

AN12574

i.MX RT1010 的功耗和测量

Rev. 1 — 27 February 2020

应用笔记

1 引言

本文档讨论有关i.MX RT1010的功耗。它包括以下内容：

- i.MX RT1010 概述
- 运行模式定义和配置
- 低功耗模式定义和配置
- 如何基于MIMXRT1010 评估板测量功耗
- 不同功率模式下的功耗

本应用笔记中的开发环境是IAR Embedded Workbench。硬件环境是MIMXRT1010评估板 (Rev C)。

2 i.MX RT1010 芯片概述

i.MX RT1010 是 Cortex-M7 核的芯片。它工作在高达 500 MHz 的速率，以提供 CPU 的高性能和最佳的实时响应。

- 基于Cortex-M7的处理器，最高速度可以达到500 MHz。
- 128 KB片上RAM，可以灵活配置为TCM或通用片上RAM。
- 具有DCDC和LDO的高级电源管理模块可降低外部电源的复杂性并简化电源时序。
- 丰富的存储器接口，包括SPI NOR闪存和具有XIP的单/双通道 quad SPI闪存。
- 用于连接外设的多种接口，例如 Bluetooth™ 和 GPS。
- 音频功能，包括 SPDIF 和 I2S 音频接口。
- 丰富的外设模块集，例如 SPI, I2C, Flex-Timers, ADC 等。
- 定位于工业人机界面，电机控制和家用电器领域。

3 低功耗概述

3.1 电源供应

Table 1 列出了 i.MX RT1010 的电源轨。

内容

1 介绍.....	1
2 i.MX RT1010 芯片概述.....	1
3 低功耗概述.....	1
3.1 电源供应.....	1
3.2 运行模式.....	2
3.3 低功耗模式.....	4
4 在IMXRT1010 EVK上如何测量能量消耗.....	6
4.1 MIMXRT1010-EVK (REV C) 板子概述.....	6
4.2 评估板上电流量.....	7
4.3 评估板上硬件重工.....	8
4.4 运行基于 IAR的项目例程—电源模式转换.....	8
5 功耗结果.....	8
5.1 运行模式.....	8
5.2 低功耗模式.....	9
6 总结.....	10
7 参考文献.....	10
8 修订历史.....	11



Table 1. 外部电源轨

电源轨	描述
DCDC_IN	DCDC电源
SOC_IN	SOC电源
VDD_HIGH_IN	Analog电源
VDD_SNVIS_IN	SNVS 和 RTC电源
USB_OTG1_VBUS	USB VBUS电源
VDDA_ADC_3P3	12位 ADC电源
NVCC_GPIO	GPIO 组中 GPIO 的 IO电源

3.2 运行模式

3.2.1 运行模式定义

Table 2. 运行模式定义

运行模式	定义
超速运行	• CPU以500 MHz 运行，过载电压达到 1.275 V • 总线频率为125 MHz • 所有外设均已启用并以目标频率运行 • 所有 PLLs 均已启用
全速运行	• CPU以 396 MHz 满载运行，低电压为 1.15 V • 总线频率为132 MHz • 所有外设均已启用并以目标频率运行 • 所有 PLLs 均已启用
低速运行	• CPU以 132 MHz运行，低电压为 1.15 V • 内部总线频率为 33 MHz • 除 SYSPLL, SYSPLLPFD2, and SYSPLLPFD3外，所有 PLL and PFDs 均被禁用 • 20 % 外设处于活跃状态，其他处于低功耗状态
低功耗运行	• CPU以 24 MHz运行，低电压为 0.95 V • 内部总线频率为 12 MHz • 所有 PLLs 掉电，OSC24M 掉电, RCOSC24 使能 • 高速外围设备均掉电

通常，运行模式可以分为四种模式，如上表所示。低速运行模式使用全速运行模式的总线时钟作为核心时钟，低功耗运行模式使用 24 MHz 内部 OSC作为核心时钟源。

3.2.2 运行模式配置

Table 3. 运行模式配置

	超速运行	全速运行	低速运行	低功耗运行
CPU Core	500 MHz	396 MHz	132 Mhz	24 MHz
L1 Cache	ON	ON	ON	ON
IPG CLK	125 MHz	132 MHz	33 MHz	12 MHz
PER CLK	62.5 MHz	66 MHz	33 MHz	12 MHz
FlexRAM	ON	ON	ON	ON
SOC Voltage	1.275 V	1.15 V	1.15 V	0.95 V
Analog LDO	ON	ON	ON	In weak-mode
24MHz XTAL OSC	ON	ON	ON	OFF
24MHz RC OSC	OFF	OFF	OFF	ON
SYS PLL	ON	ON	ON	Power Down
SYS PFD0	ON	ON	Power Down	Power Down
SYS PFD1	ON	ON	Power Down	Power Down
SYS PFD2	ON	ON	ON	Power Down
SYS PFD3	ON	ON	ON	Power Down
USB1 PLL	ON	ON	Power Down	Power Down
USB1 PFD0	ON	ON	Power Down	Power Down
USB1 PFD1	ON	ON	Power Down	Power Down
USB1 PFD2	ON	ON	Power Down	Power Down
USB1 PFD3	ON	ON	Power Down	Power Down
Audio PLL	ON	ON	Power Down	Power Down
ENET PLL	ON	ON	Power Down	Power Down
Module Clock	ON	ON	On as needed	Peripheral clock off
RTC32K	ON	ON	ON	ON

3.3 低功耗模式

3.3.1 低功耗模式定义

Table 4. 低功耗模式定义

低功耗模式	定义
系统空闲	- 没有线程运行时 CPU 自动进入此模式 - 所有外设保持有效 - CPU 仅进入 WFI 模式，其状态保持不变因此中断响应可能非常短
低功耗空闲	- 比系统空闲模式低得多的功耗，具有更长的退出时间 - 所有 PLLs 均被关闭，模拟模块运行在低功耗模式 - 所有高速外设均经过电源门控，低速外设可以保持低频运行
暂停模式	- 省电模式下退出时间最长 - 关闭所有 PLL，关闭 XTAL，关闭所有时钟，32K 时钟除外 - 所有高速外设均经过电源门控，低速外设均经过时钟门控
SNVS	- All SOC digital logic, analog modules are shut off only except SNVS domain 32 kHz RTC 仍然有效 - 可以关闭 VDD_HIGH_IN 和 VDD_DCDC_IN

3.3.2 低功率模式配置

Table 5. Low-power mode configuration

	系统空闲	低功耗空闲	暂停	SNVS
CCM LPM Mode	WAIT	WAIT	STOP	-
CPU Core	WFI	WFI	Power Down	OFF
L1 Cache	ON	ON	Power Down	OFF
FlexRAM	ON	ON	ON	OFF
SOC Voltage	1.15 V	0.95 V	0.925 V	OFF
SYS PLL	ON	Power Down	Power Down	OFF
SYS PFD0	Power Down	Power Down	Power Down	OFF
SYS PFD1	Power Down	Power Down	Power Down	OFF
SYS PFD2	ON	Power Down	Power Down	OFF

Table continues on the next page...

Table 5. Low-power mode configuration (continued)

SYS PFD3	ON	Power Down	Power Down	OFF
USB1 PLL	Power Down	Power Down	Power Down	OFF
USB1 PFD0	Power Down	Power Down	Power Down	OFF
USB1 PFD1	Power Down	Power Down	Power Down	OFF
USB1 PFD2	Power Down	Power Down	Power Down	OFF
USB1 PFD3	Power Down	Power Down	Power Down	OFF
Audio PLL	Power Down	Power Down	Power Down	OFF
ENET PLL	Power Down	Power Down	Power Down	OFF
24MHz XTAL OSC	ON	OFF	OFF	OFF
24MHz RC OSC	OFF	ON	OFF	OFF
LDO2P5	ON	OFF	OFF	OFF
LDO1P1	ON	OFF	OFF	OFF
WEAK2P5	OFF	ON	OFF	OFF
WEAK1P1	OFF	ON	OFF	OFF
Bandgap	ON	OFF	OFF	OFF
Low Power Bandgap	ON	ON	ON	OFF
AHB clock	33 MHz	12 MHz	OFF	OFF
IPG clock	33 MHz	12 MHz	OFF	OFF
PER clock	33 MHz	12 MHz	OFF	OFF
Module Clocks	ON as needed	ON as needed	OFF	OFF
RTC32K	ON	ON	ON	ON

3.3.3 唤醒源

Table 6. 唤醒源

	System-idle	Low- power idle	Suspend	SNVS
GPIO 唤醒	YES	YES	YES	NO
RTC 唤醒	YES	YES	YES	YES
USB 移除唤醒	YES	YES	YES	NO
其他外设唤醒源	YES	YES	YES	NO

注意

无论系统处于空闲，低功耗空闲还是挂起模式，都应在GPC模块中启用唤醒中断，否则唤醒失败。

4 如何在 MIMXRT1010 评估板上测量功耗

4.1 MIMXRT1010-EVK (REV C) 板子概述

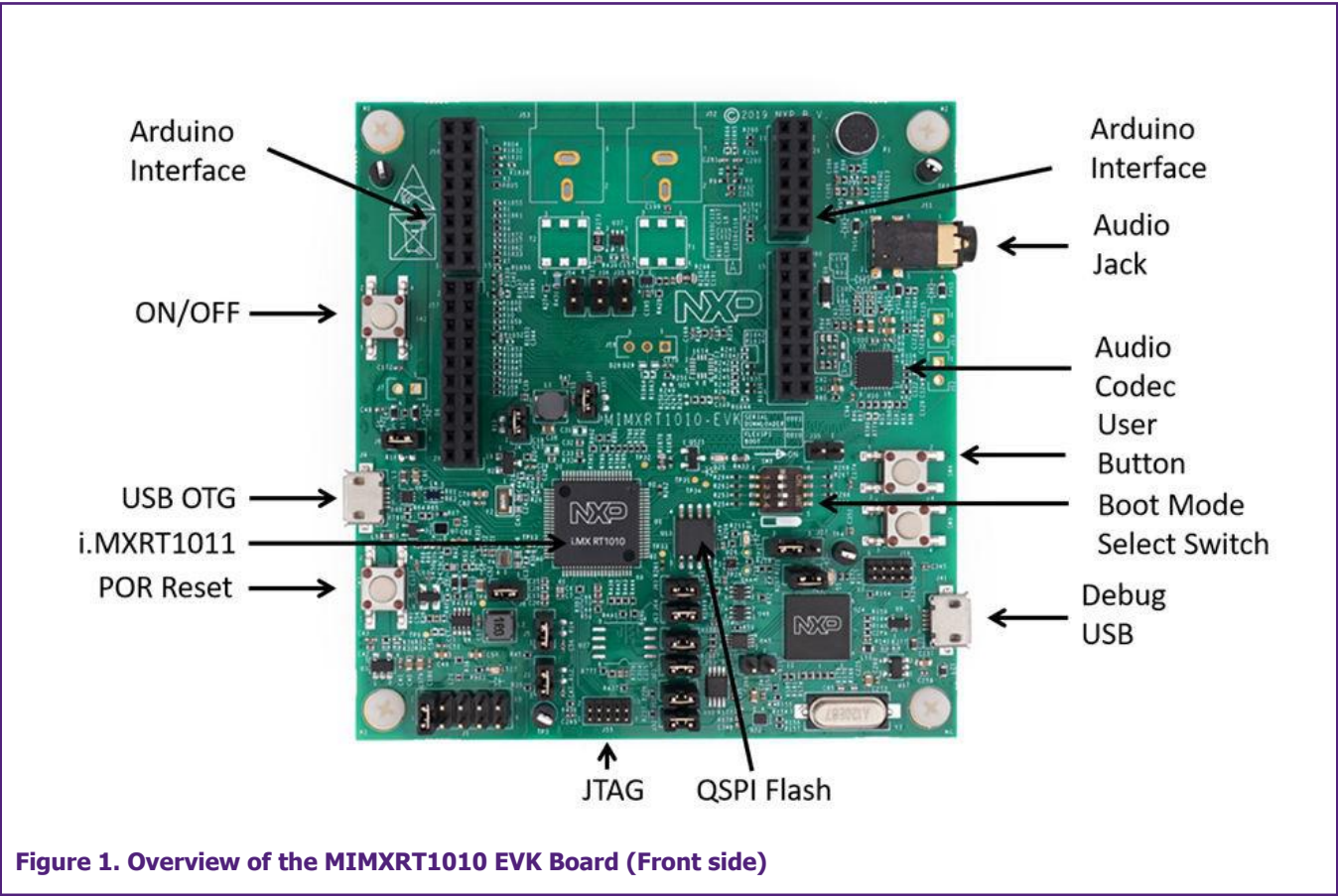


Figure 1. Overview of the MIMXRT1010 EVK Board (Front side)

4.2 评估板上的电流测量

对于本应用笔记，测量 DCDC_IN(J37), VDD_HIGH_IN (J5) and VDD_SNVS_IN (J6) 的电流值。

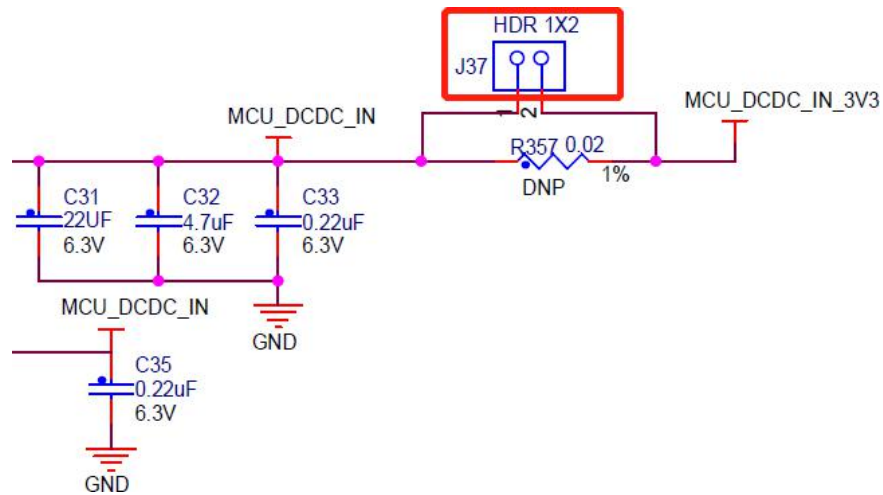


Figure 2. DCDC_IN的测试点

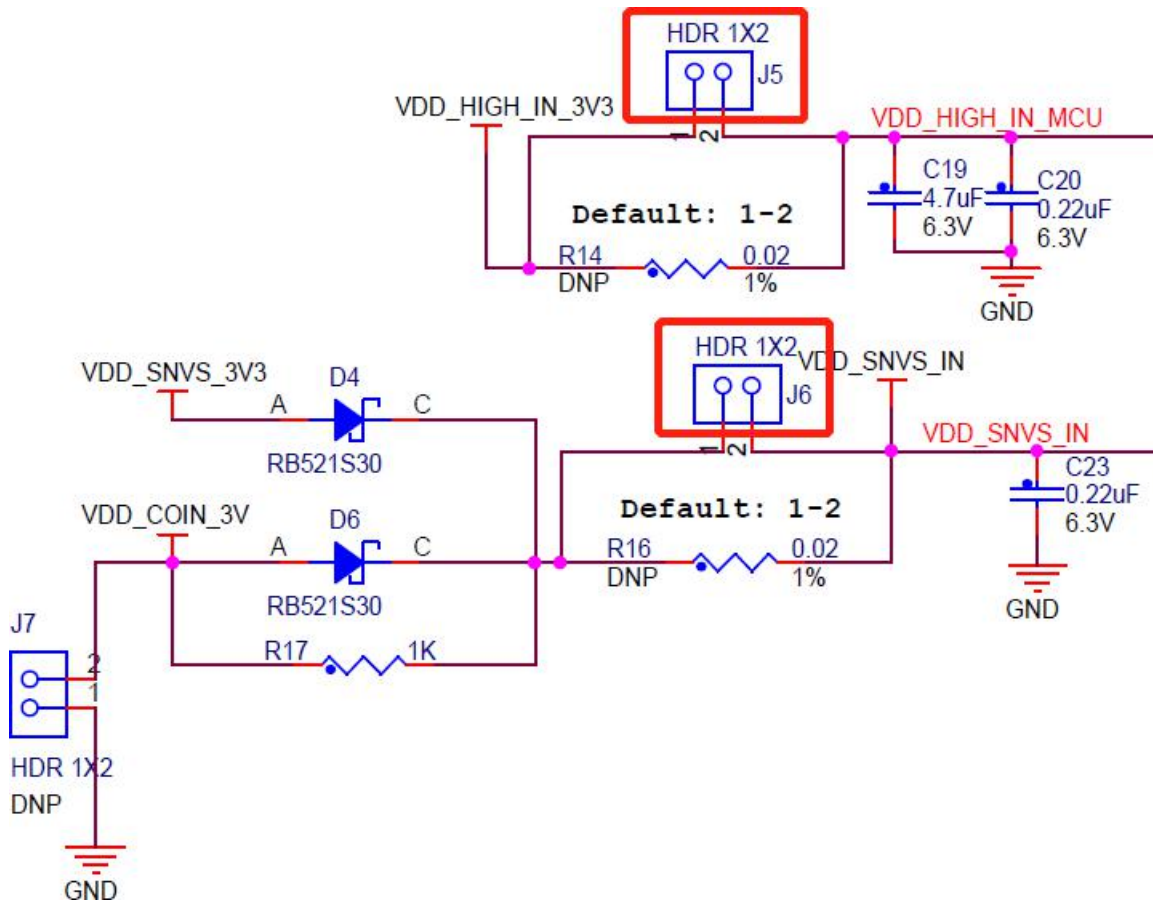


Figure 3. VDD_HIGH_IN 和 VDD_SNVS_IN的测试点

4.3 评估板的硬件重工

应将R206移除，使该电阻器处于未填充状态，从而导致 SNVS 电流高于本应用笔记中所示的电流。

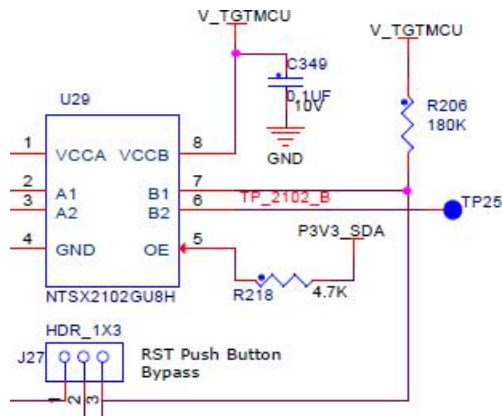


Figure 4. Removing resistor R206

4.4 运行基于 IAR 的项目例程—电源模式开关

- 1. 该项目文件路径是: boards\evkbmimxrt1010\demo_apps\power_mode_switch_bm\iar\power_mode_switch_bm.eww。
- 2. 下载该项目。
- 3. 在终端上选择目标电源模式。

5 功耗结果

5.1 运行模式

Table 7 和 Table 8 的功耗是通过电源模式开关项目测量的。

Table 7. RAM上运行模式

RT1010-EVK		超速 (500 MHz)		全速运行 (396 MHz)		低速运行 (132 MHz)		低功耗运行 (24 MHz)	
电源轨	电压 (V)	电流 (mA)	功率 (mW)	电流 (mA)	功率 (mW)	电流 (mA)	功率 (mW)	电流 (mA)	功率 (mW)
DCDC_IN	3.30	22.228	73.35	16.728	55.2	7.568	24.97	1.358	4.48
HIGH_IN	3.30	14.069	46.43	14.066	46.42	5.649	18.64	0.229	0.76
SNVS_IN	3.30	0.0355	0.12	0.0364	0.12	0.0214	0.071	0.0429	0.14

Table 8. Flash上运行XIP模式

RT1010-EVK		超速 (500 MHz)		全速运行 (396 MHz)		低速运行 (132 MHz)		低功耗运行 (24 MHz)	
电源轨	电压	电流	功率	电流	功率	电流	功率	电流	功率

Table continues on the next page...

Table 8. Flash上运行XIP模式 (继续)

	(V)	(mA)	(mW)	(mA)	(mW)	(mA)	(mW)	(mA)	(mW)
DCDC_IN	3.30	21.825	72.02	16.379	54.05	7.764	25.62	1.377	4.54
HIGH_IN	3.30	14.067	46.42	14.071	46.43	5.65	18.65	0.23	0.76
SNVS_IN	3.30	0.0356	0.12	0.0366	0.12	0.0215	0.071	0.0429	0.14

Table 9 和 **Table 10** 中的功耗是通过 **coremark** 基准项目测量的。

Table 9. Coremark on RAM

RT1010-EVK		超速 (500 MHz)		全速运行 (396 MHz)		低速运行 (132 MHz)		低功耗运行 (24 MHz)	
Power Rail	电压 (V)	电流 (mA)	功率 (mW)	电流 (mA)	功率 (mW)	电流 (mA)	功率 (mW)	电流 (mA)	功率 (mW)
DCDC_IN	3.30	40.511	133.69	27.122	89.50	10.818	35.70	1.864	6.15
HIGH_IN	3.30	14.056	46.38	14.049	46.36	5.691	18.78	0.197	0.65
SNVS_IN	3.30	0.0327	0.11	0.0337	0.11	0.0196	0.065	0.0388	0.13

Table 10. CoreMark XIP on Flash

RT1010-EVK		超速 (500 MHz)		全速运行 (396 MHz)		低速运行 (132 MHz)		低功耗运行 (24 MHz)	
Power Rail	电压 (V)	电流 (mA)	功率 (mW)	电流 (mA)	功率 (mW)	电流 (mA)	功率 (mW)	电流 (mA)	功率 (mW)
DCDC_IN	3.30	39.653	130.85	26.692	88.08	10.971	36.20	1.881	6.20
HIGH_IN	3.30	14.102	46.54	14.052	46.37	5.691	18.78	0.198	0.65
SNVS_IN	3.30	0.0311	0.10	0.0327	0.11	0.0195	0.064	0.0387	0.13

注意

过载: CPU 运行在 **500 MHz**, 所有外设均已启用并以目标频率

全速运行: CPU 运行在 **396 MHz**, 所有外设均已启用并以目标频率运行。

低速运行: CPU 运行在 **132 MHz**, **20 %** 外设处于有效状态。

低功耗运行: CPU 运行在 **24 MHz**, 只有低功耗外设处于有效状态, 比如 **UART/I2C**。

所有功耗值均为**25 C**时的典型值。

5.2 低功耗模式

Table 11 和 **Table 12** 中的功耗是通过电源模式开关项目测量的。

Table 11. Low Power mode on RAM

RT1010-EVK		系统空闲		低功耗空闲		暂停 ¹		SNVS ²	
Power Rail	电压 (V)	电流 (mA)	功率 (mW)	电流 (mA)	功率(mW)	电流 (mA)	功率(mW)	电流 (mA)	功率 (mW)
DCDC_IN	3.30	1.972	6.51	0.738	2.44	0.095	0.31	/	/
HIGH_IN	3.30	5.691	18.78	0.200	0.66	0.016	0.053	/	/
SNVS_IN	3.30	0.0187	0.062	0.0387	0.13	0.0152	0.050	0.0114	0.038

Table 12. Low power mode XIP on Flash

RT1010-EVK		系统空闲		低功耗空闲		暂停 ¹		SNVS ²	
Power Rail	电压 (V)	电流 (mA)	功率 (mW)	电流 (mA)	功率 (mW)	电流 (mA)	功率 (mW)	电流 (mA)	功率 (mW)
DCDC_IN	3.30	2.581	8.52	0.832	2.75	0.095	0.31	/	/
HIGH_IN	3.30	5.693	18.79	0.200	0.66	0.016	0.053	/	/
SNVS_IN	3.30	0.0188	0.062	0.0389	0.13	0.0155	0.051	0.0114	0.038

注意

1. 暂停：暂停模式，OCRAM/D-TCM (bank0)中存有 RAM 数据。

2. SNVS: 具有RTC 的SNVS 模式。

注意

在低电流负载的情况下，不连续导通模式 (DCM)可提高 DCDC 的效率，因此建议使用。

为了降低功耗，在 SNVS 模式以外的所有功耗模式下，VDD_SNVS_IN 由 VDD_HIGH_IN 供电。

所有功耗值均为25C时的典型值。

6 总结

该文档主要介绍如何基于 MIMXRT1010 EVK (Rev C) 在 i.MX RT 上测量功耗。有关设计低功耗应用程序的更多详细设计信息，请参考应用笔记 [How to use iMXRT Low Power Feature](#)。

7 参考文献

1. [i.MX RT 1010 Reference Manual](#)
2. [ARM Cortex M7 Reference Manual](#)
3. [How to use iMXRT Low Power Feature](#)

8 修订历史

Table 13. Revision history

修订版本	日期	实质性变化
0	08/2019	初始发行
1	01/2020	添加了 Table 7 and Table 8. 做了微小的改动

How To Reach Us

Home Page:

nxp.com

Web Support:

nxp.com/support

Information in this document is provided solely to enable system and software implementers to use NXP products. There are no express or implied copyright licenses granted hereunder to design or fabricate any integrated circuits based on the information in this document. NXP reserves the right to make changes without further notice to any products herein.

NXP makes no warranty, representation, or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does NXP assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters that may be provided in NXP data sheets and/or specifications can and do vary in different applications, and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "typicals," must be validated for each customer application by customer's technical experts. NXP does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. NXP sells products pursuant to standard terms and conditions of sale, which can be found at the following address: nxp.com/SalesTermsandConditions.

While NXP has implemented advanced security features, all products may be subject to unidentified vulnerabilities. Customers are responsible for the design and operation of their applications and products to reduce the effect of these vulnerabilities on customer's applications and products, and NXP accepts no liability for any vulnerability that is discovered. Customers should implement appropriate design and operating safeguards to minimize the risks associated with their applications and products.

NXP, the NXP logo, NXP SECURE CONNECTIONS FOR A SMARTER WORLD, COOLFLUX, EMBRACE, GREENCHIP, HITAG, I2C BUS, ICODE, JCOP, LIFE VIBES, MIFARE, MIFARE CLASSIC, MIFARE DESFire, MIFARE PLUS, MIFARE FLEX, MANTIS, MIFARE ULTRALIGHT, MIFARE4MOBILE, MIGLO, NTAG, ROADLINK, SMARTLX, SMARTMX, STARPLUG, TOPFET, TRENCHMOS, UCODE, Freescale, the Freescale logo, Altivec, C-5, CodeTEST, CodeWarrior, ColdFire, ColdFire+, C-Ware, the Energy Efficient Solutions logo, Kinetis, Layerscape, MagniV, mobileGT, PEG, PowerQUICC, Processor Expert, QorIQ, QorIQ Qonverge, Ready Play, SafeAssure, the SafeAssure logo, StarCore, Symphony, VortiQa, Vybrid, Airfast, BeeKit, BeeStack, CoreNet, Flexis, MXC, Platform in a Package, QUICC Engine, SMARTMOS, Tower, TurboLink, UMEMS, EdgeScale, EdgeLock, eIQ, and Immersive3D are trademarks of NXP B.V. All other product or service names are the property of their respective owners. AMBA, Arm, Arm7, Arm7TDMI, Arm9, Arm11, Artisan, big.LITTLE, Cordio, CoreLink, CoreSight, Cortex, DesignStart, DynamIQ, Jazelle, Keil, Mali, Mbed, Mbed Enabled, NEON, POP, RealView, SecurCore, Socrates, Thumb, TrustZone, ULINK, ULINK2, ULINK-ME, ULINK-PLUS, ULINKpro, μ Vision, Versatile are trademarks or registered trademarks of Arm Limited (or its subsidiaries) in the US and/or elsewhere. The related technology may be protected by any or all of patents, copyrights, designs and trade secrets. All rights reserved. Oracle and Java are registered trademarks of Oracle and/or its affiliates. The Power Architecture and Power.org word marks and the Power and Power.org logos and related marks are trademarks and service marks licensed by Power.org.

© NXP B.V. 2019.

All rights reserved.

For more information, please visit: <http://www.nxp.com>

For sales office addresses, please send an email to: salesaddresses@nxp.com

Date of release: 27 February 2020

Document identifier: AN12574

arm