

**摘要**

本指南是重要的参考资料，其中包含着手使用 C2000™ 实时微控制器 (MCU) 的所有必要信息。本指南涵盖了用 C2000 器件进行开发的各方面内容，从硬件到支持资源应有尽有。除了主要的参考文档外，每个部分还提供了相关链接和资源，帮助用户进一步了解相关信息。

**内容**

<b>1 引言</b> .....	<b>2</b>
<b>2 生态系统</b> .....	<b>2</b>
2.1 入门级.....	3
2.2 中级.....	3
2.3 高级.....	4
<b>3 硬件开发</b> .....	<b>4</b>
3.1 LaunchPad.....	4
3.2 BoosterPack.....	4
3.3 ControlCARD.....	4
3.4 实验套件.....	4
3.5 应用套件.....	5
3.6 参考设计.....	5
3.7 定制设计.....	5
<b>4 软件开发</b> .....	<b>6</b>
4.1 指南.....	6
4.2 C2000Ware.....	6
4.3 Motor Control 软件开发套件 (MCSDK).....	6
4.4 Digital Power 软件开发套件 (DPSDK).....	6
<b>5 编程器和调试器</b> .....	<b>6</b>
5.1 闪存编程.....	6
5.2 调试探针.....	7
<b>6 开发工具链</b> .....	<b>7</b>
6.1 Code Composer Studio (CCS).....	7
6.2 SysConfig 系统配置工具 (SYSCONFIG).....	7
6.3 云工具.....	8
6.4 第三方开发工具.....	8
<b>7 支持资源</b> .....	<b>8</b>
7.1 文档支持.....	8
7.2 培训.....	8
7.3 TI E2E 支持论坛.....	9
<b>8 参考文献</b> .....	<b>9</b>
修订历史记录.....	10

**插图清单**

图 2-1. C2000 生态系统图.....	2
图 2-2. C2000 入门级生态系统图.....	3
图 2-3. C2000 中级生态系统图.....	3
图 2-4. C2000 高级生态系统图.....	4

## 商标

C2000™, LaunchPad™, Code Composer Studio™, and InstaSPIN™ are trademarks of Texas Instruments. MathWorks® is a registered trademark of The MathWorks, Inc.

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 1 引言

C2000 实时 MCU 是高性能微控制器产品系列，专门用于控制电力电子产品，并提供面向工业和汽车应用的高级数字信号处理功能。C2000 融合了 TI 在开发适用于简单实时控制的微控制器方面超过 25 年的经验，使工程师能够快速开发更高效的功率转换和电机驱动解决方案。

C2000 的产品选择范围覆盖 100 多种器件，可满足各种级别的要求。提供的软件包使任何人都可以轻松开始软件开发。此外，参考设计和应用套件可支持高度优化且特定于应用的解决方案。本入门指南旨在提供利用 C2000 并开始使用 C2000 进行开发所需的所有资源。

若要更深入研究和了解 C2000 实时微控制器中与实时控制系统相关并使其脱颖而出的器件，请参阅 [使用 C2000 实时微控制器的基本开发指南 \[中文\]](#)。

## 2 生态系统

C2000 的生态系统包含各种应用、产品、硬件平台、开发工具和软件开发套件。更多有关此生态系统特定部分的信息，请参阅本文档中的相应章节。若要了解 C2000 器件的要点，以及 C2000 在实时控制领域居于领先地位的原因，请观看 [C2000™ 生态系统 5 分钟概述](#)。

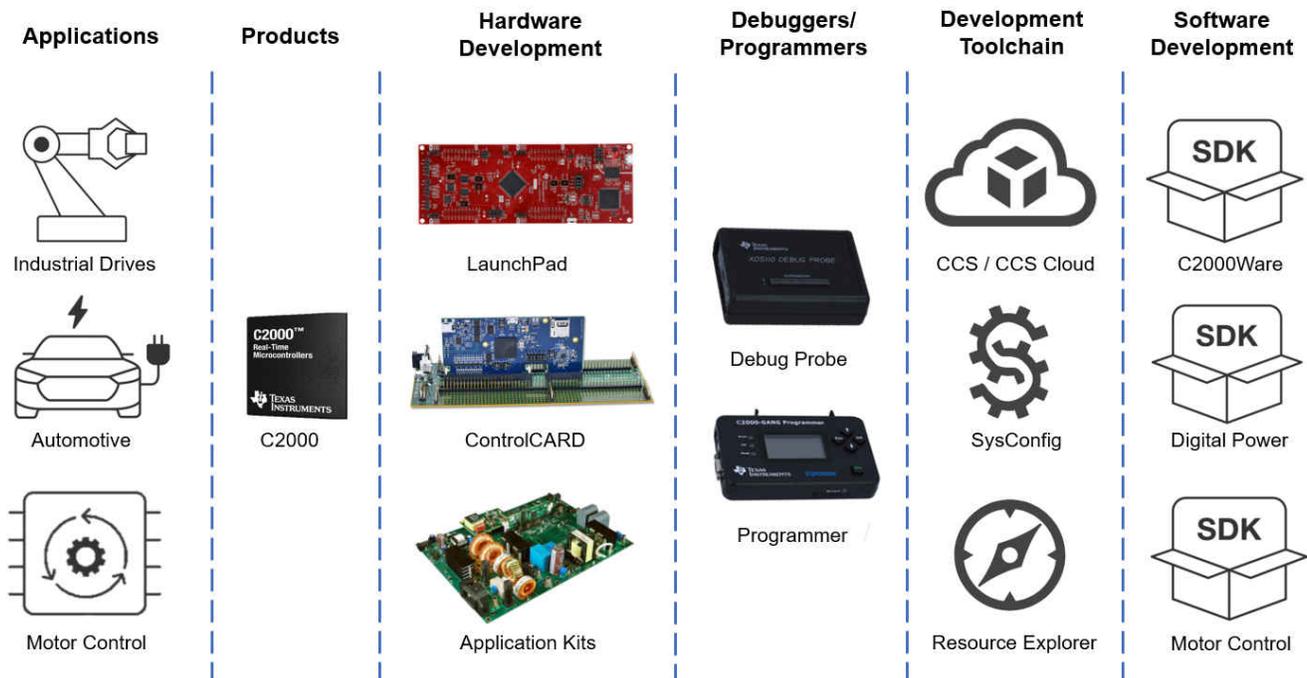


图 2-1. C2000 生态系统图

以下部分根据对 C2000 的熟悉程度讨论了简化的生态系统图。

## 2.1 入门级

如果您不熟悉 C2000，但希望快速探索器件功能和特性，那么建议您从三个低成本开发平台中的任何一个开始。其中包括 [LaunchPad™](#)、[LaunchPad + BoosterPack](#) 或 [ControlCARD + 集线站](#)。此外还需配套使用 [Code Composer Studio \(CCS\)](#) 和 [C2000Ware](#) 软件开发套件。

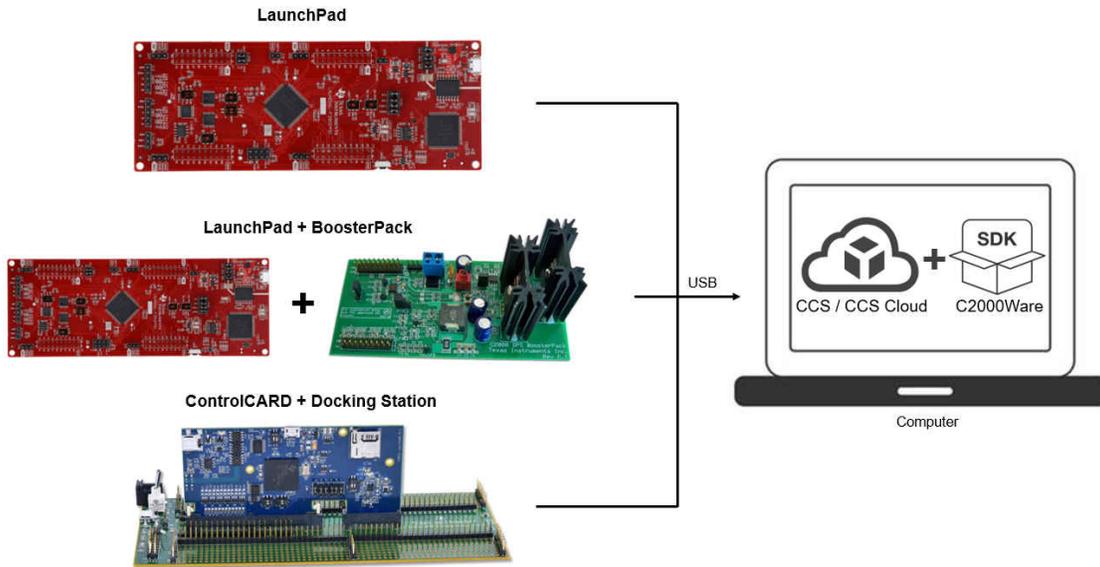


图 2-2. C2000 入门级生态系统图

## 2.2 中级

如果不熟悉 C2000，但想要探索具体应用的开发流程，建议从[节 3.5](#)开始了解。这些套件按功率转换和电机驱动应用进行分类。每一类应用套件都自带软件开发套件 (SDK)，分别是 [Digital Power SDK](#) 和 [电机控制 SDK](#)。这些 SDK 为每个应用套件提供了指导性示例代码，可实现硬件和软件之间的轻松集成。

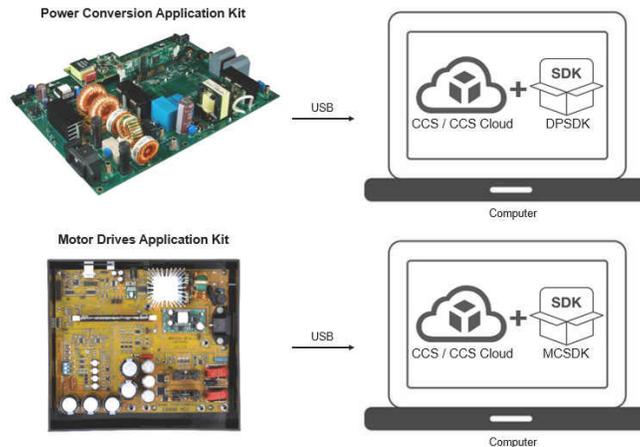


图 2-3. C2000 中级生态系统图

## 2.3 高级

如果您有 C2000 开发经验，并对快速实现特定系统感兴趣，可从 [节 3.6](#) 和 [节 3.7](#) 开始。这些设计包括着手进行开发所需的所有文件。

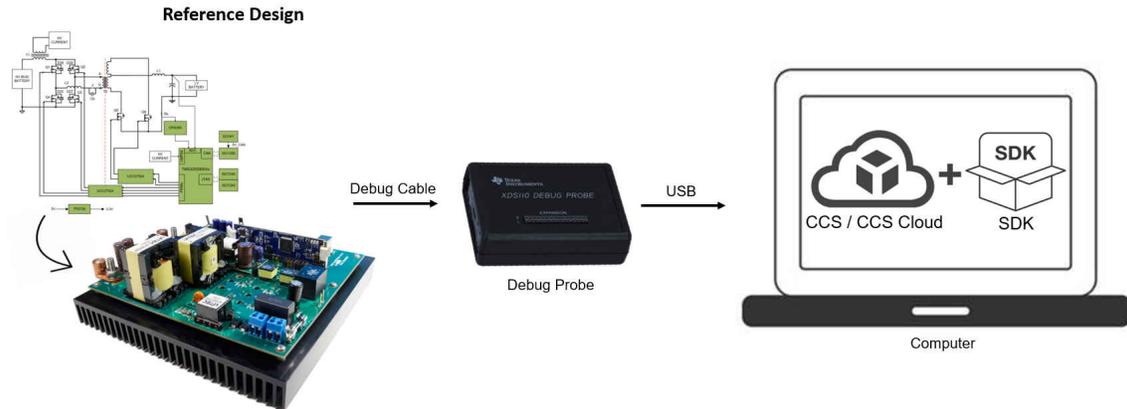


图 2-4. C2000 高级生态系统图

## 3 硬件开发

本节可帮助您了解 C2000 的全部硬件产品以及如何快速开始硬件开发。

### 3.1 LaunchPad

LaunchPad 是适用于 C2000 实时微控制器系列器件的低成本开发板。该板不仅适用于初始评估和原型设计，还提供易于使用的标准化平台来开发应用。

更多有关可用 LaunchPad 的信息，请参阅 C2000 设计和开发页面中的 [LaunchPad 开发套件](#) 部分。每个 LaunchPad 都附带了介绍如何设置环境的入门资料。LaunchPad 还带有板载调试探针，可用于实时调试和闪存编程。

### 3.2 BoosterPack

BoosterPack 是 LaunchPad 生态系统的可插拔附加板，符合德州仪器 (TI) 制定的引脚排列标准。TI 和第三方 BoosterPack 生态系统极大地扩展了外设和潜在应用，因而您可使用各种 LaunchPad 对其进行探索。

有关 C2000 BoosterPack 的详情，请参阅 C2000 设计和开发页面中的 [全功能评估模块](#) 部分。

若要查找每个 BoosterPack 支持的 LaunchPad，请参阅 TI.com 中 BoosterPack 页面上的“支持的产品”选项卡。

### 3.3 ControlCARD

ControlCARD 非常适用于简单的初始评估和系统原型设计。ControlCARD 为完整板级模块，采用两种标准封装（100 引脚 DIMM 或 180 引脚 HSEC）中的一种，以提供薄型单板控制器解决方案。

ControlCARD 需要一个集线站或兼容的套件，集线站是一个基板，能够为 ControlCARD 供电并提供可进行原型设计的试验电路板区域，同时还具备充足的 DIMM 或 HSEC 连接。如需了解完整的成套选项，请参阅 [节 3.4](#) 和 [节 3.5](#)。

更多有关可用 ControlCARD 的信息，请参阅 C2000 设计和开发页面中的 [全功能评估模块](#) 部分。每个 ControlCARD 页面都包含所有相关文档，可帮助您着手进行开发。

### 3.4 实验套件

实验套件包含 ControlCARD 和相应的集线站（100 引脚 DIMM 或 180 引脚 HSEC）。集线站可为 ControlCARD 供电，并提供用于原型设计的试验电路板区域。用户可借助一系列接头引脚轻松访问关键器件信号。

如需寻找适当基板，请参阅 [ControlCARD](#) 产品页面中的描述。

### 3.5 应用套件

可使用与 [LaunchPad](#) 配对的 [BoosterPack](#) 模块、实验套件，或者在某些情况下可使用已将 MCU 直接焊接到板上的 [EVM](#) 来对应用进行评估。一些应用套件旨在提供实验和概念指导，而其他应用套件会提供类似于最终应用的更真实的功率级别。所有应用套件都包含软件示例、简单的用户指南和一个硬件开发包，使您能够快速定制产品。

如需应用套件的完整列表，请参阅 [电机控制 SDK](#) 和 [Digital Power SDK](#)。

### 3.6 参考设计

TI 参考设计库是一个涵盖模拟、嵌入式处理器和连接等内容的强大的参考设计资源库。所有参考设计均由 TI 专家构建，旨在帮助您着手进行系统设计，其中包括原理图或方框图、BOM 和设计文件，助您加快产品上市步伐。

搜索并下载 [C2000 参考设计](#)

### 3.7 定制设计

一个非常适合自定义电路板设计的起始参考资料是 [C2000 硬件平台](#) ( 无论是参考设计、[ControlCARD](#) 还是 [LaunchPad](#) 平台 ) 的设计文件。相关硬件平台的原理图、BOM 和其他设计文件，可在相应网页上找到。

以下各种文档资源可帮助您着手进行定制设计：

- [F2800x C2000™ 实时 MCU 系列的硬件设计指南](#)提供了系统级硬件设计的概述，以及与如何从原理图设计过渡到电路板布局相关的信息。
- [如何在 C2000™ 器件中充分利用 GPIO](#) 就如何充分利用器件上的 GPIO 资源以限制对 IO 扩展器的需求提出了一些相关建议。
- [IBIS \( I/O 缓冲器信息规范 \) 建模简介](#) 讨论了 IBIS 的各个方面，包括其历史、优势、兼容性、模型生成流程、输入/输出结构建模中的数据要求以及未来趋势。

---

#### 备注

各器件相关产品文件夹的设计和开发选项卡中的 [设计工具](#)和[仿真](#)部分提供了各种可下载的模式。这些模型包括 [I/O 缓冲器信息规范 \(IBIS\)](#) 模型和[边界扫描描述语言 \(BSDL\)](#) 模块。

---

## 4 软件开发

本节将帮助您了解 C2000 的整个软件产品。本节介绍的信息也可通过 [《C2000™ 软件指南》](#) 获取。

### 4.1 指南

如需相关 C2000 软件配套资料，请参阅 [C2000 软件参考指南](#)。

### 4.2 C2000Ware

C2000Ware 是 C2000 的核心软件开发套件。这是一套全面的低级驱动程序、数学功能和 DSP 相关开发软件以及文档集，旨在最大限度地缩短软件开发时间。C2000Ware 还提供可用于功能安全软件开发的软件诊断库。

下载：

单机版本：[C2000WARE](#) | 在线版本：[C2000Ware TIREX](#)

资源：

- [CCS 和 C2000Ware 入门](#) 是一段 10 分钟长的视频，对 CCS 和 C2000ware 进行了概述，还解释了如何导入示例并在硬件上运行。
- [C2000Ware 简介](#) 视频对 C2000Ware 开发包进行了简要概述。
- [C2000Ware 快速入门指南](#) 说明了 C2000 的软件包结构、支持功能以及如何通过 Code Composer Studio 快速访问软件示例。

### 4.3 Motor Control 软件开发套件 (MCSDK)

MCSDK 是一套全面的软件基础架构、工具和文档集，旨在最大限度地缩短基于 C2000 MCU 的电机控制系统和软件开发时间。

下载：

单机版本：[C2000WARE-MOTORCONTROL-SDK](#) | 在线版本：[MCSDK\\_TIREX](#)

若要查看最新 SDK 版本支持的所有解决方案 + 评估模块，请点击 [MCSDK 页面](#) 的特性部分中所提供的“查看所有”选项。

资源：

- [C2000Ware MotorControl SDK 入门指南](#) 说明了 MCSDK 的软件包结构、支持功能以及如何通过 Code Composer Studio 访问软件示例

### 4.4 Digital Power 软件开发套件 (DPSDK)

DPSDK 提供了一套全面的软件基础架构、工具和文档，旨在最大限度地缩短基于 C2000 MCU 的数字电源系统和软件开发时间。

下载：

单机版本：[C2000WARE-DIGITALPOWER-SDK](#) | 在线版本：[DPSDK TIREX](#)

在 [C2000 软件指南](#) 中，可查看最新 DPSDK 版本支持的所有 [解决方案 + 评估模块](#)。

资源：

- [C2000Ware DigitalPower SDK 入门指南](#) 说明了 DPSDK 的软件包结构、支持功能以及如何通过 Code Composer Studio 访问软件示例

## 5 编程器和调试器

### 5.1 闪存编程

TI 和多个第三方提供了多种可同时对 C2000 器件进行系统内和非板载编程的硬件和软件解决方案。

**资源：**

- [C2000 3P 搜索工具](#) 包含了可用于生产编程的第三方选项的完整列表。
- [闪存：常见问题解答](#) 提供了关于闪存和闪存编程的常见问题解答。
- [C2000 微控制器串行闪存编程](#) 介绍了一种对目标器件的片上闪存进行编程的可行方案。

## 5.2 调试探针

JTAG 调试探针可用于在开发过程中对存储器进行编程以及与 C2000 实时 MCU 进行通信。尽管几乎所有 C2000 工具的 LaunchPad、ControlCARD 或应用套件上都包括 JTAG 仿真功能，但一旦您构建自用开发板，就需要用到外部调试探针。

**资源：**

- 数据表的“仿真/JTAG”部分包含有关各种 JTAG 信号以及物理连接实现情况的信息。
- C2000 设计和开发页面中的[调试探针](#)部分提供了适用于 C2000 系列产品的调试探针列表。
- [C2000 MCU JTAG 连接调试](#)简要概述了 JTAG 实现的情况，并提供了解决使用 Code Composer Studio 软件时常见的 JTAG 连接错误的步骤。

## 6 开发工具链

### 6.1 Code Composer Studio (CCS)

Code Composer Studio™ 是一种集成式开发环境 (IDE)，支持 TI 的微控制器和嵌入式处理器产品系列。Code Composer Studio 包含一整套用于开发和调试嵌入式产品的简单工具。它包含了优化级 C/C++ 编译器、源代码编辑器、工程编译环境、调试器、分析工具以及多种其他功能。该 IDE 提供单一界面，可帮助用户完成应用开发流程的每个步骤。熟悉的工具和界面使用户能够比以前更快地入手。

**下载：**

单机版本：[CCSTUDIO](#) | 在线版本：[CCS Cloud](#)

**资源：**

- [支持 C2000 的开发工具版本](#) 列出了在开发面向不同 C2000 功能和器件的应用时所需的 CCS 和编译器版本。
- [Code Composer Studio 用户指南](#) 和 [CCS 资源页](#) 介绍了 Code Composer Studio IDE 的特性和功能。

### 6.2 SysConfig 系统配置工具 (SYSCONFIG)

C2000 SysConfig 是 CCS 中集成的工具，也可作为独立程序使用，支持用户使用 GUI 生成 C 头文件和代码文件。此界面可在复杂的 driverlib 函数之上创建一层，显著简化开发流程。生成的代码可与 SDK 示例搭配使用，或用于配置定制软件。SysConfig 工具还包含用于配置引脚、外设、子系统和其他元件的简单图形实用工具。SysConfig 可助您直观、快速地管理、发现和解决冲突，以便您有更多时间创建差异化应用程序。

**下载：**

C2000 SysConfig 通过 [C2000Ware](#) 提供，可在 [CCS](#) 中使用。若要访问 SysConfig，请从现有的基于 C2000 SysConfig 的 driverlib 工程开始（这些工程在导入到 CCS 后将包含一个 .syscfg 文件），或向现有的工程添加 C2000 SysConfig 和 driverlib 支持功能。

**资源：**

- [C2000 SysConfig \(软件指南\)](#)
- [C2000 SysConfig \(应用手册\)](#)
- [适用于 C2000 实时 MCU 的 SysConfig 开发工具 \(系列视频\)](#)
- [利用 SysConfig 并借助 C2000 实时 MCU 加速开发 \(白皮书\)](#)

- [如何向现有的 driverlib 工程添加 SYSCONFIG 支持 \(Pinmux 和外设初始化\)](#) 中包含了关于向现有软件工程添加 SysConfig 支持的信息。

## 6.3 云工具

TI 在 [dev.ti.com](#) 上提供了一个云工具平台。在这些种类繁多的工具中包括 [Resource Explorer](#)，它包含开发工具、器件文档和软件资源。虽然这些工具也在 TI 的云工具之外提供，但 [dev.ti.com](#) 为使用 TI 产品进行开发的所有开发者创建了专门的工具包页面。

如果硬件平台连接到您的计算机，[dev.ti.com](#) 将自动检测器件并立即根据该硬件平台筛选定制内容（只要安装了 TI Cloud Agent）。如果未安装 Agent，也可以使用“开始使用”部分下方的下拉选项，手动选择器件。

## 6.4 第三方开发工具

有多家公司在生产 C2000 MCU 定制接口、仿真（控制器、设备、硬件、处理器在环）和代码生成工具集，用于基于视觉、方框图和模型的设计。这些产品可以实现快速控制系统原型设计和系统建模，并且可用于调试、测试和符合性检查以及缩短投产时间。

如需查看第三方工具完整列表，请参阅 [C2000 3P 搜索工具](#)。这些工具中比较受欢迎的是带 Embedded Coder 的 MathWorks。若要着手进行 Mathworks 开发，请参阅 [C2000 的 Embedded Coder 硬件支持包](#)。

## 7 支持资源

### 7.1 文档支持

与器件相关的文档可在 [TI.com/C2000](#) 上的器件页面中找到。若要访问该器件页面，只需在搜索栏中输入器件型号，然后点击相关的器件型号。

器件页面中有一个“技术文档”部分，其中包含器件的所有相关文档。此内容可按照文献类型或通过关键字搜索的方式进行筛选。

器件的重要文档是下面列出的这些文档：

- 数据表：** 提供特定器件的所有参数和功能数据信息。
- 技术参考手册：** 详述器件每个外设和子系统的集成、环境、功能说明和编程模型。
- 勘误表：** 介绍器件的已知问题并提供权变措施。

为了接收文档更新通知，请点击器件页面右上角的“订阅最新信息”。完成注册后，即可收到包含任何产品信息更改内容的每周摘要。有关更改的详细信息，请查看任何已修订文档中包含的修订历史记录。

### 7.2 培训

为帮助设计工程师充分利用 C2000 微控制器的特性和性能，TI 开发了各种分步培训资源。这些培训资源旨在简化学习过程，同时缩短开发时间并加快产品上市速度。下文介绍了其中一部分资源。如需查看各种培训资源的完整列表，请访问 [TI 培训网站](#)。

#### 器件/IP 级培训：

- **C2000 Academy：** C2000 Academy 是供开发人员了解 C2000 实时微控制器平台的优质资源。Academy 可提供易于使用的培训模块，涵盖有关所有 C2000 器件的各类主题。此外，C2000 Academy 还提供动手实验室练习和用于每个实验室练习的完整解决方案。
- **概述培训视频：** 这些视频包含与最新器件系列、特性、主要功能和外设以及基础安全性相关的信息。

#### 控制理论培训：

- **控制理论讲座：** 这是一个介绍控制理论的技术讲座，分为四个部分，内容涵盖基本概念、反馈系统、瞬态响应和离散时间系统。

- **状态空间控制讲座**：这是一门基于状态空间建模模式的控制理论课程，分为四个部分，内容涵盖状态空间模型、线性系统属性、状态反馈控制和线性状态估计器。

#### 特定于应用的培训：

- **电机控制培训视频**：此视频集提供了有关电机控制、InstaSPIN™、DesignDRIVE 和 MathWorks® 的信息。
- **数字电源控制培训视频**：这些视频涵盖了与数字电源、光伏逆变器、基于 GaN 和 SiC 的参考设计以及 MathWorks 相关的信息。
- **电动汽车培训视频**：这些视频涵盖了关于逆变器和充电应用的 EV 专项培训。

### 7.3 TI E2E 支持论坛

此论坛是工程师的重要参考资源，可直接从专家那里获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或自行提出问题，以获得所需的快速设计帮助。[E2E 使用入门](#)页面按时间顺序列出了 [TI E2E 论坛](#)中特定任务的常见问题解答。

链接中的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的[使用条款](#)。

### 8 参考文献

- 德州仪器 (TI)：[使用 C2000 实时微控制器进行开发的必备指南](#)
- 德州仪器 (TI)：[F2800x C2000™ 实时 MCU 系列硬件设计指南](#)
- 德州仪器 (TI)：[如何在 C2000™ 器件中充分利用 GPIO](#)
- 德州仪器 (TI)：[IBIS \( I/O 缓冲器信息规范 \) 建模简介](#)
- 有关 C2000 实时 MCU 的一般信息 - [C2000™ 概述](#)
- [C2000 产品 - C2000™ 产品](#)
- [C2000 设计和开发资源 - C2000™ 设计和开发](#)

## 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

<b>Changes from Revision B (May 2021) to Revision C (June 2022)</b>	<b>Page</b>
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式.....	2
• 更新了 <a href="#">节 1</a> .....	2
• 更新了 <a href="#">节 2</a> .....	2
• 更新了 <a href="#">节 3</a> .....	4
• 更新了 <a href="#">节 4</a> .....	6
• 更新了 <a href="#">节 5</a> .....	6
• 更新了 <a href="#">节 6</a> .....	7
• 更新了 <a href="#">节 7</a> .....	8
• 更新了 <a href="#">节 8</a> .....	9

## 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