

塔式开发系统电源配置介绍

作者: Jiri Kotzian

1 概述

Freescal 塔式系统是一款模块化开发平台，通过快速评估和原型设计实现深入开发。Freescal 塔式系统集成多个开发模块，为设计人员提供从入门级到高级应用开发的构件块。设计人员可选择 8-32 位微控制器处理器模块、外设模块和塔式插件，并通过塔式梯板模块将它们连接起来，从而快速、便捷地开始应用开发。此外，设计人员还可以创建自己的塔式系统模块，或使用客户电路的原型模块。

在任何电子系统中，供电都是重要的组成部分。电源结构是系统稳定性的主要影响因素。Freescal 塔式系统提供多种供电方案。本应用笔记将描述塔式系统的各种电源方案，解释某些不确定因素，并提醒开发人员注意其限制条件。

2 塔式系统电源

Freescal 塔式系统可通过多种方案供电。每种方案具有其优势和限制，接下来将简要说明。

主要的可用电源方案有：

- 从塔式系统梯板模块供电（USB 连接器、终端模块），
- 从模块上 USB 连接器连接的模块供电（OSBDM、CMSIS-DAP 等部分），
- 或采用其自身电源。

塔式系统中的主电源电压为

内容

1	概述.....	1
2	塔式系统电源.....	1
2.1	塔式系统电源引脚.....	2
2.2	塔式系统梯板模块电源.....	3
2.3	从 USB 连接器向塔式系统供电	6
2.4	自有电源.....	9
2.5	为塔式系统的模拟部分供电.....	9
2.6	总电源框图.....	9
3	总结.....	11
4	参考文档.....	11

- 5 V — 塔式系统中的主电源电压，由外部供电且仅经过滤波
- 3.3 V — 稳压电源，为微控制器和其他电路供电

其他电压

根据不同的模块和元件，特定用途所需的高低电压也不一样。例如，DDR 存储器需要 1.5 V 供电电压、内核需要 1.2 V 供电电压，而用于电机控制的 H 桥电路则需要更高的电压。这些电压必须从特定模块获取，或由外部电源提供。

常规限制

常规限制之一是关于 USB 的最大电流，USB 2.0 为 500 mA，具体取决于端口类型。侧面的塔式梯板连接器用于模块互连。塔式梯板连接器的最大电流限制为 2.5 A，但不能同时所有引脚上输出。没有明确限定最大使用次数（塔式模块的插/拔）。使用次数只是一个用于安全工作的数值。

塔式系统模块分类

从供电方面来看，塔式系统模块（非电路板）可分为两类：

- 自供电模块：这些模块可以从一个主电源上产生所有所需的电压，如 USB 连接器。所有塔式系统的控制器模块均为自供电模块。
- 无源模块：这些模块依靠外部电源供电。模块自身没有稳压器。大多数塔式系统的外设模块为无源模块。由塔式系统梯板模块供电。

2.1 塔式系统电源引脚

塔式系统梯板模块（梯板模块）由主侧板和副侧板组成。梯板模块包含 82 个引脚，位于 4 个栏位中。从 A 至 D 分为四行：A 行和 B 行位于主侧板上，C 行和 D 行位于副侧板上，每行均含有电源引脚。下表列出了电源引脚汇总。

侧板主连接器							
引脚 编号	B侧			引脚 编号	A侧		
	名称	说明	I/O		名称	说明	I/O
B1	5V	5.0 V电源	-	A1	5V	5.0 V电源	-
B2	GND	接地	-	A2	GND	接地	-
B3	3.3V	3.3 V电源	-	A3	3.3V	3.3 V电源	-
B4	ELE_PS_SENSE	侧板电源检测	I/O	A4	3.3V	3.3 V电源	-
B5	GND	接地	-	A5	GND	接地	-
B6	GND	接地	-	A6	GND	接地	-
机械按键							
B26	GND	接地	-	A26	GND	接地	-
B31	GND	接地	-	A31	GND	接地	-
B36	3.3V	3.3 V电源	-	A36	3.3V	3.3 V电源	-
B49	GND	接地	-	A49	GND	接地	-
B65	GND	接地	-	A65	GND	接地	-
B81	GND	接地	-	A81	GND	接地	-
B82	3.3V	3.3 V电源	-	A82	3.3V	3.3 V电源	-

侧板第二连接器							
引脚 编号	D侧			引脚 编号	C侧		
	名称	说明	I/O		名称	说明	I/O
D1	5V	5.0 V电源	-	C1	5V	5.0 V电源	-
D2	GND	接地	-	C2	GND	接地	-
D3	3.3V	3.3 V电源	-	C3	3.3V	3.3 V电源	-
D4	ELE_PS_SENSE	侧板电源检测	I/O	C4	3.3V	3.3 V电源	-
D5	GND	接地	-	C5	GND	接地	-
D6	GND	接地	-	C6	GND	接地	-
机械按键							
D26	GND	接地	-	C26	GND	接地	-
D31	GND	接地	-	C31	GND	接地	-
D36	3.3V	3.3 V电源	-	C36	3.3V	3.3 V电源	-
D49	GND	接地	-	C49	GND	接地	-
D65	GND	接地	-	C65	GND	接地	-
D81	GND	接地	-	C81	GND	接地	-
D82	3.3V	3.3 V电源	-	C82	3.3V	3.3 V电源	-

图 1. 电源引脚汇总

注

只有存在自供电塔式系统模块时，才会对副侧板供电。自供电塔式系统模块在主侧板和副侧板间创建了连接。例如，无源/外设 TWR-SER 塔式系统模块不连接 5 V、3V3 和 ELE_PS_SENSE 引脚，只是接地。

2.2 塔式系统梯板模块电源

塔式系统梯板模块用于塔式模块互连并为其供电。主侧板由带有 3.3 V 线性稳压器的电源电路组成。主侧板供电是塔式系统供电的主要方式。

电源连接器位于主侧板的底部。电源通过 USB 连接器或接线板提供。供电方式可通过主侧板右侧的三位开关进行选择。

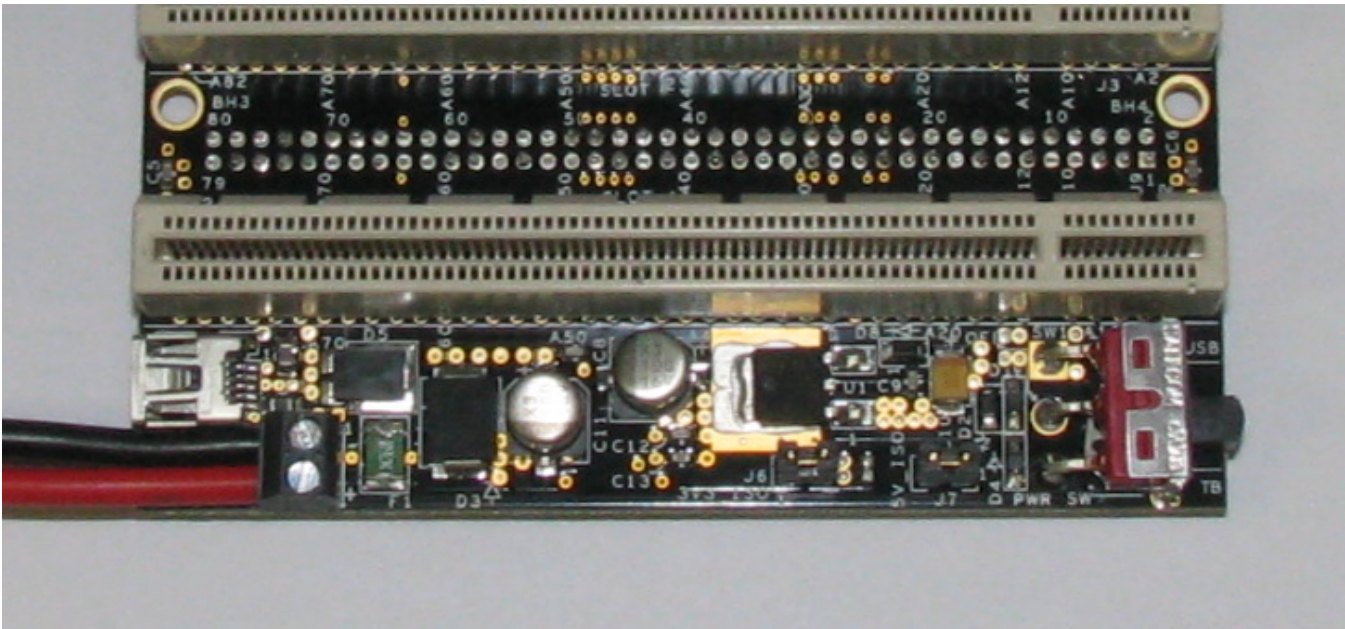


图 2. 塔式系统主侧板使用外部电源

图 2 显示的是由外部电源供电。三位开关拨至底部位置。使用接线板。

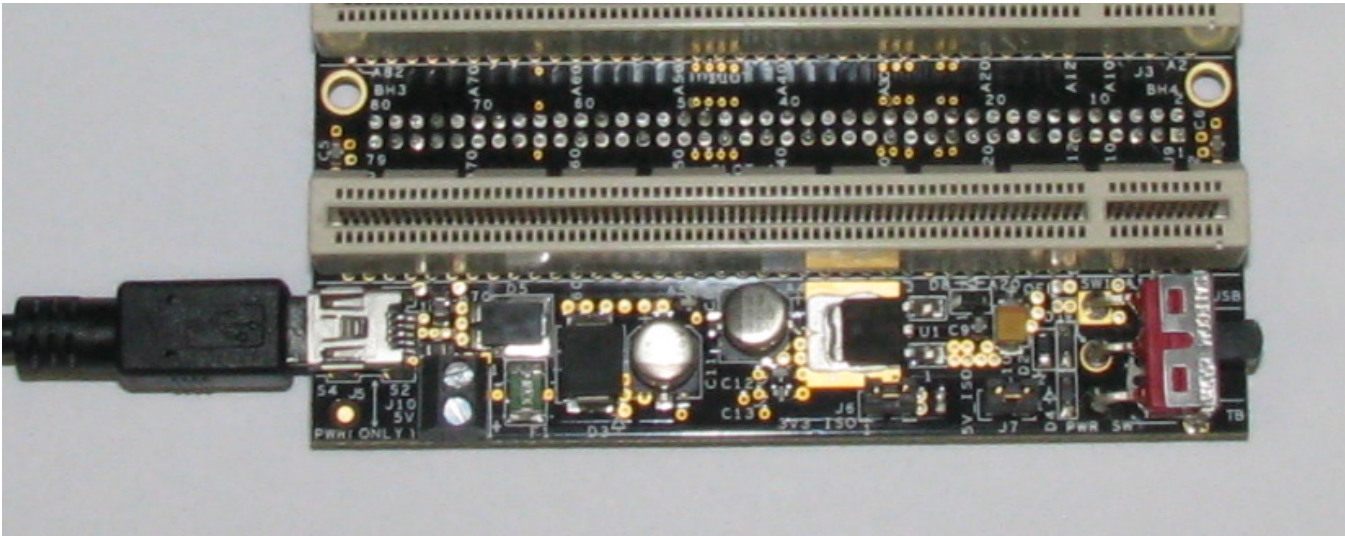


图 3. 塔式系统主侧板使用 USB 电缆电源

图 3 显示的是由 USB 电缆电源供电。三位开关拨至顶部位置。使用 mini USB 连接器。

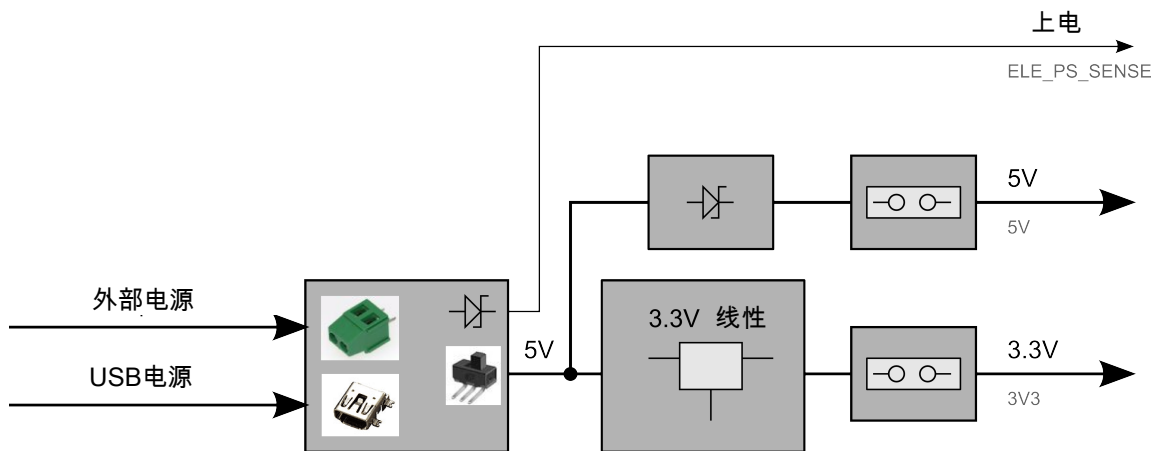


图 4. 塔式系统主侧板电源框图

塔式系统主侧板电源包含用于连接外部电源的两个连接器、用于选择电源的三位开关、线性 3.3 V 稳压器、两个隔离跳线插座、当前电源指示 LED 和当前电源信息信号。框图如图 4 所示。

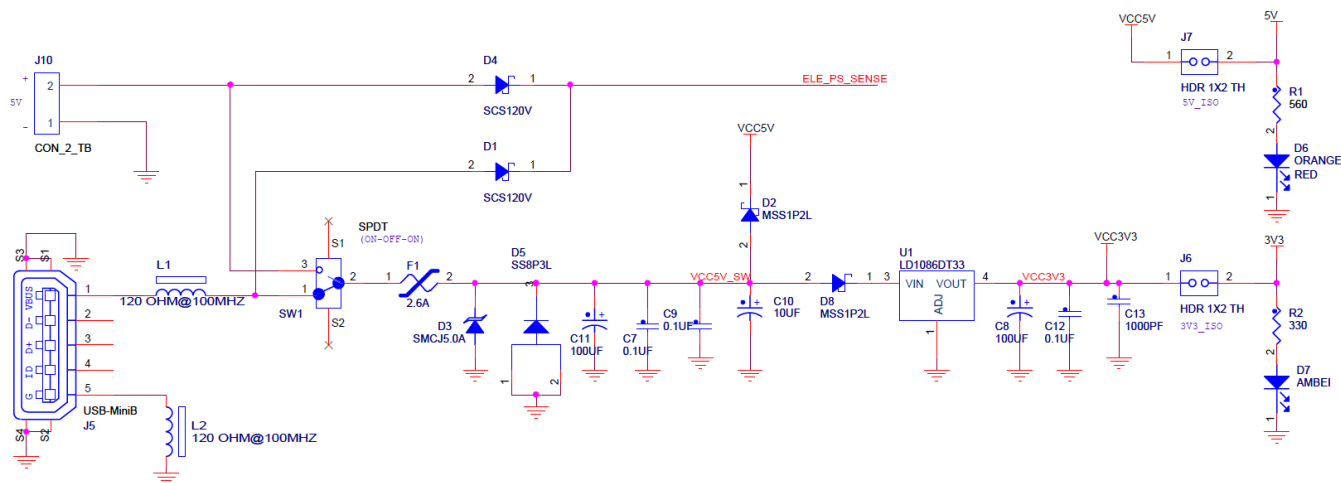


图 5. 塔式系统主侧板电源原理图

主侧板电源原理图（见图 5）显示了配备反向电流保护（利用肖特基二极管 D2）的电路。线性稳压器 U1 未配备集成的反向电流保护。电路包括滤波线圈、熔断器 F1、过压保护 D3 和 ELE_PS_SENSE 信号电路[2]。

5 V 电压由红色 LED 指示（原理图符号为 5V）。3.3 V 电压由桔色 LED 指示（原理图符号为 3V3）。两种电压源均可通过跳线与塔式系统的其他部分隔离。

2.2.1 原理图信号说明

- **ELE_PS_SENSE** — 指示梯板模块由主侧板电源供电。
- **5V** — 塔式系统中的主电源电压。此供电电压来自外部电源。电源经滤波，并由熔断器 F1 保护，由瞬态二极管 D3 确保电压电平，及肖特基二极管 D8 用于极性保护。电压电平因 USB 电压电平容差和极性保护而异。
- **接地** — 塔式系统中最重要的信号。用户必须谨慎对待，在处理精确模拟测量、高频和大电流情况时尤其如此。

2.2.2 参数

USB 5 V 电源:

首先, 通过 USB 规范 (USB 1.1、2.0 或 3.0) 指定输出电压。电源电压范围应限制在 $\pm 5\%$ 内, 即高功率端口为 4.75–5.25 V, 低功率端口为 4.40–5.25 V (根据 USB 2.0 规范) [3]。最大电流也由 USB 规范限制, 还取决于驱动请求及操作系统。例如, 一个已连接的 USB 设备起初使用 100 mA 电流, 在接收到驱动请求后, 使用电流可高达 500 mA。最大电流也由 USB 端口类型决定 — 低功率集线器端口大于 100 mA, 高功率集线器端口大于 500 mA。某些操作系统不执行该过程, 无需请求便提供最大电流。请参见通用串行总线规范[3]。

对于外部电源 (连接接线板) 的情况, 电流受限于内部熔丝 (2.6 A) 和电源装置。

注

用户必须查看 USB 主机限制, 并注意考虑电缆压降。

3V3 (3.3 V) 电源:

参数受限于模块上的线性稳压器。当前版本中使用的是 3.3 V LD1086 线性稳压器。25 °C 下的典型负载稳压为 1 mV (最大为 16 mV)。该稳压器的最大电流为 1.5 A。

输入电压:

电流为 100 mA 时, 集成稳压器的压降 V_D 为 1.1 V (1.5 A 时, 典型为 1.3 V/最大为 1.5 V)。对于最小输入电压肖特基二极管, 需要考虑压降 V_{D8} 。压降范围可为 0.26–0.45 V。当使用 USB 供电时, 用户必须谨慎, 并检查线性稳压器是否能正常工作。通过定义等式 1, V_{CC5Vsw} 为输出电压和压降之和。

$$V_{CC5Vsw} = V_{3V3} + V_D + V_{D8}$$

等式 1.

例如, 在 100 mA 和 25 °C 时, 最小供电电压为:

$$\text{最小 } V_{CC5Vsw} = 3.3 + 1.1 + 0.33 = 4.73 \text{ V}$$

在 500 mA 和 25 °C 时, 最小供电电压为:

$$\text{最小 } V_{CC5Vsw} = 3.3 + 1.15 + 0.39 = 4.84 \text{ V}$$

虽然电流较低时, 常规压降 V_D 较低; 但是还有来自 USB 电缆、塔式梯板模块和模块内部电源路径上的压降。当使用 USB 供电时, 用户必须谨慎, 并检查线性稳压器是否能正常工作, 确保在所用电流范围内提供稳定的 3.3 V。特别应检查模拟参考电压。

注

始终检查主侧板输出的电压电平, 尤其是电压电平敏感电路中的 P3V3 信号。

2.3 从 USB 连接器向塔式系统供电

独立塔式系统模块可利用模块上的电源供电。在此情况下侧板无需电源。

框图如图 6 所示。塔式模块插入 USB 接口后, 电源就会经过滤波并对模块上的调试器电路供电。如果主机操作系统成功识别了一个设备, 则可以提升主机所供的最大电流。随后, 模块上的调试器电路启动电子开关使模块其他部分通电。电子开关输出通常启用提供 3.3 V 线性或开关稳压器的 5 V 电压分支, 然后模块开始工作。新型的微控制器模块还需要更低的电压, 例如, 向 DDR 存储器提供 1.5 V 电压或向内核提供 1.2 V 电压。

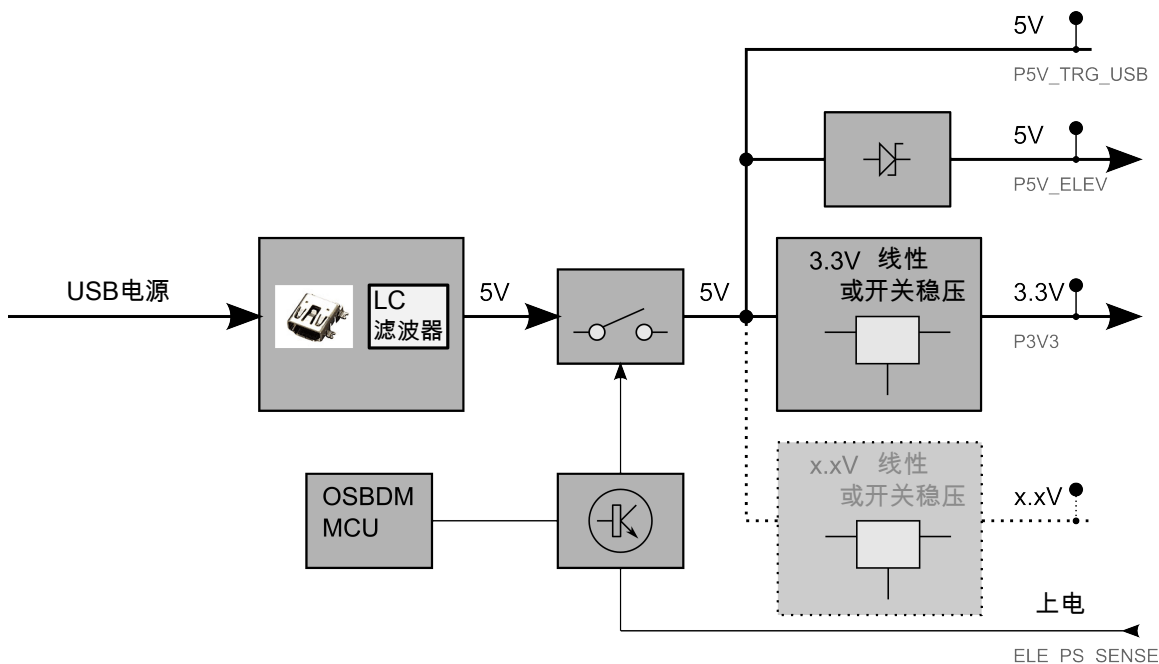


图 6. 塔式系统模块电源框图

若其他塔式模块需要连接到主控制模块（例如，串行模块），侧板的作用则十分重要。在此情况下，可以从梯板模块供电，也可以从主控制模块供电。然后通过专用信号控制电源。若同时供电，则梯板电源优先供电。

模块上的电源通过两种方法控制:

- 模块上的调试电路 (OSBDM、OSJTAG、Open-SDA 和 CMSIS-DAP 等)
- 外部控制信号 ELE PS SENSE

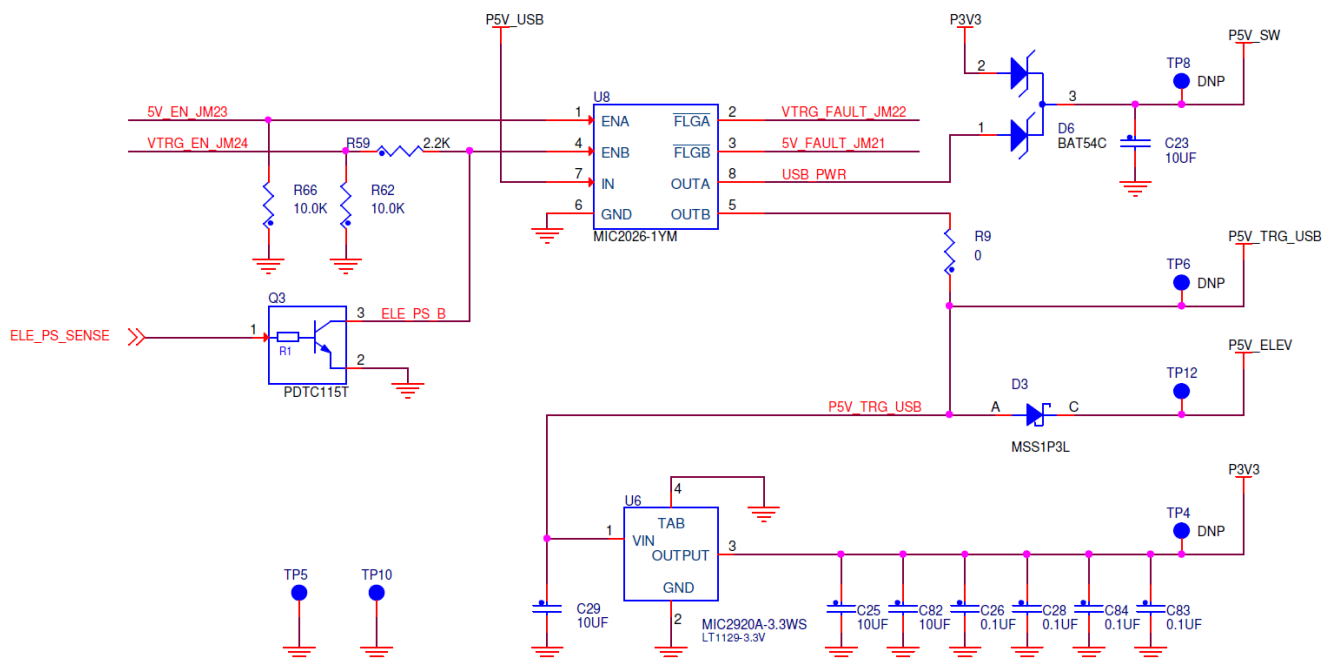


图 7. TWR-PXN20 塔式模块的电源部分

图 7 显示了塔式系统模块 (TWR-PXN20) 电源部分的示例[4 和 5]。晶体管 Q3 由梯板模块发出的 ELE_PS_SENSE 信号控制。如果信号为低电平, 则使用模块电源。P5V_USB 标签表示模块上 USB 连接器提供的电源。该电源 (5 V 电平) 连接到 U8 电子开关。模块上的 OSBDM 电路将 VTRG_EN_JM24 信号变为高电平可允许为模块其余部分供电, VTRG_EN_JM24 信号连接到 U8 电子开关的 ENB 输入。然后, OUTB 输出 (引脚 5) 与 U8 电子开关的 IN 输入 (引脚 7) 连通, 3.3V 稳压器 U6 上电, 模块电源为 P5V_ELEV 和 P3V3 供电。电源给模块供电, 并通过梯板模块给其他相连的塔式模块供电。

如果供电 USB 电缆与主侧板连通, 则 ELE_PS_SENSE 信号为高电平, Q3 为开路, 而 U8 开关的 B 部分和 U6 稳压器均为禁用状态。此时模块从主侧板接受供电。由梯板模块提供的电源具有优先性。

注

如果此时主侧板也存在供电, 则 ELE_PS_SENSE 为高电平, 这将禁用 3.3V 稳压器, 该稳压器向塔式侧板提供 5 V 和 3V3 电压线 (即, 如果该信号为高电平, 所有塔式系统模块均会停止向塔式侧板供电)。

2.3.1 塔式 TWRPI

塔式插件 (TWRPI) 是扩展塔式系统模块功能的一种途径, 通过向 TWRPI 插座插入小型模块实现。TWRPI 模块有各种类型, 需要 5 V 和 3.3 V 电源。

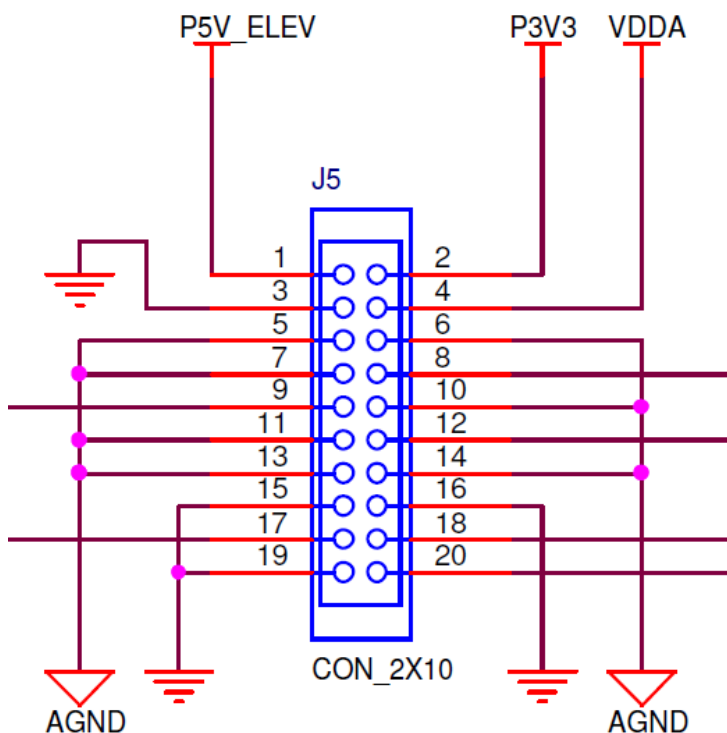


图 8. 为 TWRPI 子模块供电的正确方法

图 8 显示了 TWRPI 插座的原理图示例。一些塔式模块通过连接引脚 1 从塔式系统梯板模块获得 5V 电压, 符号为 (P5V_ELEV), 5V 电压被肖特基二极管进行过级性保护。这意味着电平达不到 5 V, 只能达到 5 V 减去二极管压降 (0.2–0.5 V, 具体取决于电流) 后的电压。而另一些塔式模块没有二极管保护直接连接到 5 V 电压 (符号为 P5V_TRG_USB)。[6 和 7]

注

用户须牢记 5 V 电压电平的不确定性。

2.3.2 参数

电源方案的参数受到 USB 主机和模块设计的限制。

2.4 自有电源

一些设备需要电源提供不同的电压水平，特别是电机控制或功率控制等高功率应用。对于这些应用，设备必须创建其自有电源。在此情况下，可以使用 TWR-PROTO 原型模块，也可以创建其自有的模块。

从供电角度而言，用户必须确保：

- 接地良好 — 遵循模拟和数字的单点接地规则。
- 向塔式侧板供电时，通过 ELE_PS_SENSE 信号关闭模块电源。
- 3.3 V 模块电源连接到 P3V3 塔式侧板引脚。
- 5 V 模块电源连接到 P5V 塔式侧板引脚。
- 确保稳压器能够稳定无电压输入时的电压输出，这种情况在 ELE_PS_SENSE 信号未关闭电源时可能会发生。

注

开始操作前请参见《AN4390: Creating your own Tower Module》[8]。

2.5 为塔式系统的模拟部分供电

当今的微控制器通常具备 10-12 位精度的模数 (A/D) 转换器。每个数字位代表一个很小的电压值。精确的参考电压是获取正确转换值的关键。

例如：对于 10 位 ADC，模拟电压范围 V_A 为 3.3 V。10 位分辨率的数字电平数 N_{ADC} 为 $2^{10} = 1024$ 个数字电平。见以下等式。

$$V_{LSB} = V_A / (N_{ADC} - 1) = 3.3 / 1023 = 3.22 \text{ mV}$$

等式 2.

从上述等式中，可以计算出 10 位 ADC 对 3.3 V 范围可提供每位 3.22 mV 的分辨率。与电源电压或参考电压的期望精度相比，这是一个非常小的值。由于电缆、电线和 PCB 走线上存在压降，塔式系统的各电压 (5 V 和 3.3 V) 并不是很精确。

注

用户在使用 5 V 和 3V3 作为模拟电路的参考电压时必须特别谨慎。对于高精度应用，请使用参考电压电路。

2.6 总电源框图

一个完整的塔式系统通常由多个塔式模块组成：一个主控制塔式模块或 MCU 模块（例如，TWR-K60-512、TWR-PXN20 和 TWR-VF65 等），以及 1-3 个外设或客户模块（例如，TWR-SER 和 TWR-SER2）。

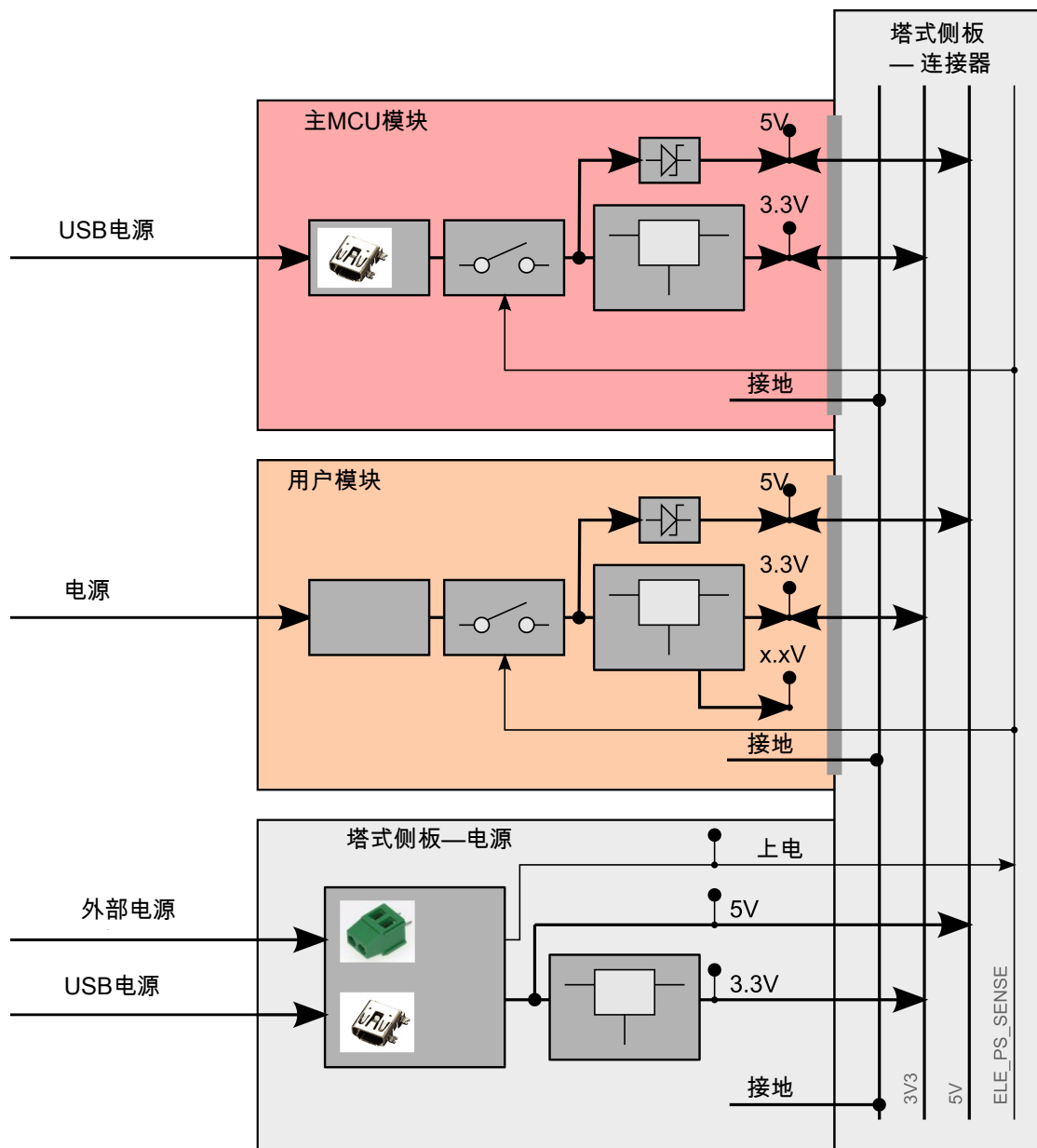


图 9. 完整塔式系统的电源框图

完整塔式系统的框图如图 9 所示。图中，红色矩形表示主 MCU 模块，桔色矩形表示用户模块，灰色矩形表示主侧板。主侧板位于右侧（如右侧灰色矩形所示），其集成电源由底部灰色矩形表示。如果供电 USB 电缆插入主 MCU 模块的 USB 电源，模块上的电路会对此电源滤波并生成 5 V 和 3.3 V 电源电压。这两个电压在主控制模块内部使用，也通过塔式系统梯板模块为塔式系统的其他部分供电。如果未连接供电 USB 电缆，模块可以由梯板模块供电（在图中以双向箭头显示）。

用户模块的情况类似。它可以具有自身电源，或者依靠梯板模块供电。如果模块需要其他电压，则必须在模块上生成——塔式系统仅支持 3.3 V 和 5 V 电压。

如果主侧板由外部电源或 USB 电源供电，则产生 ELE_PS_SENSE 信号，并且该信号在塔式系统中广播。其他插入模块应停止向梯板模块供电，以避免竞争。

3 总结

本应用笔记为开发人员提供了塔式系统供电、可用电源方案及限制条件的全面说明。电源在任何电子系统中都是极为重要的元素，基于此认识，开发人员应能够在所有需要电源的情况下安全使用塔式系统。

4 参考文档

关于塔式系统和本应用笔记中所含其他部分的更多信息，可参考下列文档（可从 freescale.com 获取）。

1. 塔式系统网页，freescale.com/tower
2. 塔式系统主侧板电源原理图，[主侧板原理图](#)
3. 通用串行总线规范，usb.org/developers/docs
4. TWR-PXN20: Power Architecture® PXN20 MCU 塔式系统模块，freescale.com/TWR-PXN20
5. TWR-PXN20 原理图 PDF 文件，[TWR-PXN20 原理图](#)
6. TWR-K60N512: Kinetis K60 塔式系统模块，[TWR-K60N512](#)
7. TWR-K60N512 原理图 PDF 文件，[TWR-K60N512 原理图](#)
8. AN4390: [Creating Your Own Tower Module](#)

How to Reach Us:**Home Page:**freescale.com**Web Support:**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。本文并未明示或者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 保留对此处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，也不承担因为应用程序或者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的或附带性的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“经典值”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, the Freescale logo, and Kinetis, are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc., Reg. U.S. Pat. & Tm. Off. All other product or service names are the property of their respective owners.

© 2013 Freescale Semiconductor, Inc.