参考資料

Application Note

MSPM0L211x マイコンを使用した分割 LCD 構成

Sakshi Biyani, Kalyan Gajjala, Srinivasa Chakravarthy

概要

このアプリケーション ノートでは、2 つの MSPM0L211x マイコン (MCU) によるプライマリおよびセカンダリの液晶ディスプレイ (LCD) 構成の設計と実装について説明します。このトポロジでは、シンプルな 3 信号インターフェイスで 2 つの MCU を同期する方法で、単一のデバイスのセグメント駆動能力を上回る多セグメント ディスプレイを駆動できます。プライマリ MCU は、すべての LCD タイミング信号を生成します。セカンダリ MCU は、これらの信号にロックされ、プライマリと完全に位相を合わせて追加の LCD セグメントを駆動します。LCD ガラスに DC バイアスが発生すると不可逆的な損傷につながるため、両方のデバイスで AC 波形の完全性を維持することが重要です。プライマリ / セカンダリ方式では、専用の LCD ドライバ IC や、ピン数の多い MCU などの代替方式製品に比べてシステム コストを約 20% 低減できます。

目次

1 概要....2
2 主な特長....2
2.1 範囲....2
3 詳細説明....3
3.1 MSPM0L211x LCD コントローラの概要....3
3.2 プライマリおよびセカンダリトポロジ....3
3.3 プライマリ MCU....3
3.4 同期が重要な理由....3
4 システム アーキテクチャ....4
4.1 ブロック図....4
4.2 信号フロー図....4
5 ハードウェアの実装....4
5.1 信号相互接続....4
6 動作原理....5
6.1 クロックの同期....5
6.2 フレーム同期....5
6.3 同期の有効化....5
6.4 COM と SEG の波形位相関係....5
7 ソフトウェアの設定....6
7.1 推奨起動シーケンス....6
7.2 セカンダリ初期化コード....6
7.3 プライマリの初期化コード....6
7.4 実行時の表示の更新....7
7.5 構成パラメータは一致している必要があります....7
8 Launchpad の接続....8
9 同期信号のタイミング....9
10 コスト分析....9
11 まとめ....10
12 参考資料....10

商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

1 概要

多くの組込みアプリケーションでは、ピン数の少ない単一のマイコンでは駆動できないほど多くの情報を表示する液晶ディスプレイ (LCD) が必要です。例を示します。

- 複数料金体系に対応したセグメント アレイを備えた産業用エネルギー メーター
- ゾーンのステータス、スケジュール、および異常インジケータを同時に表示する高度なサーモスタット
- 患者データ、波形ステータス、およびアラーム状態を 1 枚のガラス パネルに表示する医療機器
- スピード、燃料、警告灯の各アイコンを単一のディスプレイに統合した車載インストルメント クラスタ

MSPM0L211x ファミリは、ハードウェア LCD コントローラを内蔵しており、最大 4 MUX または 8 MUX のディスプレイを駆動できます。このセグメントの制約を超えるシステムの場合、ピン数の多い MCU、スタンドアロン LCD ドライバ IC、I^2C/SPI LCD エクスパンダといった単純な設計手法でも、コスト、PCB 面積、またはファームウェアの複雑さがそれぞれ増加します。

このアプリケーション レポートでは、2 つの MSPM0L211x デバイスをプライマリ / セカンダリトポロジで接続する別の方法について説明します。プライマリ MCU はディスプレイの一部を駆動し、すべての同期信号を生成します。セカンダリ MCU は、これらの信号を受信し、プライマリと位相を合わせて残りのセグメントを駆動します。これにより、2 番目の MSPM0L211x と 3 つの PCB パターンのコストだけで、使用可能なセグメント数が 2 倍になります。

2 主な特長

- 単一の MSPM0L211x デバイスの物理的な制限を超えてセグメント数を拡張します
- すべての COM/SEG ペアで、AC 波形の完全性と正味 DC バイアス ゼロを維持します
- デバイス間の完全な同期に、3 つの GPIO 信号のみを使用します
- セカンダリ デバイスに外部発振器やクロック ソースは不要です
- MSPM0 SDK DriverLib 初期化モデルと互換性があります

2.1 範囲

本書の内容:

- システム レベルのアーキテクチャと信号の説明
- Launchpad のハードウェア ピン接続
- MSPM0 DriverLib を使用したソフトウェア初期化シーケンス
- 同期信号のタイミング

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

3 詳細説明

3.1 MSPM0L211x LCD コントローラの概要

MSPM0L222x は、以下の特性を備えたフル機能 LCD コントローラを内蔵しています。

- スタティック、および 2 ～ 8 マルチプレクサ駆動モードに対応
- VDD に依存しないコントラスト制御用の内蔵チャージ ポンプ
- 常時オンのディスプレイ アプリケーションに最適な低消費電力波形モード
- 32kHz 発振器または LFOSC から供給される内部低周波クロック (LFCLK)
- ハードウェアで生成された COM と SEG の駆動波形 (CPU の介在なし)

スタンドアロン設計では、LCD コントローラは LCD_LFCLK、LCDSON (フレーム開始)、LCD_EN を内部で生成します。ここで説明するプライマリとセカンダリの構成では、同じ信号を外部配線によってプライマリ MCU からセカンダリ MCU へ供給します。これにより、セカンダリの内部タイミング ソースをプライマリの内部タイミング ソースに置き換え、同期を検証します。

3.2 プライマリおよびセカンダリ トポロジ

3.3 プライマリ MCU

- LCD_LFCLK を生成します。これは LCD ステート マシンを駆動する低周波クロック (通常は 32.768kHz またはその分周値) です。
- LCDSON (各 LCD フレームの開始を示すフレーム同期パルス) をアサートします
- LCD_EN を駆動します。これは、両方のデバイスの LCD 動作をゲートするペリフェラル有効化信号です
- ディスプレイ システム全体の唯一のタイミング基準として機能します

3.3.1 セカンダリ MCU

- 内部 LFCLK ソースをバイパスし、外部クロック入力としてプライマリから「LCD_LFCLK」を受け入れます
- 内部フレーム カウンタをプライマリからの「LCDSON」パルスにロックします
- プライマリからの「LCD_EN」信号を使用し、プライマリと連動して LCD ペリフェラルを有効化および無効化します
- 追加の LCD ガラス セグメントに接続された別個のセグメント ピン群を駆動します

3.4 同期が重要な理由

LCD は静電容量性の AC 負荷です。2 つの独立したコントローラから駆動される COM 波形と SEG 波形が一致していない場合、一部の LCD セルに正味 DC 電圧が発生します。わずかな DC オフセットであっても、数時間にわたって持続すると、液晶材料の電気化学的劣化を引き起こし、コントラストを恒久的に低下させ、最終的にはディスプレイを破壊します。プライマリ / セカンダリ方式では、両方のデバイスで COM と SEG の遷移が同じクロック エッジで発生することを保証してこのリスクを排除し、すべてのセルで正味 DC バイアスをゼロにします。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

4 システム アーキテクチャ

4.1 ブロック図

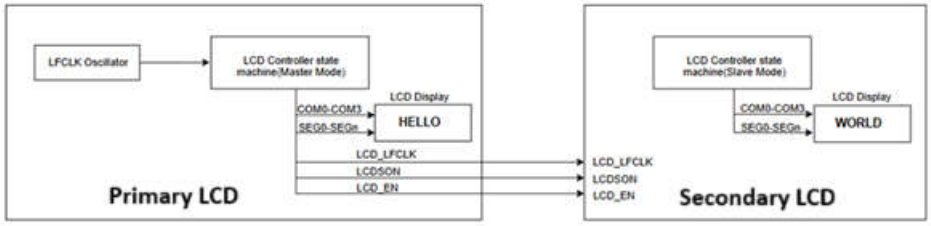

図 4-1. 分割 LCD 構成のシステム ブロック図

4.2 信号フロー図

プライマリ MCU はで「LCD_LFCLK」を生成します。LCD ペリフェラルは、このクロックを使用して COM ピンをシーケンスし、各フレームの開始時に「LCDSON」を生成します。「LCD_LFCLK」、「LCDSON」、「LCD_EN」の 3 つの信号はすべて GPIO 出力ピンに出力され、セカンダリ MCU の対応する入力ピンに直接接続されます。

セカンダリ MCU の LCD ペリフェラルは、外部クロックおよび外部フレーム同期を受け入れるように構成されています。セカンダリ MCU は、LCD タイミング用の内部発振器を有効化しません。その結果、両方の LCD ステート マシンが同じクロック エッジで進行し、すべての COM/SEG 波形遷移が両方のデバイスで同時に発生します。

5 ハードウェアの実装

5.1 信号相互接続

表 5-1 に、プライマリ MCU とセカンダリ MCU の間の信号接続の詳細を示します。

表 5-1. プライマリおよびセカンダリ MCU のピン割り当て

信号名	プライマリの機能	セカンダリの機能	方向	説明
LCD_LFCLK	出力	入力	プライマリ -> セカンダリ	LCD ステート マシンを駆動する低周波クロック。標準値 32.768kHz
LCDSON	出力	入力	プライマリ -> セカンダリ	LCD セグメント ON 信号。新しい LCD フレームの開始を示し、フレーム タイミングを同期します。
LCD_EN	出力	入力	プライマリ -> セカンダリ	LCD イネーブル信号。LCD ペリフェラル全体の有効化状態を制御します。
VSS (GND)	コモン	コモン	双方向	共通グランド基準。適切なシグナル インテグリティとタイミング精度を実現するために必須です。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6 動作原理

6.1 クロックの同期

セカンダリ LCD ペリフェラルは、内部 LFOSC ではなく、「LCD_LFCLK」入力ピンからクロックを供給するように構成されています。これにより、セカンダリの LCD ステート マシンはプライマリの周波数に直接追従します。どちらのデバイスも、「LCD_LFCLK」の立ち上がりエッジごとに 1 LCD クロック サイクルを進みます。クロックは 1 つの発振器から供給されているため、2 つの LCD コントローラ間に時間の経過とともに周波数偏差や位相蓄積は発生しません。

6.2 フレーム同期

「LCDSON」は、プライマリの LCD コントローラによって LCD フレームごとに 1 回生成される周期パルスです。

プライマリとセカンダリの両方がこのパルスを次のように使用します。

- 内部フレーム カウンタをゼロにリセットします
- COM0 駆動フェーズを同時に開始します
- 両方のデバイスで COM0、COM1、COM2、COM3 の遷移が同じ LCD クロック エッジで発生するようにします

「LCDSON」同期を行わないと、クロック周波数が完全に一致していても、2 つの COM シーケンサは電源サイクルや温度変化によって位相がずれる可能性があります。その結果、最終的に DC バイアスが発生するおそれがあります。

6.3 同期の有効化

「LCD_EN」は、各デバイスの LCD ペリフェラルを有効にするタイミングを制御します。プライマリからの単一の「LCD_EN」信号を使用することで、次のことが保証されます。

- どちらの MCU も、起動時に LCD 駆動出力を同時にアサートするため、一方のデバイスだけがガラスを駆動する部分的なフレームが発生しません
- シャットダウン時に両方の MCU が同時にデアサートされるため、LCD ガラスに残留電荷は残りません
- プライマリからの同期信号が有効になる前に、セカンダリが誤って LCD ペリフェラルを有効化することはできません

6.4 COM と SEG の波形位相関係

3 つの同期信号が正しく接続され、構成パラメータが一致している場合 (セクション 7.4 を参照)、プライマリとセカンダリの COM 波形はサイクル単位で同期されます。いずれかのデバイスの SEG ピンは、割り当てられた COM フェーズでのみ遷移し、すべての LCD セルに正しい二相 AC 駆動波形が生成されます。各セルの正味 DC 成分はゼロです。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7 ソフトウェアの設定

7.1 推奨起動シーケンス

初期化の順序は重要です。プライマリの LCD ペリフェラルを有効化する前に、セカンダリの初期化を完了し、信号の同期を待機する状態にしておく必要があります。プライマリが先に有効化されると、セカンダリは最初の「LCDSON」パルスを取りこぼし、任意のフレーム オフセットで駆動を開始する可能性があります。その結果、1 フレームの DC バイアスが発生します。

推奨シーケンス:

1. 両方の MCU の電源を投入します (同時投入が望ましい。プライマリによって「LCD_EN」がアサートされるまで、セカンダリの LCD ペリフェラルは無効のまま)
2. **セカンダリで:**LCD ペリフェラルを外部クロック モードで設定および初期化し、セグメント メモリにデータをロードします。セカンダリの LCD レジスタの LCDSON または LCD_EN 制御ビットは設定**しない**でください。これらはプライマリの出力によって制御されます
3. **プライマリで:**LCD ペリフェラルを設定します (まだ有効化しません)。次に、LCD モジュールを有効化します。これにより、LCD_EN がアサートされ、LCD_LFCLK と LCDSON の生成が開始されます。
4. 両方のデバイスが同期して実行されています。

手順 3 の前に、セカンダリのセグメント メモリに有効なデータをロードする必要があります。プライマリが LCD を有効化すると、両方のデバイスが直ちにガラスの駆動を開始します。セカンダリで初期化されていないセグメント メモリは、最初のフレームで表示アーティファクトとして現れます。

7.2 セカンダリ初期化コード

```
/* Configure IOs for Synchronization signals shared between master and slave, slaves gets synchronized these signals */
DL_GPIO_initPeripheralInputFunction(IOMUX_PINCM38, IOMUX_PINCM38_PF_LCD_LCDSON); //LCDSON -PA16
DL_GPIO_initPeripheralInputFunction(IOMUX_PINCM39, IOMUX_PINCM39_PF_LCD_LCDLFCLK); //LCDLFCLK -PA17
DL_GPIO_initPeripheralInputFunction(IOMUX_PINCM40, IOMUX_PINCM40_PF_LCD_LCDEN); //LCDEN -PA18

/* Enable slave mode  */
DL_LCD_enableExternalSync(LCD);

/* Write slave contents into MMRs */
LCD_showChar(LCD, 'W', gLCDPinPosition1);
LCD_showChar(LCD, 'O', gLCDPinPosition2);
LCD_showChar(LCD, 'R', gLCDPinPosition3);
LCD_showChar(LCD, 'L', gLCDPinPosition4);
LCD_showChar(LCD, 'D', gLCDPinPosition5);
```

7.3 プライマリの初期化コード

```
/* Configure IOs for Synchronization signals shared between master and slave, master drives these signals */
DL_GPIO_initPeripheralOutputFunction(IOMUX_PINCM38,IOMUX_PINCM38_PF_LCD_LCDSON); //LCDSON -PA16
DL_GPIO_initPeripheralOutputFunction(IOMUX_PINCM39,IOMUX_PINCM39_PF_LCD_LCDLFCLK); //LCDLFCLK -PA17
DL_GPIO_initPeripheralOutputFunction(IOMUX_PINCM40,IOMUX_PINCM40_PF_LCD_LCDEN); //LCDEN -PA18

/* Write master contents into MMRs */
LCD_showChar(LCD, 'H', gLCDPinPosition1);
LCD_showChar(LCD, 'E', gLCDPinPosition2);
LCD_showChar(LCD, 'L', gLCDPinPosition3);
LCD_showChar(LCD, 'L', gLCDPinPosition4);
LCD_showChar(LCD, 'O', gLCDPinPosition5);

/* Master controls turn ON LCD Segments for both Master and slave */
DL_LCD_turnSegmentsOn(LCD);
/* Master controls the LCD Enable for both master and slave */
DL_LCD_enable(LCD);
```


Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.4 実行時の表示の更新

実行時にセグメントの内容を更新するには、通常のアプリケーション ファームウェア処理を通じて、各 MCU のセグメント メモリに個別に書き込みます (たとえば、UART 受信 ISR または周期タイマ コールバックから)。LCD ハードウェアは、適切な COM フェーズ中にフレームごとに 1 回セグメント メモリを読み取ります。コンテンツ更新のために、2 つの MCU 間で追加同期を行う必要はありません。初期クロック同期が確立された後は、各 MCU がそれぞれのセグメント データを自律的に管理します。

7.5 構成パラメータは一致している必要があります

表 7-1 のパラメータは、プライマリとセカンダリの間で同一である必要があります。これらのフィールドのいずれかに不一致があると、COM シーケンスまたは電圧レベルに不整合が生じ、目に見える表示異常や DC バイアスが発生します。

表 7-1. 構成パラメータ — プライマリとセカンダリの間で一致する必要があります

パラメータ	プライマリ値	セカンダリ値	不一致の場合の影響
muxRate	DL_LCD_MUX_RATE_4	DL_LCD_MUX_RATE_4	COM シーケンスの同期ずれ
biasMode	DL_LCD_BIAS_MODE_3	DL_LCD_BIAS_MODE_3	電圧レベルの不一致
waveMode	DL_LCD_WAVE_MODE_LOW_POWER	DL_LCD_WAVE_MODE_LOW_POWER	波形形状の不一致

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8 Launchpad の接続

図 8-1 に、2 つの MSPM0L211x Launchpad を使用した LCD プライマリとセカンダリの接続を示します。プライマリ MCU は LCD に「HELLO」を表示し、セカンダリ MCU は「WORLD」を表示します。

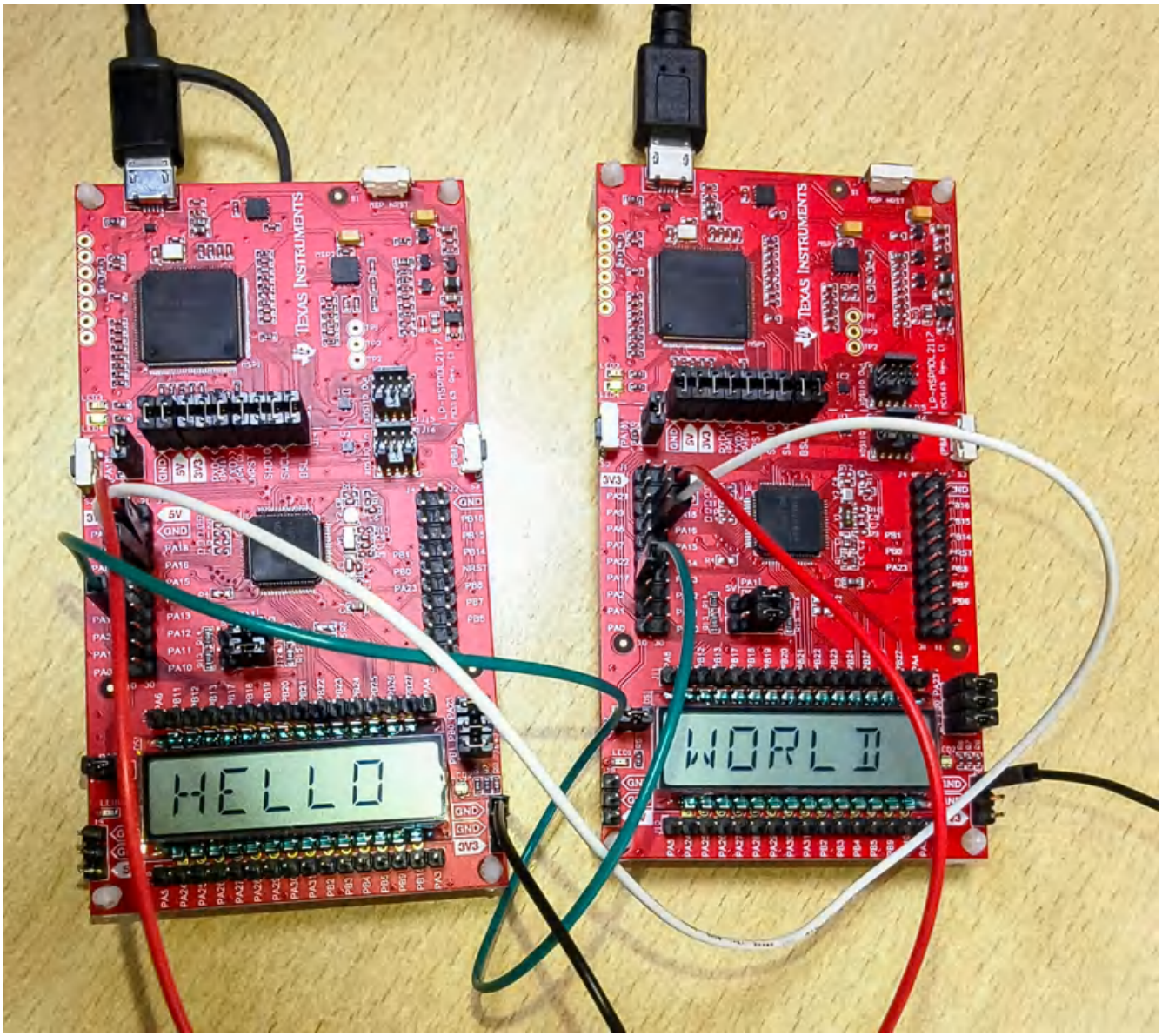

図 8-1. プライマリおよびセカンダリ MCU の Launchpad 接続

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

9 同期信号のタイミング

図 9-1 に、プライマリの出力からセカンダリ MCU の入力までの「LCD_LFCLK」、「LCDSON」、「LCD_EN」のオシロスコープ キャプチャを示します。

図 9-1. 同期信号のタイミング波形

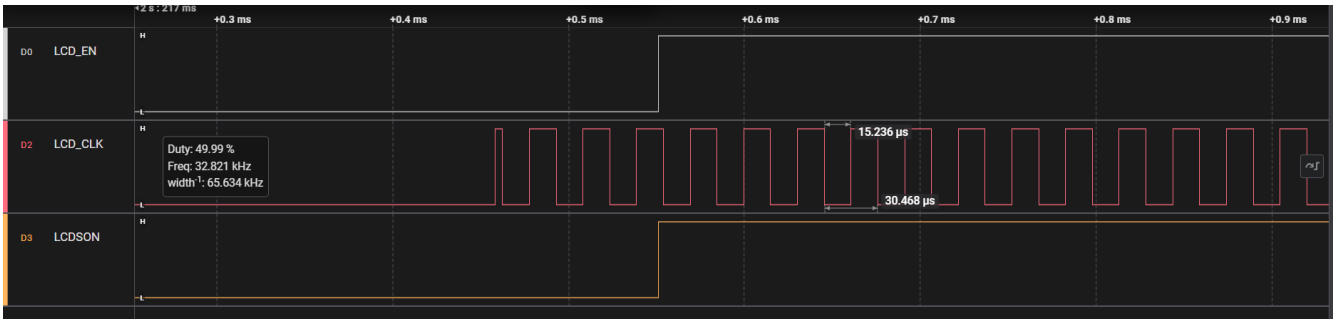

図 9-2. 同期信号の拡大キャプチャ

10 コスト分析

プライマリ / セカンダリ方式は、総部品表 (BOM) コストを削減しながら、より高コストの代替方式と同等の実効セグメント数を実現します。表 10-1 は、単一の MCU ベースラインに対して正規化した相対システム コストを比較するものです。

表 10-1.

アプローチ	部品	相対コスト
シングル MCU	1 つの MSPM0L211x	1.0×
1 次 / 2 次	2 つの MSPM0L211x	1.8×
大規模 MCU	1× 多ピン	>2.0×

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

11 まとめ

2 つの MSPM0L211x MCU を使用するプライマリ / セカンダリ LCD 構成は、単一のデバイスでは対応できない、多セグメント LCD ガラスを駆動するための、コスト効率に優れた信頼性の高い方法を実現します。

この設計を成功させるための重要な要件は次のとおりです。

1. **初期化の順序**:プライマリが LCD ペリフェラルを有効化する前に、セカンダリの設定を完了し、待機状態にしておく必要があります。
2. **設定の一致**:muxRate、biasMode、および waveMode は両方のデバイスで同一である必要があります。
3. **正しいピン マルチプレクサ設定**:LCD ペリフェラルを有効化する前に、両方のデバイスで LCD 同期ピンを正しい IOMUX チャネルに割り当てておく必要があります。

これらの条件が満たされると、プライマリ / セカンダリトポロジは、サイクルの正確な位相同期、すべての LCD セルでの正味 DC バイアス ゼロ、一般的な代替製品と比較して約 20% 低いシステム コストを実現します。

12 参考資料

1. テキサス インスツルメンツ、MSPM0L2116/7 および MSPM0L1126/7 ミックスド シグナル マイコン、データシート。
2. テキサス インスツルメンツ、『MSPM0L211x テクニカル リファレンス マニュアル』、テクニカル リファレンス マニュアル。
3. テキサス インスツルメンツ、『MSPM0L211x 評価基板』ユーザー ガイド。
4. テキサス インスツルメンツ、MSPM0L211x SDK DriverLib、ソフトウェア開発キット。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

重要なお知らせと免責事項

TI 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、TI 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 TI 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 TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI 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。TI 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、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、 TI の販売条件 、 TI の総合的な品質ガイドライン 、 ti.com または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI 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。 TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案する場合も、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月