

AN14247

将FS24连接至恩智浦器件的指南

第2.0版—2024年11月8日

应用笔记

文档信息

信息	内容
关键词	FS24、S32K1、微控制器、系统基础芯片（SBC）、超宽带（UWB）、低功耗蓝牙（BLE）、近场通信（NFC）、汽车、安全、访问
摘要	本应用笔记提供了一份设计指南，介绍如何使用恩智浦的FS24系统基础芯片（SBC）系列器件，为汽车安全门禁系统中使用的恩智浦S32K1xx微控制器、超宽带（UWB）、低功耗蓝牙（BLE）和近场通信（NFC）器件供电。



1 介绍

本应用笔记提供了一份设计指南，介绍如何使用恩智浦的FS24系统基础芯片（SBC）系列器件，为汽车安全门禁系统中使用的恩智浦S32K1xx微控制器、超宽带（UWB）、低功耗蓝牙（BLE）和近场通信（NFC）器件供电。

本文档涵盖以下解决方案：

- 恩智浦超宽带测距锚点：FS24 + NCJ29D6AHN (Ranger 5)
- 恩智浦超宽带雷达锚点：FS24 + NCJ29D6AHN (Ranger 5)
- 恩智浦超宽带测距锚点：FS24 + S32K118 + NCJ29D5BHN (Ranger 4)
- 恩智浦低功耗蓝牙钥匙检测和超宽带测距锚点：FS24 + NCJ29D6AHN (Ranger 5) + KW45
- 恩智浦低功耗蓝牙钥匙检测和超宽带测距锚点：FS24 + NCJ29D5BHN (Ranger 4) + KW45
- 恩智浦近场通信钥匙检测：FS24 + S32K144 + NCF3321
- 恩智浦低功耗蓝牙/近场通信钥匙检测：FS24 + KW45 + NCF3321
- FS24 + Ranger 5 + KW45 + NCF3321
- FS24 + S32K1xx
- FS24 + S32K31x

1.1 总体描述

FS24 SBC提供一系列可扩展的器件，具有引脚对引脚和软件兼容性。

FS24 SBC可从QM扩展到汽车安全完整性等级（ASIL）B，它包括一个控制器区域网络（CAN）收发器，以及适用于最新一代汽车电子控制单元（ECU）的多种系统功能和安全功能。

FS24 SBC通过高度集成来优化安全汽车门禁与舒适系统市场的物料清单（BOM）成本。

FS24器件非常灵活，适用于Ranger 5（NCJ29D6）、Ranger 4（NCJ29D5）、NCF3321和KW45器件、基于S32K处理器的应用以及多厂商处理器。

该系列器件有多个版本，提供多种输出电压设置、工作频率、上电时序及输入/输出配置选择，以满足多种应用需求。

1.2 特性与优势

工作范围

- 40V的最大DC输入电压
- 低功耗关闭模式，超低功耗睡眠电流，支持多种唤醒源
- 低功耗开启模式，HVBUCK (V1) 激活，HVLDO (V3) 可通过OTP选择，支持多种唤醒源

电源

- V1: 带集成FET的高压同步降压转换器。可配置输出电压 (1.9V至5V) 和开关频率，输出DC电流能力高达400mA，并支持用于低功耗开启模式运行的PFM模式
- V3: 用于微控制器I/O支持的高压LDO稳压器，可选择3.3V或5V的输出电压，电流能力高达150mA

系统支持

- 一个CAN FD，支持高达5Mbps的通信速率，符合ISO 11898-2:2016和SAE J2284标准
- 四个唤醒输入 (支持40V)：WAKEx引脚、HVIO1引脚、CAN FD或SPI命令
- 硬件ID检测能力
- 一个带唤醒功能的高压I/O (支持40V)：HVIO1
- 通过带CRC功能的32位SPI接口控制器件
- 集成长周期定时器 (LDT)，用于系统关断与唤醒控制，最长可编程周期达194天
- 12通道模拟多路复用器 (AMUX)，用于系统监控 (温度、电池电压、内部电压)

功能安全

- 按照ISO 26262:2018标准开发，适用于ASIL B应用
- 带独立时钟基准的内部监控电路
- 额外的外部电压监控输入
- 窗口或超时看门狗功能，监控MCU软件故障
- 按需模拟内置自检 (ABIST)
- 功能安全输出 (RSTB, LIMPO)
- 功能安全输入，用于监控外部IC状态 (ERRMON)

配置与启用

- HVQFN32EP: QFN 32引脚封装，带暴露焊盘，可优化热管理，可湿润侧翼，5 mm x 5 mm x 0.85 mm，0.5 mm的引脚间距
- 通过一次性可编程 (OTP) 熔丝存储器实现永久器件定制
- OTP仿真模式，用于硬件开发和评估

2 电源架构

FS24包含两个集成稳压器，是适用于多种应用和使用场景的解决方案。本节将介绍使用FS24来为安全汽车门禁和车身市场上的器件及MCU供电的电源架构。

2.1 安全汽车门禁供电

2.1.1 为用于测距/雷达的NCJ29D6供电

FS24可用于通过单电源架构策略为NCJ29D6超宽带器件供电。该策略包括使用V1 - HVBUCK稳压器为器件的所有电源轨供电。V3 - HVLDO用于为CAN收发器供电。

图1展示了FS24 SBC与NCJ29D6的连接。

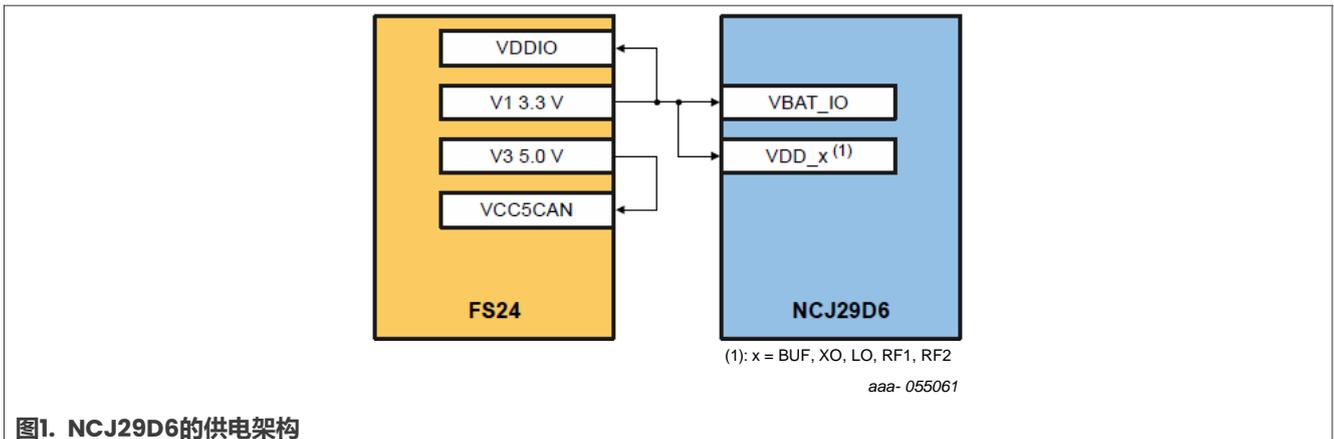


图1. NCJ29D6的供电架构

2.1.2 为用于测距的S32K1xx和NCJ29D5供电

FS24可以用于通过单电源架构策略为S32K1系列和NCJ29D6超宽带器件供电。该策略包括使用V1 - HVBUCK稳压器为器件的所有电源轨供电。V3 - HVLDO用于为CAN收发器供电。

图2展示了FS24 SBC与S32K1xx + NCJ29D5的连接。

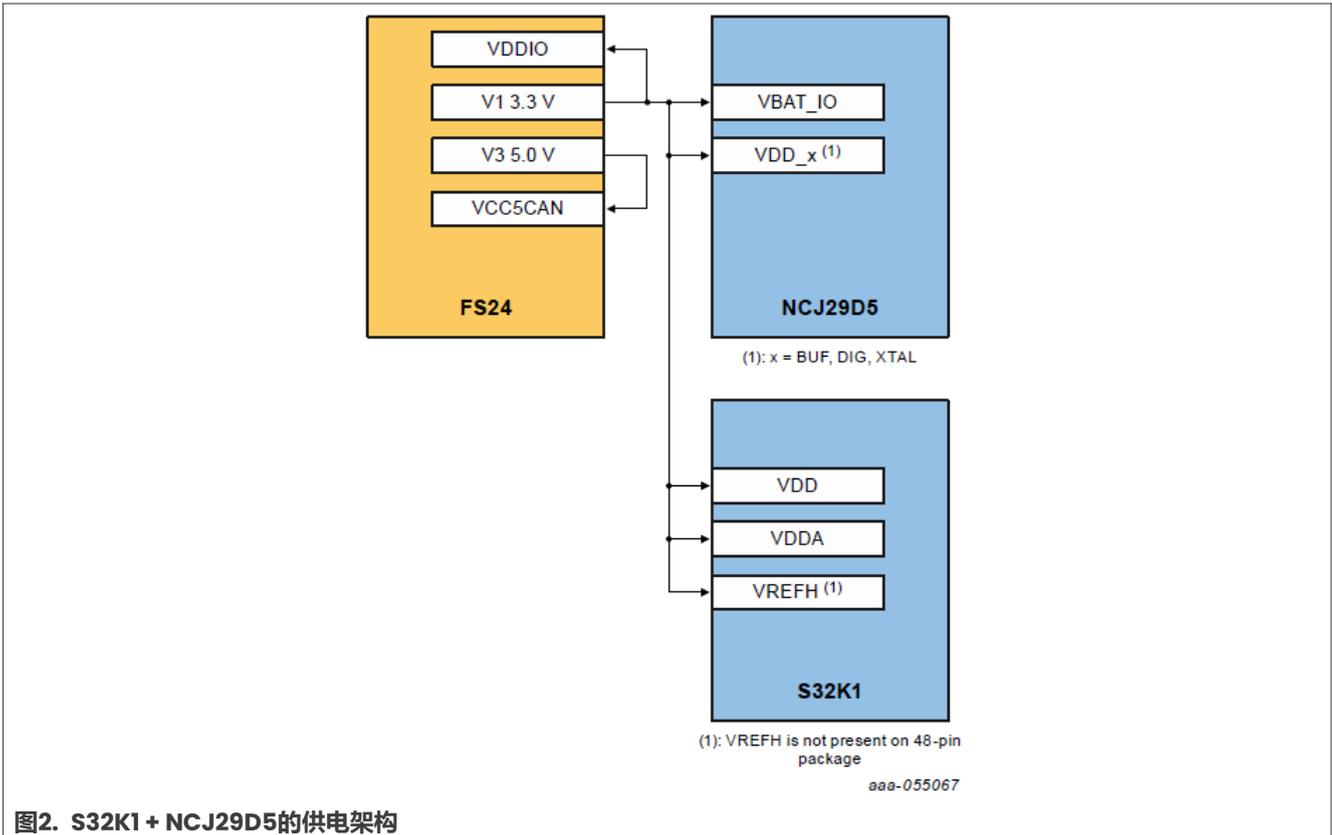


图2. S32K1 + NCJ29D5的供电架构

2.1.3 为用于钥匙检测和测距的KW45及NCJ29D6供电

FS24可以用于通过单电源架构策略为KW45低功耗蓝牙器件和NCJ29D6超宽带器件供电。该策略包括使用V1 - HVBUCK稳压器为器件的所有电源轨供电。V3 - HVLDO用于为CAN收发器供电。

图3展示了FS24 SBC与KW45 + NCJ29D6的连接，此处使用了KW45的DC-DC转换器以降低系统功耗。

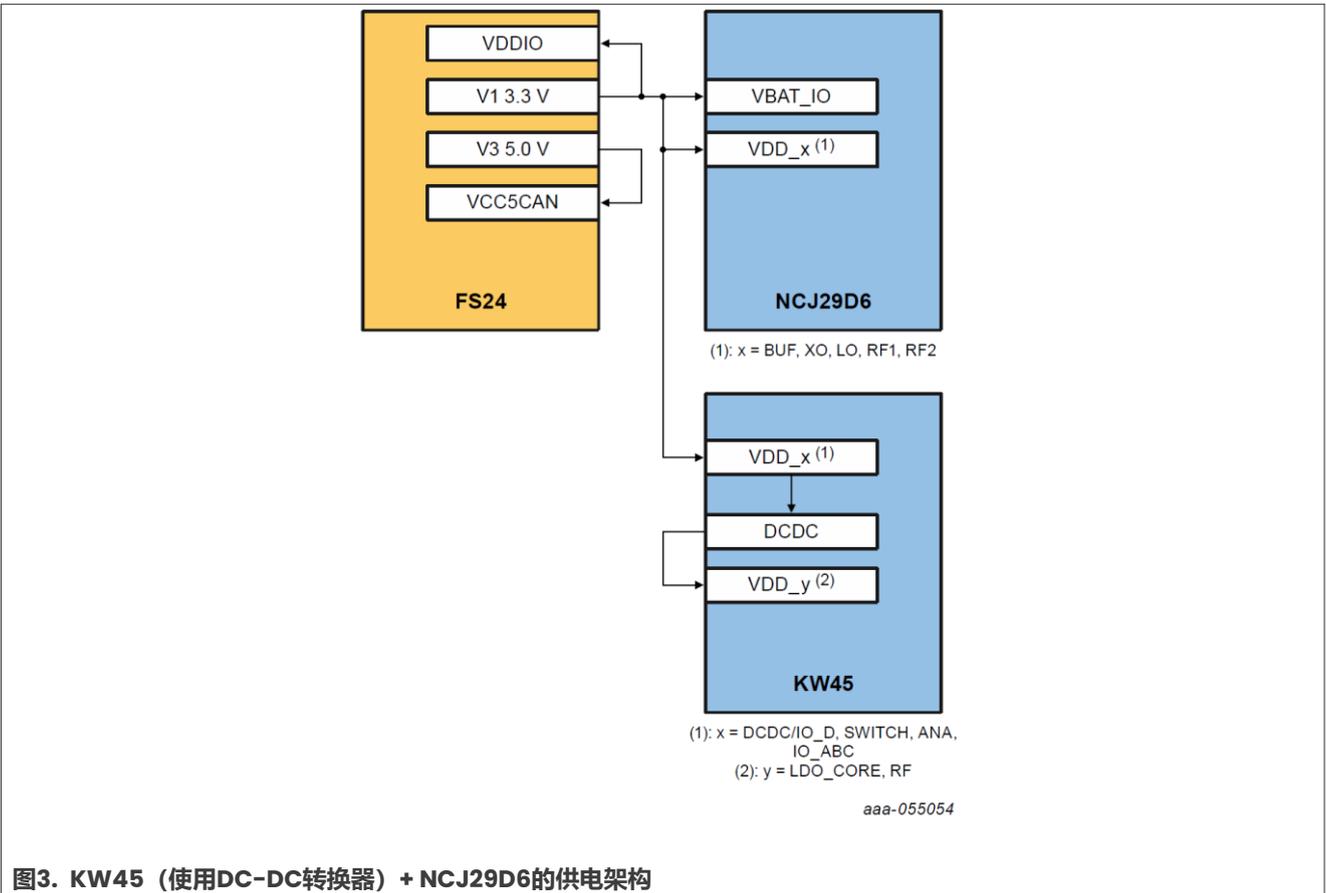


图3. KW45 (使用DC-DC转换器) + NCJ29D6的供电架构

图4展示了FS24 SBC与KW45 + NCJ29D6的连接，此处未使用KW45的DC-DC转换器。

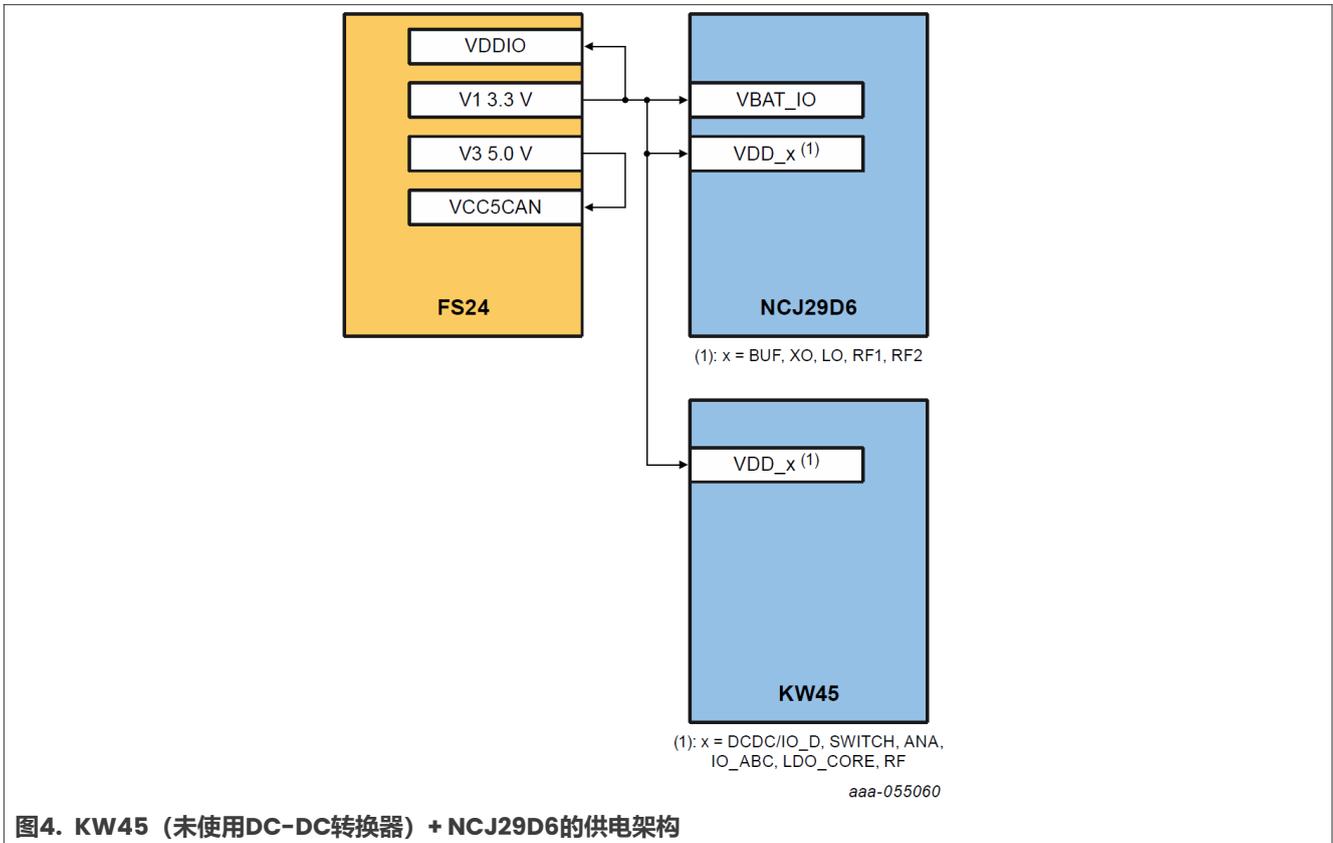


图4. KW45 (未使用DC-DC转换器) + NCJ29D6的供电架构

2.1.4 为用于钥匙检测和测距的KW45及NCJ29D5供电

FS24可以用于通过单电源架构策略为KW45低功耗蓝牙器件和NCJ29D6超宽带器件供电。该策略包括使用V1 - HVBUCK稳压器为器件的所有电源轨供电。V3 - HVLDO用于为CAN收发器供电。

图5展示了FS24 SBC与KW45 + NCJ29D5的连接，此处使用了KW45的DC-DC转换器以降低系统功耗。

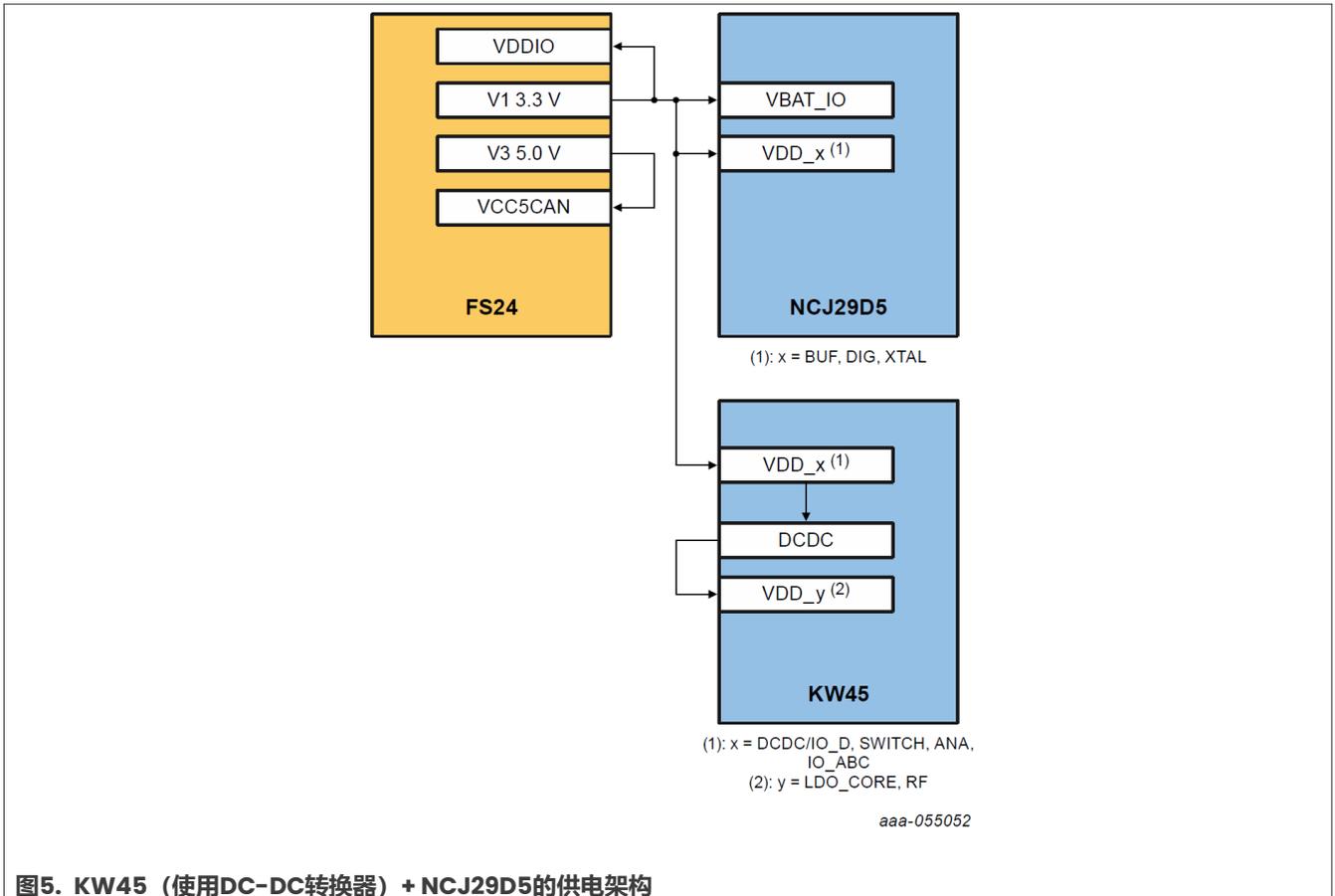


图5. KW45 (使用DC-DC转换器) + NCJ29D5的供电架构

图6展示了FS24 SBC与KW45 + NCJ29D5的连接，此处未使用KW45 DC-DC转换器。

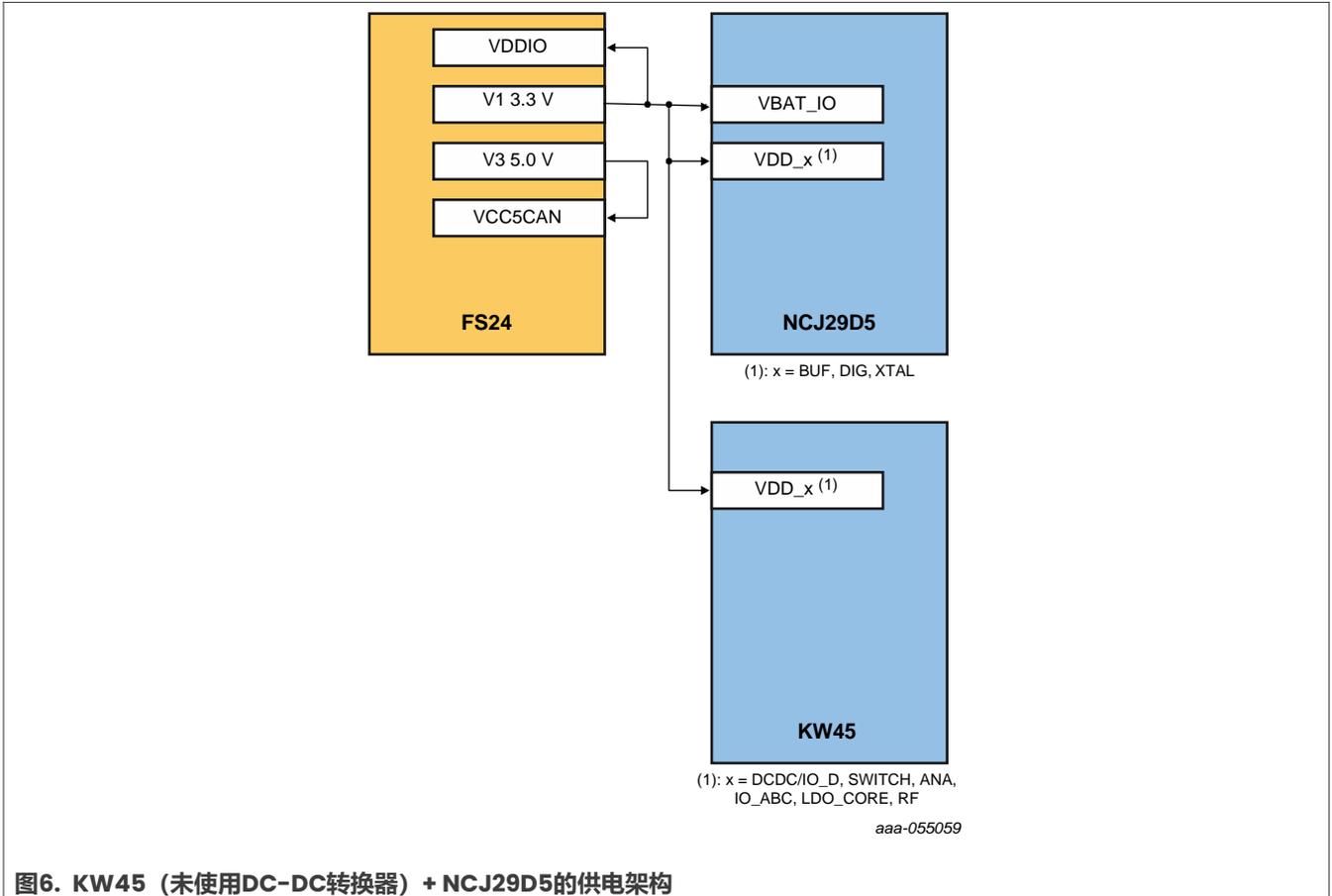


图6. KW45 (未使用DC-DC转换器) + NCJ29D5的供电架构

2.1.5 为用于车门把手钥匙检测的S32K1xx和NCF3321供电

FS24可用于通过双电源架构策略为S32K1系列和NCF3321近场通信器件供电。该策略包括使用V1 - HVBUCK稳压器为近场通信发射器和CAN收发器供电。V3 - HVLDO稳压器用于为S32K1核和I/O以及NCF3321的I/O供电。

图7展示了FS24 SBC与S32K1xx + NCF3321的连接。

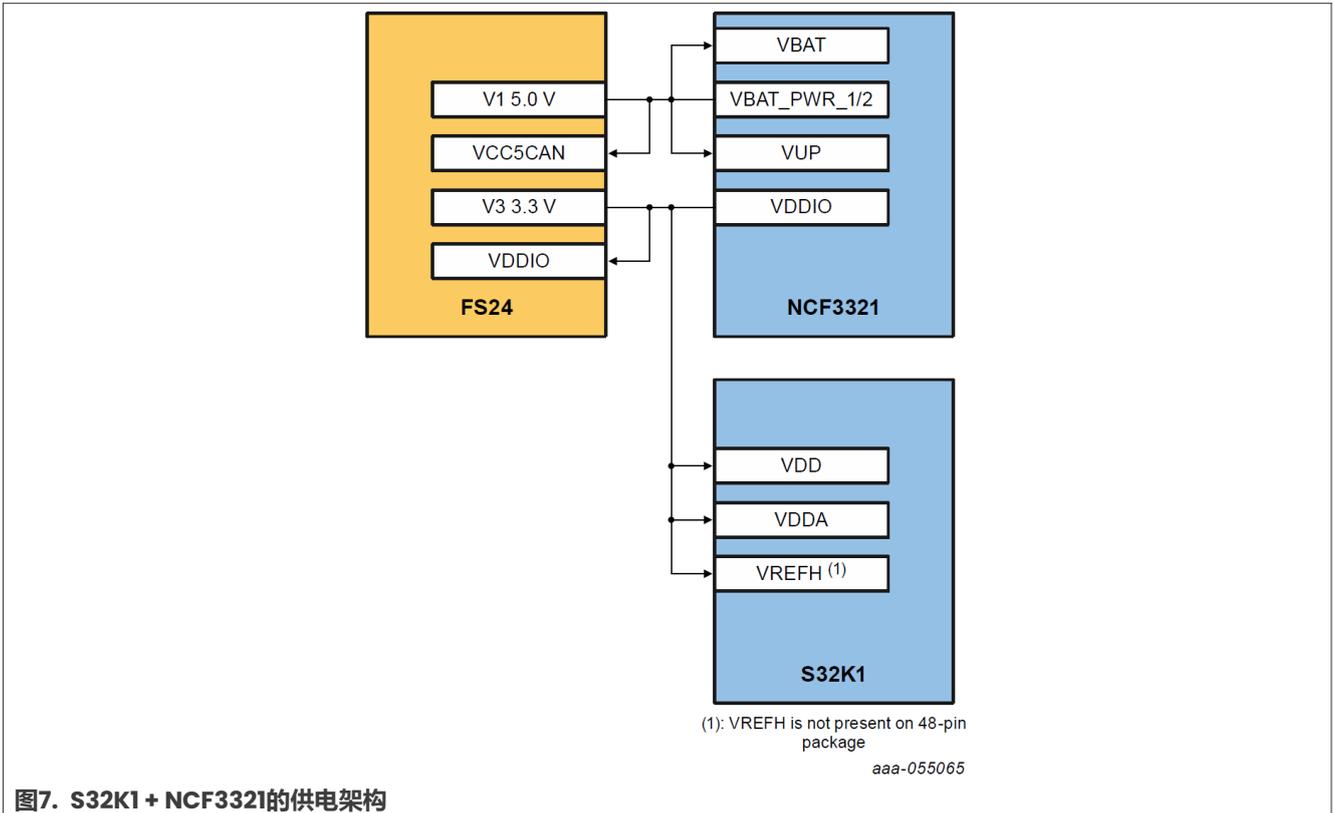


图7. S32K1 + NCF3321的供电架构

2.1.6 为用于钥匙连接和车门把手钥匙检测的KW45和NCF3321供电

FS24可用于通过双电源架构策略为KW45和NCF3321近场通信器件供电。该策略包括使用V1 - HVBUCK稳压器为近场通信发射器和CAN收发器供电。V3 - HVLDO稳压器用于为S32K1核和I/O以及NCF3321的I/O供电。

图8展示了FS24 SBC与KW45 + NCF3321的连接，此处使用了KW45的DC-DC转换器以降低系统功耗。

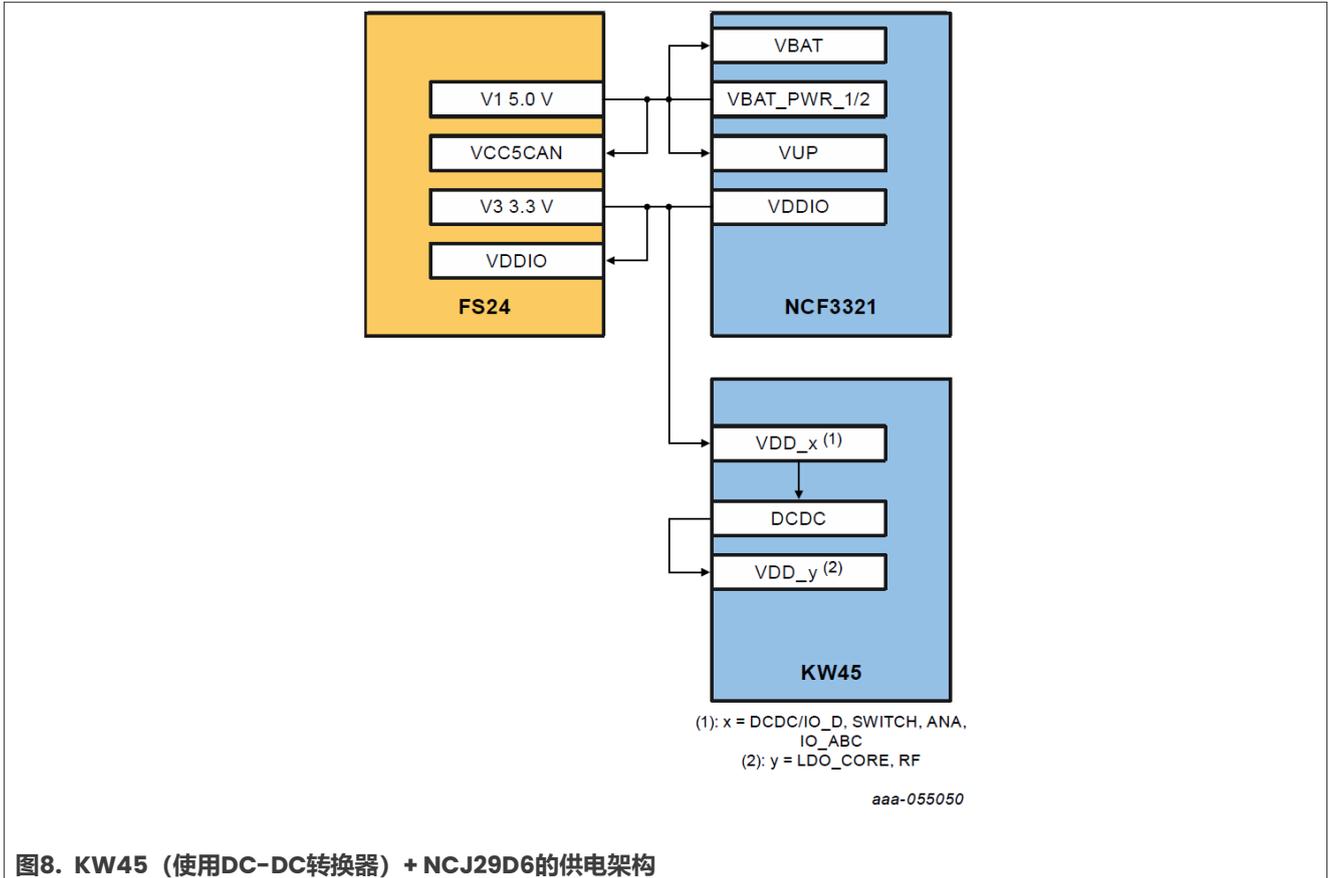


图8. KW45 (使用DC-DC转换器) + NCJ29D6的供电架构

图9展示了FS24 SBC与KW45 + NCF3321的连接，此处未使用KW45的DC-DC转换器。

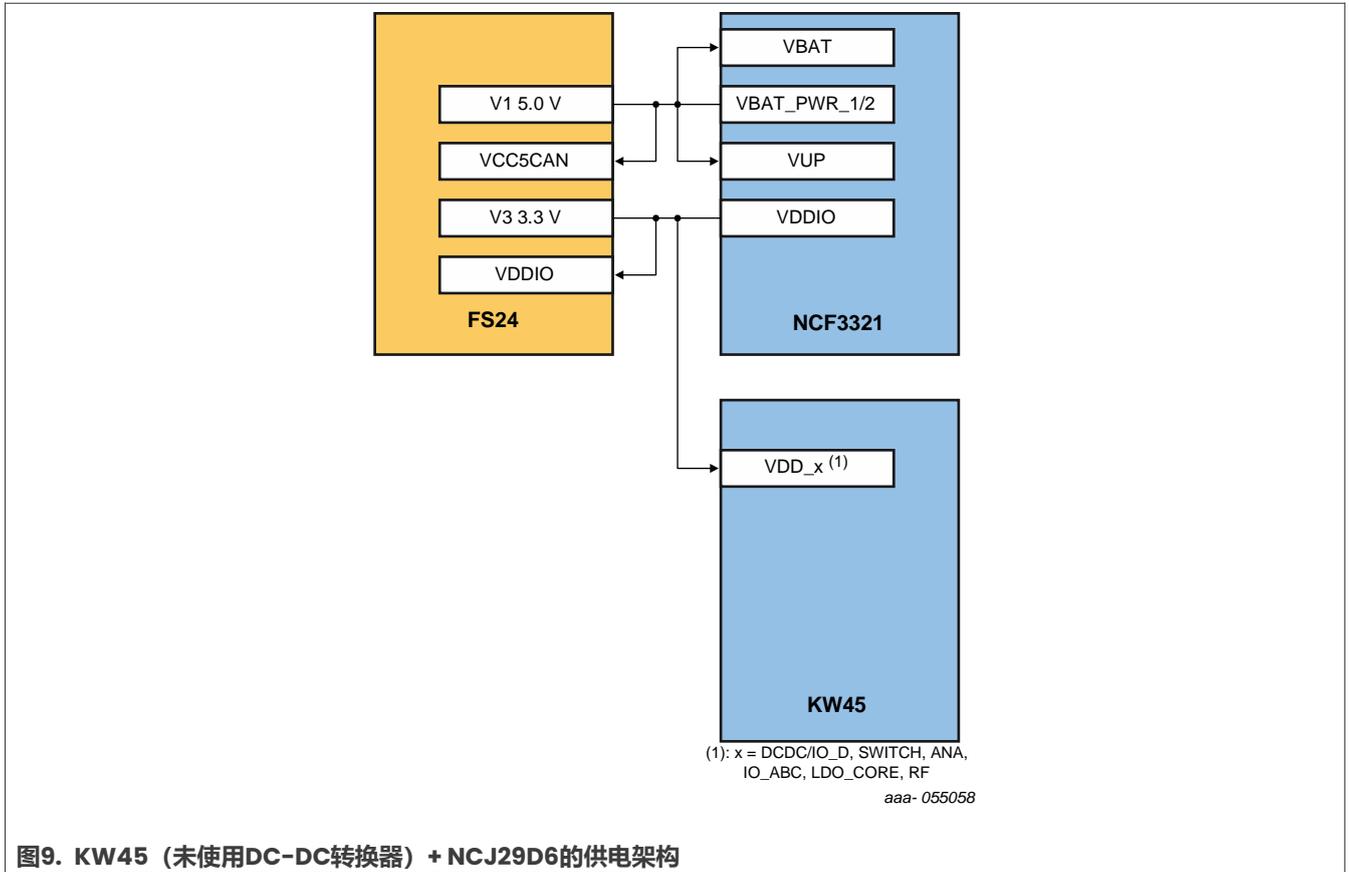


图9. KW45 (未使用DC-DC转换器) + NCF3321的供电架构

2.1.7 KW45、NCJ29D6和NCF3321

通过添加一个外部线性稳压器，FS24可用于连接KW45低功耗蓝牙器件、NCJ29D6超宽带器件和NCF3321近场通信器件。可通过两种不同的策略来为所有这些器件供电：第一种使用高压线性稳压器，第二种使用低压线性稳压器。

高压稳压器策略包括使用线性稳压器将电池电压转换为5V电源轨。该电源轨将专门用于为近场通信模拟和射频装置供电。V1 - HVBUCK稳压器用于为近场通信器件的I/O以及超宽带和低功耗蓝牙器件的所有其他电源轨供电。V3 - HVLDO用于为CAN收发器供电。此策略允许近场通信和超宽带同时运行。图10展示了如何使用FS2400和高压LDO为超宽带、低功耗蓝牙及近场通信器件供电。

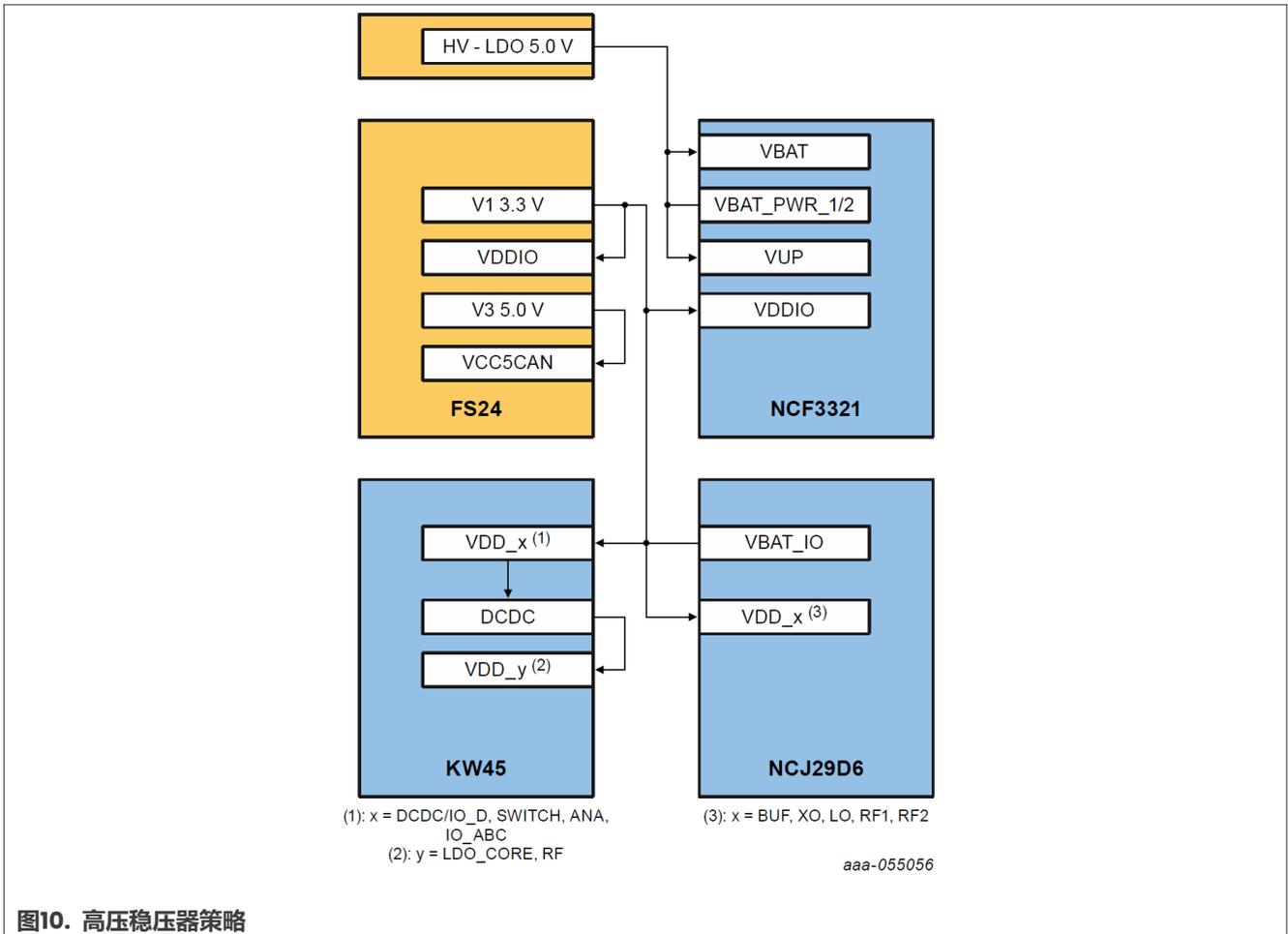


图10. 高压稳压器策略

低压稳压器策略包括使用V1 - HVBUCK稳压器创建5V电源轨，为近场通信模拟和射频装置以及CAN收发器供电。V3 - HVLDO用于为近场通信器件的I/O及KW45低功耗蓝牙器件的所有电源轨供电。最后，低压稳压器用于将V1 - HVBUCK的5V转换为3.3V电源轨，以便为NCJ29D6供电。此架构受限于V1 - HVBUCK稳压器的电流能力；超宽带和近场通信器件消耗的电流不得超过转换器的最大能力。因此，不能同时使用近场通信和超宽带器件。

图11展示了如何使用FS2400和低压LDO为超宽带、低功耗蓝牙及近场通信器件供电。

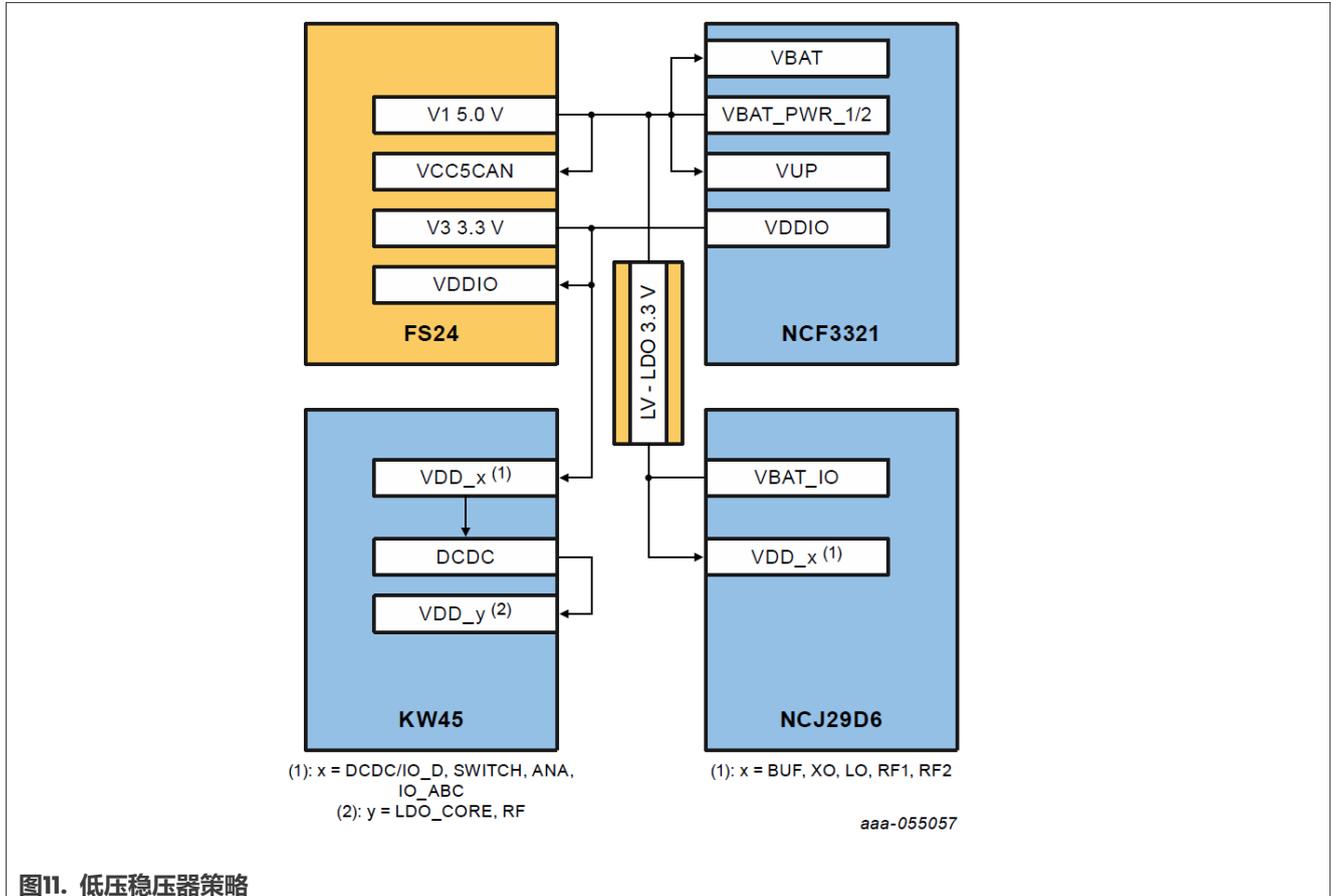


图11. 低压稳压器策略

注意：在上面的两张图中，KW45均通过集成的DC-DC转换器供电，以优化电流消耗。也可以不使用DC-DC转换器，直接将电源连接至VDD_LDO_CORE和VDD_RF进行供电。

2.2 车身应用供电

2.2.1 单电源架构

FS24可用于通过单电源架构策略为S32K1xx和S32K31x器件供电。该策略包括使用V1 - HVBUCK稳压器（3.3V或5.0V）为MCU的所有电源轨供电。

采用单一主I/O和模拟供电电压的MCU

这种单电源架构适用于MCU采用单一主I/O和模拟供电电压VDD_HV_A的情况。兼容的参考型号包括：所有封装的S32K1xx器件，以及S32K310（48LQFP或100MAXQFP封装）、S32K311（48LQFP或100MAXQFP封装）、S32K312（100MAXQFP或172MAXQFP封装）及S32K314（100MAXQFP封装）。

图12展示了FS24 SBC与兼容的S32K1/3 MCU的连接。

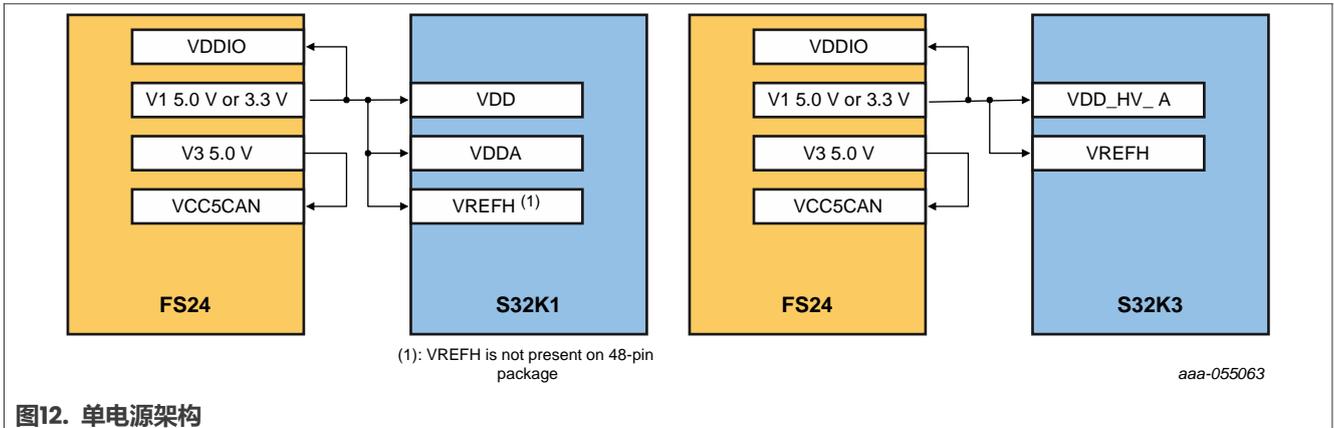


图12. 单电源架构

在这种情况下，1.1V高电流内核逻辑电源是由连接至VDD_HV_A引脚的5.0V或3.3V内部生成的。

采用次级I/O电源电压和高电流逻辑电源的MCU

这种单电源架构也适用于采用次级I/O电源电压VDD_HV_B和高电流逻辑电源V15的高性能MCU。在这种情况下，它需要一个外部NPN晶体管来为1.5V的高电流逻辑逻辑供电。

兼容的参考型号包括S32K314（172MAXQFP或257MBGA封装）。

图13展示了FS24 SBC与S32K314的连接。

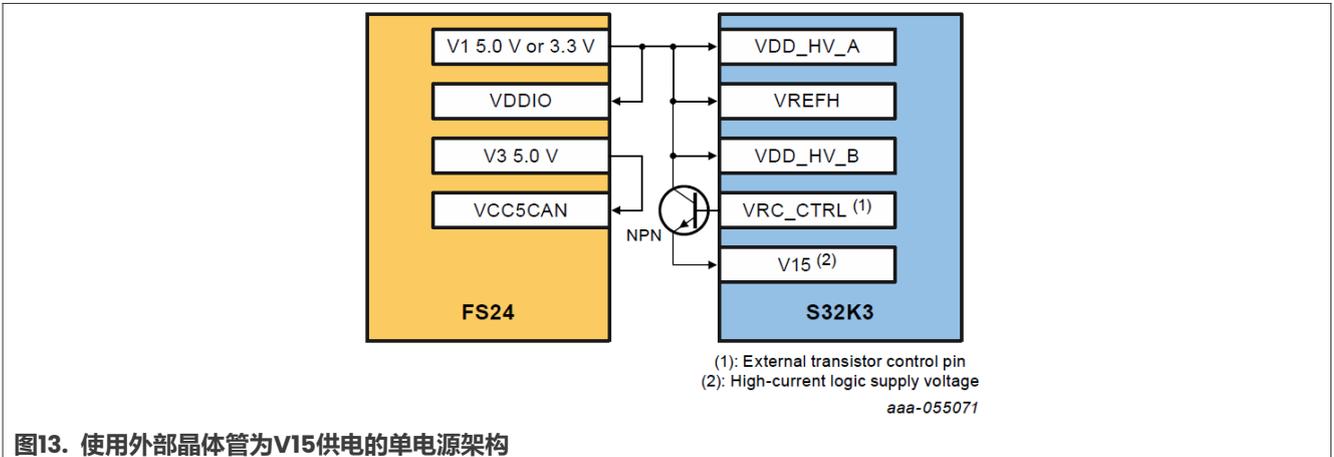


图13. 使用外部晶体管为V15供电的单电源架构

在本例中，1.1V的高电流内核逻辑电源是由V15引脚连接内部生成的。外部NPN晶体管的VC_BJT引脚可连接至VDD_HV_A或VDD_HV_B（3.3V或5.0V）。有关使用NPN晶体管选项为V15供电的更多详细信息，请参阅[S32K3参考手册](#)文档中的“使用BJT生成1.5V”一节。

2.2.2 双电源架构

双电源架构适用于采用次级I/O供电电压VDD_HV_B和高电流逻辑电源V15的高性能MCU。在这种情况下，它需要一个外部NPN晶体管来为1.5V高电流逻辑逻辑供电。

兼容的参考型号为S32K314（172MAXQFP或257MBGA封装）。

图14展示了FS24 SBC与S32K314的连接。

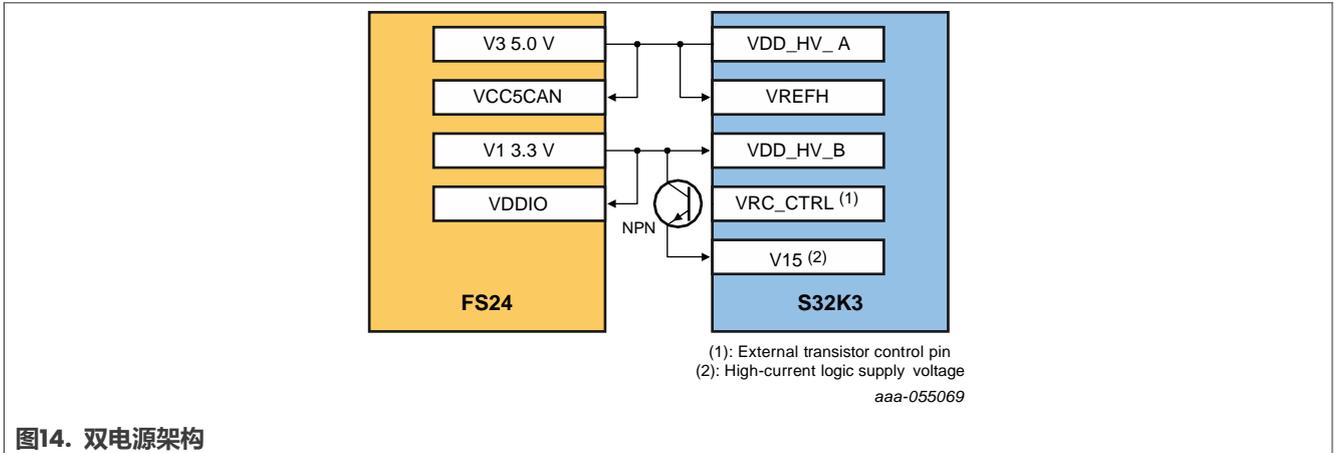


图14. 双电源架构

在这种情况下，1.1V的高电流内核逻辑电源是由V15引脚连接内部生成的。外部NPN晶体管的VC_BJT引脚可连接至VDD_HV_A或VDD_HV_B（3.3V或5.0V）。有关使用NPN晶体管选项为V15供电的更多详细信息，请参阅[S32K3参考手册](#)文档中的“使用BJT生成1.5V”一节。

3 硬件实现

本节描述了FS24与安全汽车门禁和车身应用中用电器件之间的连接硬件交互。本节还提供了器件的物料清单 (BOM) 概述。有关各组件的更多详细信息, 请参阅《[FS2400产品指南](#)》、《[S32K1和S32K3设计指南](#)》、《[KW45 PCB板设计指南](#)》、《[NCJ29D6用户手册](#)》、《[NCJ29D5硬件设计指南](#)》以及《[NCF3321数据手册](#)》。

3.1.2 为用于测距的S32K1xx和NCJ29D5供电

图16展示了使用FS2400连接S32K1xx和NCJ29D5器件的硬件连接。

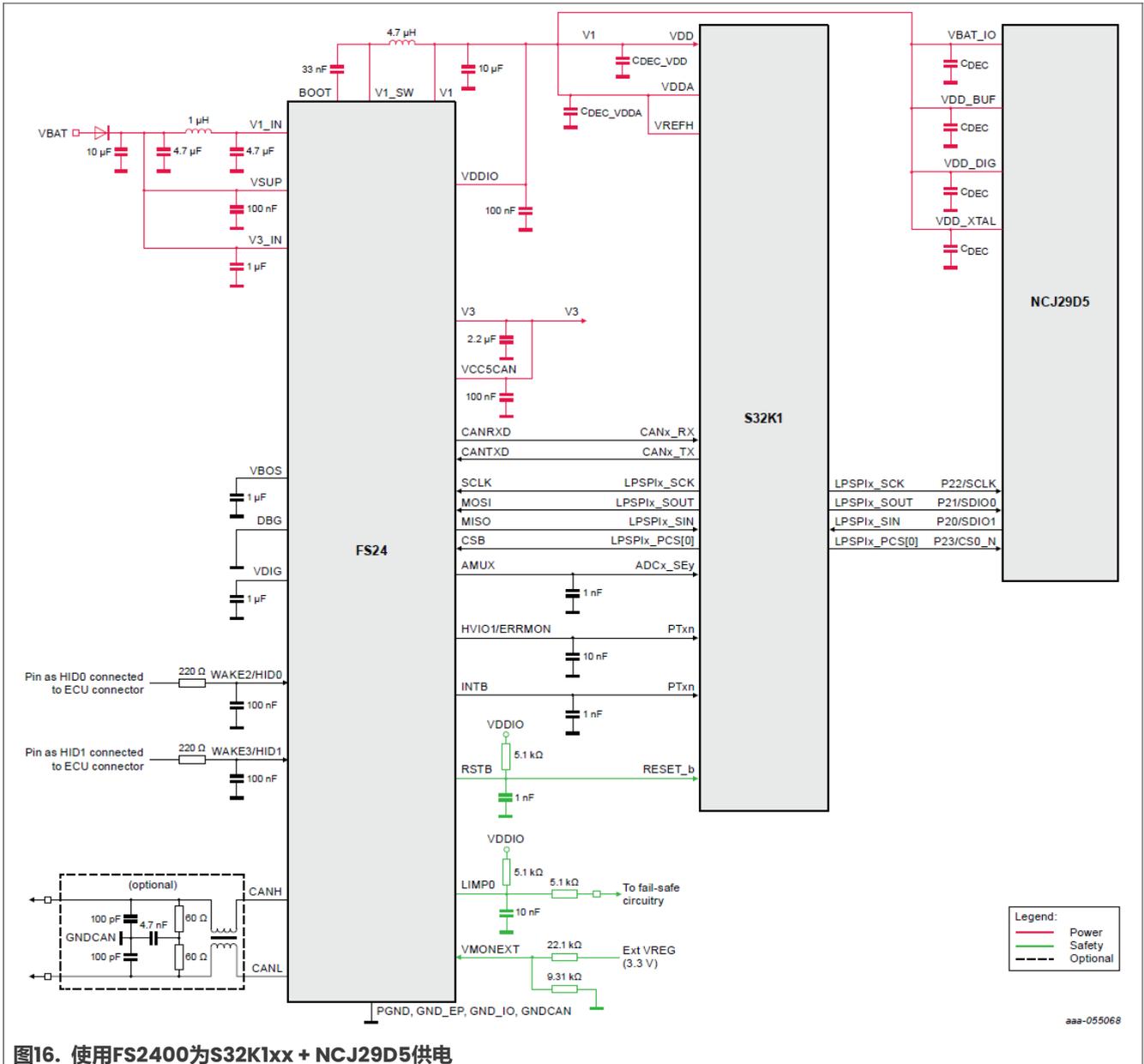
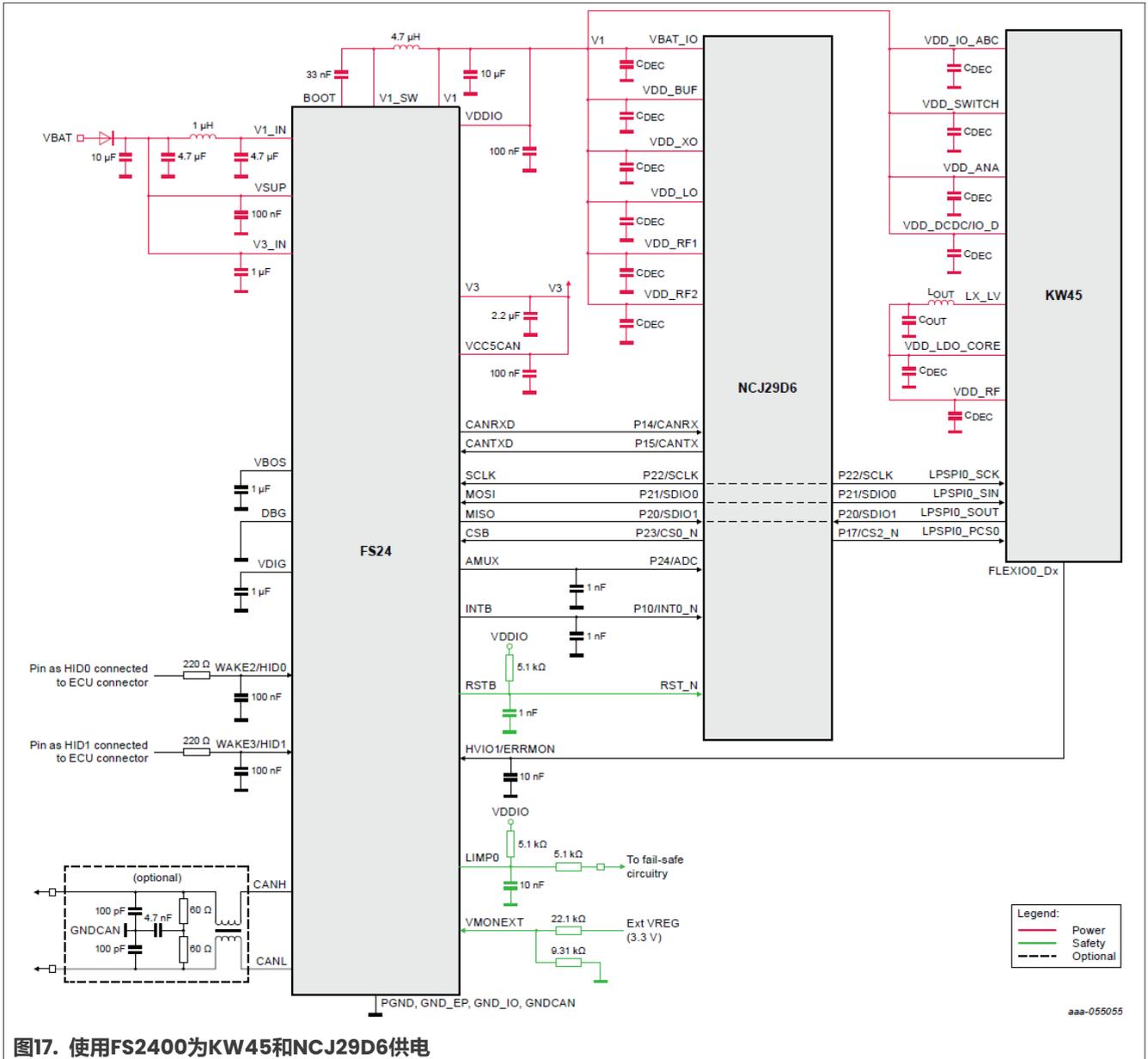


图16. 使用FS2400为S32K1xx + NCJ29D5供电

3.1.3 为用于钥匙检测和测距的KW45及NCJ29D6供电

图17展示了使用FS2400连接KW45和NCJ29D6器件的硬件连接。



注意：在此示例中，KW45通过集成的DC-DC转换器供电，以优化电流消耗。也可以不使用DC-DC转换器，通过将V1直接连接至VDD_LDO_CORE和VDD_RF进行供电。

3.1.4 为用于钥匙检测和测距的KW45及NCJ29D5供电

图18展示了使用FS2400连接KW45和NCJ29D5器件的硬件连接。

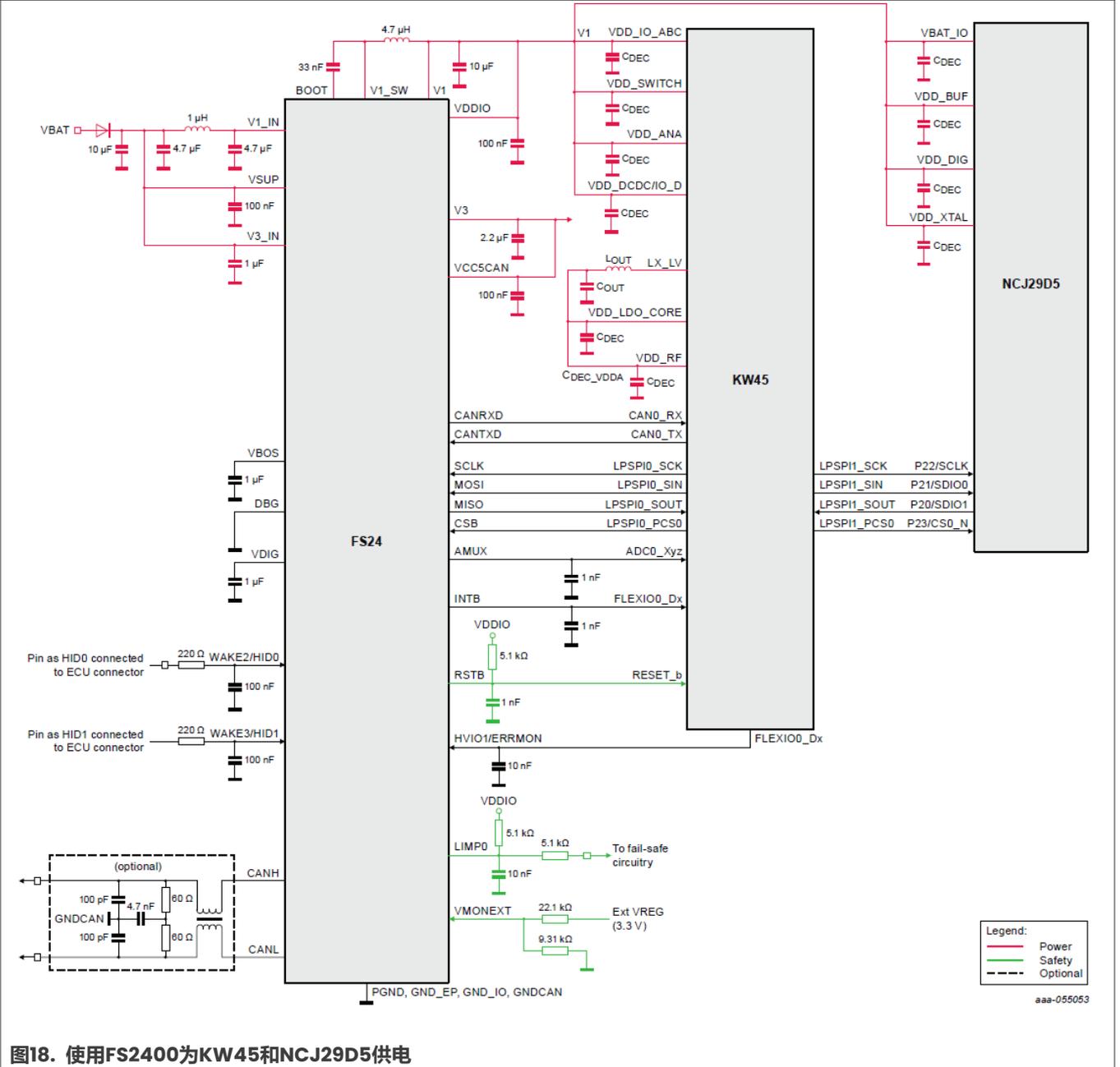
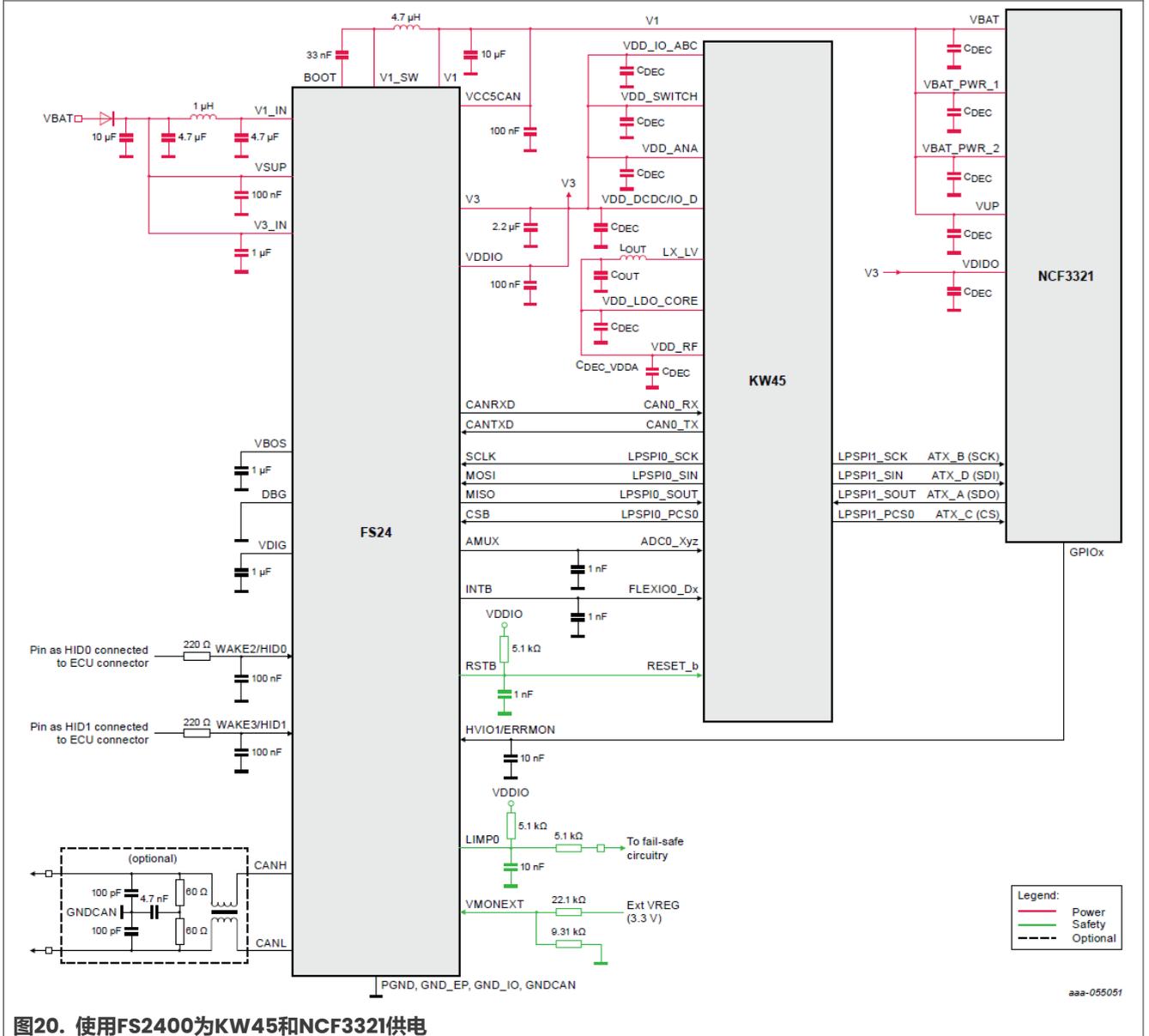


图18. 使用FS2400为KW45和NCJ29D5供电

注意：在此示例中，KW45使用集成的DC-DC转换器供电，以优化电流消耗。也可以不使用DC-DC转换器，通过将V1直接连接至VDD_LDO_CORE和VDD_RF进行供电。

3.1.6 为用于钥匙连接和车门把手钥匙检测的KW45及NCF3321供电

图20展示了使用FS2400连接KW45和NCF3321器件的硬件连接。



注意：在此示例中，KW45使用集成的DC-DC转换器供电，以优化电流消耗。也可以不使用DC-DC转换器，通过将V1直接连接至VDD_LDO_CORE和VDD_RF进行供电。

3.2 车身器件

引脚连接

本节重点介绍与功能安全相关的SBC和MCU引脚连接。

本节描述的端子与功能安全相关，必须连接以增强S32K1/3和FS24器件的完整功能安全特性。[表1](#)和[表2](#)列出了FS24与S32K1/3之间所有与功能安全相关的引脚连接。

表1. FS24和S32K1引脚连接

FS24引脚名称	FS24引脚说明	连接至	S32K1引脚说明	S32K1引脚名称
VI	VI稳压器输出电压	↔	主电源电压	VDD
VI	VI稳压器输出电压	↔	模拟电源电压	VDDA
VI	VI稳压器输出电压	↔	ADC高压参考电源电压	VREFH
PGND、GND_IO、GNDCAN	接地	↔	电源接地	VSS
RSTB	复位输入/输出	↔	复位输入/输出	RESET_b
HVIO1 (ERRMON)	外部IC监控	↔ [1]	I/O端口	PTxn

[1] S32K1系列不提供故障信号收集和控制单元。然而，FS24上的ERRMON功能仍可作为监控输入，具体取决于系统功能安全要求。

表2. FS24和S32K3引脚连接

FS24引脚名称	FS24引脚说明	连接至	S32K3引脚说明	S32K3引脚名称
VI或V3 ^[1]	VI稳压器输出电压	↔	主I/O电源电压	VDD_HV_A
VI或V3 ^[1]	VI稳压器输出电压	↔	ADC高压参考电源电压	VREFH
VI	VI稳压器输出电压	↔ [2]	其他I/O域电源电压	VDD_HV_B
VI	VI稳压器输出电压	⇐NPN⇒ [3]	1.5 V高电流逻辑电源电压	VI5
PGND、GND_IO、GNDCAN	接地	↔	电源接地	VSS
RSTB	复位输入/输出	↔	复位输入/输出	RESET_b
HVIO1 (ERRMON)	外部IC监控	↔	I/O端口	PTxn

[1] 取决于所选的FS23 + S32K3电源架构。

[2] 取决于S32K3型号。

[3] 取决于S32K3型号，通过外部NPN晶体管连接。

原理图示例

[图21](#)展示了使用FS24xx和兼容的S32K1/3器件实现单轨电源架构的硬件连接。

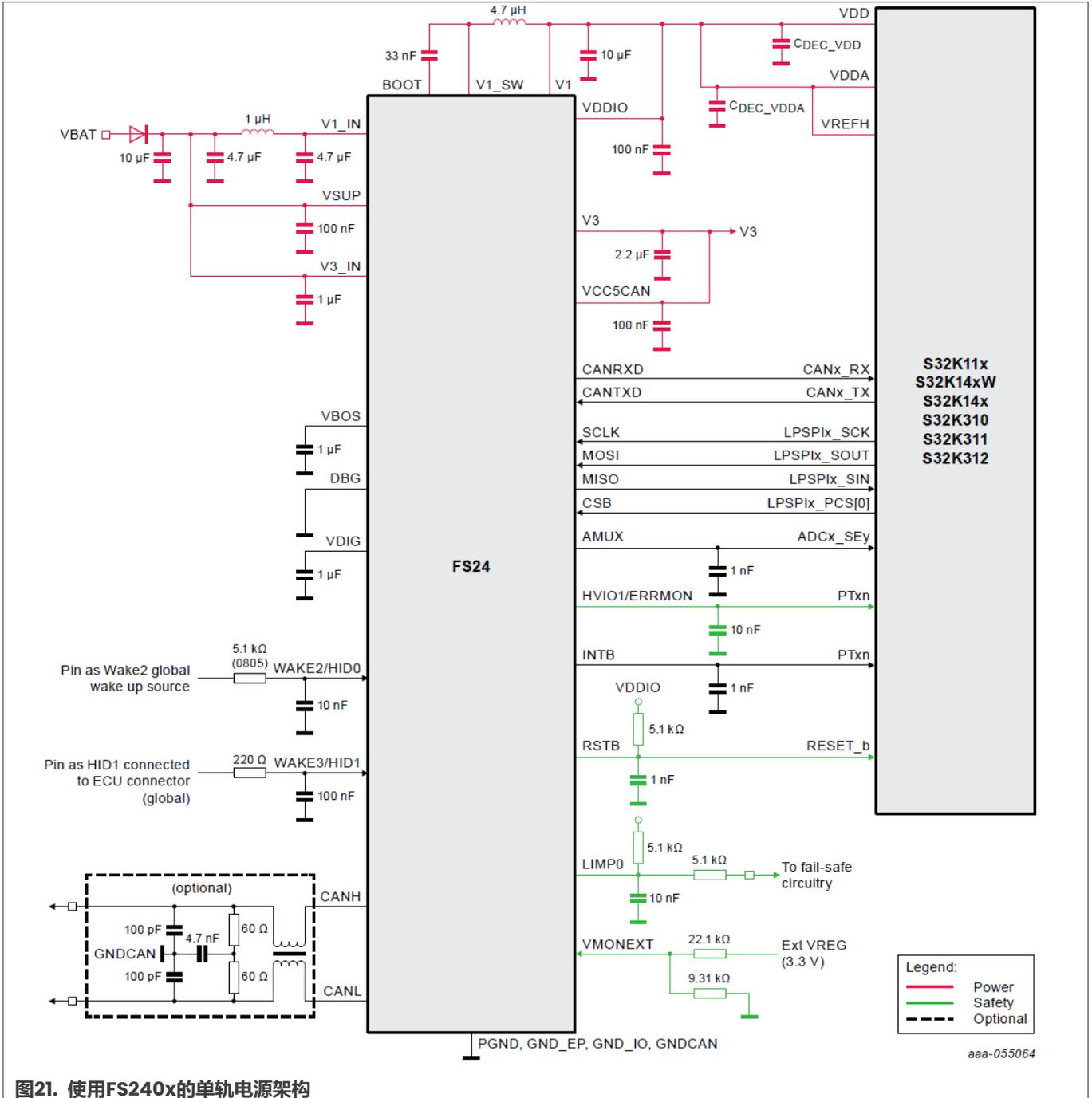
[图22](#)展示了使用FS234xx和兼容的S32K3器件，通过外部NPN晶体管实现单轨电源架构的硬件连接。

物料清单示例

有关典型原理图的物料清单，请参阅FS24产品指南和S32K1/K3设计指南。参见[第5节](#)。

3.2.1 单电源架构

图21展示了使用FS240x和S32K1xx/K31x系列MCU实现单轨电源架构的硬件连接。



4 功能安全特性的软件实现

4.1 操作模式

S32K1/S32K3系列的安全理念是开发一个系统解决方案，确保运行应用的平台免受随机硬件故障以及共模故障的影响。

该功能安全概念解决方案依赖于S32K1/S32K3片上安全功能以及与外部器件（在本例中为功能安全SBC FS24）上的安全功能的接口。

FS24 SBC提供片外功能安全机制，当MCU不再正常工作时，可将系统切换至安全状态。FS24还监控其自身的功能，并在发生内部故障时将系统切换至安全状态。

以下小节概述了各种操作模式下MCU和FS24之间的交互，以确保安全功能的安全执行。

4.1.1 启动和引导

首先，FS24在预配置的序列后启动，然后S32K1或S32K3启动并经历内部状态转换，直到SBC和MCU随后进入引导模式。FS24进入正常模式后可以按需自检（ABIST）。引导是一种特殊模式，在此模式下器件进入初始化（INIT）配置，而且可以禁用看门狗。有关更详细的序列，请参阅[S32K1](#)和[S32K3](#)参考手册的“电源管理”一节。

4.1.1.1 启动序列

启动模式从FS24内部电源达到稳压状态并加载默认OTP配置开始。然后，系统根据器件的各项OTP配置打开输出稳压器。此时，MCU启动并经历内部状态转换。一旦SBC和MCU完成启动，即进入引导模式。

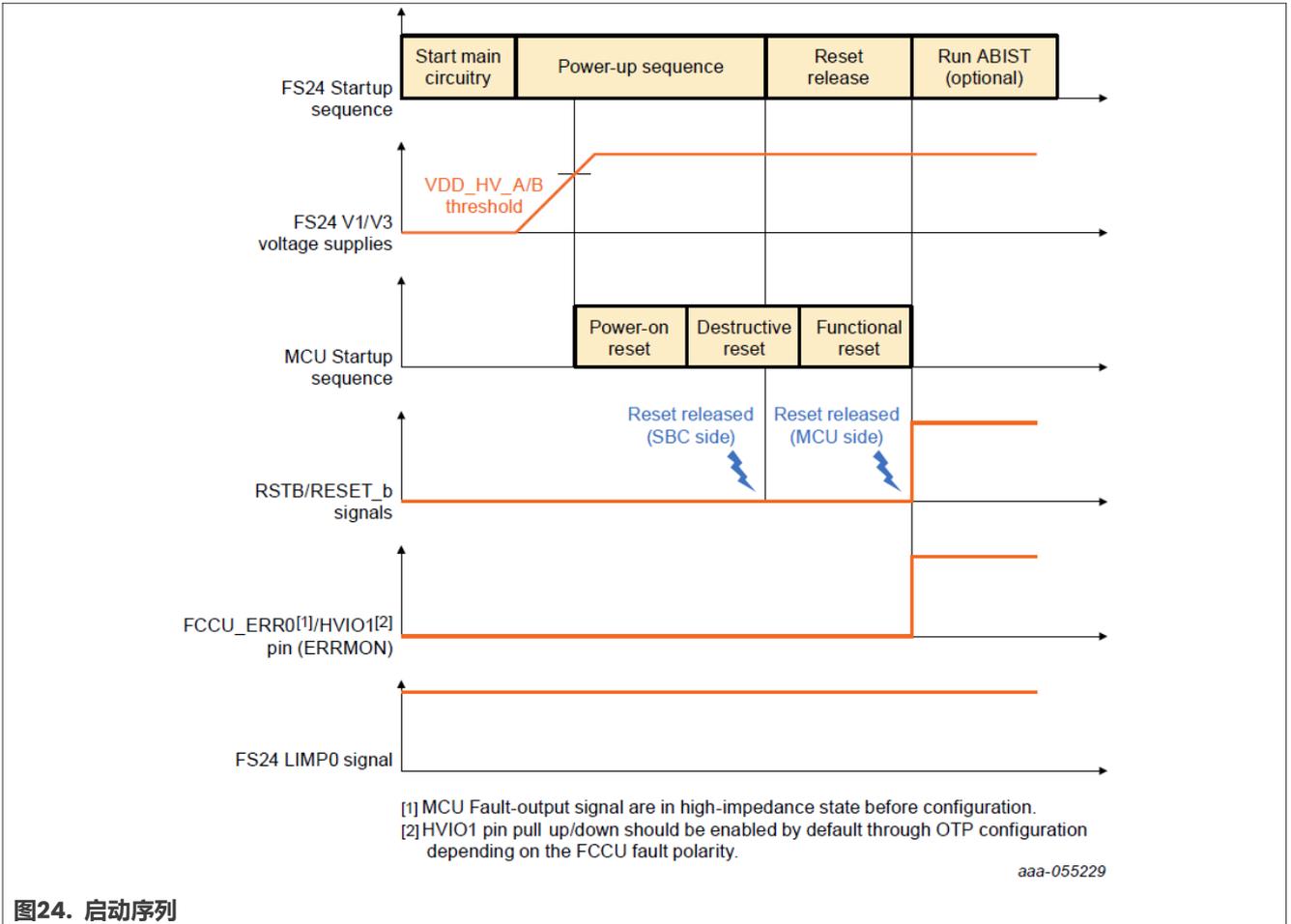


图24. 启动序列

4.1.1.2 按需自检 (ABIST)

FS24中包含的ABIST检查用于检测欠压和过压故障的所有电压比较器。ABIST是在收到来自MCU的SPI请求后按需进行的。

在FS24中，ABIST不会在启动时自动执行。它只能在正常模式下启动。建议在上电序列完成后运行ABIST，以验证安全模拟电路的正常运行。状态位ABIST_READY表示ABIST可用并准备启动。

可以同时为所有电压监控通道启动ABIST（通过LAUNCH_ABIST位），也可以单独启动（通过ABIST_VxMON或ABIST_VIUVP位）。

ABIST完成后，每个通道都有一个单独的诊断位（ABIST_DONE = 1）。诊断标志不会对安全引脚产生影响。在启动下一次ABIST之前，必须使用CLEAR_ABIST位清除诊断标志。

如果某个受监测的电压超出范围（过压或欠压），按需ABIST命令将被忽略。在ABIST运行期间，其他监控功能保持可用。

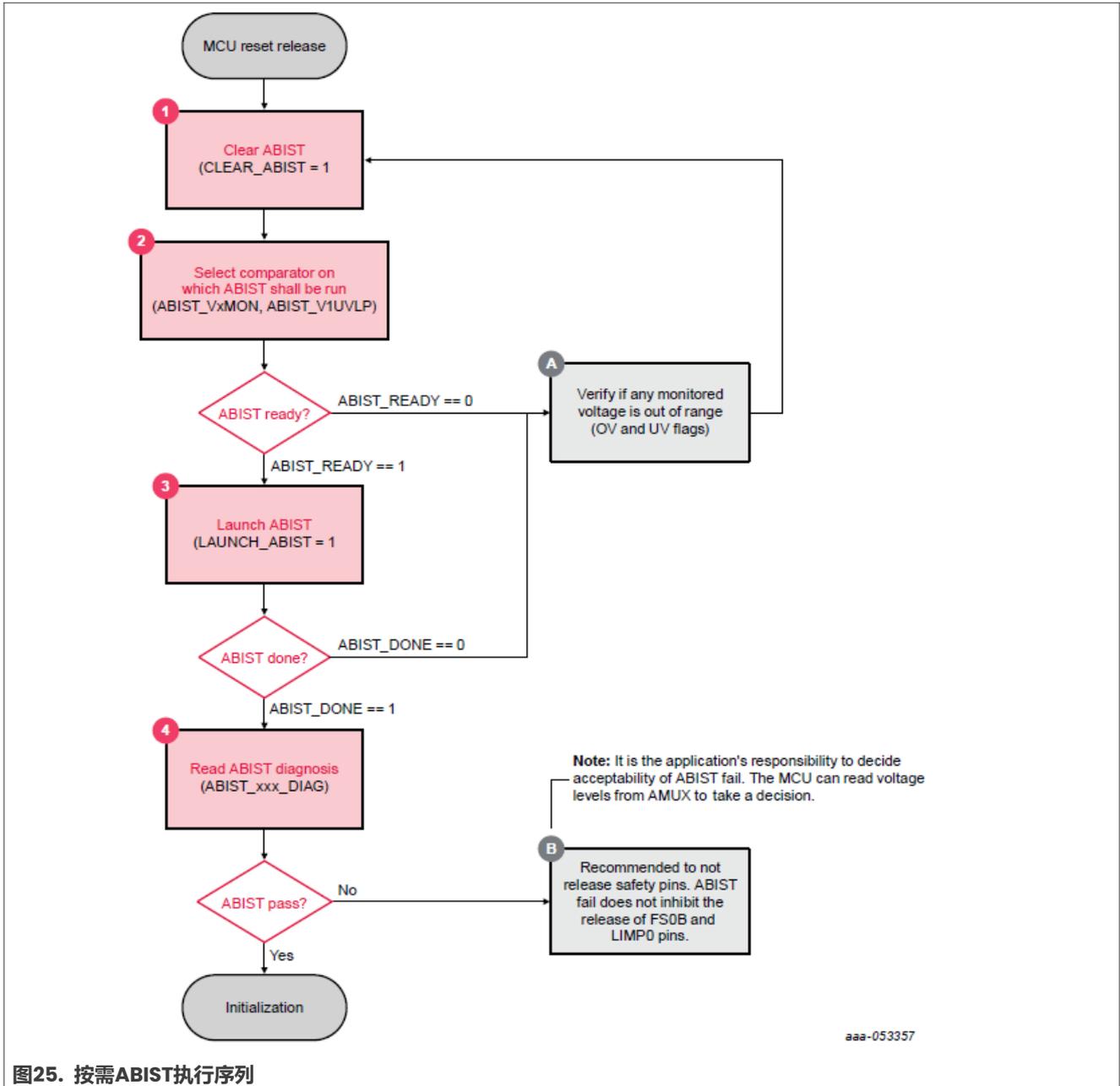


图25. 按需ABIST执行序列

4.1.1.3 受保护的INIT (初始化) 阶段

在上电复位 (POR) 时, FS24自动进入INIT状态。在此模式下, MCU可以写入器件功能安全特性及反应的INIT寄存器 (FS_I_XXXX) 配置, 例如看门狗、OV/UV (过压/欠压) 影响、ERRMON和其他安全行为。

当FS24进入INIT状态时, 保护这些寄存器的循环校验被禁用。INIT寄存器的循环冗余校验 (CRC) 是对SPI通信期间CRC计算的补充, 必须根据INIT寄存器的内容进行计算。

《[FS24产品指南](#)》应用笔记提供了有关INIT CRC计算方法的信息。

要退出INIT状态，必须发送正确的看门狗刷新信号。此时，INIT寄存器以及选择无限看门狗周期配置的能力将受到写保护。INIT寄存器上的CRC被激活，并每5毫秒发生一次。

在器件从LPON或LPOFF状态唤醒时，或从失效安全状态重新启动时，不会进入INIT状态（如果未旁路OTP寄存器加载）。

在正常模式下，可通过SPI发送GO2INIT请求来再次进入INIT状态。在这种情况下，如果启用了看门狗，则必须在每个看门狗周期内进行刷新。

注意：如果FS24在INIT状态下进入LPON、LPOFF或失效安全模式，它将保持在INIT状态，这可能导致器件配置错误。因此，建议在进入LPON或LPOFF模式前读取M_STATUS寄存器中的INIT_S状态位，并仅在器件不再处于INIT状态时再进入这些模式。

4.1.1.4 初始化过程示例

《[FS24产品指南](#)》应用笔记中给出了FS24软件初始化的一个示例，包括流程图以及相应的SPI通信读写序列。

4.1.1.5 进入运行时操作模式

一旦应用软件完成引导阶段，MCU将配置MCU和FS24上的功能安全特性。

在进入正常操作模式之前，MCU必须按给定顺序执行以下步骤：

1. 将FCCU错误输出状态配置为“无故障”。
2. 通过成功刷新FS24看门狗结束INIT状态。
3. 若LIMPO输出被置位，则请求释放LIMPO输出（默认情况下应已释放）。

完成所有这些操作后，系统即可进入运行时模式并执行应用功能。

4.1.2 运行时模式

在进入运行时模式时，以下所有功能安全机制在SBC和MCU中均处于激活状态。

4.1.2.1 看门狗监控

第一次正确完成看门狗刷新后，FS24的初始化阶段（INIT_FS）结束。一旦初始化阶段结束，看门狗通过SPI通信协议与FS24进行周期性握手，以监控MCU的软件故障。

MCU使用两个密钥来刷新看门狗：0x5AB2（上电复位后的默认值）和0xD564。密钥存储在WD_TOKEN寄存器中，并在每次正确刷新看门狗后交替更改。然后，MCU必须在预期的时间内将看门狗应答写入WD_ANSWER寄存器。

如果应答错误、未在正确时间给出或在看门狗刷新周期结束时未给出应答，看门狗错误计数器会递增，如[表3](#)所示。

表3. 看门狗应答和刷新验证

SPI	窗口看门狗		超时看门狗
	关闭	开启	(始终开启)
错误密钥	WD_NOK	WD_NOK	WD_NOK
正确密钥	WD_NOK	WD_OK	WD_OK
无 (超时)	N/A	WD_NOK	WD_NOK

4.1.2.2 故障收集和控制单元监控

FS24错误监控功能 (ERRMON) 允许检测MCU的硬件故障。该功能在FS24进入正常模式时即激活。为避免FCCU引发的故障，必须将引脚置于正确的状态，或禁用ERRMON功能。在器件进入LPON或LPOFF模式时，ERRMON功能被停用。

ERRMON功能仅兼容稳态输入信号。

RSTB或LIMPO对ERRMON故障的失效安全反应可在INIT阶段通过ERRMON_FS_REACTION位配置。

ERRMON的故障极性可在INIT阶段使用ERRMON_FLT_POLARITY位配置。HVIO1引脚的内部上拉/下拉需相应设置：如果将下降沿配置为故障，则必须默认启用HVIO1内部下拉；如果将上升沿配置为故障，则必须默认启用HVIO1内部上拉。这样即可确保在HVIO1引脚浮空时检测到故障，同时确保在MCU复位信号释放前，即当信号尚未由MCU驱动时不会检测到故障。

图26展示了在以下配置下复位、正常和错误阶段的信号示例：ERRMON_FLT_POLARITY = 0 (ERRMON低电平为故障)，ERRMON_ACK_TIME = 0b00 (不允许确认时间)，HVIO1PUPD = 0b01 (HVIO1内部下拉启用)。

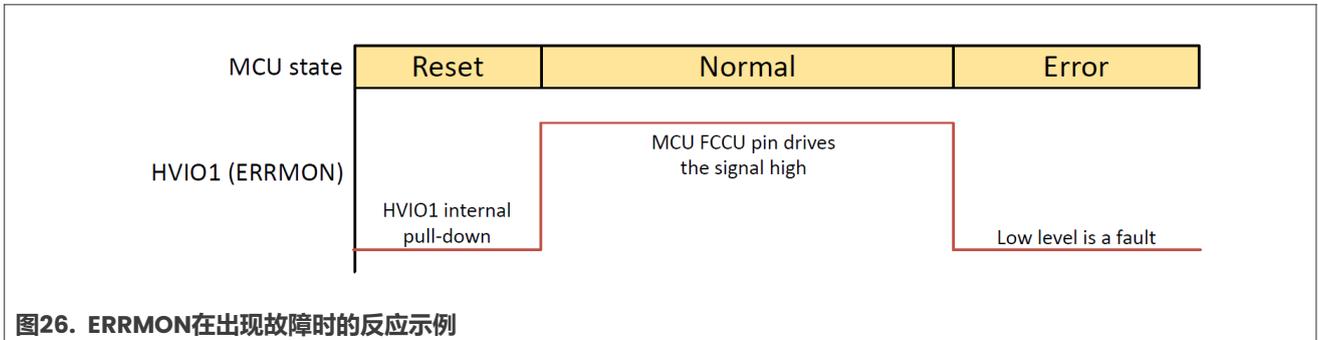


图26. ERRMON在出现故障时的反应示例

4.1.2.3 复位 (RSTB) 安全输出

FS24的RSTB引脚应连接至S32K1/S32K3的双向RESET_b引脚。此外，RSTB引脚是双向的，意味着FS24可以置位RSTB以使MCU进入复位状态。同时，即使FS24准备释放RSTB，MCU也可以从外部保持RSTB置位。

进入运行模式时，在发生复位事件之前，两个复位引脚均应保持高电平。

根据FS24的OTP配置，当RSTB持续低电平超过RSTB_{T8s}时，器件将转换至失效安全模式。

4.1.2.4 LIMPO安全输出

LIMPO安全输出旨在根据OTP配置启用时，使整个系统进入安全状态。

默认情况下，LIMPO引脚处于释放状态。当LIMPO被置位时，必须遵循特定程序来释放它。该程序在《[FS24产品指南](#)》应用笔记中有详细描述。

4.1.3 待机模式

在待机模式下，仅为S32K3的部分供电，因此必须为某些电源轨供电。超低功耗运行（VLPR）模式是S32K1器件的等效模式。当MCU处于待机模式时，不执行任何与功能安全相关的功能。

待机模式对应于FS24器件的LPON模式。在此模式下，必要的稳压器保持开启。V1稳压器在LPON模式下始终开启。V3默认关闭，但可配置为在LPON模式下保持开启。

如果应用认为MCU的待机模式与安全相关，则必须进行系统级检查以确保达到所需的安全级别。此模式被假定为安全状态，SBC中不进行任何关键活动。在进入待机模式之前，必须通过软件置位FCCU错误输出信号，以将系统切换至安全状态。待机期间，MCU的FCCU_ERR0必须置为低电平有效。

要了解S32K1如何进入和退出VLPR模式，请参阅[S32K1](#)的“系统模式控制器”一节。

S32K3进入和退出待机模式的序列请参见[S32K3](#)的“模式进入模块”一节。

SBC可通过以下任一唤醒机制从LPON模式唤醒，这些机制可通过SPI配置：

- WAKE2、WAKE3和HVIO1引脚
- LDT到期
- 通过CAN接收唤醒信号
- 通过M_SYS_CFG的GO2NORMAL SPI命令

4.1.4 安全状态

根据ISO 26262¹的定义，安全状态是指“.....在发生故障时，某项功能在不带来不合理风险的情况下的操作模式”。

当S32K1/S32K3断电、外部指示有故障和/或处于复位状态时，即处于安全状态。当MCU在其错误输出（仅限S32K3）或复位引脚上指示有故障时，必须将FS24配置为提供安全状态转换信号，以确保在MCU发生故障时系统处于安全状态。

FS24是ASIL B级器件，其安全状态由主状态机中的失效安全状态保证（即没有独立的失效安全状态机）。

4.1.4.1 故障影响配置

FS24有两个安全输出引脚：RSTB和LIMPO。这些安全输出引脚用于保证系统的安全状态。所有这些安全输出均为低电平有效。安全输出的置位取决于初始化阶段的器件配置。RSTB在上电期间激活，只有在器件处于正常模式时可释放。LIMPO在启动时释放，仅在发生故障时激活。

¹ 国际标准ISO 26262-1，《道路车辆 - 功能安全》，第1部分：词汇

某些故障可以配置为置位（或不置位）RSTB和/或LIMPO，而另外一些故障则会直接置位安全引脚，无法配置。有关可配置和不可配置故障的完整列表，请参阅《FS2400数据手册》中的“故障来源和反应”一节。

4.1.4.2 因FS24或S32K中的故障进入安全状态

- FS24使用其故障错误计数器，在发生与FS24相关的故障或外部事件引发的故障时使系统进入安全状态。当故障错误计数器达到最大值时，系统转换至失效安全状态。
- 因无法刷新看门狗指示的故障：FS24具有一个看门狗错误计数器，当发生错误的看门狗刷新时使系统进入安全状态。当看门狗错误计数器达到最大值时，会对安全输出施加失效安全反应。看门狗刷新计数器用于在MCU持续刷新看门狗（最大值可配置）时递减故障错误计数器，表明其正常运行。

4.1.5 系统安全状态

系统安全状态由安全输出引脚RSTB和LIMPO保证。所有这些安全输出均为低电平有效。RSTB在上电期间激活，只能在器件处于正常模式时可释放。相反，LIMPO在启动时释放，仅在发生故障时被激活。这两个引脚独立进行管理，并与主状态机并行运行。

图27简要展示了FS23中实现的安全功能及其与系统安全状态的联系。

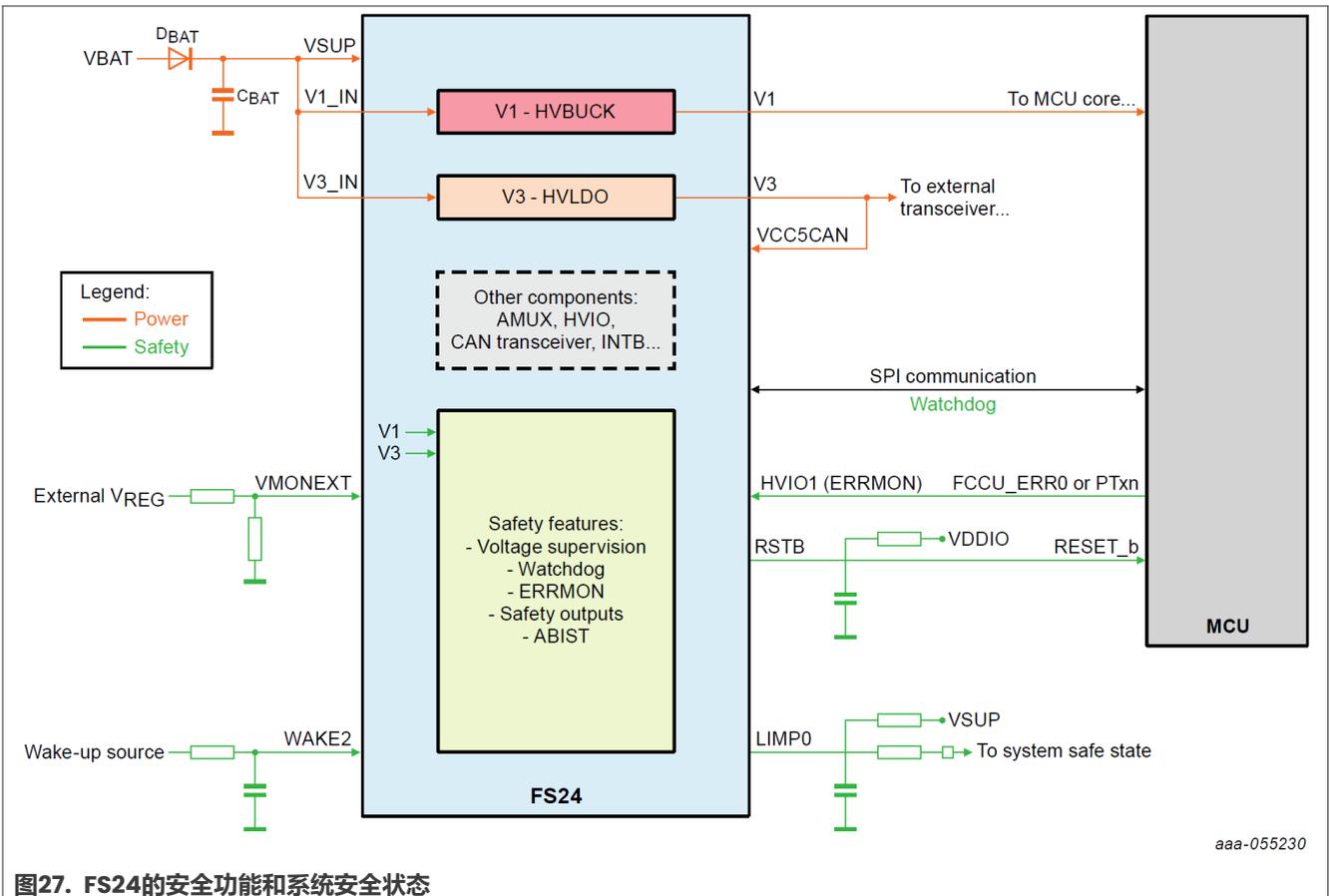


图27. FS24的安全功能和系统安全状态

安全引脚和模式

在LPOFF模式下，RSTB引脚置为低电平，LIMPO被释放。

LPON模式被认为是没有关键活动的安全状态，LIMPO引脚保持状态机转换至LPON之前的状态。

在正常操作中，当所有安全引脚被释放时，每次FS24检测到故障时，故障错误计数器都会递增。关键故障源对安全引脚有强制性动作，而其他故障源可以配置为根据期望的系统行为置位安全引脚。在[FS2400数据手册](#)中，“应用相关的失效安全故障列表和反应”一节列出了所有故障及其对RSTB和LIMPO引脚的影响，并考虑了通过OTP和/或SPI进行的器件配置。

5 参考资料

文档

1. [S32K1参考手册](#)
2. [S32K1产品数据手册](#)
3. [S32K3参考手册](#)
4. [S32K3产品数据手册](#)
5. [KW45 PCB板设计指南](#)
6. [KW45产品数据手册](#)
7. [NCJ29D6用户手册](#)
8. [NCJ29D6产品数据手册](#)
9. [NCJ29D5硬件设计指南](#)
10. [NCJ29D5产品数据手册](#)
11. [NCF3321产品数据手册](#)
12. [FS2400应用笔记：产品指南](#)

6 修订历史

表4. 修订历史

文档编号	发布日期	说明
AN14247 v. 2.0	2024年11月8日	<ul style="list-style-type: none">将安全级别从机密更改为公开更新了法律信息
AN14247 v.1.0	2024年4月10日	初始版本

Legal information

Definitions

Draft — A draft status on a document indicates that the content is still under internal review and subject to formal approval, which may result in modifications or additions. NXP Semiconductors does not give any representations or warranties as to the accuracy or completeness of information included in a draft version of a document and shall have no liability for the consequences of use of such information.

Disclaimers

Limited warranty and liability — Information in this document is believed to be accurate and reliable. However, NXP Semiconductors does not give any representations or warranties, expressed or implied, as to the accuracy or completeness of such information and shall have no liability for the consequences of use of such information. NXP Semiconductors takes no responsibility for the content in this document if provided by an information source outside of NXP Semiconductors.

In no event shall NXP Semiconductors be liable for any indirect, incidental, punitive, special or consequential damages (including - without limitation - lost profits, lost savings, business interruption, costs related to the removal or replacement of any products or rework charges) whether or not such damages are based on tort (including negligence), warranty, breach of contract or any other legal theory.

Notwithstanding any damages that customer might incur for any reason whatsoever, NXP Semiconductors' aggregate and cumulative liability towards customer for the products described herein shall be limited in accordance with the Terms and conditions of commercial sale of NXP Semiconductors.

Right to make changes — NXP Semiconductors reserves the right to make changes to information published in this document, including without limitation specifications and product descriptions, at any time and without notice. This document supersedes and replaces all information supplied prior to the publication hereof.

Applications — Applications that are described herein for any of these products are for illustrative purposes only. NXP Semiconductors makes no representation or warranty that such applications will be suitable for the specified use without further testing or modification.

Customers are responsible for the design and operation of their applications and products using NXP Semiconductors products, and NXP Semiconductors accepts no liability for any assistance with applications or customer product design. It is customer's sole responsibility to determine whether the NXP Semiconductors product is suitable and fit for the customer's applications and products planned, as well as for the planned application and use of customer's third party customer(s). Customers should provide appropriate design and operating safeguards to minimize the risks associated with their applications and products.

NXP Semiconductors does not accept any liability related to any default, damage, costs or problem which is based on any weakness or default in the customer's applications or products, or the application or use by customer's third party customer(s). Customer is responsible for doing all necessary testing for the customer's applications and products using NXP Semiconductors products in order to avoid a default of the applications and the products or of the application or use by customer's third party customer(s). NXP does not accept any liability in this respect.

Terms and conditions of commercial sale — NXP Semiconductors products are sold subject to the general terms and conditions of commercial sale, as published at <https://www.nxp.com.cn/profile/terms>, unless otherwise agreed in a valid written individual agreement. In case an individual agreement is concluded only the terms and conditions of the respective agreement shall apply. NXP Semiconductors hereby expressly objects to applying the customer's general terms and conditions with regard to the purchase of NXP Semiconductors products by customer.

Hazardous voltage — Although basic supply voltages of the product may be much lower, circuit voltages up to 60 V may appear when operating this product, depending on settings and application. Customers incorporating or otherwise using these products in applications where such high voltages may appear during operation, assembly, test etc. of such application, do so at their own risk. Customers agree to fully indemnify NXP Semiconductors for any damages resulting from or in connection with such high voltages. Furthermore, customers are drawn to safety standards (IEC 950, EN 60 950, CENELEC, ISO, etc.) and other (legal) requirements applying to such high voltages.

Export control — This document as well as the item(s) described herein may be subject to export control regulations. Export might require a prior authorization from competent authorities.

HTML publications — An HTML version, if available, of this document is provided as a courtesy. Definitive information is contained in the applicable document in PDF format. If there is a discrepancy between the HTML document and the PDF document, the PDF document has priority.

Translations — A non-English (translated) version of a document, including the legal information in that document, is for reference only. The English version shall prevail in case of any discrepancy between the translated and English versions.

Security — Customer understands that all NXP products may be subject to unidentified vulnerabilities or may support established security standards or specifications with known limitations. Customer is responsible for the design and operation of its applications and products throughout their lifecycles to reduce the effect of these vulnerabilities on customer's applications and products. Customer's responsibility also extends to other open and/or proprietary technologies supported by NXP products for use in customer's applications. NXP accepts no liability for any vulnerability. Customer should regularly check security updates from NXP and follow up appropriately. Customer shall select products with security features that best meet rules, regulations, and standards of the intended application and make the ultimate design decisions regarding its products and is solely responsible for compliance with all legal, regulatory, and security related requirements concerning its products, regardless of any information or support that may be provided by NXP.

NXP has a Product Security Incident Response Team (PSIRT) (reachable at PSIRT@nxp.com) that manages the investigation, reporting, and solution release to security vulnerabilities of NXP products.

Suitability for use in automotive applications (functional safety) — This NXP product has been qualified for use in automotive applications. It has been developed in accordance with ISO 26262, and has been ASIL classified accordingly. If this product is used by customer in the development of, or for incorporation into, products or services (a) used in safety critical applications or (b) in which failure could lead to death, personal injury, or severe physical or environmental damage (such products and services hereinafter referred to as "Critical Applications"), then customer makes the ultimate design decisions regarding its products and is solely responsible for compliance with all legal, regulatory, safety, and security related requirements concerning its products, regardless of any information or support that may be provided by NXP. As such, customer assumes all risk related to use of any products in Critical Applications and NXP and its suppliers shall not be liable for any such use by customer. Accordingly, customer will indemnify and hold NXP harmless from any claims, liabilities, damages and associated costs and expenses (including attorneys' fees) that NXP may incur related to customer's incorporation of any product in a Critical Application.

NXP B.V. — NXP B.V. is not an operating company and it does not distribute or sell products.

Trademarks

Notice: All referenced brands, product names, service names, and trademarks are the property of their respective owners.

NXP — wordmark and logo are trademarks of NXP B.V.

表目录

表1. FS24和S32K1引脚连接.....	24	表3. 看门狗应答和刷新验证.....	33
表2. FS24和S32K3引脚连接.....	24	表4. 修订历史.....	38

图目录

图1.	NCJ29D6的供电架构	4	图14.	双电源架构	16
图2.	S32K1 + NCJ29D5的供电架构	5	图15.	使用FS2400为NCJ29D6供电	18
图3.	KW45 (使用DC-DC转换器) + NCJ29D6的供电架构	6	图16.	使用FS2400为S32K1xx + NCJ29D5供电	19
图4.	KW45 (未使用DC-DC转换器) + NCJ29D6的供电架构	7	图17.	使用FS2400为KW45和NCJ29D6供电	20
图5.	KW45 (使用DC-DC转换器) + NCJ29D5的供电架构	8	图18.	使用FS2400为KW45和NCJ29D5供电	21
图6.	KW45 (未使用DC-DC转换器) + NCJ29D5的供电架构	9	图19.	使用FS2400为S32K1xx和NCF3321供电	22
图7.	S32K1 + NCF3321的供电架构	10	图20.	使用FS2400为KW45和NCF3321供电	23
图8.	KW45 (使用DC-DC转换器) + NCJ29D6的供电架构	11	图21.	使用FS2400x的单轨电源架构	25
图9.	KW45 (未使用DC-DC转换器) + NCJ29D6的供电架构	12	图22.	使用外部晶体管的单轨电源架构	26
图10.	高压稳压器策略	13	图23.	使用外部晶体管的单轨电源架构	27
图11.	低压稳压器策略	14	图24.	启动序列	29
图12.	单电源架构	15	图25.	按需ABIST执行序列	31
图13.	使用外部晶体管为V15供电的单电源架构	15	图26.	ERRMON在出现故障时的反应示例	33
			图27.	FS24的安全功能和系统安全状态	35

目录

1	介绍	2	4.1.4.2	因FS24或S32K中的故障进入安全状态	35
1.1	总体描述	2	4.1.5	系统安全状态	35
1.2	特性与优势	3	5	参考资料	37
2	电源架构	4	6	修订历史	38
2.1	安全汽车门禁供电	4		法律声明	39
2.1.1	为用于测距/雷达的NCJ29D6供电	4			
2.1.2	为用于测距的S32K1xx和NCJ29D5供电	5			
2.1.3	为用于钥匙检测和测距的KW45及NCJ29D6供电	6			
2.1.4	为用于钥匙检测和测距的KW45及NCJ29D5供电	8			
2.1.5	为用于车门把手钥匙检测的S32K1xx和NCF3321供电	10			
2.1.6	为用于钥匙连接和车门把手钥匙检测的KW45和NCF3321供电	11			
2.1.7	KW45、NCJ29D6和NCF3321	13			
2.2	车身应用供电	14			
2.2.1	单电源架构	14			
2.2.2	双电源架构	15			
3	硬件实现	17			
3.1	安全汽车门禁器件	18			
3.1.1	为用于测距/雷达的NCJ29D6供电	18			
3.1.2	为用于测距的S32K1xx和NCJ29D5供电	19			
3.1.3	为用于钥匙检测和测距的KW45及NCJ29D6供电	20			
3.1.4	为用于钥匙检测和测距的KW45及NCJ29D5供电	21			
3.1.5	为用于车门把手钥匙检测的S32K1xx及NCF3321供电	22			
3.1.6	为用于钥匙连接和车门把手钥匙检测的KW45及NCF3321供电	23			
3.2	车身器件	24			
3.2.1	单电源架构	25			
3.2.2	使用外部NPN为V15供电的单电源架构	26			
3.2.3	双电源架构	27			
4	功能安全特性的软件实现	28			
4.1	操作模式	28			
4.1.1	启动和引导	28			
4.1.1.1	启动序列	29			
4.1.1.2	按需自检 (ABIST)	30			
4.1.1.3	受保护的INIT (初始化) 阶段	31			
4.1.1.4	初始化过程示例	32			
4.1.1.5	进入运行时操作模式	32			
4.1.2	运行时模式	32			
4.1.2.1	看门狗监控	32			
4.1.2.2	故障收集和控制单元监控	33			
4.1.2.3	复位 (RSTB) 安全输出	33			
4.1.2.4	LIMPO安全输出	34			
4.1.3	待机模式	34			
4.1.4	安全状态	34			
4.1.4.1	故障影响配置	34			

Please be aware that important notices concerning this document and the product(s) described herein, have been included in section 'Legal information'.