

ADSP-CM402F/ADSP-CM403F/ADSP-CM407F/ADSP-CM408F/ADSP-CM409F

脉冲宽度调制器的交流电机控制应用

作者: Dara O'Sullivan、Jens Sorensen和Aengus Murray

简介

本应用笔记介绍ADSP-CM402F/ADSP-CM403F/ADSP-CM407F/ADSP-CM408F/ADSP-CM409F脉冲宽度调制器(PWM)的主要特性及其三相交流电机控制应用。PWM外设能够驱动多种功率逆变器应用的逆变器,包括标准三相交流逆变器、多级交流逆变器和各种DC/DC转换器。共有三个PWM外设模块,每个具有四对PWM输出。控制器支持所有交流电机类型,并且包括支持六步控制无刷直流(BLDC)电机和控制开关磁阻电机的特性。本应用笔记重点介绍三相交流逆变器控制。有关PWM控制器全部特性和配置寄存器的更多信息,请参阅采用ARM Cortex-M4的ADSP-CM40x混合信号控制处理器硬件参考手册以及ADSP-CM40x Enablement Package软件中的文档。

三相电机控制

在连接到微控制器中央处理单元(CPU)的PWM调制器的控制下,图2所示的三相电压馈送逆变器驱动一台三相交流电机。利用目标电机电压和频率进行调制,逆变器产生固定频率可变占空比波形。电机绕组对高频成分进行滤波,电机电流处于基频且有一些残余纹波。逆变器表现为一个可变频率交流源,输出范围为0至 V_{DC} ,中心电压为 $V_{DC}/2$ 。CPU执行数字控制算法,计算在开关频率需要的逆变器电压。通常,控制算法还需要绕组电流反馈,PWM调制器

向CPU、模数转换器(ADC)和其他微控制器外设提供同步触发信号。

图1所示的逆变器波形是一个以中心为基准的PWM波形,导通时间以开关波形的中点为中心增大或缩小。

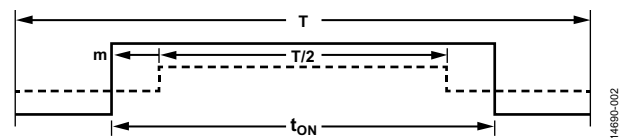


图1. 逆变器开关波形

逆变器输出与导通时间具有如下函数关系:

$$V = V_{DC} \left(\frac{t_{ON}}{T} \right) = \frac{V_{DC}}{2} \left(\frac{t_{ON} - \frac{T}{2}}{\frac{T}{2}} \right) + \frac{V_{DC}}{2} \quad (1)$$

其中, t_{ON} 是PWM输出的导通时间,如图2所定义。

当驱动交流电机等平衡三相负载时,所有三相设置50%占空比,绕组上施加的电压为0 V。因此,50%占空比时 $V_{DC}/2$ 的逆变器输出对应于0 V电压。占空比大于50%时,产生正电压;占空比小于50%时,产生负电压。此交流电压 V_{AC} 依据调制函数(m)而缩放。下面的方程定义了PWM调制器的操作:

$$V_{AC} = m \frac{V_{DC}}{2} \quad (2)$$

其中, $m = \frac{t_{ON} - \frac{T}{2}}{\frac{T}{2}}$.

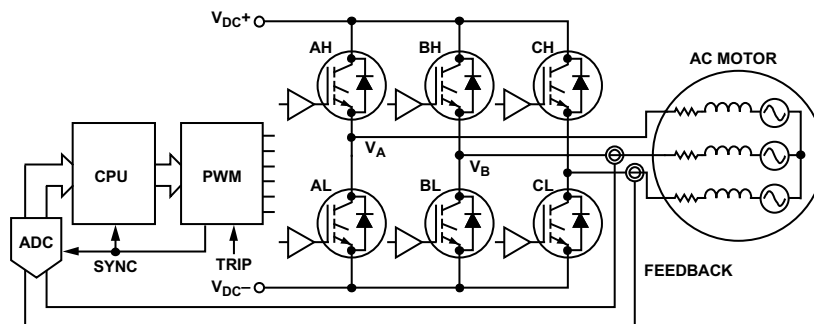


图2. 三相交流电机驱动

目录

简介.....	1	代码示例.....	9
三相电机控制.....	1	附录.....	10
修订历史.....	2	双缓冲控制寄存器.....	10
PWM调制器操作.....	3	寄存器设置.....	11
PWM控制器配置.....	4		
PWM控制编程示例.....	9		

修订历史

2016年8月—修订版0：初始版

PWM调制器通过开启和关闭高端和低端功率晶体管来在高端和低端交流总线上切换输出，从而控制逆变器。驱动功率晶体管栅极的PWM信号必须顾及功率晶体管的导通和关断延迟，因此，PWM调制器在高端和低端栅极信号之间插入一个死区时间，以消除交叉导通的可能性。PWM信号的死区时间插入如图3所示。

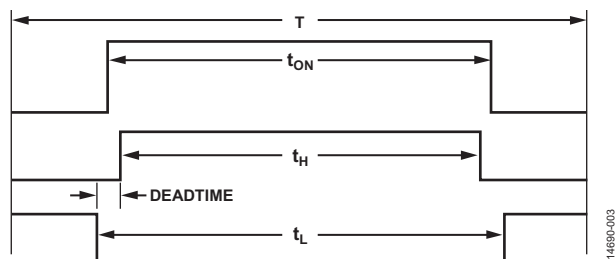


图3. 死区时间特性

PWM调制器还需要一个安全特性，那就是在逆变器发生故障时关断所有功率晶体管的断路功能。PWM断路信号源自内部和外部故障检测电路，通常会旁路CPU。发生断路事件时，PWM调制器向CPU发送一个中断信号以启动故障处理序列。

PWM调制器操作

图4显示了PWM调制器的重要功能，包括PWM定时器、时序控制、死区时间和断路控制单元。时序控制单元检测PWM定时器输出和A、B、C相占空比参考值之间的交越。

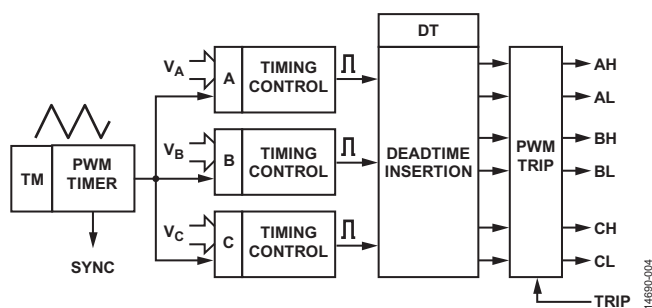


图4. 基本PWM控制器

PWM定时器产生三角形参考波(如图5所示)，其计数范围是+TM/2到-TM/2。调制器产生50%占空比输出，零基准输入对应于逆变器的交流输出电压为0 V。

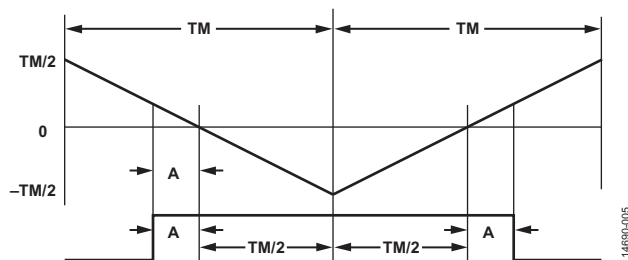


图5. PWM波形产生

通过定义-TM/2到+TM/2的占空比参考(M)，逆变器输出电压可通过方程1和方程2求得：

$$V = V_{dc} \left(\frac{t_{on}}{T} \right) = \frac{V_{dc}}{2} \left(\frac{M}{\frac{TM}{2}} \right) + \frac{V_{dc}}{2} \quad (3)$$

占空比参考与交流电压分量具有如下函数关系：

$$M = \frac{TM}{2} \left(\frac{V_{ac}}{V_{dc}} \right) \quad (4)$$

定时器由外设系统时钟 f_{SYNCLK} 提供时钟，并且在每个PWM周期计数两个TM(参见图5)。因此，用外设系统时钟周期数表示的周期时间是计数值TM的两倍，故PWM开关频率 f_{PWM} 为：

$$f_{PWM} = \frac{f_{SYNCLK}}{(TM \times 2)} \quad (5)$$

死区时间单元插入一段死区时间DT，以产生成对的带死区时间补偿PWM信号。PWM断路单元独立于定时器操作和CPU，可在发生故障时将PWM信号xH和xL(x = A、B和C)置于安全状态。断路单元通常连接到过流检测电路。PWM定时器在PWM周期开始时也会产生一个SYNC时序脉冲，以便与电机控制算法执行和其他设备外设的操作同步。

PWM控制器配置

ADSP-CM402F/ADSP-CM403F/ADSP-CM407F/ADSP-CM408F/ADSP-CM409F的PWM控制外设(如图6所示)包括一套全面的功能来支持交流和直流功率转换器控制。ADSP-CM402F/ADSP-CM403F/ADSP-CM407F/ADSP-CM408F/ADSP-CM409F包括三个相同PWM控制器(PWM0、PWM1和PWM2)。ADSP-CM402F/ADSP-CM403F/ADSP-CM407F/ADSP-CM408F/ADSP-CM409F数据手册中和采用ARM Cortex-M4的ADSP-CM40x混合信号控制处理器硬件参考手册中带PWM_x前缀的寄存器名称在IC中有三个实例(x = 0、1、2)。

软件支持文件定义了完整寄存器名称，控制模块名称用作前缀。

本部分说明适合三相交流电机控制的配置设置，以及用于同步PWM控制器和其他微控制器外设的选项。PWM控制器有两类寄存器：设置工作模式的配置寄存器和定义PWM波形输出的控制寄存器。控制寄存器是双缓冲寄存器，用户可以在PWM周期中的任何时候加载。然而，寄存器值仅在PWM波形边界处生效。配置寄存器只能在PWM控制器处于禁用状态时加载。表1列出了双缓冲控制寄存器，包括定时器周期寄存器、通道占空比寄存器、通道控制寄存器和死区时间寄存器。

就本应用笔记而言，PWM配置过程分为四个功能：

1. 定时器选择和同步
2. 波形模式选择
3. 输出控制和断路处理
4. 中断产生和触发路由

其余配置过程涉及引脚复用设置(将PWM信号连接到输出引脚)和触发路由单元(TRU，将PWM触发信号连接到其他外设)。请参阅代码示例参考以了解“附录”部分中的配置编程。更多信息请访问<https://ez.analog.com/docs/DOC-12643>。

PWM定时器配置和同步

三相交流电机控制要求三个通道使用同一PWM定时器同步工作。该通用定时器为PWMTMR0，PWM_TM0寄存器根据以下方程算得的周期数TM设置开关频率：

$$TM = \frac{f_{SYSCLK}}{(f_{PWM} \times 2)} \quad (6)$$

PWM_CHANCFG寄存器中的控制位选择PWMTMR0定时器作为A、B、C通道时序输入。PWM_CTL寄存器中的控制位选择PWMTMR0作为PWM_SYNC触发主机以产生中断，并在PWM周期边界触发其他外设。同步发生电路产生一个扩展脉冲，其可用作SYNC引脚的输出。PWM_SYNC_WID寄存器的内容定义PWM_SYNC_OUT脉冲宽度。

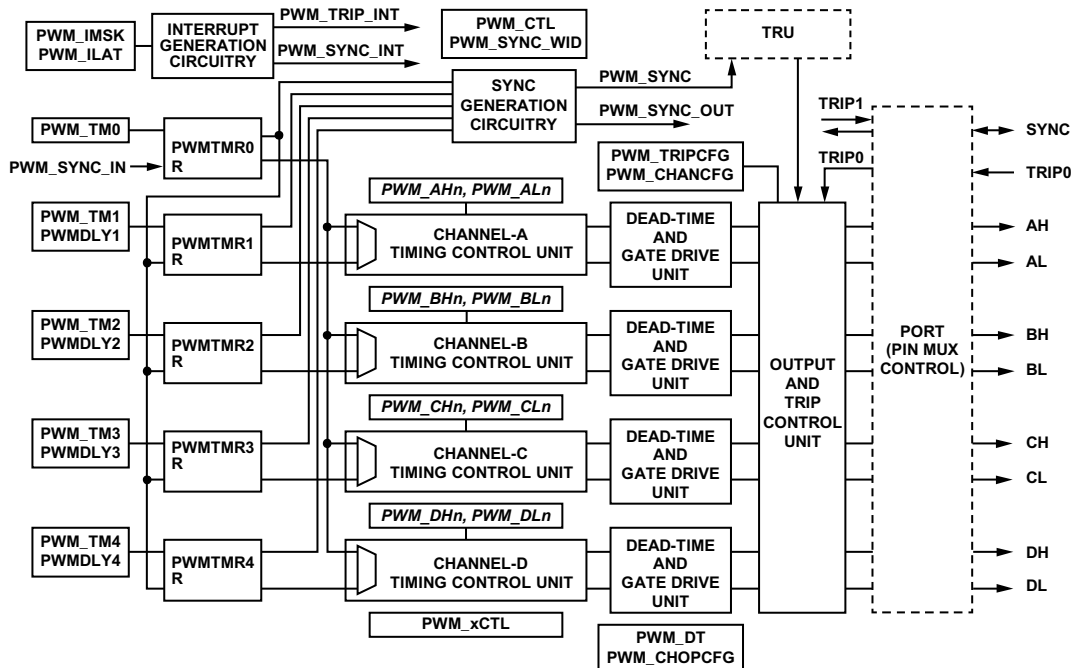


图6. ADSP-CM402F/ADSP-CM403F/ADSP-CM407F/ADSP-CM408F/ADSP-CM409F PWM控制外设

在单轴电机驱动中，内部信号复位PWM定时器，但在多轴或联网系统中，主控制器提供外部触发信号。采用内部同步时，PWMTMR0在PWM_TM0寄存器内容所设置的周期边界处复位。采用外部同步时，外部触发信号周期性复位PWMTMR，使内部时钟与外部时钟同步。推荐工作模式是让外部触发信号与系统时钟同步，并将PWM周期TM设置为外部触发时钟周期的偶数约数倍，如图7所示。触发时序不匹配会截断或扩展外部触发沿上的时序斜坡，导致输出电压抖动。

需要时，可通过PWM_CTL寄存器的位设置来选择内部或外部同步，以及对外部触发信号的异步或同步获取。PORT控制器(参见“引脚复用器配置”部分)将所需的输入或输出PWM同步信号连接到SYNC引脚。

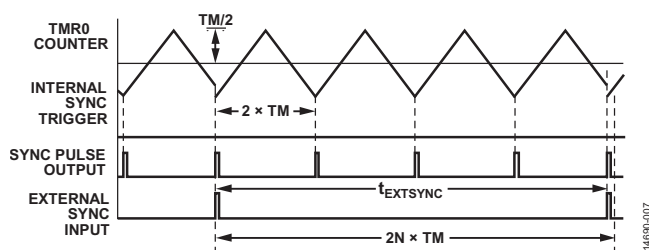


图7. PWM内部和外部同步触发信号

PWM_CTL寄存器的GLOBEN位用于启动PWM控制器操作。然而，这是配置过程的最后一步，要等到所有PWM、引脚复用和触发路由配置设置都完成后才能执行。

PWM波形模式选择

三相交流电机控制通常需要三个对称的以中心为基准的PWM控制波形，如图8所示。逆变器晶体管开关信号是从以中心为基准的各信号获得的一对互补PWM信号。互补波形开关边沿处具有一段低电平输出时间(死区时间)。

图9显示了插入此死区时间的两个选项。对称性死区时间会使关断沿提前，使导通沿延后；提前量和延后量相同，

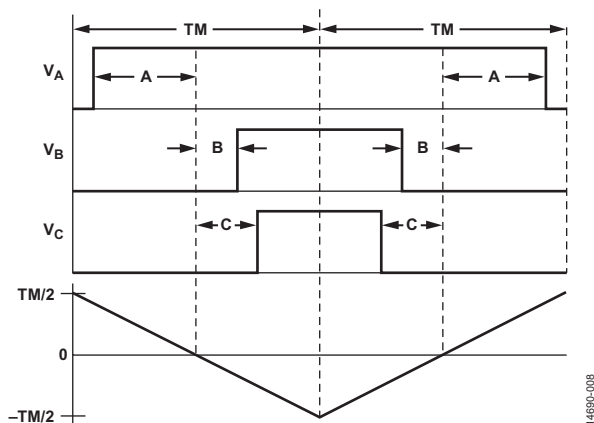


图8. 以中心为基准的三相PWM波形

使得波形仍以中心轴为中心保持对称。非对称性死区时间会让关断沿保持不变，全部死区延迟时间都插在导通沿之前。开关沿和高低端之间的死区时间对这两种方案都是一样的，但边沿相对于SYNC脉冲的时序不同。

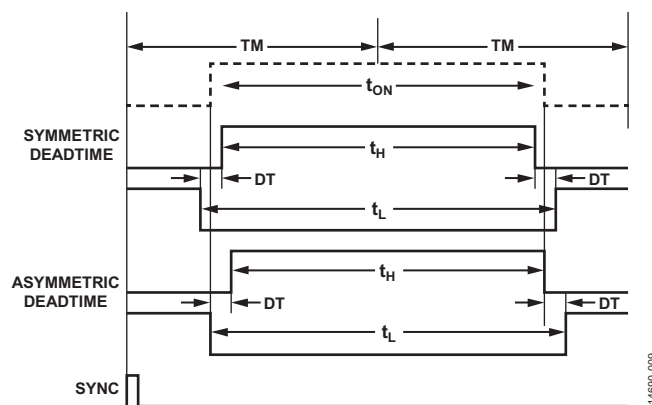


图9. 对称性和非对称性死区时间插入

过调制是一种独特的工作模式，因为100%或0%占空比波形没有死区时间。然而，当进入或离开过调制时，控制器会在高端或低端输出(其在PWM周期边界处切换)的上升沿插入一个死区时间，参见图10。这就保证了PWM控制器总是在高端和低端开关边沿之间插入死区时间。

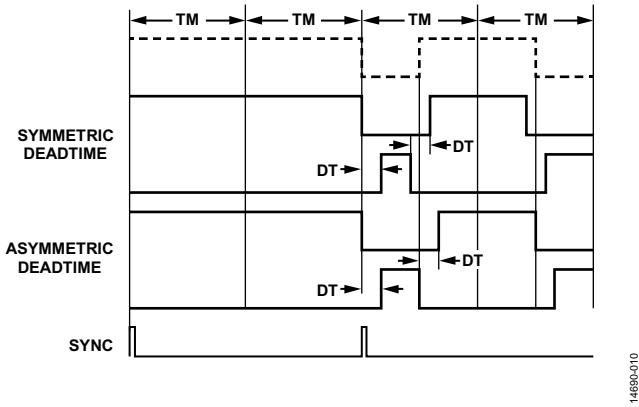


图10. 100%调制的死区时间插入过渡

PWM_CHANCFG寄存器中的控制位选择低端输出上的反转PWM信号。PWM_CTL寄存器中的控制位选择对称性或非对称性死区插入，PWM_DT寄存器的内容根据下式设置死区时间延迟：

$$PWM_DT = \frac{T_{deadtime} \times f_{SYSCLK}}{2} \quad (7)$$

PWM_CTL寄存器还包含禁用高端和低端输出的控制位，以及允许用户开启或关闭PWM输出而无需禁用PWM调制器的控制位。

某些电机驱动控制方案需要非对称的以中心为基准的PWM波形，如图11所示。这就要求PWM周期的第一阶段和第二阶段具有不同的调制水平。根据控制算法，用户既可以在PWM周期开始时同时更新这两个调制寄存器，也可以各PWM定时器阶段开始之前更新各寄存器。

在对称性PWM模式下，用户仅需更新第一调制寄存器。通过PWM_xCTL寄存器中的控制位可以选择各阶段的对称或非对称调制模式。PWM_CTL寄存器中的DUEN控制位决定调制寄存器在每个PWM周期中生效一次还是两次。

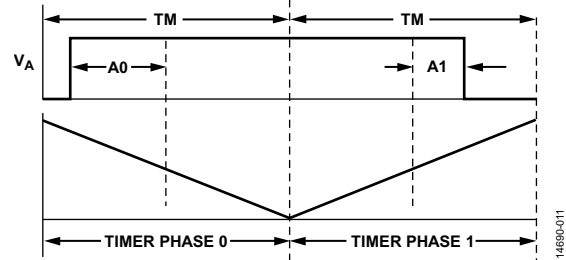


图11. 非对称性PWM波形

PWM控制器包含一个在高频时对PWM波形进行斩波的功能，用以支持变压器耦合的栅极驱动器。PWM_CHANCFG寄存器的位域用于使能此特性。

占空比寄存器的分辨率由系统时钟和PWM频率决定($f_{SYSCLK} / (2 \times f_{PWM})$)。例如，若 $f_{SYSCLK} = 80 \text{ MHz}$ 且 $f_{PWM} = 10 \text{ kHz}$ ，则占空比会量化为4000步或约12位。在较低PWM频率时，分辨率足够高，但随着PWM频率提高，分辨率可能不满足某些应用的需要。对此，PWM控制器提供一种增强精度脉冲输出模式，可将分辨率提高四倍(2位)。有关更多信息，请参阅[采用ARM Cortex-M4的ADSP-CM40x混合信号控制处理器硬件参考手册](#)。

输出控制和断路处理

输出控制器管理PWM调制器和功率逆变器之间的硬件接口。电平转换或完全隔离栅极驱动电路缓冲来自功率晶体管栅极的逻辑电平IC输出。PWM_CHANCFG寄存器中的控制位选择各PWM输出引脚的有效极性，以便与栅极驱动器的行为相匹配。

发生故障时，过载电流检测电路提供一个PWM断路信号来关闭PWM输出，从而保护功率逆变器硬件。PORT单元异步路由来自TRIP0输入引脚的TRIP0 PWM故障信号，确保PWM输出即使在系统时钟发生故障时也能安全关断。

TRU将来自SINC滤波器 etc 内部单元的内部故障信号同步路由到TRIP1输入。图12所示例子将来自内部SINC滤波器的两个过载触发信号和一个外部硬件断路信号连接到TRIP0和TRIP1输入。

PWM_TRIPCFG寄存器中的控制位选择各PWM通道的断路来源和断路模式。交流电机控制器一般需要故障断路模式，断路后，PWM调制器要一直关断到CPU清除故障为止。PWM_STAT寄存器中的状态位指示发生断路的PWM通道，CPU必须向这些位写入1才能清除故障，重启PWM调制器。

自重启断路模式适用于数字电源控制有时候会使用的峰值电流模式控制。

逆变器断路事件之后的确切重启序列取决于最终应用要求。最安全的方法是等到电机完全停止为止，然后才允许电机以受控方式启动。旋转电机(甚至感应电机)可以产生绕组反电动势，逆变器必须匹配这些电压后才能重新连接，以免引起很大的过载电流。

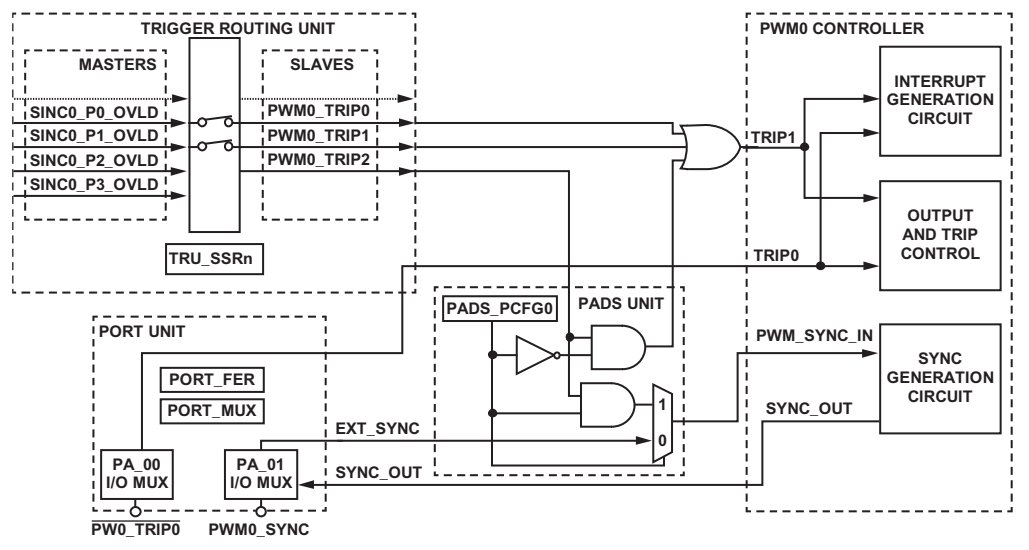


图12. SYNC和TRIP信号的路由和引脚复用

中断产生和触发路由

PWM调制器是电机控制算法的时序引擎。中断控制器和触发路由单元支持调制器与信号采样和算法执行同步。这些单元还处理故障信号路由和通知。CPU必须通过清除相应的标志来应答触发和中断信号，确保PWM控制器可靠运行。

中断控制器在周期边界处从五个不同定时器源(TIMER0至TIMER4)中的任何一个产生单个PWM_SYNC中断触发信号。PWM_IMSK寄存器包含取消屏蔽一个或多个此类中断及使能PWM_SYNC中断的控制位。PWM_ILAT寄存器包含对应的锁存状态位，用以指示中断事件。

PWM_SYNC中断服务例程(ISR)代码必须向PWM_ILAT寄存器状态位写入1，以清除中断并允许产生下一个中断。用户可以利用ISR调用控制例程，为下一PWM周期更新调制占空比寄存器，但更有可能的是，用户利用ADC中断调用控制例程，根据电机反馈信号更新占空比寄存器。

为使电机控制算法以最佳性能运行，要求将ADC、SINC和其他外设与PWM_SYNC信号同步。PWM_SYNC可以触发中断，但PWM_SYNC也可用作触发主机信号，并且可以将主机触发标识载入相应的TRU从机触发寄存器(TRU_SSRn)，从而将PWM_SYNC经由TRU路由到所需的外设从机。

产生中断的PWM_SYNC信号与触发主机PWM_SYNC是同一信号。使用任一信号都要求处理每个事件的PWM_SYNC中断，以便连续产生SYNC触发信号。

SYNC主机的最常见来源是PWM定时器本身。通常，PWM_SYNC经由TRU路由到嵌入式ADC、SINC和其他内部外设。为了同步外部设备，如ADC或现场可编程门阵列(FPGA)等，可将PWM_SYNC路由到一个端口引脚，成为PWM_SYNC_OUT。

如果控制器是多轴系统的一部分，PWM_SYNC信号通常来自系统主机。这种情况下，主机信号连接到外部PWM_SYNC引脚，后者按照上文所述复位定时器。在这种工作模式下，PWM定时器仍会产生内部SYNC信号。外部SYNC可视为计数器的硬复位信号。

[ADSP-CM402F/ADSP-CM403F/ADSP-CM407F/ADSP-CM408F/ADSP-CM409F](#)有三个PWM模块，能够同时控制多台电

机。如果系统有一个外部主机，请按照上文所述使用SYNC引脚。但在多轴独立应用中，无主机来提供所需的同步脉冲，故IC必须管理同步。为处理这种情况，[ADSP-CM402F/ADSP-CM403F/ADSP-CM407F/ADSP-CM408F/ADSP-CM409F](#)提供一种触发从机模式。如图12所示，触发从机模式重设PWM_TRIP_TRIG2信号和PWM_SYNC_IN信号，使得多个PWM模块无需使用外部引脚便可同步。设置PADC_PFC0.PWM0_SYNC_TRU = 1(默认值为0)，即可通过PADS单元使用PWM_TRIP_TRIG2信号和PWM_SYNC_IN信号的备选功能。这种模式下，请勿将TRIP2用作故障断路信号。

触发从机模式的典型用法是将所有PWM_TRIP_TRIG2信号通过TRU连接到一个通用定时器触发主机，如此便可同步多个PWM模块。

用户必须使能PWM断路中断，使得CPU可以响应任何PWM断路事件并清除中断，然后以受控方式重启电机。每个PWM控制器都对应一个PWM断路中断矢量。对于PWM_TRIP0信号和PWM_TRIP1信号，PWM_IMSK和PWM_ILAT寄存器包含取消屏蔽和清除中断的控制位。通常，PWM断路ISR会记录故障，清除中断，并调用应用所定义的故障处理例程。

引脚复用器配置

PORT单元是一个引脚复用器，用于连接微控制器外设和数字输入/输出引脚之间的信号。PORT控制寄存器根据规定的应用要求设置输入/输出行为和各输入/输出引脚的外设连接。输入/输出引脚共有6组，每组最多包含16个引脚。每个引脚最多可以有四个外设信号连接。引脚可在外设模式或通用输入/输出(GPIO)模式下工作。[ADSP-CM402F/ADSP-CM403F/ADSP-CM407F/ADSP-CM408F/ADSP-CM409F](#)数据手册定义了每个引脚的可用外设连接。要求的PORT配置设置取决于硬件设计，后者定义了连接到栅极驱动和过载连接电路的引脚。

支持外设连接的PORT控制寄存器为PORTx_FER寄存器和PORTx_MUX寄存器，其中x = A、B、C、D、E或F。设置PORTx_FER寄存器中的位时，引脚定义为外设输出功能而非GPIO；PORTx_MUX寄存器中的位定义连接到引脚的外设信号。

PWM输出控制

逆变器电压函数是用于控制电机的计算序列中的最后一步。控制算法利用方程4计算调制值，该方程将占空比定义为目标电压、直流总线电压和PWM周期的函数。通道占空比寄存器PWM_AH、PWM_BH和PWM_CH是双缓冲寄存器，新值仅在周期边界处生效。唯一要求是寄存器更新先于下一周期边界。PWM_SYNC触发信号为中断服务例程提供时序信号，中断服务例程调用控制算法并更新占空比寄存器。

PWM控制编程示例

开环V/Hz控制是说明PWM控制器用于三相交流电机应用的很好范例。用户通过设置交流电机频率来定义目标转速。V/Hz控制法则要求交流电压幅度与电机频率呈线性函数关系。正弦调制函数对角频率积分以计算电角度，三个正弦函数的电角度相差120°。然后，它按电压幅度对正弦函数的输出进行比例调整。数字控制版递增电角度，并在每个时间步长(T_s)计算新的逆变器电压值。

V/Hz程序流程

图13说明了V/Hz控制算法，图14说明了完整程序流程。其他功能包括系统初始化、用户命令界面、起/停时序控制和故障处理。主程序调用初始化例程，而中断服务例程调用所有其他功能。该系统示例使用带外部和内部PWM断路功能的PWM0控制器。

采用100 MHz的最大系统时钟频率、10 kHz的典型PWM频率和2 μ s死区时间时，周期寄存器值为5000，死区时间寄存器值为100。这种情况下的输出电压分辨率约为12位。

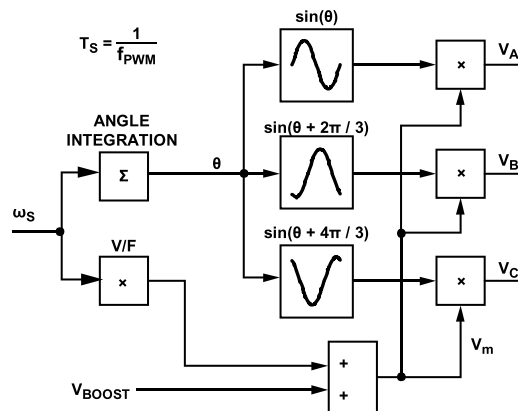


图13. V/Hz控制算法

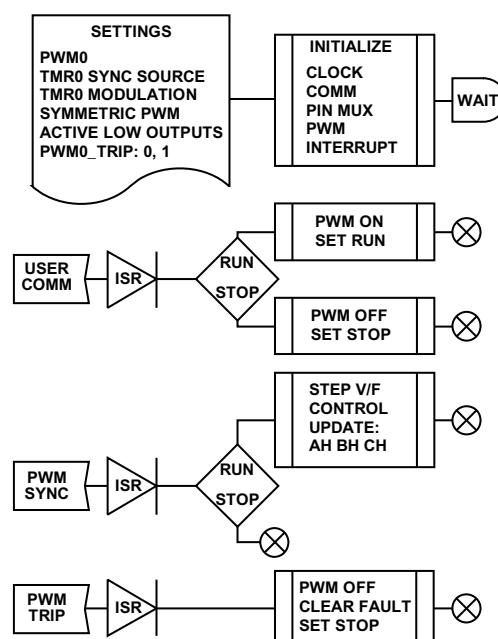


图14. V/Hz程序流程

代码示例

请访问<https://ez.analog.com/docs/DOC-12643>查看代码示例，其中显示了如何设置ADSP-CM402F/ADSP-CM403F/ADSP-CM407F/ADSP-CM408F/ADSP-CM409F的PWM。该示例将PWM0配置用于三相逆变器，具有三个高端和三个低端PWM信号。PWM频率为10 kHz，死区时间为1 μ s。代码还显示了如何处理PWM_SYNC中断和ITRIP故障。

附录

双缓冲控制寄存器

表1为双缓冲控制寄存器列表。用户可以在PWM周期中的任意时间写入这些寄存器。然而，写入的值要到下一周期边界(PWM_SYNC)才会生效。

表1. 双缓冲控制寄存器

寄存器名称	后缀	功能	示例
PWM_TMx	x = 0、1、2、3、4	定时器周期	PWM0_TM0
PWM_DLYx	x = 0、1、2、3、4	定时器延迟	PWM0_DLY0
PWM_DT	不适用	死区时间	PWM0_DT
PWM_xCTL	x = A、B、C、D	通道控制	PWM0_ACTL
PWM_xHn	x = A、B、C、D n = 0,1	高通道占空比(整数)	PWM0_AH0
PWM_xLn	x = A、B、C、D n = 0,1	低通道占空比(整数)	PWM0_AL0
PWM_xYn_HP	x = A、B、C、D Y = H, L n = 0,1	增强精度占空比	PWM0_AH0_HP
PWM_xY_dutyn	x = A、B、C、D Y = H, L n = 0,1	全占空比(Q15.8格式)	PWM0_AH_duty0

寄存器设置

表2至表6突出显示了三相交流电机控制所用的重要寄存器设置。第三栏列出了寄存器定义中定义的枚举值，寄存器定义参见ADSP-CM40x Enablement Package附带的defCM40z.h文件。

表2. PWM控制寄存器设置PWM_CTL

位域名称	位值	ENUM_PWM_CTL
INTSYNCREF ¹	0	INTSYNC_0
EXTSYNCSSEL ²	1	EXTSYNC_SYNC
EXTSYNC ¹	0	INTSYNC
ADEN ²	0	设置用于异步死区时间
DLYDEN ²	0	不使用定时器延迟
DLYCEN ²	0	不使用定时器延迟
DLYBEN ²	0	不使用定时器延迟
DLYAEN ²	0	不使用定时器延迟
DUEN ²	0	设置用于二次更新模式
SWTRIP ²	0	设置用来强制PWM断路
EMRUN ¹	0	EMURUN_DIS
GLOBEN ¹	x	PWM_EN或PWM_DIS

¹ 针对标准三相应用配置PWM定时器所需的寄存器。

² 寄存器配置高级选项。

表3. 通道配置寄存器设置 (PWM_CHANCFG)

位域名称	值	ENUM_PWM_CHANCFG
ENCHOPDL ²	0	不使用通道D
POLDL ²	0	不使用通道D
ENHPDH ²	0	不使用通道D
ENCHOPDH ²	0	不使用通道D
POLDH ²	0	不使用通道D
MODELSD ²	0	不使用通道D
REFTMRD ²	0	不使用通道D
ENCHOPCL ²	0	不使用栅极斩波
POLCL ¹	0	CL_ACTLO
ENHPCH ²	0	不使用增强精度PWM
ENCHOPCH ²	0	不使用栅极斩波
POLCH ¹	0	CH_ACTLO
MODELSC ¹	0	LOC_INVHI
REFTMRC ¹	0	REFTMRC_0
ENCHOPBL ²	0	不使用栅极斩波
POLBL ¹	0	BL_ACTLO
ENHPBH ²	0	不使用增强精度PWM
ENCHOPBH ²	0	不使用栅极斩波
POLBH ¹	0	BH_ACTLO
MODELSB ¹	0	LOB_INVHI
REFTMRB ¹	0	REFTMRB_0
ENCHOPAL ²	0	不使用栅极斩波
POLAL ¹	0	AL_ACTLO
ENHPAH ²	0	不使用增强精度PWM
ENCHOPAH ²	0	不使用栅极斩波
POLAH ¹	0	BH_ACTLO
MODELSA ¹	0	LOB_INVHI
REFTMRA ¹	0	REFTMRB_0

¹ 针对标准三相应用配置PWM定时器所需的寄存器。

² 寄存器配置高级选项。

AN-1407

表4. 通道控制寄存器设置(PWM_CTL)

位域名称	值	ENUM_PWM_CTL
PULSEMODELO ¹	0	SYM_LO
PULSEMODEHI ¹	0	SYM_HI
XOVR ²	0	XOVR_DIS
DISLO ¹	1	LO_EN
DISHI ¹	1	HI_EN

¹ 针对标准三相应用配置PWM定时器所需的寄存器。

² 寄存器配置高级选项。

表5. 断路配置寄存器设置
(PWM_TRIPCFG)

位域名称	值	
MODE1D	0	不使用通道D
EN1D	0	不使用通道D
MODE0D	0	不使用通道D
EN0D	0	不使用通道D
MODE1C	0	TRIP1C_FLT
EN1C	0	TRIP1C_EN
MODE0C	0	TRIP0C_FLT
EN0C	0	TRIP0C_EN
MODE1B	0	TRIP1B_FLT
EN1B	0	TRIP1B_EN
MODE0B	0	TRIP0B_FLT
EN0B	0	TRIP0B_EN
MODE1A	0	TRIP1A_FLT
EN1A	0	TRIP1A_EN
MODE0A	0	TRIP0A_FLT
EN0A	0	TRIP0A_EN

表6. 中断屏蔽寄存器设置(PWM_IMSK)

位域名称	值	ENUM_PWM_IMSK
TMR4PER	0	不使用PWMTMR4
TMR3PER	0	不使用PWMTMR4
TMR2PER	0	不使用PWMTMR4
TMR1PER	0	不使用PWMTMR4
TMR0PER ¹	1	PER0_UMSK
TRIP1 ¹	1	TRIP1_UMSK
TRIP0 ¹	1	TRIP0_UMSK

¹ 针对标准三相应用配置PWM定时器所需的寄存器。