

模块 12

实验：直流电机



实验：直流电机

12.0 目标

本实验的目的是构建转动电机所需的电子设备。硬件接口包括一个使用 TI DRV8838 驱动器的 H 桥电机驱动器，该驱动器允许软件向前或向后转动每个电机。该软件可以使用脉冲宽度调制 (PWM) 改变传送到每个电机的功率。在这个模块中，

1. 您将学习电机的电磁方面。
2. 您将把电机和车轮连接到机器人上。
3. 您将使用驱动板将电机连接到微控制器。
4. 您将测量电机的电压和电流。
5. 您将对电机的特性进行分析，绘制电机速度与占空比。

小知识：即使你将测量马达速度作为占空比的功能，这种关系取决于许多可能随时间变化的因素，例如电机效率，电池电压，H 桥中的电压降，机械力和摩擦力。出于所有实际目的，如果没有传感器，软件只能选择更快或更慢，但不能设置电机速度。在这个机器人上，有两个差速驱动配置的电机。这意味着即使是最简单的操作，例如直线移动也需要传感器反馈。本课程中有三种这样的传感器：线传感器（模块 6），IR 距离传感器（模块 15）和转速计（模块 16）。

12.1 入门

12.1.1 从下面的软件工程起步

浏览以下 2 个工程：

Lab_SysTick（实验 9 的解决方案）

Lab_Motors（本实验的入门项目）

注：请不要在本实验中使用 TExaS 创建的电压表，示波器或逻辑分析仪。施加到 MSP432 输入的电压必须保持在 0 到 3.3V 之间。超出此范围的电压将损坏 MSP432。

12.1.2 参考资源

JN_MD_SHEET02 - MOTOR_DRIVERS.pdf Data sheet for Motor driver board
 JN_PDB_SHEET02 - POWER_DISTRI.pdf Data sheet for power board
 RSLK China basic construction guide 2.1.pdf How to build the robot
 drv8838.pdf Data sheet for the H-bridge driver

12.1.3 阅读材料

Volume 1 Sections 8.1, 8.6, and 8.7

Embedded Systems: Introduction to the MSP432 Microcontroller",

Volume 2 Sections 1.4 and 6.5

Embedded Systems: Real-Time Interfacing to the MSP432 Microcontroller"

阅读匠牛的电机驱动板手册

12.1.4 本实验所需的组件

数量	组件描述	制造商	型号
1	MSP-EXP432P401R LaunchPad	TI	MSP-EXP432P401R
1	Al Alloy Chassis & Structure	JiangNiu	
1	Power Module	JiangNiu	JN_PDB_2RSLKB01_V0.2
1	Motor Driver Module	JiangNiu	JN_MD_2RSLKB01_V0.2
1	Interface Board For Exp432	JiangNiu	JN_IB_2RSLKB01_V0.2
2	Encoder+DC Motor+Gear reducer	JiangNiu	
2	φ 65mm Rubber wheel	JiangNiu	
1	Interface Board To Motor Driver Module Cable(13Pin)	JiangNiu	
1	Power Module Cable(3Pin)	JiangNiu	
2	Motor To Motor Driver Module Cable(6Pin)	JiangNiu	



实验：直流电机

12.1.5 所需 实验设备

示波器（至少 10 kHz 采样的 1 个或 2 个通道）
电压表，欧姆表和电流表

12.2 系统设计要求

本实验的目标是将电机和车轮放在机器人上并配置电机控制板，以便软件可以控制两个电机。模块 5 实验中使用的电机驱动器和配电板（MDPDB）还包括两个 H 桥驱动器（TI DRV8838），可提供电机转动所需的电压和电流。

首先，您将机械地构建，然后电连接两个电机，两个轮子，脚轮和 MDPDB。六个控制信号将从微控制器连接到 MDPDB，因此软件可以控制两个电机{前进，停止，后退}。此外，您将使用 Lab 9 的 PWM 软件调整两个车轮的输出功率。

本实验的第二部分是研究电机的行为。您将测量直流电机的电压（伏特），电流（安培），平均功率（瓦特）和转速（rpm），作为占空比的功能。

本实验的结果是构建一个或多或少直线驱动的系统，直到其中一个碰撞传感器检测到碰撞。

12.3 实验准备

第一步是阅读 JN chassis 的数据手册，并按照 RSLK China basic construction guide 2.1 说明，连接两个车轮，脚轮，两个电机，电机驱动板和电源板。图 1 显示了机器人所需的一些部件。

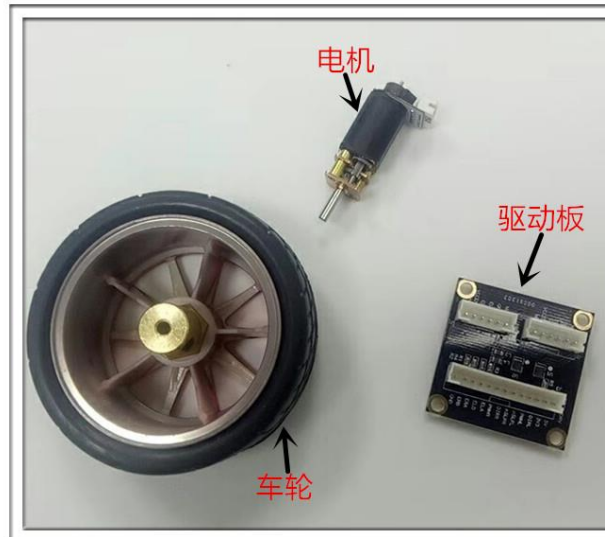


图 1. 构建电机系统所需的部件。

有六条信号线影响电机的驱动。请参阅 DRV8838 的数据手册，了解这六个信号的软件输出值如何影响电机行为。图 2 显示了一个可能的接口电路。或者使用 13pin 电缆连接 JN_MD 板和 JN_IB 板，参见图 3。



实验：直流电机

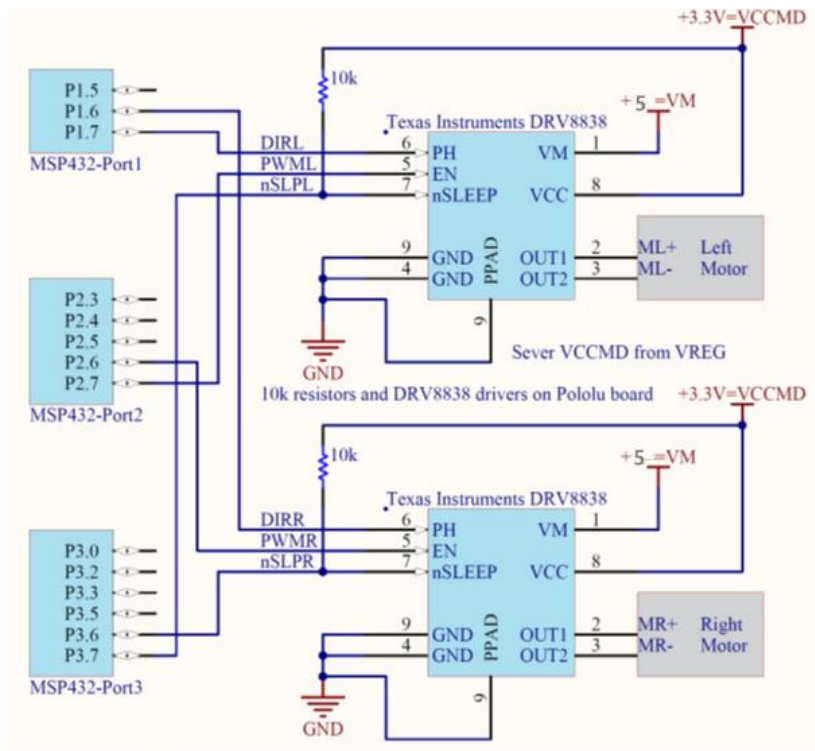


图2. 接口电路

LaunchPad	JN_MD	DRV8838	Description
P1.6	DIRR	PH	Right Motor Direction
P3.6	nSLPR	nSLEEP	Right Motor Sleep
P2.6	PWMR	EN	Right Motor PWM
P1.7	DIRL	PH	Left Motor Direction
P3.7	nSLPL	nSLEEP	Left Motor Sleep
P2.7	PWML	EN	Left Motor PWM

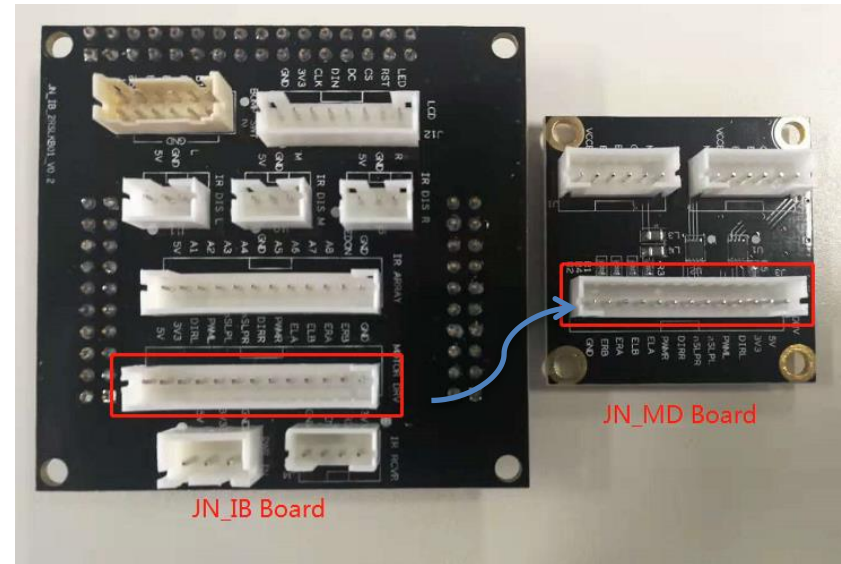


图3. JN_IB 板和 JN_MD 板。请参阅模块 5 了解电源和接地连接。有关如何将电机和编码器连接到电路板，请参阅 RSLK China basic construction guide 2.1。

图 4 显示了部分完成的车轮组装，图 5 显示了一个完整的车轮组装。



实验：直流电机

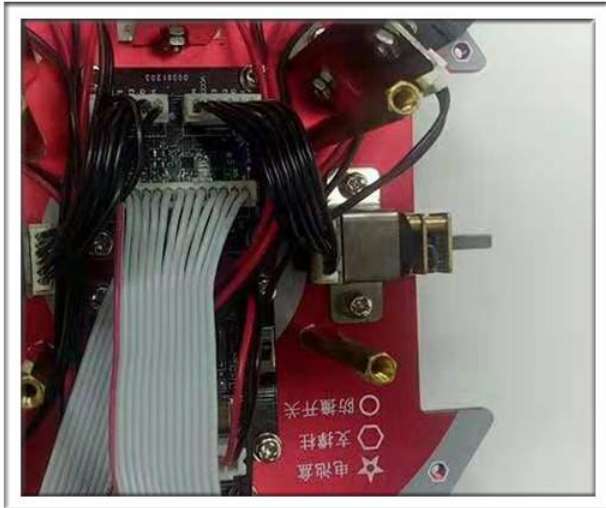


图 4. 部分完成的车轮组装。



图 5. 完整车轮组装。

12.4 实验步骤

12.4.1 底层软件驱动程序

首先，您将创建控制机器人上两个轮子的软件函数。两个电机的 PWM 信号频率为 100 Hz (10ms)。在本实验中，两个电机的占空比相同。在下一个模块中，我们将使用硬件定时器，让每个电机有单独的占空比。要停止电机，请停止 PWM 并将 nSleep 信号置为 0。使用 Lab 9 的简单方法创建 PWM 信号。驱动程序的原型是：

void Motor_InitSimple(void);

初始化 6 个 GPIO 并将驱动器置为休眠模式
无返回值

void Motor_StopSimple(void);

停止两个电机，将驱动器置于休眠模式
无返回值

void Motor_ForwardSimple(uint16_t duty, uint32_t time)

驱动两个电机前进，占空比为 **duty** (100 - 9900)
运行一段时间 **time** (单位 10ms)，然后停止
如果任何一个碰撞开关发生碰撞，立即停止电机并返回
在 **time*10ms** 之后或当碰撞发生时返回

void Motor_BackwardSimple(uint16_t duty, uint32_t time)

驱动两个电机后退，占空比为 **duty** (100 - 9900)
运行一段时间 **time** (单位 10ms)，然后停止
如果任何一个碰撞开关发生碰撞，立即停止电机并返回
在 **time*10ms** 之后或当碰撞发生时返回

void Motor_LeftSimple(uint16_t duty, uint32_t time)

只驱动左轮前进，占空比为 **duty** (100 - 9900)
右轮停止 (休眠)
运行一段时间 **time** (单位 10ms)，然后停止
如果任何一个碰撞开关发生碰撞，立即停止电机并返回
在 **time*10ms** 之后或当碰撞发生时返回

void Motor_RightSimple(uint16_t duty, uint32_t time)

只驱动右轮前进，占空比为 **duty** (100 - 9900)
左轮停止 (休眠)
运行一段时间 **time** (单位 10ms)，然后停止
如果任何一个碰撞开关发生碰撞，立即停止电机并返回
在 **time*10ms** 之后或当碰撞发生时返回



实验：直流电机

12.4.2 控制电机

在本实验的这一部分，您将实现测试电机的函数。将机器人放在木块上，使车轮不接触地面，并使用 **Program12_1** 等程序测试低层电机功能。这允许电机在机器人不移动的情况下旋转。当车轮离地时，摩擦力最小，旋转速度最快，电流最小。

```
// Driver test
void Pause(void) {
    while(LaunchPad_Input()==0); // wait for touch
    while(LaunchPad_Input());    // wait for release
}
int Program12_1(void) {
    Clock_Init48MHz();
    LaunchPad_Init(); // built-in switches and LEDs
    Bump_Init();     // bump switches
    Motor_InitSimple(); // your function
    while(1) {
        Pause();
        Motor_ForwardSimple(5000,2000); // your function
        Pause();
        Motor_BackwardSimple(5000,2000); // your function
        Pause();
        Motor_LeftSimple(5000,2000); // your function
        Pause();
        Motor_RightSimple(5000,2000); // your function
    }
}
```

在运行期间，使用示波器观察电机信号电机板（MR+, MR-, ML+, ML-）。你应该看到电压与时间的关系。MR+和MR-之间的电压差是电机的施加电压。

注：如实验 9 中所述，使用软件延迟创建 PWM 会占用所有处理器时间。在下一个模块中，我们将使用微控制器上的硬件定时器来创建两个 PWM 输出。这样，软件只有在希望改变占空比或改变方向时才需要执行。

12.4.3 特性

从电气角度来看，电机具有三个部件，电阻（由长导线引起），电感（由线圈引起）和电动力（由机械力和电力之间的耦合引起的电压）。首先测量所有电源关闭且电

机未旋转时电机的电阻。设 **R** 是这个静态电阻。假设电压为 **7V**，使用欧姆定律计算预期电流。

在本节中，您将测量实际电压（以伏特为单位的 **V**），电流（以安培为单位的 **I**）和速度（以 rpm 为单位 **S**）作为占空比参数（2000 至 8000）的函数。如果您将机器人放在木块上并将绳子/桅横杆/胶带连接到车轮上，您可以看到和听到车轮转动。首先，您将使用秒表计算固定时间（例如，60 秒）内的旋转次数。

测量电机**电流**有两种方法（**I**）。一种方法是移除电池并连接工作台电源（允许您将电压设置为 **5V** 并测量电流）以为机器人供电。第二种方法是将电流表放置在电池和机器人之间的环路中。例如，您可以制作一个 3 层的电线-绝缘体-电线，并将此电池堆放在在电池盒中的触点之间。然后，您可以将电流表放在两根电线上。您可以使用示波器测量电机**电压**（**V**），并验证哪个占空比有效。首先在电机停止时测量机器人的电流，然后测量旋转一个电机所需的电压，电流和速度。这两种电流测量的差别是电机的电流。您可以使用 **Program12_2** 之类的程序来收集数据。

```
// Voltage current and speed as a function of duty cycle
int Program12_2(void) { uint16_t duty;
    Clock_Init48MHz();
    LaunchPad_Init(); // built-in switches and LEDs
    Bump_Init();     // bump switches
    Motor_InitSimple(); // initialization
    while(1) {
        for(duty=2000; duty<=8000; duty=duty+2000) {
            Motor_StopSimple(); // measure current
            Pause();
            Motor_LeftSimple(duty,6000); // measure current
        }
    }
}
```

根据占空比绘制电压，电流，功率，电动势和速度的表格和图表。计算 **emf** 为：

$$emf = V - I \cdot R$$

其中 **V** 是测量的电机电压，**I** 是测量的电机电流，**R** 是电机的静态电阻。在正常工作条件下，**emf** 将为负值，这意味着它使用静态电阻吸收的电流大于预期。计算功率为



实验：直流电机

$$P = V * I * \text{duty}/10000$$

描述电机的一般特性。

使用 **Program12_3** 执行最大速度测试。首先测量机器人在木块上时的电机转速，然后在机器人在地面时重复测量。

```
int Program12_3(void){
    Clock_Init48MHz();
    LaunchPad_Init(); // built-in switches and LEDs
    Bump_Init(); // bump switches
    Motor_InitSimple(); // initialization
    while(1){
        Pause();
        Motor_ForwardSimple (9900,1500); // max speed 15 s
    }
}
```

12.5 疑难解答

电机不旋转或发热：

- 断开电源并仔细检查连接。
- 查看实验 5 中的步骤。
- 给电池充电。
- 使用电压表，示波器或逻辑分析仪验证从 LaunchPad 到电机板的六个信号。

一台电机比另一台电机旋转得更快：

- 电机速度通常为彼此的±20%是正常的
- 检查较慢电机上的摩擦力

12.6 请思考

在本节中，我们列出了完成本实验后要思考的思考问题。这些问题旨在测试您对本实验中概念的理解。该模块的目标是让您体验与直流电机相关的电压，电流和功率。

- 摩擦如何影响电机电流？
- 在本实验中，我们不设置速度或电流。相反，我们只设置电压和占空比。为什么在这个实验里，机器人直行是困难的？
- 两个 H 桥是如何让机器人转动和后退的？
- 软件如何调整输出到电机的功率？
- 软件可以通过哪两种方式使机器人转动？

12.7 其它挑战

在本节中，我们列出了您可以执行的其它活动，以进一步探索此模块的概念。例如，

- 如果您没有电机驱动板，您可以构建自己的 H 桥电路来控制机器人上的电机。特别是，您可以使用 L293 构建讲座中描述的两个 H 桥。如果您构建自己的 H 桥，请在连接电机之前和连接微控制器之前进行测试。
- 一个不可能的挑战是尝试编写使机器人以方形图案行进的软件。基本上，重复这两步过程：1) 直行一段固定的时间；2) 向左转 90 度。这是不可能的。但是，确定努力失败的原因将具有指导意义。



实验：直流电机

12.8 接下来是哪些模块？

本实验中构思的机器人有两个主要限制。1) 软件消耗所有处理器时间，以及 2) 电机的速度取决于许多因素，其中大多数因素无法提前预测。在下面的实验中，我们将解决这些限制。

- 模块 13) 使用定时器创建 PWM 信号，并使用中断来管理多个软件任务
- 模块 15) 使用 ADC 连接距离传感器。两个距离传感器可以驱动机器人在固定的距离和固定的角度到墙上。
- 模块 16) 连接转速计并使用定时器捕获直接测量每个车轮的速度。
- 模块 17) 组合模块 12,13 和 16 创建一个控制系统，以期望的速度旋转电机。

12.9 您应该已经学会

在本节中，我们将回顾您应该在本单元中学到的重要概念：

- 了解电机的电压，电流和功率。
- 能够使用 PWM 输出来调节电机的功率。
- 了解 H 桥的基本操作和目的。
- 知道如何编写和测试底层软件驱动程序。

IMPORTANT NOTICE FOR TI DESIGN INFORMATION AND RESOURCES

Texas Instruments Incorporated ("TI") technical, application or other design advice, services or information, including, but not limited to, reference designs and materials relating to evaluation modules, (collectively, "TI Resources") are intended to assist designers who are developing applications that incorporate TI products; by downloading, accessing or using any particular TI Resource in any way, you (individually or, if you are acting on behalf of a company, your company) agree to use it solely for this purpose and subject to the terms of this Notice.

TI's provision of TI Resources does not expand or otherwise alter TI's applicable published warranties or warranty disclaimers for TI products, and no additional obligations or liabilities arise from TI providing such TI Resources. TI reserves the right to make corrections, enhancements, improvements and other changes to its TI Resources.

You understand and agree that you remain responsible for using your independent analysis, evaluation and judgment in designing your applications and that you have full and exclusive responsibility to assure the safety of your applications and compliance of your applications (and of all TI products used in or for your applications) with all applicable regulations, laws and other applicable requirements. You represent that, with respect to your applications, you have all the necessary expertise to create and implement safeguards that (1) anticipate dangerous consequences of failures, (2) monitor failures and their consequences, and (3) lessen the likelihood of failures that might cause harm and take appropriate actions. You agree that prior to using or distributing any applications that include TI products, you will thoroughly test such applications and the functionality of such TI products as used in such applications. TI has not conducted any testing other than that specifically described in the published documentation for a particular TI Resource.

You are authorized to use, copy and modify any individual TI Resource only in connection with the development of applications that include the TI product(s) identified in such TI Resource. NO OTHER LICENSE, EXPRESS OR IMPLIED, BY ESTOPPEL OR OTHERWISE TO ANY OTHER TI INTELLECTUAL PROPERTY RIGHT, AND NO LICENSE TO ANY TECHNOLOGY OR INTELLECTUAL PROPERTY RIGHT OF TI OR ANY THIRD PARTY IS GRANTED HEREIN, including but not limited to any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right relating to any combination, machine, or process in which TI products or services are used. Information regarding or referencing third-party products or services does not constitute a license to use such products or services, or a warranty or endorsement thereof. Use of TI Resources may require a license from a third party under the patents or other intellectual property of the third party, or a license from TI under the patents or other intellectual property of TI.

TI RESOURCES ARE PROVIDED "AS IS" AND WITH ALL FAULTS. TI DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES OR REPRESENTATIONS, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING TI RESOURCES OR USE THEREOF, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO ACCURACY OR COMPLETENESS, TITLE, ANY EPIDEMIC FAILURE WARRANTY AND ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, AND NON-INFRINGEMENT OF ANY THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

TI SHALL NOT BE LIABLE FOR AND SHALL NOT DEFEND OR INDEMNIFY YOU AGAINST ANY CLAIM, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO ANY INFRINGEMENT CLAIM THAT RELATES TO OR IS BASED ON ANY COMBINATION OF PRODUCTS EVEN IF DESCRIBED IN TI RESOURCES OR OTHERWISE. IN NO EVENT SHALL TI BE LIABLE FOR ANY ACTUAL, DIRECT, SPECIAL, COLLATERAL, INDIRECT, PUNITIVE, INCIDENTAL, CONSEQUENTIAL OR EXEMPLARY DAMAGES IN CONNECTION WITH OR ARISING OUT OF TI RESOURCES OR USE THEREOF, AND REGARDLESS OF WHETHER TI HAS BEEN ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGES.

You agree to fully indemnify TI and its representatives against any damages, costs, losses, and/or liabilities arising out of your non-compliance with the terms and provisions of this Notice.

This Notice applies to TI Resources. Additional terms apply to the use and purchase of certain types of materials, TI products and services. These include; without limitation, TI's standard terms for semiconductor products (<http://www.ti.com/sc/docs/stdterms.htm>), [evaluation modules](#), and [samples](http://www.ti.com/sc/docs/sampterm.htm) (<http://www.ti.com/sc/docs/sampterm.htm>).

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2018, Texas Instruments Incorporated