

标题：i.MX RT1060 的功耗和测量

网址：<https://www.nxp.com/docs/en/application-note/AN12245.pdf>

目录

1 引言	2
2 i.MX RT 芯片概述	2
3 低功耗概述	3
3.1 电源	3
3.2 运行模式	5
3.2.1 运行模式定义	5
3.3 低功耗模式	8
3.3.1 低功耗模式定义	8
3.3.2 低功耗模式配置	10
3.3.3 唤醒源	12
4 如何在 MIMXRT1060 EVK 上测量功耗	14
4.1 MIMXRT1060-EVK (REV A1) 板概述	14
4.1.1 EVK 上的电流测量	14
4.1.2 EVK 的硬件重设	15
4.1.3 运行基于 IAR 的项目演示示例-功率模式开关	16
5 功耗结果	16
5.1 运行模式	17
5.2 低功耗模式	18

6 结论.....	19
7 修订历史.....	19
8 参考文献.....	20

1 引言

本文档讨论有关 i.MX RT1060 的功耗。主要包括以下内容：

- i.MX RT1060 的概述
- 运行模式定义和配置
- 低功耗模式定义和配置
- 如何基于 MIMXRT1060 EVK 板测量功耗
- 不同功耗模式下的功耗

此应用笔记中的开发环境注意是 IAR Embedded Workbench。该软件基于 SDK 2.6.1，硬件环境是 MIMXRT1060 评估板（Rev A1）。

2 i.MX RT 芯片概述

i.MX RT 芯片是基于 Cortex-M7 的芯片，其运行速度高达 600 MHz，以提供高 CPU 性能和最佳的实时响应。

- 基于 Cortex-M7 的处理器，可以以最高 600 MHz 的速度运行。

- 1 MB 的片上 SRAM 以及最多 512 KB 可配置为紧密耦合内存 (TCM)。
- 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。
- 各种存储器接口 ,包括 SDRAM ,原始 NAND 闪存 ,NOR 闪存 ,SD / eMMC , Quad SPI。
- 用于连接外部设备的各种其他接口 ,例如 WLAN , Bluetooth™ , GPS , 显示器和摄像头传感器。
- 丰富的音频和视频功能 ,包括 LCD 显示屏 ,基本 2D 图形 ,相机接口 ,S / PDIF 和 I2S 音频接口。
- 提供丰富的外设模块 ,例如 SPI , I2C , Can , 以太网 , Flex-Timers 和 ADC。
- 针对工业 HMI , 电机控制和家用电器领域。

3 低功耗概述

- 电源
- 运行模式
- 低功耗模式

3.1 电源供应

表 1 显示了 i.MX RT1060 的电源轨。

表 1. 外部电源供给路线

电源供给路线	描述
DCDC_IN	DCDC 电源
SOC_IN	SOC 电源
VDD_HIGH_IN	模拟电源
VDD_SNVS_IN	给 SNVS 和 RTC 供电
USB_OTG1_VBUS USB_OTG2_VBUS	给 USB VBUS 供电
VDDA_ADC_3P3	给 12 位 ADC 供电
NVCC_SD0	给 SDIO1 bank (3.3 V 模式) 中的 GPIO 供电
	给 SDIO1 bank (1.8 V 模式) 中的 GPIO 供电
NVCC_SD1	给 SDIO12bank (3.3 V 模式) 中的 GPIO 供电
	给 SDIO12bank (1.8 V 模式) 中的 GPIO 供电
NVCC_GPIO	GPIO bank 中 GPIO 的 IO 电源
NVCC EMC	给 EMC bank 中用于 GPIO 的 IO 口供电 (3.3 V 模式)
	给 EMC bank 中用于 GPIO 的 IO 口供电 (1.8V 模式)

3.2 运行模式

- 运行模式定义
- 运行模式配置

3.2.1 运行模式定义

表 2. 运行模式定义

运行模式	定义
超速运行	•CPU 以 600 MHz 运行，过载电压为 1.275 V •总线频率为 150 MHz •所有外设均已启用并以目标频率运行 •所有 PLL 都已启用
全速运行	•CPU 以 528 MHz 的速度运行，满载，电压低至 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 •所有都 PLL 已启用
低速运行	•CPU 运行在 132 MHz，较低的电压为 1.15 V •内部总线频率在 33 MHz

	- 禁用了所有 PLL 和 PFD，但 SYSPLL 和 SYSPLLPFD2 除外 20%的外设处于有效状态，其他处于低功耗模式
低功耗运行	- CPU 以 24 MHz 运行，较低的电压为 0.95 V - 内部总线频率为 12 MHz - 所有 PLL 都关闭，OSC24M 关闭，RCOSC24 使能 - 高速外围设备关闭

3.2.2 运行运行模式配置

表 3 模式配置

CCM LPM 模式	运行	运行	运行	运行
CPU Core	600 MHz	528 MHz	132 MHz	24 MHz
L1 Cache	ON	ON	ON	ON
IPG CLK	150 MHz	132 MHz	33 MHz	12 MHz
FlexRAM	75 MHz	66 MHz	33 MHz	12 MHz
SOC Voltage	1.275 v	1.15 v	1.15 v	0.95 v
Analog LDO	ON	ON	ON	In Weak Mode
24 MHz XTAL	ON	ON	ON	OFF

OSC				
24 MHz RC OSC	OFF	OFF	OFF	ON
ARM PLL	ON	ON	Power Down	Power Down
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	Power Down	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

USB2 PLL	ON	ON	Power Down	Power Down
Audio PLL	ON	ON	Power Down	Power Down
Video 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

- 低功耗模式定义
- 低功耗模式配置
- 唤醒源

3.3.1 低功耗模式定义

表 4 低功耗模式定义

低功耗模式	定义
System Idle	•无线程运行时 ,CPU 可以自动进入此

	模式 •所有外围设备都可以保持活动状态 •CPU 仅进入 WFI 模式，其状态保持不变，因此中断响应可以很短
Low-Power Idle	•功耗比系统空闲模式低得多，退出时间更长 •所有 PLL 均被关闭，模拟模块以低功耗模式运行 •所有高速外围设备均经过电源门控，低速外围设备可以保持低频运行
Suspend	•具有最长退出时间的最省电模式 •所有 PLL 被关闭，XTAL 被关闭，除 32 K 时钟之外，所有时钟都被关闭 •所有高速外设均被电源门控，低速外设被时钟门控
SNVS	•关闭了仅 SNVS 域除外的所有 SOC 数字逻辑，模拟模块 •32KHz RTC 处于活动状态 •VDD_HIGH_IN 和 VDD_DCDC_IN 关闭

3.3.2 低功耗模式配置

表 5. 低功耗模式配置

	System Idle	Low-Power Idle	Suspend	SNVS
CCM LPM Mode	WAIT	WAIT	STOP	-
Arm Core (PDM7)	WFI	WFI	Power Down	OFF
L1 Cache	ON	ON	Power Down	OFF
FlexRAM (PDRET)	ON	ON	ON	OFF
FlexRAM (PDRAM0)	ON	ON	Power Down	OFF
FlexRAM (PDRAM1)	ON/OFF	ON/OFF	Power Down	OFF
VDD_SOC_IN Voltage	1.15V	0.95V	0.925V	OFF
ARM PLL	Power Down	Power Down	Power Down	OFF
SYS PLL	ON	Power Down	Power Down	OFF
SYS PFD0	Power	Power Down	Power	OFF

	Down		Down	
SYS PFD1	Power Down	Power Down	Power Down	OFF
SYS PFD2	ON	Power Down	Power Down	OFF
SYS PFD3	Power Down	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
USB2 PLL	Power Down	Power Down	Power Down	OFF
Audio PLL	Power Down	Power Down	Power Down	OFF
Video PLL	Power	Power Down	Power	OFF

	Down		Down	
ENET PLL	Power Down	Power Down	Power Down	OFF
24 MHz XTAL OSC	ON	OFF	OFF	OFF
24 MHz 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

表 6. 唤醒源

	System	Low Power	Suspend	SNVS
--	--------	-----------	---------	------

	Idle	Idle		
GPIO 唤醒	YES	YES	YES	- YES (1 PIN only)
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

无论系统处于 System Idle ,Low-Power Idle 还是 Suspend 模式 ,都应在 GPC 模块中启用唤醒中断。唯一可以在 SNVS 中唤醒系统的引脚是 IOMUXC_SNVS_WAKEUP_GPIO5_IO00。

注意外设唤醒要求外设时钟在该模式下可用。

4 如何在 MIMXRT1060 EVK 上测量功耗

4.1 MIMXRT1060-EVK (REV A1) 板概述

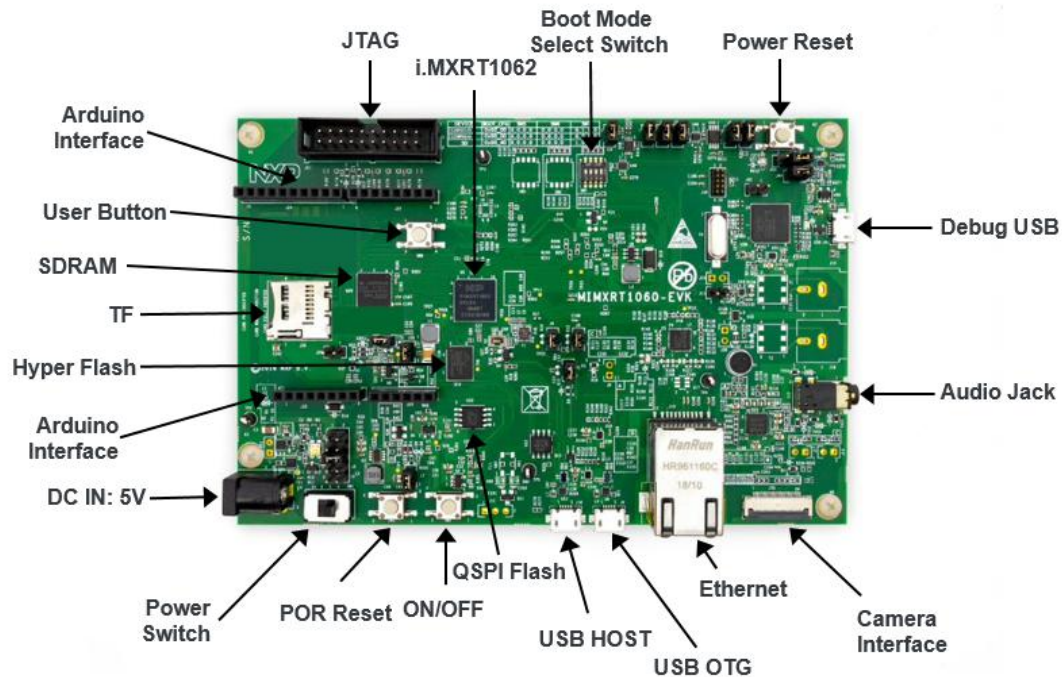


图 1. MIMXRT1060 EVK 板概述 (正面)

4.1.1 EVK 上的电流测量

对于本应用笔记 , 测量 DCDC_IN(J37), VDD_HIGH_IN(J4)和 VDD_SNVS_IN (J5) 的电流值。

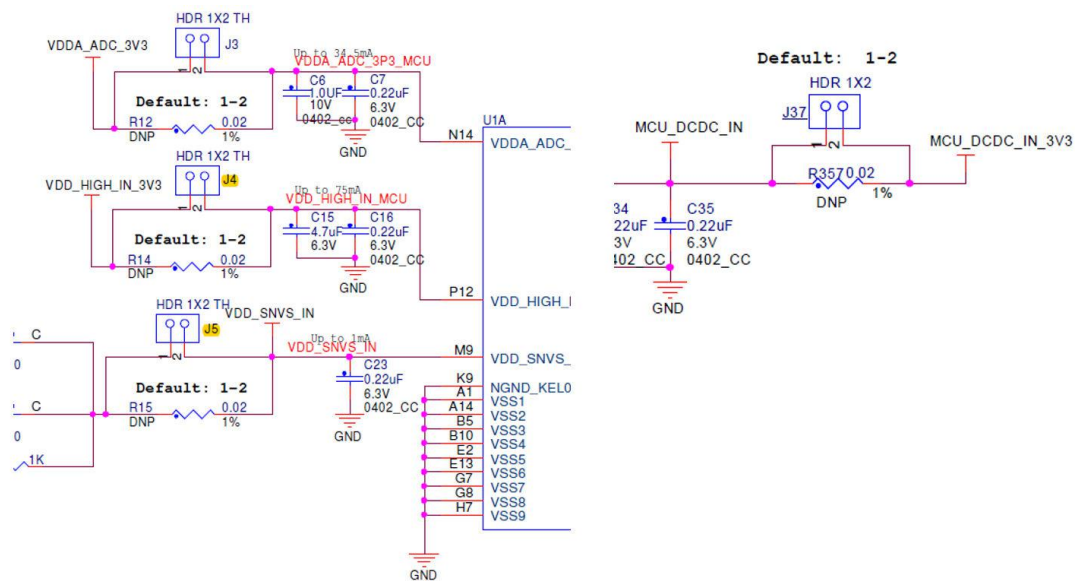


图 2. DCDC_IN , VDD_HIGH_IN 和 VDD_SNVS_IN 的测试点

4.1.2 EVK 的硬件重设

由于 POR_B 引脚具有内部上拉，因此应将 R401 和 R20 移除。保留这些电阻会导致所产生的 SNVS 电流要比本应用笔记中所示的电流高。

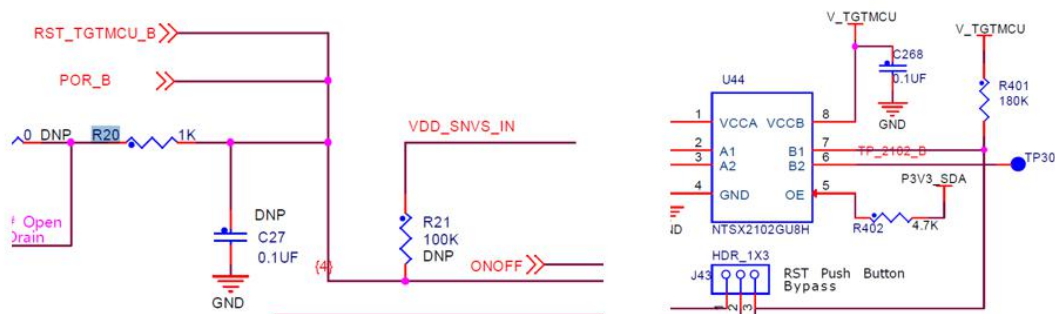


图 3. 移除电阻 R20 和 R401

SNVS_PMIC_STBY_REQ_GPIO5_IO02 在挂起模式（停止模式）下输出高电平信号。在 EVK 板上，此引脚用于控制 LCD 电源开关，并且电阻 R31 连接至该引脚。当芯片处于挂起模式时，此电阻消耗更多电流。要解决此问题，SNVS_PMIC_STBY_REQ 应被配置为低电平输出 GPIO 引脚。

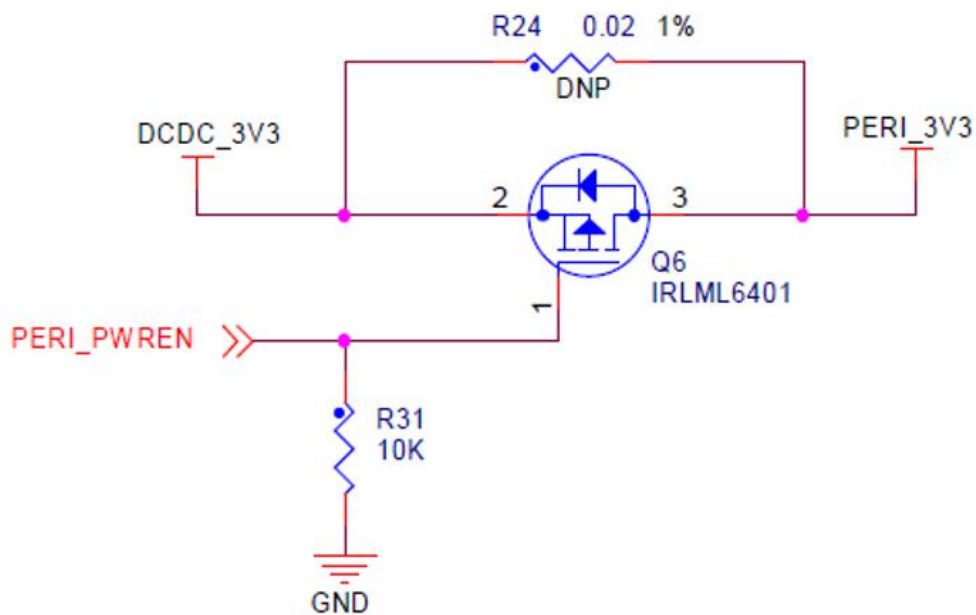


图 4. LCD 3V3 电源开关电路

4.1.3 运行基于 IAR 的项目演示示例-功率模式开关

1.项目文件位于：

boards \ evkbmimxrt1060 \ demo_apps \ power_mode_switch_bm \ iar \
power_mode_switch_bm.eww

2.下载项目。

3.在终端上选择目标电源模式。

5 功耗结果

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。

所有功耗值度量值均以 25 度时的典型硅为标准。

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，因此始终建议使用。

5.1 运行模式

表 7. 在 RAM 上的运行模式

RT1060-EVK		Overdrive (600 MHz)		Full-speed run (528 MHz)		Low-speed run (132 MHz)		Low power run (24 MHz)	
Power Rail	Voltage (V)	Current (mA)	Power (mW)	Current (mA)	Power (mW)	Current (mA)	Power (mW)	Current (mA)	Power (mW)
DCDC_IN	3.3	53.1432	175.3726	38.2423	126.1996	12.9733	42.8119	2.7634	9.1192
HIGH_IN	3.3	20.4431	67.4622	20.4244	67.4005	5.2617	17.3636	0.2682	0.8851
SNVS_IN	3.3	0.0250	0.0824	0.0234	0.0771	0.0137	0.0452	0.0173	0.0571

表 8. Flash 上 的 XIP 运行方式

RT1060-EVK		Overdrive (600 MHz)		Full-speed run (528 MHz)		Low-speed run (132 MHz)		Low p (24 MHz)
Power Rail	Voltage (V)	Current (mA)	Power (mW)	Current (mA)	Power (mW)	Current (mA)	Power (mW)	Current (mA)
DCDC_IN	3.3	44.5526	147.0236	32.4731	107.1612	11.8486	39.1004	2.4326
HIGH_IN	3.3	20.4381	67.4457	20.4542	67.4989	5.2729	17.4006	0.2827
SNVS_IN	3.3	0.0257	0.0847	0.0241	0.0796	0.0140	0.0461	0.0178

5.2 低功耗模式

表 9 和表 10 中的功耗是通过电源模式开关项目测量的。

表 9.功耗结果

RT1060-EVK		System Idle		Low power		Suspend		SNVS	
Power Rail	Voltage (V)	Current (mA)	Power (mW)	Current (mA)	Power (mW)	Current (mA)	Power (mW)	Current (mA)	Power (mW)
DCDC_IN	3.3	5.6543	18.6592	1.3263	4.3768	0.2192	0.7234	/	/
HIGH_IN	3.3	5.2542	17.3389	0.2601	0.8583	0.0223	0.0736	/	/
SNVS_IN	3.3	0.0133	0.0438	0.0171	0.0564	0.0109	0.0361	0.0157	0.0178

表 10.闪存上的 XIP 低功耗模式

RT1060-EVK		System Idle		Low power		Suspend		SNVS	
------------	--	-------------	--	-----------	--	---------	--	------	--

Power Rail	Voltage (V)	Current (mA)	Power (mW)	Current (mA)	Power (mW)	Current (mA)	Power (mW)	Current (mA)	Power (mW)
DCDC_IN	3.3	6.0045	19.8149	1.4586	4.8134	0.2156	0.7115	/	/
HIGH_IN	3.3	5.2568	17.3474	0.2601	0.8583	0.0222	0.0733	/	/
SNVS_IN	3.3	0.0136	0.0450	0.0171	0.0583	0.0114	0.0376	0.0157	0.0

注意

所有功耗值均以 25 度时的典型硅为标准。

6 结论

本文档主要介绍如何基于 MIMXRT1060 EVK (Rev.A1) 在 i.MX RT 上测量功耗。有关设计低功耗应用程序的更多设计详细信息，请参见应用笔记 “[How to use iMXRT Low Power Feature](#)”。

7 修订历史

表 11. 修订历史

修订版本	时间	内容修改
0	09/2018	初版
1	08/2019	更新了功耗测量结果

8 参考文献

1. [i.MX RT 1060 Reference Manual](#)
2. [Arm Cortex M7 Reference Manual](#)
3. [How to use iMXRT Low Power Feature](#)