

AN0002.0：EFM32 和 EZR32 无线 MCU 系列 0 硬件设计注意事项



本应用注释详细介绍了 EFM32 和 EZR32 无线 MCU 系列 0 设备的硬件设计注意事项。如需了解 EFM32 和 EFR32 无线 Gecko 系列 1 设备的硬件设计注意事项，请参考 *AN0002.1：EFM32 和 EFR32 无线 MCU 系列 1 硬件设计注意事项*

具体主题涉及支持的电源配置、电源滤波注意事项、调试接口连接以及外部时钟源。

此外，还包括对 EFM32 系列 0 微控制器的参考设计。

内容要点

- 去耦电容器对确保设备电源的完整性有着至关重要的作用。
- 调试接口有两个通信引脚（SWCLK 和 SWDIO）。
- 为确保正常运行，外部时钟源必须与设备正确连接。
- 本应用注释包括：
 - 本 PDF 文件
 - 参考设计 (zip)
 - OrCAD 原理图设计文件
 - PDF 原理图
 - 符号库 (OrCAD、CSV 和 Edif 格式)

1. 设备兼容性

本应用说明支持多个设备系列，某些功能因设备不同而有所差异。

EFM32 系列 0 包括：

- EFM32 Gecko (EFM32G)
- EFM32 Giant Gecko (EFM32GG)
- EFM32 Wonder Gecko (EFM32WG)
- EFM32 Leopard Gecko (EFM32LG)
- EFM32 Tiny Gecko (EFM32TG)
- EFM32 Zero Gecko (EFM32ZG)
- EFM32 Happy Gecko (EFM32HG)

EZR32 无线 MCU 系列 0 包括：

- EZR32 Wonder Gecko (EZR32WG)
- EZR32 Leopard Gecko (EZR32LG)
- EZR32 Happy Gecko (EZR32HG)

2. 电源概述

2.1 介绍

尽管 EFM32 和 EZR32 无线 MCU 系列 0 设备的平均电流消耗量非常低，对其进行适当的去耦依然很重要。因为所有数字电路均以与时钟边沿相对应的短脉冲汲取电流。特别是当几条 I/O 线路同时切换时，尽管平均电流消耗非常小，电源上的瞬态电流脉冲却可在几纳秒内达几百 mA。

这几种瞬态电流，如果要在高阻抗的供电线路上正常传导，必定会使电源电压产生极大噪音。为降低这种噪音，应使用去耦电容器在短时瞬变中补充电流。

2.2 去耦电容器

去耦电容器能够尽量缩短电源、MCU 以及地线之间的电流回路，以应对高频瞬变。因此，所有去耦电容器的安装位置都应该尽可能靠近其电源引脚、接地引脚和 PCB（印刷电路板）接地平面。

所有外部去耦电容器的额定工作温度范围都应当与应用环境的温度范围相吻合。例如，对于 -55°C 到 +85°C（支持标准温度范围的设备）或 -55°C 到 +125°C（支持扩展温度范围的设备）的温度范围来说，电容变化范围在 $\pm 15\%$ 内的 X5R 陶瓷电容器可能是合适的选择。

对于稳压器输出电容器（DECOPPLE 和 USB_VREGO，如有），系统设计者需特别注意与温度和偏置电压有关的电容器特性。若超出温度范围或直流偏置电压升高，有些电容器（特别是较小尺寸封装或使用价格较低电介质的电容器）的电容值会大幅降低。任何会使稳压器输出电容超出数据表限定范围的变化都有可能造成此次供电输出不稳定。

2.3 电源要求

对所有设备来说，电源引脚之间的电压要求和依赖关系都是需要高度重视的注意事项。无论采用哪种电源配置或拓扑结构，系统设计者都需确保能够达到这些电源要求。请参阅设备数据表，了解最大绝对额定值以及关于系统电压限制的更多详细信息。

EFM32 系列 0 电源要求

- VDD_DREG = AVDD = IOVDD

EZR32 无线 MCU 系列 0 电源要求

- VDD_DREG = AVDD = IOVDD = RFVDD

电源引脚概览

请注意，并不是所有设备上都存在所有电源引脚。下表介绍了每个电源引脚及其存在位置。

Table 2.1. Power Supply Pin Overview

Pin Name	Product Family	Description
VDD_DREG	All devices	Input to the internal digital LDO
AVDD	All devices	Supply to analog peripherals
DECOPPLE	All devices	Output of the internal digital LDO
IOVDD	All devices	GPIO supply voltage
USB_VREGI	All USB-enabled devices	Input to the internal 3.3 V LDO. Typically connected to the USB 5 V supply.
USB_VREGO	All USB-enabled devices	Output of the internal 3.3 V LDO
RFVDD	EZR32 无线 MCU 系列 0 only	Supply to radio analog. Note, RFVDD also supplies the radio power amplifier.

2.4 DECOUPLE

所有 EFM32 和 EZR32 无线 MCU 系列 0 设备中都包含一个内部线性稳压器，为内核和数字逻辑供电。DECOUPLE 引脚是数字 LDO 的输出脚，并且需要安装容量为 $1 \mu\text{F}$ 的电容器。

VDD_DREG 引脚是 LDO 的输入脚，而 DECOUPLE 引脚是 LDO 的输出脚。

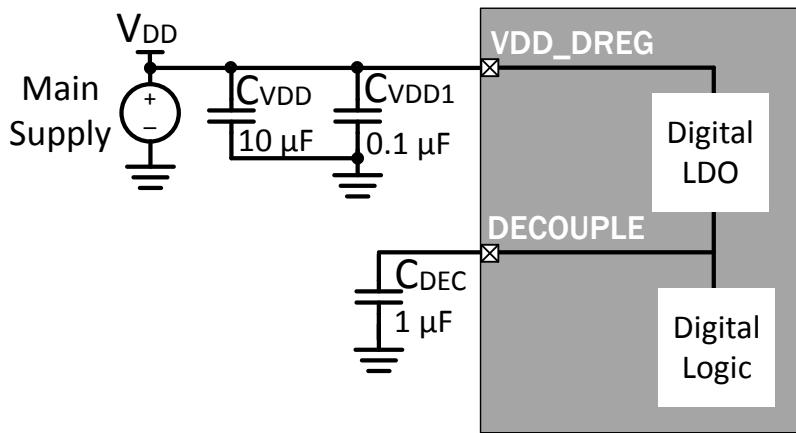


Figure 2.1. VDD_DREG 与 DECOUPLE

2.5 IOVDD

IOVDD 引脚为设备上所有 GPIO 引脚提供去耦。建议在每个 IOVDD 引脚上分配一个容量为 $0.1 \mu\text{F}$ 的电容器和一个容量为 $10 \mu\text{F}$ 的大容量电容器。如果同一电源中已有其他大容量电容器，可适当降低前述大容量电容器的电容量（例如，如果 IOVDD=AVDD=系统主电源，且主电源已有多个容量为 $10 \mu\text{F}$ 的电容器）。

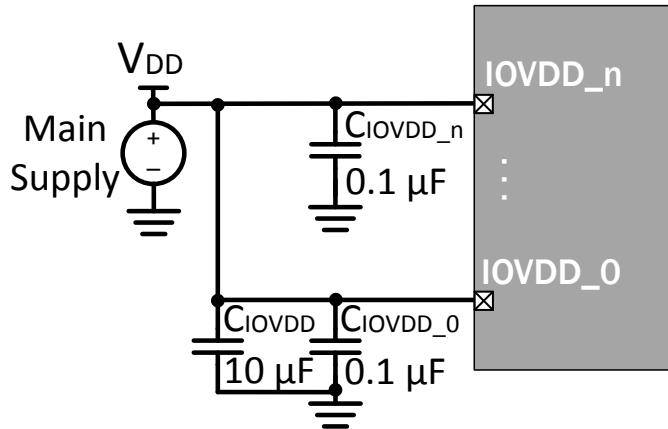


Figure 2.2. IOVDD 去耦

2.6 AVDD

设备的模拟外围设备性能会受 AVDD 电源质量的影响。对模拟性能要求较低的应用，可使用去耦方式更简单的 AVDD。对模拟性能要求极高的应用，则需采用更强大的去耦和滤波。

请注意，不同设备和封装中的 AVDD 模拟电源引脚数量可能有所不同。

2.6.1 AVDD 标准去耦

下图介绍了对 AVDD 引脚进行去耦的标准方法。一般而言，一个 $10 \mu\text{F}$ 大容量电容器 (C_{AVDD}) 以及一个适用于每个 AVDD 引脚的 10nF 电容器 (C_{AVDD_0} 至 C_{AVDD_N}) 必须提供。

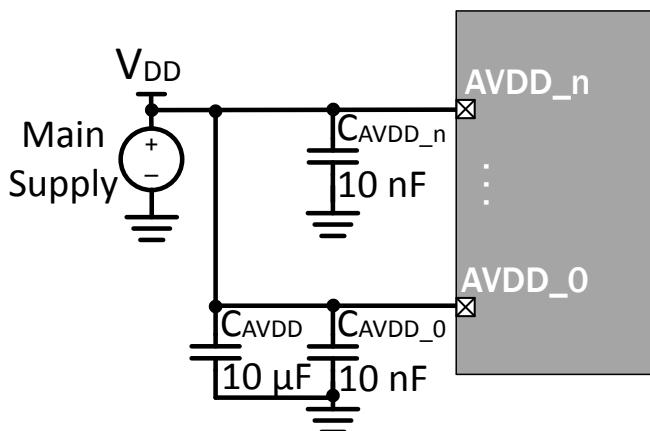


Figure 2.3. AVDD 标准去耦

2.6.2 AVDD 改良去耦

下图介绍了对 AVDD 引脚进行去耦和滤波的改良方法。一般而言，一个 $10 \mu\text{F}$ 大容量电容器 (C_{AVDD}) 以及一个适用于每个 AVDD 引脚的 10nF 电容器 (C_{AVDD_0} 至 C_{AVDD_N}) 必须提供。此外，一个铁氧体磁珠串联 1Ω 电阻可提供额外的电源滤波和隔离。

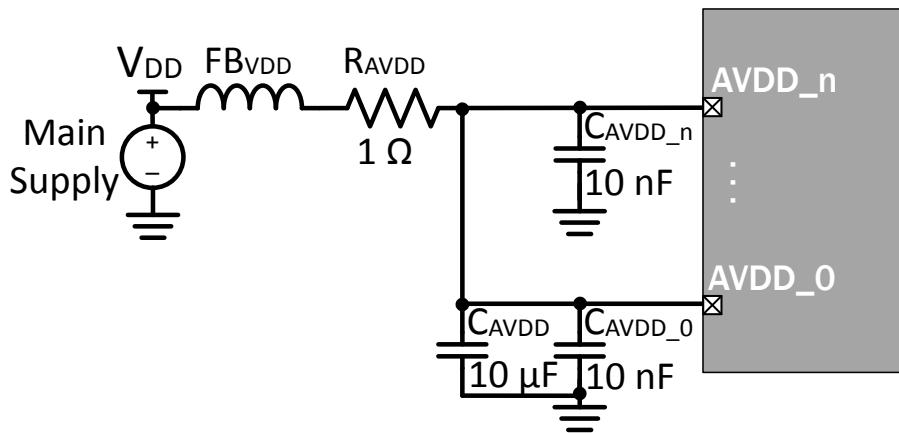


Figure 2.4. AVDD 改良去耦

下表列出了推荐用于 AVDD 滤波的一些铁氧体磁珠部件编号。

Table 2.2. Recommended Ferrite Beads

Manufacturer	Part Number	Impedance	I _{MAX} (mA)	DCR (Ω)	Operating Temperature (°C)	Package
Würth Electronics	74279266	1 kΩ @ 100 MHz	200	0.600	-55 to +125	0603/1608
Murata	BLM21BD102SN1D	1 kΩ @ 100 MHz	200	0.400	-55 to +125	0805/2012

2.7 USB (USB_VREGI 和 USB_VREGO)

一些 EFM32 和 EZR32 无线 MCU 系列 0 设备集成了 USB 控制器和 3.3 V LDO。下图中介绍了对 USB_VREGI 和 USB_VREGO 引脚进行连接和去耦的标准方法。此外，图中的 USB 5 V 感应线路 (USB_VBUS) 与 V_{USB} 直接连接。

为避免违反 USB 的规格，V_{USB} 总电容不应超过 10 μ F。请参阅《AN0046: USB 硬件设计指南》中对 USB 应用的详细硬件指导。

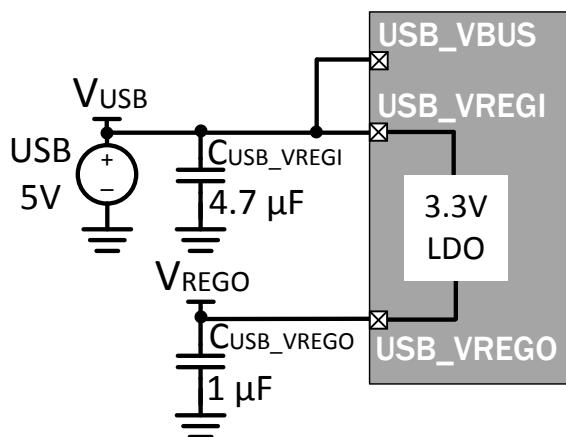


Figure 2.5. USB_VREGI 和 USB_VREGO 去耦

3. 供电连接配置示例

3.1 EFM32 系列 0—标准去耦示例

下图介绍了标准的去耦方法。这种配置较简单且使用的元件最少，同时还能为许多应用提供充分的噪声抑制。

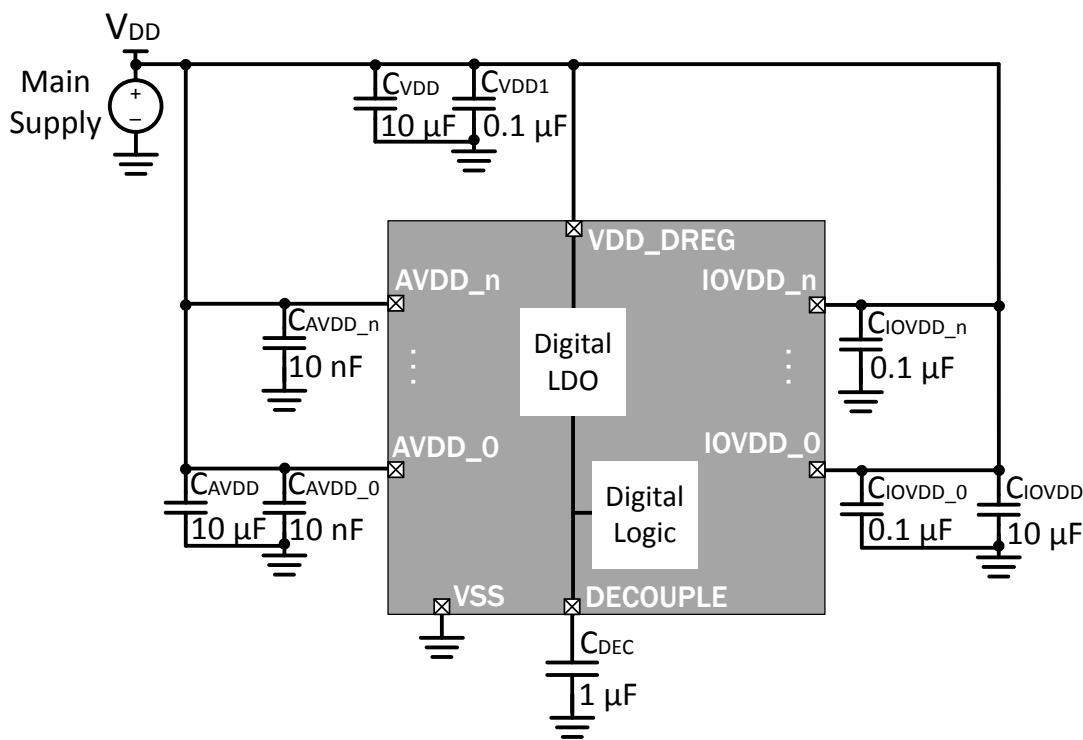


Figure 3.1. EFM32 系列 0 标准去耦示例

3.2 EFM32 系列 0—改良的 AVDD 滤波示例

如下图所示，这种去耦方法可以提供更好的噪声抑制，并通过使用前述的铁氧体磁珠和电阻在数字和模拟电源引脚之间进行更好的隔离。需要更高的 ADC 准确度时应首选这种配置。参考 [Table 2.2 Recommended Ferrite Beads on page 5](#) 中推荐的铁氧体磁珠部件编号。

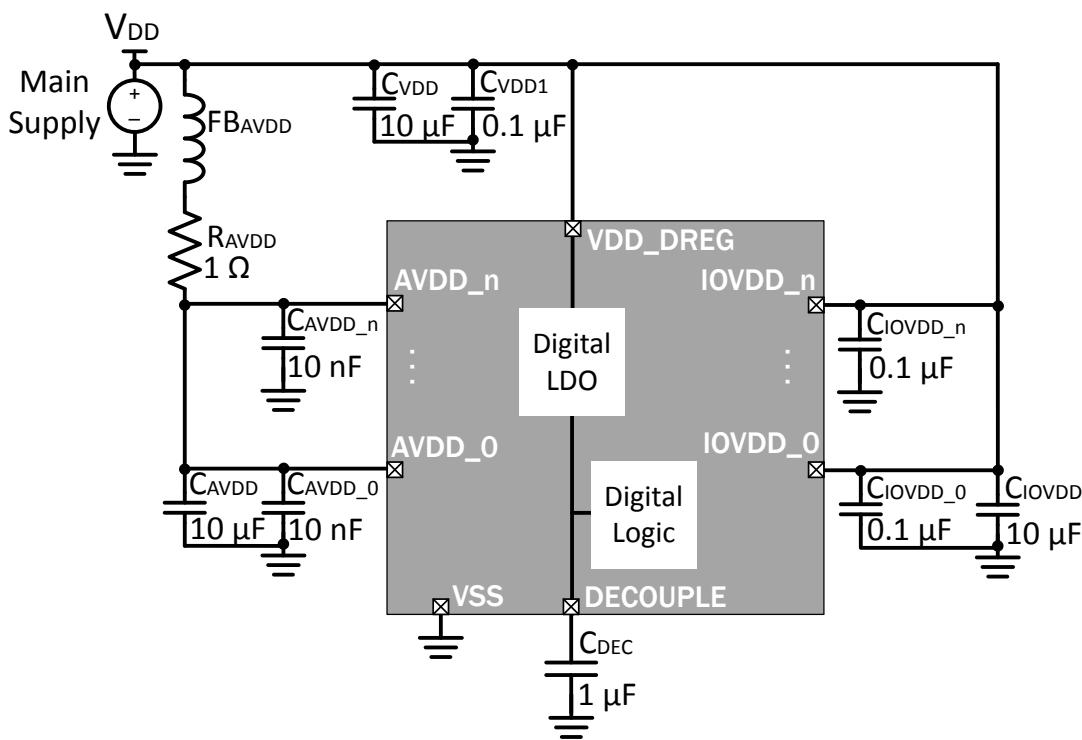


Figure 3.2. EFM32 系列 0 改良的 AVDD 滤波示例

Note: 在 EFM32G 和 EFM32GG 设备上，AVDD_x 引脚不得在 I OVDD_x 和 VDD_DREG 引脚上电之后上电。如果电源的上升时间很短，Figure 3.2 EFM32 系列 0 改良的 AVDD 滤波示例 on page 8 中的滤波器会在 AVDD_x 引脚上造成重大延迟。有关 EFM32 和 EFM32GG 设备中改良 AVDD 滤波的相关内容，请参考 [3.3 仅限 EFM32G 和 EFM32GG—改良的 AVDD 滤波示例](#) 部分

3.3 仅限 EFM32G 和 EFM32GG—改良的 AVDD 滤波示例

和 3.2 EFM32 系列 0—改良的 AVDD 滤波示例 部分相似，下图配置采用了更好的噪声抑制，并在数字和模拟电源引脚之间形成了更好的隔离，这样可以达到更高的 ADC 准确度。参考 Table 2.2 Recommended Ferrite Beads on page 5 中推荐的铁氧体磁珠部件编号。

此处对 EFM32G 和 EFM32GG 设备有一种特殊限制，以使 AVDD_X 引脚不得在 IOVDD_X 和 VDD_DREG 引脚上电之后上电。如果电源的上升时间很短，AVDD 滤波器可能会在 AVDD_X 引脚上产生严重延迟。因此，对于 EFM32G 和 EFM32GG 设备，必须在 VDD_DREG 供电路径上额外分配一个 1Ω 电阻，如下图所示。

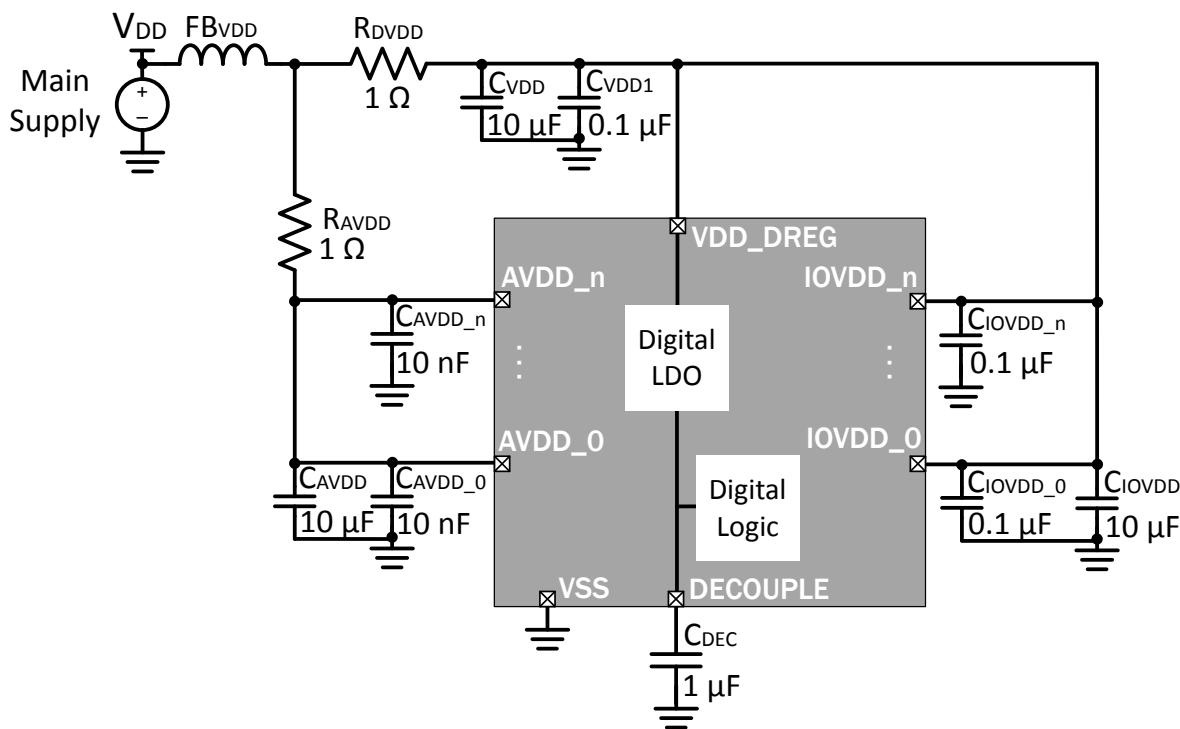


Figure 3.3. EFM32G 和 EFM32GG 改良的 AVDD 滤波示例

3.4 EZR32 无线 MCU 系列 0—标准去耦示例

下图介绍了在 EZR32 无线 MCU 系列 0 设备上去耦的标准方法。

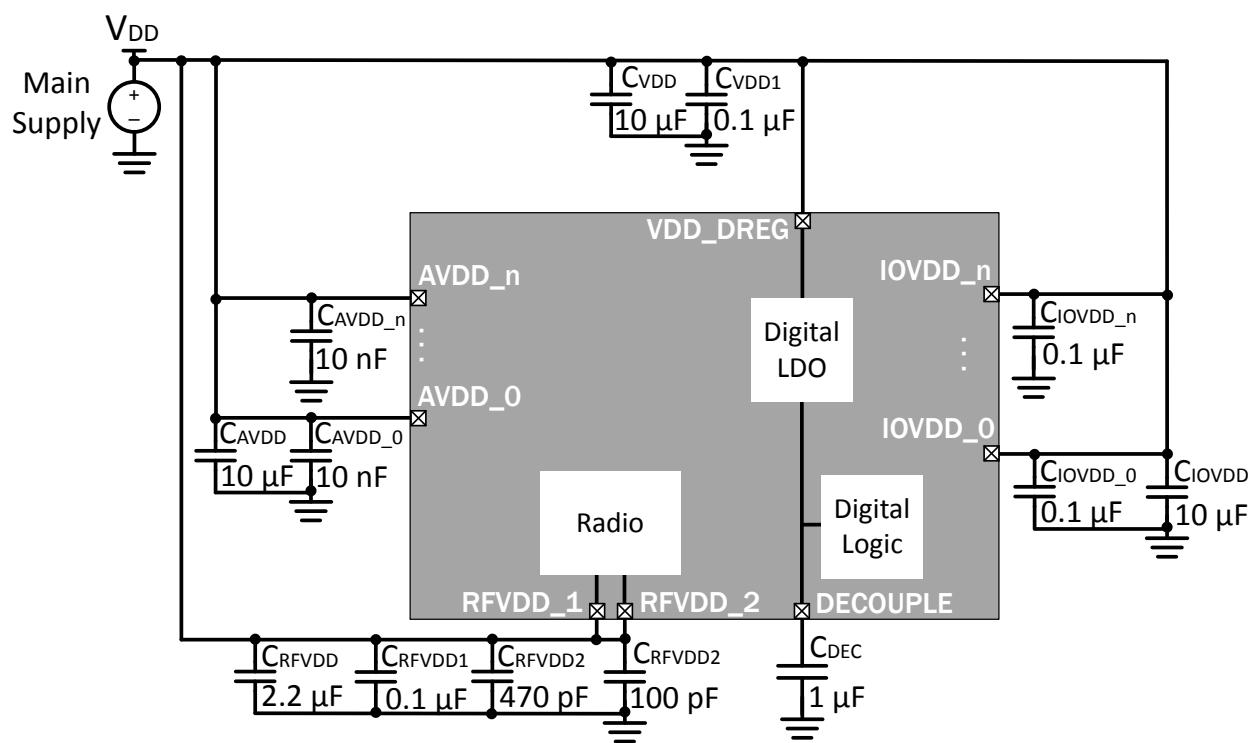


Figure 3.4. EZR32 无线 MCU 系列 0 标准去耦示例

4. 调试接口和外部复位引脚

4.1 串行线调试

所有 EFM32 和 EZR32 无线 MCU 系列 0 设备均支持串行线调试 (SWD) 接口，并且，除可选的 SWO (串行线输出) 外，SWD 接口还包括 SWCLK (时钟输入) 和 SWDIO (数据输入/输出) 线路。SWO 线路可用于仪表追踪和程序计数器采样，但闪存编程和正常调试并不需要此线路。然而，其在高级调试场景中十分有价值，因此强烈建议设计者将此线路与其他 SWD 信号一起包含在设计中。

与标准 ARM 20 引脚调试排针的连接如下图所示。未连接微控制器、电源或接地装置的引脚均不应连接。

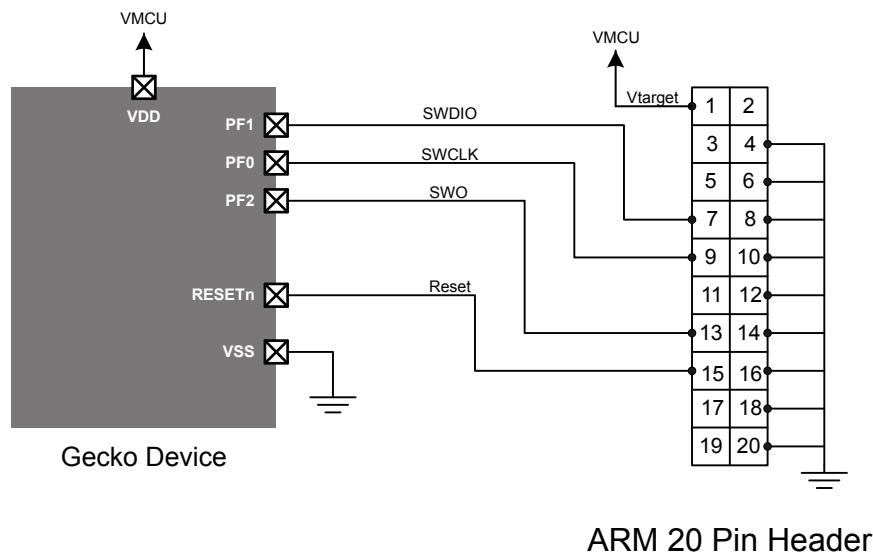


Figure 4.1. EFM32 和 EZR32 无线 MCU 系列 0 SWD 连接至 ARM 20 引脚调试报头

Note:

1. V_{target} 连接不用于供电。调试器使用 V_{target} 作为其电平转换器的参考电压。
2. PF2 是 SWO 信号的默认位置，在任何封装上均邻近或非常靠近 PF0 (SWCLK) 和 PF1 (SWDIO)。SWO 可映射到其他特定的引脚。所涉及设备请参见数据表。

对于其他调试和编程接口，请参考应用说明《AN958: 自定义设计的调试和编程接口》。

4.2 外部复位引脚 (RESETn)

EFM32 和 EZR32 无线 MCU 系列 0 处理器的复位方法是将 RESETn 引脚调至低电位。弱内部上拉装置可将 RESETn 引脚保持在高电位，在不需要外部复位源的情况下可以不连接。与 RESETn 连接的还有低通滤波器，它可以避免噪声干扰造成意外复位。上拉装置和输入滤波器的特性与 GPIO 引脚上的相同，这在设备数据表中有详细说明。

Note: 内部上拉确保释放复位。当设备未通电时，RESETn 不能通过外部上拉连接至有源电源，或调至高电位，因为这可能会损坏设备。使用备用电源模式时这一点尤为重要。因为内部上拉装置会自动切换至备用电源轨，最终通过外部上拉连接至 RESETn，从而由备用电源为系统内的其他设备供电。

5. 外部时钟源

5.1 介绍

除内部 LF 和 HF RC 振荡器之外, EFM32 和 EZR32 无线 MCU 系列 0 设备支持使用不同的外部时钟源来提供低频率和高频率的时钟。LF 和 HF 域的可能外部时钟源是 晶体、陶瓷谐振器和外部振荡器（矩形波或正弦波）。此部分描述了如何连接外部时钟源。

有关外部振荡器的其他信息, 请参考应用说明 [AN0016.0: 振荡器设计注意事项](#)。有关应用说明的信息, 请访问 Silicon Labs 网站 (www.silabs.com/32bit-appnotes) 或进入 Simplicity Studio。

5.2 低频时钟源

外部低频时钟可由 晶体或陶瓷谐振器 或外部时钟源提供。

5.2.1 低频晶体和陶瓷谐振器

晶体和陶瓷谐振器的硬件配置请参见 [Figure 5.1 低频晶体 on page 12](#)。晶体通过 EFM32 和 EZR32 无线 MCU 系列 0 设备的 LFXTAL_N 和 LFXTAL_P 引脚连接。

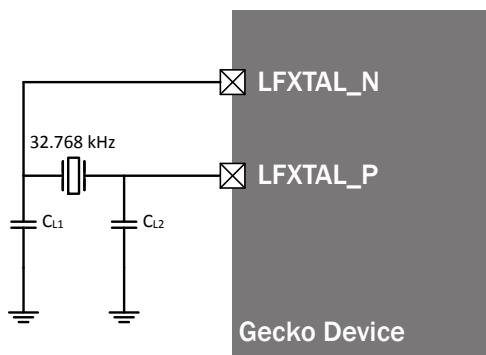


Figure 5.1. 低频晶体

晶体/陶瓷谐振器为机械振荡, 其电气等效电路如 [Figure 5.2 晶体/陶瓷谐振器的等效电路 on page 12](#) 所示。在电气电路中, C_s 代表起动电容, L_s 代表起动电感, R_s 代表振荡过程中的机械损耗, 而 C_0 代表封装和引脚的寄生电容。 C_{L1} 和 C_{L2} 代表负载电容。此电路对晶体和陶瓷谐振器都适用。

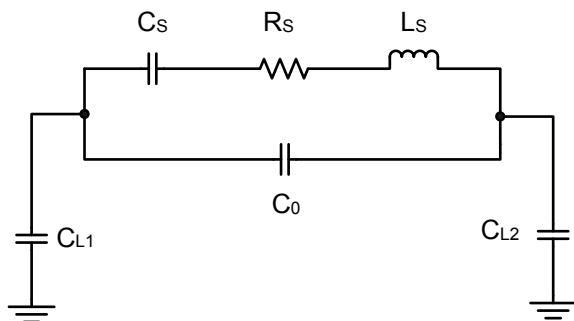


Figure 5.2. 晶体/陶瓷谐振器的等效电路

5.2.2 低频外部时钟

EFM32 和 EZR32 无线 MCU 系列 0 设备可从外部来源（如 TCXO 或 VCXO）获得低频时钟。要挑选合适的外部振荡器，考虑以下规格：频率、寿命、稳定性、电压灵敏度、上升和下降时间、占空比和信号电平。外部时钟信号既可以是矩形波也可以是正弦波，频率为 32.768 kHz。外部时钟源必须按照 Figure 5.3 低频外部时钟 on page 13 所示进行连接。

外部时钟源支持旁路和缓冲输入模式。可在 0 至 V_{DD} 伏之间切换、具有 50% 占空比的 CMOS 矩形波可在 CMU_CTRL_LFXOMODE = DIGEXTCLK 时使用，它绕过 LFXO。外部正弦波源 (CMU_CTRL_LFXOMODE = BUFEXTCLK) 具有最小和最大振幅 200 mV 和 V_{DD} 伏，可与 LFXTAL_N 引脚串联连接，并且经过内部交流耦合处理。正弦波最小电压必须高于接地电压，最大电压小于 V_{DD} 。

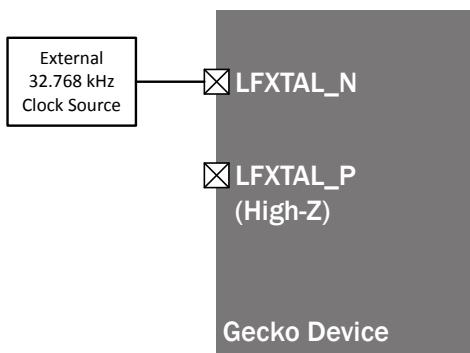


Figure 5.3. 低频外部时钟

5.3 高频时钟源

外部高频时钟可由 晶体或陶瓷谐振器 或外部时钟源提供。

5.3.1 高频晶体和陶瓷谐振器

晶体和陶瓷谐振器的硬件配置请参见 Figure 5.4 高频晶体振荡器 on page 13。晶体通过 HFXTAL_N 和 HFXTAL_P 引脚连接。

高频晶体/陶瓷谐振器的电气等效电路与 Figure 5.2 晶体/陶瓷谐振器的等效电路 on page 12 中所示的低频晶体/陶瓷谐振器的电路相同。

C_L 的位置对产生正确的操作频率十分重要。

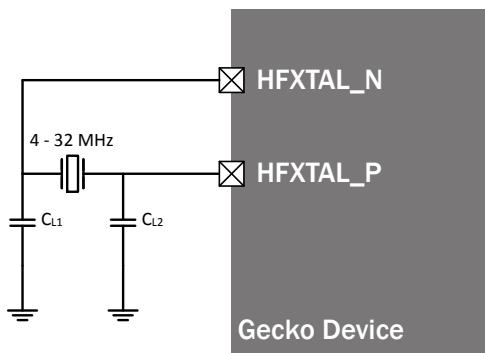


Figure 5.4. 高频晶体振荡器

5.3.2 高频外部时钟

EFM32 和 EZR32 无线 MCU 系列 0 设备可从外部来源（如 TCXO 或 VCXO）获得低频时钟。要挑选合适的外部振荡器，考虑以下规格：频率、寿命、稳定性、电压灵敏度、上升和下降时间、占空比和信号电平。外部时钟信号可以是矩形波，也可以是正弦波，频率要符合设备数据表。外部时钟源必须按照 Figure 5.5 外部高频时钟 on page 14 所示进行连接。

外部时钟源支持旁路和外部缓冲输入模式。可在 0 至 V_{DD} 伏之间切换、具有 50% 占空比的 CMOS 矩形波可在 $CMU_CTRL_HFXOMODE = DIGEXTCLK$ 时使用，它绕过 HFXO。外部正弦波源 ($CMU_CTRL_HFXOMODE = BUFEEXTCLK$) 具有最小和最大振幅 200 mV 和 V_{DD} 伏 伏，可与 HFXTAL_N 引脚串联连接，并且经过内部交流耦合处理。正弦波最小电压必须高于接地电压，最大电压小于 V_{DD} 。

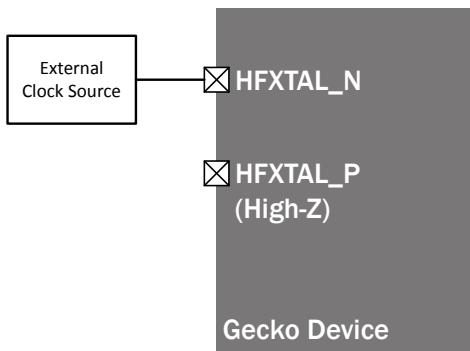


Figure 5.5. 外部高频时钟

6. 参考设计

无论哪种应用，在开始使用 EFM32 和 EZR32 无线 MCU 系列 0 设备进行新设计时，通常都需要布局中的一些部件。本应用说明附有电源去耦、复位、外部时钟和调试接口的示例原理图。使用此参考设计作为模板可提高新设计初期阶段的开发速度。此参考设计和其中的符号兼容 Cadence OrCAD 9.0 及更高版本。

此应用说明不包括设备尺寸，但这些数据可在 <http://www.silabs.com> 中的 *.bxi 格式的文件中查看。

6.1 内容

应用说明文件夹中有几个压缩文件，其内容如下：

- CSV 引脚清单文件
- Edif 符号
- OrCAD OLB 符号
- OrCAD DSN 原理图示例
- PDF 原理图示例

以下系列设备的原理图和符号都包括在内：

- EFM32ZG
- EFM32HG
- EFM32TG
- EFM32G
- EFM32LG
- EFM32WG
- EFM32GG

EZR32 无线 MCU 系列 0 产品系列的通用符号包括在内。

6.2 关于原理图的评论

6.2.1 电源去耦

去耦引脚使用 $1 \mu\text{F}$ 的电容器来过滤内部稳压器电源域中的瞬态。

如 3. 供电连接配置示例 所示，每个电源引脚除普通 $10 \mu\text{F}$ 的去耦电容器外，还有一个 10nF 的去耦电容器。为降低 EMI，数字电源应与模拟电源分离。为进一步改善模拟电源的开关噪声，应在 V_{MCU} 和模拟电源引脚之间串联一个 EMI 抑制器。

低电平有效复位引脚通过一个常开开关接地，同时也和调试接口连接器连接。

6.2.2 调试接口

标准的 ARM 20 引脚调试连接器应与 EFM32 和 EZR32 无线 MCU 系列 0 设备调试引脚相连接。

6.2.3 高/低频时钟

高频和低频时钟引脚均与晶体振荡器相连接，有关推荐使用的两种晶体请参阅《AN0016：振荡器设计注意事项》应用注释。

7. 版本历史

修订版 1.50

2020 年 6 月

- 更正了在重组文档源以包括 EFM32 和 EFR32 无线 Gecko 系列 1 设备时引入的错误。
- 更正了 [5.2.2 低频外部时钟](#) 和 [5.3.2 高频外部时钟](#) 中正弦波振荡器输入所需的振幅。

修订版 1.49

2019 年 12 月

- 在 [4.1 串行线调试](#) 中加入了对 AN958 的引用。

修订版 1.48

2017 年 6 月

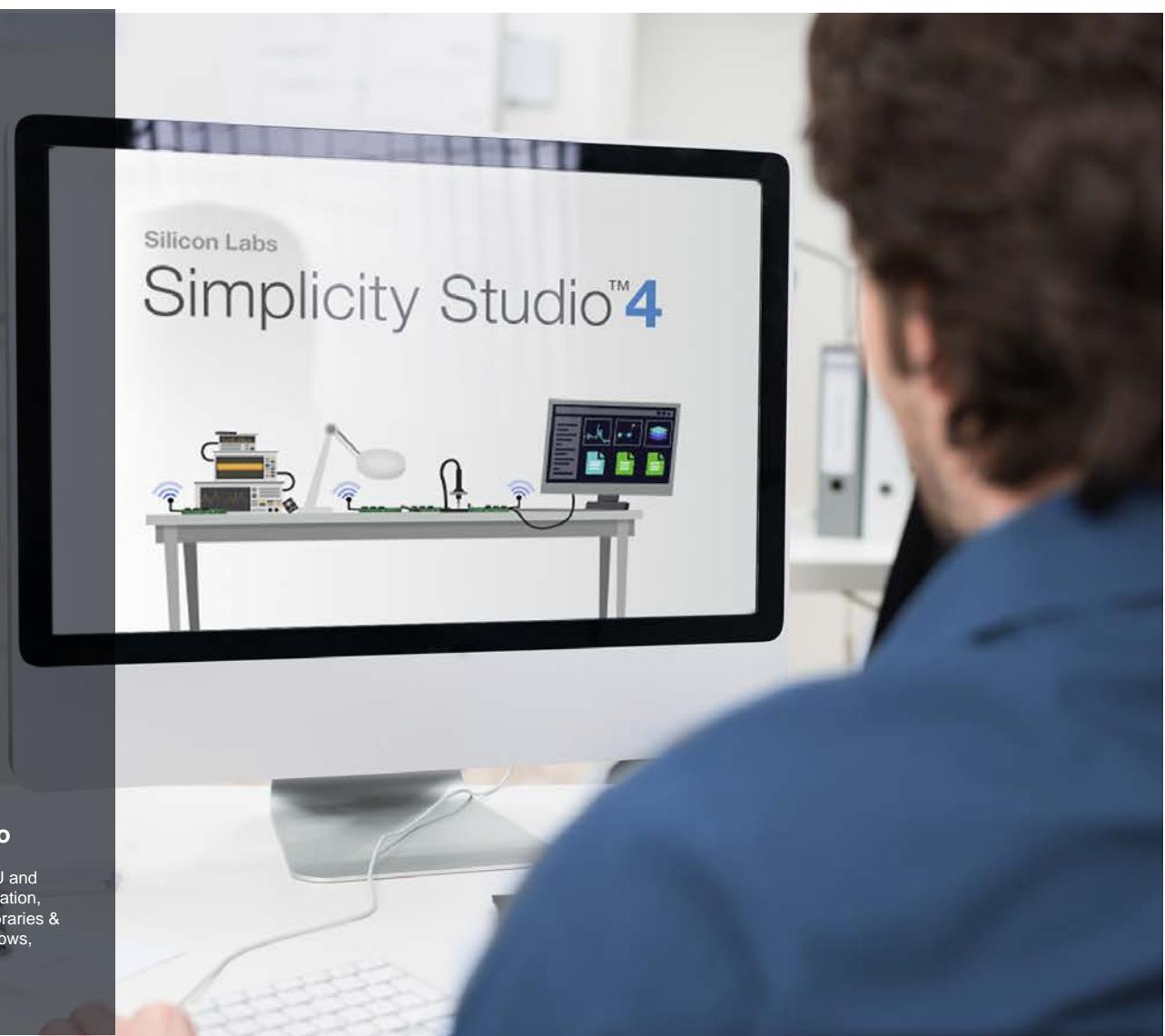
- 将首页上的设备兼容性信息移动至 [1. 设备兼容性](#)。

- 对 [2.2 去耦电容器](#) 作了少许文字改动。

修订版 1.47

2017 年 1 月

- 根据产品系列的不同，将应用说明分成多个应用说明。
- 添加了说明，建议系统设计者检查稳压器和 DC-DC 输出电容器在温度特征下的电容。



Simplicity Studio

One-click access to MCU and wireless tools, documentation, software, source code libraries & more. Available for Windows, Mac and Linux!



IoT Portfolio
www.silabs.com/iot



SW/HW
www.silabs.com/simplicity



Quality
www.silabs.com/quality



Support and Community
community.silabs.com

Disclaimer

Silicon Labs intends to provide customers with the latest, accurate, and in-depth documentation of all peripherals and modules available for system and software implementers using or intending to use the Silicon Labs products. Characterization data, available modules and peripherals, memory sizes and memory addresses refer to each specific device, and "Typical" parameters provided can and do vary in different applications. Application examples described herein are for illustrative purposes only. Silicon Labs reserves the right to make changes without further notice to the product information, specifications, and descriptions herein, and does not give warranties as to the accuracy or completeness of the included information. Without prior notification, Silicon Labs may update product firmware during the manufacturing process for security or reliability reasons. Such changes will not alter the specifications or the performance of the product. Silicon Labs shall have no liability for the consequences of use of the information supplied in this document. This document does not imply or expressly grant any license to design or fabricate any integrated circuits. The products are not designed or authorized to be used within any FDA Class III devices, applications for which FDA premarket approval is required, or Life Support Systems without the specific written consent of Silicon Labs. A "Life Support System" is any product or system intended to support or sustain life and/or health, which, if it fails, can be reasonably expected to result in significant personal injury or death. Silicon Labs products are not designed or authorized for military applications. Silicon Labs products shall under no circumstances be used in weapons of mass destruction including (but not limited to) nuclear, biological or chemical weapons, or missiles capable of delivering such weapons. Silicon Labs disclaims all express and implied warranties and shall not be responsible or liable for any injuries or damages related to use of a Silicon Labs product in such unauthorized applications.

Trademark Information

Silicon Laboratories Inc.®, Silicon Laboratories®, Silicon Labs®, SiLabs® and the Silicon Labs logo®, Bluegiga®, Bluegiga Logo®, ClockBuilder®, CMEMS®, DSPLL®, EFM®, EFM32®, EFR, Ember®, Energy Micro, Energy Micro logo and combinations thereof, "the world's most energy friendly microcontrollers", Ember®, EZLink®, EZRadio®, EZRadioPRO®, Gecko®, Gecko OS, Gecko OS Studio, ISOmodem®, Precision32®, ProSLIC®, Simplicity Studio®, SiPHY®, Telegesis, the Telegesis Logo®, USBXpress®, Zentri, the Zentri logo and Zentri DMS, Z-Wave®, and others are trademarks or registered trademarks of Silicon Labs. ARM, CORTEX, Cortex-M3 and THUMB are trademarks or registered trademarks of ARM Holdings. Keil is a registered trademark of ARM Limited. Wi-Fi is a registered trademark of the Wi-Fi Alliance. All other products or brand names mentioned herein are trademarks of their respective holders.



Silicon Laboratories Inc.
400 West Cesar Chavez
Austin, TX 78701
USA

<http://www.silabs.com>