

Tomi Koskela

摘要

本文详细介绍了使用 LP8756x-Q1、LP8752x-Q1 和 LP8732-Q1 系列电源管理 IC 为 Semidrive X9P/X9U SoC (片上系统) 电源轨提供电源解决方案的设计注意事项。额外的 TPS74501-Q1 LDO 用于外设轨。该电源解决方案的假定输入电压为 5V ($\pm 5\%$)。如果系统输入电压较高 (例如汽车电池), 则应使用具有足够电流处理能力的降压转换器作为前置稳压器来产生 5V 的电压输入。该电源解决方案采用通过汽车认证的元件。

LP875610B-Q1 具有四个降压转换器, 可配置为一个四相转换器, 为内核轨提供最大 16A 的负载电流。LP87562R-Q1 可配置为用于 CPU 电源轨的三相转换器, 额外的单相电源轨可用于外设。LP87521S-Q1 具有四个降压转换器, 可配置为一个四相转换器, 为 GPU 电源轨提供最大 10A 的负载电流。LP875241J-Q1 可配置为用于外设轨的四个单相转换器。LP873248-Q1 用于安全电源轨。这些器件都可进行 OTP 编程, 默认寄存器值已在 TI 出厂配置中设为平台所需值, 无需客户再通过 I²C 总线更改设置。支持 OTP 设置的完整订购器件型号为 LP875610BRNFRQ1、LP87562RRNFRQ1、LP87521SRNFRQ1、LP875241JRNFRQ1 和 LP873248RHDRQ1。有关 OTP 设置的更多详细信息, 请参阅具体器件型号的技术参考手册。

该电源解决方案展示了如何使用 TI PMIC 为 Semidrive X9P/U 所需的电源轨进行供电。时序的控制是通过 PMIC 和 GPIO 的可编程启动和/或关断延迟来实现的。时序的使能只需要由系统的一个使能信号管脚即可完成控制。该电源解决方案可以根据涉及当前要求和所使用外设的实际用例进行定制和优化。

内容

1 设计参数	2
2 电源解决方案	3
3 定序	5
3.1 启动 - 应用处理器.....	5
3.2 关断 - 应用处理器.....	6
3.3 启动 - 安全.....	6
3.4 关断 - 安全.....	7
3.5 启动 - RTC.....	7
3.6 关断 - RTC.....	8
4 原理图	9
5 软件驱动程序	13
6 推荐的外部元件	14
7 测量	15
8 总结	16
9 参考文献	17

插图清单

图 2-1. Semidrive X9P/U AP 电源方框图.....	3
图 2-2. Semidrive X9P/U 安全电源方框图.....	4
图 2-3. Semidrive X9P/U RTC 电源方框图.....	4
图 3-1. 应用处理器电源启动时序图.....	5
图 3-2. 应用处理器关断时序图.....	6
图 3-3. 安全电源启动时序图.....	6
图 3-4. 安全电源轨关断时序图.....	7
图 3-5. RTC 电源启动时序图.....	7

图 3-6. RTC 关断时序图.....	8
图 4-1. X9P/X9U 顶层原理图.....	9
图 4-2. LP875610B-Q1 原理图.....	10
图 4-3. LP87562R-Q1 原理图.....	10
图 4-4. LP87521S-Q1 原理图.....	11
图 4-5. LP875241J-Q1 原理图.....	11
图 4-6. LP873248-Q1 原理图.....	11
图 4-7. TPS74501-Q1 原理图.....	12
图 7-1. LP873248-Q1 效率 (Vin = 5V , 25°C)	15

表格清单

表 1-1. 设计参数.....	2
表 6-1. 物料清单.....	14

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 设计参数

表 1-1 显示了电源轨、负载要求以及测量结果显示了典型的测量数据。

表 1-1. 设计参数

电压 (V)	电源轨名称	最大负载 (mA)	负载能力 (mA)	SOURCE	域
1.8	VDD_RTC_1V8	< 500	500	TPS74501-Q1 (LDO)	RTC
0.8	VDDIO_RTC_0V8	< 500	500	TPS74501-Q1 (LDO)	RTC
0.8	VSFT_0V8	1500	2000	LP873248-Q1 Buck0	安全
1.8	VDDA_SAF	720	2000	LP873248-Q1 Buck1	安全
3.3	VDDIO_GPIO(1)	< 300	300	LP873248-Q1 LDO0	安全
3.3	VDDIO_GPIO(2)	< 300	300	LP873248-Q1 LDO1	安全
0.8	VDD_AP_0V8、 VDD_DRAM_0V8	16000	16000	LP875610B-Q1 B0+B1+B2+B3	应用处理器
0.85	VDD_CPU_0V8	12000	12000	LP87562R-Q1 B0+B1+B2	应用处理器
0.8	VDD_MIPI_0V8、 VDD_PCIE_0V8、 VDD_USB	900	4000	LP87562R-Q1 B3	应用处理器
0.85	VDD_GPU_0V8	10000	10000	LP87521S-Q1 B0+B1+B2+B3	应用处理器
1.8	VDDA_1V8	2280	2500	LP875241J-Q1 B0	应用处理器
3.3	VDDH_3V3	1200	2500	LP875241J-Q1 B1	应用处理器
1.1	VDDQ_DRAM	3000	4000	LP875241J-Q1 B2	应用处理器
0.6	VDDL_P_DRAM	600	1000	LP875241J-Q1 B3	应用处理器
1.8	VDD_LP4_1V8	200	500	TPS74501-Q1 (LDO)	应用处理器

2 电源解决方案

图 2-1 显示了为 X9P/U 应用处理器轨供电的 LP875610B-Q1、LP87562R-Q1、LP87521S-Q1、LP875241J-Q1 和 TPS74501-Q1 器件的电源树。

图 2-2 显示了为 X9P/U 安全轨供电的 LP873248-Q1 PMIC 的电源树。

图 2-3 显示了为 X9P/U RTC 轨供电的两个 TPS74501-Q1 LDO 的电源树。

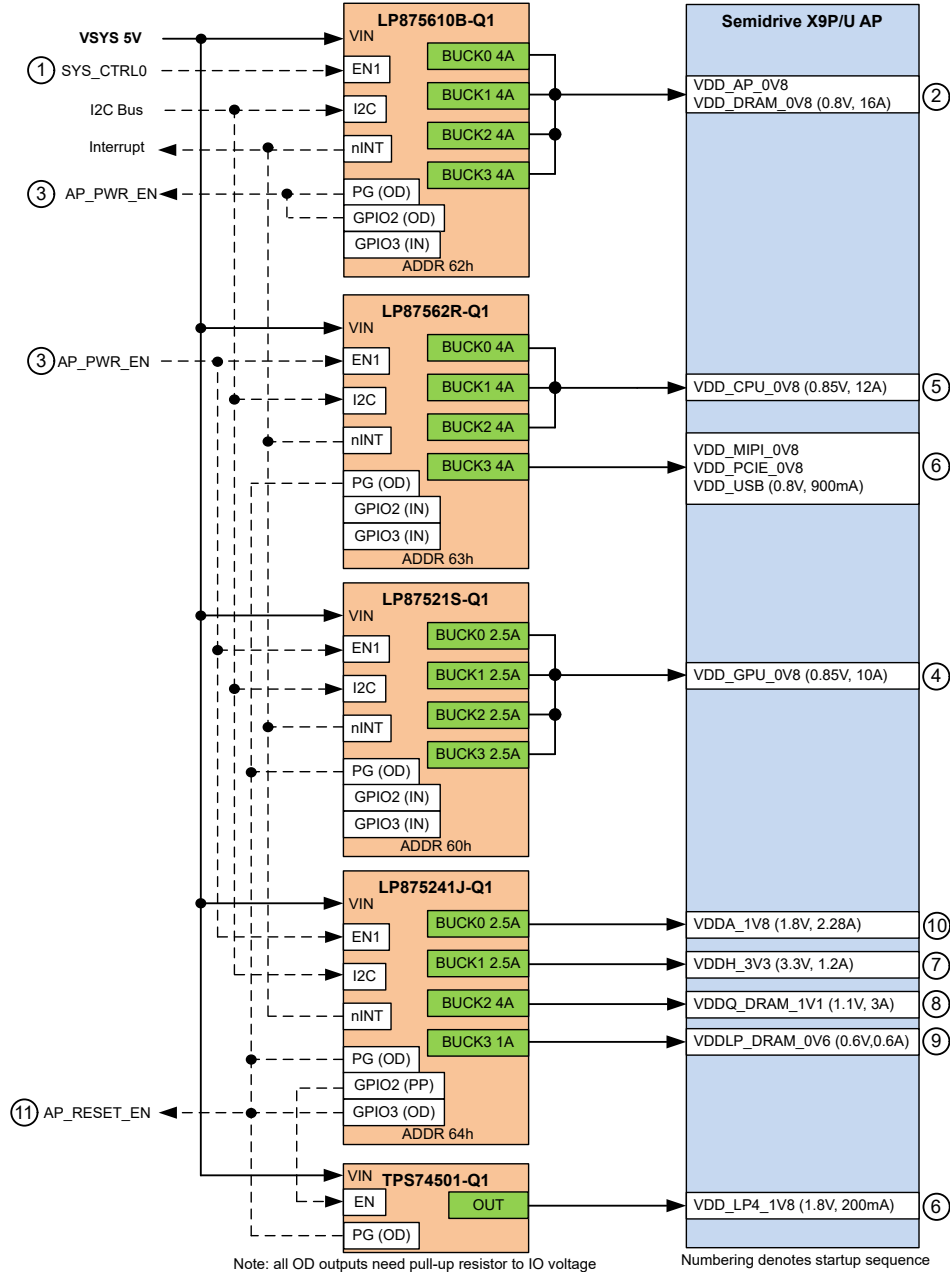


图 2-1. Semidrive X9P/U AP 电源方框图

主要特性：

- 由前置稳压器提供 5V 电源
- 器件通电后，微控制器或前置稳压器 PGOOD 可将 SYS_CTRL0 设置为高电平，以启动应用处理器轨的启动序列。

- 启动和/或关断延迟在 LP875x-Q1 序列发生器内部控制，分立式 LDO 通过具有预设延迟的 PMIC GPIO 进行控制。
- 可使用 I²C 来读取状态寄存器和复位中断。
- PMIC 器件有专用的 I²C 地址，因此器件可以共享同一条 I²C 总线。
- 来自 LP875x-Q1 和 TPS74501-Q1 的 PG 信号共同用作 SoC 的 AP_RESET_EN 信号。轨电压上的任何故障都将使 SoC 保持复位状态，直至故障清除。

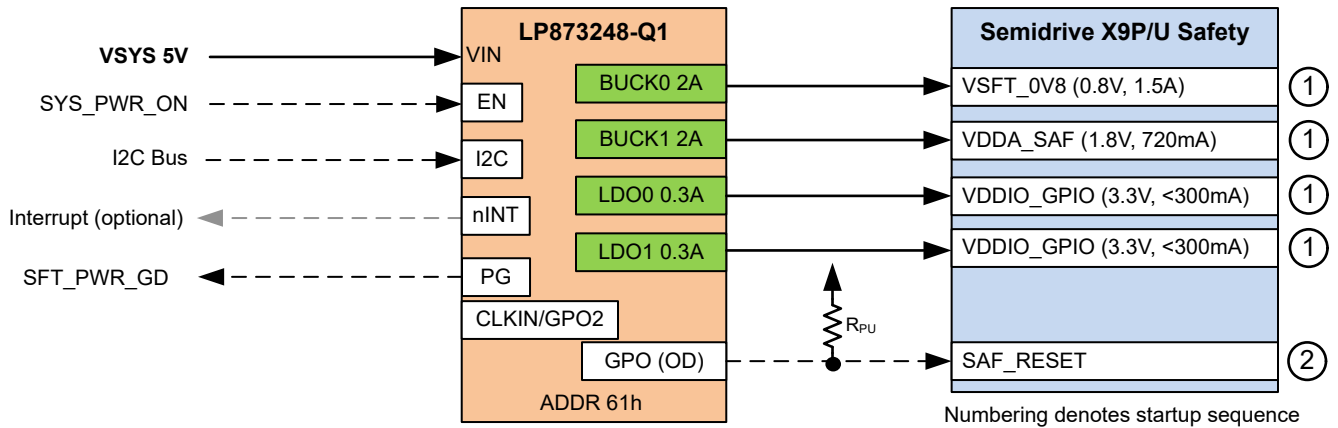


图 2-2. Semidrive X9P/U 安全电源方框图

主要特性：

- 由前置稳压器提供 5V 电源
- 器件通电后，微控制器或前置稳压器 PGOOD 可将 SYS_PWR_ON 设置为高电平，以启动安全轨的启动序列。
- 启动延迟在 LP873248-Q1 序列发生器内部控制。
- 可使用 I²C 来读取状态寄存器和复位中断。
- 此系统中的所有 PMIC 器件都有专用的 I²C 地址，因此它们可以共用同一条 I²C 总线。
- 来自 LP873248-Q1 的 GPO 信号用作 SoC 的 SAF_RESET 信号。SFT_PWR_GD 信号可用于故障指示，或与 SAF_RESET 信号结合使用（两个输出均为开漏输出）。

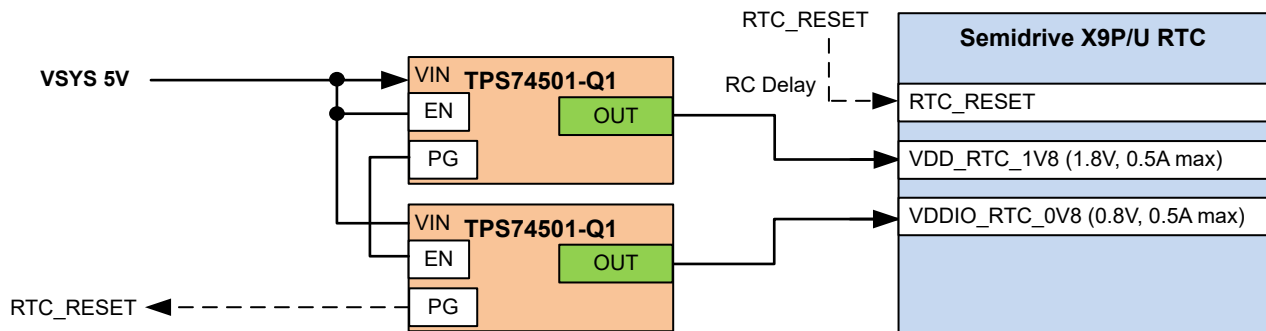


图 2-3. Semidrive X9P/U RTC 电源方框图

主要特性：

- 由前置稳压器提供 5V 电源
- 当电源电压达到 TPS74501-Q1 UVLO 上升阈值（典型值 1.33V）时，VDD_RTC_1V8 电源将立即启动。
- 当 VDD_RTC_1V8 达到目标电压且 PG 设置为高电平时，VDDIO_RTC_0V8 将启动。
- 当 VDDIO_RTC_0V8 达到目标电压电平时，PG 将设置为高电平。附加 RC 延迟用于 RTC_RESET 信号。

3 定序

3.1 启动 - 应用处理器

图 3-1 显示了电源轨启动时序和相应信号。

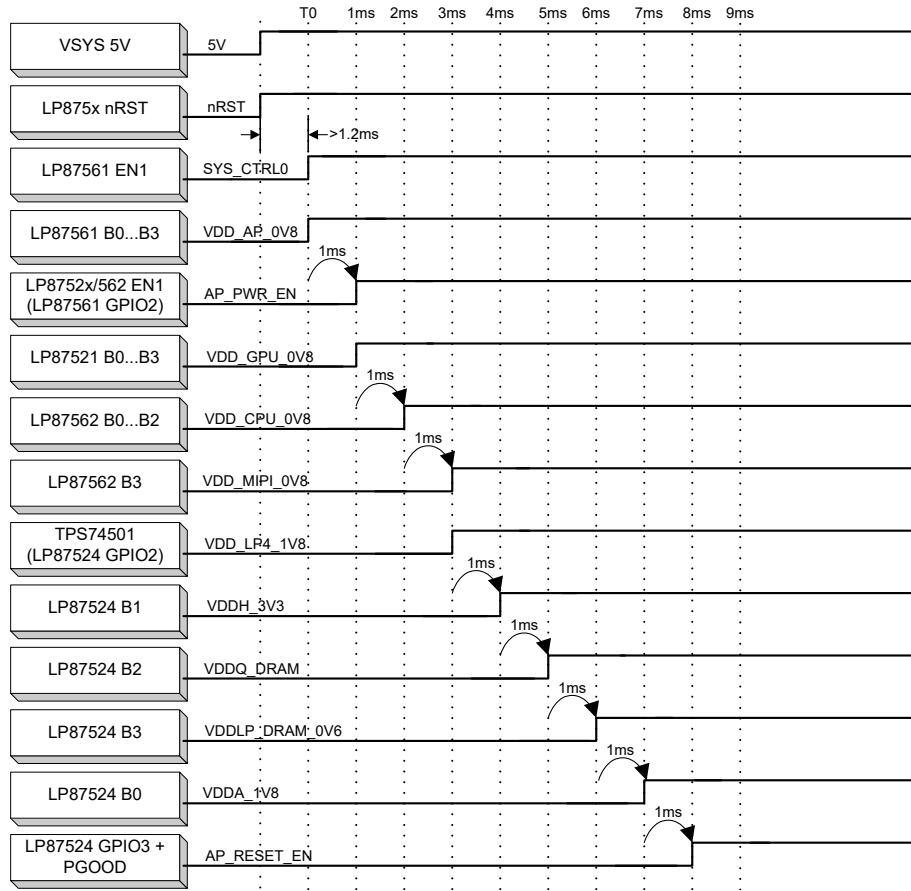


图 3-1. 应用处理器电源启动时序图

3.2 关断 - 应用处理器

图 3-2 显示了应用处理器电源轨关断时序和相应信号的示例。

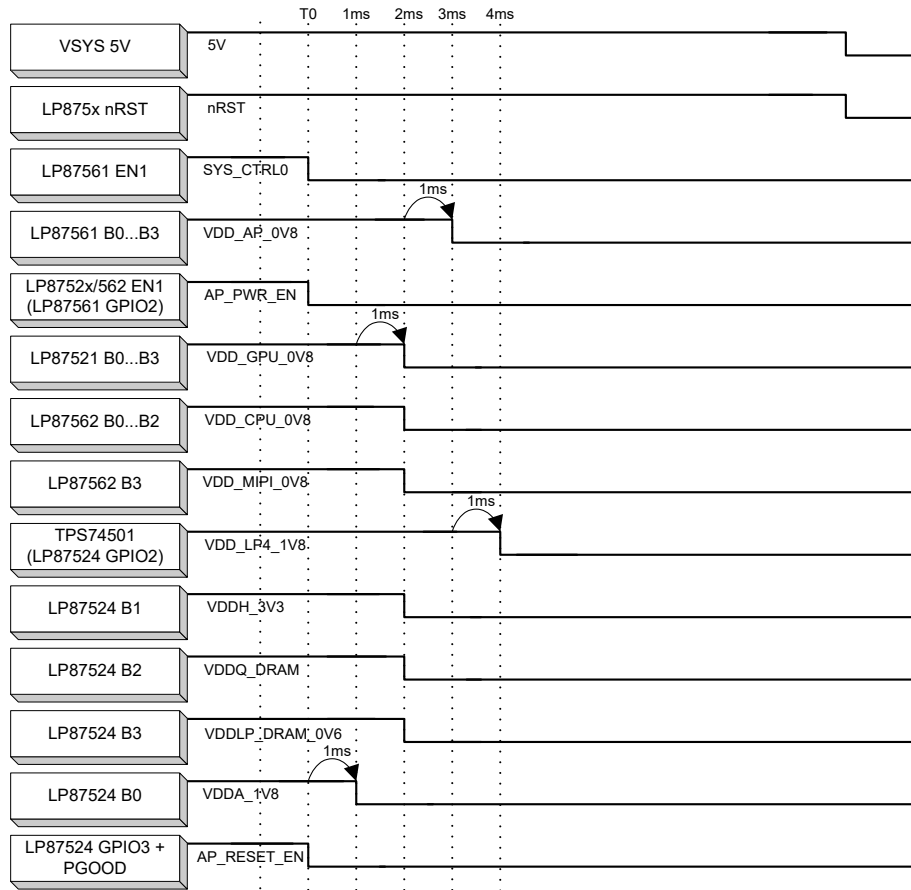


图 3-2. 应用处理器关断时序图

3.3 启动 - 安全

图 3-3 显示了安全电源轨启动时序和相应信号。

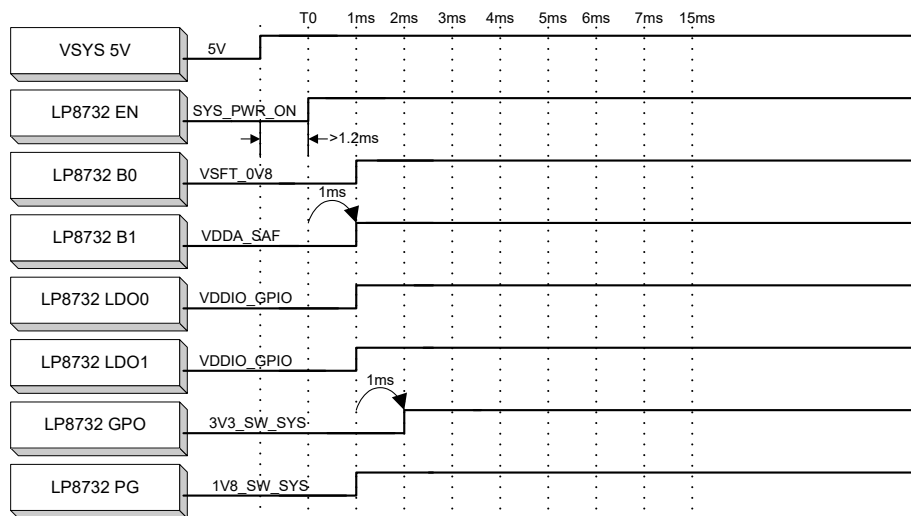


图 3-3. 安全电源启动时序图

3.4 关断 - 安全

图 3-4 显示了安全电源轨关断时序和相应信号的示例。

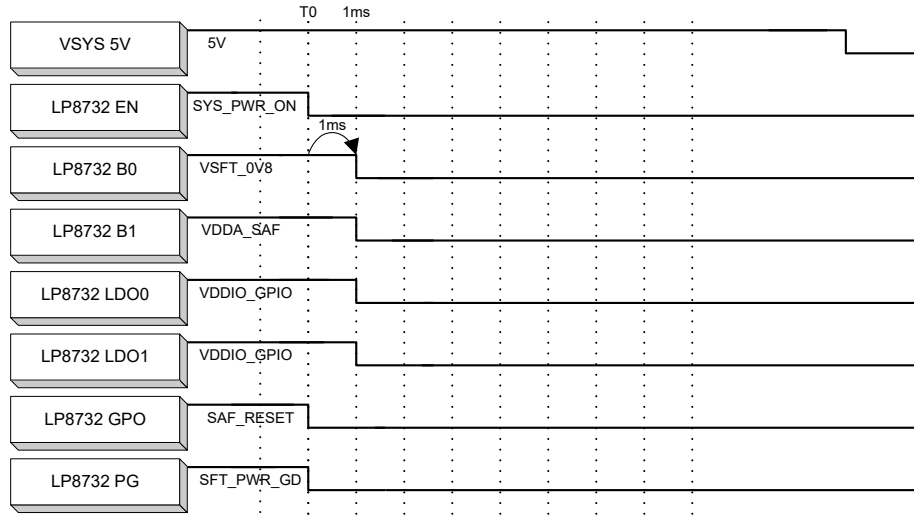


图 3-4. 安全电源轨关断时序图

3.5 启动 - RTC

图 3-1 显示了 RTC 电源轨启动时序和相应信号。

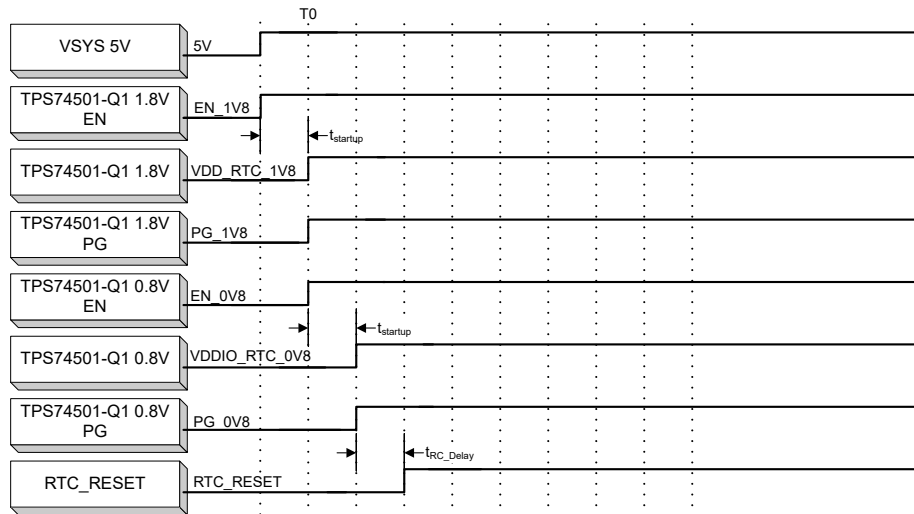


图 3-5. RTC 电源启动时序图

3.6 关断 - RTC

图 3-2 显示了 RTC 电源轨关断时序和相应信号的示例。

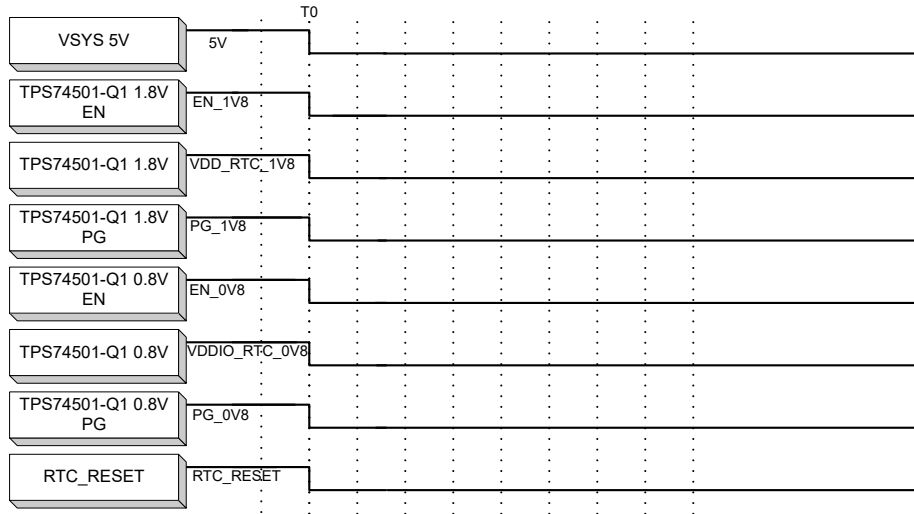


图 3-6. RTC 关断时序图

4 原理图

图 4-1 至图 4-7 显示了具有关键元件的 Semidrive X9P/X9U 电源树原理图。

有关布局的指导，请参阅特定器件的数据表应用部分和 EVM 用户指南。

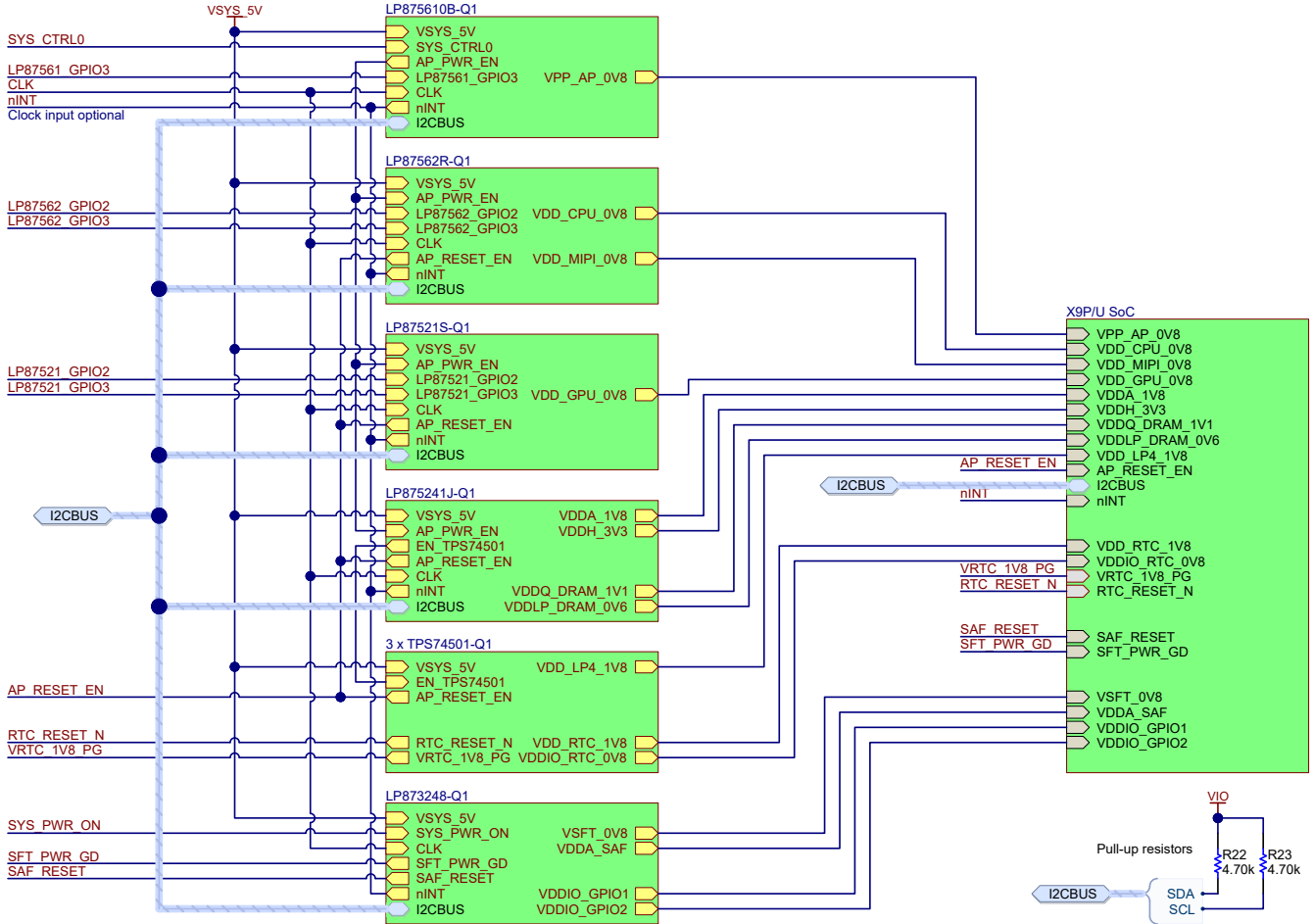


图 4-1. X9P/X9U 顶层原理图

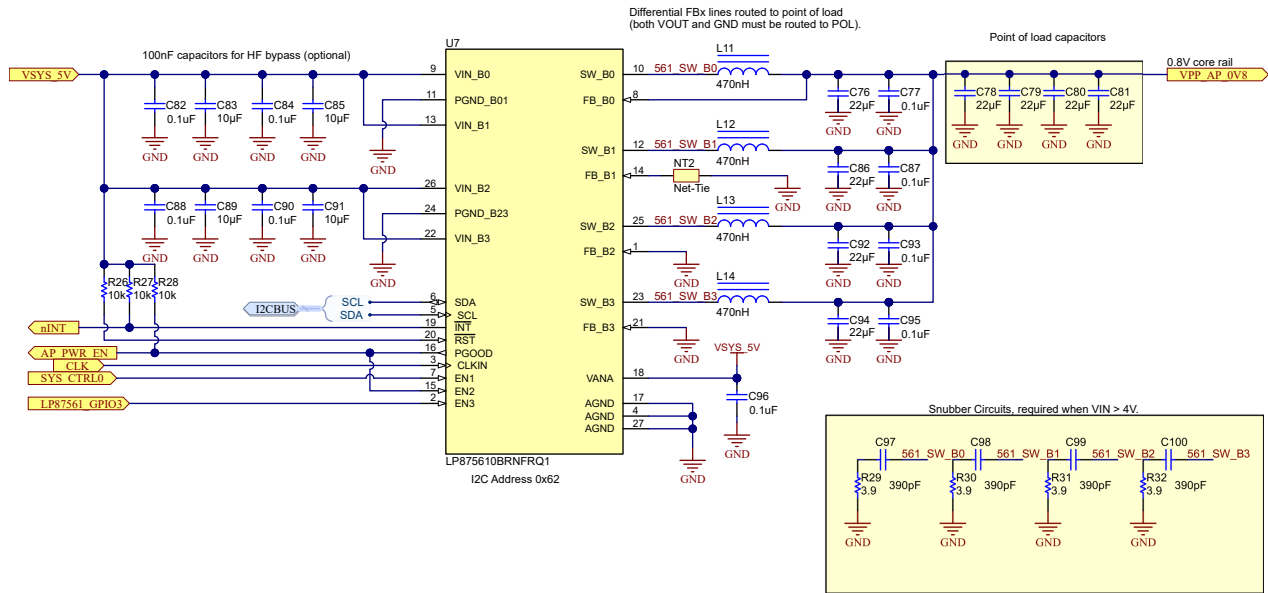


图 4-2. LP875610B-Q1 原理图

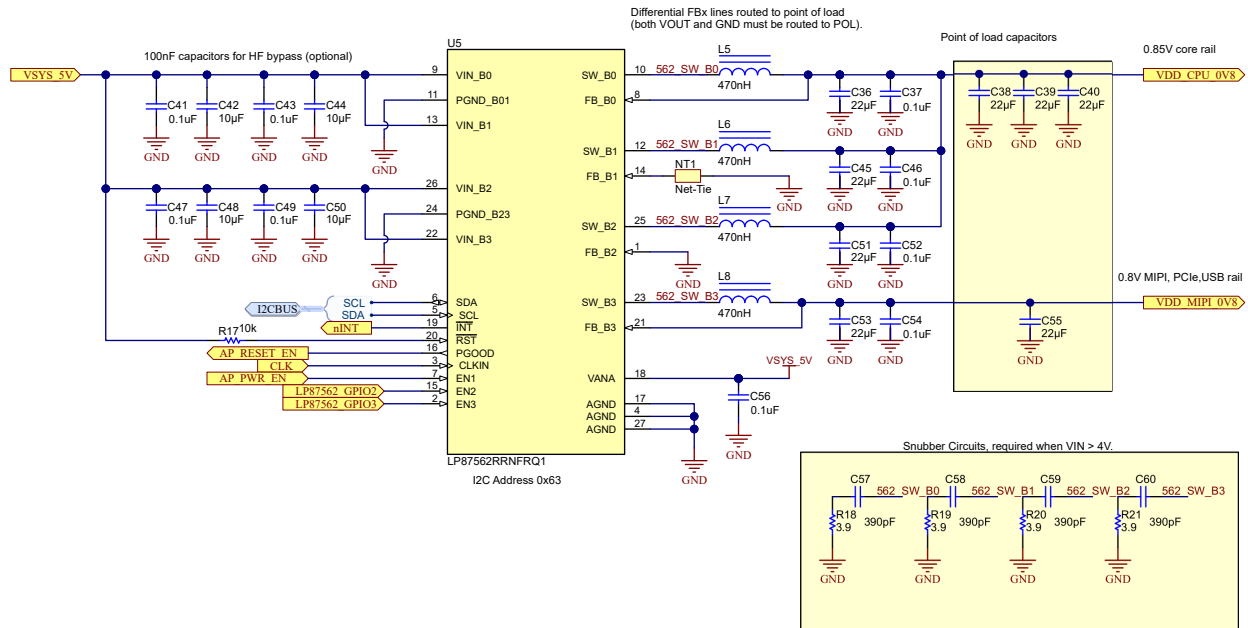


图 4-3. LP87562R-Q1 原理图

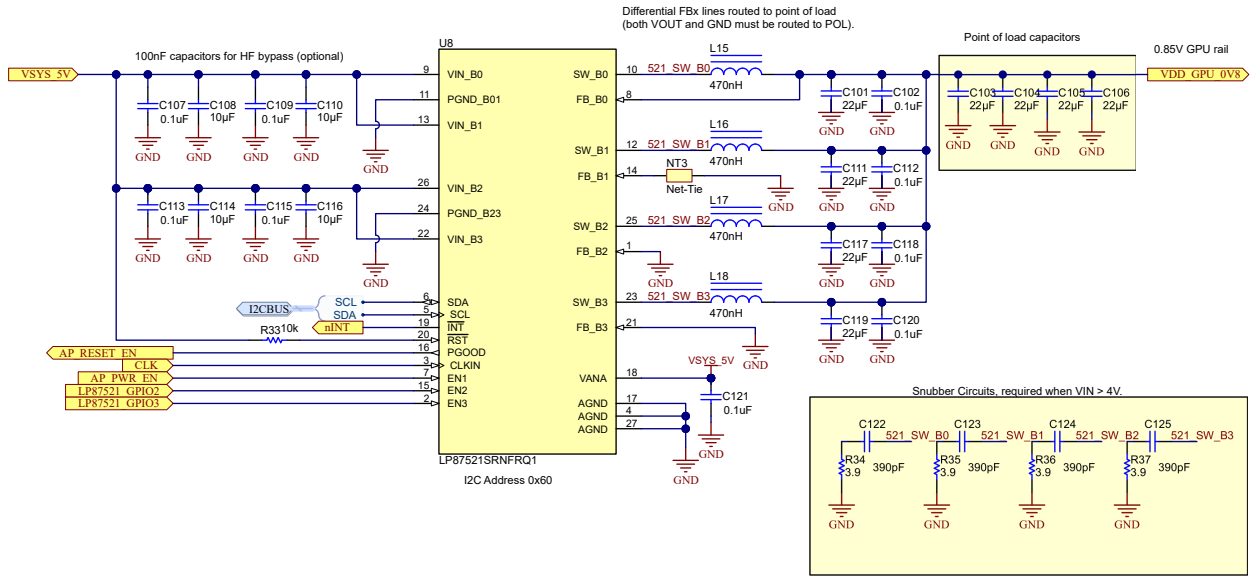


图 4-4. LP87521S-Q1 原理图

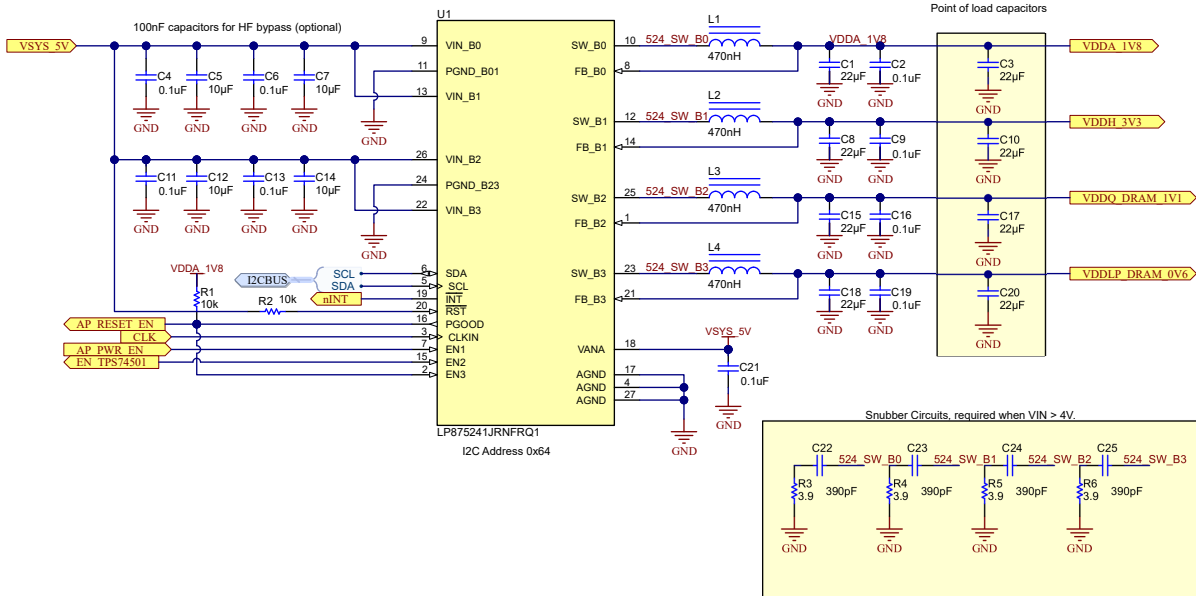


图 4-5. LP875241J-Q1 原理图

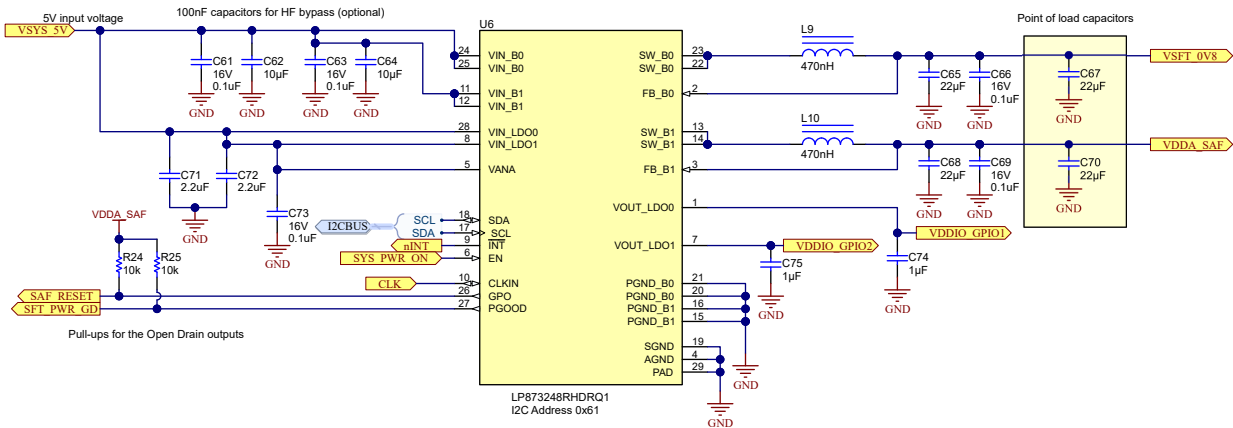


图 4-6. LP873248R-Q1 原理图

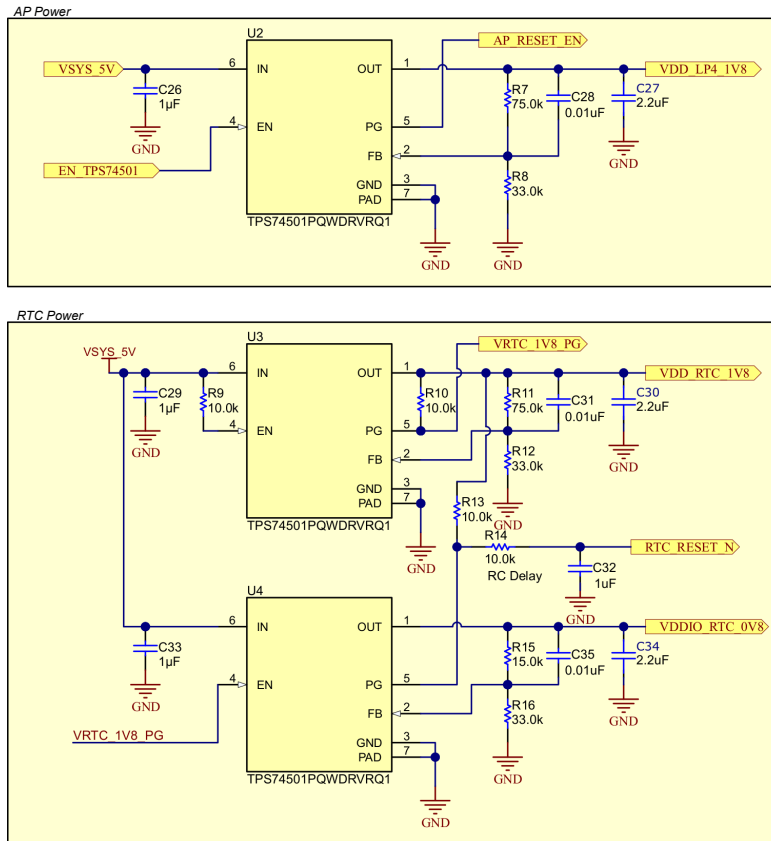


图 4-7. TPS74501-Q1 原理图

5 软件驱动程序

此解决方案支持通过 I²C 总线进行控制。

公共 Git 存储库中提供了 LP875x-Q1 和 LP8732-Q1 的 Linux 驱动程序。这些驱动程序可用于帮助将 LP875x-Q1/ LP8732-Q1 控制功能集成到系统软件中：

LP8756x-Q1

- <https://github.com/torvalds/linux/blob/master/drivers/mfd/lp87565.c>
- <https://github.com/torvalds/linux/blob/master/drivers/regulator/lp87565-regulator.c>
- <https://github.com/torvalds/linux/blob/master/drivers/gpio/gpio-lp87565.c>

LP8732-Q1

- <https://github.com/torvalds/linux/blob/master/drivers/mfd/lp873x.c>
- <https://github.com/torvalds/linux/blob/master/drivers/regulator/lp873x-regulator.c>
- <https://github.com/torvalds/linux/blob/master/drivers/gpio/gpio-lp873x.c>

注意：每个头文件都位于从根目录开始的 *include* 文件夹中。因此，一旦进入 *include* 文件夹，就可以找到相关的头文件。例如，这是 LP87565.h 文件：<https://github.com/torvalds/linux/blob/master/include/linux/mfd/lp87565.h>。

6 推荐的外部元件

表 6-1 显示了推荐在此解决方案中与 LP8756x-Q1、LP8752x-Q1、LP873248-Q1 和 TPS74501-Q1 一起使用的外部元件。此外，还罗列了解决方案的尺寸，包括 PMIC 器件和外部元件。

表 6-1. 物料清单

数量	厂商	器件型号	系统组成部分	W (mm)	L (mm)	高 (mm)	单位面积 ⁽¹⁾	总电路板面积 ⁽¹⁾
4	TI	LP875x-Q1	可配置的四相降压稳压器	4.00	4.50	0.90	27.50	110.00
16	村田 (Murata)	DFE252012PD-R47M	LP875x 电感器 0.47 μ H, I _{max} 4.0A, R _{dc} 典型值 21m Ω	2.50	2.00	1.20	10.50	168.00
16	村田 (Murata)	GCM21BR71A106KE22	LP875x SMPS 输入电容器 10 μ F, 10V, 10%	2.00	1.25	1.25	6.75	108.00
32	村田 (Murata)	GCM21BD70J226ME35	LP875x SMPS 输出电容器 22 μ F, 10V, 10%	2.00	1.25	1.25	6.75	216.00
4	Murata (村田)	GCM155R71C104KA55D	LP875x 输入电容器 0.1 μ F, 16V, 10%	1.00	0.50	0.50	3.00	12.00
16	TDK	CGA2B2C0G1H391J050BA	LP875x 缓冲器电容器, 390pF	1.00	0.50	0.50	3.00	48.00
16	Vishay-Dale	CRCW04023R90JNED	LP875x 缓冲器电阻器, 3R9	1.00	0.50	0.50	3.00	48.00
1	TI	LP8732-Q1	可配置的 2 个降压稳压器和 2 个 LDO	5.00	5.00	0.90	36.00	36.00
2	村田 (Murata)	DFE252012PD-R47M	LP8732-Q1 电感器 0.47 μ H, I _{max} 4.0A, R _{dc} 典型值 21m Ω	2.50	2.00	1.20	10.50	21.00
2	村田 (Murata)	GCM21BR71A106KE22	LP8732-Q1 SMPS 输入电容器 10 μ F, 10V, 10%	2.00	1.25	1.25	6.75	13.50
4	村田 (Murata)	GCM21BD70J226ME35	LP8732-Q1 SMPS 输出电容器 22 μ F, 10V, 10%	2.00	1.25	1.25	6.75	27.00
2	村田 (Murata)	GRT155C71A225KE13	LP8732-Q1 LDO 输入电容器 2.2 μ F, 6.3V, 10%	1.00	0.50	0.50	3.00	6.00
2	村田 (Murata)	GCM155C71A105KE38	LP8732-Q1 LDO 输出电容器 1.0 μ F, 16V, 10%	1.00	0.50	0.50	3.00	6.00
1	村田 (Murata)	GCM155R71C104KA55D	LP8732-Q1 输入电容器 0.1 μ F, 16V, 10%	1.00	0.50	0.50	3.00	3.00
3	TI	TPS74501-Q1	低压降压稳压器	2.00	2.00	1.00	9.00	27.00
3	村田 (Murata)	GCM188R71C105KA64D	LDO 输入电容器 1 μ F	1.00	0.50	0.50	3.00	9.00
3	村田 (Murata)	GRT155C71A225KE13	LDO 输出电容器 2.2 μ F, 6.3V, 10%	1.00	0.50	0.50	3.00	9.00
6			LDO 设定电阻	1.00	0.50	0.50	3.00	18.00
3	TDK	CGA2B3X7R1H103K050BB	LDO CFF 电容器 10nF, 50V, 10%	1.00	0.50	0.50	3.00	9.00
TOTAL								894.50 mm ²
用 0.3 布线因子计算出的布线面积								383.36 mm ²
总面积								1277.86 mm ²

(1) 假设每个元件周围有 1 毫米的禁止距离，并乘以元件数

7 测量

可查阅以下数据表的“应用曲线”部分找到测试数据：

- [具有集成开关的 LP8756x-Q1 16A 降压转换器](#)
- [具有集成开关的 LP8752x-Q1 10A 降压转换器](#)
- [LP8732xx-Q1 双路高电流降压转换器和双路线性稳压器](#)
- [采用小型可湿性侧面 WSON 封装且具有电源正常状态的 TPS745-Q1 500mA LDO](#)

该部分提供了此电源树在特定条件下有关效率的其他基准测试数据。TI PMIC 效率估算工具 (PEET) 还可用于计算效率和热性能：[PEET-GUI](#)。

LP87320Q1EVM 是在默认条件下进行测量的。

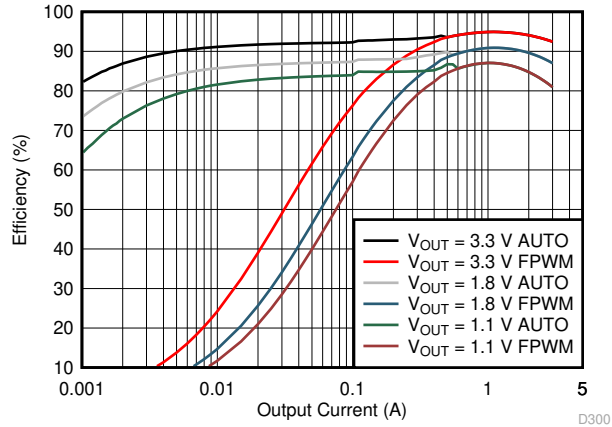


图 7-1. LP873248-Q1 效率 ($V_{in} = 5V$, $25^{\circ}C$)

8 总结

借助本文介绍的采用 LP875610B-Q1、LP87562R-Q1、LP87521S-Q1、LP875241J-Q1 和 LP873248-Q1 PMIC + 分立式 LDO 这种解决方案，可以在满足 Semidrive X9P/X9U 应用处理器电源要求的同时保持良好效率。时序控制是在 PMIC 中进行的，控制器只需要参与一个 EN 信号。由于外部元件数量很少，解决方案非常紧凑。I²C 控制允许在需要进行诊断和 PMIC 控制。

9 参考文献

有关附加信息，请参阅以下参考文献：

1. 德州仪器 (TI), [具有集成开关的 LP8756x-Q1 16A 降压转换器](#)数据表。
2. 德州仪器 (TI), [LP875610B-Q1 技术参考手册](#)。
3. 德州仪器 (TI), [LP87562R-Q1 技术参考手册](#)。
4. 德州仪器 (TI), [LP8752x-Q1 具有集成开关的 10A 降压转换器](#) 数据表。
5. 德州仪器 (TI), [LP87521S-Q1 技术参考手册](#)。
6. 德州仪器 (TI), [LP875241J-Q1 技术参考手册](#)。
7. 德州仪器 (TI), [LP8732xx-Q1 双路高电流降压转换器和双路线性稳压器](#) 数据表。
8. 德州仪器 (TI), [LP873248-Q1 技术参考手册](#)。
9. 德州仪器 (TI), [TPS745-Q1 采用小型可湿性侧面 WSON 封装且具有电源正常状态指示功能的 500mA LDO](#) 数据表。

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