

1 系统说明

TIDA-050087 是一种参考设计，用于通过 TPS6521940 PMIC 和 TPS62A02 及 TLV740P 分立式功率元件为 NXP i.MX 93 处理器供电。此参考设计是作为 SoM 板开发的，与 NXP MCIMX93-EVK 随附的现有基板兼容，其中包括各种外设连接，可协助开发各种终端设备。基板包含用于有线通信的所有连接器、包含软件映像的 SD 卡插槽，以及用于启用多种启动选项的 DIP 开关。SoM 板包括处理器、电源设计和板载存储器。为确保整个电路板正常工作，已对电源设计进行全面的运行测试，以确保加电、断电、低功耗模式的运行、每个电源轨上的功耗或耗散、I2C 通信和 SD 卡 I/O 电压变化均正常无误。另外，各种接口也接受了测试，以确保正常运行：USB Type-C 电源输入、USB Type-C® 调试端口、RJ45 以太网端口、复位开关和开闭开关，以及指示灯 LED。

2 系统概述

2.1 方框图

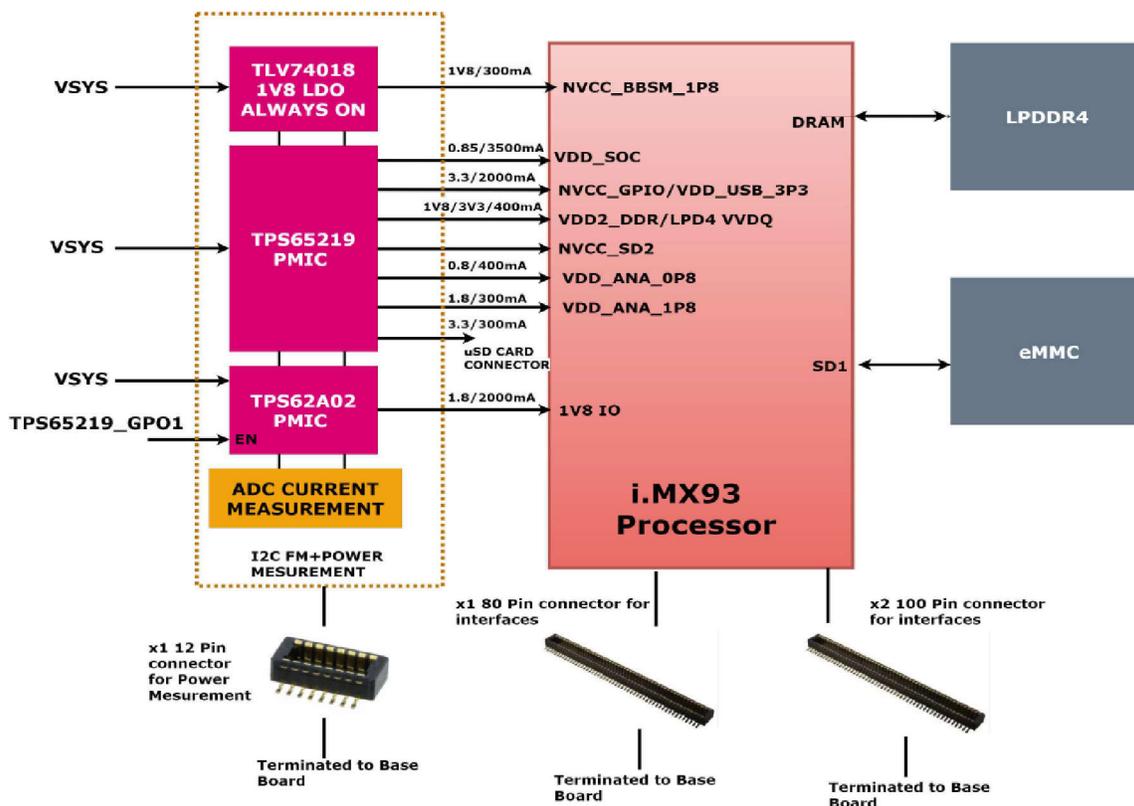


图 2-1. TIDA-050087 方框图

2.2 设计注意事项

此设计旨在展示 TI 电源器件为 i.MX 93 处理器和各种设计中的所有外设 IC 供电的功能。为了验证这一点，需要从处理器开始，将设计中的所有 IC 都安装上。本节包含了构建运行评估套件所需的所有其他器件。节 2.3 介绍设计中使用的电源器件和其他 TI 器件。

2.2.1 处理器 - i.MX 93 应用处理器

i.MX 93 应用处理器是 NXP 推出的一款处理器，也是其产品系列中首款集成 Arm Cortex-A55 内核核心的处理器。该处理器面向工业、汽车和消费类物联网市场应用。

表 2-1. 处理器详细信息

说明	制造商	器件型号
采用 Arm Cortex A55 内核的 i.MX 93 应用处理器	NXP	MIMX9352CVVXMA8

2.2.2 LPDDR4

i.MX 93 具有一个专用的存储器控制器，可与板载 LPDDR4 存储器连接。此设计使用 Micron 的 MT53E2G32D4DE-046。

表 2-2. LPDDR4 详细信息

说明	制造商	器件型号
DRAM LPDDR4 64G 2GX32 FBGA	Micron	MT53E2G32D4DE-046 WT:C

2.2.3 eMMC iNAND

此设计中包含一块符合 eMMC 5.1 标准的 16GB 存储器。此处使用的器件来自 Western Digital，型号为 SDINBDA6-16G。SDINBDA6-16G 支持 HS400 高速模式，可在 200MHz 双数据速率总线和 8 位总线宽度下实现 400MBps 的传输速度。

表 2-3. eMMC iNAND 详细信息

说明	制造商	器件型号
IC、eMMC 16GB iNAND 7250 eMMC 5.1	Western Digital	SDINBDA6-16G

2.3 重点产品

2.3.1 TPS6521940 — 电源管理 IC

TPS6521940 器件是一款电源管理 IC (PMIC)，专门设计用于支持 Arm Cortex 处理器（例如 NXP 的 i.MX 93）。PMIC 非常适合用于由 5V 电源或锂离子电池供电的应用。该器件包括三个同步降压转换器和四个线性稳压器。DC/DC 转换器能够提供 1 x 3.5A 和 2 x 2A 的电流。其中两个 LDO 在 0.6V 至 3.4V 的输出电压范围内支持 400mA 的输出电流。这些 LDO 支持旁路模式，用作负载开关，并允许在运行期间改变电压。另外两个 LDO 在 1.2V 至 3.3V 的输出电压范围内支持 300mA 的输出电流。这些 LDO 也支持负载开关模式。I2C 接口、IO、GPIO 和多功能引脚 (MFP) 可实现与各种 SoC 的无缝连接。

图 x 显示了 PMIC 和处理器之间的电源和控制引脚连接。

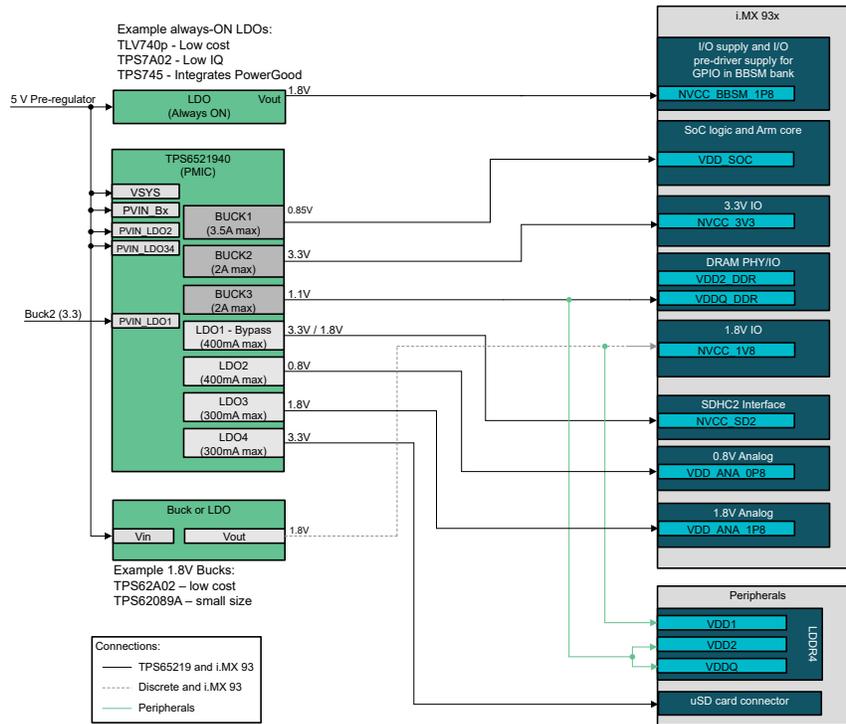


图 2-2. TPS6521940 为 i.MX 93 和 DDR4 供电

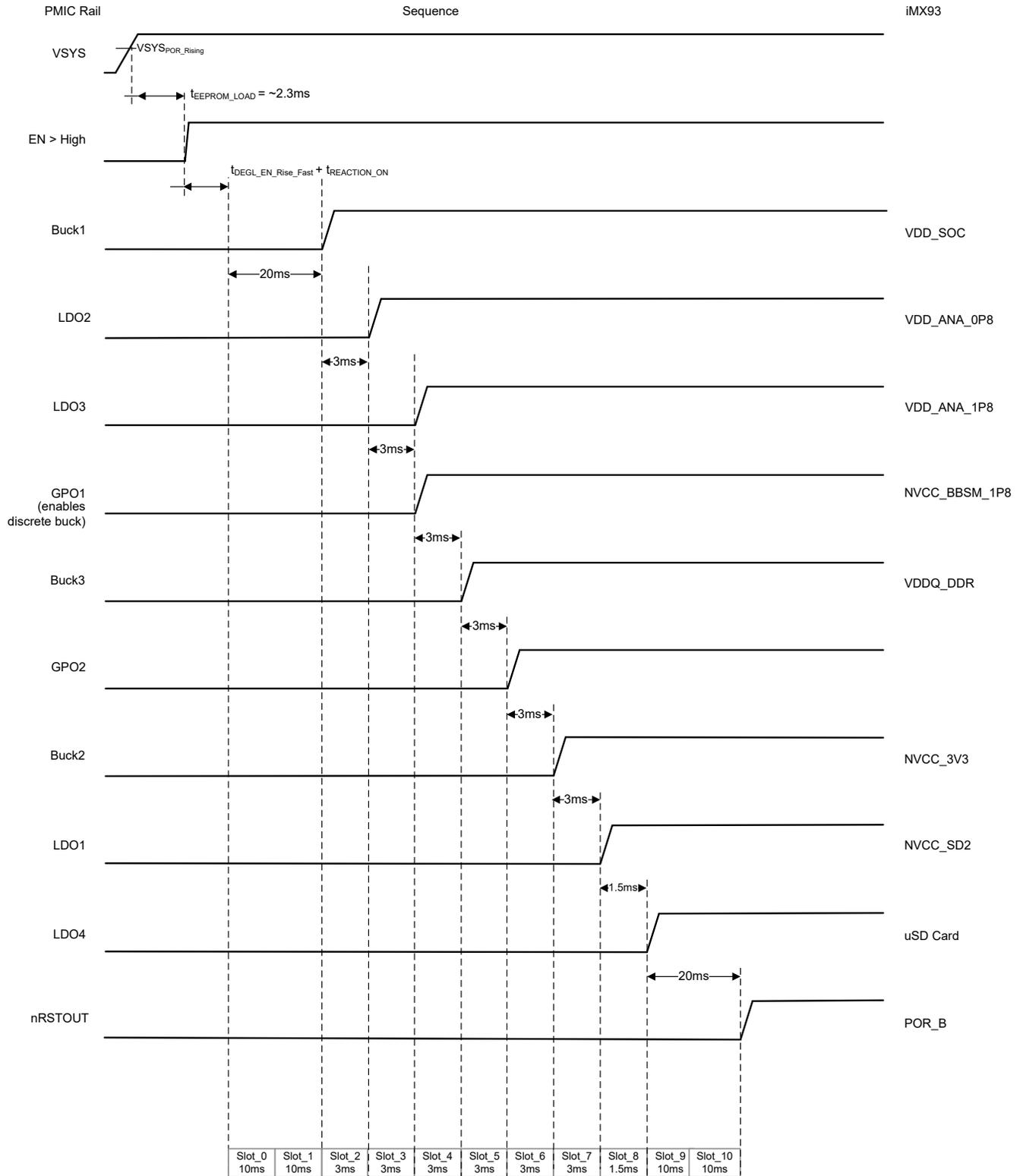


图 2-3. 上电序列

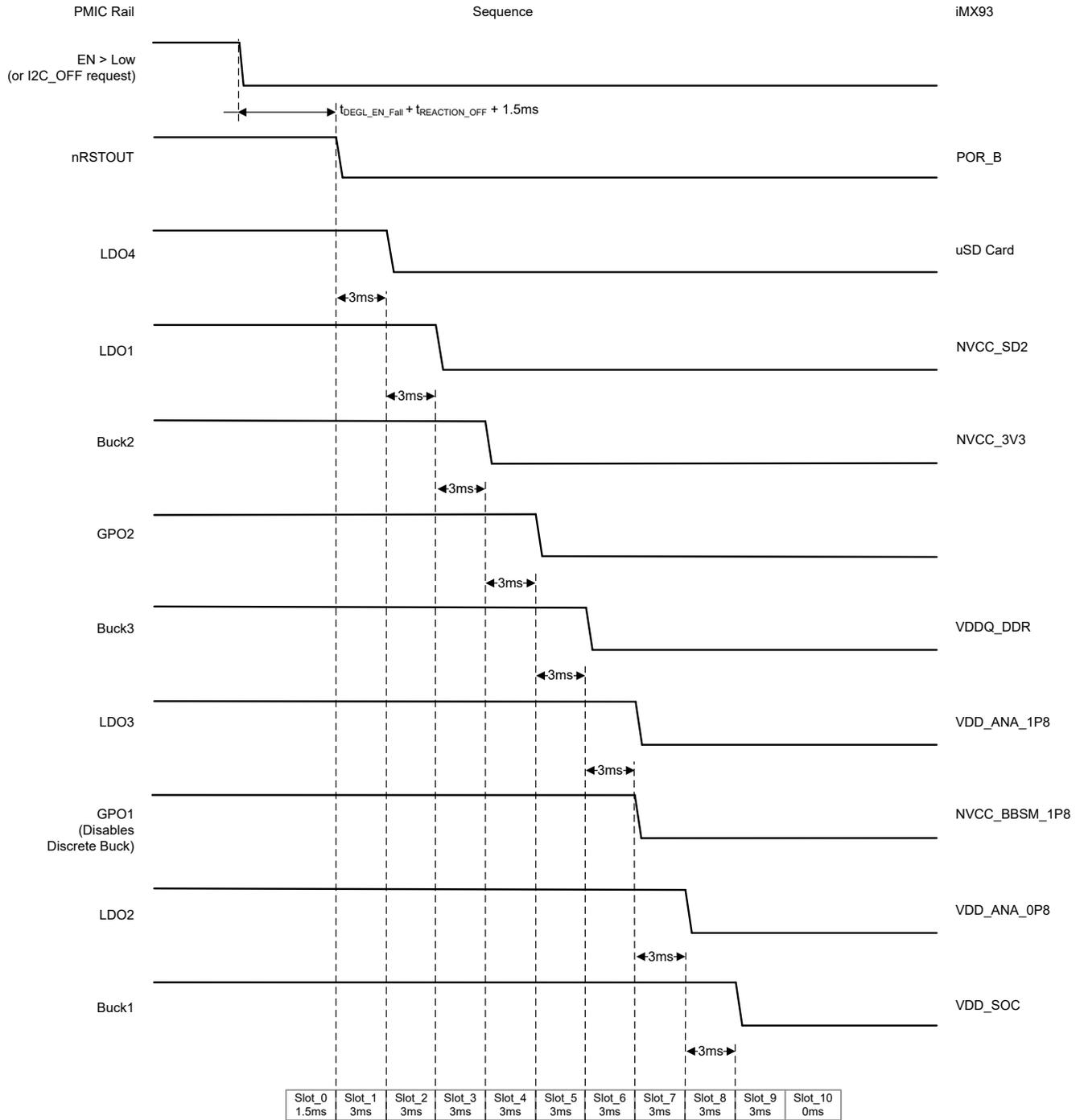


图 2-4. 下电序列

2.3.2 TPS62A02 降压转换器

TPS62A0x 系列器件是同步直流/直流降压转换器，经过优化可实现高效率和紧凑型设计尺寸。此器件集成了能够传送高达 2A 输出电流的开关。在中等负载至重负载条件下，该器件在脉宽调制 (PWM) 模式下以 2.4MHz 开关频率运行。在轻载情况下，这些器件自动进入节能模式 (PSM)，从而在整个负载电流范围内保持高效率。关断时，电流消耗量也最低。该器件系列的 TPS62A0xA 型号在整个负载电流范围内以强制 PWM 模式运行。

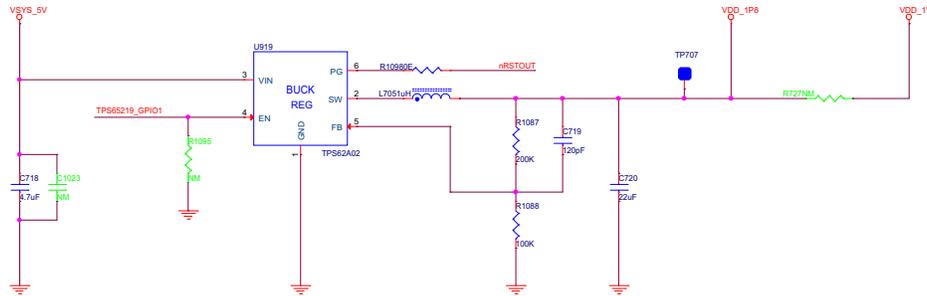


图 2-5. TPS62A02 降压转换器连接

2.3.3 TLV740P LDO

TLV740P 低压降 (LDO) 线性稳压器是一款低静态电流 LDO，具有出色的线路和负载瞬态性能，专为对功耗敏感的应用设计。此器件可提供 1% 的典型精度。

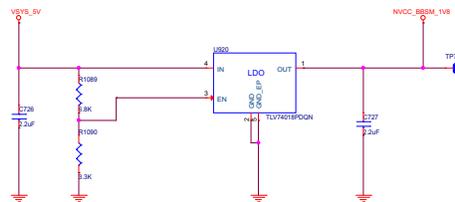


图 2-6. TLV740P 连接

3 硬件、软件和测试结果

3.1 硬件要求

TIDA-050087 SoM 板按如下所示插入基于 MCIMX93-EVK 的电路板，以便轻松评估。TI SoM 可以替代 MCIMX93-EVK 套件中包含的 SoM，此套件使用 NXP 的 PCA9451A PMIC。TPS6521940 PMIC 提供多种优势，其中包括：

- BOM 设计尺寸减小 40%。TPS6521940 采用间距为 0.4mm 的 4mm x 4mm QFN 封装、并且比 PCA9451A PMIC (7mm x 7mm 封装) 使用的元件数量更少。
- 由于输出滤波电容需求较小，并且优化了降压转换器与 LDO 的组合，BOM 成本得以降低。
- 由于 $R_{ds(on)}$ (HS) 降低 10-20%， I_q 更低，且 LDO 具有更高的输出电流能力，效率得以提升。

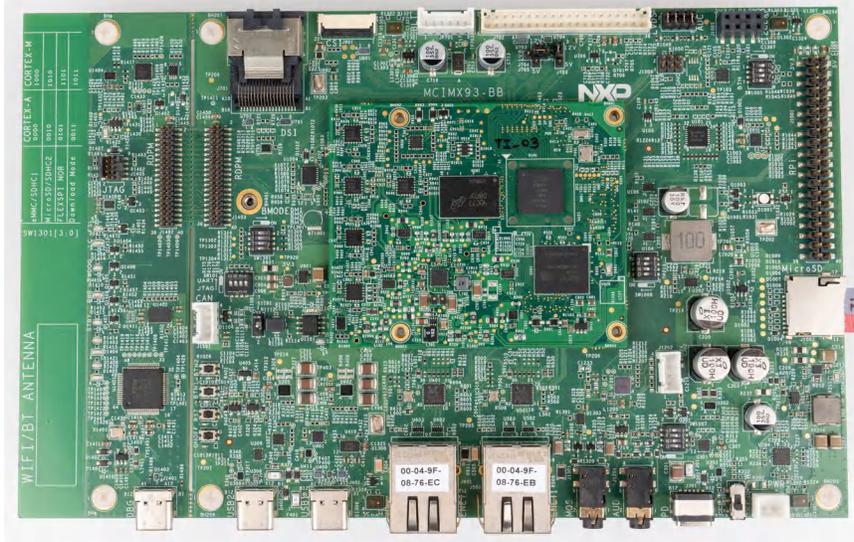


图 3-1. i.MX 93 SoM 和基板

SoM 的 PCB 层堆叠与原始 i.MX 93 SoM 的堆叠相同。有关详细信息，请参阅 MCIMX93-EVK 用户手册的 PCB 信息部分。



图 3-2. SoM 板顶层

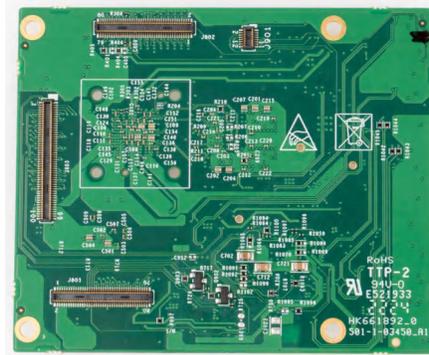


图 3-3. SOM 板底层

3.2 软件要求

TI SoM eMMC 通过“软件文件”部分中链接的自定义 WIC 映像进行了预先刷写。此映像基于嵌入式 Linux Yocto 构建，包含从主线 Linux 和 U-Boot 存储库回移的 TPS65219 驱动程序，并包括一个 i.MX93 EVK dts 文件，该文件支持具有 NXP I.MX 93 处理器的 TI TPS65219 PMIC。表 3-1 中列出了 WIC 映像元件版本。

表 3-1. SDK 构建信息

特定于 SDK 组件版本的构建信息	版本
Yocto	4.2.3 (Mickledore)
Linux 内核	6.1
UBoot	2023_24

由于电路板预先刷写了 WIC 映像，因此用户无需进行任何更改即可将 TI SoM 与 i.MX93 EVK 配合使用。要在主板上电时从 eMMC 引导，请验证引导模式开关是否已设置为默认的 **0000** 位置。

3.2.1 实用的 TI PMIC 驱动程序用户空间命令示例

- 使用 modinfo 提取并显示有关已加载的 TPS65219 PMIC 内核模块的详细信息：

```
>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 Nianne <j-neanne@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 Nianne <jneanne@baylibre.com>
root@imx93-11x11-lpddr4x-evk:~#
```

- 使用 i2cdetect 扫描 PMIC I2C 地址 0x30 处的 I2C 总线 1。此操作会显示一个输出表，其中单元格 0x30 处的 UU 指示该地址当前正在由 TPS65219 驱动器使用。

```
>i2cdetect -y 1
```

```
root@imx93-11x11-lpddr4x-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: -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
  
```

- 请查看 `/sys/class/regulator` 目录中的 PMIC 稳压器详细信息。有关进一步说明，请参阅此 kernel.org 文档：
kernel.org

```

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

- 在新终端中，使用 `bcu` 命令验证 `VDD_SOC` 电压电源：

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

3.2.2 应用 TPS65219 PMIC 补丁文件的步骤

要将 TI PMIC 集成到基于 NXP SDK 的新系统中，请按照以下步骤应用 TPS65219 补丁文件。

打开以下文件：

- kernel-pmic.patch.gz
- U-boot-PMIC.patch

在 `linux` 存储库文件夹（标签：v6.1）中：将 `kernel-pmic.patch` 移到正在使用的内核分支：

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

在 `uboot` 存储库文件夹（标签：2023_04）中：

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

在应用以下内容之前解压补丁文件：

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

备注

使用与文件扩展名匹配的 `uncompress` 命令。`.gz` 表示 `gunzip`，`.zst` 表示 `zstd -d <fileName.wic.zst>`

（可选）：逐步完成所述的修补程序，但使用 `--dry-run` 选项以避免永久性更改：

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

应用补丁文件的两个选项：

- 逐个文件应用相应的补丁文件

在 `Linux` 和 `U-Boot` 存储库目录中，逐个文件应用相应的修补程序文件：

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

`original_file` 替换示例：

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

将 `<original_file>` 替换为：`drivers/tps65219.c`

命令示例

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

2. 使用 **git am** 一次性应用补丁

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

使用 **git am** 时，如果文件不存在，该命令会显示错误。

如果出现这种情况：请使用 **touch <file-directory-path>** 创建缺失的文件，然后重新启动 **git am**。

由于文件在 v6.1 中缺失但存在于上游主线分支中，因此在应用内核补丁之前需要创建以下文件：

```
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 设计和文档支持

4.1 设计文件

4.1.1 原理图

要下载原理图，请参阅 [TIDA-050087](#) 中的设计文件。

4.1.2 物料清单

要下载物料清单 (BOM)，请参阅 [TIDA-050087](#) 中的设计文件。

4.1.3 CAD 文件

要下载 CAD 文件，请参阅 [TIDA-050087](#) 中的设计文件。

4.2 软件文件

要下载软件文件，请参阅 [TIDA-050087](#) 中的设计文件。

4.3 相关文档

1. 德州仪器 (TI)，[TPS65219 适用于 ARM Cortex®—A53 处理器和 FPGA 的集成电源管理 IC](#)，数据表。
2. 德州仪器 (TI)，[TPS6521940 技术参考手册](#)。
3. 德州仪器 (TI)，[TPS62A0x、TPS62A0xA 和 TPS62A02Nx 1A、2A 高效同步降压转换器](#)，数据表。
4. 德州仪器 (TI)，[具有折返电流限制的 TLV740P 300-mA 低压降稳压器](#)，数据表。
5. NXP，[i.MX 93 评估套件资源和文档](#)，数据表。
6. [Ubuntu 手册页存储库](#)。
7. [Yocto 项目](#)，主页。

4.3.1 商标

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.

所有商标均为其各自所有者的财产。

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司