

POK 在 Jacinto7 TDA4 系列处理器中的应用

章勇

Central FAE

摘要

Jacinto™ 7 TDA4 系列处理器是 TI 公司基于 Keystone 架构推出的最新一代汽车处理器，主要面向辅助驾驶系统（ADAS）和自动驾驶（AD）领域的应用。TDA4 系列汽车处理器基于片上多核异构芯片架构，采用 16nm 系统工艺。不仅提高了系统集成度，而且大幅降低了智驾系统设计所需的外设复杂度以及成本。该系列处理器在提供高达 ASIL-D 的系统功能安全等级支持的同时，以领先于市场的性能/功耗比为深度学习/视觉加速提供了卓越的处理能力。

传统功能安全系统需要外部处理器来监控系统运行安全功能。TDA4 处理器通过集成内部的 MCU 来执行这些监控功能。为此，TDA4 处理器使用了独立 MCU 域与主域的设计，使用多路独立电源轨来为不同域实现电源隔离，避免了混合型功能安全系统中使用同一电压源导致的共因失效。此时，各路电源轨监控也是功能安全保证最重要的组成部分之一。TDA4 处理器内置了 POK（Power OK module）模块来监控多路内外部电源轨，大幅降低了系统设计带来的成本负担。

本文对 TDA4 系列处理器中的 POK 进行原理介绍，以 J721S2 为例，提供了相应的内部组件说明和使用方法，进一步提高了 TDA4 处理器功能安全的可设计支持能力。

目录

1. PSM 模块	3
1.1 POK 模块简介	3
1.2 PSM 拓扑结构	4
2. TDA4 系列处理器芯片的电压监控保护	5
2.1. J721S2 POK 及 SDL ID 列表.....	5
2.2. ESM 事件	5
2.3. 支持 Ping-pong 模式的 POK 实现的过压或欠压保护	6
2.4. 仅支持独立采样模式的 POK 实现的过压或欠压保护	8
2.5. POK 自测注入测试	8
3. 总结	9
4. 参考文献	9

图

图 1 PRG/POK/POR 配置	3
图 2 POK 典型结构框图	3
图 3 POK_SA 框图	4
图 4 J721S2 POR/PRG/POK 分布图	5
图 5 PRG 集成之 ESM 事件	6

表

表 1 不同输入电压端口的有效范围	4
表 3 J721S2 POK 及 SDL ID 列表	5
表 2 J721S2 POK ESM 事件一览表	6

1. PSM 模块

TDA4 系列处理器中部署的电源系统模块（Power System Module）提供用于监控安全系统中关键电源轨相关的控制、状态以及结合 ESM 生成事件的能力。该电源系统模块包括三类模块，即电源正常模块 (Power OK, POK)、上电复位模块（Power on Reset, POR）以及内置支持或不支持 ping-pong 模式的 POK 的 POR/ 复位发生器（POR/Reset Generator, PRG）。下图 1 是 POR/PRG (_PP)/POK 模块的逻辑配置示例图。

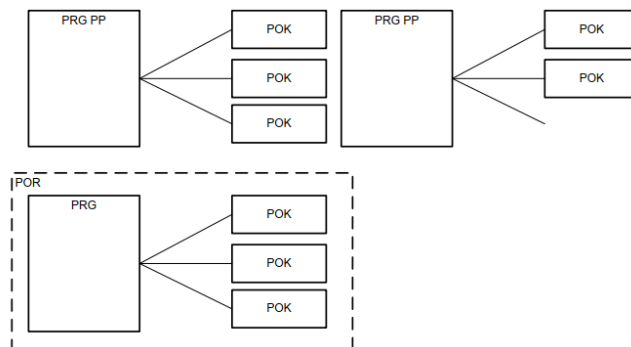


图 1 PRG/POK/POR 配置

TDA4 系列处理器有众多系列，其中 POR/PRG/POK 模块的逻辑配置都是类似的。PSM 模块包含的 POR/PRG/POK 模块一般也都是位于芯片的唤醒域（WKUP DOMAIN）。该域在芯片启动时是最先开始工作的。

1.1 POK 模块简介

在 TDA4 系列处理器上 POK 典型结构如图 2 所示，包括一个电压比较器，比较器一个输入是 BGAP 参考电压 0.45V 另一个输入是待监测电压经过分压后的电压。

BGAP 参考电压由 POR 内 POKBGAP 提供，电压为 0.45V。

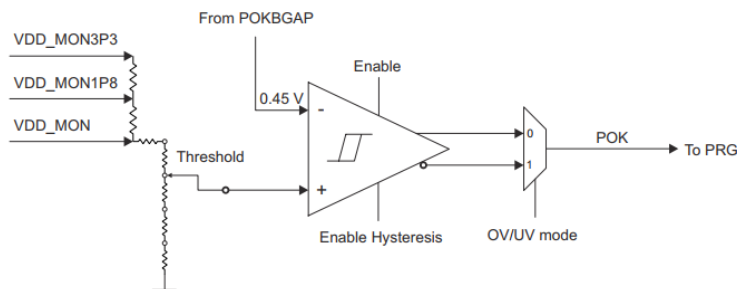


图 2 POK 典型结构框图

实际上，POK 内部包含一个电阻开关阵列，根据阈值设置和过压检测 (OD) 和欠压检测 (UD) 可编程开关状态，数字解码器会生成开关控制信号来保证只有其中一个开关会闭合。上图 2 中可以看到阈值配置寄存器（每个 POK 都有自己的 CTRL 寄存器）和 POK 的器件连接端口（即 VDD_MON3P3、VDD_MON1P8 或 VDD_MON）来进行分压的示意。表 1 则给出不同端口的阈值选择有效范围，映射关系是 VDD_MON3P3 对应 3P3_POK，VDD_MON1P8 对应 1P8_POK，VDD_MON 对应 CORE_POK。

每个 POK 内部的比较器可以单独启用或禁用。其输出在启用后会连续输出。并且 POK 输出在以下情况中会触发高电平（即指示故障情况）：

欠压：经过阈值配置寄存器（CTRL 寄存器，映射关系见表 1）表将待监测电压转换回经分压后电压。如果该电压低于跳变点（0.45V），POK 会输出高电平（即失败）。

过压：经过阈值配置寄存器（CTRL 寄存器, 映射关系见表 1）表将待监测电压转换回经分压后电压。如果该电压高于跳变点（0.45V），POK 将输出高水平（即失败）。

POK_TRIM [6:0]	CORE_POK UV (undervoltage detection)	CORE_POK OV (overvoltage detection)	1P8_POK UV (undervoltage detection)	1P8_POK OV (overvoltage detection)	3P3_POK UV (undervoltage detection)	3P3_POK OV (overvoltage detection)
0x00	0.475 V	0.725 V			1.425 V	2.175 V
0x01	0.4875 V	0x7375 V		N/A	1.4625 V	2.2125 V
0x02	0.50 V	0.75 V			1.5 V	2.25 V
...						
0xC			N/A	1.432 V		
0xD				1.452 V		
0xE				1.473 V		
...						
0x20			1.432 V			2.175 V + POK_TRIM[7:0] *0.0375 V
0x21			1.452 V	1.1865 V + 0.02045* POK_TRIM[7:0]		
0x22	0.475 V + POK_TRIM[7:0] *0.0125 V		1.473 V		1.425 V + POK_TRIM[7:0] *0.0375 V	
...						
0x2D		0.725 V + POK_TRIM[7:0] *0.0125 V				3.8625
0x2E			0.7775 V + 0.02045* POK_TRIM[7:0]	2.127V		3.9
0x2F				2.148 V		3.9375
0x30				2.168 V		
...						
0x42			2.127 V		3.9 V	
0x43			2.148 V		3.9375 V	
0x44	1.325 V		2.168 V		3.975 V	
0x45	1.3375 V			N/A		N/A
0x46	1.35 V					
...						
0x48	N/A	1.625 V	N/A		N/A	
0x49		1.6375 V				
0x4A		1.65 V				

表 1 不同输入电压端口的有效范围

类似上述 POK 典型结构，TDA4 系列处理器里还包括另外一种 POK，即 POK_SA，仅用于监控 VMON1_ER_SYS。它的特点在于待监测电压直接与 BGAP 电压 0.45V 比较。因此客户需要在 PCB 设计时加入分压电路将待监测电压分压至 0.45V。图 3 是 POK_SA 的典型结构。

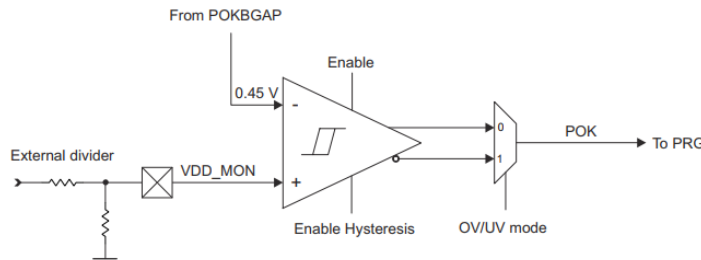


图 3 POK_SA 框图

1.2 PSM 拓扑结构

前文介绍了 PSM 模块内包括了三个模块。其中 POK 模块是用于监测电压的基本模块。PRG 和 PRG_PP 模块控制内部所属的一组 POK，对 POK 比较器的输出进行采样，在抗尖峰脉冲期间对输出进行滤波，以及在电压每次采样时超出阈值时标记异常，触发相应的 ESM 事件；而 PRG（_PP）在 POR 模块内实例化，近似于内部 PRG/POK 的透传 wrapper。

PRG 和 PRG_PP 模块的主要差异在于采样模式。PRG 只支持独立采样（OV 或 UV）模式，POK 连续采样时，内部抗尖峰滤波器充当滑动窗口，根据最后 n 个样本每采样周期评估一次滤波输出，更新一次 POK 输出。PRG_PP 还支持 Ping-pong 模式，POK 连续采样时，OV 采样和 UV 采样是间隔单个更新周期来轮换执行，即每两个采样周期会同步更新一次 UV 和 OV 标志及 POK 输出。

如前所述，所有 POK 的参考电压由 POR 内 POKBGAP 提供。POKBGAP 在 MCU_PORz 释放后会输出未经修正的电压/电流。用户必须设置配置寄存器应用特定于该芯片的修正值。注：建议不要修改此修正值。

下图是以 TDA4 系列处理器子系列 J721S2 为例的多个 POR/PRG/POK 模块分布图，该子系列包含 TDA4VE/TDA4AL/TDA4VL 等型号。

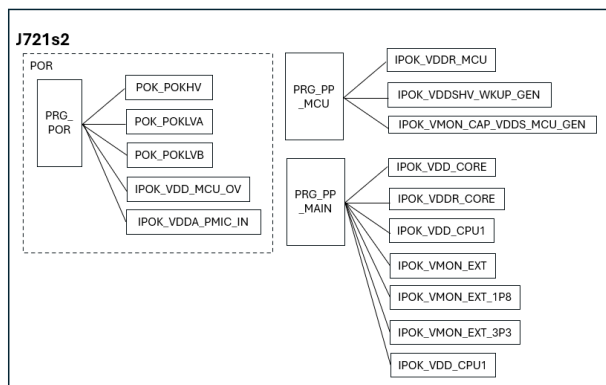


图 4 J721S2 POR/PRG/POK 分布图

注：本文后续解说及实例会以 TDA4 系列处理器子系列 J721S2 为代表来给出。

2. TDA4 系列处理器芯片的电压监控保护

前文主要介绍了 TDA4 系列处理器芯片的负责电压监控的 PSM 电源系统模块，尤其是 POK 电源正常模块。使用 POK 可以对芯片所需输入电源轨的输入电压进行采样，过滤，与客户设置的阈值电压比较后产生相应的事件，给到 ESM 进而做相应的处理。结合 TI RTOS SDK 里提供的 SDL 软件模块可以实现功能安全系统需求里的自测及监控功能。

2.1. J721S2 POK 及 SDL ID 列表

SDL instance name	SDL instance id	Module Instance	Connected to PRG	Type	Voltage Monitored	TAP (port)	OV / UV
SDL_POK_VDD_CORE_ID	1	IPOK_VDD_CORE	PRG_PP_MAIN	POK	VDD_CORE	VDD_MON	OV + UV
SDL_POK_VDDR_CORE_ID	2	IPOK_VDDR_CORE	PRG_PP_MAIN	POK	VDDAR_CORE	VDD_MON	OV + UV
SDL_POK_VDD_CPU_ID	3	IPOK_VDD_CPU	PRG_PP_MAIN	POK	VMON2_IR_VCPU	VDD_MON	OV + UV
SDL_POK_VMON_EXT_ID	4	IPOK_VMON_EXT	PRG_PP_MAIN	POK	VMON3_IR_VEXT1 P8	VDD_MON1P8	OV + UV
SDL_POK_VMON_EXT_MAIN_1P8_ID	5	IPOK_VMON_EXT_1P8	PRG_PP_MAIN	POK	VMON4_IR_VEXT1 P8	VDD_MON1P8	OV + UV
SDL_POK_VMON_EXT_MAIN_3P3_ID	6	IPOK_VMON_EXT_3P3	PRG_PP_MAIN	POK	VMON5_IR_VEXT3 P3	VDD_MON3P3	OV + UV
SDL_POK_VDD_CPU1_ID	7	IPOK_VDD_CPU1	PRG_PP_MAIN	POK	VMON6_IR_VEXT0 P8	VDD_MON	OV + UV
SDL_POK_VDDR_MCU_ID	8	IPOK_VDDR_MCU	PRG_PP_MCU	POK	VDDAR_MCU	VDD_MON	OV + UV
SDL_POK_VDDSHV_WKUP_GEN_ID	9	IPOK_VDDSHV_WKUP_GEN	PRG_PP_MCU	POK	VDDSHV0_MCU	VDD_MON3P3	OV + UV
SDL_POK_CAP_VDDS_MCU_GEN_ID	10	IPOK_VMON_CAP_VDDS_MCU_GEN	PRG_PP_MCU	POK	CAP_VDDS0_MCU	VDD_MON1P8	OV + UV
SDL_POK_VDD_MCU_OV_ID	11	IPOK_VDD_MCU_OV	PRG_POR	POK	VDD_MCU	VDD_MON	OV
SDL_POR_POKHV_UV_ID	12	POR_POKHV	PRG_POR	POK	VDDA_MCU (1P8V)	VDD_MON1P8	UV
SDL_POR_POKLVB_UV_ID	13	POR_POKLVB	PRG_POR	POK	VDD_MCU	VDD_MON	UV
SDL_POR_POKLVA_OV_ID	14	POR_POKLVA	PRG_POR	POK	VDDA_MCU (1P8V)	VDD_MON1P8	OV
SDL_POK_VDDA_PMIC_IN_ID	0	IPOK_VDDA_PMIC_IN	PRG_POR	POK_SA	VMON1_ER_VSYS	n/a	UV

表 2 J721S2 POK 及 SDL ID 列表

2.2. ESM 事件

如前文所述，PRG (_PP) 会控制内部所属的 POK，对 POK 比较器的输出进行采样，超出阈值时标记异常，触发相应的 ESM 事件。客户可以设计相应的处理策略对不同 POK 的 ESM 事件进行处理。翻阅 TRM 可以看到图 5 的 ESM 事件示意图。

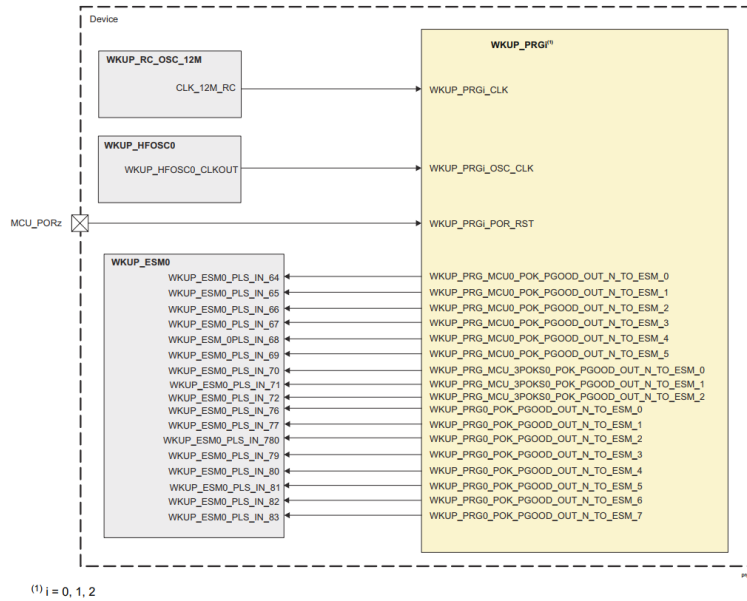


图 5 PRG 集成之 ESM 事件

下是以 TDA4 系列处理器子系列 J721S2 为例的所有 POK 的 ESM 事件一览表。事件 ID 可以从 TRM 里 9.4.57 WKUP_ESM0_INTERRUPT_MAP 章节找到索引。

instance	id	in	SDL	low esm event id	Source Interrupt	high esm event id	Source Interrupt
SDL_POK_VDD_CORE_ID	1			92	WKUP_PRG0_POK_PGOOD_UV_OUT_N_TO_ESM_2	93	WKUP_PRG0_POK_PGOOD_OV_OUT_N_TO_ESM_2
SDL_POK_VDDR_CORE_ID	2			96	WKUP_PRG0_POK_PGOOD_UV_OUT_N_TO_ESM_4	97	WKUP_PRG0_POK_PGOOD_OV_OUT_N_TO_ESM_4
SDL_POK_VDD_CPU_ID	3			94	WKUP_PRG0_POK_PGOOD_UV_OUT_N_TO_ESM_3	95	WKUP_PRG0_POK_PGOOD_OV_OUT_N_TO_ESM_3
SDL_POK_VMON_EXT_ID	4			98	WKUP_PRG0_POK_PGOOD_UV_OUT_N_TO_ESM_5	99	WKUP_PRG0_POK_PGOOD_OV_OUT_N_TO_ESM_5
SDL_POK_VMON_EXT_MAIN_1P8_ID	5			88	WKUP_PRG0_POK_PGOOD_UV_OUT_N_TO_ESM_0	89	WKUP_PRG0_POK_PGOOD_OV_OUT_N_TO_ESM_0
SDL_POK_VMON_EXT_MAIN_3P3_ID	6			90	WKUP_PRG0_POK_PGOOD_UV_OUT_N_TO_ESM_1	91	WKUP_PRG0_POK_PGOOD_OV_OUT_N_TO_ESM_1
SDL_POK_VDD_CPU1_ID	7			100	WKUP_PRG0_POK_PGOOD_UV_OUT_N_TO_ESM_6	101	WKUP_PRG0_POK_PGOOD_OV_OUT_N_TO_ESM_6
SDL_POK_VDDR_MCU_ID	8			68	WKUP_PRG_MCU_3POKS0_POK_PGOOD_UV_OUT_N_TO_ESM_2	69	WKUP_PRG_MCU_3POKS0_POK_PGOOD_OV_OUT_N_TO_ESM_2
SDL_POK_VDDSHV_WKUP_GEN_ID	9			66	WKUP_PRG_MCU_3POKS0_POK_PGOOD_UV_OUT_N_TO_ESM_1	67	WKUP_PRG_MCU_3POKS0_POK_PGOOD_OV_OUT_N_TO_ESM_1
SDL_POK_CAP_VDDSD_MCU_GEN_ID	10			64	WKUP_PRG_MCU_3POKS0_POK_PGOOD_UV_OUT_N_TO_ESM_0	65	WKUP_PRG_MCU_3POKS0_POK_PGOOD_OV_OUT_N_TO_ESM_0
SDL_POK_VDD_MCU_OV_ID	11			-1-		80	WKUP_PRG_MCU0_POK_PGOOD_UV_OUT_N_TO_ESM_4
SDL_POR_POKHV_UV_ID	12			76	WKUP_PRG_MCU0_POK_PGOOD_UV_OUT_N_TO_ESM_2	-1-	
SDL_POR_POKLVB_UV_ID	13			72	WKUP_PRG_MCU0_POK_PGOOD_UV_OUT_N_TO_ESM_0	-1-	
SDL_POR_POKLVA_OV_ID	14			-1-		74	WKUP_PRG_MCU0_POK_PGOOD_UV_OUT_N_TO_ESM_1
SDL_POK_VDDA_PMIC_IN_ID	0			-1-		78	WKUP_PRG_MCU0_POK_PGOOD_UV_OUT_N_TO_ESM_3

表 3 J721S2 POK ESM 事件一览表

2.3. 支持 Ping-pong 模式的 POK 实现的过压或欠压保护

如前文所述，从硬件角度，PRG (_PP) 结合 POK 能够实现电压采样，比对，过滤直至报出 ESM 事件。同样需要软件来支持硬件的配置以及事件处理。这里介绍相关的一系列过程。以 IPOK_VDD_CORE POK 为例。

步骤 1，需要配置 POK 相关寄存器，要先解锁 POK 相关寄存器的访问。POK 相关寄存器在 WKUP_CTRL_MMR0 的 partition 6 对应的锁定范围内。

步骤 2，初始化 ESM 模块，SDL 里提供了对应接口，传入参数为 ESM instance ID，初始化配置参数，及回调函数。此时需要确认对应 ESM 事件是否使能以及优先级。以 WKUP_PRG0_POK_PGOOD_UV_OUT_N_TO_ESM_2 为例，index 为 92，转换为第三个 32bit 及 offset 为 28。对应为下述样例代码里红色字体十六进制数的第 28 位。

```

SDL_ESM_config POK_Test_esmInitConfig_WKUP =
{
    .esmErrorConfig = {0u, 8u}, /* Self test error config */
    .enableBitmap = {0xffffffffu, 0x00180003u, 0xffffffffu, 0x0000000fu,
    },
    /**< All events enable: except clkstop events for unused clocks */
    .priorityBitmap = {0xffffffffu, 0x00180003u, 0xffffffffu, 0x0000000fu,
    },
    /**< All events high priority: except clkstop events for unused clocks */
    .errorpinBitmap = {0xffffffffu, 0x00180003u, 0xffffffffu, 0x0000000fu,
    },
    /**< All events high priority: except clkstop for unused clocks
    
```

```
* and selftest error events */
};
```

步骤 3, 初始化 POK, SDL 里提供了对应接口, 传入参数为 POK instance ID, 初始化配置参数。

从 TDA4 系列处理器子系列 J721S2 中 TDA4VE 的数据手册可以查阅到 IPOK_VDD_CORE POK 监控的电源轨 VDD_CORE 的供电有效范围为 0.76V~0.84V.

SUPPLY NAME ⁽²⁾	DESCRIPTION	MIN ⁽¹⁾	NOM	MAX ⁽¹⁾	UNIT
VDD_CORE	Boot/Active voltage for MAIN domain core supply	0.76 ⁽¹⁾	0.8	0.84 ⁽¹⁾	V

a. 设置 POK 使能源, 默认是由芯片自行控制。

```
pPokCfg.pokEnSelSrcCtrl = SDL_POK_ENSEL_NO_ACTION;
```

b. 从本文图 4 查阅 IPOK_VDD_CORE POK 支持独立采样模式和 ping-pong 模式。本示例使能 ping-pong 模式。

```
pPokCfg.voltDetMode = SDL_PWRSS_SET_PP_VOLTAGE_DET_ENABLE;
pPokCfg.detectionCtrl = SDL_POK_DETECTION_ENABLE;
```

c. 在设置过压或欠压阈值时, 考虑到芯片运行时电气参数、硅片工艺变化、PCB 板个体差异以及环境条件等很多因素, 通常可以加入 5% 的误差以减少这些因素所带来的差异化。

当计算过压阈值时, 目标阈值电压是 0.8V。由本文表 1 可以查阅到 IPOK_VDD_CORE 的输入电压端口为 VDD_MON, 对应最低电压为 0.725V, 步进电压值为 0.0125V。从下述计算结果得到阈值应设置为 10。

$$(0.8 * (1 + 5\%) - 0.725) / 0.0125 = 9.2 \quad \rightarrow \quad \text{取整范围为 [9, 10]}$$

当计算欠压阈值时, 目标阈值电压是 0.8V。由本文表 1 可以查阅到 IPOK_VDD_CORE 的输入电压端口为 VDD_MON, 对应最低电压为 0.475V, 步进电压值为 0.0125V。从下述计算结果得到阈值应设置为 22。

$$(0.8 * (1 - 5\%) - 0.475) / 0.0125 = 22.8 \quad \rightarrow \quad \text{取整范围为 [22, 23]}$$

```
pPokCfg.trim = 19;
pPokCfg.trimOV = 13;
```

d. 设置抗尖峰滤波周期。这个设置是可选的, 默认为 5us, 最长为 20us。通常无需修改默认值。

```
pPokCfg.deglitch = SDL_PWRSS_DEGLITCH_NO_ACTION;
```

以下为完整的代码示例。

```
instance = SDL_POK_VDD_CORE_ID;

pPokCfg.hystCtrl = SDL_PWRSS_HYSTERESIS_NO_ACTION;
pPokCfg.hystCtrlOV = SDL_PWRSS_HYSTERESIS_NO_ACTION;
pPokCfg.voltDetMode = SDL_PWRSS_SET_PP_VOLTAGE_DET_ENABLE;
pPokCfg.trim = 22;
pPokCfg.trimOV = 10;
pPokCfg.detectionCtrl = SDL_POK_DETECTION_ENABLE;
pPokCfg.pokEnSelSrcCtrl = SDL_POK_ENSEL_PRG_CTRL;
pPokCfg.deglitch = SDL_PWRSS_DEGLITCH_NO_ACTION;
```

步骤 4, 当 IPOK_VDD_CORE POK 监控到 VDD_CORE 电源轨的电压低于欠压阈值时, PRG_PP_MAIN 标记异常, 触发 ESM 事件, index 为 92, WKUP_PRG0_POK_PGOOD_UV_OUT_N_TO_ESM_2。此时, 步骤 2 里回调函数会被调用, 返回对应的 ESM 事件信息如下。

```
esmInst ~ SDL_ESM_INST_WKUP_ESM0
esmIntrType ~ SDL_ESM_INT_TYPE_HI
grpChannel ~ 92 / 32 = 2
index ~ 92 - 32 * 2 = 28 = 0x1cH
intSrc ~ 92 = 0x5cH
```

```
int32_t SDL_ESM_applicationCallbackFunction(SDL_ESM_Inst esmInst,
    SDL_ESM_IntType esmIntrType,
    uint32_t grpChannel,
    uint32_t index,
    uint32_t intSrc,
    void *arg)
{
    return retVal;
```

```
}

```

步骤 5，判断为 WKUP_PRG0_POK_PGOOD_UV_OUT_N_TO_ESM_2 事件时，客户可以根据应用系统需求来做相应的处理，比如通知其他核做保存上下文等工作，重启系统等。

2.4. 仅支持独立采样模式的 POK 实现的过压或欠压保护

如上一节介绍，这里介绍针对仅支持独立采样模式的 POK 相关的一系列过程，以 POK_POKLVA_ID POK 为例。

步骤 1，同 2.2 章节里步骤 1。

步骤 2，以 WKUP_PRG_MCU0_POK_PGOOD_UV_OUT_N_TO_ESM_1 为例，index 为 74，转换为第三个 32bit 及 offset 为 10。对应为下述样例代码里红色字体十六进制数的第 10 位。

步骤 3，初始化 POK，SDL 里提供了对应接口，传入参数为 POK instance ID，初始化配置参数。

从 TDA4 系列处理器子系列 J721S2 中 TDA4VE 的数据手册可以查阅到 POK_POKLVA_ID POK 监控的电源轨 VDDA_POR_WKUP 的供电有效范围为 1.71V~1.89V。

SUPPLY NAME ⁽²⁾	DESCRIPTION	MIN ⁽¹⁾	NOM	MAX ⁽¹⁾	UNIT
VDDA_POR_WKUP	WKUP domain analog supply	1.71	1.8	1.89	V

a. 同 2.2 章节里步骤 3。

b. 从本文图 4 查阅 POK_POKLVA POK 仅支持独立采样模式。本示例使能独立采样模式。

```
pPokCfg.voltDetMode = SDL_PWRSS_SET_OVER_VOLTAGE_DET_ENABLE;
pPokCfg.detectionCtrl = SDL_POK_DETECTION_NO_ACTION;
```

c. 当计算过压阈值时，目标阈值电压是 1.8V。由本文表 1 可以查阅到 POK_POKLVA 的输入电压端口为 VDD_MON1P8，对应最低电压为 1.432V，步进电压值为 0.02045V。从下述计算结果得到阈值应设置为 23。

$$(1.8 * (1 + 5\%) - 1.432) / 0.02045 = 22.39 \quad \rightarrow \quad \text{取整范围为 } [22, 23]$$

```
pPokCfg.trim = 0;
pPokCfg.trimOV = 27;
```

d. 同 2.2 章节里步骤 3。

以下为完整的代码示例。

```
instance = SDL_POR_POKLVA_OV_ID;

pPokCfg.hystCtrl = SDL_PWRSS_HYSTERESIS_NO_ACTION;
pPokCfg.hystCtrlOV = SDL_PWRSS_HYSTERESIS_NO_ACTION;
pPokCfg.voltDetMode = SDL_PWRSS_SET_OVER_VOLTAGE_DET_ENABLE;
pPokCfg.trim = 0;
pPokCfg.trimOV = 27;
pPokCfg.detectionCtrl = SDL_POK_DETECTION_NO_ACTION;
pPokCfg.pokEnSelSrcCtrl = SDL_POK_ENSEL_NO_ACTION;
pPokCfg.deglitch = SDL_PWRSS_DEGLITCH_NO_ACTION;
```

步骤 4，当 POK_POKLVA POK 监控到 VDDA_POR_WKUP 电源轨的电压低于欠压阈值时，PRG_POR 标记异常，触发 ESM 事件，index 为 74，WKUP_PRG_MCU0_POK_PGOOD_UV_OUT_N_TO_ESM_1。此时，步骤 2 里回调函数会被调用，返回对应的 ESM 事件信息如下。

```
esmInst ~          SDL_ESM_INST_WKUP_ESM0
esmIntrType ~      SDL_ESM_INT_TYPE_HI
grpChannel ~       74 / 32 = 2
index ~           74 - 32 * 2 = 10 = 0xaH
intSrc ~          74 = 0x4aH
```

步骤 5，同 2.2 章节里步骤 5。

2.5. POK 自测注入测试

这里介绍 POK 自测注入相关的一系列过程，以 IPOK_VDD_CORE POK 为例。大部分步骤与 2.3 章节一致。设置 POK 使能源为 PRG_PP_MAIN_CTRL 寄存器。

```
pPokCfg.pokEnSelSrcCtrl = SDL_POK_ENSEL_PRG_CTRL;
```

由于自测注入测试很难通过真实调整前级 PMIC 的输出来输入异常电压，因此可以通过将阈值设为极限值来模拟该场景。

如前文所述，电源轨 VDD_CORE 的有效电压范围是[0.76V~0.84V]。当寄存器 CTRL_MMR_POK_VDD_CORE_OV_CTRL [6:0] POK_VDD_CPU_OV_CTRL_POK_TRIM 阈值设置为 0 时，实际阈值电压为 0.725V，低于 VDD_CORE 的最低有效电压。这样 IPOK_VDD_CORE POK 会产生 ESM 事件，index 为 93，WKUP_PRG0_POK_PGOOD_OV_OUT_N_TO_ESM_2。

以下为完整的代码示例。

```
instance = SDL_POR_POKLVA_OV_ID;

pPokCfg.hystCtrl = SDL_PWRSS_HYSTERESIS_NO_ACTION;
pPokCfg.hystCtrlOV = SDL_PWRSS_HYSTERESIS_NO_ACTION;
pPokCfg.voltDetMode = SDL_PWRSS_SET_PP_VOLTAGE_DET_ENABLE;
pPokCfg.trim = 0;
pPokCfg.trimOV = 45;
pPokCfg.detectionCtrl = SDL_POK_DETECTION_ENABLE;
pPokCfg.pokEnSelSrcCtrl = SDL_POK_ENSEL_PRG_CTRL;
pPokCfg.deglitch = SDL_PWRSS_DEGLITCH_NO_ACTION;
```

当寄存器 CTRL_MMR_POK_VDD_CORE_UV_CTRL [6:0] POK_VDD_CORE_UV_CTRL_POK_TRIM 阈值设置为 127 时，实际阈值电压为 1.35V，高于 VDD_CORE 的最高有效电压。这样 IPOK_VDD_CORE POK 会产生 ESM 事件，index 为 92，WKUP_PRG0_POK_PGOOD_UV_OUT_N_TO_ESM_2。

以下为完整的代码示例。

```
instance = SDL_POR_POKLVA_OV_ID;

pPokCfg.hystCtrl = SDL_PWRSS_HYSTERESIS_NO_ACTION;
pPokCfg.hystCtrlOV = SDL_PWRSS_HYSTERESIS_NO_ACTION;
pPokCfg.voltDetMode = SDL_PWRSS_SET_PP_VOLTAGE_DET_ENABLE;
pPokCfg.trim = 127;
pPokCfg.trimOV = 0;
pPokCfg.detectionCtrl = SDL_POK_DETECTION_ENABLE;
pPokCfg.pokEnSelSrcCtrl = SDL_POK_ENSEL_PRG_CTRL;
pPokCfg.deglitch = SDL_PWRSS_DEGLITCH_NO_ACTION;
```

3. 总结

TDA4 作为最新一代的 TI 处理器芯片，内部包含一个功能强大的 PMS 电源管理子系统，包含配合使用的 POR/PRG/POK 模块，提供了多路内外部电源轨的电源监控及可配置监控策略，帮助用户设计一个可靠的功能安全系统。另外，用户需要在整体硬件设计时充分考虑系统运行负载及各个电源轨上的供电要求。本文提到的电压监控等措施是在异常情况下提供预警机制，便于系统设计者考虑进一步的干涉和处理。本文系统介绍了 TDA4 处理器的内部 POK 的工作机制和对应 SDL 的使用。

4. 参考文献

1. [TDA4VE TDA4AL TDA4VL Jacinto™ Processors, Silicon Revision 1.0 datasheet \(Rev. C\)](#)
2. [J721S2, TDA4AL, TDA4VL, TDA4VE, AM68A Technical Reference Manual \(Rev. F\)](#)
3. [\(+\)](#) [TDA4VL-Q1: What is the hysteresis window of POK comparator? - Processors forum - Processors - TI E2E support forums](#)
4. [\(+\)](#) [TDA4AL-Q1: Recommended POK threshold - Processors forum - Processors - TI E2E support forums](#)

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、与某特定用途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、安保法规或其他要求。

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。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 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。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月