

Design Guide: TIDA-050071

无电池 **ADAS** 和信息娱乐应用处理器电源参考设计

说明

汽车级无电池处理器电源参考设计提供了一套多功能受保护电源树，用于为常见的高级驾驶辅助系统 (ADAS) 和车载信息娱乐处理器 (如 TDA4x-Q1 和 AM6x-Q1) 供电。本指南中介绍的处理器适用于传感器融合系统、摄像头模块和域控制器。详细指南可帮助设计人员创建受保护的电源系统。该设计还提供了额外的电源轨，用于为双倍数据速率 (DDR) 存储器和辅助负载供电。该设计包含一个板载 MSPM0 微控制器 (MCU)，用于对电源轨电压进行编程和排序控制。

资源

TIDA-050071	设计文件夹
TPS6521905-Q1、LM74900-Q1	产品文件夹
LMQ66430-Q1、TPS22995H-Q1	产品文件夹
TPS51200A-Q1、TPS7B4255-Q1	产品文件夹



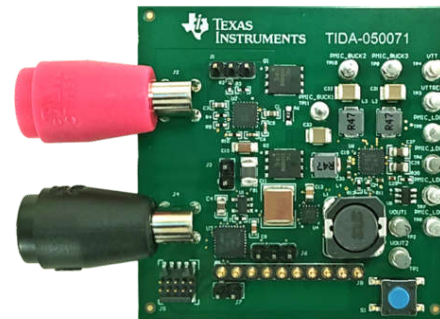
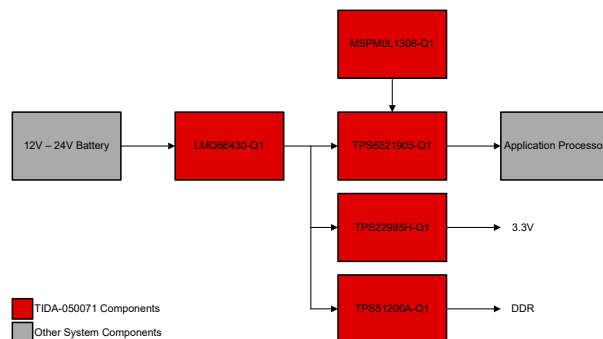
请咨询 TI E2E™ 支持专家

特性

- 适用于 TDA4x-Q1、AM69x-Q1、AM62x-Q1 等处理器的完全集成式电源轨
- 紧凑的设计尺寸 (54mm × 54mm)
- 支持低至 3V 的冷启动电压
- 物料清单 (BOM) 用料少
- 提供用于驱动辅助负载的额外电源轨
- 板载可编程能力

应用

- [ADAS 域控制器](#)
- [自动驾驶模块](#)
- [环视系统 ECU](#)
- [抬头显示](#)



1 系统说明

此参考设计可直接通过标准 12V 电池为汽车应用处理器的所有电源轨供电。系统输入由 LM74900-Q1 理想二极管提供保护，该器件具有较低的等效正向压降 (10.5mV)，可实现反极性保护。该设计还以小巧的体积和低静态电流 I_Q 提供欠压和过压保护、过流保护、电流监测以及故障报告功能。经过保护的 12V 电源随后被送至两个电压稳压器：一个 LMQ66430-Q1 开关降压转换器和一个 TPS7B4255-Q1 跟踪式 LDO。该开关稳压器为 TPS6521905-Q1 PMIC、两个 TPS22995H-Q1 负载开关和 TPS51200A-Q1 双倍数据速率 (DDR) 终端稳压器提供 3.3V 稳压输出。LDO 为板载 MSPM0L1306-Q1 MCU 提供稳定的 3.3V 电源。

此设计注重紧凑的尺寸、极少的元件数量、低电磁干扰 (EMI) 和成本效益，同时不牺牲功能性和灵活性。

2 系统概述

2.1 方框图

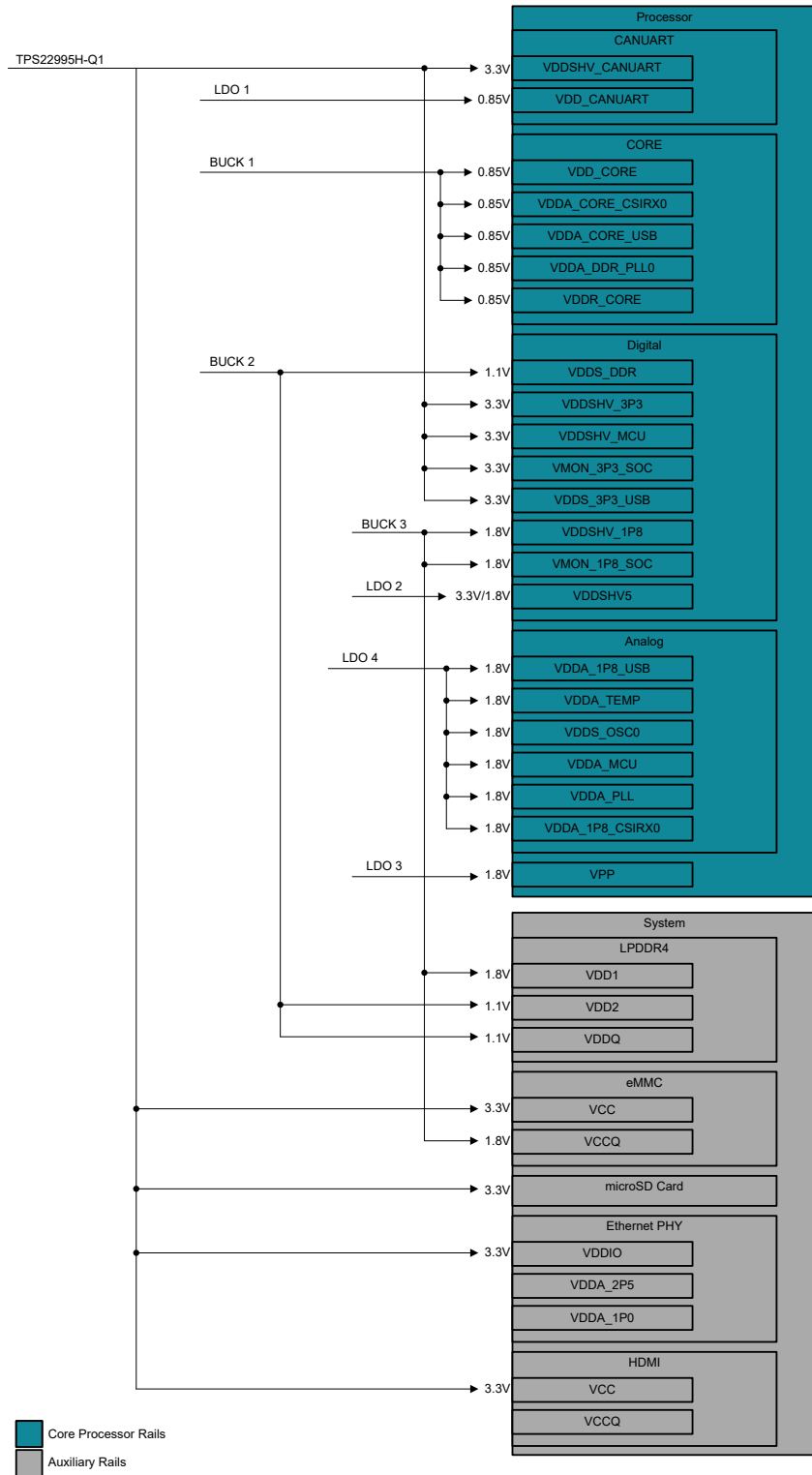


图 2-1. TIDA-050071 方框图

2.2 设计注意事项

以下列表所列的此类复杂处理器需要使用许多独特的电源轨来为不同的内部电路块供电，包括：

- ADAS 域控制器
- 视觉处理系统
- 传感器融合和感知系统
- 通信网关

为满足此要求，需要使用具有多个高性能集成降压转换器和 LDO 的 PMIC 来生成并向处理器和周边元件分配所需电压。此外，由于所需电源轨电压会因具体处理器和应用而异，因此需要高度的可配置性。

该参考设计围绕 **TPS6521905-Q1** 构建，这是一款完全可配置的高性能 PMIC，包含三个降压转换器和四个 LDO。输出电源轨的所有电压和上电时序特性均可通过 I2C 进行编程，仅需极少的外部元件。此外，该器件的非易失性存储器 (NVM) 可由用户编程，从而实现完全独立的运行。

PMIC 和输出电源轨的电源由 **LMQ66430-Q1** 提供，这是一款 3A、低 EMI、高效率的降压转换器，具有低纹波、低过冲和快速瞬态响应特性。电路板输入通常直接连接至电池，由高度可配置的 **LM74900-Q1** 理想二极管进行保护，用于保护后级电路免受过压、电池反接和短路等情况的影响。

额外的输出电源轨由两个 **TPS22995H-Q1** 负载开关、一个 **TPS51200A-Q1** DDR 灌电流终端稳压器或拉电流终端稳压器以及一个 **TPS7B4255-Q1** 跟踪式 LDO 提供。

MSPM0L1306-Q1 用于与 **TPS6521905-Q1** 和所有板载数字信号进行通信，从而实现快速评估、高度应用特定定制化以及可配置的故障检测与响应。

所有这些功能均设计在一块尺寸仅为 54mm × 54mm 的微小 PCB 上实现。

2.3 重点产品

- [TPS6521905-Q1](#)
- [LM74900-Q1](#)
- [LMQ66430-Q1](#)
- [TPS22996H-Q1](#)
- [TPS51200A-Q1](#)
- [TPS7B4255-Q1](#)
- [MSPM0L1306-Q1](#)

2.3.1 TPS6521905-Q1

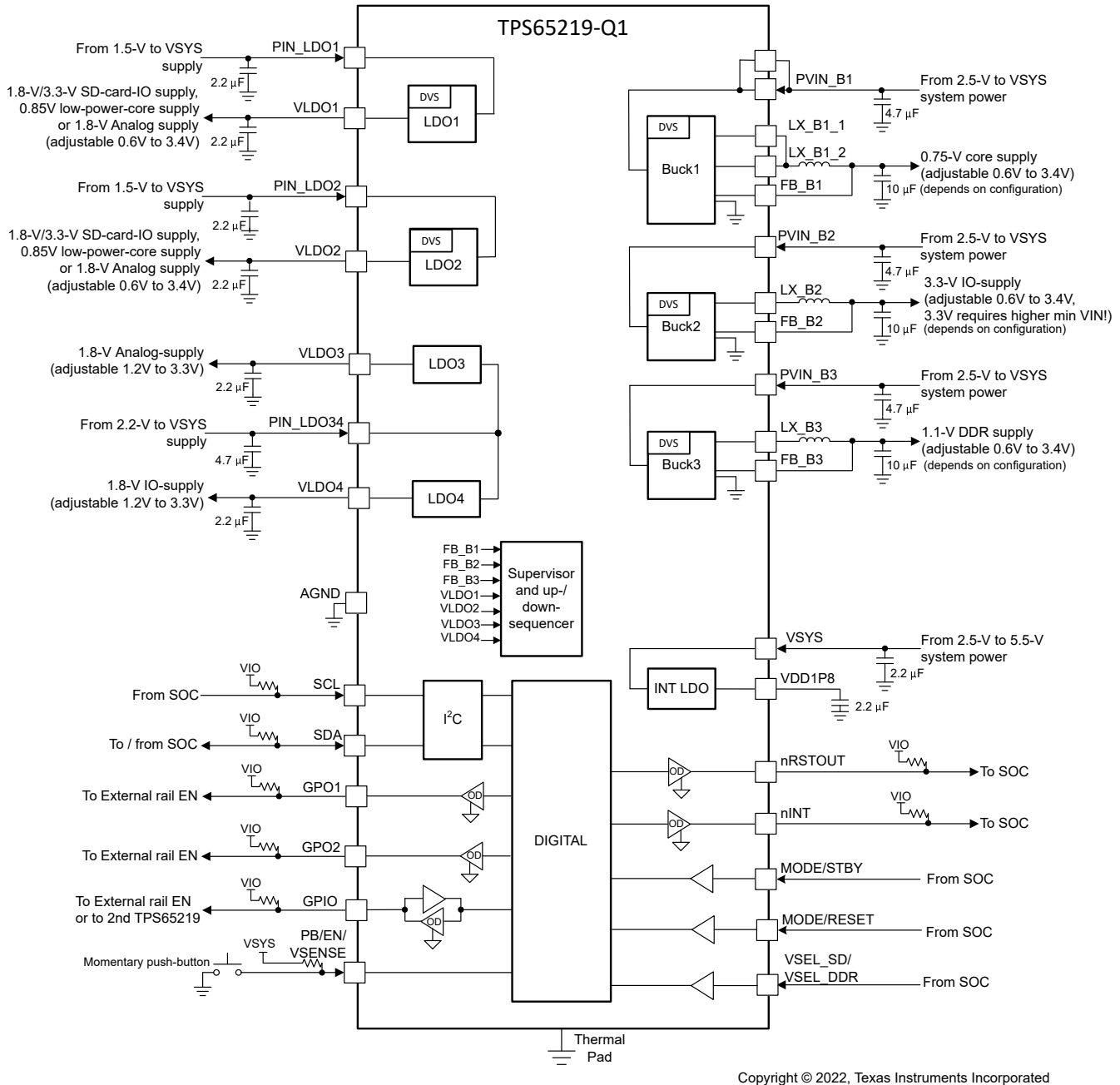


图 2-2. TPS6521905-Q1 功能方框图

TPS6521905-Q1 是一款电源管理集成电路 (PMIC)，设计用于汽车类应用的各种 SoC 供电。该器件的额定环境温度范围为 -40°C 至 $+125^{\circ}\text{C}$ ，也正因此，PMIC 成为了多种汽车类应用的理想选择。该器件包含三个同步直流/直流降压转换器和四个线性稳压器。DC/DC 转换器能够提供 $1 \times 3.5\text{A}$ 和 $2 \times 2\text{A}$ 的电流。根据开关模式配置的不同，这些转换器需要一个 470nH 的小型电感器、 $4.7\mu\text{F}$ 输入电容以及每个电源轨至少 $10\mu\text{F}$ 输出电容。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、通用输入和输出 (GPIO) 以及多功能引脚 (MFP) 可实现与各种 SoC 的无缝连接。

2.3.2 LM74900-Q1

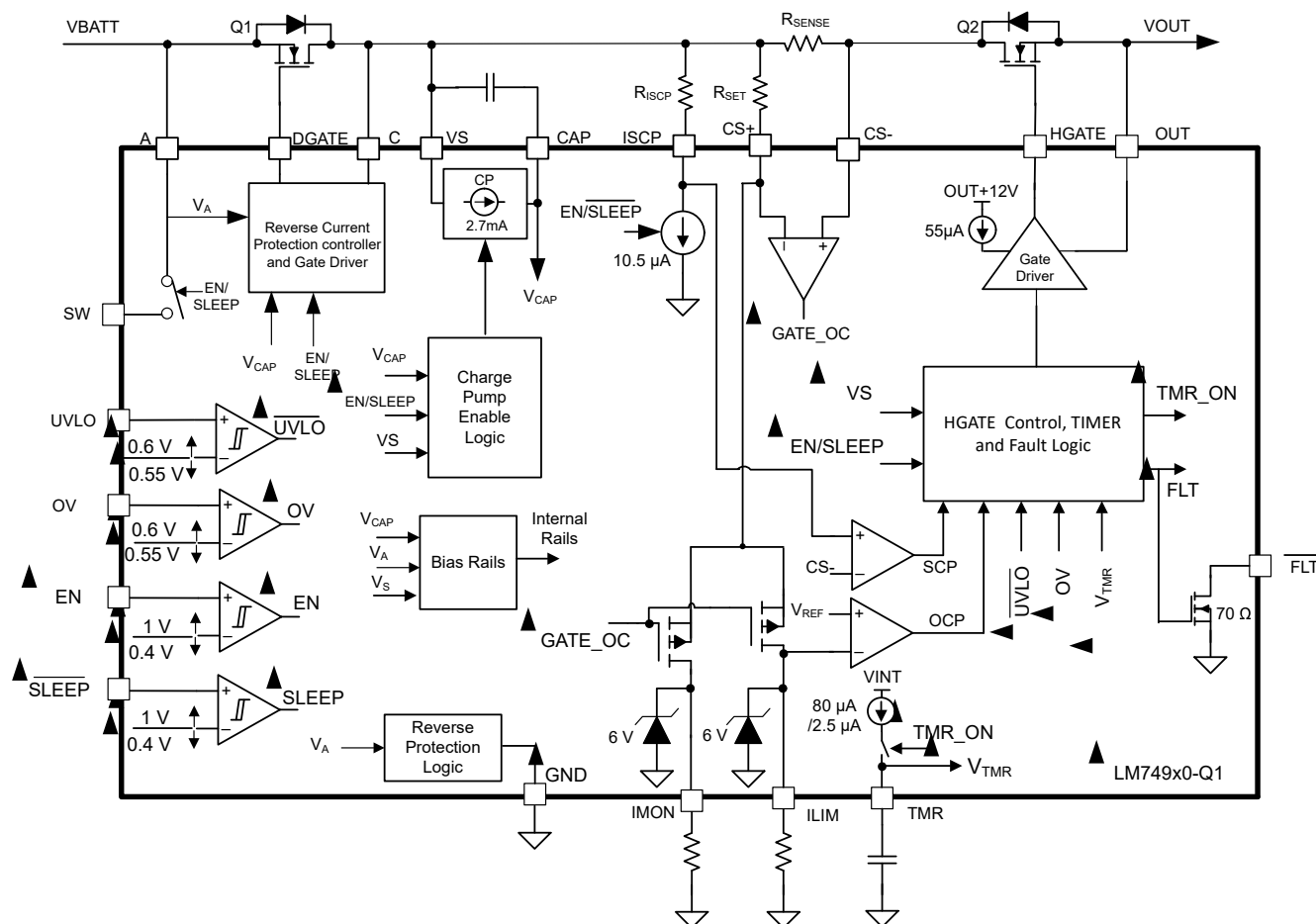


图 2-3. LM74900-Q1 功能方框图

LM74900-Q1 理想二极管控制器可驱动和控制外部背对背 N 沟道 MOSFET，从而仿真具有电源路径开/关控制及过流和过压保护功能的理想二极管整流器。3V 至 65V 的宽输入电源电压可保护和控制 12V 和 24V 汽车类电池供电的 ECU。该器件可以承受低至 -65V 的负电源电压并保护负载免受这些电压的影响。集成的理想二极管控制器 (DGATE) 可驱动第一个 MOSFET 来代替肖特基二极管，以实现反向输入保护和输出电压保持功能。在电源路径中使用了第二个 MOSFET 的情况下，该器件允许在发生过流和过压事件时使用 HGATE 控制将负载断开（开/关控制）。该器件具有集成电流检测放大器，可提供具有可调过流和短路阈值的精确电流监控。该器件具有可调节过压切断保护功能。该器件具有睡眠模式，可实现超低静态电流消耗（6μA），同时在车辆处于停车状态时为始终开启的负载提供刷新电流。LM74900-Q1 的最大额定电压为 65V。

2.3.3 LMQ66430-Q1

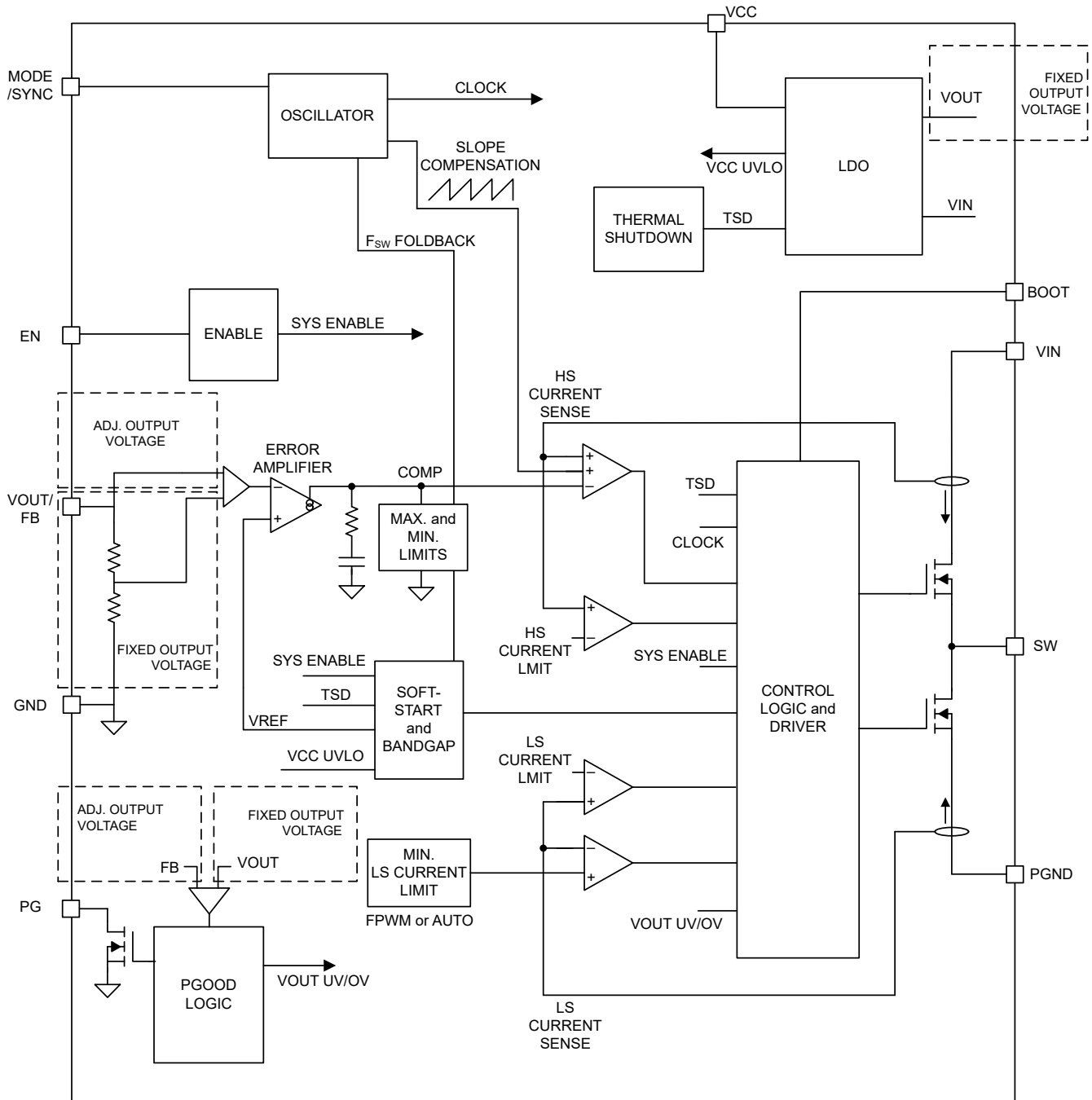


图 2-4. LMQ66430-Q1 功能方框图

LMQ66430-Q1 是具有集成旁路和自举电容器的业界超小型 36V、3A (可提供 2A 和 1A 型号) 同步直流/直流降压转换器, 采用增强型 HotRod QFN 封装。该易于使用的转换器支持 2.7V 至 36V 的宽输入电压范围 (启动后或运行后), 并支持高达 42V 的瞬态电压。LMQ66430-Q1 是专为满足常开型汽车类应用的低待机功耗要求而设计的。自动模式可在轻负载运行时进行频率折返, 实现 1.5 μ A 的典型空载电流消耗 (输入电压为 13.5V_{IN}) 和高轻负载效率。PWM 和 PFM 模式之间的无缝转换以及超低的 MOSFET 导通电阻可确保在整个负载范围内实现出色的效率。控制架构 (峰值电流模式) 和功能集经过优化, 可实现具有超小输出电容的超小设计尺寸。该器件使用双随机展频 (DRSS)、低 EMI 增强型 HotRod QFN 封装和经过优化的引脚排列, 更大程度地减小了输入滤波器尺寸。MODE/SYNC 引脚可用于设置或同步频率, 以避免噪声敏感频带。关键高电压引脚之间有 NC 引脚, 可减少潜在故障 (出色的选择引脚 FMEA)。LMQ66430-Q1 丰富的功能集旨在简化各种汽车类终端设备的实施。

2.3.4 TPS22995H-Q1

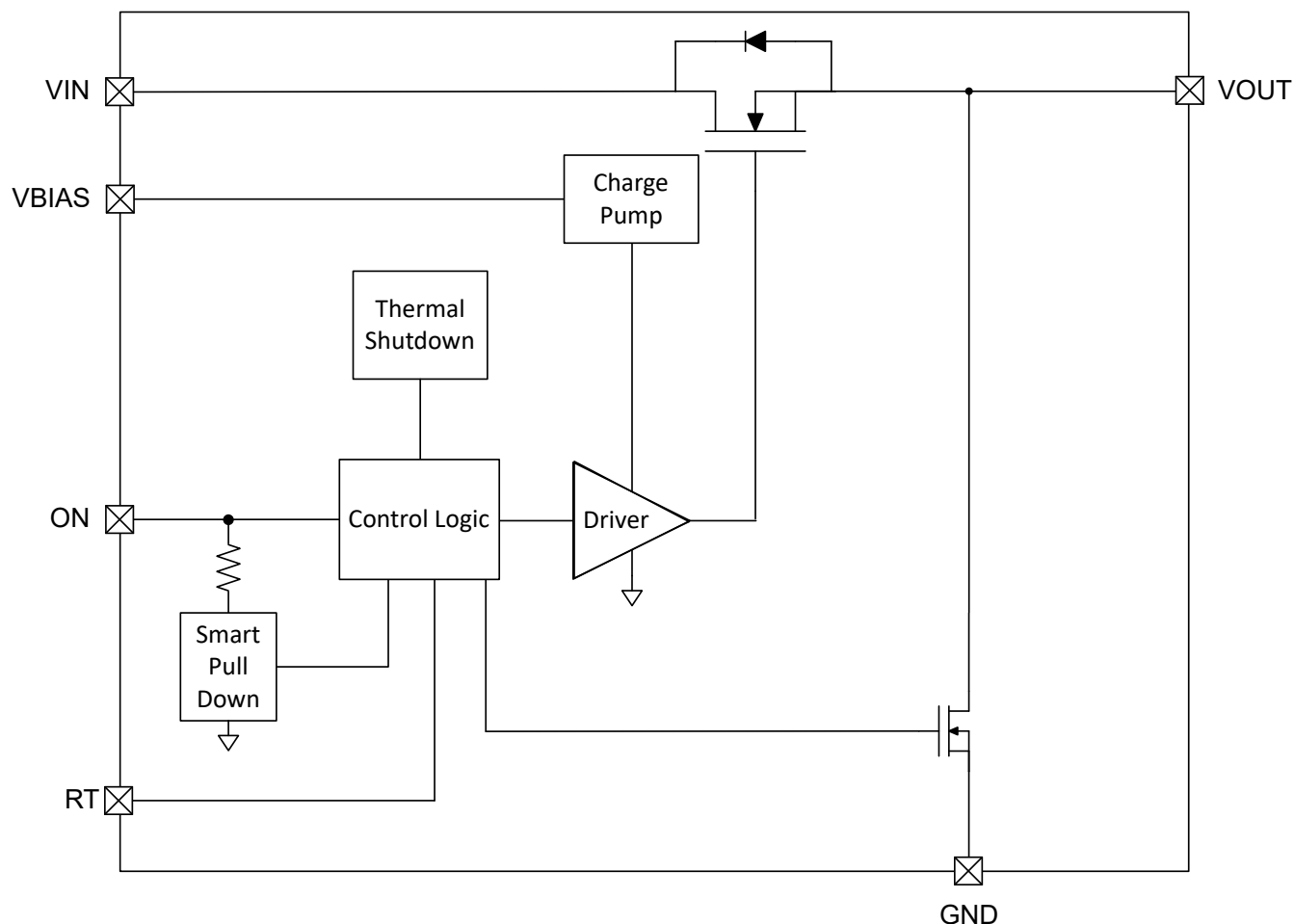


图 2-5. TPS22995H-Q1 功能方框图

TPS22995H-Q1 是一款单通道负载开关，包含 $19\text{m}\Omega$ N 沟道 MOSFET，可在 0.8V 至 5.5V 的输入电压范围内运行，支持的连续电流上限为 3A 。该开关由可与低压 GPIO 信号直接连接的开关输入 (ON) 控制。TPS22995H-Q1 在开关关闭时具有快速输出放电功能，可将输出电压拉低至已知 0V 状态。此外，该器件还提供可调节上升功能，旨在限制具有高容性负载的浪涌电流。TPS22995H-Q1 的引脚可耐受高湿度条件，这意味着，无论哪个引脚与 GND 或电源之间发生 $100\text{k}\Omega$ 短路，该器件都能正常运行。时序引脚 (RT) 受高湿度影响时，预计时序保持在 $\pm 20\%$ 范围内。TPS22995H-Q1 采用 $2.8\text{mm} \times 2.9\text{mm}$ 尺寸、引脚间距为 0.5mm 的 6 引脚 SOT 封装。该器件在自然通风环境下的额定运行温度范围为 -40°C 至 $+125^\circ\text{C}$ 。

2.3.5 TPS51200A-Q1

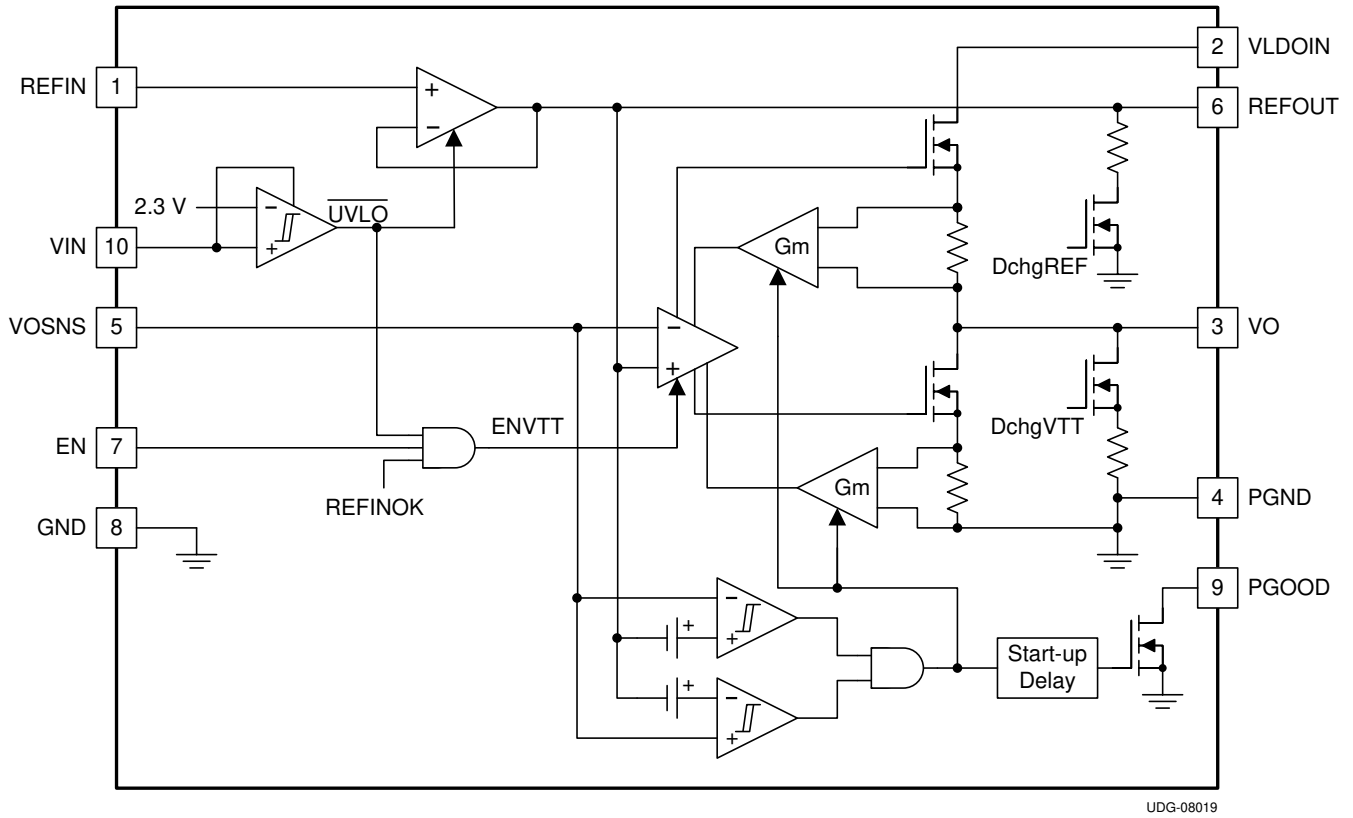


图 2-6. TPS51200A-Q1 功能方框图

TPS51200A-Q1 器件是一款灌电流和拉电流双倍数据速率 (DDR) 终端稳压器，专门针对低输入电压、低成本、低噪声的空间受限型系统而设计。该器件可保持快速的瞬态响应，仅需 $20\ \mu\text{F}$ 超低输出电容。该器件支持远端电压检测功能，并能满足 DDR、DDR2、DDR3、低功耗 DDR3 和 DDR4 VTT 总线终端的所有电源要求。此外，该器件还提供一个开漏 PGGOOD 信号来监测输出稳压，并提供一个 EN 信号在 S3 (挂起至 RAM) 期间针对 DDR 应用对 VTT 进行放电。

2.3.6 TPS7B4255-Q1

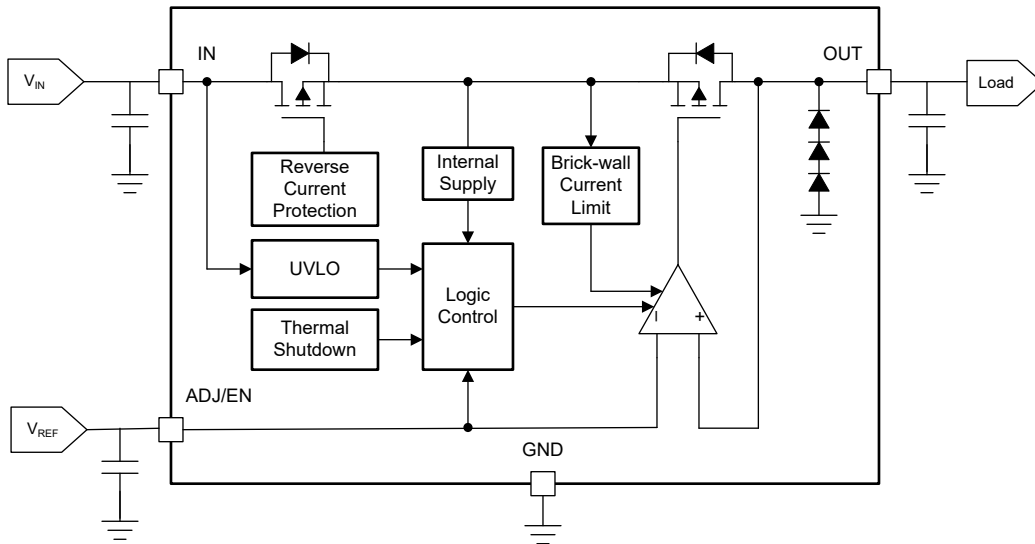


图 2-7. TPS7B4255-Q1 功能方框图

TPS7B4255-Q1 是一款低压差 (LDO) 电压跟踪稳压器，具有高跟踪精度以及出色的负载和线路瞬态响应。该器件采用两种 5 引脚 SOT-23 封装 (DBV 和 DYB)。TPS7B4255-Q1 旨在为动力总成系统等汽车应用中的非板载传感器供电。由于提供非板载电源的电缆发生故障的风险较高，因此器件配备了集成保护功能，可应对反向电流 (电池短路)、反极性、输出接地短路 (电流限制) 和过热 (热关断) 等故障情况。该器件可承受 45V (绝对最大值) 输入电压，并能经受住汽车负载突降瞬态条件的考验。负载高达 70mA、容差非常小的 OUT 引脚可对 ADJ/EN 引脚上施加的基准电压进行有效跟踪。因此，TPS7B4255-Q1 可为高精度非板载传感器提供电源电压，这有助于利用比例式传感器提高测量的可靠性和精度。通过将 ADJ/EN 输入引脚置于低电平，TPS7B4255-Q1 可切换至待机模式，从而将 LDO 的静态电流降至 3.25 μ A 以下。

2.3.7 MSPM0L1306-Q1

MSPM0L1306 微控制器 (MCU) 属于 MSP 高度集成的超低功耗 32 位 MSPM0 MCU 系列，该 MCU 系列基于增强型 Arm® Cortex®-M0+ 内核平台，工作频率最高可达 32MHz。这些低成本 MCU 提供高性能模拟外设集成，支持 -40°C 至 125°C 的工作温度范围，并在 1.62V 至 3.6V 的电源电压下运行。MSPM0L1306 器件提供高达 64KB 的嵌入式闪存程序存储器和高达 4KB 的 SRAM。这些 MCU 包含精度高达 $\pm 1.2\%$ 的高速片上振荡器，无需外部晶体。其他特性包括 3 通道 DMA、16 位和 32 位 CRC 加速器，以及各种高性能模拟外设，例如一个具有可配置内部电压基准的 12 位 1.68MSPS ADC、一个具有内置基准 DAC 的高速比较器、两个具有可编程增益的零漂移零交叉运算放大器、一个通用放大器和一个片上温度传感器。这些器件还提供智能数字外设，例如四个 16 位通用计时器、一个窗口化看门狗计时器和各种通信外设 (包括两个 UART、一个 SPI 和两个 I2C)。这些通信外设为 LIN、IrDA、DALI、Manchester、Smart Card、SMBus 和 PMBus 提供协议支持。TI MSPM0 系列低功耗 MCU 包含具有不同模拟和数字集成度的器件，可让客户找到满足工程需求的 MCU。此架构结合了多种低功耗模式，并经过优化，可在便携式测量应用中延长电池寿命。

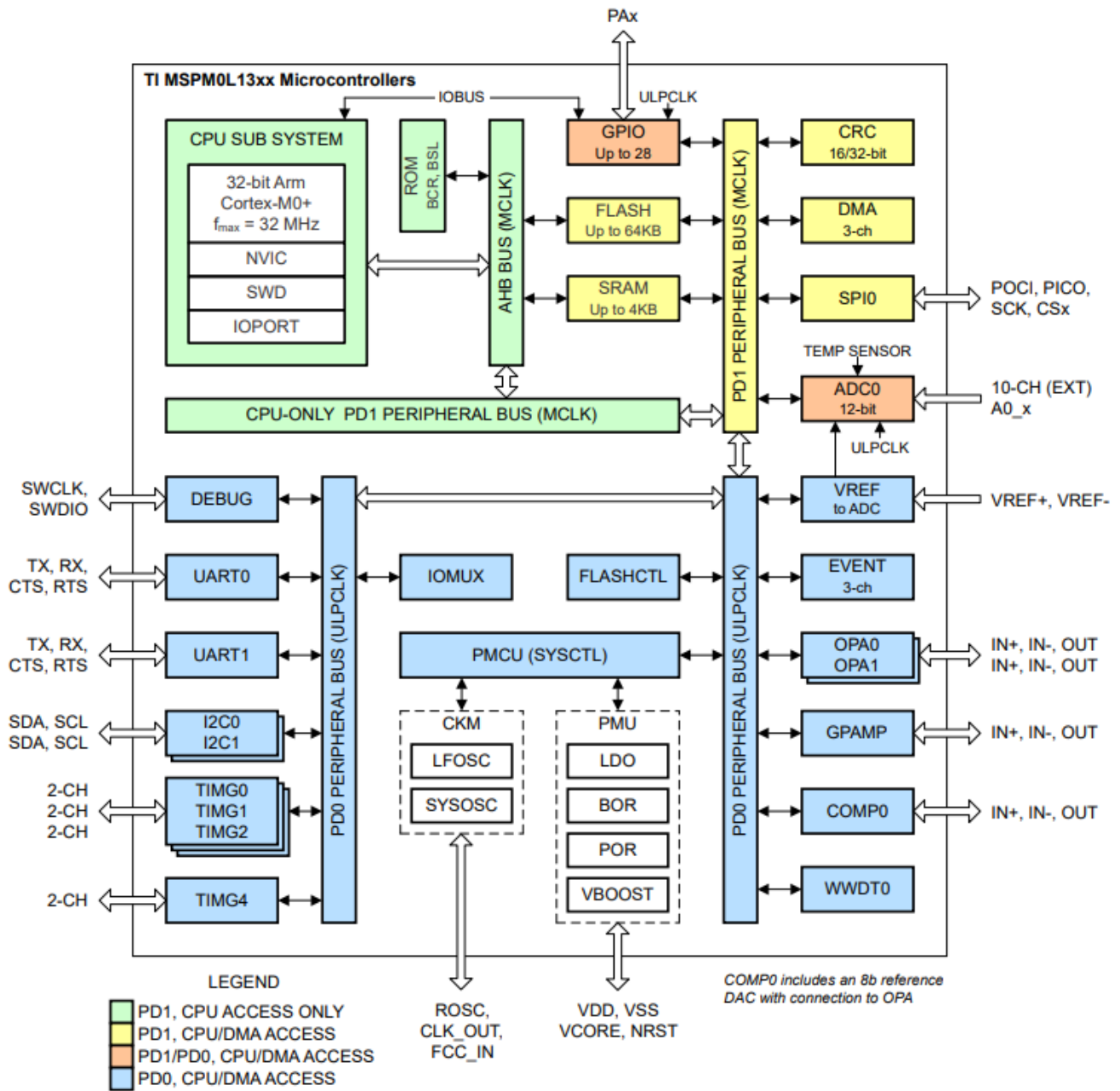


图 2-8. MSPM0L1306 功能方框图

3 硬件、软件、测试要求和测试结果

3.1 硬件要求

为充分发挥此电路板的功能，需要以下设备：

- 一个 TIDA-050071 PCB
- 分流跳线或焊接桥
- JTAG 调试器
- 5V 至 36V 电源
- 示波器
- 处理器或其他负载
- 带钩测试线

3.2 软件要求

需要 JTAG 调试器配合集成开发环境 (IDE) 使用，例如 TI 的 Code Composer Studio™、Arm® Keil® 或 IAR Embedded Workbench®。

3.3 测试设置

测试条件如下：

- $V_{IN} = 13.5V$
- $I_{LOAD} = 0A \rightarrow 2A (500 \mu s) \rightarrow 0A$ (对于降压转换器)； $0A \rightarrow 200mA (500 \mu s) \rightarrow 0A$ (对于 LDO)

在测试负载瞬态阶跃响应时，需将负载连接至相应的输出连接器，并在对应的输出电容器两端测量输出电压。

3.4 测试结果

3.4.1 LMQ66430-Q1

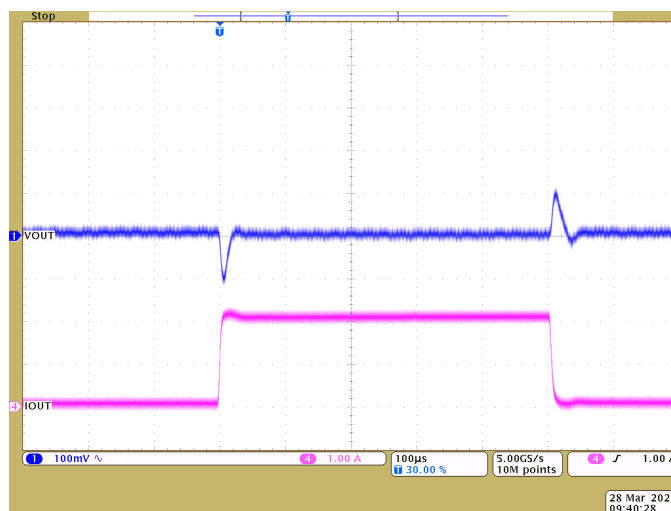


图 3-1. LMQ66430-Q1 负载瞬态响应

3.4.2 TPS65219-Q1

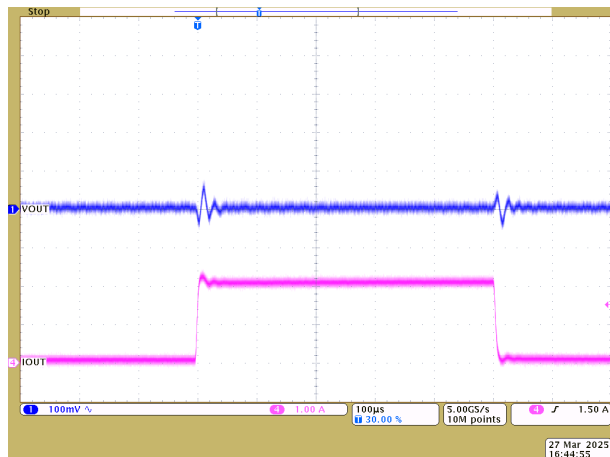


图 3-2. Buck 1 负载瞬态响应

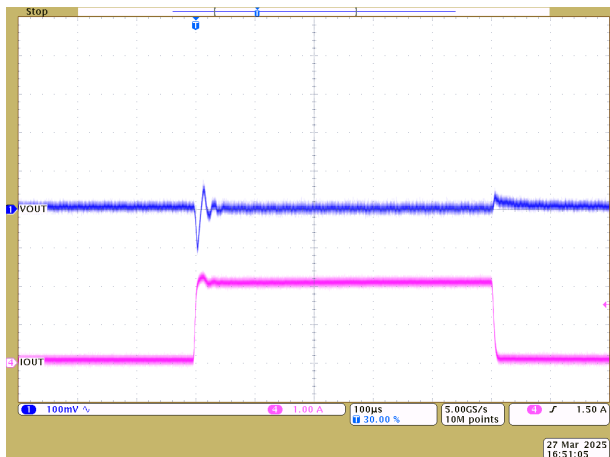


图 3-3. Buck 2 负载瞬态响应

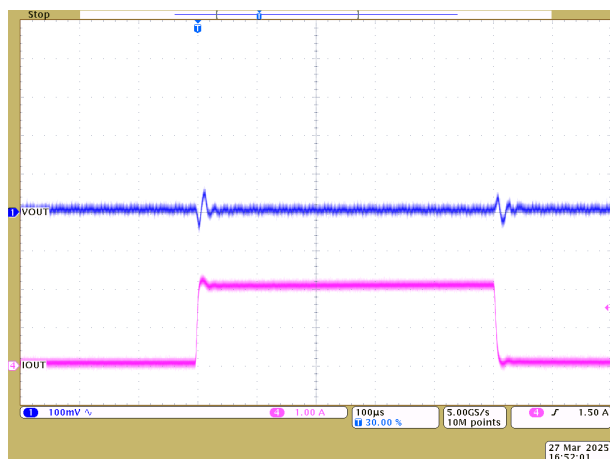


图 3-4. Buck 3 负载瞬态响应

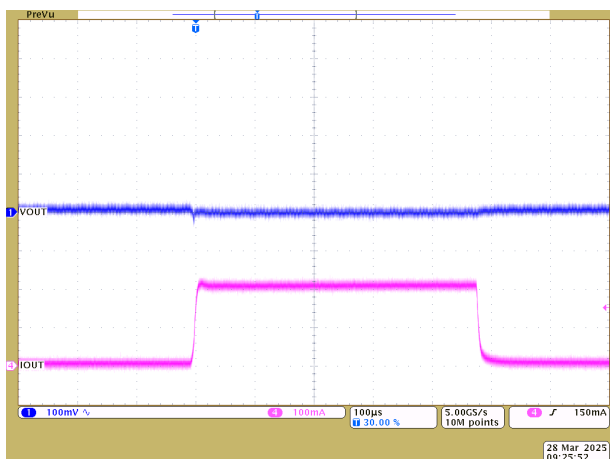


图 3-5. LDO 1 负载瞬态响应

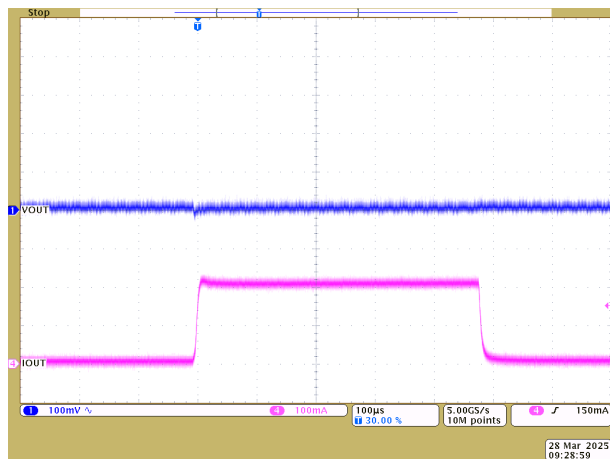


图 3-6. LDO 2 负载瞬态响应

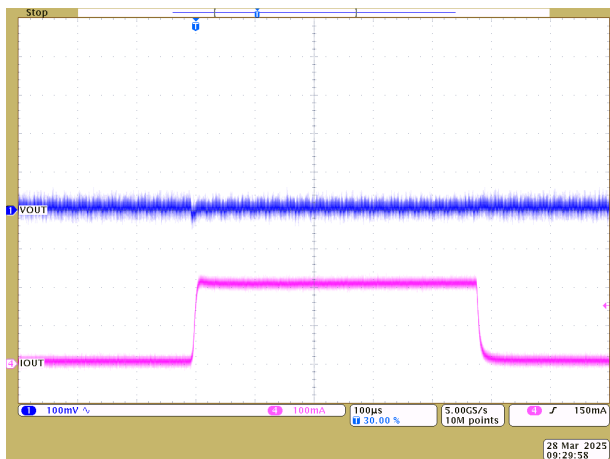


图 3-7. LDO 3 负载瞬态响应

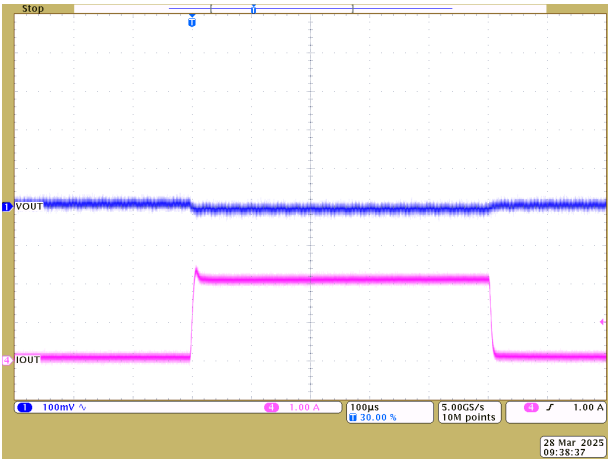


图 3-8. LDO 4 负载瞬态响应

3.5 快速入门指南

TIDA-050071 由连接在 J2 和 J4 输入连接器之间的单一 3V 至 36V 输入电源供电。以下列表详细说明了跳线功能：

J1	LM74900-Q1 使能，将中间引脚与右侧引脚相连以实现使能常开模式（EN 连接到 VS）；将中间引脚与左侧引脚相连以实现 MCU 控制或外部控制 EN。
J3	TPS7B42-Q1 输入电源，将两个跳线帽相连，使 LDO 从滤波后的 VIN 获取电源。
J6	LMQ66430-Q1 使能，将中间引脚与左侧引脚相连，以实现正常工作期间使能常开模式（EN 连接到 LM74900-Q1 的 nFLT 引脚），将中间引脚与右侧引脚相连，以实现 MCU 控制或外部控制 EN。

将 JTAG 编程器连接到 J5，以对板载 MSPM01306-Q1 进行编程。S1 按键连接到 MCU 的 nRST 引脚。

测试点 TP1 – TP11 可用于输出连接或系统评估，并以 J4（系统 GND）为基准。

4 设计和文档支持

4.1 设计文件

所有文件 (包括原理图、PCB 布局、Gerber 文件和软件工程) 均可在 [TIDA-050071](#) 中找到。

4.1.1 原理图

要下载原理图, 请参阅 [TIDA-050071](#) 中的设计文件。

4.1.2 BOM

要下载物料清单 (BOM), 请参阅 [TIDA-050071](#) 中的设计文件。

4.2 工具与软件

工具

[CCSTUDIO](#)

TI Code Composer Studio

[MSPM0-SDK](#)

MSPM0 软件开发套件

软件

[TIDA-050071 固件](#)

[TIDA-050071 源代码](#)

4.3 文档支持

1. 德州仪器 (TI), [具有三个直流/直流降压转换器和四个 LDO 的汽车用户可编程电源管理 IC \(PMIC\) 数据表](#)
2. 德州仪器 (TI), [具有断路器、欠压和过压保护以及故障输出功能的 LM749x0-Q1 汽车理想二极管数据表](#)
3. 德州仪器 (TI), [LMQ664x0-Q1 具有集成 \$V_{IN}\$ 旁路和 \$C_{BOOT}\$ 电容器的 36V、1A/2A/3A 超小型同步汽车降压转换器数据表](#)
4. 德州仪器 (TI), [TPS22995H-Q1 5.5V、3A、19m \$\Omega\$ 导通电阻汽车类负载开关数据表](#)
5. 德州仪器 (TI), [TPS51200A-Q1 灌电流和拉电流 DDR 终端稳压器数据表](#)
6. 德州仪器 (TI), [TPS7B4255-Q1 具有 5mV 跟踪容差的汽车类 70mA、40V 电压跟踪 LDO 数据表](#)

4.4 支持资源

[TI E2E™ 中文支持论坛](#) 是工程师的重要参考资料, 可直接从专家处获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题, 获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范, 并且不一定反映 TI 的观点; 请参阅 TI 的[使用条款](#)。

4.5 商标

E2E™, Code Composer Studio™, and TI E2E™ are trademarks of Texas Instruments.

Arm®, Cortex®, and Keil® are registered trademarks of Arm Limited.

IAR Embedded Workbench® is a registered trademark of IAR Systems AB.

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