-1 に示すファン コントローラ LaunchPad™ から TMP61 に電力を供給することになります。

TACH 信号は、外部にプル アップする必要があります。このテスト ケースでは、信号は 3k の抵抗を使用して VDD にプル アップします。

PWM 信号については、ファン モジュールの PWM チャネルがオープンドレインの場合、信号は TACH 信号と同様に外部でプル アップする必要があります。ファン モジュールの PWM チャネルが内部で 5V にプル アップされている場合、そのチャネルは MSPM0H3216 の PWM 制御ピンに直接接続できます。MSPM0C1104 と MSPM0C1106 を使用する場合は、抵抗またはスイッチを追加する必要があります。

4.2 ソフトウェアの設定

- CCS20.1.1 以上をインストールします
- SysConfig 1.23.0 以上をインストールします
- SDK 2_04_00_06 以上をインストールします
- [リンク](#) をクリックしてソフトウェアをダウンロードします

4.3 デモ コードを実行する

1. 前のセクションの説明に従って、ハードウェアを接続します。
2. デモ コードを CCS にインポートします。
3. プロジェクト FAN_Control_host_LP_MSPM0L1306 を開き、ファイル fan_control_host.c で MSPM0C1104 をファンコントローラとして使用している場合は、`#define MSPH3216_6FANs` をコメントアウトします。ユーザがハードウェアのファンに接続されていない場合は、ファンのオペコードをコメントします。
4. プロジェクト FAN_Control_host_LP_MSPM0L1306 をビルドし、プロジェクトを LP-MSPM0L1306 にダウンロードします。
5. 使用するボードに応じて、プロジェクト FAN_Controller_MSPM0C1104 または FAN_Controller_MSPM0H3216 をビルドし、プロジェクトをボードにダウンロードします。
6. 両方のボードの電源をオンにしたまま、ロジックアナライザを実行し、LP-MSPM0L1306 のリセット ボタンを押してコマンドを再送信するか、FAN_Control_host_LP_MSPM0L1306 のプロジェクトを変更して、デバッグ モードの実行を開始します。実行後にすべてのファンが停止したら、コードを一時停止し、`temp_c4` を追加してウィンドウを監視し、温度結果を取得します。
7. ファンは FAN1 から FAN4/6 へ順番に動作を開始し、同時に停止します。
8. [図 4-1](#) に、Saleae で取得した信号を示します (Saleae には 8 チャンネルしかありません。いくつかの信号のみが取得されました)。I2C コマンドを使用して信号を分析し、Saleae が期待値に一致しているかどうかを確認します。

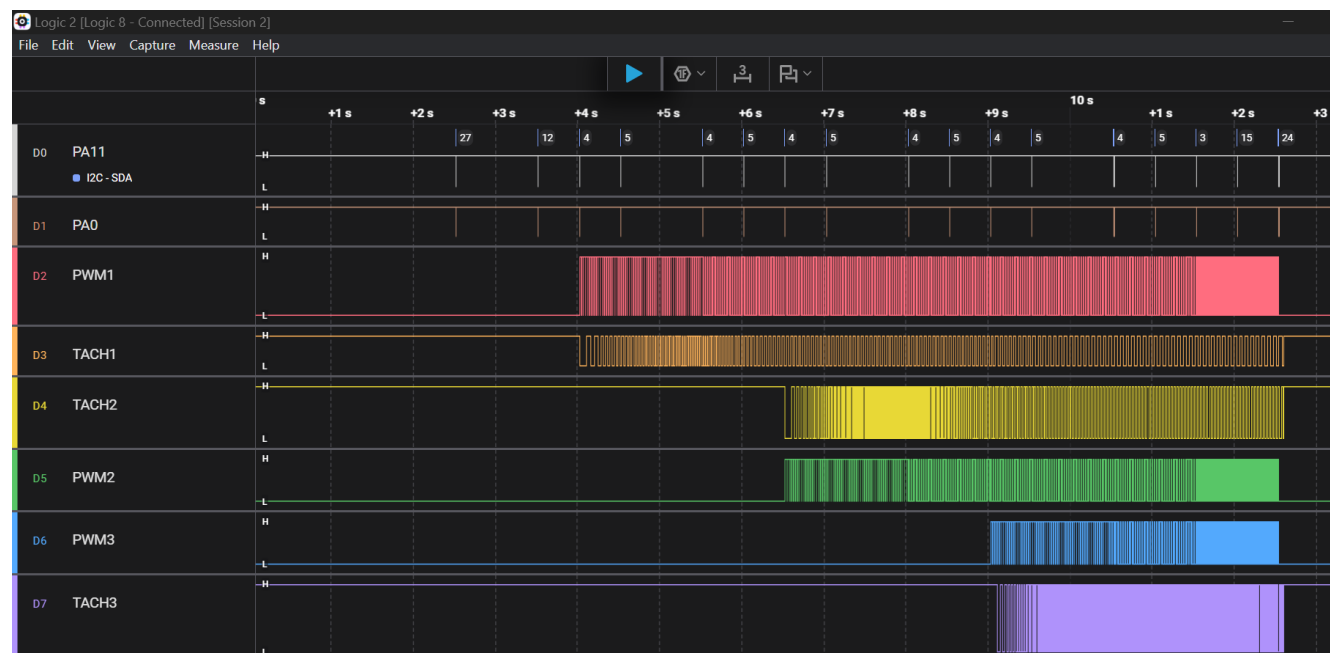


図 4-1. Saleae によって取得されたいくつかのテスト結果

5 まとめ

このアプリケーション ノートでは、MSPM0C1104、MSPM0C1106、MSPM0H3215、MSPM0H3216 をベースにした 2 種類のファン コントローラ設計を紹介します。いずれも I2C バスで制御され、温度センシングとファンの故障検出を実行できます。最終テストでは、機能が正常に動作することが確認されました。

6 参考資料

- テキサス インスツルメンツ、『[MSPM0 C シリーズ 24-MHz マイコン](#)』、テクニカル リファレンス マニュアル。

重要なお知らせと免責事項

テキサス・インスツルメンツは、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、テキサス・インスツルメンツ製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した テキサス・インスツルメンツ製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとします。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている テキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、テキサス・インスツルメンツはその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。テキサス・インスツルメンツや第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、[テキサス・インスツルメンツの販売条件](#)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかる テキサス・インスツルメンツ製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用されるテキサス・インスツルメンツの保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、テキサス・インスツルメンツはそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

重要なお知らせと免責事項

テキサス・インスツルメンツは、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、テキサス・インスツルメンツ製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した テキサス・インスツルメンツ製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとします。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている テキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、テキサス・インスツルメンツはその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。テキサス・インスツルメンツや第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、[テキサス・インスツルメンツの販売条件](#)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかる テキサス・インスツルメンツ製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用される テキサス・インスツルメンツの保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、テキサス・インスツルメンツはそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated