



Christopher Chiarella

摘要

随着 C2000™ 器件在可用外设、更大容量内存、引脚数量和其他选项等方面的进展，启动引导代码也随之得到增强。对于器件上可用的引导选项，开发人员在设计时始终需要保持自定义方面的灵活性和易用性之间的平衡。从 C2000 开始（因具体器件而异），与旧器件相比，这些新特性和选项并不总能清楚地凸显。任何新的引导特性都是基于预期目的开发的，而这个目的在旧器件上可能并不明确。本应用报告包含了引导代码特性以外的详细信息，介绍了这些特性在不同器件中是如何得到加强的，以及如何在应用中充分利用这些特性。

内容

1 引言.....	2
2 功能和配置.....	2
2.1 选择引导模式选择引脚 (BMSP) 和 GPIO.....	2
2.2 自定义引导选择表.....	4
2.3 使用扩展的引导选项.....	6
3 推荐的引导配置.....	7
4 如何配置引导选项.....	7
5 参考文献.....	7
6 修订历史记录.....	8

表格清单

表 2-1. 引导引脚 GPIO 选择比较.....	3
表 2-2. 默认引导选项表比较.....	4
表 2-3. 引导选择表比较.....	6
表 2-4. 扩展的引导模式选项比较.....	7
表 3-1. 推荐的引导配置示例.....	7

商标

C2000™ is a trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

随着器件的可用内存、外设和引脚选项不断增加，增强和增加引导配置的需求对开发人员来说至关重要。器件上提供的引导模式选项推动了相关开发策略的发展，有助于确保器件具有所有开发阶段所需的灵活性。尽管可以将代码放在闪存中来运行自定义内核，但这会占用宝贵的闪存空间，并且在运行主应用程序之前增加额外的延迟。多年来，C2000 器件通过将引导模式选择引脚的数量从 4 个减少到 2 个，以及添加一些额外的外设引导加载程序通用输入/输出 (GPIO) 引脚多路复用器选项，不断实现可配置性更高、要求更低的引导流程。本应用报告不仅详细介绍了这些可自定义选项在各 C2000 器件上的变化，还阐述了在 F28004x 器件及后续所推出器件上，这些新引导选项如何能够大幅提高器件的可自定义性和灵活性。以下各部分将介绍现在可实现的引导自定义的几个方面。一是自定义在器件上分配的引导模式选择引脚的数量，支持在需要时使用 0 引导模式选择引脚。此外，引导模式选择引脚 GPIO 是可配置的，并且可以使用具有更多已定义的可用引导模式集，来创建完全由用户定义的默认引导模式选择表。

有关引导流程和引用的可配置引导内存位置的更多详细信息，请参阅特定于器件的参考指南和技术参考手册 (TRM)：

- [TMS320x2833x、2823x 引导 ROM 参考指南](#)
- [TMS320x2802x Piccolo 引导 ROM 参考指南](#)
- [TMS320F2837xD 双核 Delfino 微控制器技术参考手册](#)
- [TMS320F2837xS Delfino 微控制器技术参考手册](#)
- [TMS320F2807x Piccolo 微控制器技术参考手册](#)
- [TMS320F28004x Piccolo 微控制器技术参考手册](#)
- [带连接管理器的 TMS320F2838x 实时微控制器 TRM](#)
- [TMS320F28002x 实时微控制器技术参考手册](#)
- [TMS320F28003x 实时微控制器技术参考手册](#)

2 功能和配置

C2000 引导配置的复杂性和灵活性已随着器件的发展而得到了提升。从 F28004x 器件开始，器件上针对特定引导配置的最新增强特性和选项将 C2000 的自定义和灵活性提升到了一个全新的水平。以下各部分重点介绍了这些新选项。此外，还进行了比较，介绍了过去的 C2000 器件是如何处理此类自定义的。

2.1 选择引导模式选择引脚 (BMSP) 和 GPIO

所有全新的 C2000 器件都使用一组定义的 GPIO，以实现在器件上电或复位时选择引导模式。这是通过解码 GPIO 状态 (无论是拉高还是拉低) 的引导代码实现的。解码完成后，解释出来的值将被用作索引，用于从引导模式选择表中选择应当运行的引导模式。用作引导模式选择引脚的 GPIO 通常已锁定为其默认 GPIO。从 Delfino F2837xD 器件开始一直到未来的器件，用作引导模式选择引脚的 GPIO 现在都可进行配置。在 F28004x 及后续所推出器件上，通过写入用户可配置的双代码安全模块 (DCSM) OTP 中的 BOOTPIN_CONFIG 内存位置，所有三个可能的引导模式选择引脚都可以设置为器件上几乎任何可用的 GPIO。器件不再锁定为出厂默认 GPIO，为用户在引脚使用方面提供了更大的灵活性。

C2000 器件不仅需要一组特定的 GPIO 用作引导模式选择引脚，还需要规定数量的引脚。使用的引导模式选择引脚的数量会扩展或限制引导表中可选择的可用引导模式。如果使用了四个引导模式选择引脚，则最多可选择 16 个引导选项，但如果只使用两个引导模式选择引脚，则只有 4 个引导选项可供选择。在 F28004x 器件及后续所推出器件上，出厂默认设置是两个引导模式选择引脚，但可以定制引脚数以支持最多三个引脚和最少 0 个引脚。使用 0 引导模式选择引脚这样的选项，只能提供一个引导模式供用户选择，但也腾出了其他引脚，能够用于其他用途。如果不同场景需要多种引导模式，那么使用三个引脚就可以让用户在八种可能的引导选项中进行选择。禁用任何特定引导模式选择引脚时使用与更改所用的 GPIO 数量时相同的 BOOTPIN_CONFIG 内存位置，除了需要写入一个“0xFF”值来禁用该指定引脚。

表 2-1. 引导引脚 GPIO 选择比较

器件	引导引脚 GPIO 自定义选择	引导引脚数	出厂默认引导引脚
F2833x	引导模式选择引脚 (BMSP) 的数量和分配的 GPIO 是固定的	4	BMSP3 : GPIO87 BMSP2 : GPIO86 BMSP1 : GPIO85 BMSP0 : GPIO84
F2802x		2	BMSP1 : GPIO37 BMSP0 : GPIO34
F2806x		2	BMSP1 : GPIO37 BMSP0 : GPIO34
F2837xD/F2837xS/F2807x	BMSP 的数量固定为 2，分配的 GPIO 可自定义。也可以为两个 BMSP 分配相同的 GPIO，从而实现单个引脚的用例	2	BMSP1 : GPIO72 BMSP0 : GPIO84
F28004x	BMSP 的数量和分配的 GPIO 可自定义	0、1、2 或 3	BMSP1 : GPIO24 BMSP0 : GPIO32
F2838xD/F2838xS			BMSP1 : GPIO72 BMSP0 : GPIO84
F28002x			BMSP1 : GPIO24 BMSP0 : GPIO32
F28003x			BMSP1 : GPIO24 BMSP0 : GPIO32

2.2 自定义引导选择表

每个 C2000 器件都有一个出厂设置的默认引导选择表，其中包含未编程器件上可用的引导模式选项。引导模式选择引脚的默认数量决定了默认表中有多少选项可供选择。最新的器件使用两个引导模式选择引脚，因此在表 2-2 中有四种默认的引导模式可供选择。

表 2-2. 默认引导选项表比较

器件	默认的引导表选项 (未编程的器件)	所有可用的引导模式	注释
F2833x	0. SCI 引导 (无 ADC 校准) 1. RAM 引导 (无 ADC 校准) 2. 闪存引导 (无 ADC 校准) 3. 检查引导 (循环) 模式 4. RAM 引导 5. 并行 XINTF 引导 6. 并行引导 7. OTP 引导 8. XINTF x32 引导 9. XINTF x16 引导 10. McBSP 引导 11. CAN 引导 12. I2C 引导 13. SPI 引导 14. SCI 引导 15. 闪存引导	所有可用的引导模式都与默认引导表中的相同	通过 BMSP 访问的所有引导模式
F2802x	0. 并行引导 1. SCI 引导 2. 等待引导 3. 获取引导/闪存	并行引导 SCI 引导 等待引导 获取引导 SPI 引导 I2C 引导 OTP 引导 闪存引导 RAM 引导	默认表以外的引导模式可以通过仿真引导模式或独立引导模式访问。在独立模式下，首先使用 BMSP 选择获取引导模式，然后获取引导将读取在 OTP 中编程的引导模式选择
F2806x	0. 并行引导 1. SCI 引导 2. 等待引导 3. 获取引导/闪存	并行引导 SCI 引导 等待引导 获取引导 SPI 引导 I2C 引导 OTP 引导 CAN 引导 闪存引导 RAM 引导	默认表以外的引导模式可以通过仿真引导模式或独立引导模式访问。在独立模式下，首先使用 BMSP 选择获取引导模式，然后获取引导将读取在 OTP 中编程的引导模式选择

表 2-2. 默认引导选项表比较 (continued)

器件	默认的引导表选项 (未编程的器件)	所有可用的引导模式	注释
F2837xD/F2837xS/ F2807x	0. 并行引导 1. SCI 引导 2. 等待引导 3. 获取引导/闪存	并行引导 SCI 引导 等待引导 获取引导 SPI 引导 I2C 引导 CAN 引导 闪存引导 RAM 引导 USB 引导	默认表以外的引导模式可以通过仿真引导模式或独立引导模式访问。在独立模式下，首先使用 BMSP 选择获取引导模式，然后获取引导将读取在 OTP 中编程的引导模式选择。对于双核器件，所有引导模式在 CPU1 和 CPU2 上均可用，但 USB 引导仅在 CPU1 上可用
F28004x	0. 并行引导 1. SCI/等待引导 2. CAN 引导 3. 闪存引导	并行引导 SCI/等待引导 等待引导 SPI 引导 I2C 引导 CAN 引导 闪存引导 RAM 引导	默认表以外的引导模式可以通过仿真引导模式或独立引导模式访问。在独立模式下，必须在 OTP 中对自定义引导模式表进行编程
F2838xD/F2838xS	0. 并行引导 1. SCI/等待引导 2. CAN 引导 3. 闪存/USB 引导	并行引导 SCI/等待引导 等待引导 SPI 引导 I2C 引导 OTP 引导 CAN 引导 闪存引导 RAM 引导 USB 引导 安全闪存引导 IPC 消息复制到 RAM	默认表以外的引导模式可以通过仿真引导模式或独立引导模式访问。在独立模式下，必须在 OTP 中对自定义引导模式表进行编程。对于双核器件， C28x CPU2 和 CM 内核通过 IPC 引导命令从 C28x CPU1 引导。 CPU2 和 CM 内核仅支持闪存、等待、 RAM 、安全闪存、用户 OTP 和 IPC 消息复制引导模式。 CPU1 不支持用户 OTP 和 IPC 消息复制引导模式
F28002x	0. 并行引导 1. SCI/等待引导 2. CAN 引导 3. 闪存引导	并行引导 SCI/等待引导 等待引导 SPI 引导 I2C 引导 CAN 引导 闪存引导 RAM 引导	默认表以外的引导模式可以通过仿真引导模式或独立引导模式访问。在独立模式下，必须在 OTP 中对自定义引导模式表进行编程

表 2-2. 默认引导选项表比较 (continued)

器件	默认的引导表选项 (未编程的器件)	所有可用的引导模式	注释
F28003x	0. 并行引导 1. SCI/等待引导 2. CAN 引导 3. 闪存引导	并行引导 SCI/等待引导 等待引导 SPI 引导 I2C 引导 CAN 引导 闪存引导 RAM 引导 安全闪存引导 实时固件更新 (LFU) 闪存引导 安全 LFU 闪存引导	默认表以外的引导模式可以通过仿真引导模式或独立引导模式访问。在独立模式下, 必须在 OTP 中对自定义引导模式表进行编程

在 F28004x 器件之前, 默认引导表中的第 4 个引导模式条目是获取引导模式。获取引导模式将读取一个可编程的 OTP 值, 该值决定了选择的引导模式。在 F28004x 之后, 编程时, 整个引导模式选择表是可自定义的。根据器件上启用的引导模式选择引脚的数量 (0、1、2 或 3), 自定义引导选择表可以有 1、2、4 或 8 个可用的引导模式选项。此自定义表将取代默认出厂表, 因此, 相比于之前的设置为并行引导 (连接至引导选项 0), 现在可以将其设置为任何引导模式 (例如闪存或 CAN 引导)。此表是通过在用户可配置的 DCSM OTP 中配置 64 位 BOOTDEF 存储器位置来设置的。每个字节代表一个指定的引导模式。

表 2-3. 引导选择表比较

器件	引导表自定义
F2833x	不可自定义, 表锁定为出厂默认。
F2802x	半可自定义, 引导表中的第 4 项 (获取模式) 可以使用 OTP 存储器编程为特定的引导模式
F2806x	
F2837xD/F2837xS/F2807x	
F28004x	完全可自定义, 引导表中的所有引导选项都可以使用 OTP 存储器编程为任一引导模式
F2838xD/F2838xS	
F28002x	
F28003x	

2.3 使用扩展的引导选项

在选择闪存引导模式或用作外设引导加载程序一部分的 GPIO 时, 引导时跳转到的存储器地址在 ROM 中进行了预定义。如果任何特定引脚已用于外设引导加载程序, 这会在选择引脚功能时给硬件设计带来限制。从 F2837xD 器件开始, 提供了一些额外的外设 GPIO 多路复用器选项, 以提高作为应用一部分使用的 GPIO 的灵活性。与之前的任何其他器件相比, F28004x 及后续所推出器件添加了更多这类扩展的引导选项。这包括引导至闪存时的多个入口地址选项, 以及用于引导加载程序外设 (如 SCI、CAN、SPI、并行和 I2C) 的多个 GPIO 多路复用器组合。使用扩展的引导选项与在自定义表中设置任何其他引导模式没什么不同。首先在 TRM 的 GPIO 分配部分中找到具有相关值的引导模式选项, 然后将其设置在用户可配置 DCSM OTP 中的 64 位 BOOTDEF 存储器位置。

表 2-4. 扩展的引导模式选项比较

器件	外设引导加载程序 GPIO 选项	闪存入口点选项
F2833x	用于外设引导加载程序的单个出厂默认引脚分配	单个闪存入口点
F2802x		
F2806x		
F2837xD/F2837xS/F2807x	用于大多数外设引导加载程序的两个引脚分配选项。每个引脚分配选项都有自己的引导模式标识符，可以通过获取引导模式进行选择	
F28004x	用于大多数外设引导加载程序的多个引脚分配选项。每个引脚分配选项都有自己的引导模式标识符，可以编程到自定义引导表中	多个闪存入口点选项
F2838xD/F2838xS		
F28002x		
F28003x		

3 推荐的引导配置

借助 F28004x 及后续所推出器件上的最新引导增强功能，现在可用的自定义允许设置一些特定的引导场景。范围涵盖从不使用引导模式选择引脚到使用所有 3 个引脚。

表 3-1. 推荐的引导配置示例

场景	使用的引脚数	引导模式表选项
零引导引脚	0	0. 闪存引导
固件升级	1	0. 闪存引导 1. SCI/任意引导加载程序
多功能/灵活器件	3	0. 闪存引导
		1. 闪存引导 (备用地址)
		2. 闪存引导 (备用地址)
		3. 闪存引导 (备用地址)
		4. SCI/任意引导加载程序
		5. CAN/任意引导加载程序
		6. I2C/任意引导加载程序
7. SCI 备用/任意引导加载程序		

4 如何配置引导选项

有关如何配置这些自定义引导选项的更多详细信息，请参阅特定于器件的 TRM 中 *ROM 代码和外设引导* 一章的 *器件引导模式* 部分。

有关如何配置引导引脚、自定义引导表和使用扩展引导选项的示例，请参阅 [C2000Ware](#) 中 F28004x 下的 *boot_ex2_customBootConfig* 项目。

5 参考文献

- [TMS320x2833x、2823x 引导 ROM 参考指南](#)
- [TMS320x2802x Piccolo 引导 ROM 参考指南](#)
- [TMS320F2837xD 双核 Delfino 微控制器技术参考手册](#)
- [TMS320F2837xS Delfino 微控制器技术参考手册](#)
- [TMS320F2807x Piccolo 微控制器技术参考手册](#)
- [TMS320F28004x Piccolo 微控制器技术参考手册](#)
- [带连接管理器的 TMS320F2838x 实时微控制器 TRM](#)
- [TMS320F28002x 实时微控制器技术参考手册](#)
- [TMS320F28003x 实时微控制器技术参考手册](#)

6 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision * (July 2017) to Revision A (March 2022)	Page
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式。.....	2
• 更改了文档的标题。.....	2
• 更新了 节 2.1 。.....	2
• 更新了 节 2.2 。.....	4
• 更新了 节 2.3 。.....	6
• 更新了 节 5 。.....	7

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2022，德州仪器 (TI) 公司