

Design Guide: TIDA-050087

NXP i.MX93 プロセッサ電源ソリューションのリファレンス デザイン



概要

TIDA-050087 は、NXP™ i.MX 93 アプリケーション プロセッサに電力を供給する TI TPS6521940 PMIC、TPS62A02 降圧コンバータ、TLV740P LDO を統合したシステム オン モジュール (SoM) 基板です。このハードウェア デザインには LDDDR4 SDRAM (2GB x 32)、16GB eMMC も含まれています。この SoM ボードは、MCIMX93-EVK (基板) に搭載されたフルシステム評価用 MCIMX93-BB-EVK と互換性があります。このデザインは、i.MX 8M Mini または i.MX 93 プロセッサを使用し、代替電源ソリューションの評価を必要とするプロジェクトに適しています。

リソース

TIDA-050087	デザイン フォルダ
TPS65219	プロダクト フォルダ
TPS62A02	プロダクト フォルダ
TLV740P	プロダクト フォルダ

特長

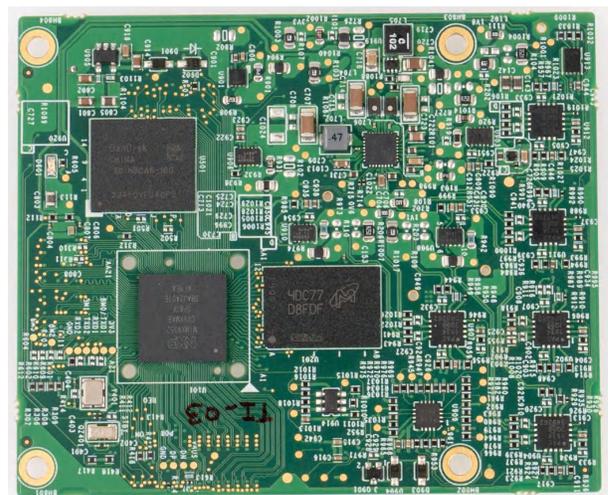
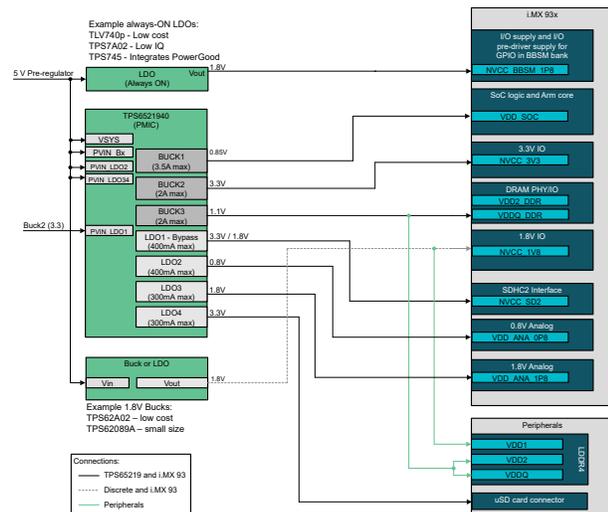
- NXP i.MX 93 システムを短時間で開発できる SoM
- 効率を向上し、BOM コストを低減した小型の電源設計を実現します
- 低消費電力モードと DVFS をサポート
- 選択可能なブート オプション (SD、eMMC)

アプリケーション

- ヒューマン マシン インターフェイス (HMI)
- PLC、DCS、PAC
- ファクトリ オートメーション / 制御
- ビル オートメーション
- HVAC システム
- ビデオ監視
- データ コンセントレータ
- エネルギー インフラ
- マルチパラメータ メディカル モニタ
- 医療 / ヘルスケア



テキサス・インスツルメンツの E2E™ サポート エキスパートにお問い合わせください。



1 システムの説明

TIDA-050087 は、TPS6521940 PMIC、TPS62A02、TLV740P の各ディスクリート電源部品から NXP i.MX 93 プロセッサに電力を供給するリファレンス デザインです。このリファレンス デザインは、NXP MCIMX93-EVK に付属している既存の基板と互換性のある SoM ボードとして開発されました。後者の基板には、さまざまな最終製品の開発に役立つ複数のペリフェラル接続が含まれています。ベースボードには、有線通信用のすべてのコネクタ、ソフトウェア イメージを含む SD カード スロット、複数のブート オプションを有効にする DIP スイッチが含まれています。SoM ボードには、プロセッサ、電源設計、オンボード メモリが含まれています。基板全体が動作することを確認するために、電源設計の動作は包括的なテストを完了しており、パワーアップ、パワーダウン、低消費電力モード動作、各レールの消費電力または消費電力、I2C 通信、SD カードの I/O 電圧の変化が確実に実行されることは確認されています。また、以下のような各種インターフェイスもテスト済みで、適切に動作していることを確認しました: USB Type-C 電源入力、USB Type-C® デバッグ ポート、RJ45 イーサネット ポート、リセット/オン/オフ スイッチ、インジケータ LED。

2 システム概要

2.1 ブロック図

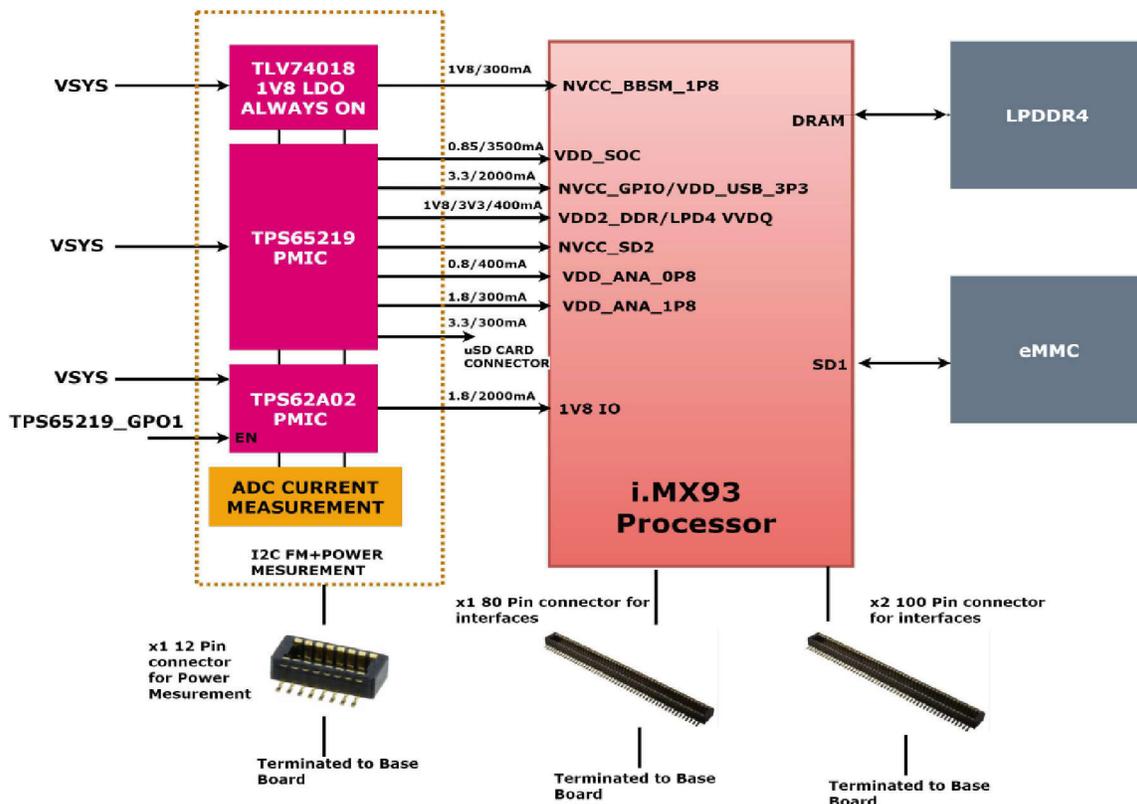


図 2-1. TIDA-050087 のブロック図

2.2 設計上の考慮事項

このデザインは、i.MX 93 プロセッサおよび幅広いペリフェラル IC に電力を供給する TI の電源デバイスの能力を示すことを目的とします。これを確認するには、プロセッサから始めて、設計に搭載されているすべての IC を実装する必要があります。動作評価キットの構築に必要な他のすべてのデバイスは、このセクションに含まれます。電源デバイスとその他の TI デバイスについては、[セクション 2.3](#) を参照してください。

2.2.1 プロセッサ - i.MX 93 アプリケーション プロセッサ

i.MX 93 アプリケーション プロセッサは NXP のプロセッサで、Arm Cortex-A55 コアを統合した製品ラインアップの初の製品です。このプロセッサは、産業用、車載、コンシューマ IoT 市場アプリケーション用を目指しています。

表 2-1. プロセッサの詳細

説明	製造	部品番号
i.MX 93 アプリケーション・プロセッサ、Arm Cortex A55 コア付き	NXP	MIMX9352CVVXMAB

2.2.2 LPDDR4

i.MX 93 には専用のメモリ コントローラが搭載されており、オンボードの LPDDR4 メモリに接続します。Micron の MT53E2G32D4DE-046 がこの設計で使用されています。

表 2-2. LPDDR4 の詳細

説明	製造	部品番号
DRAM LPDDR4 64G 2GX32 FBGA	Micron	MT53E2G32D4DE-046 WT:C

2.2.3 eMMC iNAND

この設計では、16GB の eMMC 5.1 準拠メモリが含まれています。ここで使用されている部品は、Western Digital の SDINBDA6-16G です。SDINBDA6-16G は、8 ビット バス幅の 200MHz デュアル データレート バスで 400Mbps をサポートする高速モードである HS400 をサポートします。

表 2-3. eMMC iNAND の詳細

説明	製造	部品番号
IC, eMMC 16GB iNAND 7250 eMMC 5.1	Western Digital	SDINBDA6-16G

2.3 主な使用製品

2.3.1 TPS6521940 - 電源管理 IC

TPS6521940 デバイスは、NXP の i.MX 93 などの Arm Cortex プロセッサをサポートするために特別に設計された電源管理 IC (PMIC) です。PMIC は、5V 電源またはリチウムイオン バッテリで動作するアプリケーションに最適です。このデバイスには、3 つの同期整流式降圧 (バック) コンバータと 4 つのリニア レギュレータが搭載されています。この DC/DC コンバータは、1 x 3.5A と 2 x 2A 電源で供給可能です。2 つの LDO は、0.6V ~ 3.4V の出力電圧範囲において 400mA の出力電流をサポートします。これらの LDO は、バイパス モードをサポートし、負荷スイッチとして動作し、動作中に電圧を変化させることができます。他の 2 つの LDO は、1.2V ~ 3.3V の出力電圧範囲において 300mA の出力電流をサポートします。これらの LDO は、ロードスイッチモードもサポートしています。I2C インターフェイス、IO、GPIO、マルチファンクション ピン (MFP) は、さまざまな SoC にシームレスに接続します。

PMIC とプロセッサ間の電源および制御ピン接続を図 x に示されます。

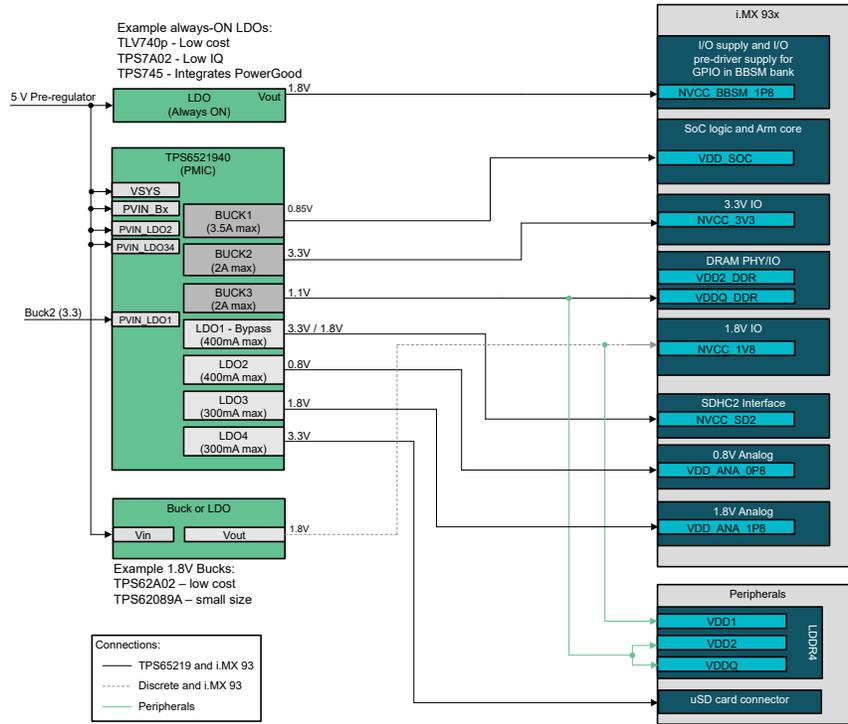


図 2-2. i.MX 93 および DDR4 に電力を供給する TPS6521940

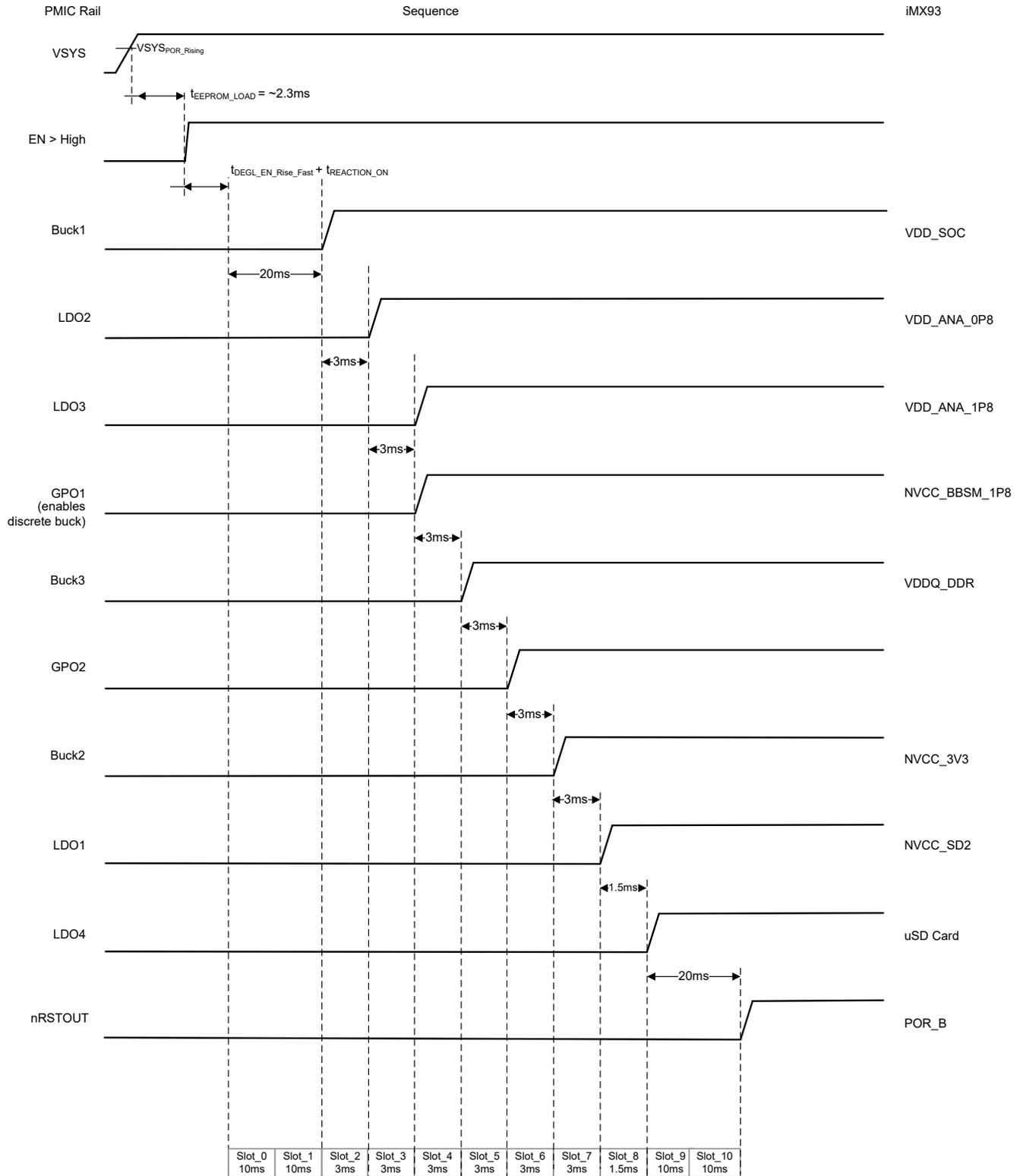


図 2-3. パワーアップシーケンス

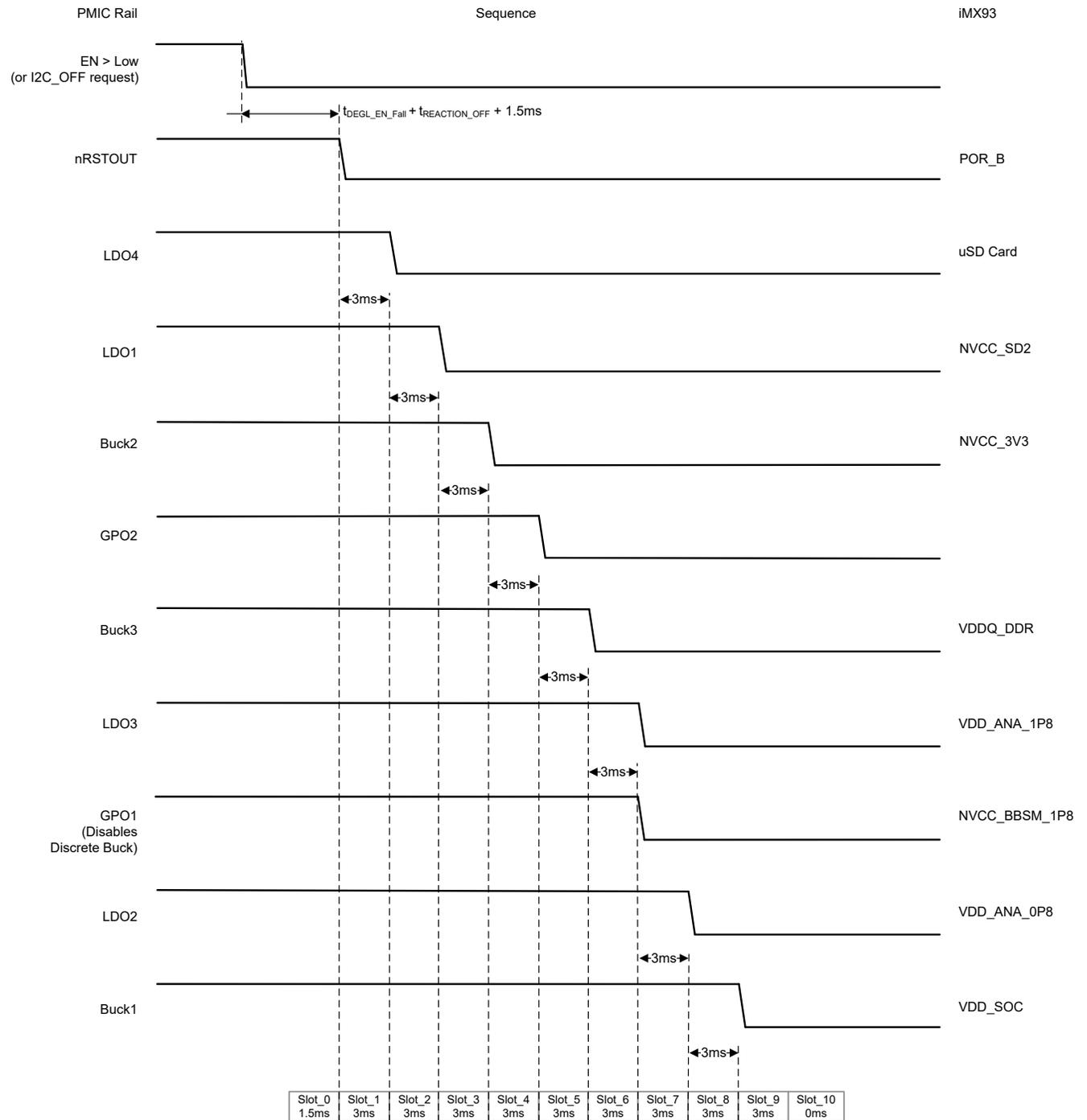


図 2-4. 電源オフシーケンス

2.3.2 TPS62A02 降圧コンバータ

TPS62A0x デバイス ファミリーは同期整流降圧型 DC/DC コンバータで、高効率と小型の設計サイズ向けに最適化されています。このデバイスには、最大 2A の出力電流を供給できるスイッチが内蔵されています。中負荷から高負荷では、デバイスはパルス幅変調 (PWM) モードで、2.4MHz のスイッチング周波数で動作します。軽負荷時には、デバイスは自動的にパワーセーブモード (PSM) へ移行し、負荷電流範囲の全体にわたって高い効率を維持します。シャットダウン時には、消費電流も最小限に抑えられます。このデバイスファミリーの TPS62A0xA のバリエーションでは、負荷電流範囲全体にわたって強制 PWM で動作します。

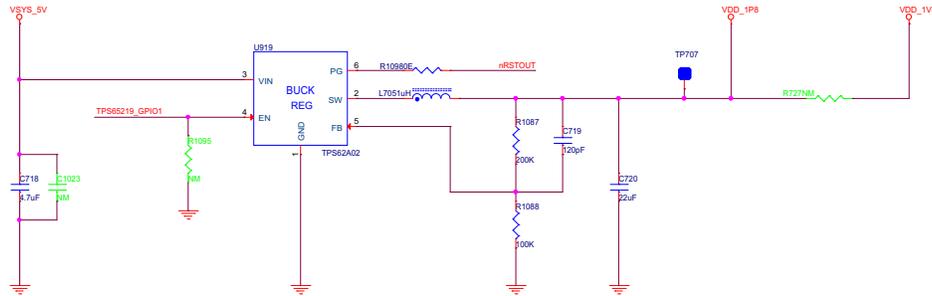


図 2-5. TPS62A02 降圧コンバータの接続

2.3.3 TLV740P LDO

TLV740P 低ドロップアウト (LDO) リニアレギュレータは、静止電流の低い LDO で、ラインおよび負荷過渡性能が非常に優れており、消費電力の制限が厳しいアプリケーション向けです。このデバイスの標準精度は 1% です。

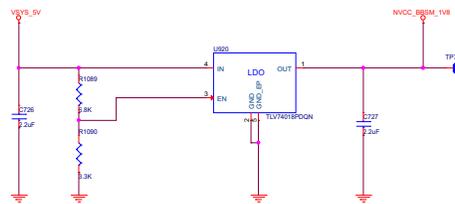


図 2-6. TLV740P の接続

3 ハードウェア、ソフトウェアおよびテスト結果

3.1 ハードウェア要件

TIDA-050087 SoM ボードを、以下に示すように MCIMX93-EVK ベースのボードに挿入すると、評価を簡単に実行できます。TI の SoM は、NXP の PCA9451A PMIC を使用する MCIMX93-EVK キットに付属している SoM を置き換えることもできます。TPS6521940 PMIC には、次のような複数の利点があります：

- BOM 設計サイズを 40% 縮小。TPS6521940 は 4mm x 4mm ピッチ付きの QFN パッケージを使用し、PCA9451A PMIC (7mm x 7mm パッケージ) よりも部品数が少なく済みます。
- 出力フィルタ容量の需要が小さくなりました。また、降圧と LDO の組み合わせを最適化しているため、BOM コストの削減しました。
- 高効率で、Rdson (HS) の 10 ~ 20% 低減、低静止電流 Iq、LDO 高出力電流能力を実現します。

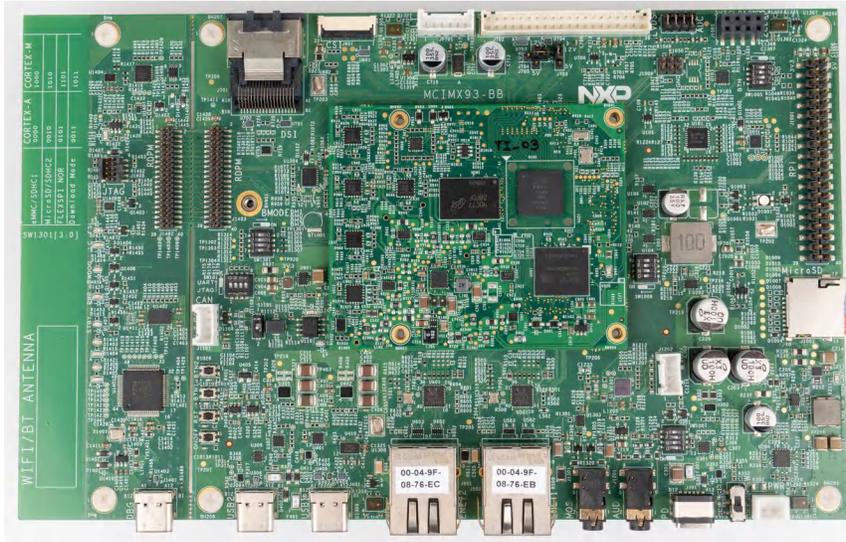


図 3-1. i.MX 93 SOM およびベース ボード

SoM の PCB 層のスタック アップは、元の I.MX 93 SoM のスタック アップと同じです。詳細については、「MCIMX93-EVK ユーザー マニュアル」の PCB 情報セクションを参照してください。



図 3-2. SOM 基板、上の面

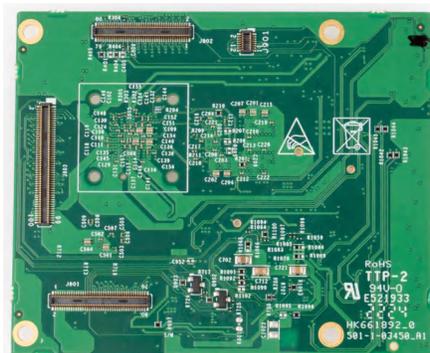


図 3-3. SOM 基盤、底の面

3.2 ソフトウェア要件

TI SoM eMMC は、「ソフトウェア ファイル」セクションにリンクされたカスタム WIC イメージを使用して事前フラッシュ書き込み済みです。このイメージは、メインライン Linux と U-Boot リポジトリからバックポートされた TPS65219 ドライバを搭載した組み込み Linux Yocto をベースとして、NXP i.MX 93 プロセッサを使用する TI TPS65219 PMIC をサポートする i.MX93 EVK dts ファイルを搭載しています。表 3-1 で WIC イメージ コンポーネントのバージョンを示します。

表 3-1. SDK ビルド情報

SDK コンポーネント リリース固有のビルド情報	バージョン
Yocto	4.2.3 (Mickledore)
Linux カーネル	6.1
UBoot	2023_24

WIC イメージを使用して基板を事前にフラッシュ書き込み済みなので、ユーザーは TI の SoM を i.MX93 EVK と組み合わせる際に変更を加える必要はありません。マザー ボードの電源がオンのときに eMMC からブートするには、ブート モード スイッチが **0000** のデフォルト位置に設定されていることを確認してください

3.2.1 便利な TI PMIC ドライバのユーザースペース コマンドの例

- modinfo を使用して、ロードされた TPS65219 PMIC カーネル モジュールの詳細情報を抽出および表示します：

```
>modinfo tps65219
>modinfo tps65219-regulator
>modinfo tps65219-pwrbutton
>modinfo gpio-tps65219
```

```
root@imx93-11x11-lpddr4x-evk:~# modinfo tps65219_regulator
name:          tps65219_regulator
filename:      (builtin)
license:       GPL
file:          drivers/regulator/tps65219-regulator
alias:         platform:tps65219-pmic
description:   TPS65219 voltage regulator driver
author:        Jerome Neanne <j-neeane@baylibre.com>
root@imx93-11x11-lpddr4x-evk:~#
root@imx93-11x11-lpddr4x-evk:~# modinfo tps65219
name:          tps65219
filename:      (builtin)
license:       GPL
file:          drivers/mfd/tps65219
description:   TPS65219 power management IC driver
author:        Jerome Neanne <jneanne@baylibre.com>
root@imx93-11x11-lpddr4x-evk:~#
```

- `i2cdetect` を使って、PMIC I2C アドレス `0x30` で I2C バス 1 をスキャンします。これには出力テーブルが表示されず。セル `0x30` の `UU` が、そのアドレスが TPS65219 ドライバによって現在使用されていることを示します。

```
>i2cdetect -y 1
```

```
root@imx93-11x11-1pddr4x-evk:~# i2cdetect -y 1
   0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  a  b  c  d  e  f
00:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
10:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
20:  --  --  UU  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
30:  UU  --  --  --  UU  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
40:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
50:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
60:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
70:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
```

- `/sys/class/regulator` ディレクトリ内にある PMIC レギュレータの詳細を確認してください。詳細については、kernel.org のマニュアル:kernel.org を参照してください

```
>cat /sys/class/regulator/regulator.7/name
>cat /sys/class/regulator/regulator.7/microvolts
>cat /sys/class/regulator/regulator.7/type
```

- 新しい端子で、`bcu` コマンドを使用して VDD_SOC 電源電圧を確認します:

```
>sudo bcu monitor -board=imx93evk11b1 -temp
```

3.2.2 TPS65219 PMIC パッチ ファイルを適用する手順

NXP SDK から開始して、TI の PMIC を新しいシステムに統合するには、以下の手順に従って TPS65219 パッチ ファイルを適用します。

次のファイルをダウンロードします:

1. `kernet-pmic.patch.gz`
2. `U-boot-pmic.patch`

Linux リポジトリ フォルダ (タグ: v6.1) 内: 使用中のカーネル ブランチ内で `kernel-pmic.patch` を移動します:

```
mv <file-path-to-your-patch>/kernel-pmic.patch <file-path-to-your-linux-branch>/linux/
```

uboot リポジトリ フォルダ内 (タグ: 2023_04):

```
mv <file-path-to-your-patch>/u-boot-pmic.patch <file-path-to-your-uboot-branch>/u-boot/
```

適用する前にパッチ ファイルを解凍します:

```
gunzip pmic_device-patch.gz
xz -d pmic_device-patch.gz
```

注

ファイル拡張子に一致する解凍コマンドを使用します。gz は `gunzip`、zst は `zstd -d <fileName.wic.zst>` を示します

(選択可能): `--dry-run` を使用して、永続的な変更を行わずに、説明したパッチ プロセスを実行します:

```
patch --dry-run <original_file_name_path> <mypatch.patch>
```

パッチ ファイルを適用する 2 つのオプション:

1. それぞれのパッチをファイルごとに適用します

Linux&U-Boot リポジトリ ディレクトリ内で、それぞれのパッチをファイルごとに適用します:

```
patch <original_file_name> TPS65219-pmic.patch
```

original_file 置換の例:

```
patch <original_file> TPS65219-pmic.patch
```

<original_file> を drivers/mfd/tps65219.c に置き換えます

コマンドの例:

```
patch drivers/mfd/tps65219.c TPS65219-pmic.patch
```

2. git am を使用して一度にパッチを適用します

```
git am -i <file-directory>/linux_patch_file.patch
git am -i <file-directory>/uboot_patch_file.patch
```

git am を使用すると、このコマンドは、まだ存在しないファイルのエラーを表示します。

この場合は: **touch <file-directory-path>** を使用して欠落しているファイルを作成し、**git am** を再起動します。

バージョン 6.1 ではファイルが欠落しているが、アップストリームのメインライン ブランチに存在するため、カーネル パッチを適用する前に作成する必要があるファイル:

```
touch drivers/gpio/gpio-tps65219.c
touch drivers/input/misc/tps65219-pwrbutton.c
touch drivers/mfd/tps65219.c
touch include/linux/mfd/tps65219.h
```

4 設計とドキュメントのサポート

4.1 デザイン ファイル

4.1.1 回路図

回路図をダウンロードするには、[TIDA-050087](#) のデザイン ファイルを参照してください。

4.1.2 部品表 (BOM)

部品表 (BOM) をダウンロードするには、[TIDA-050087](#) のデザイン ファイルを参照してください。

4.1.3 CAD ファイル

CAD ファイルをダウンロードするには、[TIDA-050087](#) のデザイン ファイルを参照してください。

4.2 ソフトウェア ファイル

ソフトウェア ファイルをダウンロードするには、[TIDA-050087](#) のデザイン ファイルを参照してください。

4.3 関連資料

1. テキサス インスツルメンツ、「[TPS65219 ARM Cortex®-A53 プロセッサおよび FPGA 向けの内蔵電力管理集積回路 \(PMIC\)](#)」データシート。
2. テキサス インスツルメンツ、「[TPS6521940 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、「[TPS62A0x](#)、[TPS62A0xA](#)、[TPS62A02Nx 1A](#)、[2A](#)、[高効率、同期降圧コンバータ](#)」データシート。
4. テキサス インスツルメンツ、「[TLV740P フォールドバック電流制限搭載、300mA](#)、[低ドロップアウトレギュレータ](#)」データシート。
5. NXP、「[i.MX 93 評価キットのリソースと資料](#)」データシート。
6. [Ubuntu](#) のマニュアルページリポジトリ。
7. [Yocto Project](#)、ホームページ。

4.3.1 商標

NXP™ is a trademark of NXP B.V.

E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

USB Type-C® is a registered trademark of USB Implementers Forum.

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

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