

摘要

此文档可作为对 DRV88xx 功率级器件系列数据表的补充，其中详细介绍了提供外部模拟电压的不同方法。外部模拟电压可用作基准电压，进而用于对已调电流输出进行编程。

内容

1 简介.....	1
1.1 电流调节引擎.....	1
1.2 设计标准.....	3
2 电阻网络分压器方法.....	3
2.1 GPIO 驱动分压器.....	4
3 数模转换器方法.....	4
4 PWM 到 RC 滤波方法.....	5
5 保持电流可变的电路.....	5
6 具有内部基准电压的器件.....	6
7 修订历史记录.....	6

插图清单

图 1-1. 电流调节模拟块.....	2
图 2-1. 可使用分压器设置 VREF 参数。.....	3
图 2-2. MCU 可控分压器.....	4
图 3-1. 微控制器 DAC 可驱动 DRV88xx VREF 输入.....	4
图 4-1. PWM 计时器和 RC 滤波器生成模拟电压.....	5
图 5-1. 保持电流可变的电路.....	6
图 5-2. 正常工作时的输出.....	6
图 5-3. 待机状态时的输出.....	6

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

通过控制电感负载上的电流大小，我们能够控制应用的扭矩。在驱动有刷直流电机等电感负载的应用中，可能需要在启动过程中或失速条件下限制电流。在涉及具有超低绕组电阻的步进电机的应用中，在运动控制曲线的所有时间段中控制电流都至关重要。

驱动步进电机时，调节电流在两种方式下对用户有利。如果在全步进换向中，控制最大电流电平可转化为电机轴扭矩控制。借助此实现方式，系统将被调谐为仅使用必需的电流，以减少电机振动。然而，通过在全步进中增加不同电流电平，并调制电流调节引擎输入，可以实现微步进。此类实现方式可进一步减少振动和可闻噪声。

DRV88xx 系列的许多有刷直流电机和步进电机驱动器将包含提供电流调节的模块，用于控制向上述电感负载提供的电流大小。在此应用手册中，我们详细介绍了可对所述电流强度进行编程的一些机制。

1.1 电流调节引擎

对于 DRV88xx 系列功率级器件，有两种可能的电流调节引擎实现方式：内部或外部 VREF。图 1-1 描述了用于检测电流信息并相应地禁用 H 桥的典型模拟块。用户必须参考相应器件的数据表，以了解模拟基准电压是在器件内部还是外部。

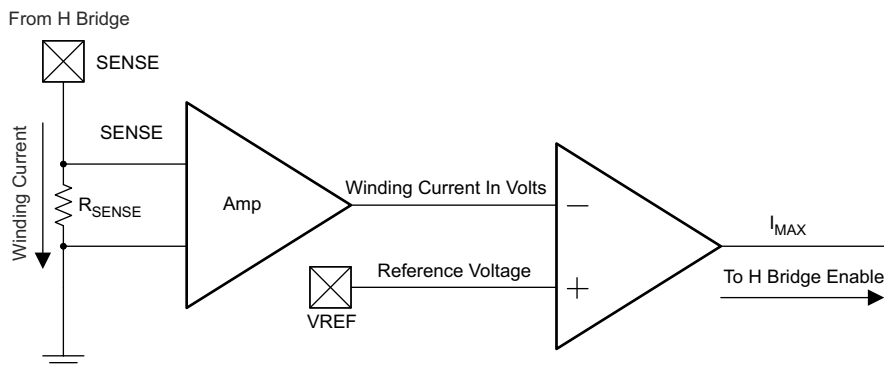


图 1-1. 电流调节模拟块

电流调节块通过对检测电阻电压进行采样来持续监测电机绕组电流。检测电阻与 H 桥串联，因此流过电感负载的电流与电阻上的电流相等。应尽可能选择较小的检测电阻，以便最大限度地减小功率损耗。这样可以按比例减小检测电阻的压降。

为了正确比较检测电阻压降与基准电压，电路中使用了一个放大器。此放大器级的典型增益为 5、8 等。用户必须参考相应器件的数据表，以确定放大器增益。

然后将放大电压与基准电压进行比较。当检测电阻电压经放大后大于基准电压时，这表示绕组电流大于目标电流。此事件被称为“ITRIP 事件”，发生此事件时，器件的逻辑会禁用 H 桥，并使电流通过内部结构实现衰减。此过程不断重复，从而获得已调电流输出。

NOTE

只要 H 桥启用的时间超过 TBLANK 周期，ITRIP 事件将立即禁用 H 桥。为了滤除由启用 H 桥引起的检测电阻寄生噪声，引入了一个较小延迟。在此延迟过程中，不会对检测电阻电压进行采样。

1.2 设计标准

在选择外部模拟基准电压之前，通常需要先选择检测电阻。应用将定义功率级将处理的电流范围，因此必须选择检测电阻，以使允许的基准电压处于相应器件数据表指定的允许范围内。

典型的 ITRIP 公式如下所示：

$$\text{ITRIP} = \frac{\text{VREF}}{\text{AMP_GAIN} \times \text{SENER}} \quad (1)$$

其中：

ITRIP 是电流调节设定点，
VREF 是器件 VREF 输入的模拟基准电压。
AMP_GAIN 是内部放大器增益，
SENER 是检测电阻（单位为欧姆）

2 电阻网络分压器方法

获得外部模拟基准电压的最简单方法是对较高的轨电压进行分频。例如，可将逻辑电压设置为等于 3.3V 或 5V 的 VIN，分压器（如图 2-1(a) 中所述）可将该电源轨的电压降至目标基准电压。

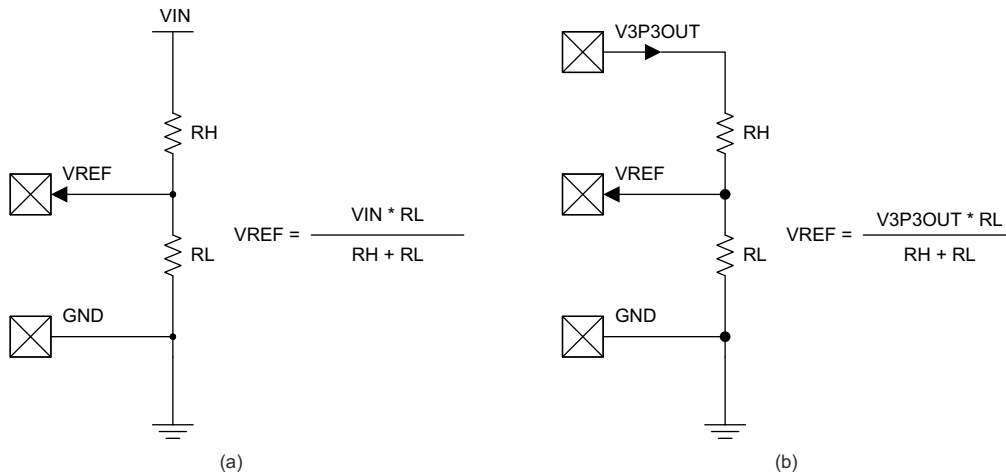


图 2-1. 可使用分压器设置 VREF 参数。

如果应用需要手动电流调谐，可以使用电位器来代替两个固定电阻。VREF 是高阻抗输入，因此该电位器的总电阻值非常灵活。

图 2-1(b) 表明在一些 DRV88xx 器件上，如何提供 3.3V 电源轨 (V3P3OUT)，可将该电源轨用作驱动分压器并获得目标基准电压的电压轨。在这些实现方式中，由于不需要外部稳压器，外部器件数目得以减少。用户必须参考相应器件的数据表，以确定此输出的最大可用电流。必须选择来自此输出的总电阻，以免超过最大消耗电流。

2.1 GPIO 驱动分压器

利用固定分压器可以限制直流电机上的启动电流和堵转电流，但在处理大多数步进应用（在运行时间内需要电流电平，在保持位置/扭矩的过程中需要一个不同值）时可能导致电流收缩。通常用于向 VREF 引脚导入双电流电平的简单拓扑是使用传统 GPIO 微控制器端子，从而在 VREF 分压器中驱动电阻。

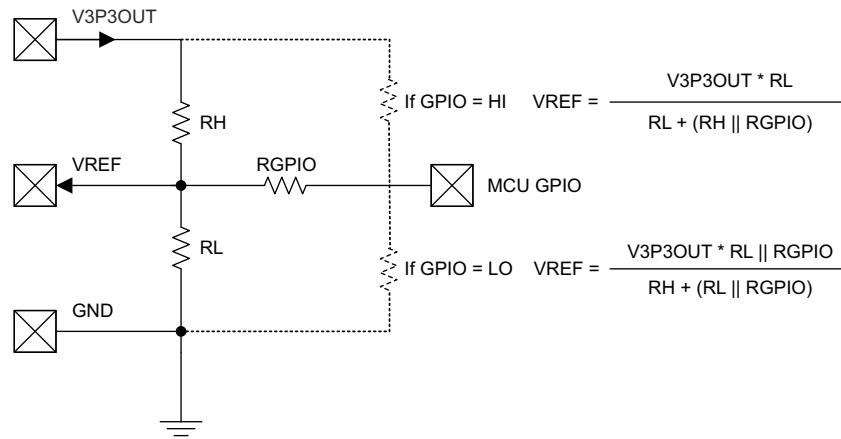


图 2-2. MCU 可控分压器

图 2-2 显示了与高侧或低侧（取决于数字输出是高电平还是低电平）并联的 GPIO 电阻的放置方式。也可以将 GPIO 作为输入，在这种情况下，GPIO 电阻可作为高阻抗路径，提供第三种电流电平设置。如果将 GPIO 资源配置为输入，RGPIO 将从系统中消失，公式与图 2-1(b) 中所示的相同。

3 数模转换器方法

在某些应用中，需要实时修改 VREF 输入。在这种情况下，通过分压器修正模拟电压会对应用产生不利影响。理想解决方案是采用 DAC 功能，该功能可编程为应用需要的目标值。DAC 可以是微控制器内部的功能，或者是可由任何处理器驱动独立模块。

可以将 DAC 输出直接连接到 VREF 输入，如图 3-1 所示。建议将 1000pf 的电容器连接至 GND，以滤除任何 DAC 切换噪声。

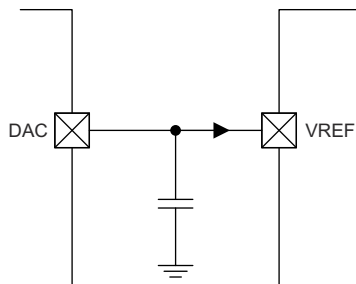


图 3-1. 微控制器 DAC 可驱动 DRV88xx VREF 输入

需要 DAC 功能的典型实现方式是带有扭矩控制的有刷直流电机驱动，步进电机需要不同于运转扭矩的保持转矩，并且步进电机通过高分辨率微步进查找表实现换向。

4 PWM 到 RC 滤波方法

DAC 功能解决方案可能不适用于某些情况。例如，并非每个微控制器都包含 DAC 模块。而且，独立 DAC 功能导致的成本的增加可能不利于最终应用。另一方面，在当今的微控制器产品中，计时器更常用。

利用计时器功能实现 DAC 通道的一种简单技术是，将计时器用作 RC 滤波器中的 PWM 信号发生器，如图 4-1 所示。通过调节 PWM 占空比，可获得直接成正比的模拟电压。必须配置 RC 滤波器，以最大限度地减小输出电压产生的纹波，因为这种变化可能会传输到已调电流输出中。

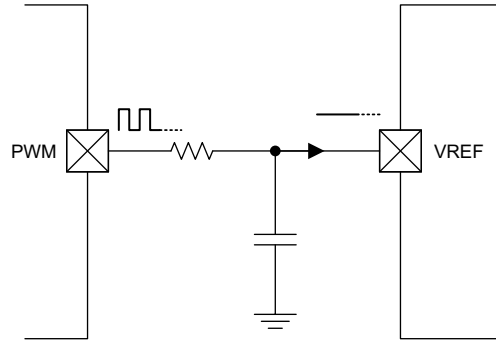


图 4-1. PWM 计时器和 RC 滤波器生成模拟电压

基于 RC 滤波器的 DAC 典型实现需要有刷直流电机具有扭矩控制，或者步进电机在运行时间内提供电流和提供用于位置保持扭矩的不同电流。为了使此拓扑实现能够产生高分辨率微步进的 DAC 功能，PWM 频率需要高于步进速率。

5 保持电流可变的电路

图 5-1 中的电路可以通过使用 CD74HC123 实现可变的保持电流。CD74HC123 是一款具有复位功能的双路可重触发单稳态多谐振荡器。在此应用中，输入 STEP 来自电机驱动器 IC (例如 DRV8818) 的阶跃信号。向电机驱动器 IC 的 V_{REF} 引脚施加输出 V_{REF}，以实现可变的保持电流。

根据 CD74HC123 的原理，当向引脚 1 施加脉冲时，引脚 13 上就会出现高输出，脉冲宽度为 $0.45 R_X \times C_X$ (从引脚 1 上信号的下降沿开始)。当引脚 1 上的信号频率大于 $1 / (0.45 R_X \times C_X)$ 时，引脚 13 始终保持高电平。图 5-2 显示，此时引脚 13 上的电压通过分压器网络保持高电平 (V_{CC})，并向电机驱动器 IC 的 V_{REF} 引脚施加 $R_4 \times V_{CC} / (R_4 + R_2 \parallel R_3)$ 输出电压。

当步进电机处于待机状态时，STEP 上没有脉冲，引脚 1 上的电平将变为低电平，因此引脚 13 上的输出电压被驱动为低电平 (GND)，V_{REF} 电压变为 $V_{CC} \times (R_2 \parallel R_4) / (R_2 \parallel R_4 + R_3)$ ，如图 5-3 所示。这样，可通过选择适用电阻来设置步进电机的保持电流。

因此，当步进电机进入待机状态后，会自动改变 V_{REF}。注意：若要在正常工作时获得良好性能，请根据目标 STEP 信号调节 R_X 和 C_X 的值，当步进电机正常工作时在引脚 13 上实现恒定高电平。例如，如果阶跃信号的频率为 1/15Hz，即一分钟只有四个阶跃，那么 $1/15 > 1 / (0.45 R_X \times C_X)$ ，因此 R_X × C_X 必须大于 33.3，而可为 R_X 选择 10M，为 C_X 选择 10μF。

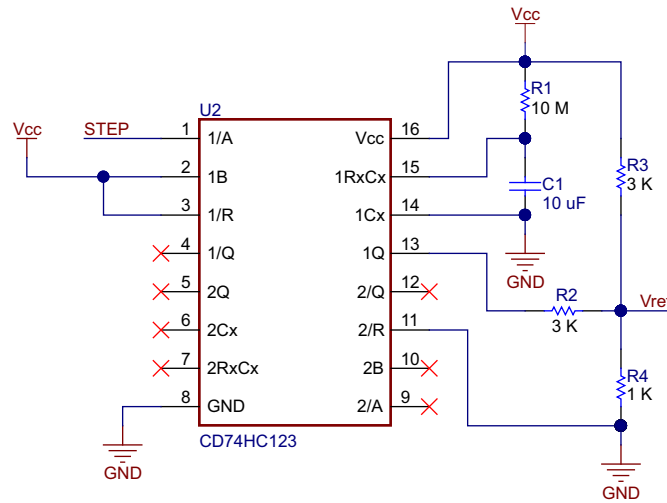


图 5-1. 保持电流可变的电路

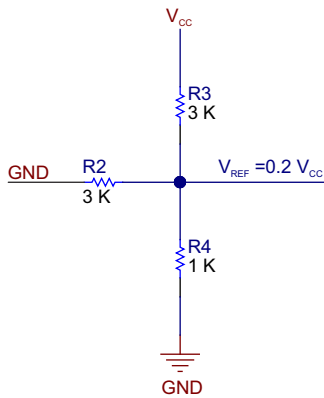


图 5-2. 正常工作时的输出

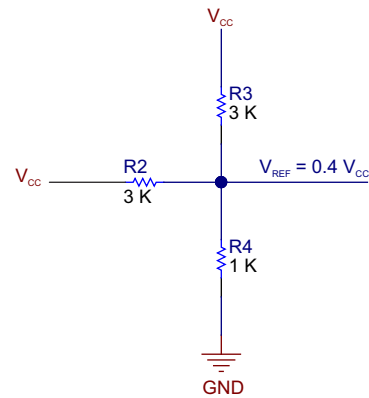


图 5-3. 待机状态时的输出

6 具有内部基准电压的器件

一些器件在构建时面临低引脚数设计限制，在这种情况下，基准电压输入在设计范围之外。通过唯一方式在内部配置基准电压，以通过选择特定检测电阻来更改实际电流调节点。用户必须参考相应器件的数据表，以确定内部基准电压参数。

7 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 (March 2020) to Revision B (January 2021)	Page
• 已更新文档标题。.....	1
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式。.....	1

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