

Application Note

使用 LP8752-Q1 和 LP8756-Q1 的 Semidrive X9SP (兼容 X9HP) 电源设计



Mingrui Zhu, Daoyan Zhao

摘要

本文详细介绍了使用 LP87521-Q1、LP87562-Q1 和 LP87563-Q1 电源管理 IC (PMIC) 为 Semidrive X9SP 汽车 SoC (片上系统) 电源轨进行电源设计的设计注意事项。

内容

1 简介.....	2
2 设计参数.....	3
3 电源设计.....	4
4 时序控制.....	7
4.1 启动.....	7
4.2 关断.....	8
5 原理图.....	9
6 兼容 X9HP.....	14
7 软件驱动程序.....	16
8 推荐的外部元件.....	17
9 总结.....	18
10 参考资料.....	18
11 修订历史记录.....	19

插图清单

图 3-1. Semidrive X9SP RTC 和安全电源树.....	4
图 3-2. Semidrive X9SP AP 电源树.....	5
图 4-1. Semidrive X9SP 电源启动时序图.....	7
图 4-2. Semidrive X9SP 电源关断时序图.....	8
图 5-1. X9SP 电源树顶层原理图.....	9
图 5-2. RTC 电源原理图 (TPS74501-Q1).....	10
图 5-3. 安全电源原理图 (TPS62811-Q1 和 TPS74501-Q1)	11
图 5-4. AP 电源原理图 (TLV76733-Q1).....	11
图 5-5. AP 电源原理图 (TPS628501-Q1).....	12
图 5-6. AP 电源原理图 (TPS74501-Q1).....	12
图 5-7. AP 电源原理图 (LP87563-Q1).....	12
图 5-8. AP 电源原理图 (LP87562-Q1).....	13
图 5-9. AP 电源原理图 (LP87521-Q1).....	13
图 6-1. Semidrive X9HP AP 电源树.....	15

表格清单

表 2-1. 设计参数.....	3
表 6-1. X9HP 和 X9SP 的电源要求差异.....	14
表 6-2. 引脚对引脚替换选项.....	15
表 6-3. 替代示例.....	16
表 6-4. 替代示例.....	16
表 8-1. 物料清单.....	17

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

其他降压转换器 (如 TPS62811-Q1、TPS628501-Q1 以及 LDO TPS74501-Q1 和 TLV76733-Q1) 用于为 PMIC 未涵盖的其他分立式电源轨供电。该电源设计的假定输入电压为 5V ($\pm 5\%$)。如果系统输入电压较高, 例如汽车蓄电池, 则应使用降压转换器作为前置稳压器来产生 5V 的电压输入。LM25149-Q1 可在直接由汽车电池供电时用作前置稳压器。可使用 LM74700-Q1 等额外的智能二极管控制器来控制外部 MOSFET, 并提供电源路径开/关控制和过压保护。

LP87562-Q1 具有四个降压转换器, 可配置为一个三相转换器和一个单独的单相转换器。LP87563-Q1 具有四个降压转换器, 可配置为一个两相转换器和两个单独的单相转换器。LP87563-Q1 具有四个降压转换器, 可配置为一个四相转换器。这些器件都可进行 OTP 编程, 默认寄存器值已在 TI 出厂配置中设为其所需值, 且在上电后还可以通过 I2C 来再次设置。如需获取具有特定 OTP 设置的样片, 请直接与 TI 销售联系。

TPS62811-Q1 是一款分立式降压转换器, 具有高达 6V 的输入电压和 0.6V 至 5.5V 的输出电压。TPS62811-Q1 的最大输出电流为 1A, 该产品系列还具有其他引脚对引脚兼容且电流范围为 1A 至 6A 的器件版本。1A 降压转换器 TPS628501-Q1 还具有输出电流范围为 1A 至 3A 的引脚对引脚兼容器件。因此, 可以根据用例要求, 轻松地将器件更改为其他版本。此电源设计展示了如何使用 TI PMIC 为 Semidrive X9SP 所需的电源轨进行供电的示例。时序控制是通过 PMIC 和 GPIO 的可编程启动/关断延迟来实现的。

该电源设计还与 Semidrive X9HP 兼容。由于 X9HP 和 X9SP 中 AP 电源轨的额定功率相似, 因此可以使用和更换为引脚对引脚兼容器件, 从而减少设计工作量并满足要求。有关实现的兼容性和选项的详细信息将在本文档的后面部分讨论。

此电源设计可以根据涉及当前要求、使用的外设等实际用例进行定制和优化。通过 I²C 控制可以实现 PMIC 诊断和控制。

在错误处理和控制方面, 此设计还提供 SoC 的 PGOOD 输出、中断输出和复位输出。

2 设计参数

表 2-1 显示了电源轨、负载要求以及启动/关断时序要求，节 8 显示了典型的测量数据。

表 2-1. 设计参数

电压 (V)	电源轨名称	最大负载 (mA)	源	启动延迟 (触发条件)	关断延迟 (触发条件)
0.6	VDDQLP_DRAM	500	AP_TPS628501	0ms (EN_TPS628501 高电平)	0ms (EN_TPS628501 低电平)
0.8	VDDIO_RTC0V8	5	RTC_LDO2	0ms (EN_RTC_LDO2 高电平)	0ms (EN_RTC_LDO2 低电平)
0.85	VDD_SAF_0V85	1000	SAF_BUCK1	0ms (SAF_BUCK1 = SYS_PWR_ON 高电平)	10ms (SAF_BUCK1 = SYS_PWR_ON 低电平)
	VDD_AP_0V85	10000	LP87562_B0-B2	0ms (LP87562_EN1 = SYS_CTRL0 高电平)	3ms (LP87562_EN1 = SYS_CTRL0 低电平)
	VDD_MIPI_0V85 VDD_PCIE_0V85 VDD_USB VDDD_USB	450	LP87562_B0-B2	0ms (LP87562_EN1 = SYS_CTRL0 高电平)	3ms (LP87562_EN1 = SYS_CTRL0 低电平)
	VDD_DRAM_0V85	2000	LP87562_B3	0ms (LP87562_EN1 = SYS_CTRL0 高电平)	3ms (LP87562_EN1 = SYS_CTRL0 低电平)
	VDD_CPU_0V85	10000	LP87521_B0-B3	0ms (LP87521_EN1 = SYS_CTRL1 高电平)	3ms (LP87521_EN1 = SYS_CTRL1 低电平)
	VDD_GPU_0V85	8000	LP87563_B0-B1	2ms (LP87563_EN1 = SYS_CTRL1 高电平)	1ms (LP87521_EN1 = SYS_CTRL1 低电平)
1.1	VDDQ_DRAM_1V1	2000	LP87563_B2	1ms (LP87563_EN1 = SYS_CTRL1 高电平)	1ms (LP87521_EN1 = SYS_CTRL1 低电平)
1.8	VDD_RTC_1V8	300	RTC_LDO1	0ms (EN_RTC_LDO1 高电平)	0ms (EN_RTC_LDO1 低电平)
	VDD_SAF_1V8	<500	SAF_LDO1	0ms (EN_SAF_LDO1 高电平)	0ms (EN_SAF_LDO1 低电平)
	VDDA_1V8 VDDA_MIPI_1V8	1300	LP87563_B3	1ms (LP87563_EN1 = SYS_CTRL1 高电平)	2ms (LP87563_EN1 = SYS_CTRL1 低电平)
	VDD_LP4_1V8	200	AP_TPS745	0ms (EN_AP_TPS745 高电平)	0ms (EN_AP_TPS745 低电平)
3.3	VDD_SAF_3V3	<500	SAF_LDO2	0ms (EN_SAF_LDO2 高电平)	0ms (EN_SAF_LDO2 低电平)
	VDDH_3V3 VDDIO_3V3	750	AP_TLV767	0ms (EN_AP_TLV767 高电平)	0ms (EN_AP_TLV767 低电平)
信号	RTC_RESET	-	PG_RTC_LDO2	-	-
	SAFETY_RESET	-	PG_SAF_LDO1	-	-
	AP_RESET	-	PG_AP_TPS628501	-	-

3 电源设计

图 3-1 和图 3-2 显示了为 X9SP 电源轨供电的 LP87562-Q1、LP87563-Q1、LP87521-Q1 以及其他分立式降压转换器和 LDO 的电源树。LM25149-Q1 用作前置稳压器，可为 PMIC 以及分立式降压转换器和 LDO 产生 5V 输入电压。LP87562-Q1、LP87563-Q1、LP87521-Q 具有预编程到 OTP 存储器中的输出电压、时序等。有关 OTP 设置的详细信息，请与 TI 销售联系。

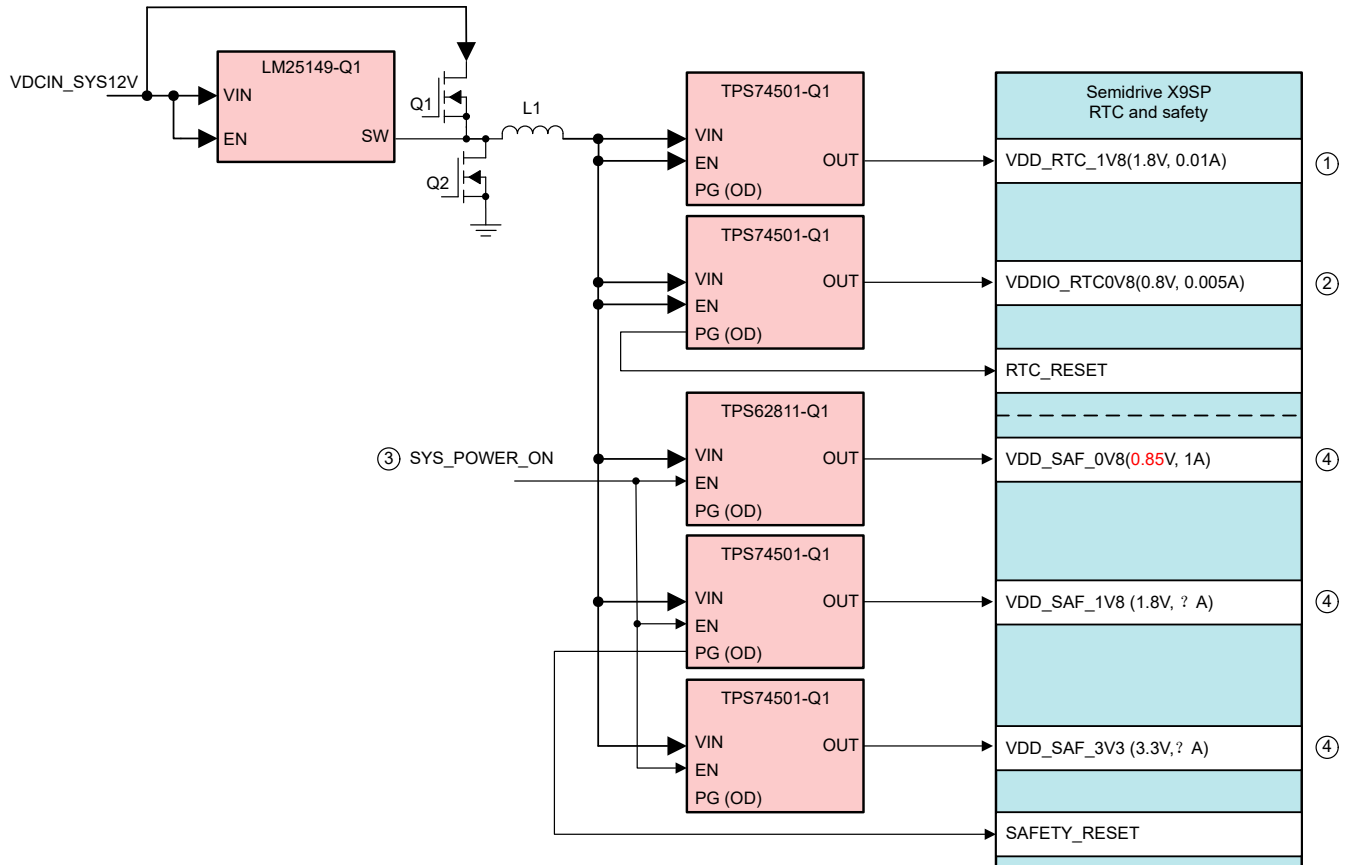
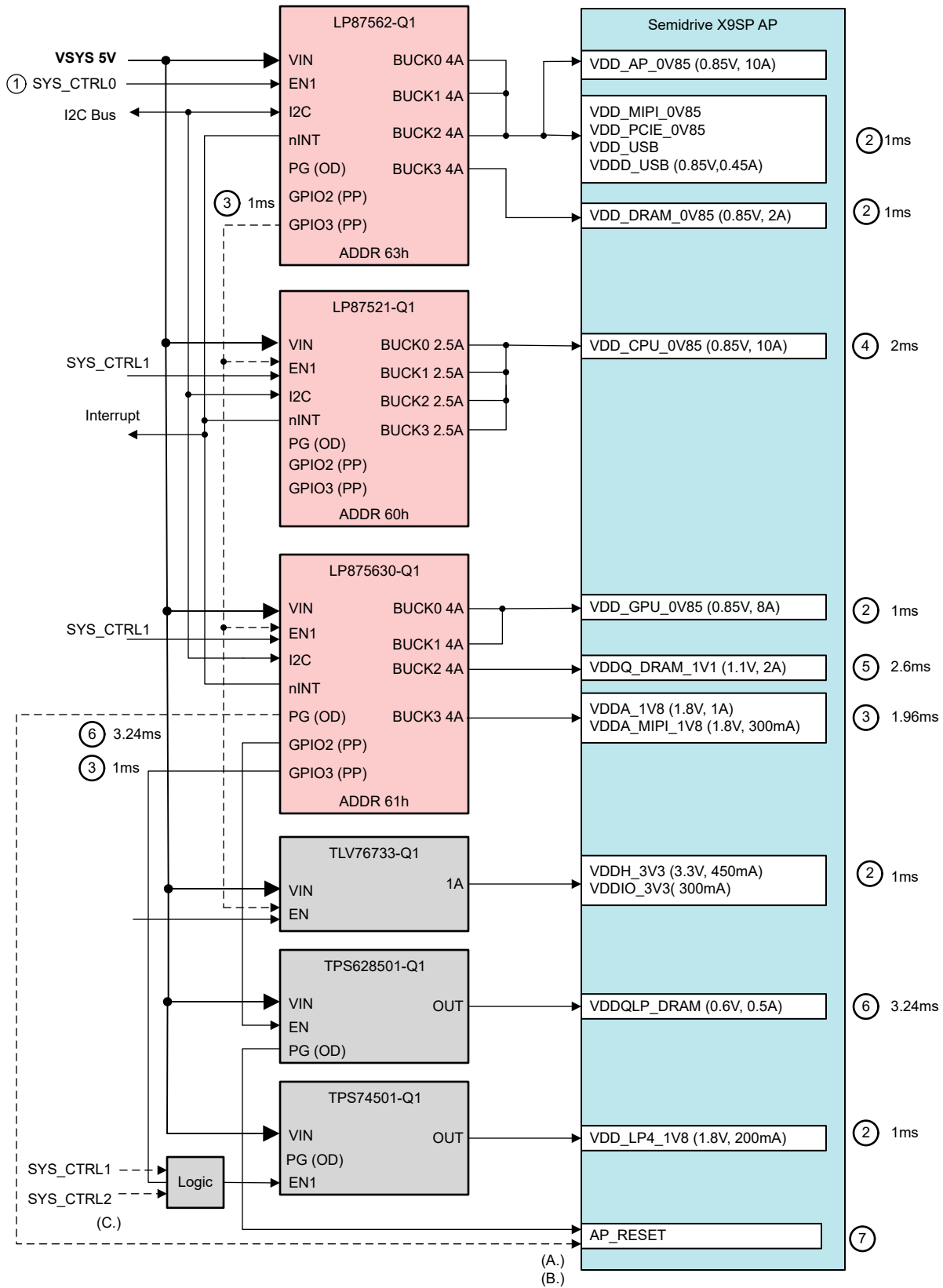


图 3-1. Semidrive X9SP RTC 和安全电源树

主要特性包括：

- 由前置稳压器提供 5V 电源
- RTC 器件通电后，用于 VDDIO_RTC0V8 的 LDO TPS74501-Q1 PGOOD 可将信号 RTC_RESET 设置为高电平。
- MCU (在本例中为 Semidrive X9SP) 可以将 SYS_PWR_ON 设置为高电平，以启动安全电源轨的启动序列。
- 当安全电源轨上电完成后，用于 VDD_SAF_1V8 的 LDO TPS74501-Q1 PGOOD 可将信号 SAFETY_RESET 设置为高电平。
- RTC_RESET 和 SAFETY_RESET 均为开漏连接。



- A. 当 VDDQLP_DRAM 缺失时，LP87563 器件会保留 PG 引脚。
 B. 编号表示启动顺序。
 C. 实现 STR 的目的。

图 3-2. Semidrive X9SP AP 电源树

主要特性包括：

- 由前置稳压器提供 5V 电源
- 器件上电后，微控制器可以使用系统控制信号 SYS_CTRL0 和 SYS_CTRL1 控制 LP87521-Q1、LP87562-Q1 和 LP87563-Q1 的 EN 信号。
- 启动延迟由 LP87521-Q1、LP87562-Q1 和 LP87563-Q1 的内部逻辑控制，而分立式 LDO/降压稳压器则由 LP87562-Q1 和 LP87563-Q1 GPIO3 控制。第 3 节提供了有关启动/关断序列的更多详细信息。
- 可使用 I2C 来读取状态寄存器和复位中断。由于中断线路连接在一起，因此当中断变为低电平时，需要读取/清除两个 PMIC 故障寄存器。
- 所有 PMIC 器件都有专用的 I2C 地址，因此它们可以共享同一条 I2C 总线。
- TPS628501-Q1 PGOOD 信号用作 SoC 的 nRESET 信号 (AP_RESET)。请注意，在 PMIC 配置中已禁用 PGOOD 功能，但可以通过 I2C 总线启用该功能。

4 时序控制

4.1 启动

图 4-1 显示了电源轨 (RTC、安全和 AP) 启动时序和相应信号。

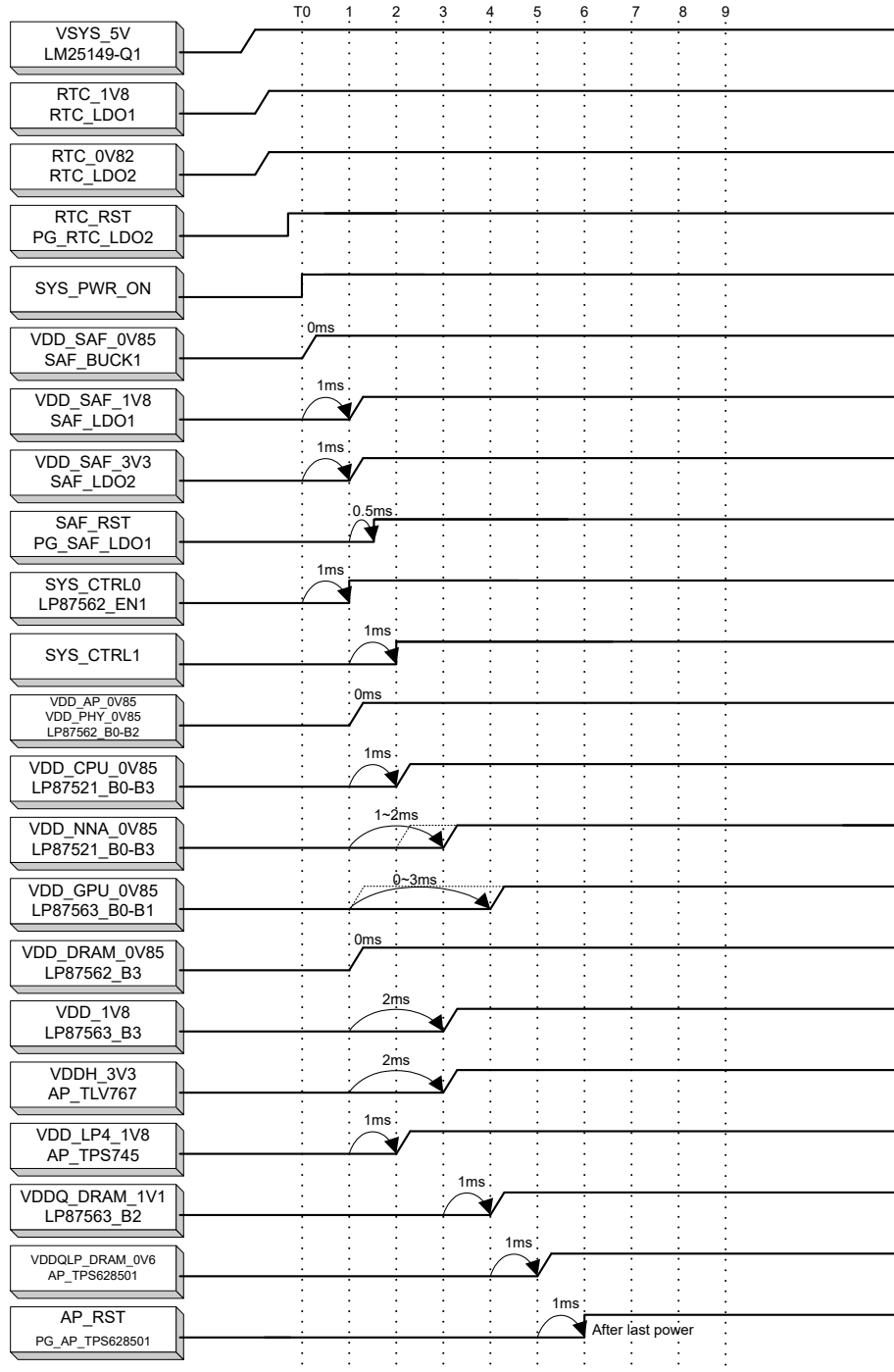


图 4-1. Semidrive X9SP 电源启动时序图

4.2 关断

图 4-2 显示了电源轨 (RTC、安全和 AP) 的关断时序和相应信号。

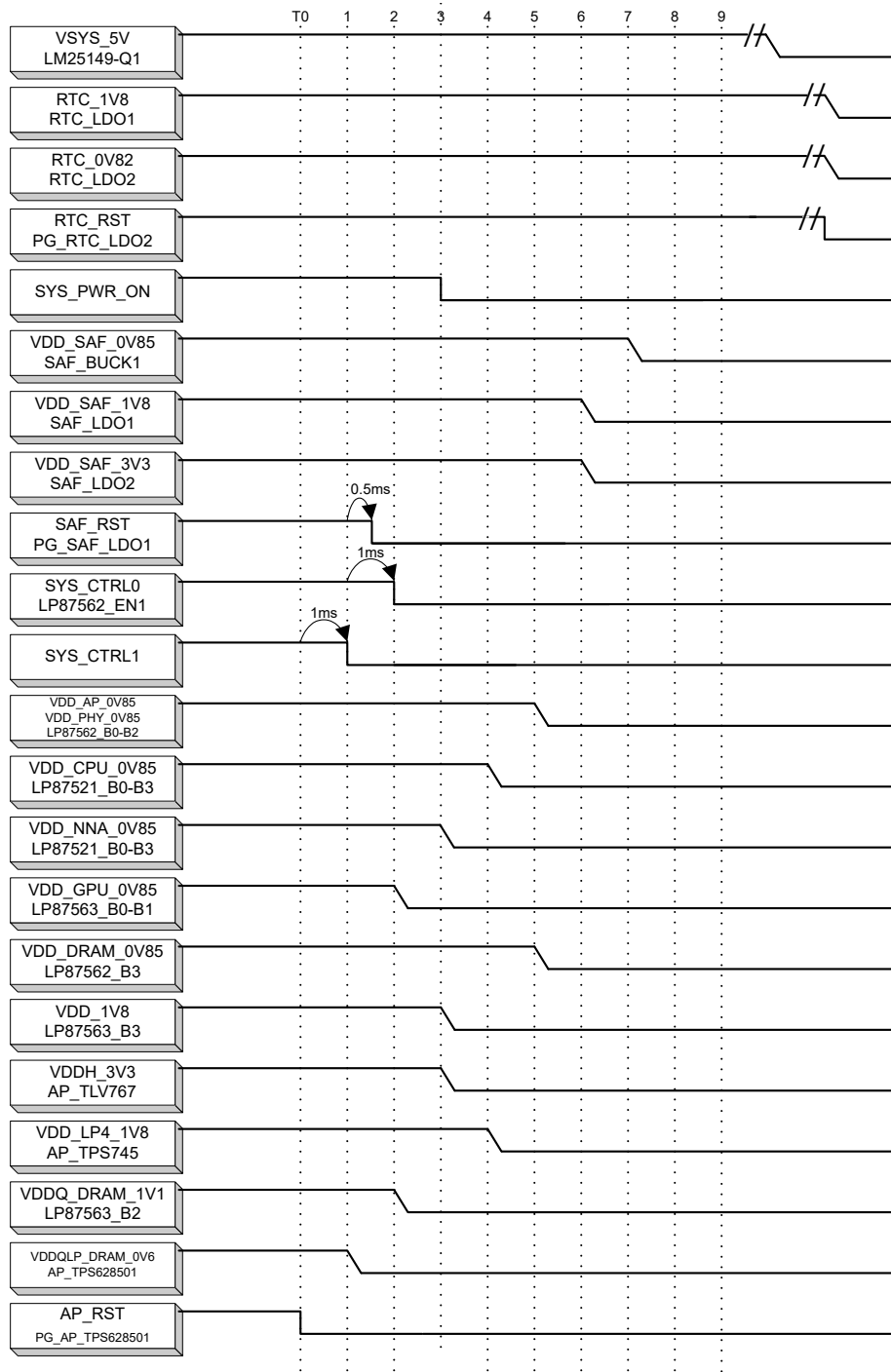


图 4-2. Semidrive X9SP 电源关断时序图

5 原理图

图 5-1 至图 5-9 显示了具有关键元件的 Semidrive X9SP 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。

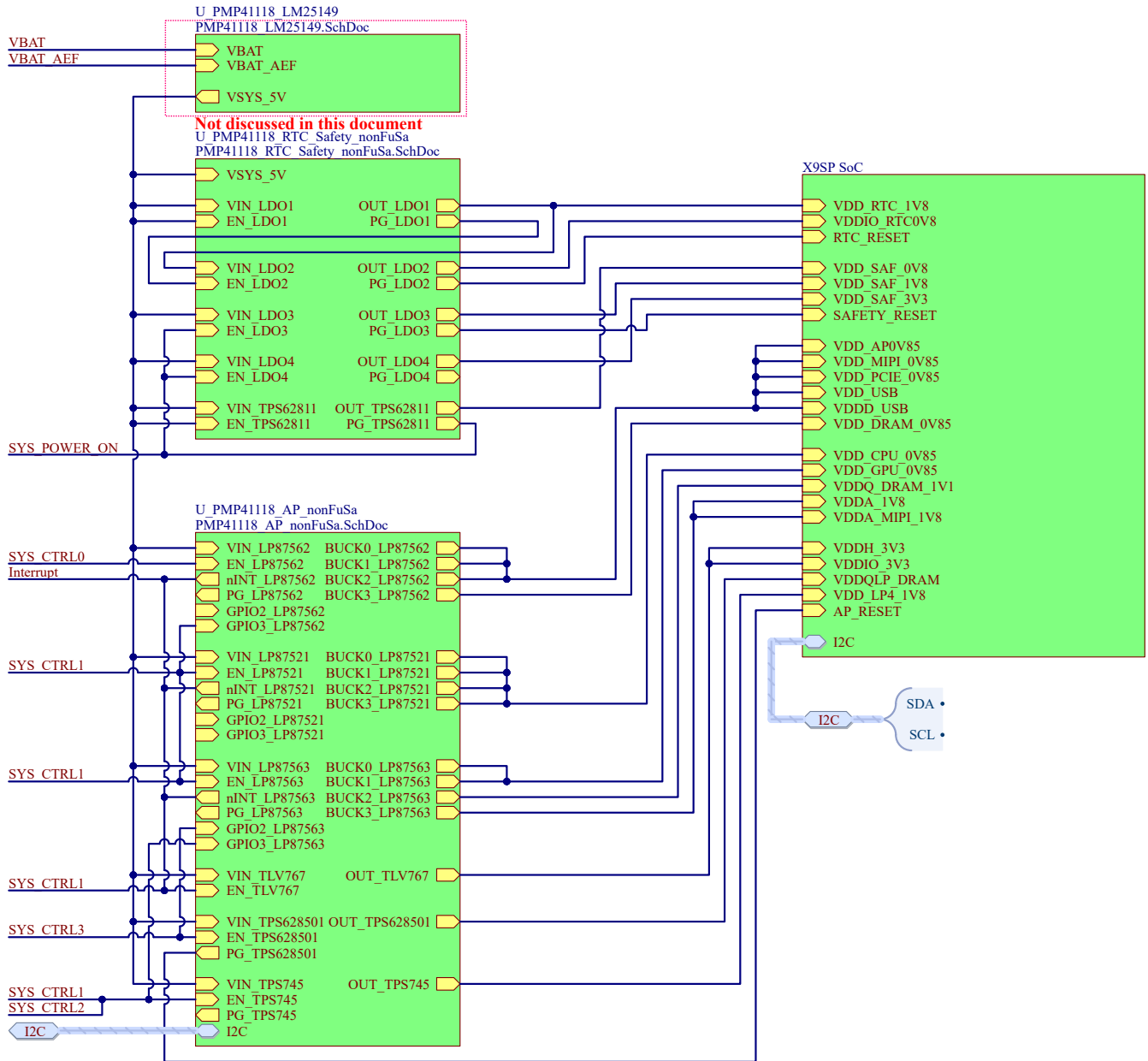


图 5-1. X9SP 电源树顶层原理图

RTC Power

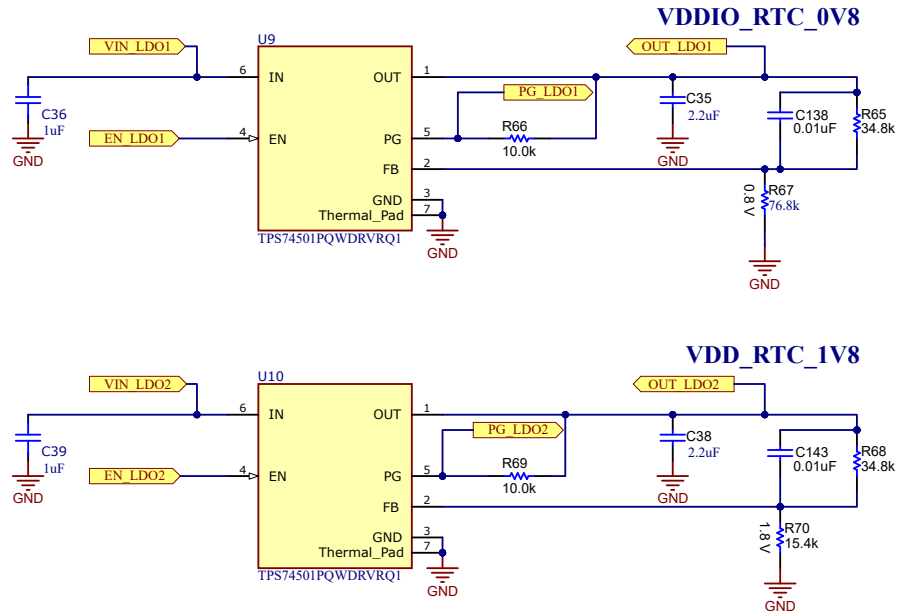


图 5-2. RTC 电源原理图 (TPS74501-Q1)

SAFETY Power

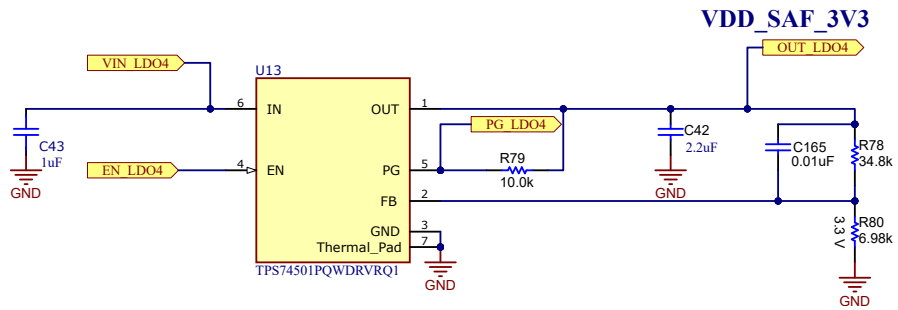
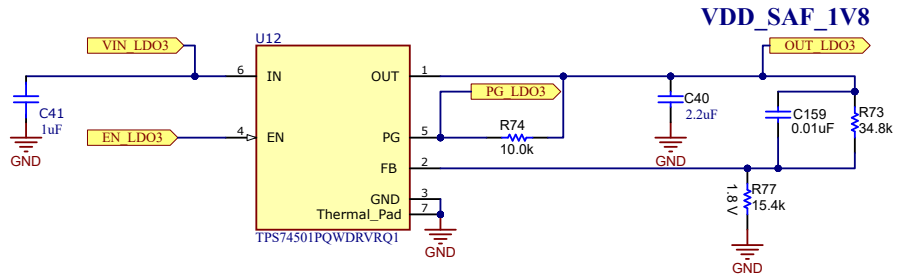
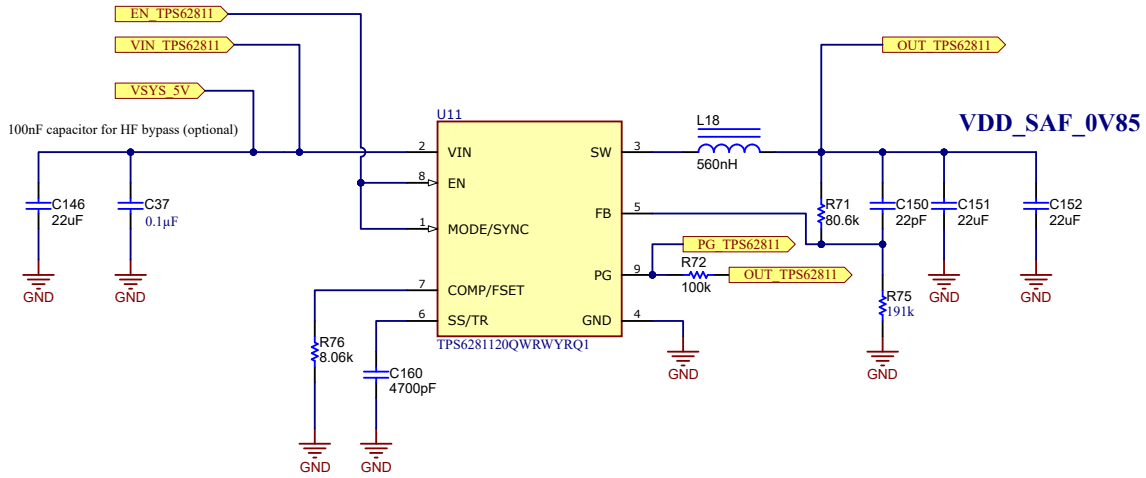


图 5-3. 安全电源原理图 (TPS62811-Q1 和 TPS74501-Q1)

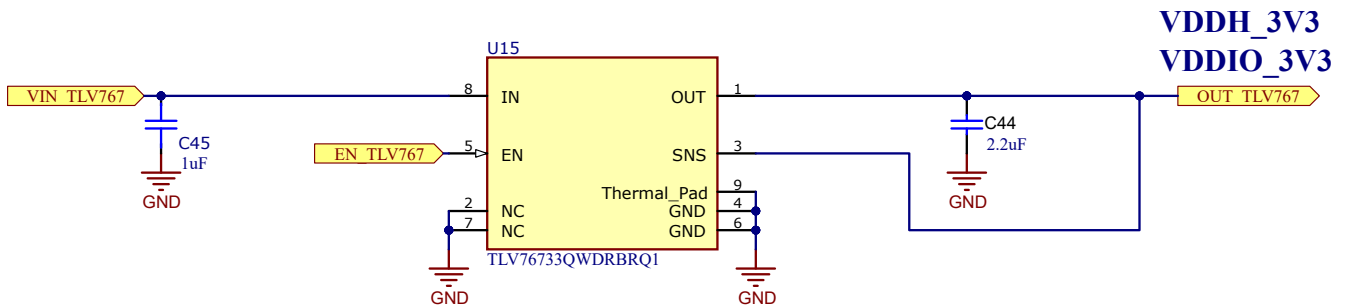


图 5-4. AP 电源原理图 (TLV76733-Q1)

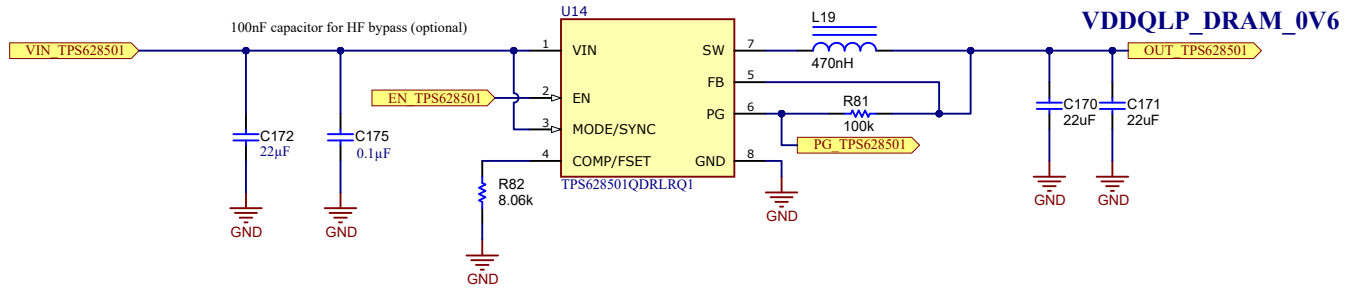


图 5-5. AP 电源原理图 (TPS628501-Q1)

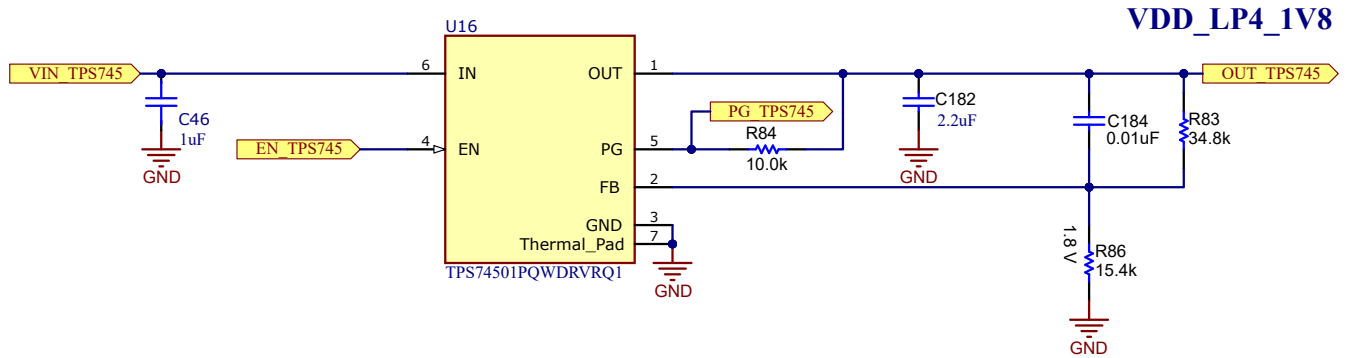


图 5-6. AP 电源原理图 (TPS74501-Q1)

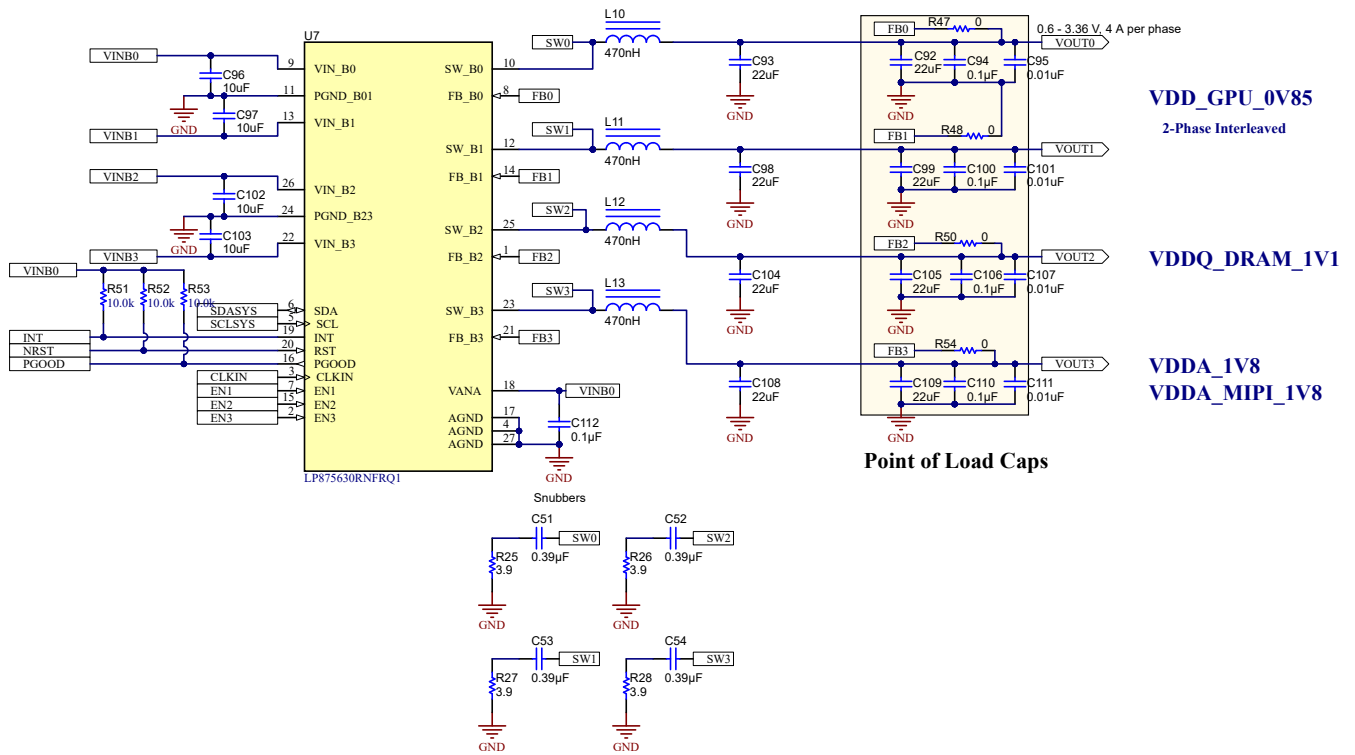


图 5-7. AP 电源原理图 (LP87563-Q1)

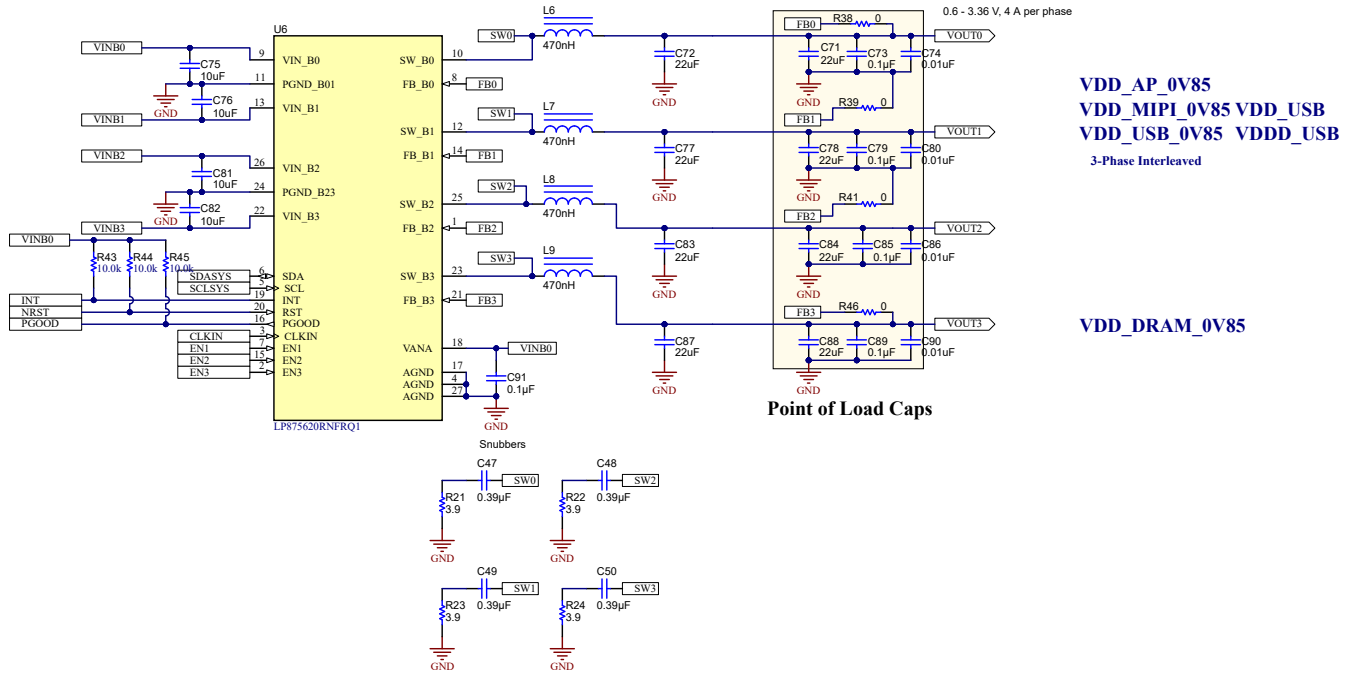


图 5-8. AP 电源原理图 (LP87562-Q1)

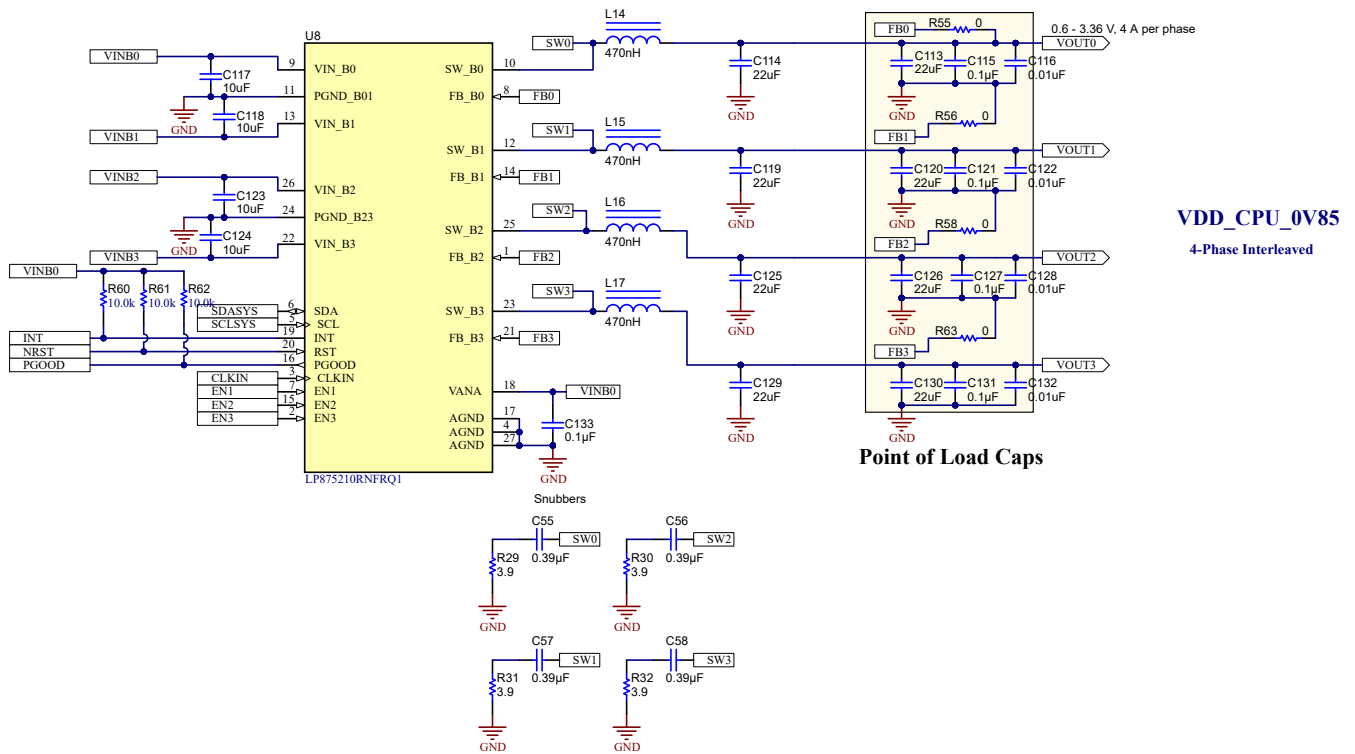


图 5-9. AP 电源原理图 (LP87521-Q1)

1

¹ 由于 $V_{in} = 5V$ 大于 $4V$ ，因此 LP875x-Q1 需要缓冲器。

6 兼容 X9HP

此电源设计可以与 Semidrive X9HP 兼容，后者可使用引脚对引脚器件来减少重新设计工作量。

两款 MCU 的 RTC 和安全电源是相同的，因此同一电源树可以在为 X9HP 供电时重复使用。

为 X9HP 和 X9SP 的 AP 电源轨供电时，存在一些差异。表 6-1 总结了 X9HP 和 X9HP 的电源要求差异。

表 6-1. X9HP 和 X9SP 的电源要求差异

电源轨名称	X9HP 的电源要求	X9SP 的电源要求
VDD_AP + VDD_PHY (VDD_MIPI、VDD_PCIE、VDD_USB、VDDD_USB)	0.8V, 8A (与 VDD_AP 和 VDD_PHY 结合使用)	0.85V, 10A+0.45A
VDD_DRAM	0.8V, 8A (与 VDD_AP 和 VDD_PHY 结合使用)	0.85V, 2A
VDD_GPU	0.85V, 5A	0.85V, 8A
VDDQ_DRAM	1.1V, 1.75A	1.1V, 2A
VDDA、VDDA_MIPI	1.8V, 1A+50mA	1.8V, 1A+300mA
VDD_CPU	0.8V, 6A	0.85V, 10A
VDDH	3.3V, 450mA	3.3V, 450mA 结合 VDDIO_3V3 使用, 3.3V, 300mA

图 6-1 显示了为 X9HP 电源轨供电的电源树 (使用 LP87565V-Q1、LP875230C-Q1、TLV76733-Q1、TPS6281120-Q1 和 TPS74518-Q1 器件)。请注意，用于 VDD_AP、VDD_DRAM 和 VDD_CPU 的 PMIC 不能引脚对引脚替换，因为在为 X9SP 供电时，这三个电源轨使用两个 PMIC (LP87562-Q1 和 LP87521-Q1)，而在为 X9HP 供电时，只使用一个 PMIC (LP87565V-Q1)。

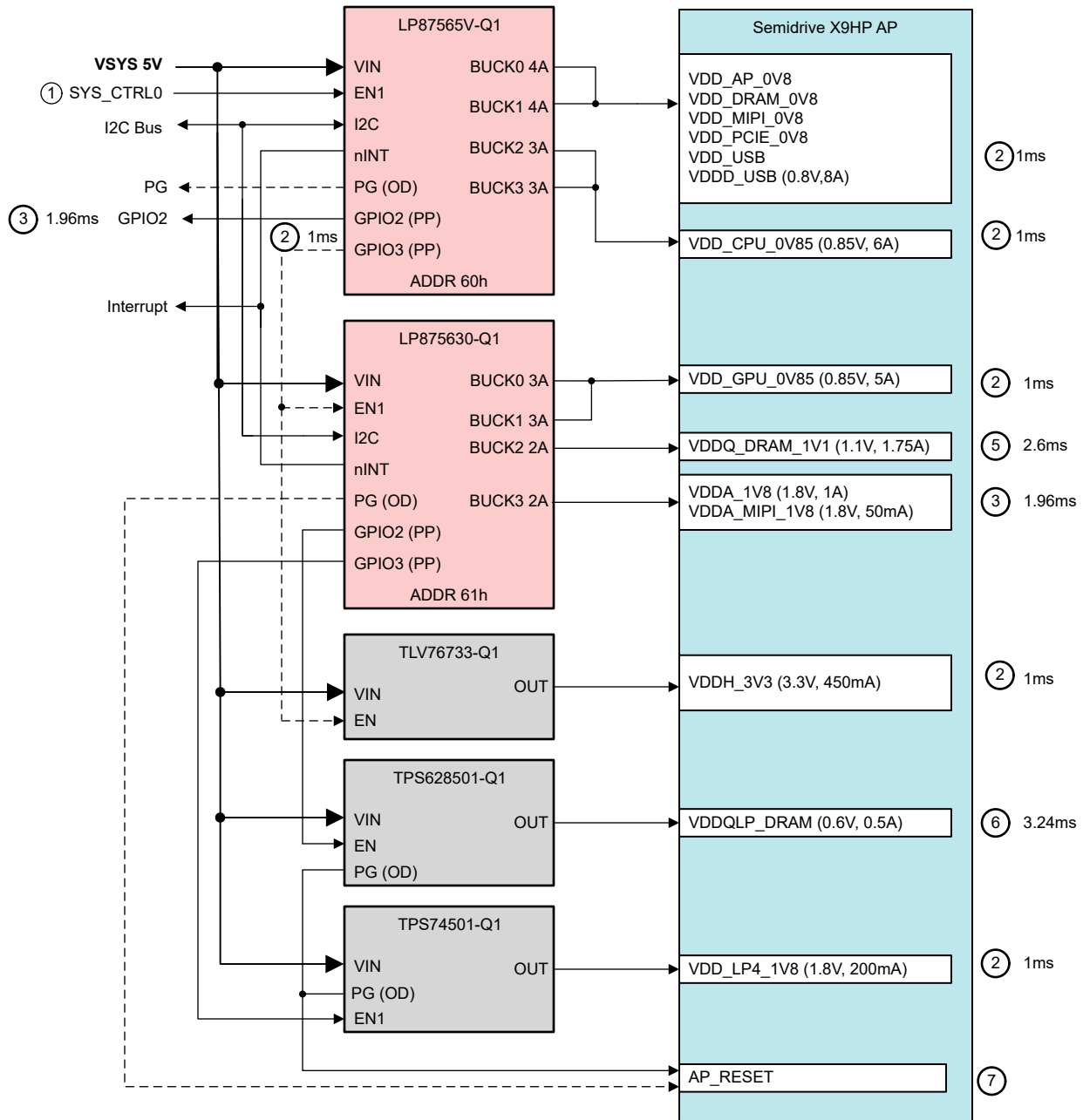


图 6-1. Semidrive X9HP AP 电源树

鉴于用于其他电源轨的器件仍然支持引脚对引脚兼容器件互换，表 6-2 显示了用于电源轨 VDD_GPU、VDDQ_DRAM、VDDA_1V8、VDDA_MIPI、VDDH_3V3 (和 VDDIO_3V3)、VDDQLP_DRAM 和 VDD_LP4 的引脚对引脚兼容选项。

表 6-2. 引脚对引脚替换选项

电源轨名称	为 X9HP 分配的器件	为 X9SP 分配的器件
VDD_GPU、VDDQ_DRAM、VDDA_1V8、VDDA_MIPI_1V8	LP875230C-Q1	LP87563-Q1
VDDH_3V3 (和 VDDIO_3V3)	TLV76733-Q1	TLV76733-Q1
VDDQLP_DRAM	TPS628501-Q1	TPS628501-Q1
VDD_LP4_1V8	TPS74518-Q1	TPS74501-Q1 (可替代)

为实现 X9HP 和 X9SP 之间的兼容性，重新选择器件时有三种选择。

1. **替代 PMIC**：如前所述，在为 X9SP 供电时使用 LP87562TRNFRQ1 和 LP87521SRNFRQ1 替换为 X9HP 供电时的 LP87565VRNFRQ1，为 VDD_AP、VDD_DRAM 和 VDD_CPU 供电。
2. **使用分立式降压转换器替代 PMIC**：终端用户可以使用分立式引脚对引脚兼容降压转换器为 VDD_AP、VDD_DRAM 和 VDD_CPU 供电，从而轻松实现升级兼容性。请参阅表 6-3 中的示例。

表 6-3. 替代示例

电源轨名称	为 X9HP 分配的器件	为 X9SP 分配的器件
VDD_AP	TPS62870-Q1 (额定为 6A ; 需要 6A)	TPS62872-Q1 (额定为 12A ; 需要 10.45A)
VDD_DRAM	TPS62811-Q1 (额定为 1A ; 需要 1A)	TPS62812-Q1 (额定为 2A ; 需要 2A)
VDD_CPU	TPS62870-Q1 (额定为 6A ; 需要 6A)	TPS62872-Q1 (额定为 12A ; 需要 10A)

3. **使用分立式降压转换器/LDO 替代所有电源轨**：作为前述讨论的延伸，最终用户可以进一步将 LP8752/63-Q1 PMIC (最初用于 VDD_GPU、VDDQ_DRAM、VDDA_1V8 和 VDDA_MIPI_1V8) 替换为分立式引脚对引脚兼容降压转换器。请参阅表 6-4 中的示例。

表 6-4. 替代示例

电源轨名称	为 X9HP 分配的器件	为 X9SP 分配的器件
VDD_GPU	TPS62870-Q1 (额定为 6A ; 需要 5A)	TPS62871-Q1 (额定为 9A ; 需要 8A)
VDDQ_DRAM	TPS62812-Q1 (额定为 2A ; 需要 1.75A)	TPS62811-Q1 (额定为 1A ; 需要 0.75A)
VDDA_1V8 VDDA_MIPI_1V8	TPS62812-Q1 (额定为 2A ; 需要 1.05A)	TPS62812-Q1 (额定为 2A ; 需要 1.3A)

7 软件驱动程序

此设计支持通过 I2C 总线进行控制。公共 Git 存储库中提供了 LP875x 的 Linux 驱动程序。这些驱动程序可用于帮助将 LP875x 控制功能集成到系统软件中：

- <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>

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：Torvalds/Linux/include/linux/mfd/lp87565.h。

8 推荐的外部元件

假设每个元件周围有 1mm 的禁止距离，并乘以元件数。

表 8-1. 物料清单

数量	供应商	器件型号	系统元件	W (mm)	L (mm)	高 (mm)	单位面积	总电路板面积
3	TI	LP875x-Q1	可配置的四相降压稳压器	4	4.5	0.9	27.5	82.5
12	Murata	DFE252012P D-R47M	LP875x 电感器 0.47 μ H, I _{max} 4.0A, R _{dc} 典型值 21m Ω	2.5	2	1.2	10.5	126
12	Murata	GCM21BR71 A106KE22	LP875x SMPS 输入电 容器 10 μ F, 10V, 10%	2	1.25	1.25	6.75	81
24	Murata	GCM21BD70 J226ME35	LP875x SMPS 输出电 容器 22 μ F, 10V, 10%	2	1.25	1.25	6.75	162
3	Murata	GCM155R71 C104KA55D	LP875x 输入电容器 0.1 μ F, 16V, 10%	1	0.5	0.5	3	9
5	TI	TPS74501- Q1	低压降稳压器 (可调 节)	2	2	0.8	9	45
5	Murata	GCM188R71 C105KA64D	输入电容器 1 μ F	1	0.5	0.5	3	15
15			输出电压设置/PG 电阻 器	1	0.5	0.5	3	45
5	Murata	GRT155C71 A225KE13	输出电容器 2.2 μ F	1	0.5	0.5	3	15
1	TI	TPS628501- Q1	降压转换器	3	2	0.8	12	12
1	Murata	DFE252012P D-R47M	电感器 0.47 μ H, I _{max} 4.0A, R _{dc} 典型值 21m Ω	2.5	2	1.2	10.5	10.5
1	Murata	GCM21BD70 J226ME35	输入电容器 22 μ F, 10V, 10%	2	1.25	1.25	6.75	6.75
2	Murata	GCM21BD70 J226ME35	输出电容器 22 μ F, 10V, 10%	2	1.25	1.25	6.75	13.5
2			频率设置/PG 电阻器	1	0.5	0.5	3	6
1	TI	TPS6281120- Q1	降压转换器	3	2	0.8	12	12
1	Murata	DFE252012P D-R47M	电感器 0.47 μ H, I _{max} 4.0A, R _{dc} 典型值 21m Ω	2.5	2	1.2	10.5	10.5
1	Murata	GCM21BD70 J226ME35	输入电容器 22 μ F, 10V, 10%	2	1.25	1.25	6.75	6.75
2	Murata	GCM21BD70 J226ME35	输出电容器 22 μ F, 10V, 10%	2	1.25	1.25	6.75	13.5
1	Murata	GRT155R71 H472KE01	CSS 电容器	1	0.5	0.5	3	3
4			配置电阻器	1	0.5	0.5	3	12
1	Murata	GCM21BR71 A106KE22	输出电容器 10 μ F, 10V, 10%	2	1.25	1.25	6.75	6.75
1	TI	TLV76733- Q1	低压降稳压器	3	3	1	16	16
1	Murata	GCM188R71 C105KA64D	输入电容器 1 μ F	1	0.5	0.5	3	3

表 8-1. 物料清单 (续)

数量	供应商	器件型号	系统元件	W (mm)	L (mm)	高 (mm)	单位面积	总电路板面积
1	Murata	GCM188R71 C105KA64D	输入电容器 1 μ F	1	0.5	0.5	3	3
总计								715.75mm ²
用 0.3 布线因子计算出的布线面积								306.75mm ²
总估计面积								1022.5mm ²

9 总结

借助本文介绍的采用 LP87563-Q1、LP87562-Q1 和 LP87521-Q1 PMIC + 分立式 LDO 和降压器的这种设计，可以在满足 Semidrive X9SP 应用处理器的电源要求的同时保持良好效率。Semidrive X9HP 的电源设计与此系统设计兼容，AP 电源引脚对引脚互换。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，该设计非常紧凑。I2C 控制允许在需要进行诊断和 PMIC 控制。

10 参考资料

- 德州仪器 (TI), [LP8756x-Q1 具有集成开关的 16A 降压转换器](#) 数据表。
- 德州仪器 (TI), [LP87562T-Q1 技术参考手册](#)。
- 德州仪器 (TI), [LP875630-Q1 技术参考手册](#)。
- 德州仪器 (TI), [LP8752x-Q1 具有集成开关的 10A 降压转换器](#) 数据表。
- 德州仪器 (TI), [LP87521S-Q1 技术参考手册](#)。
- 德州仪器 (TI), [LP87565V-Q1 技术参考手册](#)。
- 德州仪器 (TI), [TLV767-Q1 1A、16V 线性稳压器](#) 数据表。
- 德州仪器 (TI), [TPS6287x-Q1 具有快速瞬态响应功能的 2.7V 至 6V 输入, 6A、9A、12A、15A 可堆叠同步降压转换器](#) 数据表。
- 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。
- 德州仪器 (TI), [TPS628501-Q1 采用 SOT-583 封装的 2.7V 至 6V、1A 可调频率降压转换器](#) 数据表。
- 德州仪器 (TI), [TPS6281x-Q1 2.75V 至 6V 可调频率降压转换器](#) 数据表。

11 修订历史记录

Changes from Revision * (July 2024) to Revision A (December 2024)	Page
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式.....	1

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