

面向安全应用的MPC5744P和MC33907/08集成

作者: Tomas Kulig

1. 简介

本应用笔记为Freescale MPC5744P微控制器单元(MCU)与Freescale MC33907/08系统基础芯片的集成提供设计指南,可用于汽车电气与电子系统中,从而满足ISO 26262功能安全标准。本应用笔记概述了MPC5744P和MC33907/08的功能集,并且涵盖了达到ASIL D级安全性的功能安全要求。在同一个系统中集成MPC5744P和MC33907/08能为客户带来很多优势。

飞思卡尔的ISO 26262解决方案是飞思卡尔SafeAssure计划的一部分,能够简化系统架构,帮助系统制造商轻松达到功能安全标准。

内容

1. 简介	1
2. MPC5744P 概述	2
2.1. 安全概念	2
2.2. 电源要求	2
2.3. 通信接口	3
2.4. 故障收集和控制单元 (FCCU)	3
3. MC33907/08 特性	3
3.1. 稳压器	4
3.2. 内置 CAN 收发器	6
3.3. 内置 LIN 收发器	6
3.4. 看门狗功能	7
3.5. 故障安全机	7
3.6. 错误指示	7
3.7. 模拟多路复用器	7
3.8. 低功耗关断模式-LPOFF 休眠	8
4. MPC5744P 和 MC33907/08 对齐	9
4.1. MC33907/08 电源	9
4.2. 接地隔离	16
4.3. 上电顺序	17
4.4. CAN 连接	19
4.5. LIN 连接	19
4.6. SPI 连接	20
4.7. 错误管理连接	20
5. MPC5744P 安全要求	22
5.1. 电源和监控器	22
5.2. 外部看门狗	23
5.3. 错误输出监控器	27
5.4. 功能性和破坏性复位升级	27
6. 结论	28
7. 参考	28

2. MPC5744P概述

本小节描述 MPC5744P 器件与 MC33907/08 集成时您可能感兴趣的内容。

2.1. 安全概念

MPC5744P 基于 e200z425n3 双触发内核复制范围 (SoR) 安全平台构建，安全概念符合 ISO 26262 ASIL D 完整性等级。为了最大程度减少额外的软件和模块级功能并达成这个目标，为以下 MCU 的关键组件提供片上冗余：

- CPU内核
- DMA控制器
- 中断控制器
- 交叉总线系统
- 存储器保护单元 (MPU)
- Flash存储器和RAM控制器
- 外设桥
- 系统定时器
- 看门狗定时器
- 寄存器保护

此 SoR 的各输出部署冗余控制和检查器单元 (RCCU)。ECC 可用于片上 RAM 和 Flash 存储器。可编程的故障采集与控制单元 (FCCU) 可监控器件的完整性状态并提供灵活的安全状态控制。

2.2. 电源要求

除了内核和 ADC 基准电压外，器件所有模块均要求标称电源为 3.3 V。ADC 基准电压范围为 3.15 V 至 5.5 V（MC33907/08 有两个固定电压：3.3 V 或 5.0 V）。内核电源可以由片上稳压器生成（电源不受用户控制），也可以通过外部稳压器生成。所有 I/O 均与外部电源电压相同（3.3 V 标称值）。

MPC5744P 电源列表请参见[表 1](#)。

表1 MPC5744P 电源 (3.3 V 和 5 V)

MPC5744P 电源		最小值	最大值	单位
VDD_HV_PMU	3.3 V 稳压器电源	3.15	3.6	V
VDD_HV_IOx	3.3 V I/O 电源			
VDD_HV_FLA0	3.3 V Flash 电源			
VDD_HV_OSC	3.3 V 振荡器电源			
VDD_HV_ADV0/1	3.3 V ADC 电源			
VDD_HV_ADx_VDDE/ VDD_HV_ADREx ¹	ADC 基准电压源 Tj ≤150°C	3.15	5.5	
	ADC 基准电压源 150°C < Tj < 165°C	3.15	5.25	

1. 用户可以选择最小值和最大值之间的任意值作为ADC基准电压。若电压下降至最小值以下，则无法保证正常工作。

2.3. 通信接口

MC33907/08 有三个串行通信接口：FlexCAN、LINFlexD (UART) 和解串/串行外设接口 (DSPI)。

FlexCAN 模块是一个通信控制器，实施 CAN 协议规范版本 2.0B。

LINFlexD 模块支持 LIN 主机模式、LIN 从机模式和 UART 模式。LIN 状态机符合 LIN 1.3、2.0、2.1 和 2.2 规范。

DSPI 模块可提供同步串行总线，以支持 MCU 与外部外设器件之间的通信，比如 MC33907/08。

2.4. 故障收集和控制单元 (FCCU)

故障收集和控制单元 (FCCU) 提供硬件通道，用于在检测到器件中发生错误时收集错误并将器件置于安全状态。无需 CPU 干预即可进行收集和控制操作。

FCCU 还提供可配置和分级的故障控制，具有内部动作（不复位动作、IRQ、短复位、长复位或 NMI）和外部动作（故障通过一个或多个输出引脚向外部报告）。与 MC33907/08 集成时，通过输出引脚的外部动作是需要关注的地方。

3. MC33907/08特性

MC33907/08 是一款多输出电源集成电路器件，集成 HSCAN、LIN (MC33907L 和 MC33908L) 收发器，专用于汽车市场。

提供多个开关和线性稳压器，具有低功耗模式以及多种唤醒功能。采用高级电源管理方案，可在宽输入电压和宽输出电流范围内保持高效率。

MC33907/08 器件集成增强型安全特性，提供多个故障安全输出，是面向安全系统实现高完整性安全等级的重要器件。

MC33907/08 器件提供 ISO 26262 系统解决方案和文档，简化了系统部署，并通过优化的接口连接 MCU 降低了客户的成本和复杂性。这款器件还降低了系统复杂性，提升了功能稳定性，具有出色的 EMC 和 ESD 性能。

3.1. 稳压器

MC33907/908 稳压器结构框图如图 1 所示， V_{PRE} 电压参见表 2。

表2 V_{PRE} 电压范围

模式	$V_{SUP}[V]$	$V_{PRE}[V]$
降压	$> V_{SUP_UV_7}$	6.25 ÷ 6.75
	$V_{SUP_UV_7} \geq \dots \geq 4.6$	$V_{PRE_UV4P3} \div (V_{SUP} - R_{DSON_PRE} * I_{PRE})$
降压-升压	$> V_{SUP_UV_7}$	6.25 ÷ 6.75
	$V_{SUP_UV_7} \geq \dots \geq 2.7$	6.00 ÷ 7.00

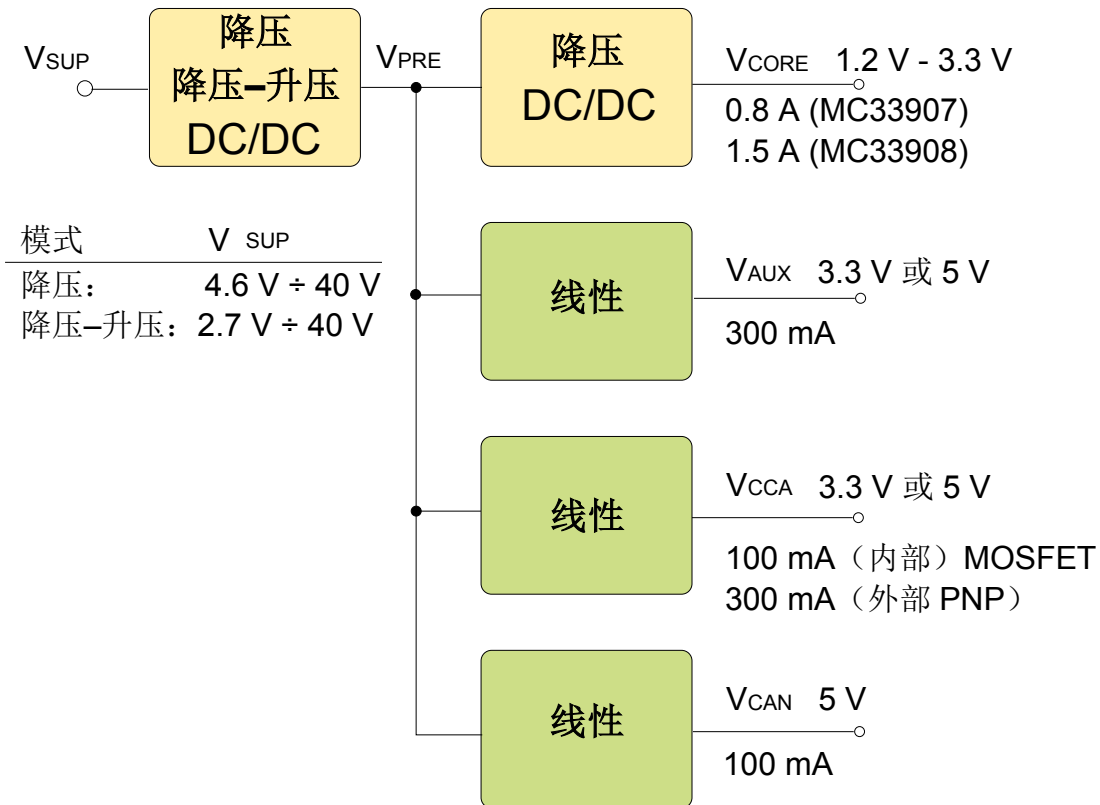


图1 MC33907/MC33908 的稳压器

- V_{pre}电压预调节器

V_{pre}电压预调节器是一个灵活的开关模式电源 (SMPS)。SMPS预调节器可以配置为两种拓扑: 非反相降压-升压或标准降压配置, 具体取决于外部配置。启动顺序期间自动检测配置-更多信息请参见数据手册。输出电压V_{pre}的调节范围取决于V_{SUP}电压和预调节器的使用模式, 如图1所示。输出电流能力最大值为2 A。SMPS预调节器还可使功耗保持在较低水平, 且相比线性稳压器无需使用庞大的散热器。

- V_{core}稳压器

V_{core}稳压器是一个降压DC-DC转换器, PWM频率为2.4 MHz。器件集成高边MOSFET。输出电压可通过V_{core}和反馈引脚之间的外部电阻分频器配置 (建议使用精度为1%的电阻), 配置范围为1.2 V至3.3 V。MPC5744P内核电压可设置为1.2 V (MPC5744P为外部稳压器模式) 或3.3 V (MPC5744P为内部稳压器模式)。没有外部电阻时的精度为±2 %。输出电流最大值分别为1.5 A (MC33908) 以及0.8 A (MC33907)。转换器的整体稳定性通过连接引脚COMP_CORE的外部补偿网络实现。

- Vcca稳压器

Vcca线性稳压器主要专用于MCU I/O（特别是ADC）供电。输出电压可在5 V或3.3 V之间选择。当输出电流能力为100 mA（采用内部MOSFET晶体管）时，5 V下的精度为±1 %，3.3 V下的精度为±1.5 %。外部PNP晶体管可用来将电流能力提高到300 mA，但输出电压精度下降到±3 %。MC33907/08启动顺序期间，自动检测PNP连接。

- Vaux稳压器

Vaux辅助稳压器专门用来为ECU中的额外器件供电，或为ECU外的传感器供电。Vaux输出电压选择范围为5 V至3.3 V。精度为±3 %，且必须使用外部PNP晶体管，因为没有内部电流能力。输出电流最大值为300 mA。

- 5V-CAN稳压器

Vcan是一个线性稳压器，专用于嵌入式HSCAN接口。输出电流能力最大值为100 mA。

3.2. 内置CAN收发器

内置增强型高速 CAN 接口符合 ISO11898-2 和-5 标准。提供本地和总线故障诊断、保护和故障安全操作模式。HSCAN 还具有唤醒功能，电耗极低。

3.3. 内置LIN收发器

本节适用于 MC33907L 和 MC33908L 版本。LIN 接口符合 LIN 协议规格 1.3、2.0、2.1、2.2 和 SAEJ2602-2。LIN 接口可用作唤醒源。该器件有两个可选波特率：20 kbit/s（正常波特率）和 10 kbit/s（慢速波特率）。此外，还部署了快速波特率 (100 kbit/s)。它可用于烧写 MCU，或用在车库诊断中。LIN 联盟规范并未针对该波特率指定电气参数。只需保证其通信。在 LPOFF 模式下，LIN 晶体管断开，此引脚上拉至 VSUP3。LIN 集成了 ESD 保护功能，并且针对外部干扰具有极高的稳定性，比如 EMC 和电气瞬态。

注释

MC33907/08L集成LIN驱动器，MC33907/08未集成。如果部件可集成LIN驱动器，请参考系统基础芯片器件的数据手册。

3.4. 看门狗功能

MC33907/08 根据“提问/回答”原理部署了窗口看门狗。看门狗必须在看门狗窗口开启期间由 MCU 连续触发，否则便出错。

3.5. 故障安全机

为了满足安全关键型应用的要求，提供了一个专用的故障安全机 (FSM)。FSM 由 3 个主要的子模块组成：

- 电压监控器 (VS)
- 故障安全状态机 (FSSM)
- 故障安全输出驱动器 (FSO)

FSM 与电路其余部分保持最大程度的隔离，防止受到常见故障的影响。因此，FSM 有自己的稳压器（模拟和数字）、专用带隙和振荡器。此外，通过专门的布局布线，该模块同样在物理上做到了尽量独立于电路的其余部分。有两个故障安全输出：RSTB（低电平有效以便复位 MCU）和 FS0B（低电平有效以便控制所有故障安全电路）。

3.6. 错误指示

针对监控 MCU 错误信号和外部 IC 的错误处理提供数字输入。

3.7. 模拟多路复用器

模拟多路复用器允许将下列电压多路复用为 MC33907/08 的输出，并输入至 MCU 的 ADC 通道之一。MCU 可以使用此信息进行监控。可以通过 SPI 接口选择多路复用器输出和范围（窄或宽）。

- 2.5 V 内部基准电压，精度为±1 %
- 电池检测
- 模拟输入 IO_0 和 IO_1
- 芯片温度传感器

电池检测、IO_0 和 IO1 模拟引脚不直接连接模拟多路复用器，而是通过电阻分频器连接。每一个模拟引脚都有 4 个分频器。选择使用哪个分频器取决于 VDDIO 电压值和设置范围（宽或窄）。更多信息请参见图 2。

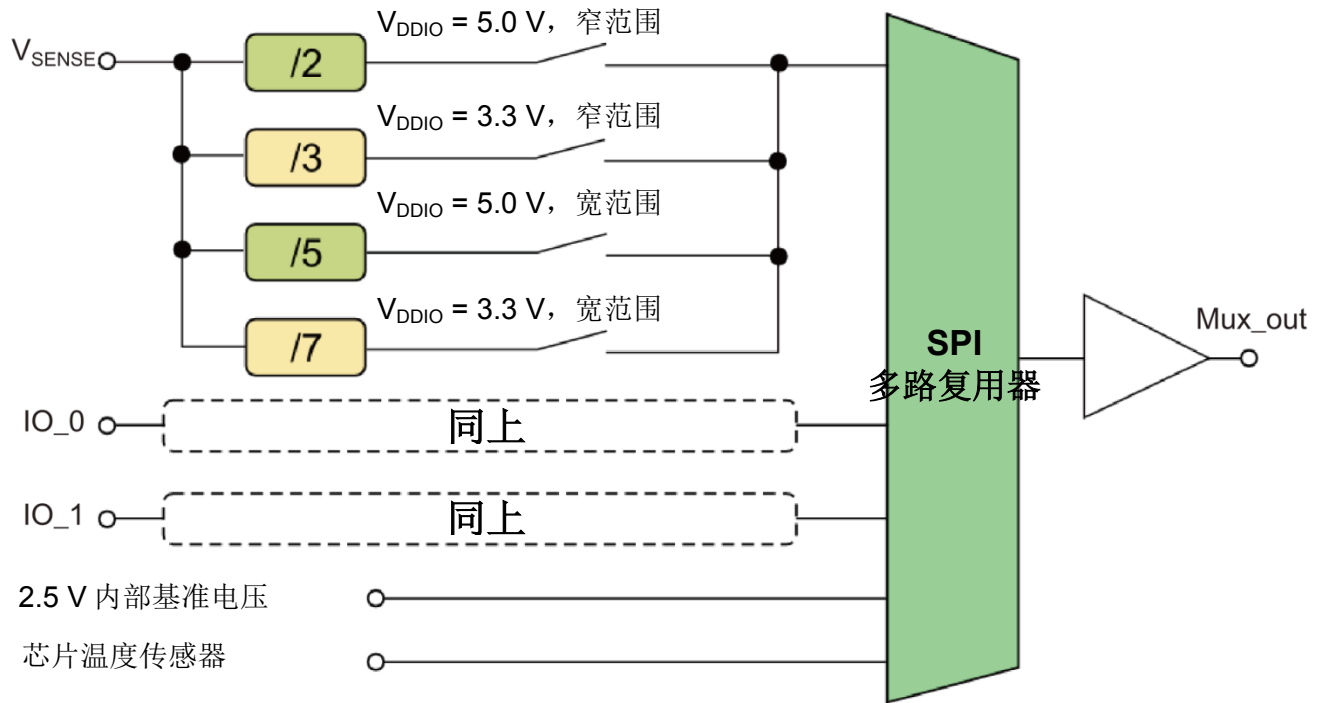


图2 简化模拟多路复用器结构框图

3.8. 低功耗关断模式-LPOFF休眠

只有当该产品处于正常模式时，才可通过发送安全 SPI 命令进入低功耗模式 (OFF - SLEEP)。在此模式下，所有稳压器关断，连接 V_{CORE} 稳压器的 MCU 无电源。MC33907/08 进入 LPOFF SLEEP 模式后，器件监控外部事件，以便唤醒和退出低功耗模式。唤醒事件的发生取决于下列器件配置：

- CAN
- LIN
- I/O输入

当检测到唤醒事件时，器件通过检测 V_{PRE} 配置（降压或降压-升压）再次启动主状态机，将唤醒源报告至专用 SPI 寄存器，并且还会重启故障安全状态机。

最后，在发生唤醒事件之后，稳压器开启，MCU 重新开始工作，可再次访问初始化阶段。

4. MPC5744P和MC33907/08对齐

将 MPC5744P 与 MC33907/08 集成的典型应用如图 3 所示。MC33907/08 器件为 MCU 以及外部看门狗监控提供电源生成和电压监控能力，以便检测 MCU 的故障。它们还监控来自 MCU 的错误信号，并提供故障安全机制，以便发生故障时将系统保持在安全状态。本节提供 MPC5744P 与 MC33907/08 集成的设计指南，以便实现 ASIL D 安全等级。

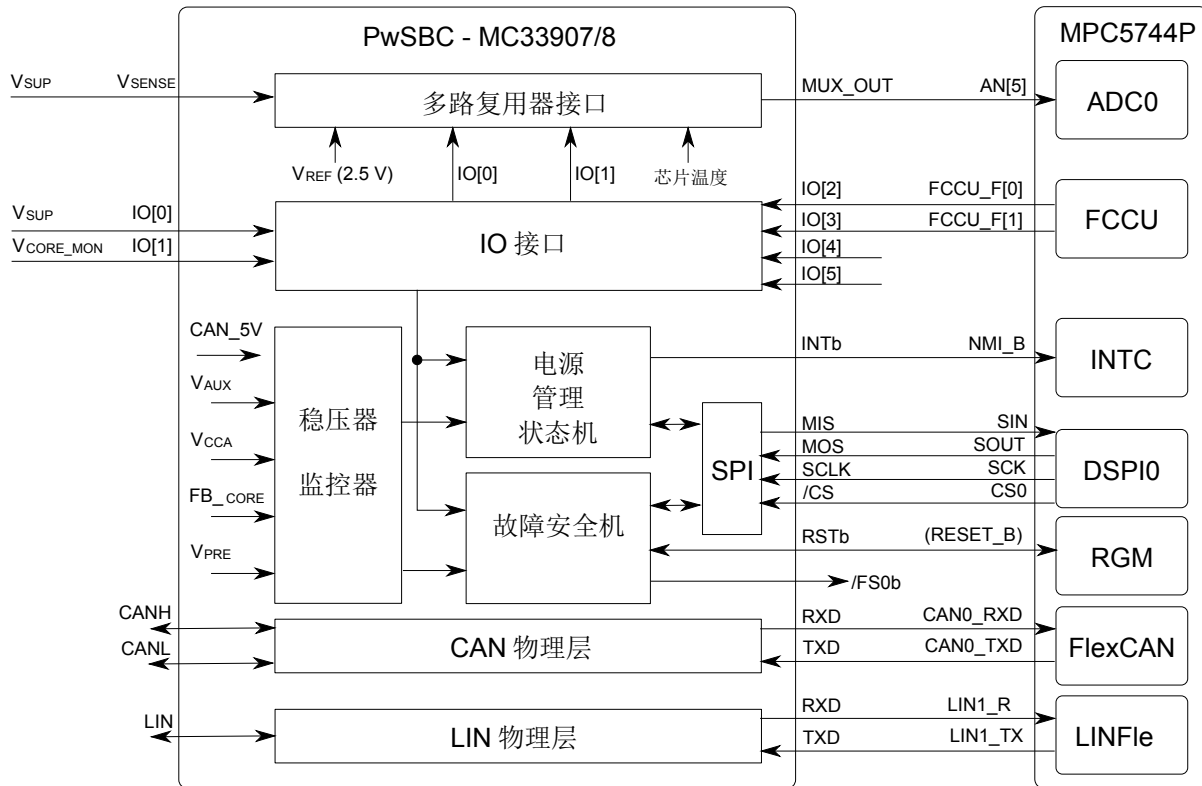


图3 MPC5744P 和 MC33907/08 典型应用

4.1. MC33907/08电源

通过 VSUP1、VSUP2 和 VSUP3 电源引脚为 MC33907/08 器件提供电源。必须在 VBAT（图 4 中的 JP1）外部电池输入和电容输入滤波器之间连接一个外部反向电池保护二极管。采用 PI 滤波器防止来自 DC-DC 转换器的电流开关噪声传播至 VBAT 和 VSUP3（所有内部阈值生成的地方使用干净电源）。由于这个原因，VSUP3 必须在 PI 滤波器前方连接，以便为 MC33907/08 提供干净电源，并解除 SMPS 专用的 VSUP1 和 VSUP2 相关性。

如果发生高瞬态电压，则 VSENSE 引脚连接的电阻可以限制该引脚上的电流。MC33907/08 电源连接如图 4 所示。

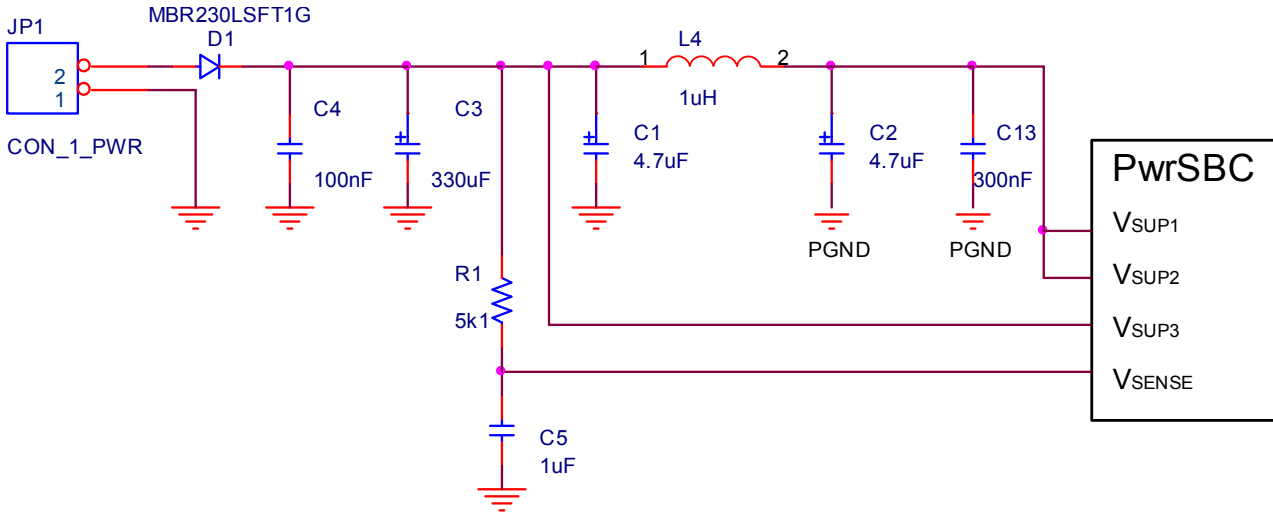


图4 MC33907/08 电源连接

4.1.1. MC33907/08预调节器

MC33907/08 预调节器的输出 V_{pre} 介于 6.0 V 和 7.0 V 之间，采用非反相降压-升压转换器配置，如图 5 所示。此模式下，Gate_LS 引脚驱动外部 MOSFET 晶体管。使用一个 22 μH 电感。建议电容 C7、C8、C9 和 C10 的整体等效串联电阻 (ESR) 不超过 100 m Ω ，且 C6 的 ESR 不超过 10 m Ω 。Boot_pre 引脚必须连接 100 nF 电容。

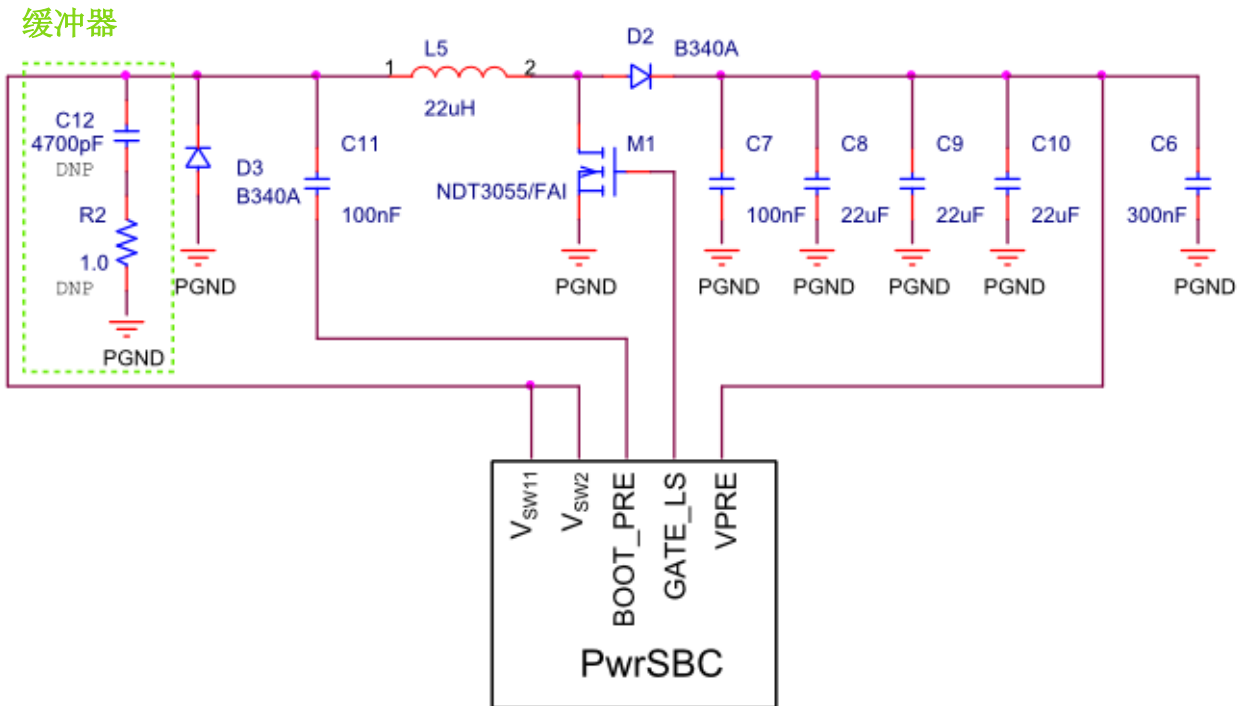


图5 MC33907/08 预调节器的连接采用降压-升压配置

缓冲器电路用来过滤集成式 SMPS 开关每次导通时的振铃现象，以便改善 EMC 性能。由于还跟电路板布局性能有关，其组件值必须精调（更多详情参见 freescale.com 上的 AN4766）。

4.1.2. MPC5744P 内核电源

MPC5744P 的 VDD_HV_PMU 稳压器工作电源为 3.3 V，可通过 MC33907/08 Vcore 稳压器提供电源。Vcore 提供 1.2 V 或 3.3 V 左右的可选输出电压。MC33908 在正常模式下可由 Vcore 稳压器提供 1.5 A 电流，而 MC33907 可通过 Vcore 输出 0.8 A。对于 MPC5744P 而言，MC33907 具有足够的电流能力。Vcore 值可通过 Vcore 稳压输出与电压反馈引脚 FB_core 之间连接的分频器进行调节，其典型阈值电压为 0.8 V。

4.1.2.1. Vcore 电压选择

应当使用 1% 高精度电阻值。在分压器电路中，用于 3.3 V 内核电压的电阻值为 6.2 K Ω (R4) 和 2 K Ω (R5)，可调节 3.3 V Vcore。下列等式用来计算电阻值。

等式 1:

$$V_{CORE} = V_{CORE_FB} * \frac{(R_4 + R_5)}{R_5}$$

MC33907/08 Vcore 输出和 MPC5744P VDD_HV_PMU 之间的连接如图 5 所示。Vcore 还能用来为 MCU 的 Flash (VDD_HV_FLA0)、I/O (VDD_HV_IOx) 和振荡器 (VDD_HV_OSC) 电源供电。PCB 上必须添加一个功率晶体管，来产生 MPC5744P 内核逻辑 (VDD_LV_COR0) 电源。注意，MPC5744P 侧的去耦电容未显示在图中。有关所需的旁路电容和外部镇流晶体管详情，请参见 MPC5744P 数据手册。

4.1.2.2. Vcore 纹波电压

由于 Vcore 为 MPC5744P 提供主电源，因此在 Vcore 输出端进行适当滤波很重要，从而确保 MPC5744P 具有干净的电压作为电源输入。

流经电感的电流 $\Delta I_{INDUCTOR}$ 可根据已知参数计算：

- 输入电压 $V_{IN} = 6.5 \text{ V}$
- 输出电压 $V_{OUT} = 3.3 \text{ V}$
- V_{CORE} 稳压器开关频率 $F_{SW} = 2.4 \text{ MHz}$
- 电感 $L = 2.2 \text{ }\mu\text{H}$
- MC33908 的 $I_{OUTMAX} = 1.5 \text{ A}$ (MC33907 为 0.8 A)

等式 2 表示流经电感的电流，得出结果为 0.308 A。

等式 2:

$$\Delta I_{Inductor} = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \cdot \frac{(V_{IN} - V_{OUT})}{F_{SW}} \cdot \frac{1}{L}$$

$$\Delta I_{Inductor}[A] = \frac{3.3V}{6.5V} \cdot \frac{(6.5V - 3.3V)}{2.4MHz} \cdot \frac{1}{2.2\mu H} = \underline{0.308}$$

当 CO 由 2 个 22 uF 和 1 个 100 nF 电容组成时，等式 3 得出的 MC33908 电压过冲为 24.6 mV (MC33907 为 9.3 mV)。

等式 3:

$$\Delta V = \left(\sqrt{V_{OUT}^2 + \frac{L \cdot (I_{OUTMAX} + \Delta I_{INDUCTOR})^2}{C_O}} \right) - V_{OUT}$$

MC33908 (1.5 A):

$$\Delta V[V] = \left(\sqrt{3.3V^2 + \frac{2.2\mu H \cdot (1.5A + 0.308A)^2}{(22\mu + 22\mu + 100n)}} \right) - 3.3V = \underline{0.0246}$$

MC33907 (0.8 A):

$$\Delta V[V] = \left(\sqrt{3.3V^2 + \frac{2.2\mu H \cdot (0.8A + 0.308A)^2}{(22\mu + 22\mu + 100n)}} \right) - 3.3V = \underline{0.0093}$$

输出电容上的电压纹波等于输出电容 ESR 所导致的纹波电压和电容导致的电压之和。输出电容的纹波电压与 ESR 成正比，因此 ESR 的值应当尽量低，以便最大程度降低纹波电压。例如，可以使用电子部件供应商提供的 22 μF 电容 (ESR 为 20 mΩ)。输出电容 ESR VOUTESR 的纹波电压如等式 4 所示，其结果为 3.08 mV。

等式 4:

$$V_{OUTESR} = \Delta I_{INDUCTOR} \cdot ESR_{C_O}$$

$$V_{OUTESR}[mV] = 0.308[A] \cdot \frac{20[m\Omega] \cdot 20[m\Omega]}{2 \cdot 20[m\Omega]} = \underline{3.08}$$

电压纹波的其他组成部分是电容产生的电压，如等式 5 所示，其结果为 0.74 mV。

等式 5:

$$V_{OUTCAP} = \frac{1}{2 \cdot C_O} \cdot \frac{V_{IN} - V_{OUT}}{L} \cdot \left(\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \cdot \frac{1}{F_{SW}} \right)^2$$

$$V_{OUTCAP}[mV] = \frac{1}{2 \cdot (2 \cdot 22\mu + 1 \cdot 100nF)} \cdot \frac{6.5V - 3.3V}{2.2\mu H} \cdot \left(\frac{3.3V}{6.5V} \cdot \frac{1}{2.4MHz} \right)^2 = 0.74$$

这两个电压纹波组成部分加起来约等于 3.8 mV，不足 3.3 V 输出电压的 1%。注意，选择较高 ESR 的电容可能会超过目标输出电压纹波值，因此必须仔细考虑。

在 MPC5744P VDD 引脚与最近的对应 GND 引脚之间连接适当的去耦电容也很重要。更多详情请参考 MPC5744P 参考手册。注意，图 7 中未显示 MCU 端的去耦电容。图 6 显示了 Vcore 输出电压纹波，由 MCU 端的 2 x 22 μ F 和 1 x 100nF 去耦电容测得。测得的电压峰-峰值约为 4.4 mV。

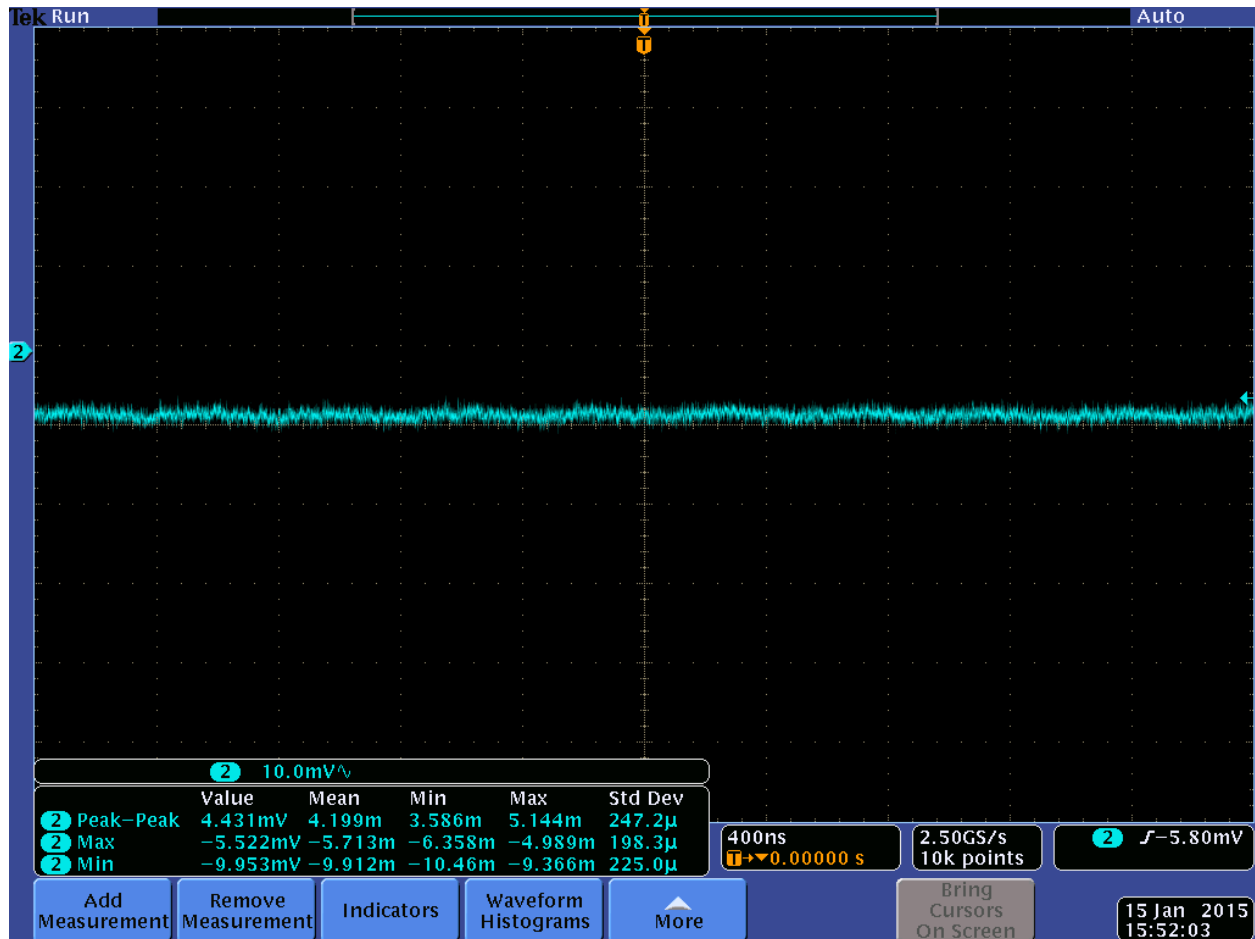


图6 Vcore 上的电压纹波

为了确保降压转换器的稳定性，需要使用图 7 中由 2 个电阻和 2 个电容组成的补偿网络。显示的组件值根据 3.3 V Vcore（MPC5744P 处于外部稳压器模式）输出和负载电容选择。

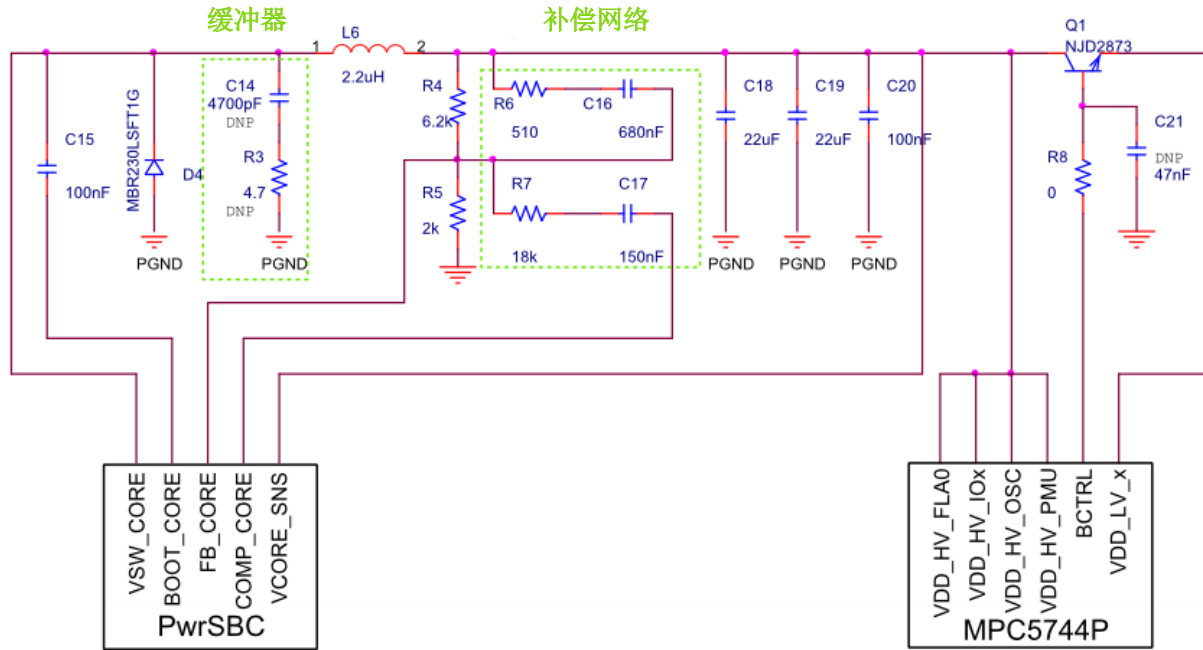


图7 MC33907/08 和 MPC5744P Vcore 电源连接

缓冲器电路用来过滤集成式 SMPS 开关每次导通时的振铃现象，以便改善 EMC 性能。由于还跟电路板布局性能有关，其组件值必须精调。建议 C18 和 C19 电容组合整体等效串联电阻 (ESR) 低于 100 mΩ。注意，MPC5744P 侧的去耦电容未显示在图中。有关所需的旁路电容详情，请参见 MPC5744P 数据手册。

4.1.3. MPC5744P ADC电压和基准电源

MPC5744P ADC 电压(VDD_HV_ADV_x)需要采用 3.3 V 电源。ADC 基准电压（VDD_HV_ADRE0 和 VDD_HV_ADRE1）可以是 3.3 V 或 5 V。电压 VDD_HV_ADRE0 和电压 VDD_HV_ADRE1 不可采用不同电压值工作，并且必须采用同一个电压源。MC33907/08 Vcca 线性稳压器具有 3.3 V 或 5 V 可选电压，可用来为 MPC574AP ADC 基准电压源供电。如果 ADC 基准电压选用 3.3 V，也可使用 Vcca 稳压器为 MPC5744P ADC 电压供电。

取决于系统的电源要求，可以将外部 PNP 晶体管连接到 Vcca。采用外部晶体管后，Vaux 最高精度为±3%，输出电流最大值为 300 mA。MC33907/08 启动顺序期间自动检测外部晶体管。如果仅使用内部镇流器，则 Vcca 精度为±1%，输出电流最大值为 100 mA。

连接在 SELECT 和 GND 引脚之间的外部电阻值决定 V_{cca} 和 V_{aux} 电压。表 3 显示所选电压要求的电阻值

表3 V_{cca} 和 V_{aux} 电压选择

V_{cca} [V]	V_{aux} [V]	电阻范围[k Ω]	建议值[k Ω]
3.3	3.3	< 7	5.1 +/- 5%
5.0	5.0	10.8 << 13.2	12 +/- 5%
3.3	5.0	21.6 << 26.4	24 +/- 5%
5.0	3.3	45.9 << 56.1	51 +/- 5%

图 8 显示了 MC33907/08 V_{cca} 和 MPC5744P ADC 电压与基准电源的连接，此时基准电源连接 5.0 V，电源电压连接 3.3 V (V_{core} 电压由 MC33907/08 生成)。它们都需要 3.3 V。SELECT 和 GND 引脚之间的 12 k Ω 电阻将 V_{cca} 和 V_{aux} 引脚配置为 5.0 V。磁珠变压器用来隔离数字和模拟电源。注意，MPC5744P 侧的去耦电容未显示在图中。有关所需的旁路电容详情，请参见 MPC5744P 数据手册。

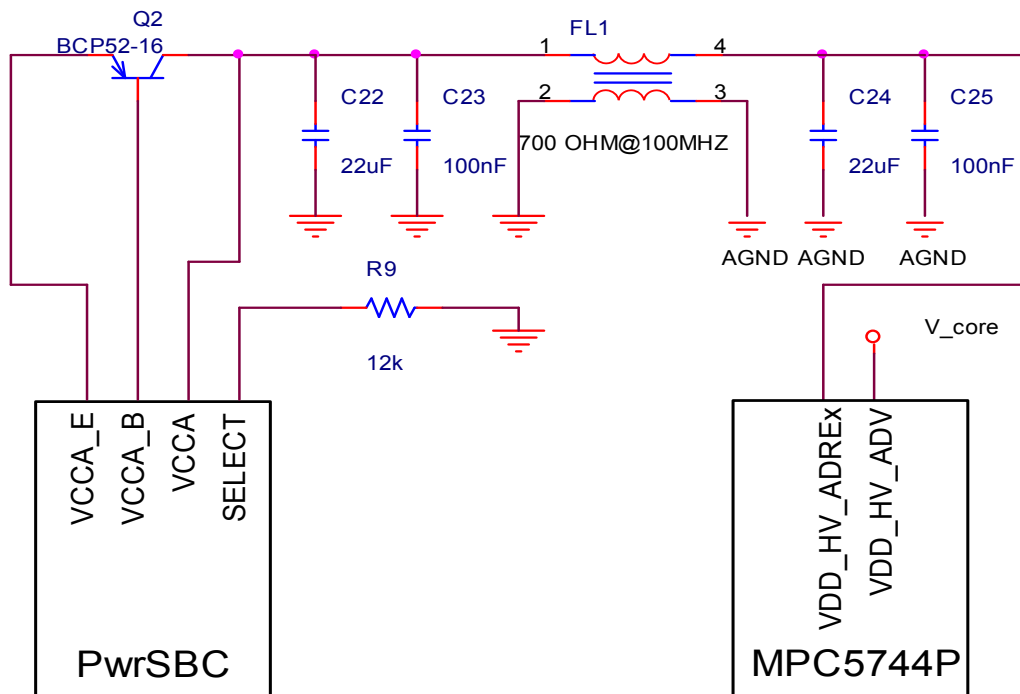


图8 MC33907/08 和 MPC5744P V_{cca} 电源连接

另外，如果 V_{cca} 基准电源为 3.3 V，则 ADC 电源可以使用 V_{cca} 电源电压，而非 V_{core} 电源。

4.1.4. 辅助电源

MC33907/08 辅助 Vaux 稳压器提供 5 V 或 3.3 V 可选输出，为 ECU 中的其余器件提供电源。它还可用作 ECU 之外的传感器电源。Vaux 最高精度为 $\pm 3\%$ ，输出电流最大值为 300 mA。图 9 显示 Vaux 电压连接。

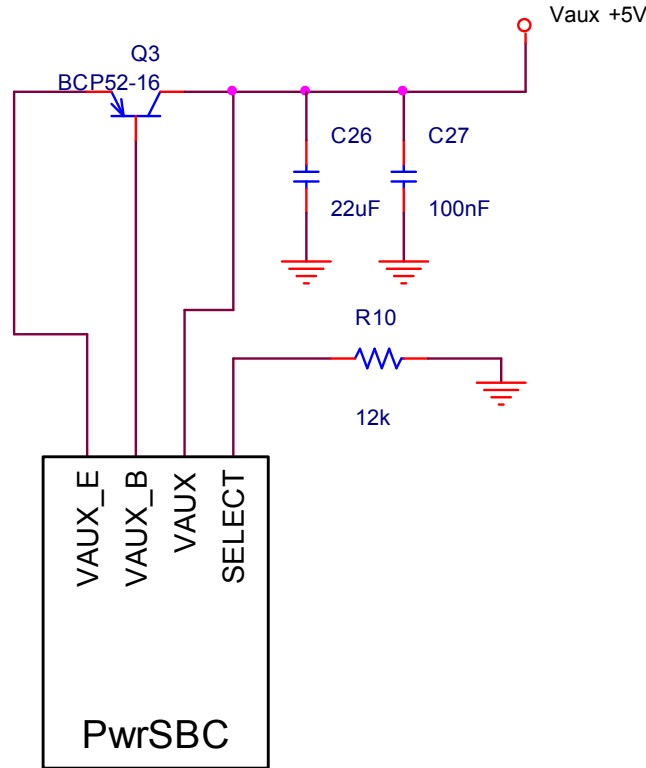


图9 MC33907/08 Vaux 电源连接

4.2. 接地隔离

MC33907/08 有 3 处接地：AGND（模拟接地）、GND_COM（物理层接地）和 DGND（数字接地）。PCB 上有电源接地 (PGND) 和静态接地 (QGND)，必须彻底隔离。PGND 用于高瞬态电流环路中的 SMPS 组件，还可用于 MC33907/08 和 MPC5744P GND 的 DGND。

QGND 用于 AGND 和 MC33907/908 的 GND_COM 以及其他不连接 PGND 的组件。来自 MC33907/08 接地、MPC5744P 接地和 PCB 接地的连接见图 10。PCB 上，PGND 和 QGND 之间的连接必须尽可能远离本地 PGND 接地。最佳位置在 Vbat 连接器水平。这样可以保证嘈杂的 PGND 不会干扰 QGND。

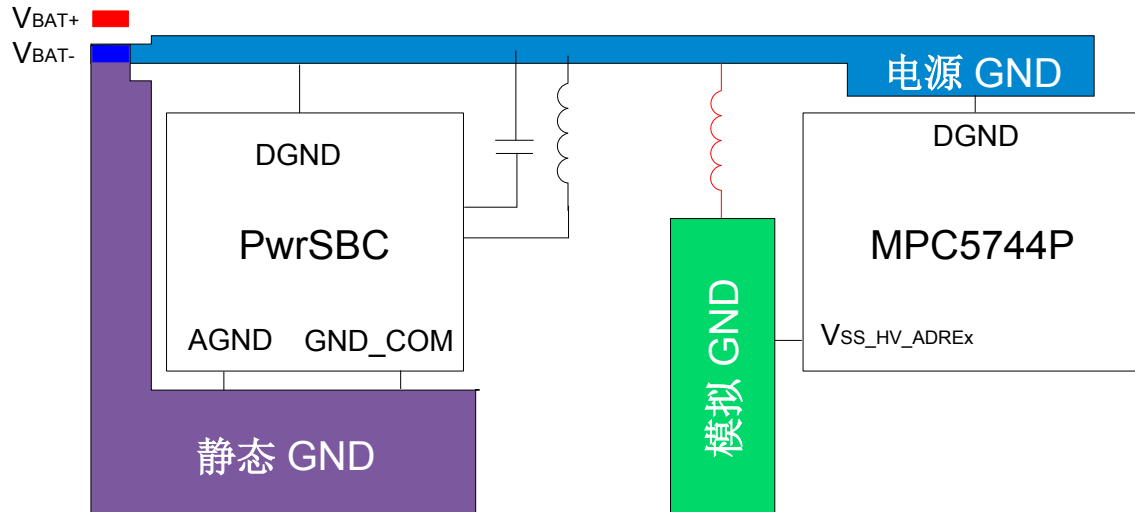


图10 MC33907/08 和 PCB 接地之间的接地连接

4.3. 上电顺序

为了提供安全且清晰明了的启动顺序，MC33907/08 器件集成了欠压锁定。V_{sup} 必须高于 VSUP_UV_5 (5.6V) 才能退出掉电模式。在其他条件下，MC33907/08 可在低至该锁定电压的情况下工作。如果配置为降压-升压模式，则当 V_{sup} 上升至 5.6 V 时，预调节器电压 V_{pre} 开始激活，随后导通不同的电压轨。同时，V_{core}、V_{cca} 和 V_{aux} 自动上升，为 MPC5744P 提供电源，如图 11 所示（VSUP-深蓝，VCORE-浅蓝，VCCA-粉红，VAUX-绿色）。禁用内置自测 (BIST) 之后，MPC5744P 大约在 3.3 V 电源激活 3 ms 后解除置位 RESET_B 信号，表示上电顺序结束，如图 12 所示（VSUP-深蓝，VCORE-浅蓝，复位-粉红）。当 MC33907/08 处于正常模式，并且 V_{sup} 下降至 2.7 V 锁定电压（降压-升压模式）或 4.6 V（降压模式）时，器件处于上电复位条件下。

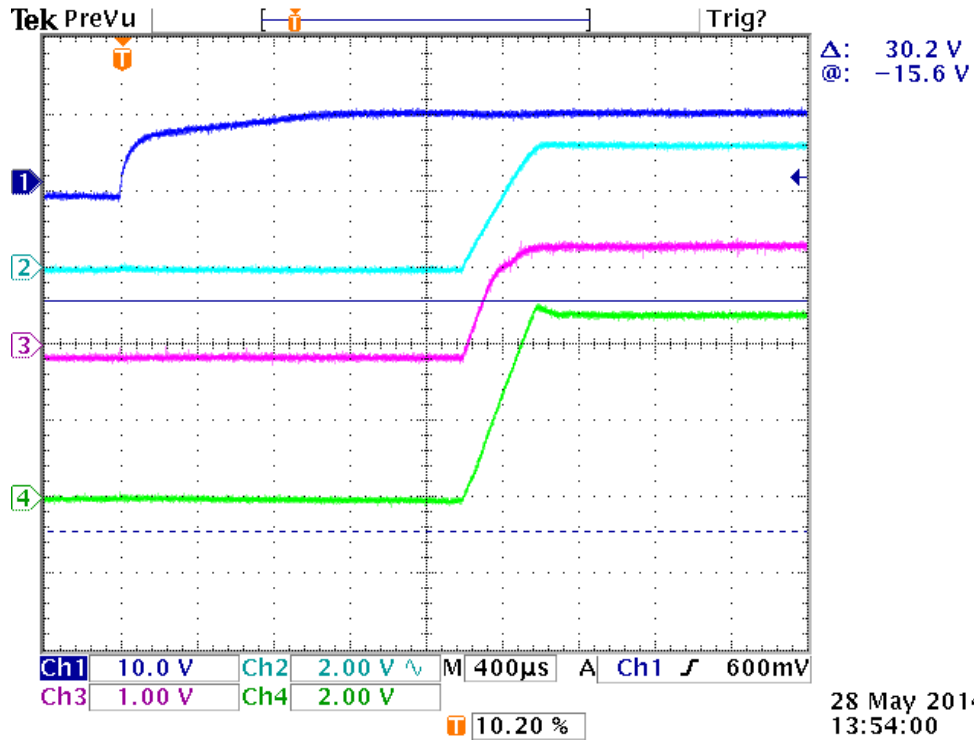


图11 上电顺序

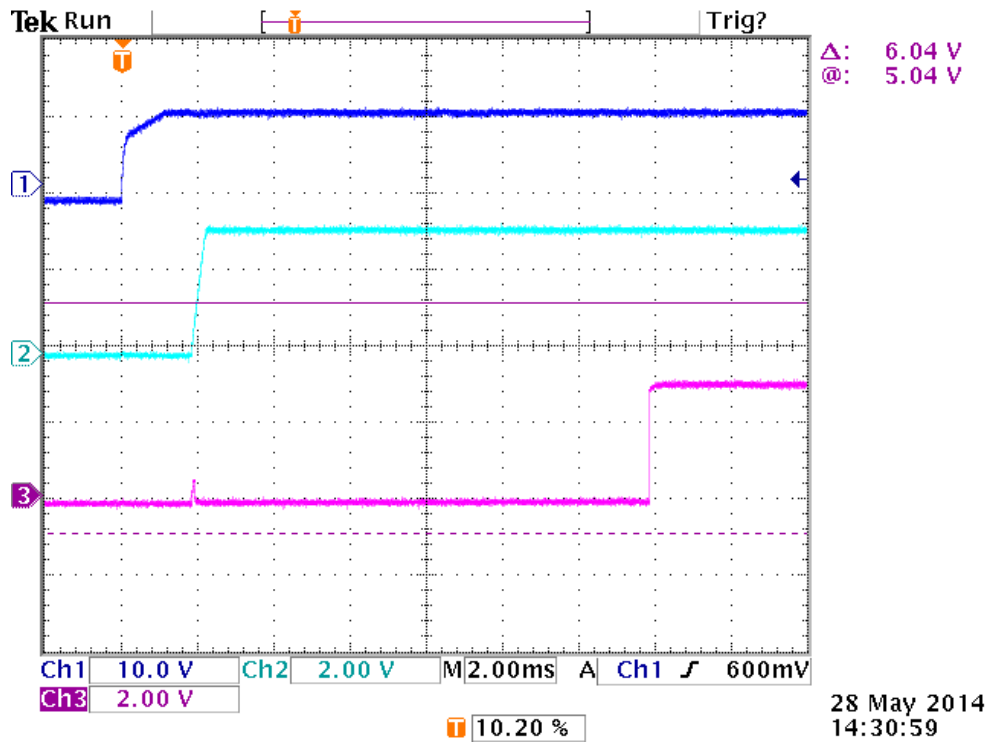


图12 复位解除置位

4.4. CAN连接

CAN_5V 线性稳压器提供 5 V CAN 收发器电源。必须在 CAN_5V 和 GND 之间连接 1 μ F 电容。MC33907/08 发送 TXD 和接收 RXD 数据引脚分别连接 MPC5744P FlexCAN 0 TXD 和 RXD 引脚。物理 CAN 总线接口连接 MC33907/08 侧的 CANH 和 CANL 引脚。MC33907/08 CAN 接口连接 MPC5744P，如 MC33907/08 + MPC5744P CAN 连接所示。

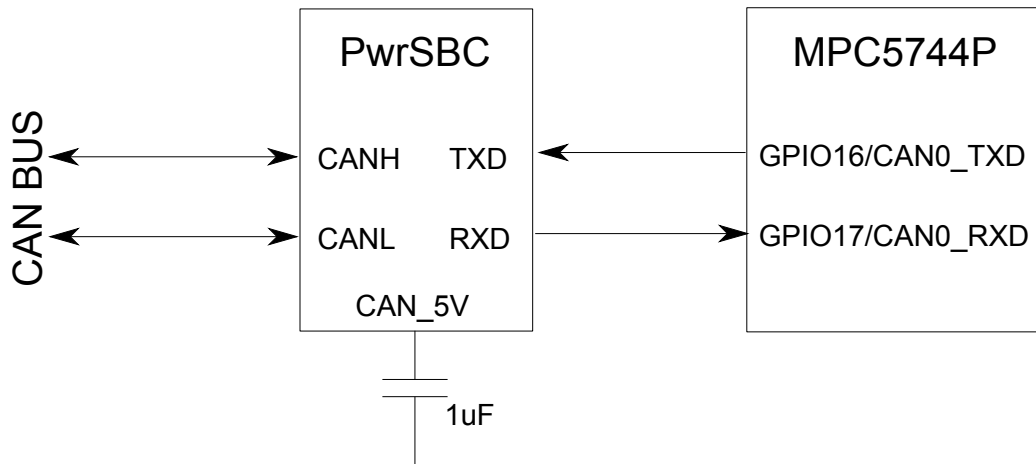


图13 MC33907/08 + MPC5744P CAN 连接

4.5. LIN连接

VSUP3 电压为 LIN 物理层提供电源。MC33907/08 发送 TXD 和接收 RXD 数据引脚分别连接 MPC5744P LIN 1 TXD 和 RXD 引脚。物理 LIN 总线接口连接 MC33907/08 侧的 LIN 引脚。MC33907/08 LIN 接口连接 MPC5744P，如图 14 所示。

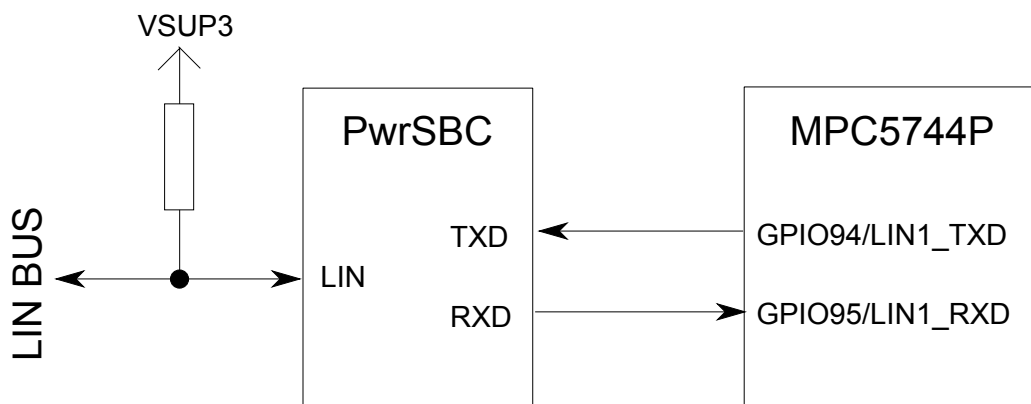


图14 MC33907/08 + MPC5744P LIN 连接

4.6. SPI连接

串行外设接口 (SPI) 允许在 MPC5744P 和 MC33907/08 之间进行双向通信。MPC5744P 用作主机，通过 SPI 寄存器访问 MC33907/08 配置寄存器。看门狗刷新同样通过 SPI 进行通信。MC33907/08 SPI 接口连接 MPC5744P，如图 15 所示。

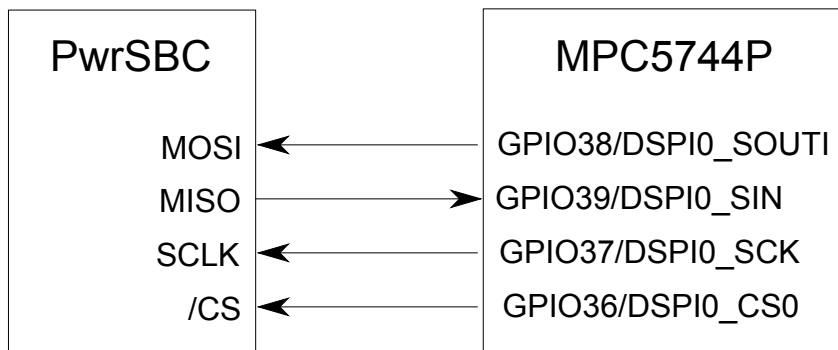


图15 MC33907/08 + MPC5744P SPI 连接

4.7. 错误管理连接

MC33907/08 引脚可配置为来自 MPC5744P 的安全输入，以便持续监控 MPC5744P FCCU 输出引脚 FCCU_F[0]和 FCCU_F[1]。出现中断条件时，MC33907/08 置位 INTb。引脚连接 MPC5744P 的非屏蔽中断 (NMI) 引脚，触发 NMI。

一旦发生故障，MC33907/08 便置位（低电平有效）RSTb，以复位 MPC5744P。该引脚连接至 MPC5744P 的 RESET_B 引脚。当 FS0b 置位（低电平有效）以表示发生故障时，建议将故障安全输出 FS0b 连接至外部电路，断开应用的关键电路电源，如图 16 所示。该机制确保应用关键电路电源断开，防止可能出现的系统受损或人员受伤。有必要使用上拉 (IO_3) 和下拉 (IO_2) 电阻。这些电阻定义了默认状态，且当 MPC5744P 不驱动这些引脚时可避免启动阶段或其他阶段发生错误误检。

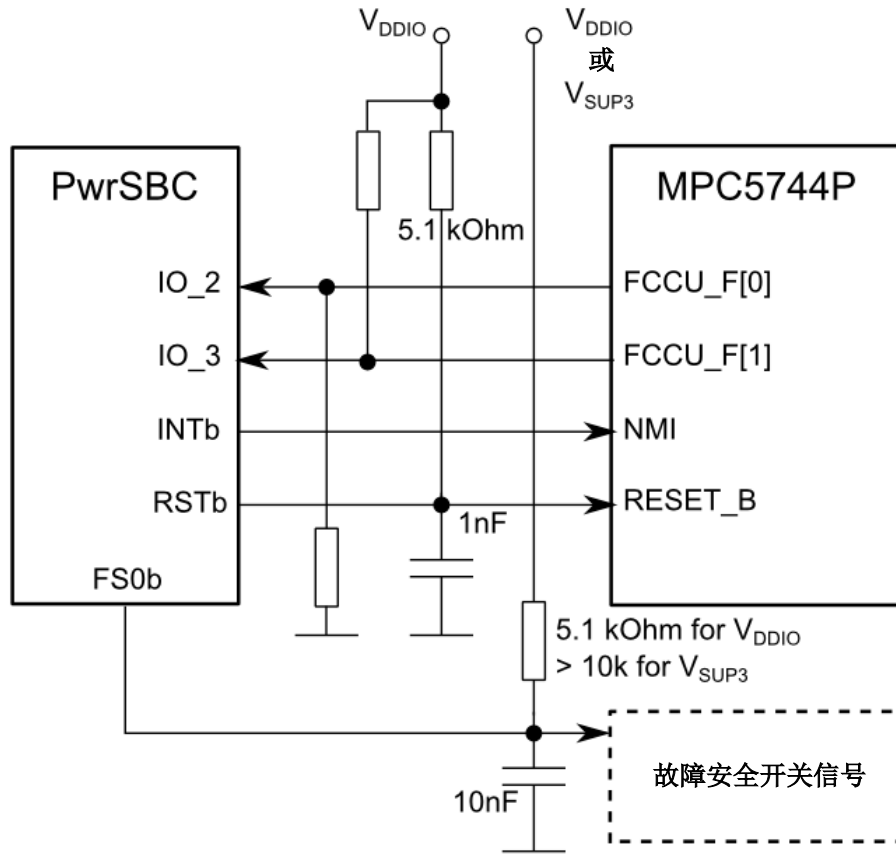


图16 MC33907/08 + MPC5744P 错误管理连接

5. MPC5744P 安全要求

MPC5744P 要求采用多种外部测量措施，以便让 ASIL D 功能安全性等级的系统能够安全工作：

- 外部电源和监控器
- 外部看门狗定时器
- 错误输出监控器

MC33907/08 提供上述功能，确保发生故障时，MPC5744P 进入安全状态。参考安全手册《MPC5744P 安全手册》（文档编号：MPC5744PSM，可在 freescale.com 网站上获取）以获得搭配外部组件使用 MPC5744P 的相关安全要求详情。

5.1. 电源和监控器

MPC5744P 集成内部监控器，可连续检查各种电源。低压检测器 (LVD) 和高压检测器 (HVD) 监控工作电压，确保器件在正确的电压范围内工作。工作电压由下列电压监控器进行监控：

- 双内核LVD模块监控1.2 V内核电源
- 双内核HVD模块监控1.2 V内核电源
- 4个3.3 V LVD模块监控3.3 V VDDIO、VDDREG、VDDFLASH、VDDOSC和VDDADC电源

当内核电压下降至 LVD 阈值电平以下的时候，发生 1.2 V 低压检测事件。类似地，当内核电压超过 HVD 阈值电平的时候，发生 1.2 V 高压检测事件。如果电压不在正常范围内，则系统响应复位。当 3.3 V 主电源下降至 LVD 阈值电平以下的时候，发生低压检测事件，系统响应复位。MPC5744P 未集成针对 3.3 V 电源的高压监控器，因此对于 ASIL D 应用而言，除了欠压监控以外，外部器件还必须提供针对 3.3 V 电源的过压监控。

安全要求[SAG_MPC5744P_042]—为了完全监控所有电源，外部器件必须为 MPC5744P 外部 3.3 V 电源提供过压和欠压监控。MC33907/08 满足这一安全要求，该器件提供针对 3.3 V 电源的电压调节、过压和欠压监控。如 MPC5744P 内核电源所述，Vcore 稳压输出通过 Vcore 和电压反馈引脚 FB_core 之间连接的电阻分频器调节为 3.3 V。MC33907/08 监控 FB_core 节点上的欠压和过压，其典型电压值为 0.8 V。

表 4 显示了 MC33907/08 稳压器输出的欠压和过压检测阈值。如果 FB_core 引脚偏移至 0.84 V 的 FB_core 最小过压，则 Vcore 稳压输出调节至 3.44 V，并检测到过压事件。为了应对故障条件，MC33907/08 可以配置为置位（低电平有效）RSTb 引脚，以便触发 MPC5744P 复位，或者置位（低电平有效）FS0b 引脚，以便控制故障安全电路，从而切断应用关键电路的电源。当 MC33907/08 处于非激活状态时，MPC5744P 电源同样处于关断状态，防止器件受到永久性损害。当检测到过压事件时，这两个错误处理机制将 MPC5744P 置于安全状态。MC33907/08 INIT

SUPERVISOR1 寄存器必须在 INIT 阶段配置，以便选择 Vcore 反馈过压和欠压事件的反应，即 RSTb 或 FS0b 是否根据过压和欠压检测进行置位（低电平有效）。MC33907/08 允许用户配置 RSTb 和 FS0b 引脚响应过压条件的方式。

当 MPC5744P 的模拟电源来自 Vcca，并且 I/O 驱动器的电源来自 Vaux 稳压输出时，模拟电源、I/O 驱动器和 CAN 驱动器（MC33907/08 的一部分）具有相同的过压和欠压保护。

表4 MC33907/08 过压和欠压检测阈值

MC33907/08 参数/检测阈值		最小值[V]	最大值[V]
V _{CAN}	过压	5.200	5.550
	欠压	4.250	4.800
V _{PRE}	过压	7.200	8.000
V _{CORE_FB}	过压	0.840	0.905
	欠压	0.670	0.773
V _{CORE} ¹	过压	3.444	3.711
	欠压	2.747	3.169
V _{CCA_5V}	过压（5.0 V 配置）	5.250	5.500
	欠压（5.0 V 配置）	4.500	4.750
V _{CCA_3V3}	过压（3.3 V 配置）	3.400	3.600
	欠压（3.3 V 配置）	3.000	3.200
V _{AUX_5V}	过压（5.0 V 配置）	5.250	5.500
	欠压（5.0 V 配置）	4.500	4.750
V _{AUX_3V3}	过压（3.3 V 配置）	3.400	3.600
	欠压（3.3 V 配置）	3.000	3.200

1. V_{CORE}电压检测阈值通过外部电阻分频器从V_{CORE_FB}检测阈值变换而来（等式1用于此变换）。

5.2. 外部看门狗

检测到电源完全故障等常见的故障原因 (CCF) 是因为 MPC5744P 上运行的软件不再触发看门狗 (WD)。对于 ASIL D 应用而言，如需检测可能导致 MPC5744P 完全停止工作的重大故障，则必须将外部 WD 器件连接至 MPC5744P。

安全要求[SAG_MPC5744P_041]—针对 ASIL D 应用，用作工作监控器的外部器件必须提供看门狗以便覆盖 MPC5744P 的 CCF。MPC5744P 上运行的安全相关软件应周期性触发该功能。

此 MPC5744P 安全要求由 MC33907/08 的窗口时间 WD 特性满足。窗口时间 WD 概念如图 17 所示。该特性要求 MPC5744P 在每一次窗口开启时刷新 WD。窗口持续时间可以在 MC33907/08 初始化阶段通过 SPI 选择。窗口持续时间可以在 WD_Window 寄存器中配置为 1 ms、2 ms、3 ms、4 ms、8 ms、16 ms、32 ms、64 ms、128 ms、256 ms、512 ms 或 1024 ms。窗口占空比为 50%。默认窗口持续时间为 3 ms，可在 MPC5744P 配置期间配置为不同值。

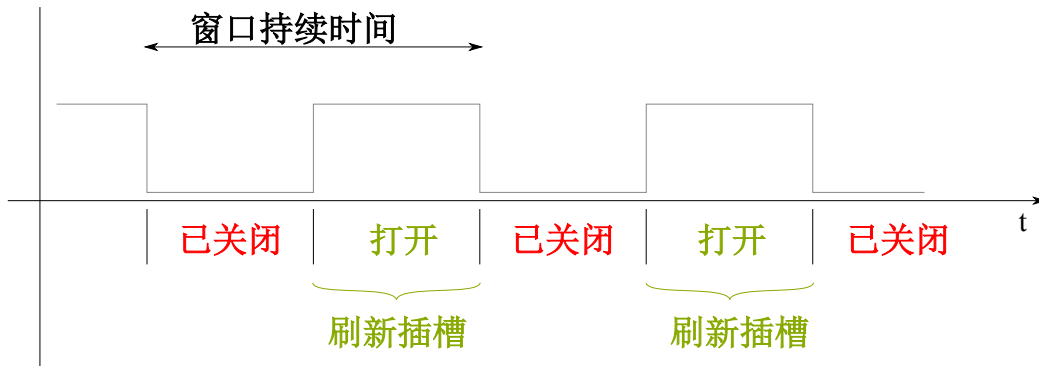


图17 MC33907/08 窗口看门狗

WD 基于提问和回答原理。MC33907/08 提供默认 LFSR 值，但 MPC5744P 可以在 INIT 阶段通过 SPI 向 MC33907/08 发送一个 8 位种子。这个种子初始化 MC33907/08 的线性反馈移位寄存器 (LFSR)。

然后，MPC5744P 和 MC33907/08 使用同一个种子运行预定义计算。MPC5744P 在 WD 窗口开启时将计算结果发送到 MC33907/08，结果由 MC33907/08 进行验证。如果结果正确，则 LFSR 递增，生成新的伪随机字，WD 刷新计数器递增，窗口重启。然而，如果结果不正确，则 WD 错误计数器递增，WD 窗口重启。

对于每一个错误 WD 刷新，WD 错误计数器递增 2（最大为 6）。对于每一个正确 WD 刷新，WD 错误计数器递减 1（最小为 0）。当 WD 错误计数器达到 6，生成一次复位，RST 错误计数器递增 1。WD 错误和 RST 错误计数器可以由 MPC5744P 通过 SPI 分别从 WD_Counter 寄存器和 Diag_FS2 寄存器读取。错误计数器状态图参见图 18。

当 MPC5744P 生成复位时，MC33907 复位错误计数器递增 1。当 MPC5744P 从复位状态恢复时，MC33907 将处于 INIT 阶段，窗口开启 256 ms 以便再次配置器件，并发送第一个良好 WD 刷新。一旦发出第一个良好 WD 刷新，MC33907 故障安全监控便会要求周期性 WD 刷新。

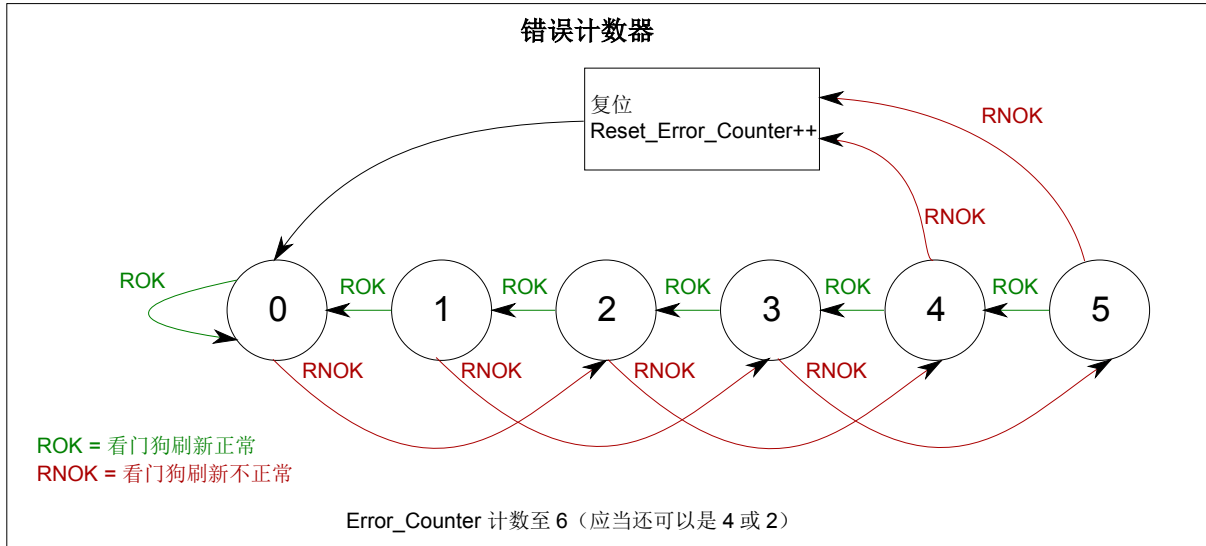


图18 MP33907/08 看门狗错误计数器状态图

如果 WD 连续正确刷新 7 次，则图 19 寄存器状态图中的 RST 错误计数器只能递减 1（前提是 WD 刷新计数器配置为 6，有关刷新计数器寄存器请参见图 20）。当 RST 错误计数器到达 3 的时候，MC33907/08 激活 FS 引脚 (FS0b)，并且如果 WD 继续进行不正确刷新，同时如果 RST 错误计数器到达 6，则 MC33907/08 关断所有稳压器，进入深度故障状态模式。此时，需要新的上电顺序或密钥关断/导通以恢复（建议将密钥信号连接至 IO_0 – 更多信息请参考 freescale.com 网站上的 AN4766）。此外，MC33907/08 可以配置为 RST 错误计数器到达 1 时激活 FS 引脚，并在 RST 错误计数器到达 3 时进入深度故障状态模式（更多详情请参考 freescale.com 网站上的 MC33907/08 数据手册）。

当 MPC5744P 检测到 RESET_B 信号上的下降沿时，外部复位触发复位顺序的启动信号。

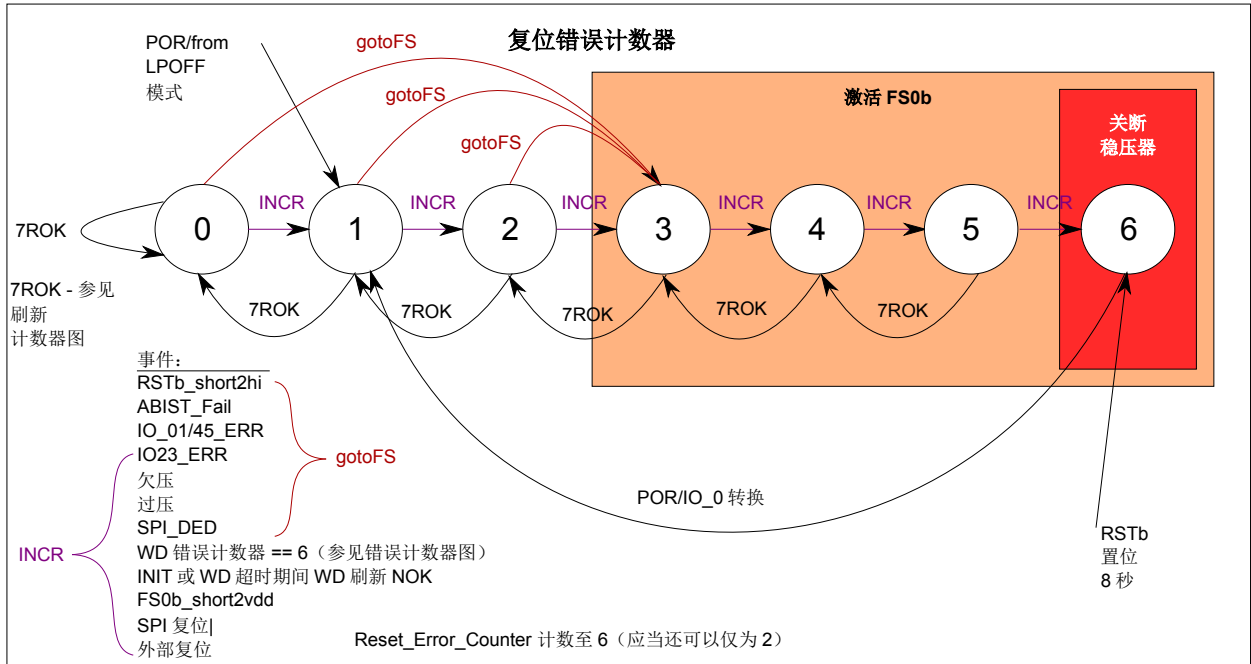


图19 MP33907/08 看门狗复位错误计数器状态图

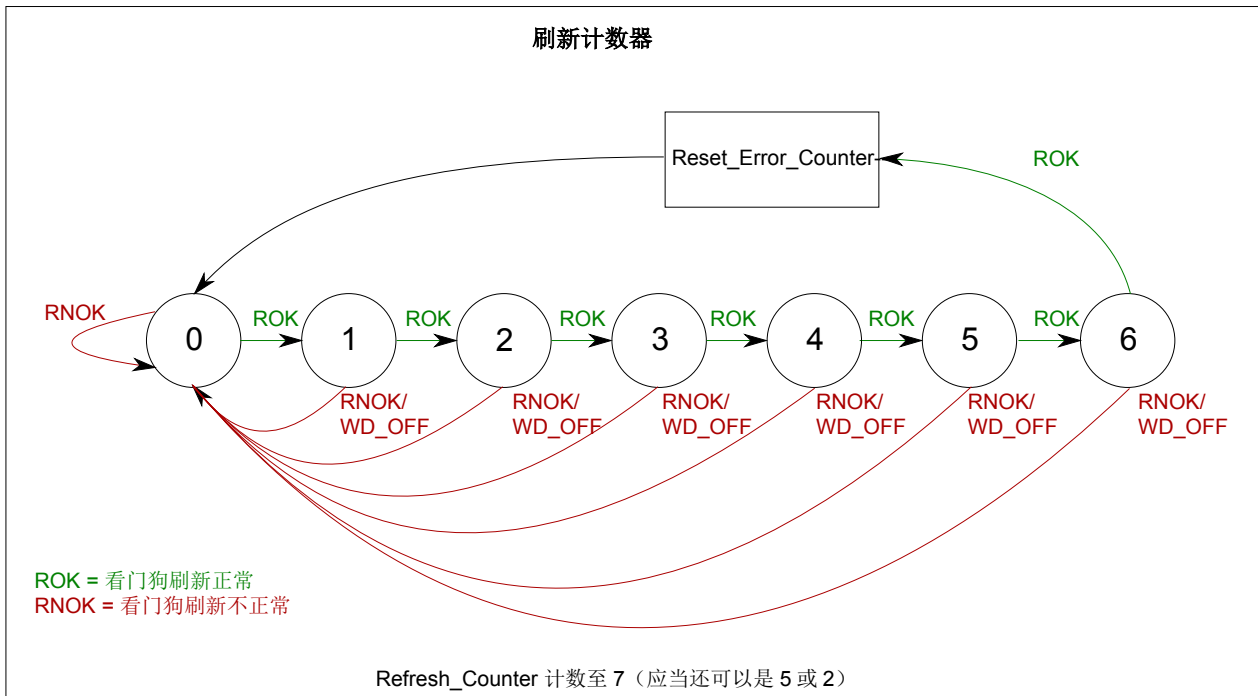


图20 MP33907/08 看门狗刷新计数器状态图

5.3. 错误输出监控器

MPC5744P 故障采集和控制单元 (FCCU) 支持两个外部引脚 FCCU_F[0]和 FCCU_F[1]，用于错误指示。当 FCCU 接收故障信号时，会通过 FCCU_F[1:0]信号向外界报告故障。如果指示了错误，则系统可能关断或复位 MPC5744P，作为错误信号的反应。

安全要求[SAG_MPC5744P_043]–外部器件必须通过 FCCU_F[0]（以及可选的 FCCU_F[1]）连接 FCCU，以便持续监控 FCCU 的错误输出引脚。

MC33907/08 通过提供针对 MPC5744P 错误输出信号的 FCCU 监控满足安全要求。MC33907/08 IO_2 和 IO_3 引脚默认配置为安全输入，用于持续监控 MPC5744P FCCU 输出。

当 IO_2 和 IO_3 引脚配置为 FCCU 监控输入时，只能使用双稳定协议。此模式下，第二个输出 FCCU_F[1]是第一个输出 FCCU_F[0]的反相信号。在复位或自测阶段，FCCU_F[1:0]引脚设置为高阻抗。正常状态下，如果未触发 FCCU 故障，则 FCCU_F[1:0]=01。FCCU_F[1:0]=10 表示故障条件。

当 IO_2 和 IO_3 引脚发出故障信号时，MC33907/08 以下列方式之一处理错误：

- 置位RSTb（低电平有效）以复位MPC5744P
- 置位FS0b（低电平有效）以关断系统

5.4. 功能性和破坏性复位升级

这些特性由 MPC5744P RGM 模块实现。

功能性复位升级可通过向 RGM_FRET 寄存器的 FRET 字段写入一个非零值启用。如果在软件写入 RGM_FRET 寄存器之间发生“功能性”或外部复位数（在 RGM_FRET 中编程设置），则该特性用来生成“破坏性”复位。破坏性复位升级可通过向 RGM_DRET 寄存器的 DRET 字段写入一个非零值启用。如果在软件写入 RGM_DRET 寄存器之间发生“破坏性”复位数（在 RGM_DRET 中编程设置），则该特性用来将 MPC5744P 保持在复位状态，直到上电触发复位顺序。若 MPC5744P 保持复位状态，则表示 MC33907/08 进入深度故障状态模式，所有稳压器关断。有两种方式可以唤醒 MC33907/08（后跟 MPC5744P）。第一种是关闭和开启电源-MC33907/08 上电复位。第二种是 MC33907/08 上的 IO_0 引脚转换（IO_0 = 0，后跟 IO_0 =1）。IO_0 通常连接至汽车的点火密钥，以唤醒 MC33907/08。

6. 结论

本应用笔记描述了将 Freescale MPC5744P 与 MC33907/08 集成的硬件方面信息。更多信息，请参阅[参考](#)部分提到的文档。

飞思卡尔 SafeAssure 计划：功能安全，更为简便。

有关更多信息，请访问 www.freescale.com/SafeAssure。

7. 参考

有关更多信息，请参阅 freescale.com 网站上的下列文档：

- AN4442: *面向安全应用的MPC5643L与MC33907/08集成*
- AN4766: *MC33907/08 硬件设计与产品指南*
- MPC5744PRM: *MPC5744P 微控制器参考手册*
- MPC5744P: *MPC5744P 数据手册*
- MC33907-MC33908D2: *MC33907/08 数据手册*
- MPC5744PSM: *MPC5744P 安全手册*
- MC33907_8SMUG: *MC33907/08 安全手册*



联系方式:

主页:

freescale.com

网络支持:

freescale.com/support

本文档中的信息仅供系统和软件实施方使用 Freescale 产品。本文并未明示或暗示授予利用本文档信息进行设计或者加工集成电路的版权许可。

Freescale 保留对本文档中所述任何产品进行更改的权利，恕不另行通知。Freescale 对其产品在任何特定用途方面的适用性不做任何担保、表示或保证，也不承担因为应用或使用产品或电路所产生的任何责任，明确拒绝承担包括但不限于后果性或附带性损害在内的所有责任。Freescale 的数据表和/或规格中所提供的“典型”参数在不同应用中可能并且确实不同，实际性能会随时间而有所变化。所有运行参数，包括“典型值”在内，必须经由客户的技术专家对每个客户的应用程序进行验证。Freescale 未转让与其专利权及其他权利相关的许可。Freescale 销售产品时遵循以下网址中包含的标准销售条款和条件：

freescale.com/SalesTermsandConditions。

Freescale 和 Freescale 徽标是 Freescale Semiconductor, Inc. 的商标美国专利及商标局注册。

SafeAssure 和 SafeAssure 标识是 Freescale Semiconductor, Inc. 的商标。所有其它产品或服务名称属于其各自所有者。

© 2016 Freescale Semiconductor, Inc.

文档编号: AN5099
Rev. 0
04/2015

