



Wenting Wu

## 摘要

本应用手册针对工厂自动化和控制应用中的工业机器视觉相机或视觉传感器，提供了高性能 CMOS 图像传感器电源解决方案。本应用手册说明了选择适当元件来生成更佳电源轨的重要性。文中介绍了三种不同的解决方案，包括一种分立式解决方案和两种基于不同 PMIC 的集成式解决方案。这些解决方案具有以下特点：

- 具体的电源序列
- 灵活的大输出电容驱动能力
- 更高的效率性能
- 小尺寸

## 内容

|                |    |
|----------------|----|
| 1 简介.....      | 3  |
| 2 TI 解决方案..... | 5  |
| 3 测试结果.....    | 19 |
| 4 分析.....      | 24 |
| 5 总结.....      | 26 |
| 6 参考文献.....    | 27 |
| 7 修订历史记录.....  | 27 |

## 插图清单

|  |    |
|--|----|
| 图 1-1. 具体的电源时序需求.....  | 4  |
| 图 2-1. 分立式解决方案电路板方框图.....  | 6  |
| 图 2-2. PMIC TPS65000 解决方案方框图.....  | 7  |
| 图 2-3. PMIC TPS650330-Q1 解决方案方框图.....  | 7  |
| 图 2-4. 电源抑制比与频率和输入电压的关系.....   | 9  |
| 图 2-5. 电源抑制比与频率和输出电流的关系.....   | 9  |
| 图 2-6. 输出噪声与输出电压的关系.....   | 9  |
| 图 2-7. 噪声与频率和 CFFx 的关系.....  | 9  |
| 图 2-8. 负载瞬态响应与 Voutx 的关系.....  | 9  |
| 图 2-9. TPS62841DLC 的方框图.....   | 10 |
| 图 2-10. 效率与负载电流的关系 (VOUT=1.8V).....  | 10 |
| 图 2-11. 分立式解决方案原理图.....  | 13 |
| 图 2-12. 分立式解决方案的 PCB 板.....  | 14 |
| 图 2-13. TPS65000 的方框图.....   | 15 |
| 图 2-14. TPS650330-Q1 的方框图.....   | 17 |
| 图 3-1. CMOS 图像传感器电源轨的电源序列.....   | 20 |
| 图 3-2. PYTHON 300/500/1300 CMOS 图像传感器中由 TPS7A90 或 TPS62840 提供数字电压轨时的效率.....  | 21 |
| 图 3-3. IMX25X/26X CMOS 图像传感器中由 TPS7A90 或 TPS62841 提供数字电压轨时的效率.....           | 21 |
| 图 3-4. 采用 TPS65000 解决方案时 CMOS 图像传感器各个电源轨的电源序列.....                           | 22 |
| 图 3-5. IMX25X/26X CMOS 图像传感器各个电源轨的电源序列.....                                  | 23 |
| 图 4-1. 采用具有 120ms 延时的 LM3880 时 PYTHON 300/500/1300 CMOS 图像传感器各个电源轨的电源序列..... | 24 |
| 图 4-2. 为 PYTHON 300/500/1300 CMOS 图像传感器供电的中间电压与整个系统的效率之间的关系.....             | 24 |
| 图 4-3. 为 IMX25X/26X CMOS 图像传感器供电的中间电压与整个系统的效率之间的关系.....                      | 24 |

## 表格清单

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| 表 1-1. 三种高性能 CMOS 图像传感器的电源要求..... | 3 |
|-----------------------------------|---|

|  |    |
|--|----|
| 表 2-1. 三种示例 CMOS 图像传感器的电源解决方案.....                                     | 5  |
| 表 2-2. 分立式解决方案电路中器件及其规格摘要.....   | 10 |
| 表 2-3. LM3880 的设置及具体电源时序要求.....  | 11 |
| 表 2-4. 获得 LMR36015、TPS7A87、TPS7A90 和 TPS62840 所需输出电压的设置.....           | 11 |
| 表 2-5. TPS65000 中元件及其规格的摘要.....  | 15 |
| 表 2-6. 获得 TPS65000EVM 电路板所需输出电压的设置.....                                | 15 |
| 表 2-7. 将 LM3880EVM 电路板与 TPS65000EVM 电路板相连.....                         | 16 |
| 表 2-8. TPS650330-Q1 中元件及其规格摘要.....                                     | 18 |
| 表 3-1. 分立式解决方案电路板的六种用例配置.....  | 19 |
| 表 3-2. CMOS 图像传感器电源系统的效率.....  | 20 |
| 表 3-3. 采用 TPS65000 解决方案时整个系统的效率.....                                   | 22 |
| 表 3-4. 采用 TPS650330-Q1 解决方案时整个系统的效率.....                               | 23 |
| 表 4-1. 使 LMR36015 输出 3.9V、4V、5V 和 4.5V 所需的电阻器选择.....                   | 24 |
| 表 4-2. 仅为 IMX25X/26X CMOS 图像传感器的数字电压轨供电时分立式解决方案与 TPS65000 解决方案的效率..... | 25 |
| 表 4-3. TPS6284X 与 TPS65000 中集成式降压转换器的主要损耗比较.....                       | 25 |
| 表 5-1. 每种解决方案中使用的元件数量.....   | 26 |

## 商标

HotRod™ and DCS-Control™ are trademarks of TI.

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 1 简介

本应用手册中介绍的电源解决方案在设计时考虑到了工厂自动化和物流机器视觉应用的各项要求。经事实证明，机器视觉是一项关键技术，能够满足自动化制造的各种需求，其中包括：

- 检查
- 识别
- 质量控制
- 物流
- 机器人

如需查看与工业工厂自动化和控制领域中机器视觉终端设备这一主题相关的 TI 信息，请单击[此处](#)。如需查看工业相机的常见方框图以及相关的 TI 产品和 TI 参考设计，请单击[此处](#)。

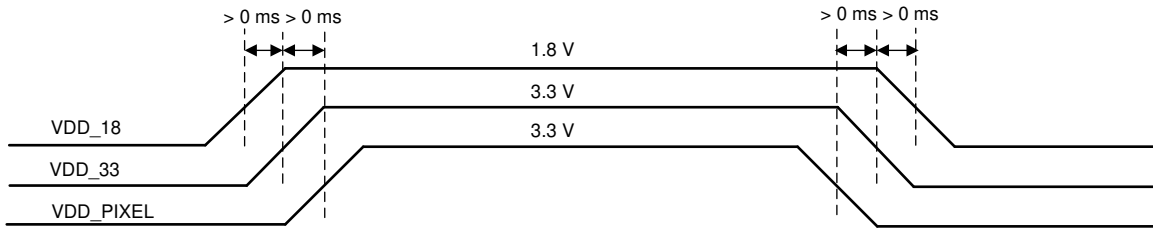
### 1.1 CMOS 图像传感器的电源要求及其电源设计挑战

CMOS 图像传感器通常需要三个具有特定序列的电源轨，分别用于模拟部分、像素部分（或接口部分）以及数字部分。模拟电源轨的电压通常为 3.3V，像素电源轨（或接口电源轨）的电压通常为 3.3V 或 1.8V，而数字电源轨的电压通常为 1.8V 或 1.2V。为了改善 CMOS 图像传感器的噪声性能，有时会在 CMOS 图像传感器的电源引脚前面放置大旁路电容器。CMOS 图像传感器的噪声性能也可通过减少每一电源轨的抖动而得到改善。一般来说，模拟电源轨对噪声最为敏感；像素电源轨也对噪声敏感。在机器视觉应用中，相机的尺寸通常较小，例如 25mm 的立方体。因此，必须提高电源轨效率，从而改善 CMOS 图像传感器的散热性能并避免色彩滤镜效果下降。

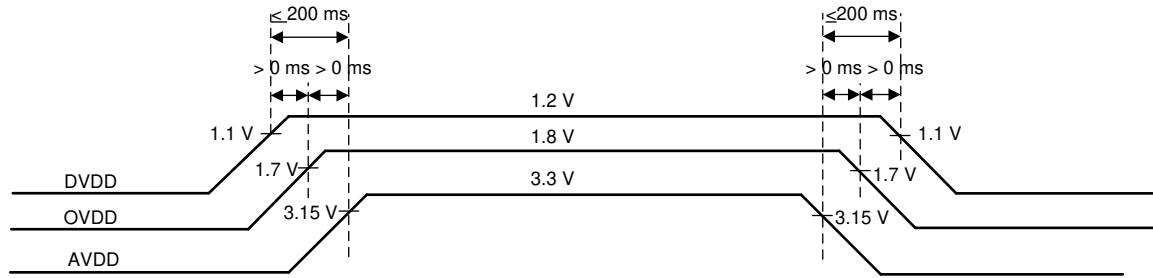
本应用手册举例讨论了 PYTHON 300/500/1300 系列、PYTHON 3000/5000 系列和 IMX25X/26X 系列这三种高性能 CMOS 图像传感器。根据表 1-1 和图 1-1，我们可以看出 PYTHON 系列 CMOS 图像传感器的电源轨需要大旁路电容器。PYTHON 3000/5000 系列器件的功耗要高于其他 CMOS 图像传感器。CMOS 图像传感器的电源要求会因制造商和功能而异。

表 1-1. 三种高性能 CMOS 图像传感器的电源要求

| CMOS 图像传感器          | 电源轨       | 电源轨名称     | 电压   | 典型电流消耗 | 旁路电容器  | 噪声灵敏度 |
|---------------------|-----------|-----------|------|--------|--------|-------|
| PYTHON 300/500/1300 | 模拟电源轨     | VDD_33    | 3.3V | 140mA  | ≤250μF | 高     |
|                     | PIXEL 电源轨 | VDD_PIXEL | 3.3V | 5mA    | ≤250μF | 中     |
|                     | 数字电源轨     | VDD_18    | 1.8V | 80mA   | ≤10μF  | 低     |
| PYTHON 3000/5000    | 模拟电源轨     | VDD_33    | 3.3V | 355mA  | ≤250μF | 高     |
|                     | PIXEL 电源轨 | VDD_PIXEL | 3.3V | 10mA   | ≤250μF | 中     |
|                     | 数字电源轨     | VDD_18    | 1.8V | 140mA  | ≤10μF  | 低     |
| IMX25X/26X          | 模拟电源轨     | AVDD      | 3.3V | 120mA  | ≤22μF  | 高     |
|                     | 接口电源轨     | OVDD      | 1.8V | 11mA   | ≤22μF  | 中     |
|                     | 数字电源轨     | DVDD      | 1.2V | 120mA  | ≤10μF  | 低     |



(a) Powering sequences of PYTHON series



(b) Powering sequences of IMX series

图 1-1. 具体的电源时序需求

## 2 TI 解决方案

### 2.1 解决方案概述

本节介绍了用于为节 1.1 中所列 CMOS 图像传感器供电的三种解决方案。表 2-1 使用标记“YES”（是）标明了表 1-1 中所列 CMOS 图像传感器适用的电源解决方案。

表 2-1. 三种示例 CMOS 图像传感器的电源解决方案

| CMOS 图像传感器          | 分立式电路板解决方案 (LMR36015+TPS7A87+TPS7A90/TPS6284X+LM3880) | TPS65000 解决方案 (分立式电路板解决方案中的 LMR36015+TPS65000 EVM+LM3880 EVM) | TPS650330-Q1 解决方案 (TPS650330-Q1 EVM 电路板) |
|---------------------|---|---|--|
| PYTHON 300/500/1300 | 是   | 是   | 不适用                                      |
| PYTHON 3000/5000    | 是   | 不适用   | 不适用                                      |
| IMX25X/26X          | 是   | 是   | 是  |

第一种解决方案是图 2-1 中所示的分立式解决方案。该分立式解决方案可为 PYTHON 300/500/1300/3000/5000 系列器件和 IMX25X/26X 系列器件供电。若要为 IMX25X/26X 系列器件供电，需要调整电路板上的分压电阻器和电源序列。

该解决方案包括：

- 宽输入电压降压转换器 **LMR36015**，用作第一个功率级来将较高的输入电压（5V、12V 或 24V）转换为较低的中间电压（4V）。此 4V 中间电压轨用作第二个功率级的输入电压，用于生成 CMOS 图像传感器的电源轨和序列发生器的电源。此外，该 4V 电源轨还可用于为相机的其他电子模块供电。
- 双路 LDO 器件 **TPS7A87**，用于为 CMOS 图像传感器中对噪声敏感的模拟电压轨和像素电压轨（或接口电压轨）供电。
- 单路 LDO **TPS7A90**，用于为 CMOS 图像传感器的数字电压轨供电。
- **TPS6284X** 系列低输入电压降压转换器（TPS62840 用于为 PYTHON 300/500/1300/3000/5000 系列 CMOS 图像传感器的数字电压轨供电，而 TPS62841 用于为 IMX25X/26X 系列 CMOS 图像传感器的数字电压轨供电）。
- **LM3880** 模拟序列发生器，用于控制每个电源轨的具体电源时序。

第一个功率级和第二个功率级之间的 2 引脚插头用于断开这两个功率级，从而分别对它们进行测试。TPS7A90 和 TPS6284X 之间放置了一个 3 引脚插头，用于选择 TPS7A90 或 TPS6284X 作为数字电压轨电源。另外还有三个 3 × 2 引脚用于根据图 1-1 中所示的电源时序来调节电源系统的正确电源时序。

该分立式解决方案的主要特性包括：

- 输入电压：5V/12V/24V，支持高达 60V 的瞬变。
- 4V，用作中间电压
- 三个低噪声、高 PSRR 输出电压轨（通常为 1.2V - 3.3V）
- 最高 500mA 的输出电流
- 最高 250μF 的输出电容器
- 受控的加电和断电时序
- 有源输出放电
- 小尺寸 (25mm × 24mm)

第二个解决方案主要基于 PMIC **TPS65000**，其方框图如图 2-2 中所示。此解决方案可支持为 PYTHON 300/500/1300 系列器件和 IMX25X/26X 系列器件供电。若要为 IMX25X/26X 系列器件供电，需要修改电路板上的分压电阻器和电源序列。在此解决方案中，分立式解决方案电路板中的 **LMR36015** 用作第一个功率级，负责将较高的输入电压（5V、12V 或 24V）转换为较低的中间电压（4V）。**TPS65000 EVM** 用作第二个功率级，负责将 4V 中间电压转换为模拟电压轨所需的 3.3V、PIXEL 电压轨所需的 3.3V 或接口电压轨所需的 1.8V，以及数字电压轨所需的 1.8V 或 1.2V。**LM3880 EVM** 用于控制每个电压轨的具体电源序列。

第三个解决方案基于 PMIC 器件 **TPS650330-Q1**，其方框图如图 2-3 中所示。此解决方案可支持为 IMX25X/26X 系列 CMOS 图像传感器供电。该系统可支持最高 18.3V 的输入电压。不同 CMOS 图像传感器的电压要求和具体电源序列要求可通过在 GUI 中设置 TPS650330-Q1 的寄存器来进行配置。

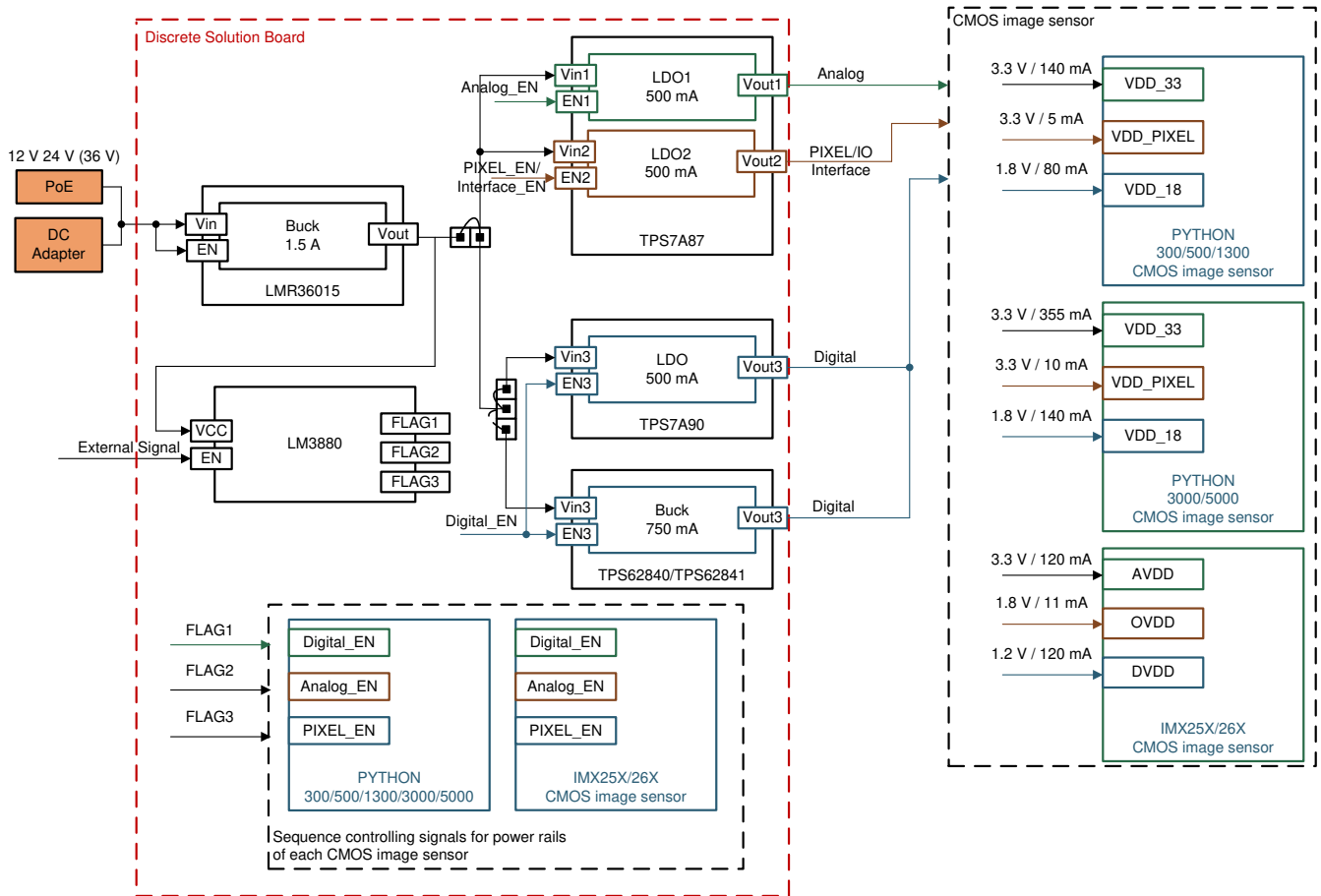


图 2-1. 分立式解决方案电路板方框图

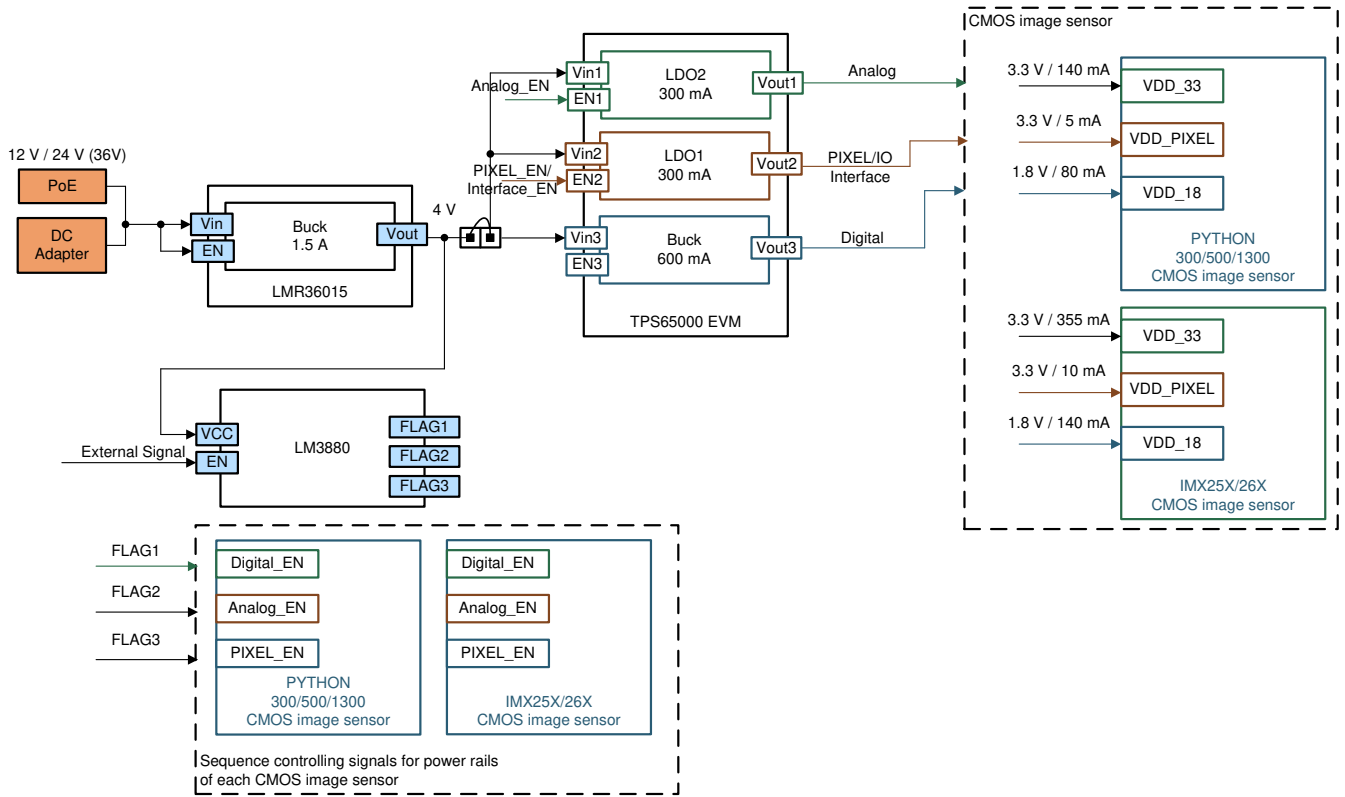


图 2-2. PMIC TPS65000 解决方案方框图

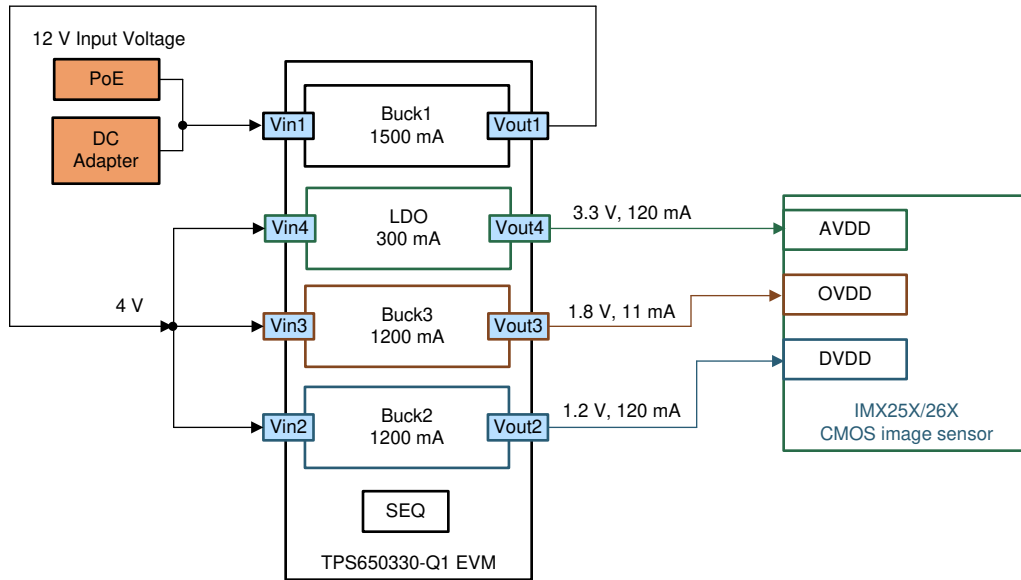


图 2-3. PMIC TPS650330-Q1 解决方案方框图

## 2.2 分立式解决方案电路板设计

### 2.2.1 器件选择

选择器件时，首先必须强调电源管理器件的规格可满足表 1-1 中所列 CMOS 图像传感器中每个电源轨的电源要求，其中包括：

- 输入电压范围 (Vin)
- 输出电压范围 (Vout)
- 输出电流范围 (Iout)

- 输出电容 (Cout)
- 输出电压容差

节 2.2.3 中介绍了设计分立式解决方案电路板的其他注意事项。此外，CMOS 图像传感器的数字电压轨对噪声不敏感，因此可考虑使用 LDO TPS7A90 和降压转换器 TPS6284X 来为数字电压轨供电。

#### a) LMR36015 4.2V 至 60V、1.5A 超小型同步降压转换器

LMR36015 稳压器是一款易于使用的同步降压直流/直流转换器。该器件具有集成式高侧和低侧功率 MOSFET，能够在 4.2V 至 60V 的宽输入电压范围内提供高达 1.5A 的输出电流。容差高达 66V。这种瞬态容差有助于减少防止过压所需的设计工作量，并满足 IEC 61000-4-5 的浪涌抗扰度要求。LMR36015 采用峰值电流模式控制机制来实现出色的效率和输出电压精度。利用 1MHz 稳压器中的 FPWM 功能，可改善负载瞬态性能。精密使能支持直接连接到宽输入电压或对器件启动和关断进行精确控制，因此带来了灵活性。附带内置滤波和延迟功能的电源正常状态标志可提供对系统状态的真实指示，且无需使用外部监控器。LMR36015 采用 HotRod™ 封装，实现了低噪声、高效率和最小的封装裸片比率。此器件需要极少的外部组件，并且具有可简化 PCB 布局的引脚排列方式。LMR36015 的小解决方案尺寸和功能集旨在简化对各种终端设备的部署，这些终端设备包括超小型现场发送器和视觉传感器等空间关键型应用。LMR36015 器件采用 2mm × 3mm 12 引脚 VQFN-HR (12) 封装。

LMR36015 器件具有多个版本，具体由开关频率以及是否存在强制 PWM (FPWM) 模式来定义。分立式解决方案中将 LMR36015FB 版本与可增加 1MHz 开关频率的 FPWM 模式搭配使用。

#### b) LDO 选择

这里使用了两个 LDO 来为模拟电压轨以及 PIXEL 或 IO 接口电压轨这些对噪声敏感的电压轨供电。在为对噪声敏感的电压轨供电时，以下 LDO 规格变得更为重要。

- 在整个温度范围内保持低噪声。
- 高 PSRR (电源抑制比)，即使在低余量电压 (VIN-VOUT) 条件下。
- 高精度。
- 有源输出放电。
- 与大输出电容器一起工作时保持稳定。
- 可调启动浪涌控制。

#### TPS7A87 双路 500mA 低噪声 (3.8 $\mu$ VRMS) LDO 稳压器和 TPS7A90 单路 500mA 高精度、低噪声、低压降 (LDO) 稳压器

TPS7A87 和 TPS7A90 都是低噪声 (TPS7A87 为 3.8  $\mu$ VRMS，而 TPS7A90 为 4.7  $\mu$ VRMS)、低压降 (LDO) 稳压器，能够通过仅 100mV 的最大压降来提供 500mA 电流。TPS7A87 的每个输出均可通过外部电阻在 0.8V 至 5.2V 的范围内进行调节，而 TPS7A90 的输出可通过外部电阻在 0.8V 至 5.7V 的范围内进行调节。TPS7A87 和 TPS7A90 的宽输入电压范围支持其在低至 1.4V 和高达 6.5V 的电压下工作。这两款 LDO 的输出电压精度 (整个线路、负载和温度范围内) 达 1%，并且可通过软启动功能减少浪涌电流，因此非常适合为各种敏感类模拟低压器件供电，包括：

- 电压控制振荡器 (VCO)
- 模数转换器 (ADC)
- 数模转换器 (DAC)
- 互补金属氧化物半导体 (CMOS) 传感器
- 视频专用集成电路 (ASIC)

TPS7A87 器件采用 4mm × 4mm WQFN (20) 封装。TPS7A90 器件采用 2.5mm × 2.5mm WSON (10) 封装。



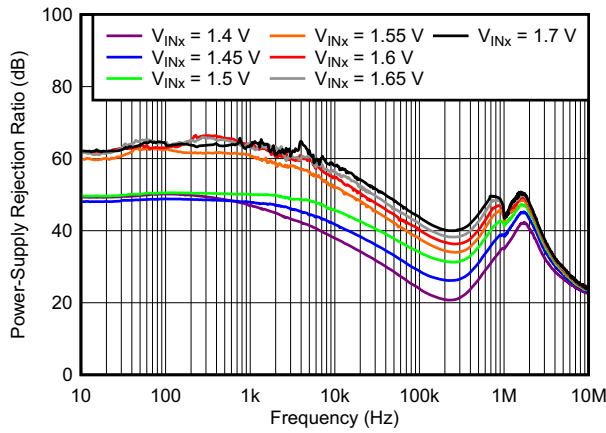


图 2-4. 电源抑制比与频率和输入电压的关系

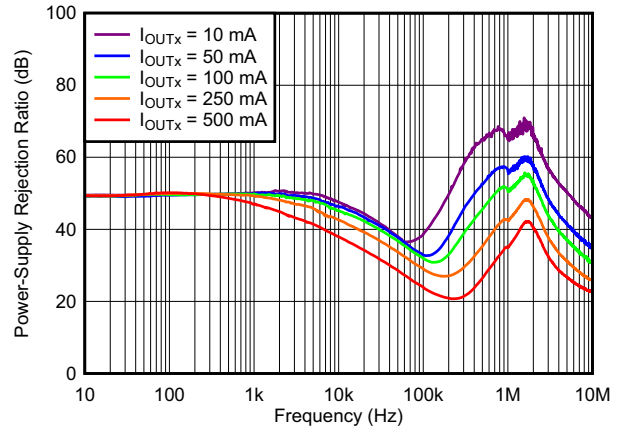


图 2-5. 电源抑制比与频率和输出电流的关系

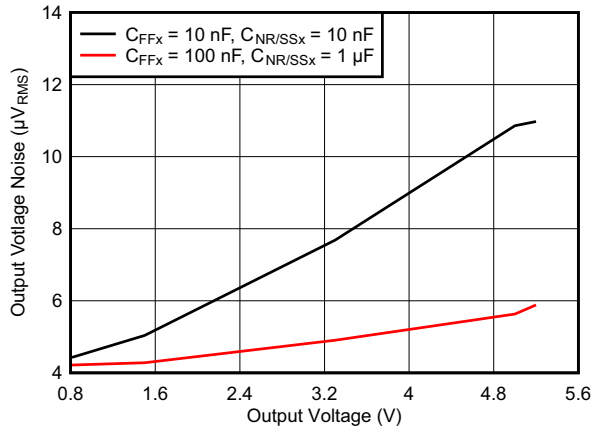


图 2-6. 输出噪声与输出电压的关系

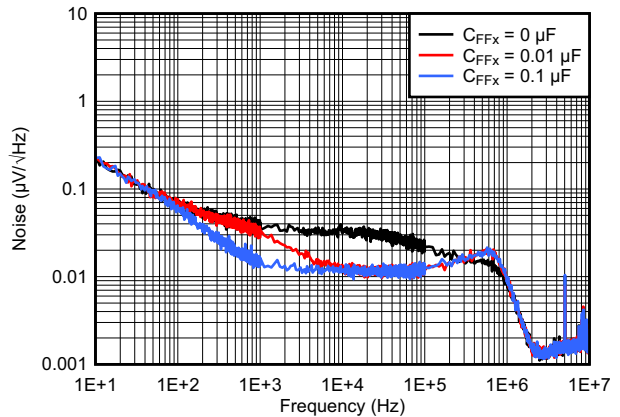


图 2-7. 噪声与频率和 CFFx 的关系

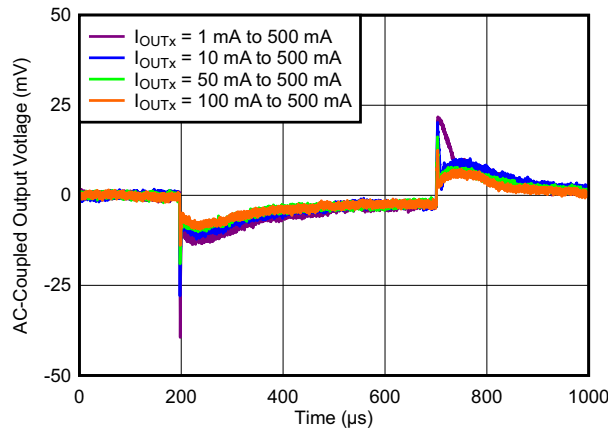


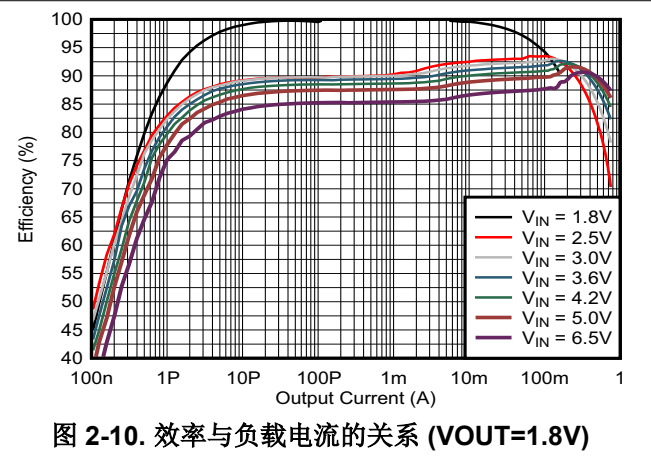
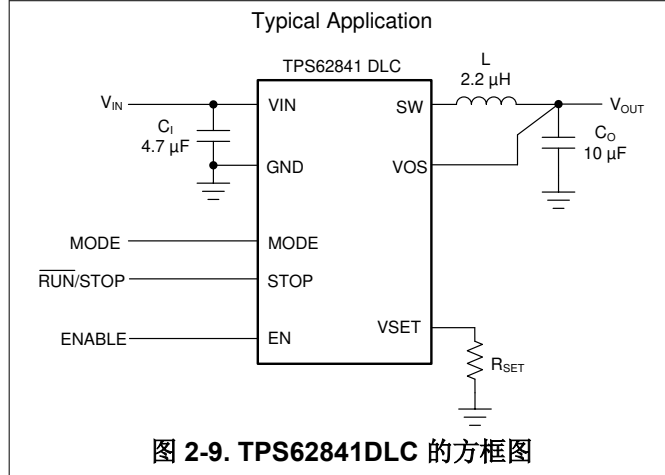
图 2-8. 负载瞬态响应与 Voutx 的关系

### c) TPS6284X 60nA IQ、1.8V 至 6.5VIN、高效 750mA 降压转换器

TPS6284X 是一款高效降压转换器，具有典型值为 6nA 的超低工作静态电流。此器件具有特殊电路，可在 100% 模式下实现仅 150nA 的 IQ，因此可在放电末期进一步延长电池寿命。此器件采用 DCS-Control™ 技术，能够为无线电提供干净的电源，在省电模式下工作时具有达 1.8MHz 的典型开关频率。此器件可将轻负载效率向下扩展至 1µA 负载电流及以下。通过将电阻器连接到 VSET 引脚，可选择 16 种预定义的输出电压，因此这款器件能够灵活地用于只需很少外部元件的各种应用。该器件的 STOP 引脚可立即消除所有的开关噪声，从而在数据采集系统中进行无噪声测量。TPS6284X 具有 1.8V 至 6.5V 的输入电压范围，可提供高达 750mA 的输出电流。

TPS6284X 器件采用 8 引脚 1.5mm × 2mm SON 封装、6 引脚 0.97mm × 1.47mm WCSP 封装和 8 引脚 3mm × 5mm HVSSOP 封装。

TPS6284X 器件具有多个版本，具体取决于输出电压范围、模式选择功能以及停止功能。分立式解决方案中使用具有模式选择功能的 TPS62840DLC 版本来为 PYTHON 300/500/1300/3000/5000 系列 CMOS 图像传感器的 1.8V 数字电压轨供电。TPS62841DLC 版本既具有模式选择功能，又具有 0.8V 至 1.55V 的输出电压范围，用于为 IMX25X/26X 系列 CMOS 图像传感器的 1.2 数字电压轨供电。



#### d) LM3880 具有固定延时时间的三电压轨简单电源序列发生器

LM3880 简单电源序列发生器提供了最简单的方法来控制多个独立电压轨的上电时序和断电时序。通过错开启动序列，可能避免会影响系统可靠性的锁存情况或大浪涌电流。该简单序列发生器采用 6 引脚 SOT-23-6 封装，包含一个精密使能引脚和三个开漏输出标志。开漏输出标志允许该器件被上拉至与序列发生器 VDD 不同的电压电源（只要它们不超过建议的最大电压（比 VDD 大 0.3V）即可），以便与需要不同使能电平信号的 IC 相连接。当启用 LM3880 时，三个输出标志将在各个延时时间后依次释放，从而允许所连接的电源启动。在断电期间，输出标志将遵循相反的序列，以避免锁存情况。EPROM 功能使每个延迟和序列完全可调。LM3880 的封装尺寸为 2.90mm × 1.60mm。

LM3880 具有多个由延时时间定义的版本。在分立式解决方案中选择 LM3880MF-1AB 以在 CMOS 图像传感器的每个电源轨之间提供 30ms 延时时间。

表 2-2 列出了之前提及的电源管理器件以及与它们对应的 CMOS 图像传感器电源轨。表 2-3 列出了 LM3880 中分配用于控制电源序列的 FLAG。

**表 2-2. 分立式解决方案电路中器件及其规格摘要**

| 器件         | 提供的 CMOS 图像传感器电源轨   | 输入电压        | 输出电压                                    | 输出电流  | 输出电容           | 所选的 SW 频率         |
|------------|---|-------------|---|-------|----------------|-------------------|
| LMR36015FB | 作为第一个功率级，负责将来自 POE 或直流转换器的较高输入电压 (12V/24V) 转换为 4V 中间电压              | 4.2V 至 60V  | $V_{ref}$ 至 $V_{in}-0.4V$               | 1.5A  | -              | 1MHz (用于 FPWM 模式) |
| TPS7A87    | VDD_33 和 AVDD (TPS7A87 的 LDO1)<br>VDD_PIXEL 和 OVDD (TPS7A87 的 LDO2) | 1.4V 至 6.5V | 0.8V 至 5.2V<br>(0.5A 时为 $V_{do}=0.1V$ ) | 500mA | $\geq 10\mu F$ | -                 |
| TPS7A90    | VDD_18 和 DVDD   | 1.4V 至 6.5V | 0.8V 至 5.7V<br>(0.5A 时 $V_{do}=0.1V$ )  | 500mA | $\geq 10\mu F$ | -                 |

表 2-2. 分立式解决方案电路中器件及其规格摘要 (continued)

| 器件          | 提供的 CMOS 图像传感器电源轨 | 输入电压        | 输出电压         | 输出电流  | 输出电容       | 所选的 SW 频率           |
|-------------|-------------------|-------------|--------------|-------|------------|---------------------|
| TPS62840DLC | VDD_18            | 1.8V 至 6.5V | 1.8V 至 3.3V  | 750mA | 3μF 至 40μF | 1.8MHz (用于 FPWM 模式) |
| TPS62841DLC | DVDD              | 1.8V 至 6.5V | 0.8V 至 1.55V | 750mA | 3μF 至 40μF | 1.8MHz (用于 FPWM 模式) |

表 2-3. LM3880 的设置及具体电源时序要求

| CMOS 图像传感器                       | 受控电源轨     | LM3880 中的 FLAG | 上电顺序 | 断电顺序 |
|----------------------------------|-----------|----------------|------|------|
| PYTHON<br>300/500/1300/3000/5000 | VDD_33    | FLAG2          | 2    | 2    |
|                                  | VDD_PIXEL | FLAG3          | 3    | 1    |
|                                  | VDD_18    | FLAG1          | 1    | 3    |
| IMX25X/26X                       | AVDD      | FLAG3          | 3    | 1    |
|                                  | OVDD      | FLAG2          | 2    | 2    |
|                                  | DVDD      | FLAG1          | 1    | 3    |

## 2.2.2 注意事项

### a) 设置输出电压

LMR36015、TPS7A87 和 TPS7A90 的输出电压可通过定义电阻分压器网络来设置。方程式 1 可用于计算 TPS7A87 和 TPS7A90 的输出电压。为了获得出色的噪声性能，此电阻网络提供的电流必须大于或等于 5 μA。Vref 的标称值为 0.8V。

$$R1 = R2(V_{out}/V_{ref} - 1) / (V_{ref(max)} / R2 > 5 \mu A) \quad (1)$$

- R1 是 TPS7A87 或 TPS7A90 的 FB 引脚与 OUT 引脚之间的电阻器。
- R2 是 FB 引脚与接地面之间的电阻器。

在 LMR36015 中，分压器网络由 R<sub>FBT</sub> 和 R<sub>FBB</sub> 组成。输出电压可根据方程式 2 进行计算。R<sub>FBT</sub> 的建议值为 100kΩ，最大值为 1MΩ。如果为 R<sub>FBT</sub> 选择了 1MΩ，则必须在此电阻器上使用前馈电容器来提供足够的环路相位裕度。V<sub>ref</sub> 的标称值为 1V。

$$R_{FBT} = R_{FBB}(V_{out}/V_{ref} - 1) \quad (2)$$

TPS62840 或 TPS62841 的输出电压通过一个连接在 V<sub>SET</sub> 和 GND 引脚之间的外部电阻器来设置。有关更多详细信息，请参阅 TPS6284X 数据表。

表 2-4. 获得 LMR36015、TPS7A87、TPS7A90 和 TPS62840 所需输出电压的设置

| 器件          | 所需输出电压 | R1 值                    | R2 值   |
|-------------|--------|-------------------------|--------|
| LMR36015FB  | 4V     | 100kΩ                   | 33.2kΩ |
| TPS7A87     | 3.3V   | 33.2kΩ                  | 10.7kΩ |
|             | 1.8V   | 13.7kΩ                  | 11kΩ   |
| TPS7A90     | 1.8V   | 13.7kΩ                  | 11kΩ   |
|             | 1.2V   | 5.9kΩ                   | 11.8kΩ |
| TPS62840DLC | 1.8V   | R <sub>set</sub> 0KΩ    |        |
| TPS62841DLC | 1.2V   | R <sub>set</sub> 15.8KΩ |        |

### b) TPS7A87 和 TPS7A90 的软启动电容器 (CNR/SS) 和前馈电容器 (CFF)

CNR/SS 电容器具有两个用途，即降低输出噪声以及在开启期间设置软启动斜坡。CFF 电容器则用于优化 LDO 的瞬态、噪声和 PSRR 性能。这两个电容器都会影响 LDO 的启动时间，如方程式 3 中所示。

$$\begin{aligned}
 t_{startup} &= t_{ref} + t_{CFF} \\
 t_{ref} &= \frac{V_{SS} + C_{SS}}{I_{SS}} \\
 t_{CFF} &= 3R_1 \times C_{FF}
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

- $t_{ref}$  由内部软启动充电电路决定。
- $V_{SS}$  为内部基准电压。
- $I_{SS}$  为软启动电流。
- $t_{CFF}$  由电阻分压器网络中的顶部电阻器和前馈电容器决定。

如果  $t_{CFF} < t_{ref}$ ，则表示电源正常 (PG) 功能没有问题。如果  $t_{CFF} > t_{ref}$ ，则表示电源正常 (PG) 功能存在问题。有关更多详细信息，请参阅《使用前馈电容器和低压降稳压器的优缺点》应用报告。在设计分立式解决方案电路板时，需要特定的启动时间和良好的瞬态性能。CFF 值越大，软启动期间 LDO 的输出电流就越小，从而不会达到折返电流限值；但是，CFF 值越大，启动时间就越长，同时会导致电源正常功能出现问题。CSS 值增大时可通过增加启动时间来改善线性度，从而提高 LDO 的瞬态性能，但启动时间也会延长。分立式解决方案电路板中选择了 10nF 电容器作为 CFF。SS\_CTRLx 引脚连接到 GND 来提供较低的电流 (6.2  $\mu$ A)，因此可为 CS 选择电容值达 820pF 的更小电容器。考虑到对精确控制启动时间的需求，使用了采用 COG 额定电介质材料的陶瓷电容器来提供良好的电容稳定性。

### c) LMR36015 和 TPS6284X 的电感器和电容器选择

如果通过 WEBENCH 将各个仿真结果结合起来，则应为 LMR36015 选择电感值为 4.7 $\mu$ H 的电感器。有关电感器选择的更多信息，请参阅 [LMR36015 数据表](#)。用于 TPS62840 和 TPS62841 的电感值为 2.2 $\mu$ H，相关信息请参阅 [TPS6284X 数据表](#)。

根据 [LMR36015 数据表](#)，LMR36015 的输入端上需要最小值为 4.7  $\mu$ F 的陶瓷电容。此外，必须在输入端尽可能靠近稳压器的位置放置一个电容值为 220nF 的小尺寸陶瓷电容器。这为器件内部的控制电路提供了高频旁路路径。分立式解决方案电路板中选择了 4.7  $\mu$ F、50V、X7R (或更佳) 陶瓷电容器，如图 2-11 中所示。用于 TPS62840 和 TPS62841 的输入电容值为 4.7 $\mu$ F，相关信息请参阅 [TPS6284X 数据表](#)。

在分立式解决方案电路板中，可以计算出的输出电容值至少为 7.3  $\mu$ F。如果通过 WEBENCH 将仿真结果结合起来，则应为 LMR36015 选择两个电容值为 22 $\mu$ F 的并联输出电容器。用于 TPS62840 和 TPS62841 的输出电容值为 10 $\mu$ F，相关信息请参阅 [TPS6284X 数据表](#)。

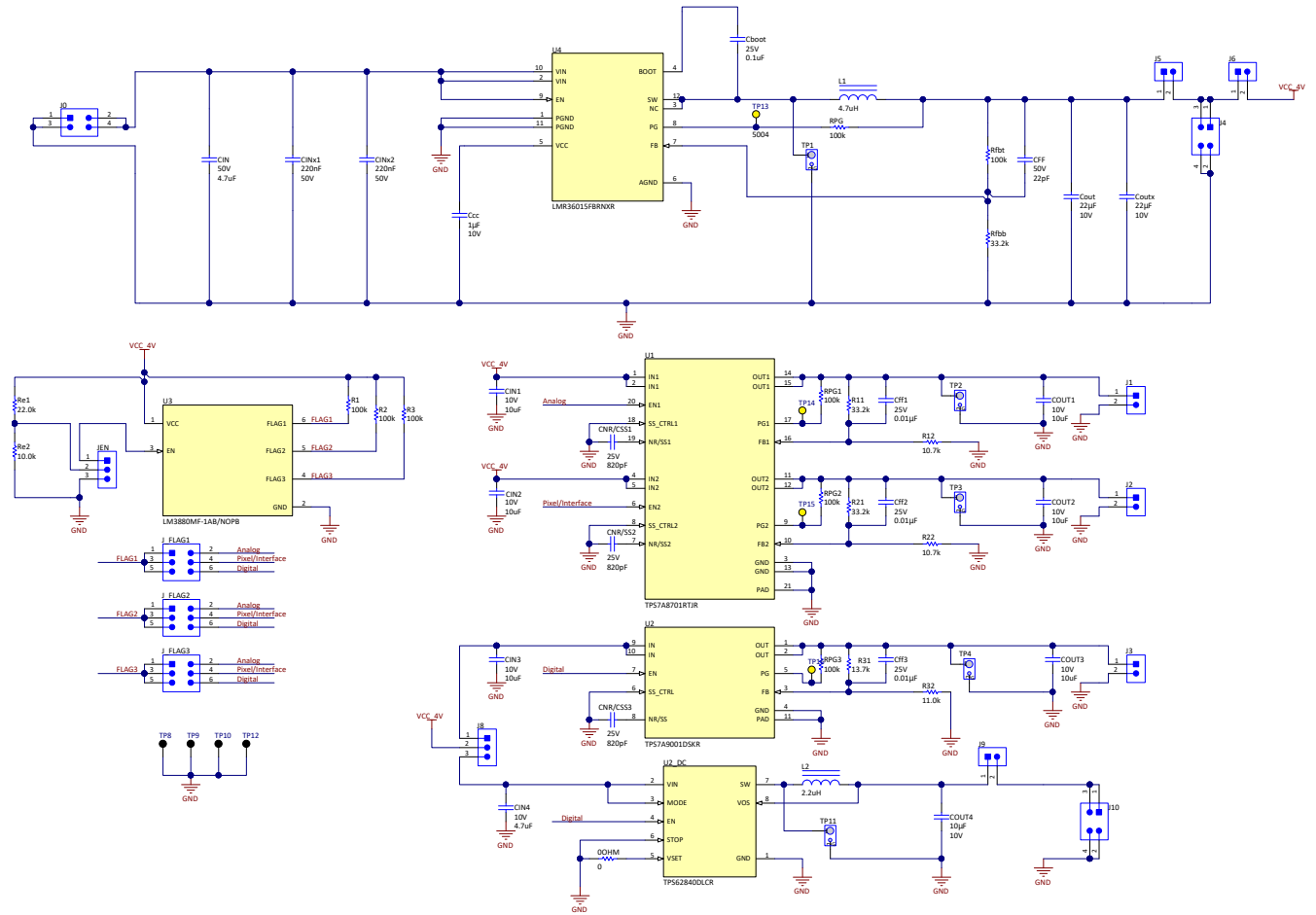


图 2-11. 分立式解决方案原理图

### 2.2.3 分立式解决方案 PCB 板描述

图 2-12 展示了分立式解决方案 PCB 板。不考虑测试点时，封装尺寸为 25mm × 24mm。J6 用于断开第一个功率级和第二个功率级，然后分别对它们进行测试。J8 用于选择 TPS7A90 或 TPS6284X 来为 CMOS 图像传感器的数字电压轨供电。J\_FLAG1、J\_FLAG2 和 J\_FLAG3 用于选择电源序列，其中模拟电压轨要选择第 1 行，PIXEL 或接口电压轨要选择第 2 行，而数字电压轨则要选择第 3 行。

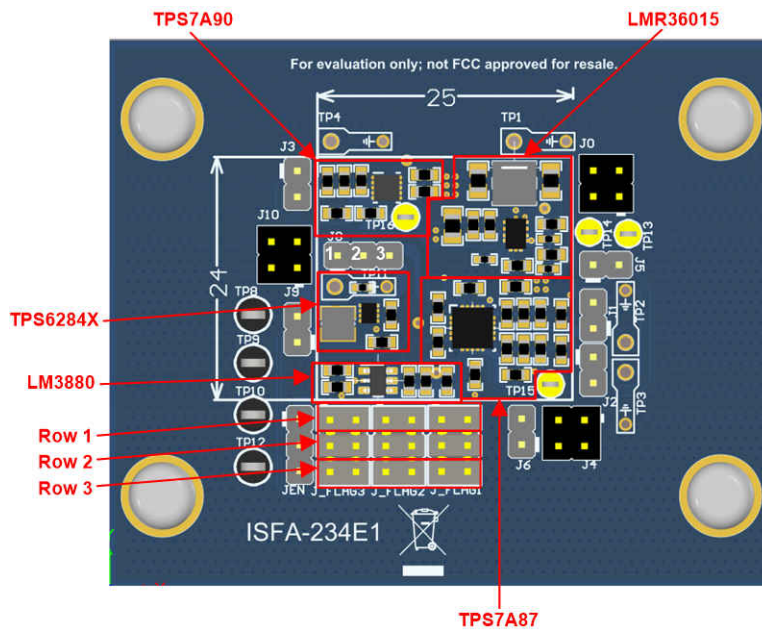


图 2-12. 分立式解决方案的 PCB 板

## 2.3 TPS65000 解决方案设计

### 2.3.1 器件选择

**TPS65000** 采用 2.25MHz 降压转换器且具有双路 LDO 和 SVS 的电源管理 IC (PMIC)

TPS6500XX 器件是一款适用于便携式应用的单芯片电源管理 (PWM) IC。该器件包含一个降压转换器和两个低压降 (LDO) 稳压器。为了尽可能在最大负载电流范围内实现卓越的效率，此降压转换器在轻负载时进入低功耗模式。对于低噪声应用，可通过一个引脚强制此器件进入固定频率 PWM 模式。由于使用小型电感器和电容器，此降压转换器的尺寸很小。该降压转换器具有用于时序控制的电源正常状态输出端。LDO 可提供 300mA 的电流，并且可在 1.6V 至 6V 的输入电压范围内工作。LDO 可由降压转换器或主电池直接供电。此降压转换器和 LDO 具有单独的电压输入端，可实现最大的设计和时序控制灵活性。TPS6500XX 器件采用 3mm × 3mm VQFN (16) 封装和 3mm × 3mm WQFN (20) 封装。

TPS6500XX 器件具有多个版本，具体取决于输出电压以及是否存在电源电压监控器。本解决方案中采用 TPS65000 版本。

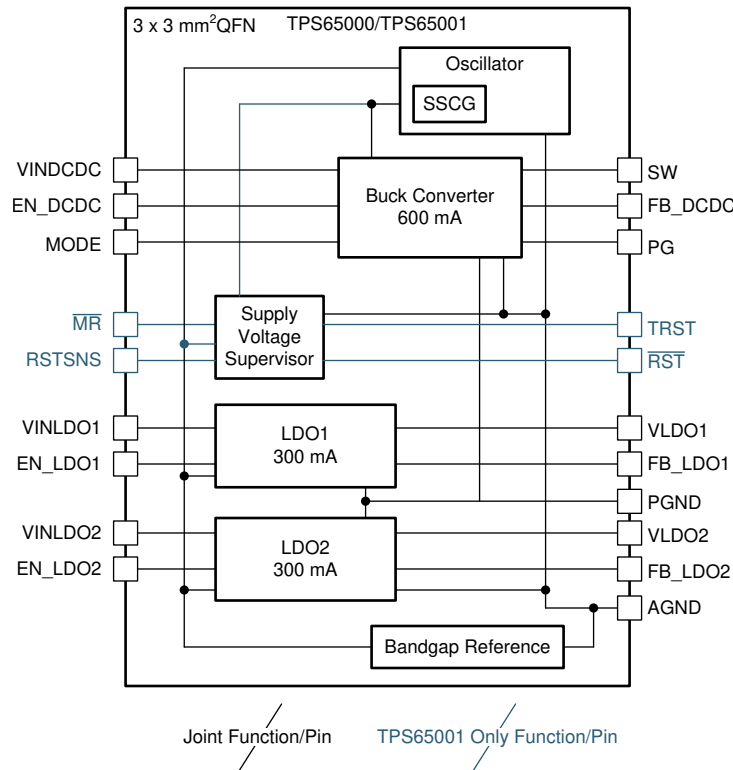


图 2-13. TPS65000 的方框图

根据表 2-5 中所示并与表 1-1 中的规格进行比较，我们可以看出 TPS65000 解决方案支持为 PYTHON 300/500/1300 和 IMX25X/26X CMOS 图像传感器供电。

表 2-5. TPS65000 中元件及其规格的摘要

| 元件   | 提供的 CMOS 图像传感器电源轨 | 输入电压      | 输出电压                          | 输出电流  | 输出电容        | 所选的 SW 频率            |
|------|-------------------|-----------|-------------------------------|-------|-------------|----------------------|
| LDO1 | VDD_PIXEL 和 OVDD  | 1.6V 至 6V | 0.7V 至 VINLDO-Vdo (Vdo=0.37V) | 300mA | ≥10μF       | -                    |
| LDO2 | VDD_33 和 AVDD     | 1.6V 至 6V | 0.7V 至 VINLDO-Vdo (Vdo=0.37V) | 300mA | ≥10μF       | -                    |
| 降压   | VDD_18 和 DVDD     | 2.3V 至 6V | 0.6V 至 VinDC/DC               | 600mA | 10μF 至 22μF | 2.25MHz (用于 FPWM 模式) |

### 2.3.2 TPS65000 解决方案配置

如节 2.1 中所述，TPS65000 解决方案由来自分立式解决方案电路板的 LMR36015、TPS65000EVM 电路板和 LM3880EVM 电路板组成，用于为 PYTHON 300/500/1300 和 IMX25X/26X CMOS 图像传感器提供电源。LMR36015 的输出电压设置为 4V。需要根据表 2-6 来调整多个电阻器，以便为 CMOS 图像传感器的每个电压轨提供所需的特定输出电压。LM3880EVM 可按表 2-7 中所示进行配置，以便为 CMOS 图像传感器的每个电压轨提供特定的电源序列。

表 2-6. 获得 TPS65000EVM 电路板所需输出电压的设置

| CMOS 图像传感器          | CMOS 图像传感器的电源轨 | TPS65000 | 电压   | 对应的电阻分压器网络中的顶部电阻 | 对应的电阻分压器网络中的底部电阻 |
|---------------------|----------------|----------|------|------------------|------------------|
| PYTHON 300/500/1300 | V_33           | LDO2     | 3.3V | 162k Ω           | 28.7k Ω          |
|                     | V_PIXEL        | LDO1     | 3.3V | 162k Ω           | 28.7k Ω          |
|                     | V_18           | 降压       | 1.8V | 953k Ω           | 470k Ω           |

表 2-6. 获得 TPS65000EVM 电路板所需输出电压的设置 (continued)

| CMOS 图像传感器 | CMOS 图像传感器的电源轨 | TPS65000 | 电压   | 对应的电阻分压器网络中的顶部电阻 | 对应的电阻分压器网络中的底部电阻 |
|------------|----------------|----------|------|------------------|------------------|
| IMX25X/26X | AVDD           | LDO2     | 3.3V | 162k $\Omega$    | 28.7k $\Omega$   |
|            | OVDD           | LDO1     | 1.8V | 470k $\Omega$    | 180k $\Omega$    |
|            | DVDD           | 降压       | 1.2V | 475k $\Omega$    | 475k $\Omega$    |

表 2-7. 将 LM3880EVM 电路板与 TPS65000EVM 电路板相连

| CMOS 图像传感器          | 受控电源轨   | 来自 LM3880EVM 电路板的 FLAG | TPS65000EVM 电路板上连接的引脚 |
|---------------------|---------|------------------------|-----------------------|
| PYTHON 300/500/1300 | V_33    | FLAG2                  | JP2 的引脚 2 (ENLDO2)    |
|                     | V_PIXEL | FLAG3                  | JP1 的引脚 2 (ENLDO1)    |
|                     | V_18    | FLAG1                  | JP6 的引脚 2 (ENDCDC)    |
| IMX25X/26X          | AVDD    | FLAG3                  | JP2 的引脚 2 (ENLDO2)    |
|                     | OVDD    | FLAG2                  | JP1 的引脚 2 (ENLDO1)    |
|                     | DVDD    | FLAG1                  | JP6 的引脚 2 (ENDCDC)    |

## 2.4 TPS650330-Q1 解决方案设计

### 2.4.1 器件选择

#### TPS650330-Q1 三个具有单高 PSRR LDO 集成电源管理 IC (PMIC) 的降压转换器

TPS650330-Q1 器件是一款高度集成的电源管理 IC，适用于汽车摄像头模块。此器件包含三个降压转换器和一个低压降 (LDO) 稳压器。降压通道 1 降压转换器的输入电压范围高达 18.3V，用于连接到同轴电缆 (PoC)。所有转换器都在强制固定频率 PWM 模式下工作。LDO 可提供 300mA 电流，并可在 3.0V 至 5.5V 的输入电压范围内正常运行。降压转换器和 LDO 具有独立的电压输入，可实现最大的设计和排序灵活性。TPS650330-Q1 采用 24 引脚 VQFN 封装 (4.0mm × 4.0mm)。



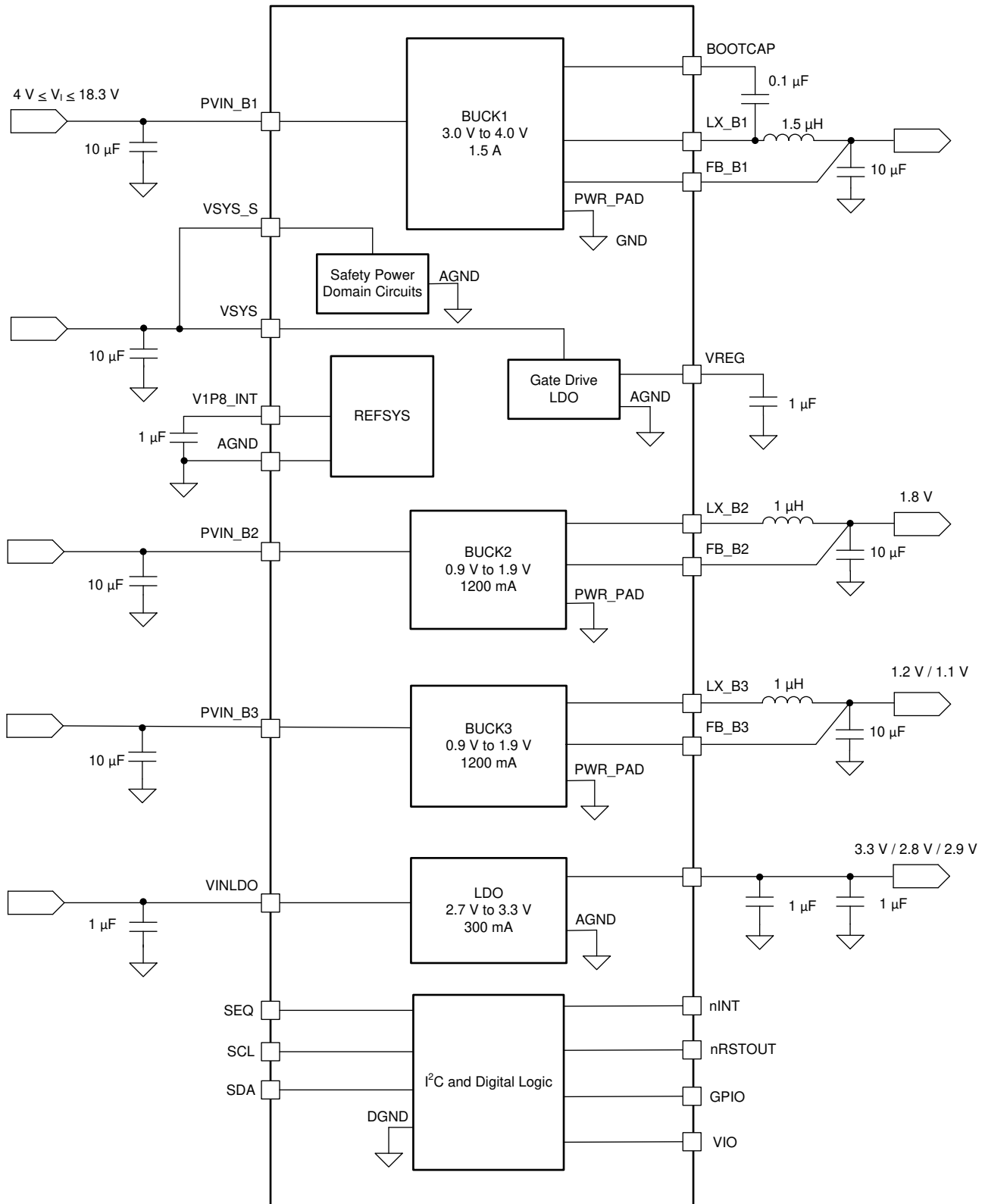


图 2-14. TPS650330-Q1 的方框图

根据表 2-8 中所示并与表 1-1 中的规格进行比较，我们可以看出 TPS650330-Q1 解决方案支持为 IMX25X/26X CMOS 图像传感器供电。

表 2-8. TPS650330-Q1 中元件及其规格摘要

| 元件     | 提供的 CMOS 图像传感器电源轨                                  | 输入电压       | 输出电压  | 输出电流    | 输出电容         | 所选的 SW 频率   |
|--------|--|------------|---|---------|--------------|-------------|
| LDO    | AVDD   | 3V 至 5.5V  | 2.7V 至 3.3V(V <sub>do</sub> =150mV - 300mV) | 300mA   | 1μF 至 4μF    | -           |
| 降压通道 1 | 作为第一个功率级，负责将来自 POE 或直流转换器的较高输入电压 (12V) 转换为 4V 中间电压 | 4V 至 18.3V | 3V 至 4V                                     | 1500mA  | 6.8μF 至 14μF | 2.3MHz FPWM |
| 降压通道 2 | DVDD   | 3V 至 5.5V  | 0.9V 至 1.9V                                 | 1200 mA | 6.8μF 至 12μF | 2.3MHz FPWM |
| 降压通道 3 | OVDD   | 3V 至 5.5V  | 0.9V 至 1.9V                                 | 1200mA  | 6.8μF 至 12μF | 2.3MHz FPWM |

### 2.4.2 TPS650330-Q1 解决方案配置

硬件配置可根据《TPS650330-Q1EVM 用户指南》来完成，该指南可通过 [TPS650330-Q1](#) 产品页面索取。如图 2-1 中所示，TPS650330-Q1 中的降压通道 1 用作第一个功率级，负责将 12V 输入电压转换为 4V 中间电压。TPS650330-Q1 中的降压通道 2 用于为数字电压轨提供 1.2V 电源，而降压通道 3 用于为数字电压轨提供 1.8V 电源。TPS650330-Q1 中的 LDO 将模拟电压轨设置为 3.3V。这些配置可在 [TPS650330-Q1 GUI](#) 中进行设置。在为 IMX25X/26X CMOS 图像传感器供电时，上电序列设置使每个电源轨之间存在 20ms 延时时间，而断电序列设置使每个电源轨之间存在 4ms 延时时间。

### 3 测试结果

我们测试了全部三种解决方案的电源时序性能、效率、线路瞬态和负载瞬态。此外还调节了 4V 中间电压来确定多级系统的中间电压与整体系统效率之间的关系。

#### 3.1 分立式解决方案电路板的测试结果

##### 3.1.1 设置

如前几节所述，分立式解决方案支持为表 1-1 中列出的所有 CMOS 图像传感器供电，这些图像传感器可能需要大电容器和最大 500mA 的高电流消耗。此外，分立式解决方案电路板可针对六种用例进行配置，具体如表 3-1 中所示。

表 3-1. 分立式解决方案电路板的六种用例配置

| CMOS 图像传感器          | 用例   | 用例编号 | 分立式解决方案电路板配置  |
|---------------------|--|------|---|
| PYTHON 300/500/1300 | LMR36015+TPS7A87+TPS7A90+LM3880 (30ms 延时)  | 1    | 1. 按照表 1-1 和表 2-4 来为每个电源轨设置正确的电压。<br>2. 将插头放在 J5、J6、J8 的引脚 1 和引脚 2 之间 (TPS7A90) 或 J8 的引脚 2 和引脚 3 之间 (TPS62840)、J_FLAG1 的第 2 行、J_FLAG2 中的第 3 行和 J_FLAG3 中的第 1 行。 |
|                     | LMR36015+TPS7A87+TPS62840+LM3880 (30ms 延时) | 2    |   |
| PYTHON 3000/5000    | LMR36015+TPS7A87+TPS7A90+LM3880 (30ms 延时)  | 3    |   |
|                     | LMR36015+TPS7A87+TPS62840+LM3880 (30ms 延时) | 4    |   |
| IMX25X/26X          | LMR36015+TPS7A87+TPS7A90+LM3880 (30ms 延时)  | 5    |   |
|                     | LMR36015+TPS7A87+TPS62841+LM3880 (30ms 延时) | 6    |   |

##### a) 电源时序测试设置

对于表 3-1 中所示的每个用例，每个电压轨的电源序列都在整个系统采用 12V 输入电压的条件下进行了测试。LM3880 通过外部信号启用。在此项测试中，外部信号由波形发生器提供。三个尖头桶形测试探针分别放在每个电源轨输出端的负载前面。另外使用电流探针来观察每个电源轨的电流性能。

##### b) 效率测试设置

测试总共使用了四组数字万用表。每组中有一个数字万用表设置为电流表 (AM)，另一个设置为电压表 (VM)。其中一组万用表被放在直流电源与分立式解决方案电路板的输入端之间，用于测量输入功率。其他三组分别被放在三个输出端的前面。

##### 3.1.2 测试结果

图 3-1 展示了电源序列结果。根据表 2-3，无论为数字电压轨选择 TPS7A90 还是 TPS6284X，测试结果都是相同的 (用例 1 的结果与用例 2 相同，用例 3 的结果与用例 4 相同，而用例 5 的结果与用例 6 相同)，因此图 3-1 只展示了用例 1、3 和 5 的结果。

表 3-2 展示了整个系统效率的结果。根据该表，如果数字电压轨由 TPS6284X 等降压转换器提供，而不是由 TPS7A90 等 LDO 提供，整个系统的效率会有所提高。图 3-2 和图 3-3 展示了整个系统中各个数字电压轨的效率。效率根据数字电压轨的输出功率相对于整个系统的输入功率 (12Vin) 计算得出。此处移除了数字电压轨的固定负载并替换为电子负载，其中电流范围为 10mA 至 450mA。从这两个图中可以看出，效率会受负载电流影响。每

个图中都有一个交点。在交点之后，采用 TPS6284X 的数字电压轨与采用 LDO TPS7A90 的数字电压轨相比，效率升高的速度更快。

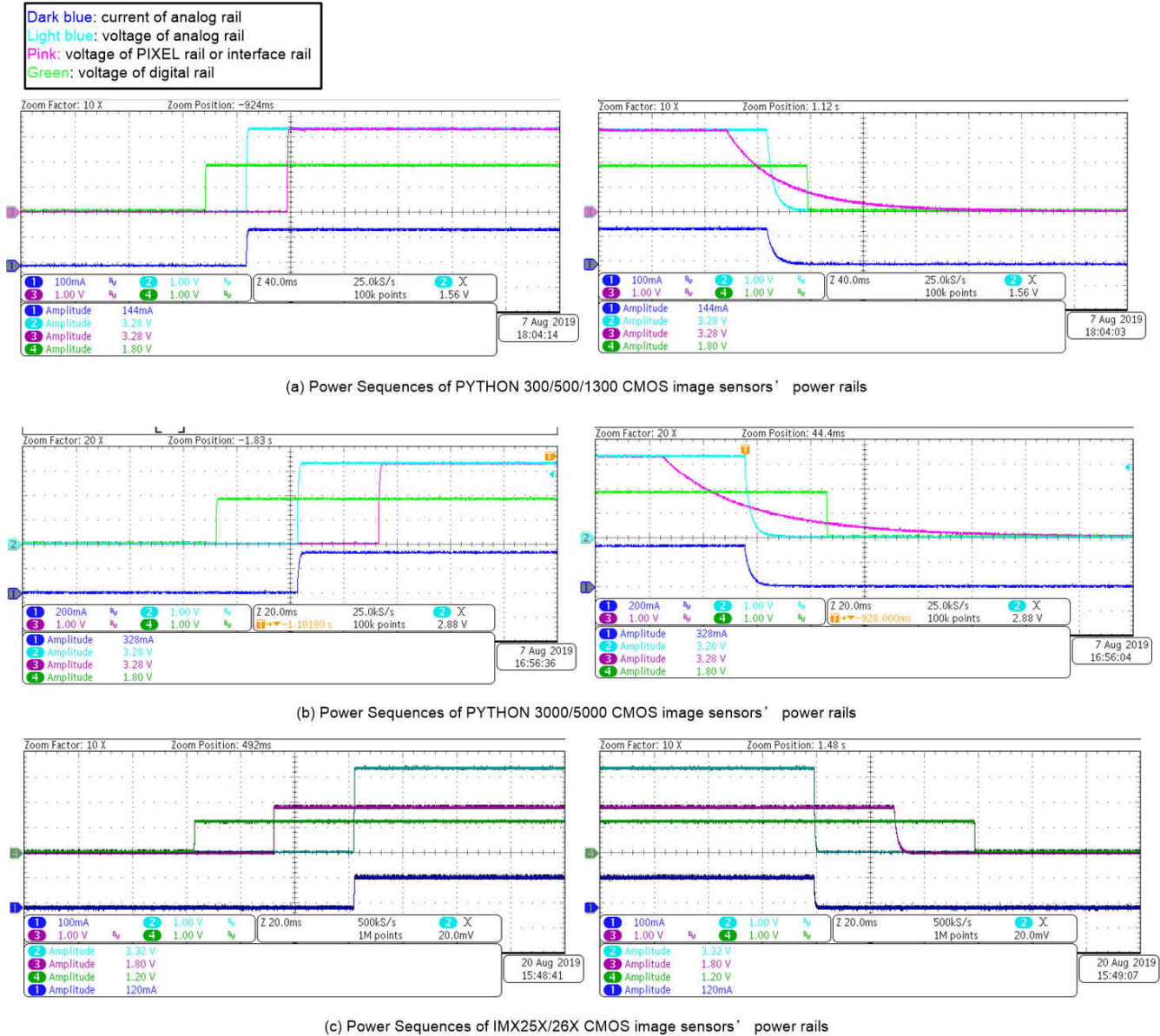


图 3-1. CMOS 图像传感器电源轨的电源序列

表 3-2. CMOS 图像传感器电源系统的效率

| CMOS 图像传感器          |  | 效率   |       |       |
|---------------------|--|------|-------|-------|
|                     |  | 5Vin | 12Vin | 24Vin |
| PYTHON 300/500/1300 | LMR36015+TPS7A87+TPS7A90+LM3880 (30ms 延时)  | 61%  | 55%   | 50%   |
|                     | LMR36015+TPS7A87+TPS62840+LM3880 (30ms 延时) | 74%  | 65%   | 53%   |

表 3-2. CMOS 图像传感器电源系统的效率 (continued)

|                  |  |     |     |     |
|------------------|--|-----|-----|-----|
| PYTHON 3000/5000 | LMR36015+TPS7A87+TPS7A90+LM3880 ( 30ms 延时 )  | 61% | 58% | 53% |
|                  | LMR36015+TPS7A87+TPS62840+LM3880 ( 30ms 延时 ) | 72% | 68% | 61% |
| IMX25X/26X       | LMR36015+TPS7A87+TPS7A90+LM3880 ( 30ms 延时 )  | 55% | 43% | 36% |
|                  | LMR36015+TPS7A87+TPS62841+LM3880 ( 30ms 延时 ) | 71% | 62% | 50% |

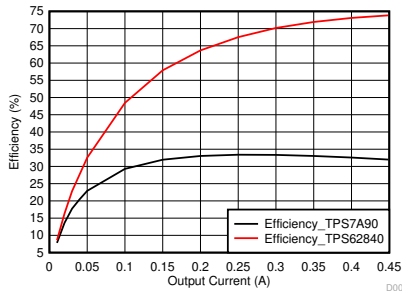


图 3-2. PYTHON 300/500/1300 CMOS 图像传感器中由 TPS7A90 或 TPS62840 提供数字电压轨时的效率

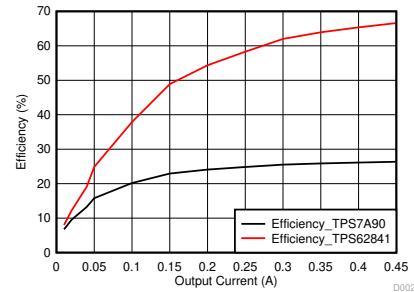
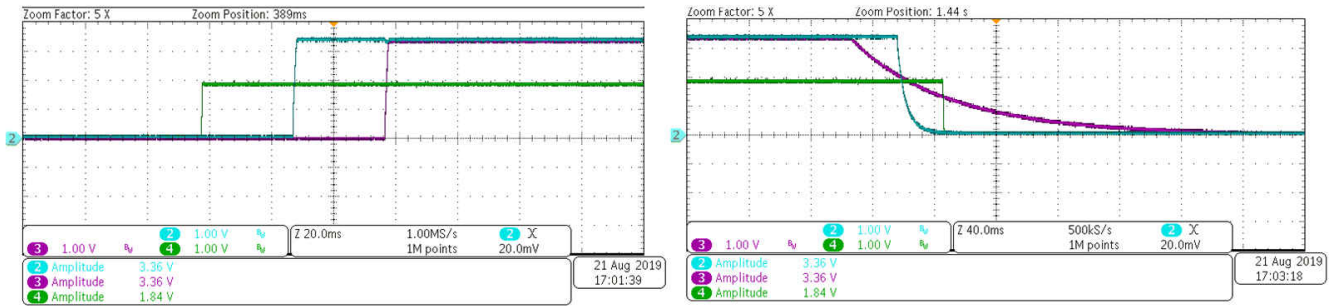


图 3-3. IMX25X/26X CMOS 图像传感器中由 TPS7A90 或 TPS62841 提供数字电压轨时的效率

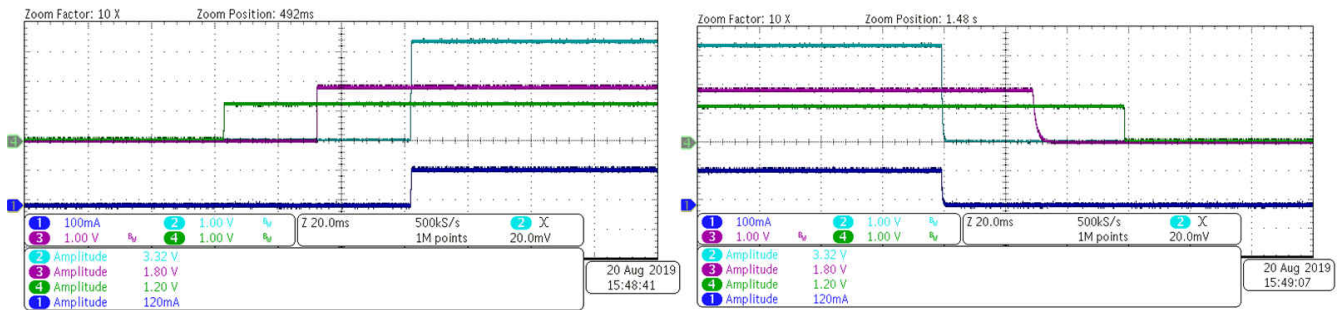
### 3.2 TPS65000 解决方案的测试结果

节 2.3.2 中介绍了 TPS65000 解决方案的配置，而测试步骤与节 3 中重复。TPS65000 解决方案的测试结果如下文所示。图 3-4 所示为 CMOS 图像传感器各个电源轨的电源序列。表 3-3 总结了整个系统为 PYTHON 300/500/1300 和 IMX25X/26X CMOS 图像传感器供电时的效率。根据节 4.3，整个系统效率的提升甚至要优于分立式解决方案。

Dark blue: current of analog rail  
Light blue: voltage of analog rail  
Pink: voltage of PIXEL rail or interface rail  
Green: voltage of digital rail



(a) Power Sequences of PYTHON 300/500/1300 CMOS image sensors' power rails



(b) Power Sequences of IMX25X/26X CMOS image sensors' power rails

图 3-4. 采用 TPS65000 解决方案时 CMOS 图像传感器各个电源轨的电源序列

表 3-3. 采用 TPS65000 解决方案时整个系统的效率

| CMOS 图像传感器          | 效率   |       |       |
|---------------------|------|-------|-------|
|                     | 5Vin | 12Vin | 24Vin |
| PYTHON 300/500/1300 | 75%  | 66%   | 54%   |
| IMX25X/26X          | 72%  | 63%   | 51%   |

### 3.3 TPS650330-Q1 解决方案的测试结果

节 2.4.2 介绍了 TPS650330-Q1 解决方案的以下配置，而测试步骤与节 3 中相同。TPS650330-Q1 解决方案的测试结果如下文所示。节 1 所示为 IMX25X/26X CMOS 图像传感器各个电源轨的电源序列。表 3-4 总结了整个系统为 IMX25X/26X CMOS 图像传感器供电时的效率。整个系统的效率可进一步得到改善。

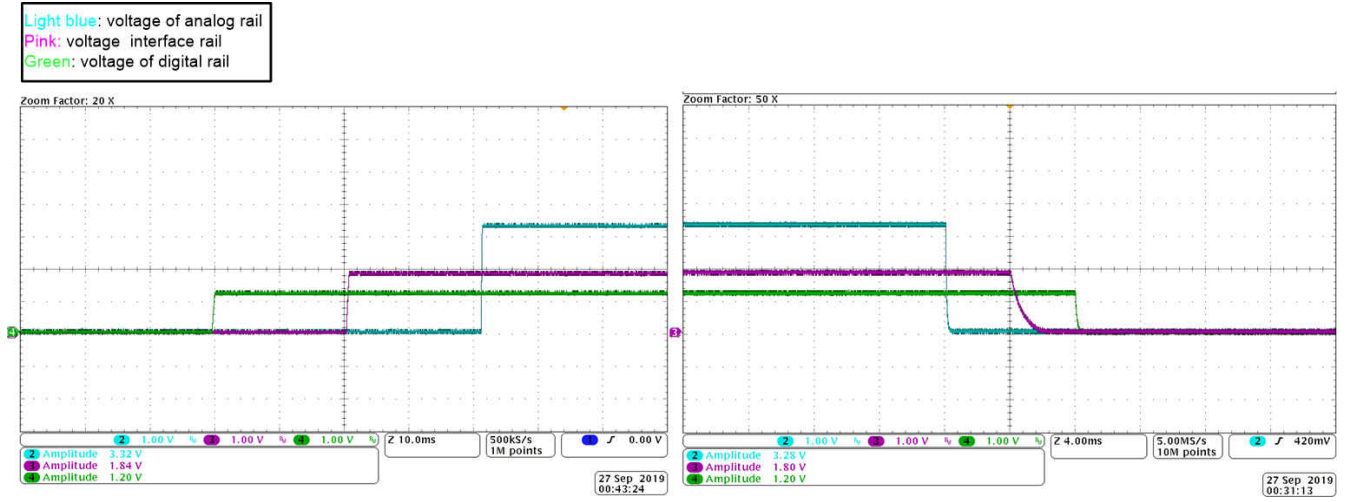


图 3-5. IMX25X/26X CMOS 图像传感器各个电源轨的电源序列

表 3-4. 采用 TPS650330-Q1 解决方案时整个系统的效率

| 启用该解决方案后 TPS650330-Q1 的输入功率 | TPS650330-Q1 的输出功率 | 效率  |
|-----------------------------|--------------------|-----|
| 0.84W                       | 0.509W             | 61% |

## 4 分析

### 4.1 PYTHON 系列 CMOS 图像传感器的电源序列修改

PYTHON 系列 CMOS 图像传感器的数据表中并没有对最大上电和断电时间进行限制。要将断电序列保持在安全范围内，可以使用具有更长延时时间的 LM3880。图 4-1 所示为采用具有 120ms 延时的 LM3880 时 PYTHON 300/500/1300 CMOS 图像传感器各个电源轨的电源序列。

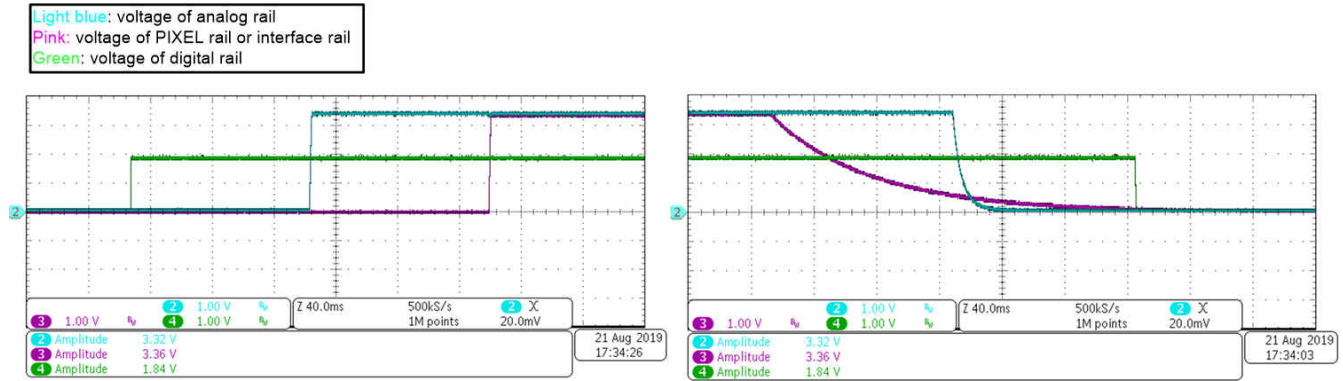


图 4-1. 采用具有 120ms 延时的 LM3880 时 PYTHON 300/500/1300 CMOS 图像传感器各个电源轨的电源序列

### 4.2 更改中间电压对整个系统的效率的影响

该部分基于 TPS65000 解决方案，对分立式电路板中由 LMR36015 提供的 4V 中间电压进行调整。在设计电源轨时，可根据整个系统的效率与中间电压之间的关系，考虑采用一个更加合适的中间电压。

考虑到降压转换器的输出电压范围、LDO 的压降电压以及 TPS65000 中的输出电压精度，我们将为 PYTHON 300/500/1300 用例供电的 4V 中间电压更改为 4.5V 和 5V，然后重复执行整个电源系统的效率测试。将为 IMX25X/26X 用例供电的 4V 中间电压调节为 3.9V、4.5V 和 5V。表 4-1 列出了将 LMR36015 的输出电压调节为 3.9V、4.5V 和 5V 所需的电阻值。如图 4-2 和图 4-3 中所示，当中间电压增加时，效率会下降。增加中间电压可提高第一个功率级 (LMR36015) 的效率，但会导致 LDO 上的功耗升高。在此系统中，LDO 上的功耗对整个系统的效率影响更大。

表 4-1. 使 LMR36015 输出 3.9V、4V、5V 和 4.5V 所需的电阻器选择

| LMR36015 的输出电压 | R <sub>FBT</sub> | R <sub>FBB</sub> |
|----------------|------------------|------------------|
| 3.9V           | 100KΩ            | 34.8kΩ           |
| 5V             | 100KΩ            | 24.9kΩ           |
| 4.5V           | 100KΩ            | 28.7KΩ           |

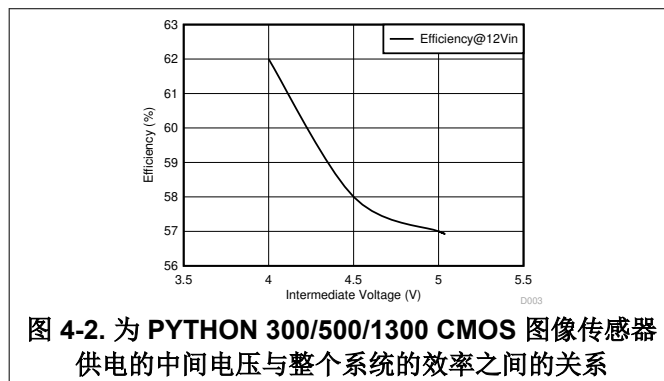


图 4-2. 为 PYTHON 300/500/1300 CMOS 图像传感器供电的中间电压与整个系统的效率之间的关系

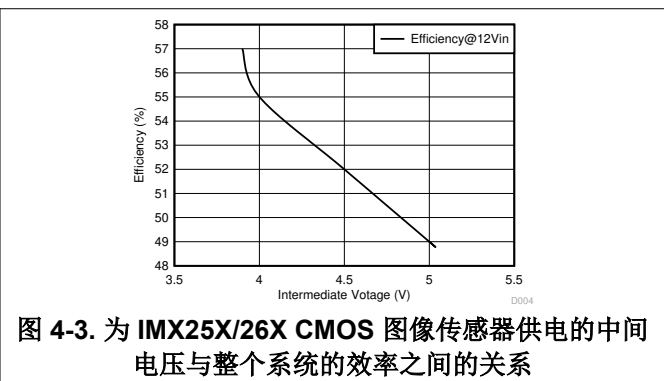


图 4-3. 为 IMX25X/26X CMOS 图像传感器供电的中间电压与整个系统的效率之间的关系



### 4.3 采用 TPS62841 的分立式解决方案与 TPS65000 解决方案为 IMX25X/26X CMOS 图像传感器供电时的效率比较

通过对表 3-2 中采用 TPS62841 的分立式解决方案的效率与表 3-3 中 TPS65000 解决方案的效率进行比较，我们可以看出 TPS65000 解决方案的第二个功率级在为 IMX25X/26X CMOS 图像传感器供电时，效率性能要优于采用 TPS62841 的分立式解决方案的第二个功率级。

可在禁用双路 LDO TPS7A87 和 TPS65000 中的 LDO 来仅启用 TPS62841 和 TPS65000 中的降压转换器时，再次进行效率测试。表 4-2 所示为相关结果。我们可以看出 TPS62841 的效率性能要优于 TPS65000 中集成的降压转换器。TPS62841 和 TPS65000 中集成的降压转换器的主要损耗可根据其数据表中的参数进行计算，具体如表 4-3 中所示。TPS62841 的损耗要小于 TPS65000 中集成的降压转换器的损耗。

不过，TPS65000 中集成的 LDO 在静态工作电流性能方面要优于 TPS7A87，这一点可通过仅启用这两个解决方案中的 LDO 然后观察得出。流经 TPS7A87 GND 引脚的电流比 TPS65000 的静态工作电流略高 1mA。因此，TPS65000 在总效率上要优于分立式解决方案电路中采用 TPS62841 的第二个功率级，并能够加以解释。

表 4-2. 仅为 IMX25X/26X CMOS 图像传感器的数字电压轨供电时分立式解决方案与 TPS65000 解决方案的效率

| 仅为 IMX25X/26X CMOS 图像传感器的数字电压轨供电时的效率                   |                              |
|--|------------------------------|
| 解决方案   | 效率                           |
|  | 4V 用作中间电压 (5Vin/12Vin/24Vin) |
| 采用 TPS62841 的分立式解决方案 (LMR36015+TPS7A87+TS62841+LM3880) | 79.5%                        |
| LMR36015 (来自分立式解决方案电路板) +TPS65000EVM+LM3880EVM         | 79.4%                        |

表 4-3. TPS6284X 与 TPS65000 中集成式降压转换器的主要损耗比较

| 损耗             | TPS62841 | TPS65000 内的降压转换器 |
|----------------|----------|------------------|
| 高侧 MOSFET 导通损耗 | 1182.7uW | 657.2uW          |
| 低侧 MOSFET 导通损耗 | 2545.6uW | 2758.2uW         |
| 电感器导通损耗        | 2872.8uW | 3346.8uW         |
| 总损耗            | 6.6mW    | 6.8mW            |

## 5 总结

工业相机中的 CMOS 图像传感器通常具有三个电源轨，即模拟电压轨、PIXEL 电压轨（或接口电压轨）以及数字电压轨。模拟电压轨和 PIXEL 电压轨（或接口电压轨）对噪声更为敏感。因此，对于这两个电压轨，需要使用具有高 PSRR、低噪声和快速瞬态响应的 LDO，从而确保图像质量出色。另外，在为高性能 CMOS 图像传感器供电时，还必须考虑 LDO 驱动大电容的能力。数字电压轨对噪声不太敏感，因此为了提高整个系统的效率和散热性能，数字电压轨可选用降压转换器。

所选电源系统中间电压为 4V，旨在改善整个系统的效率。

CMOS 图像传感器可由采用多个 LDO 和降压转换器的分立式解决方案供电，也可由集成 LDO 和降压转换器的 PMIC 解决方案供电。表 5-1 中比较了分立式解决方案、PMIC TPS65000 解决方案和 PMIC TPS65033-Q1 解决方案中使用的元件数量。TPS65033-Q1 解决方案具有所用元件较少这一优势，因此和 PMIC TPS65000 解决方案一样，可以节省 BOM 成本。由于能够灵活地选择和修改各个元件，分立式解决方案可支持更多条件。一般来说，分立式解决方案更为灵活，而且尺寸甚至能够小于 PMIC 集成式解决方案，但 PMIC 集成式解决方案可简化外部电路的设计。例如，TPS65033-Q1 在单个芯片上集成了序列发生器，从而大幅减少了整个系统中使用的元件数量。具体是选择分立式解决方案还是 PMIC 集成式解决方案，必须根据实际情况来决定。

**表 5-1. 每种解决方案中使用的元件数量**

| 分立式解决方案 (PYTHON)                        |    |                                  |    |
|---|----|----------------------------------|----|
| LMR36015+TPS7A87+TPS7A90+LM3880         |    | LMR36015+TPS7A87+TPS62840+LM3880 |    |
| 器件                                      | 数量 | 器件                               | 数量 |
| TPS7A8701RTJR                           | 1  | TPS7A8701RTJR                    | 1  |
| TPS7A9001DSKR                           | 1  | TPS62840DLCR                     | 1  |
| LM3880MF-1AB/NOPB                       | 1  | LM3880MF-1AB/NOPB                | 1  |
| LMR36015FBRNXR                          | 1  | LMR36015FBRNXR                   | 1  |
| 电容器                                     | 20 | 电容器                              | 18 |
| 电阻器                                     | 15 | 电阻器                              | 12 |
| 电感器                                     | 1  | 电感器                              | 2  |
| 总计                                      | 40 | 总计                               | 36 |
| 分立式解决方案 (IMX)                           |    |                                  |    |
| LMR36015+TPS7A87+TPS7A90+LM3880         |    | LMR36015+TPS7A87+TPS62841+LM3880 |    |
| 器件                                      | 数量 | 器件                               | 数量 |
| TPS7A8701RTJR                           | 1  | TPS7A8701RTJR                    | 1  |
| TPS7A9001DSKR                           | 1  | TPS62840DLCR                     | 1  |
| LM3880MF-1AB/NOPB                       | 1  | LM3880MF-1AB/NOPB                | 1  |
| LMR36015FBRNXR                          | 1  | LMR36015FBRNXR                   | 1  |
| 电容器                                     | 20 | 电容器                              | 18 |
| 电阻器                                     | 15 | 电阻器                              | 13 |
| 电感器                                     | 1  | 电感器                              | 2  |
| 总计                                      | 40 | 总计                               | 37 |
| TPS65000 解决方案 (PYTHON 和 IMX)            |    | TPS65033-Q1 解决方案 (IMX)           |    |
| LMR36015FB EVM+ TPS65000 EVM+LM3880 EVM |    | TPS65033-Q1 EVM                  |    |
| 器件                                      | 数量 | 器件                               | 数量 |
| TPS65000RTE                             | 1  | TPS650330                        | 1  |
| LM3880MF-1AB/NOPB                       | 1  |                                  |    |
| LMR36015FBRNXR                          | 1  | 电容器                              | 12 |
| 电容器                                     | 17 |                                  |    |
| 电阻器                                     | 13 | 电感器                              | 3  |
| 电感器                                     | 2  |                                  |    |

**表 5-1. 每种解决方案中使用的元件数量 (continued)**

| 分立式解决方案 (PYTHON) |    |    |    |
|------------------|----|----|----|
| 总计               | 35 | 总计 | 16 |

## 6 参考文献

1. 《使用前馈电容器和低压降稳压器的优缺点》

## 7 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

| Changes from Revision * (August 2019) to Revision A (July 2021) | Page |
|---|------|
| • 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式。 .....                                | 3    |

## 重要声明和免责声明

TI 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安全、安保或其他要求。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 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。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 (<https://www.ti.com/legal/termsofsale.html>) 或 [ti.com](https://www.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。

邮寄地址: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2021, 德州仪器 (TI) 公司

## 重要声明和免责声明

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 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。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

Copyright © 2022，德州仪器 (TI) 公司