



Kenneth W. Schachter and Brian A. Fortman

Industrial Drives and Automation C2000 Microcontrollers

摘要

高性能控制外设是所有数字控制系统必不可少的组成部分。TMS320F28004x、TMS320F2807x、TMS320F2837xS 和 TMS320F2837xD 器件的标志是控制外设，包括灵活、强大、经过行业验证的 PWM 计时器。每个 PWM 模块都经过增强，可支持 A 和 B 通道上的高分辨率功能。这些高分辨率通道扩展了 150ps PWM 步进分辨率，以实现高频 PWM 调制技术和高级控制拓扑。12 对脉宽调制器可支持单芯片多轴控制器和单芯片多级逆变器控制器。

内容

1 增强型脉宽调制器 (ePWM) 模块.....	1
2 了解更多信息.....	3
3 修订历史记录.....	4

插图清单

图 1-1. 增强型脉宽调制器 (ePWM) 模块方框图.....	2
-----------------------------------	---

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 增强型脉宽调制器 (ePWM) 模块

电源开关器件在成比例区域中工作时，可能会难以控制，但在饱和和截止区域中工作时则容易控制。PWM 本质上是数字信号，并且简化了 MCU 生成过程，因此非常适合与电源开关器件一同使用。本质上而言，PWM 执行 DAC 功能，其中占空比相当于 DAC 模拟幅值。ePWM 模块高度可编程、极其灵活且简单易用，能够生成复杂脉宽波形，同时最大限度地减少 CPU 开销或干预。每个 ePWM 模块等同于两个 PWM 输出 (EPWMxA 和 EPWMxB)，并且按照系统应用设计的要求，多个模块可同步进行操作。ePWM 模块包含八个子模块：时基子模块、计数器比较子模块、动作限定器子模块、死区发生器子模块、PWM 斩波器子模块、跳闸区子模块、数字比较子模块和事件触发器子模块。

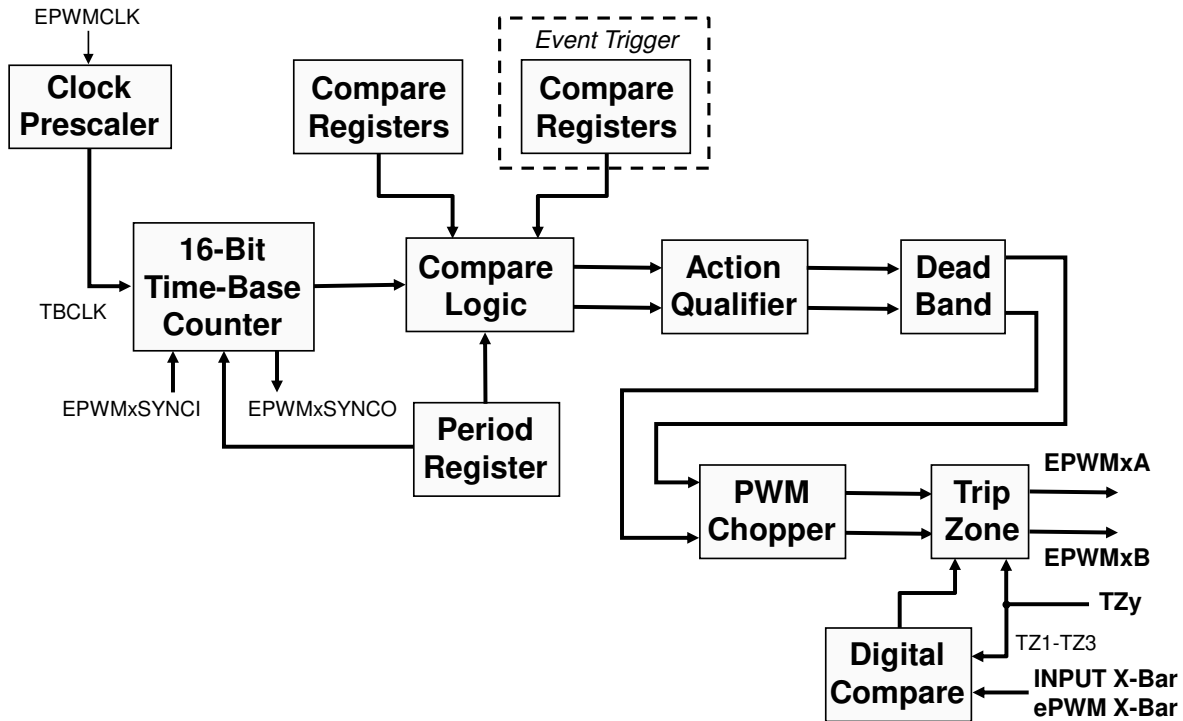


图 1-1. 增强型脉宽调制器 (ePWM) 模块方框图

时基子模块包含一个专用的 16 位计数器并内置同步逻辑功能，允许多个 ePWM 模块作为单个系统协同工作。时钟预分频器将 EPWM 时钟分频到计数器，而周期寄存器用于控制生成波形的频率和周期。周期寄存器有一个影子寄存器，该影子寄存器就像一个缓冲器，允许寄存器更新与计数器同步进行，由此避免寄存器因被软件异步修改而产生损坏或虚假操作。时基计数器以三种模式运行：向上计数、向下计数和向上向下双向计数。在向上计数模式下，时基计数器从零开始计数并递增，直至达到周期寄存器值，然后时基计数器复位为零并重新开始计数序列。同样，在向下计数模式下，时基计数器从周期寄存器值开始计数并递减，直至达到零，然后时基计数器加载周期值并重新开始计数序列。在向上向下双向计数模式下，时基计数器从零开始计数并递增，直至达到周期寄存器值，然后时基计数器递减直至达到零并重新开始计数序列。向上计数和向下计数模式用于产生非对称波形，而向上向下双向计数模式用于产生对称波形。

计数器比较子模块不断将时基计数值与四个计数器比较寄存器 (CMPA、CMPB、CMPC 和 CMPD) 进行比较，并生成四个独立的比较事件 (即，时基计数器等于一个比较寄存器值)，这些事件馈送到动作限定器子模块和事件触发器子模块。计数器比较寄存器会经过影子化处理以防止在有效的 PWM 周期内出现损坏或干扰。通常，CMPA 和 CMPB 用于控制生成的 PWM 波形的占空比，而所有四个比较寄存器可用于启动 ADC 转换或产生 ePWM 中断。对于向上计数和向下计数模式，每个周期仅发生一次计数器匹配，但是对于向上向下双向计数模式，由于向上计数和向下计数都存在匹配，每个周期会发生两次计数器匹配。

动作限定器子模块是 ePWM 模块中的关键元素，负责构建和产生开关式 PWM 波形。该子模块利用时基子模块和计数器比较子模块的匹配事件，在 EPWMxA 和 EPWMxB 输出引脚上执行各种操作，包括将引脚设置为高电平、清除引脚低电平、切换引脚或对引脚不执行任何操作（单独基于向上和向下计数时基匹配事件）。匹配事件是指时基计数器等于周期寄存器值、时基计数器为零、时基计数器等于 CMPA、时基计数器等于 CMPB 或基于比较器、跳闸或同步信号的触发事件（T1 和 T2）。请注意，零和周期动作在时间上是固定的，而 CMPA 和 CMPB 动作可通过对各自的寄存器进行编程来随时间改变。可使用影子化寄存器为每个输出独立配置动作，并可配置任何或所有事件以在任一输出端生成动作。

死区子模块提供了一种使功率器件开关动作延迟的经典方法。电源开关器件的开启速度比关闭速度快，因此需要延迟以防止出现从电源轨到地的瞬间短路路径。该子模块支持独立可编程的上升沿和下降沿延迟，并具有可在 EPWMxA 和 EPWMxB 上生成适当信号输出的各种选项。

PWM 斩波器子模块与基于脉冲变压器的栅极驱动器一同使用，从而控制电源开关器件。该子模块使用由动作限定器子模块和死区子模块生成的 PWM 波形来调制高频载波信号。该子模块提供了可编程选项来支持变压器和相关电路的磁性属性和特征。

跳闸区子模块利用快速时钟独立逻辑机制，通过强制使 EPWMxA 和 EPWMxB 输出端进入安全状态（例如高电平、低电平或高阻抗）来快速处理故障情况，从而避免在通过 ISR 软件对过流情况或短路问题做出响应时可能无法保护硬件的任何中断延迟。该子模块支持针对主要短路或过流情况的单次跳闸，以及针对限流操作的逐周期跳闸。跳闸区信号可从通过输入 X-Bar (TZ1 - TZ3) 映射的任何 GPIO 引脚在外部生成，从反相 eQEP 错误信号 (TZ4)、系统时钟故障 (TZ5) 在内部生成，或从 CPU (TZ6) 的仿真停止输出生成。此外，可从数字比较子系统生成大量跳闸区源信号。

数字比较子系统会比较 ePWM 模块外部的信号（例如来自 CMPSS 模拟比较器的信号），从而直接生成 PWM 事件或动作，然后由跳闸区子模块、时基子模块和事件触发器子模块使用。这些“比较”事件可使 ePWM 模块跳闸、产生跳闸中断、同步 ePWM 模块或生成 ADC 转换开始信号。当一个或多个所选输入为高电平或低电平时，将生成比较事件。信号可来自通过输入 X-Bar 映射的任何外部 GPIO 引脚以及通过 ePWM X-Bar 映射的各种内部外设。此外，可选的“消隐”功能可与 PWM 开关操作结合使用以临时禁用比较动作，从而消除噪声影响。

事件触发器子模块管理由时基子模块、计数器比较子模块和数字比较子模块生成的事件，能够在发生所选事件时产生 CPU 中断和/或开始向 ADC 转换脉冲。在时基计数器等于零、周期、零或周期、比较寄存器（即 CMPA、CMPB、CMPC 或 CMPD）的向上或向上计数匹配项时，便会发生这些事件触发。前文介绍过，数字比较子系统还可根据一个或多个比较事件生成 ADC 转换开始信号。事件触发器子模块包含预编程逻辑，可按照每个事件或最多每十五个事件发出一个中断请求或 ADC 转换开始信号。

与采用传统方式产生的标准数字 PWM 相比，ePWM 模块能够显著提高其时间分辨率水平。实现这一点的方法是向高分辨率比较寄存器 (CMPxHR)、时基周期高分辨率寄存器 (TBPRDHR) 和高分辨率相位寄存器 (TBPHSHR) 添加 8 位扩展，从而为边沿定位控制提供更精细的时间粒度。这被称为高分辨率 PWM (HRPWM)，并且基于微边沿定位器 (MEP) 技术。

MEP 逻辑能够通过以 150ps 的时间步长精度细分传统 PWM 发生器的一个粗略系统时钟来非常精细地定位边沿。采用自检软件诊断模式来确定 MEP 逻辑是否在所有工作条件下（例如在温度、电压和过程引起变化时）以最佳方式运行。当 PWM 分辨率低于大约 9 位或 10 位时，通常使用 HRPWM，这发生在频率大约高于 200kHz 且 EPWMCLK 为 100MHz 的情况下。

2 了解更多信息

- 如需详细了解用于工业驱动器和伺服控制开发的 DesignDRIVE 软件、工具和套件，请访问 www.ti.com.cn/tool/cn/DesignDRIVE
- 如需详细了解 F2837x 微控制器中包含的感应电路，请参阅器件特定的产品组和数据表、《TMS320F2837xD 双核微控制器技术参考手册》或《TMS320F2837xS 微控制器技术参考手册》。
- 如需查看有关如何使用 DesignDRIVE 解决方案的在线培训，请参阅 DesignDRIVE 培训门户。
- 有关 TMS320F2837xD 微控制器的介绍和一般概述，请参阅《TMS320F2837xD 架构：实现新一级高性能》技术简介
- 有关 TMS320F28004x 微控制器的介绍和一般概述，请参阅《TMS320F28004x 微控制器技术简介》技术简介。

3 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 A (October 2017) to Revision B (October 2020)	Page
• 更新了节 灵活的 PWM 支持多轴驱动、多级逆变器	1
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式.....	1
• 对节 2 进行了更新.....	3

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