GigaDevice Semiconductor Inc.

GD32 MCU 功耗测试流程

应用笔记

AN105

1.1 版本

（2026 年 10 月）

目录

目录 1
图索引 2
表索引 3
1. 前言 4
2. 功耗测试流程 5
2.1. 测试工具准备 5
2.2. 功耗测试设置 5
2.3. 测试流程 6
2.4. 常见问题 7
2.5. 案例说明 8
3. 总结 9
4. 版本历史 10

图索引

图 2-1. 测试硬件接线示意图 6
图 2-2. 电池供电测试硬件接线示意图 7
图 2-3. 功耗特性 8

表索引

表 4-1. 版本历史 10

1. 前言

本文是专为 GD32 MCU 提供，主要介绍了功耗测试流程，涉及到测试仪器选型与使用的规范、硬件电路设计、软件代码使用、测试数据的记录等，从而达到准确的功耗数据。

注意：本应用笔记仅作参考，若与用户手册或数据手册内容有冲突，以用户手册或数据手册为准。

2. 功耗测试流程

2.1. 测试工具准备

MCU 功耗测试一般需要以下几样工具：

1. 待测 MCU 芯片，一般情况下，需要对待测 MCU 的同一批次与工艺的样片至少取三片作为被测对象。拿到芯片后先检查芯片封装表面是否丝印清晰，引脚干净、无折弯损坏迹象。
2. 最小系统板，只保留电源、晶振输入引脚、复位、下载口、BOOT 引脚，避免外部多余电路电流消耗影响。
3. 万用表，用于测量待测 MCU 的输入电流。应至少使用四位半以上位数的万用表，有条件情况下尽可能使用位数更高的仪器，以确保测试数据精准可靠。测试时须将万用表表笔按照测电流的方式接入，档位打到直流电流档。
4. 信号源，用于在部分测试需求下为待测 MCU 提供外部有源时钟。信号源推荐使用频率 30MHz、分辨率 16 位、采样率 250Msa / s 以上的仪器。
5. 直流数字电源，按测试要求调节输出使用。
6. J-Link 下载器，用于测试代码下载。
7. 如需进行批量测试或自动记录数据，可在上述工具基础上增加支持远程读数的万用表或功耗仪、调试器、与待测 MCU 匹配的寄存器描述文件，以及具备寄存器访问和仪表通信能力的测试环境。该类辅助条件用于提高重复测试和数据记录效率，测试前仍需确认仪表量程、电流端口接线和目标板供电路径满足功耗测试要求。

2.2. 功耗测试设置

硬件配置

根据用户性能与功耗的综合考虑，参考用户手册时钟树和数据手册的 Power Consumption 章节，选择合适的电源电压，晶振输入，通过操作分频器与倍频器，将时钟源配置为所需的主频。

根据具体产品选择合适稳定电压源，调整电压值为 3.3V / 5V。大部分产品采用 3.3V 供电，部分车规芯片采用 5V 供电兼容 3.3V。晶振输入支持无源晶振和有源晶振，参考芯片的用户手册时钟树规定的晶振输入范围，选择合适的晶振。使用信号源提供外部时钟时，应与目标板共地，并按芯片手册连接指定的时钟输入引脚、配置旁路模式。在确认目标器件支持相应频率和输入电平后，可使用 2 MHz 或 4 MHz、占空比为 50% 的方波。将信号源负载选项设置为 High-Z；若目标输入允许 0～3.3 V 的时钟信号，可设置峰峰值为 3.3 V、直流偏置为 1.65 V，并在 MCU 引脚处核实实际电压和波形。

软件配置

外设配置。软件开发人员根据用户手册在代码中通过操作库函数或寄存器开启 / 关闭相关外设时钟，并明确各测试条件下参与测试外设的状态。若需要进行外设功耗对比，应在供电电压、

系统时钟、GPIO 配置、低功耗模式和测试温度等条件保持一致的基础上，仅改变目标外设的开启或关闭状态；条件允许时，可读取相关寄存器确认配置生效。若测试 Sleep 模式下的外设状态差异，建议由固件完成基础初始化后延时进入 Sleep 模式，测试时设置足够等待时间后再采集电流。

I/O 口配置。在进入低功耗模式前，需配置所有不用 I/O 引脚为模拟输入，需要注意的是，最小封装按最大封装引脚配置，即使这些引脚在封装中没有引出来。在配置引脚前，建议在代码中增加等待时间以防止调试口被禁用影响下次下载代码。

低功耗模式选择。选择需要的低功耗模式需根据数据手册的 Power Consumption 章节配置代码，进入低功耗模式后可得到接近于手册的功耗。

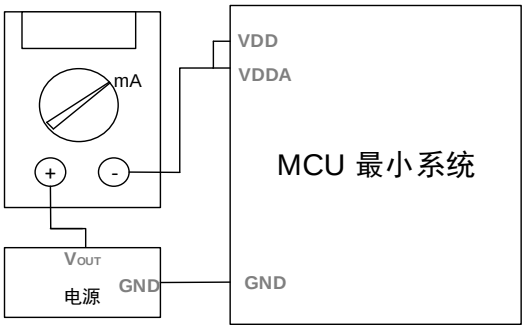
2.3. 测试流程

功耗测试硬软件条件随待测功耗模式改变，在了解各项测试基本要求后可按照以下顺序开展，可简化流程、节约时间成本和减少硬件插拔损耗。

主电源供电测试（VDD/VDDA）

选用合适电源、外部晶振/信号源，配置好BOOT引脚，组成MCU最小系统。对照数据手册的Power Consumption章节，将电流表串接在电源与MCU最小系统中，可测试不同功耗模式下的“I_{VDD}+I_{VDDA}”的实际电流。如*图2-1. 测试硬件接线示意图*。测试代码一般由软件编写人员配置好，根据数据手册对应电源模式条件要求编写代码，如果存在时钟频率、供电电压有特殊值时，需要单独设置测试条件。下载代码进MCU中。将最小系统板与调试工具分离。关断电源并重启电源，以产生上电复位并禁用内部调试电路。测试对应功耗，等待电流表稳定再记录数据。

图2-1. 测试硬件接线示意图

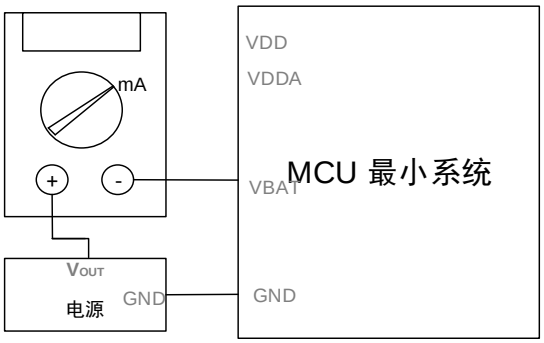


VBAT 供电测试

如*图 2-2. 电池供电测试硬件接线示意图*所示，对于支持 VBAT 供电的器件，主电源撤去后，备份域可由 VBAT 引脚连接的电池或其他备份电源供电。测试时，应在撤去主电源前接入并确认 VBAT 正常供电。对于支持四档 LXTAL 驱动强度的器件，在 VBAT 供电状态下分别测试四种驱动配置：LXTAL 强驱动，LXTAL 中高驱动，LXTAL 中低驱动，LXTAL 弱驱动。对于不同的 LXTAL 驱动档位，应分别配置并测试。首先，在 VDD、VDDA 正常供电时，下载并运行初始化程序，完成本次测试所需的备份域配置，并等待 LXTAL 起振稳定。确认 VBAT 已正常供电后，断开调试器及其他可能通过外部引脚向 MCU 反向供电的连接，再撤去 VDD、

VDDA 主电源，保持 VBAT 连续供电。待电流稳定后，测量并记录 VBAT 输入电流。改变 VBAT 测试电压时，应确保供电不中断且电压处于器件规定的工作范围内；若备份域发生掉电或复位，应恢复主电源并重新完成初始化，再进行测量。

图2-2. 电池供电测试硬件接线示意图



外设功耗对比

上述流程可得到某一功耗模式下的整体电流。若需要进一步分析单个外设或外设时钟对整体功耗的影响，可在相同硬件供电、时钟配置和低功耗模式下进行外设功耗对比。该项测试是在整体功耗测试条件不变的基础上，仅改变目标外设的开启或关闭状态，用于评估外设对系统电流的增量影响。

测试时应先确认待测 MCU、测试固件、仪表连接和外设配置方法一致。外设测试项宜按照开启和关闭状态成对配置，测试前执行相同的初始化和前置条件，再设置目标外设的使能或失能状态，必要时读取相关寄存器确认配置结果，随后等待 MCU 进入稳定状态后进行电流采集。

对同一外设可进行多次采样并取平均值，采样间隔和等待时间应根据仪表响应速度、外设稳定时间和低功耗模式进入时间确定。单项外设的增量功耗可按开启状态电流减去关闭状态电流计算，即 $I_{外设} = I_{ON} - I_{OFF}$。若测试项较多，应将外设名称、开启电流、关闭电流、增量电流、测试电压、系统时钟和测试温度等信息统一记录，便于后续与数据手册、同批次样片和历史测试结果进行对比。

2.4. 常见问题

代码下载异常

提示“No Cortex-M SW Device Found”。检查所有接线是否正确，是否有接触不良等情况；检查下载口是否被配置为模拟输入。若出现第一次下载正常，第二次下载不正常，需要查看系统时钟设置与等待时间是否正确。若设置不正确，程序第一次下载之后导致下载口被配置成模拟输入模式，使得 MCU 不再被识别，无法进行后续下载工作。此时需要使 MCU 进入 ISP 模式，并使用相关工具擦除主 flash，重新设置好代码即可恢复下载。

提示“Cannot Load Flash Device Description”。检查 Keil 的 Options for Target 是否安装好 PACK 包，是否选对待测 MCU 型号；所有接线是否正确，有没有存在忘记跳线、接触不良等情况。

提示“Cannot Load Flash Programing Algorithm”。在 Keil 的 Debug-Flash Download 中的 Programing Algorithm 是否添加正确 Flash Size 以及是否将 RAM for Algorithm 设置正确。

数据偏差

每一项测试会有一个参考值，当出现测量对比偏差较大时，可做如下检查：检查硬件测试系统是否有外接其他导线通路，导致系统漏电；需要明确参考值来源，确定是否为了降低功耗或者调整改进功能，造成了功耗差异；确定代码编写是否符合功耗测试要求，例如 GPIO 是否配置为模拟输入状态、所有外设是否使能或失能、寄存器是否配置成功、系统时钟是否配置正确等。检查系统时钟是否设置正确，可先检查代码参数配置是否正确，然后使用 PA8 输出系统时钟使用示波器观察运行的时钟频率。若进行外设功耗对比，还应检查目标外设开启 / 关闭测试项是否成对、前置条件是否一致、相关寄存器配置是否生效、外设是否被固件重新配置，以及 MCU 是否已经进入预期低功耗模式。若仪表读数波动较大，应检查电流档量程、采样间隔、测试延时、供电线缆接触和最小系统板是否存在其他漏电通路。

2.5. 案例说明

以 GD32F303 系列为例，如*图 2-3. 功耗特性*，根据数据手册的测试条件配置，在深度睡眠模式下，选择 MCU 供电 3.3V，外部晶振选择 8MHz 无源晶振，软件配置 LDO 在低功耗模式，关闭 IRC40K，关闭 RTC，所有 GPIO 配置成模拟输入模式，在 25℃条件下，芯片最小系统的深度睡眠模式功耗所引用数据表给出的典型电流为 159.8 μA，最大电流为 1100 μA；典型值不作为测试下限。

图2-3. 功耗特性

Symbol	Parameter	Conditions	Typ(1)		Max	Unit
			T_A= 25℃	T_A= 85℃	T_A= 25℃	
		V_{DD} = V_{DDA} = 3.3 V, HXTAL = 8 MHz, System Clock = 8 MHz, CPU clock off, All peripherals disabled	2.2	3.4	—	mA
	Supply current (Deep-Sleep mode)	V_{DD} = V_{DDA} = 3.3 V, LDO in run mode, IRC40K off, RTC off, All GPIOs analog mode	189.5	1159.3	1100	μA
		V_{DD} = V_{DDA} = 3.3 V, LDO in low power mode, IRC40K off, RTC off, All GPIOs analog mode	159.8	1124.0	1100	μA
		V_{DD} = V_{DDA} = 3.3 V, Main LDO in under drive mode, IRC40K off, RTC off, All GPIOs analog mode	162.8	944.0	1100	μA
		V_{DD} = V_{DDA} = 3.3 V, Low Power LDO in under drive mode, IRC40K off, RTC off, All GPIOs analog mode	133.0	910.3	1100	μA

3. 总结

根据测出的 MCU 各个模式的应用时间与电流消耗，可在实际应用程序中估算平均电流消耗，以便于用户在电池供电的情况下测算出 MCU 可持续工作的时间。一般情况下，按照标准测试流程下的测试结果与数据手册数值接近，受芯片个体差异影响，实测电流可能偏离数据手册中的典型值。是否符合规格，应依据对应测试条件及数据手册规定的限值判定，不应将超出适用限值简单归因于个体差异。

4. 版本历史

表 4-1. 版本历史

版本号.	说明	日期
1.0	首次发布	2023 年 4 月 7 日
1.1	增加外设功耗对比测试说明	2026 年 7 月 11 日

Important Notice

This document is the property of GigaDevice Semiconductor Inc. and its subsidiaries (the "Company"). This document, including any product of the Company described in this document (the “Product”), is owned by the Company according to the laws of the People’s Republic of China and other applicable laws. The Company reserves all rights under such laws and no Intellectual Property Rights are transferred (either wholly or partially) or licensed by the Company (either expressly or impliedly) herein. The names and brands of third party referred thereto (if any) are the property of their respective owner and referred to for identification purposes only.

To the maximum extent permitted by applicable law, the Company makes no representations or warranties of any kind, express or implied, with regard to the merchantability and the fitness for a particular purpose of the Product, nor does the Company assume any liability arising out of the application or use of any Product. Any information provided in this document is provided only for reference purposes. It is the sole responsibility of the user of this document to determine whether the Product is suitable and fit for its applications and products planned, and properly design, program, and test the functionality and safety of its applications and products planned using the Product. The Product is designed, developed, and/or manufactured for ordinary business, industrial, personal, and/or household applications only, and the Product is not designed or intended for use in (i) safety critical applications such as weapons systems, nuclear facilities, atomic energy controller, combustion controller, aeronautic or aerospace applications, traffic signal instruments, pollution control or hazardous substance management; (ii) life-support systems, other medical equipment or systems (including life support equipment and surgical implants); (iii) automotive applications or environments, including but not limited to applications for active and passive safety of automobiles (regardless of front market or aftermarket), for example, EPS, braking, ADAS (camera/fusion), EMS, TCU, BMS, BSG, TPMS, Airbag, Suspension, DMS, ICMS, Domain, ESC, DCDC, e-clutch, advanced-lighting, etc.. Automobile herein means a vehicle propelled by a self-contained motor, engine or the like, such as, without limitation, cars, trucks, motorcycles, electric cars, and other transportation devices; and/or (iv) other uses where the failure of the device or the Product can reasonably be expected to result in personal injury, death, or severe property or environmental damage (collectively "Unintended Uses"). Customers shall take any and all actions to ensure the Product meets the applicable laws and regulations. The Company is not liable for, in whole or in part, and customers shall hereby release the Company as well as its suppliers and/or distributors from, any claim, damage, or other liability arising from or related to all Unintended Uses of the Product. Customers shall indemnify and hold the Company, and its officers, employees, subsidiaries, affiliates as well as its suppliers and/or distributors harmless from and against all claims, costs, damages, and other liabilities, including claims for personal injury or death, arising from or related to any Unintended Uses of the Product.

Information in this document is provided solely in connection with the Product. The Company reserves the right to make changes, corrections, modifications or improvements to this document and the Product described herein at any time without notice. The Company shall have no responsibility whatsoever for conflicts or incompatibilities arising from future changes to them. Information in this document supersedes and replaces information previously supplied in any prior versions of this document.

© 2026 GigaDevice Semiconductor Inc. – All rights reserved