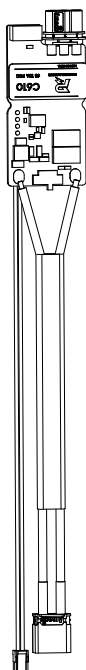


RoboMaster

M2006 动力系统 DEMO 示例程序



开发平台

概 要

使用 M2006&C610 之前，需要对开发平台进行搭建。开发平台由硬件开发板以及软件开发环境组成。本教程使用 RoboMaster™ 开发板作为硬件平台，使用 Keil5 μ Vision IDE 作为软件开发环境。同时为了简化开发流程，还使用了 STMicroelectronics 公司开发 STMCube 系列快速配置工具。

本教程主要包括：

- 如何运行本示例代码
- 用遥控器或按键控制电机转速
- 关键技术细节说明

物品清单

- RoboMaster 开发板
- C610 电机调速器
- M2006 减速电机

RoboMaster 开发板

RoboMaster 开发板使用 STM32F427 作为主控芯片，主频高达 180MHz，具有 2MB 的内部 Flash 以及高达 256KB 的内部 SRAM。带有 FPU 单元可以快速实现部分 DSP 功能。

硬件接口方面，为配合 RoboMaster 系列动力系统使用，带有 4 路 CAN 及电源接口，可以方便的和 C610、C620 系列电调连接，且支持高达 24V 的额定供电电压。

有关 RoboMaster 开发板的详细信息，可参考《RoboMaster 开发板用户手册》。

Keil5 μ Vision IDE

MDK-ARM 是一款窗口化的软件开发平台，可以方便快捷的编写与编译代码，下载并调试程序。其代码编辑器具有关键字高亮、代码补全、语法检测等多种使用功能。同时自带的调试环境可配合多种 ARM 调试工具如 J-link、ST-Link 等进行在线调试。

有关 Keil5 的更多信息，请参考 Keil 官方文档。



- Keil5 为收费软件，但其免费评估版本可以编译和调试代码容量 ≤ 32 KB 的代码。如需在正式项目中应用，请购买正版授权。

STMCube

STMCube 计划源自意法半导体，旨在通过减少开发的工作量、时间与成本，使开发者受益。STM32Cube 涵盖 STM32 产品组合。

STM32Cube 包括：

- 图形软件配置工具 STM32CubeMX，可通过图形向导生成 IAR/KEIL 工程。
- 针对每个系列提供综合的嵌入式软件平台（即 STM32CubeF4 用于 STM32F4 系列）
 - a. STM32 抽象层嵌入式软件 STM32Cube HAL，确保在 STM32 各个产品之间实现最大限度的可移植性。
 - b. 一套一致的中间件，比如 RTOS、USB、TCP/IP、图形。
 - c. 所有嵌入式软件实用工具均配备一套完整的示例。

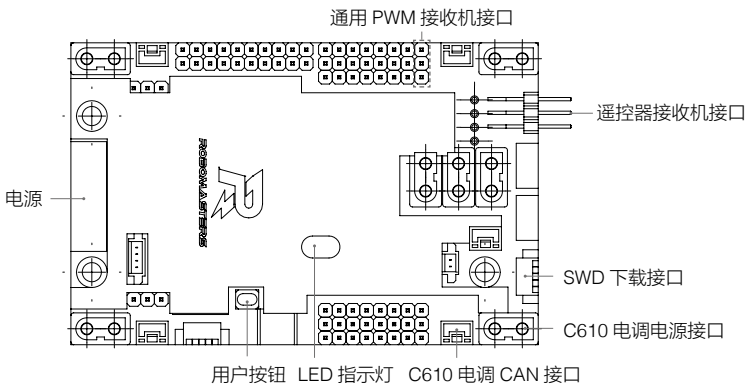
⚠ • 以上内容引自 STMCube 官方描述文档，更多详细信息请参考 STMCubeMX 用户手册或者 STMCubeMX 中文平台。

硬件连接

概述

在开始使用和调试设备之前，一定要确认所有硬件连接正确且可靠，由于电机系统为大功率、大电流设备，错误的连接可能会造成短路引发设备永久性损坏。

硬件接口介绍



⚠ • 通用 PWM 接收机以及 DR16 接收机只能选择一种连接，并且当任意一种接收机连接到开发板后，用户按键将失效。

如何使用 DEMO

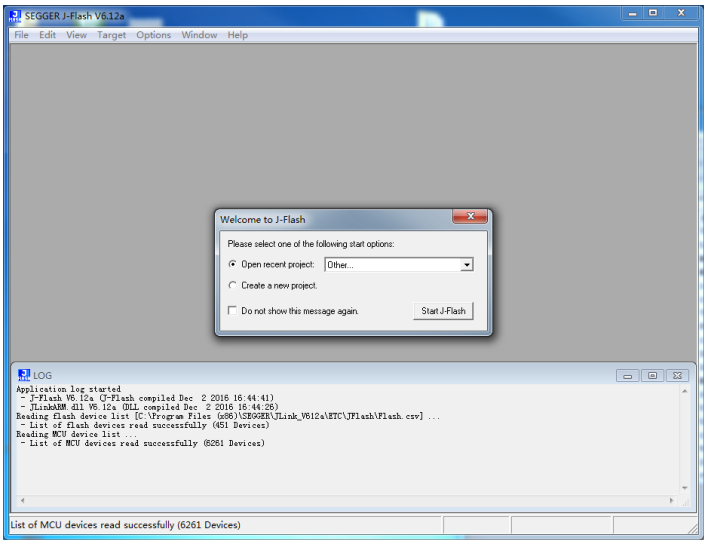
概 述

在本章节中，将会详细说明如何使用本例程，包括如何将程序下载到 RoboMaster 开发板中，以及 DEMO 程序的操作方法。

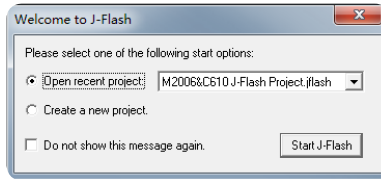
下载程序到 RoboMaster 开发板

本教程需要使用 J-Link 调试器，在使用 J-Link 调试器之前，请您确认已经正确安装了 J-Link 的驱动程序以及 J-Flash 工具。成功安装后，您将可以在开始菜单中找到 J-Flash 软件。

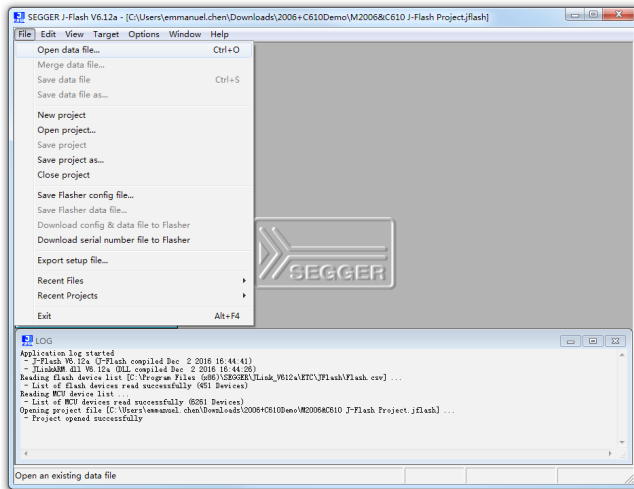
1. 在“开始菜单”中启动 J-Flash 程序，您将看到如下图所示画面。



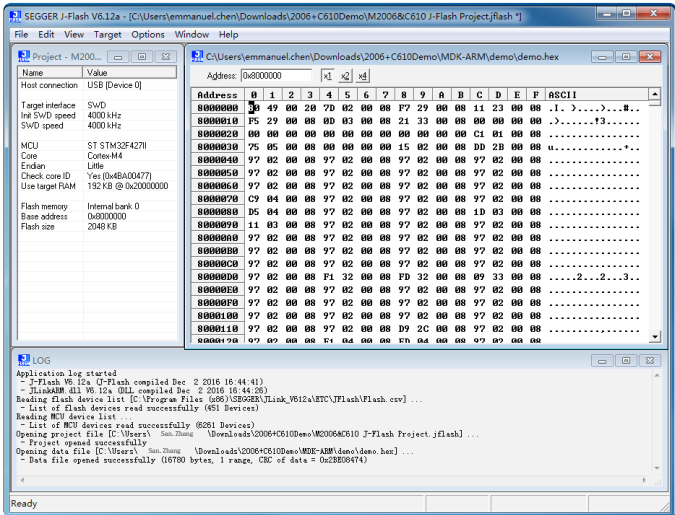
- 2. 在弹出的对话框“Welcome to J-Flash”中，选择“Open recent project”选项，在右侧的下拉菜单中选择“Other”选项。
- 3. 在弹出的打开文件对话框中，选择 DEMO 目录下的“M2006&C610 J-Flash Project.jflash”文件，并点击打开。
- 4. 点击右下角“Start J-Flash”按键。



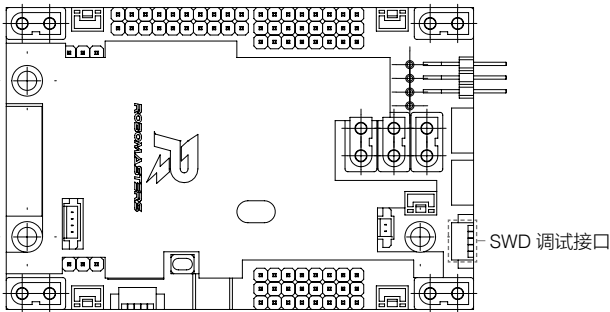
5. 在出现如下页面之后依次点击“File” -> “Open data file”。



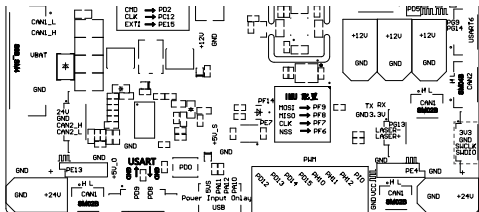
打开 DEMO 目录下的 “...\\MDK-ARM\\demo\\demo.hex” 文件后将出现如下图所示窗口。



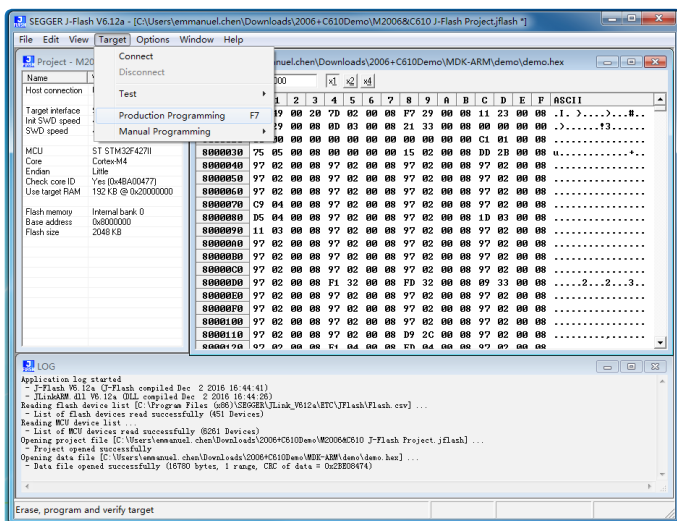
6. 将 J-Link 的 USB 数据线连接到电脑的 USB 接口，再连接 J-Link 到 RoboMaster 开发板的 SWD 调试接口。



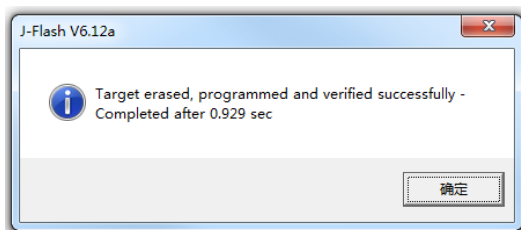
关于 SWD 调试接口的线序，请参考下图



7. 点击 “Target” 菜单下的 “Production Programming” 按键或按下 F7 开始下载程序。



8. 若出现下图所示提示框则证明程序下载成功，然后请彻底切断开发板的电源、断开 J-Link 与开发板的连接线，等待至少 5 秒钟以上重新接通开发板电源，观察到开发板上指示灯开始闪烁，至此您已经成功将 DEMO 程序下载到您的 RoboMaster 开发板上。如果下载失败，请仔细检查 SWD 调试接口的线序是否正确、开发板供电是否正常、连接线是否稳定可靠。



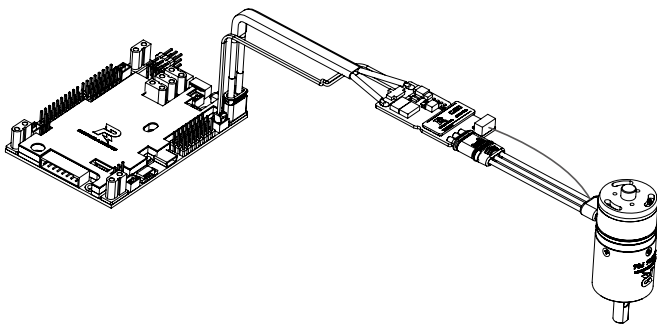
DEMO 使用方法

在使用本例程之前，请您一定仔细阅读《RoboMaster C610 无刷电机调速器使用说明》，《RoboMaster M2006 P36 直流无刷减速电机使用说明》以及《RoboMaster 开发板用户手册》。了解所有设备的操作规范以及注意事项。

- △ 在以下几种使用情况中，开发板电源连接省略，请参考《RoboMaster 开发板用户手册》进行连接。

使用按键控制

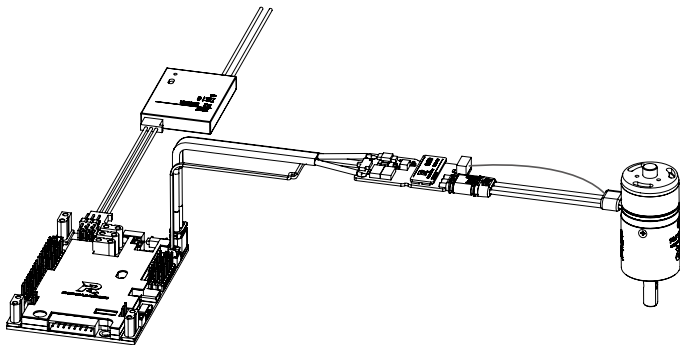
连接方式



1. 按照上图所示连接所有线缆，并仔细检查连接是否正确，确认无误后接通电源。
2. 若连接正常，可观察到 RoboMaster 开发板上绿色指示灯闪烁，此时按动开发板上的用户按键电机开始转动，并且电机转速会随着按键按动发生变化。若绿色指示灯处于熄灭或者常亮状态，说明电调与开发板连接异常，请检查连接。

使用 RoboMaster 遥控器控制

连接方式

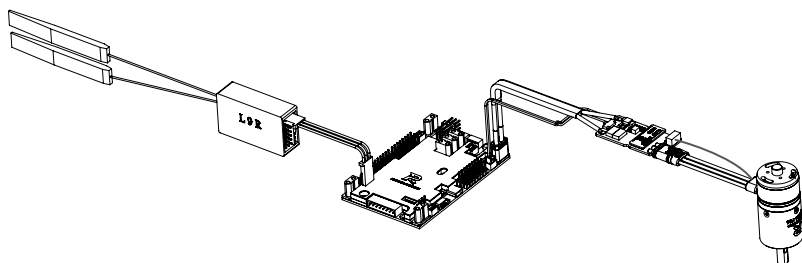


1. 按照硬件连接说明的方式连接所有线缆*，并仔细检查连接是否正确。确认无误后接通电源。
2. 若在开发板上连接了 DR16 接收机，此时按键将失效，红色指示灯慢速闪烁。将遥控器左边摇杆向上缓慢推动，可观察到电机输出轴开始逆时针转动，且转速随着摇杆行程的增加而增加。缓慢将摇杆位置归中，并向下推动，可观察到电机输出轴开始顺时针转动，且转速随着摇杆行程的增加而增加。

* DR16 接收机接口为最下方靠近 PCB 的一排，请注意接头方向，具体细节请参考《RoboMaster 开发板用户手册》

使用通用 PWM 航模遥控器控制

连接方式



1. 按照上图连接所有线缆，并仔细检查连接是否正确。确认无误后接通电源。
2. 程序支持 PWM 脉宽为 1~2 毫秒的航模遥控器，电机转速随着脉宽增加而增加。

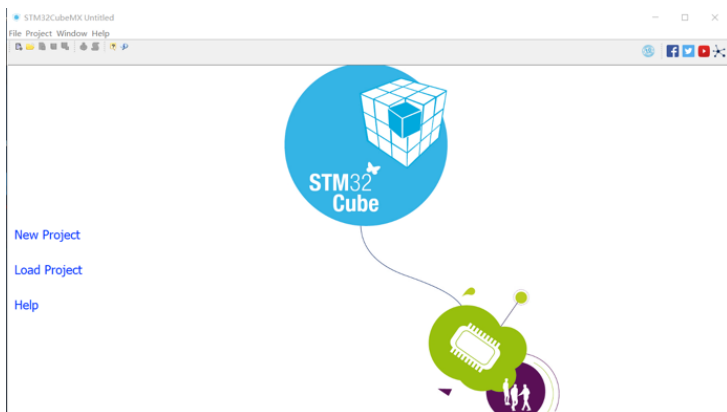
内容详解

本 DEMO 使用了 STMCube 图形化配置工具自动生成 STM32 的底层驱动代码，通过 STMCube 您可以快速的配置 STM32 的外设。在本章节内，将详细讲解 STMCube 的使用方法，以及如何使用 STMCube 配置 STM32 的 CAN 通信功能。

如何安装 STMCube

在安装 STMCube 之前，请您确认您的计算机上有 Java 运行环境，若未安装 Java 运行环境，请访问 www.java.com 进行下载。

请您在 STMicroelectronics 官方网站（地址：www.st.com）搜索并下载 STM32CubeMX 软件，软件运行界面如下图：



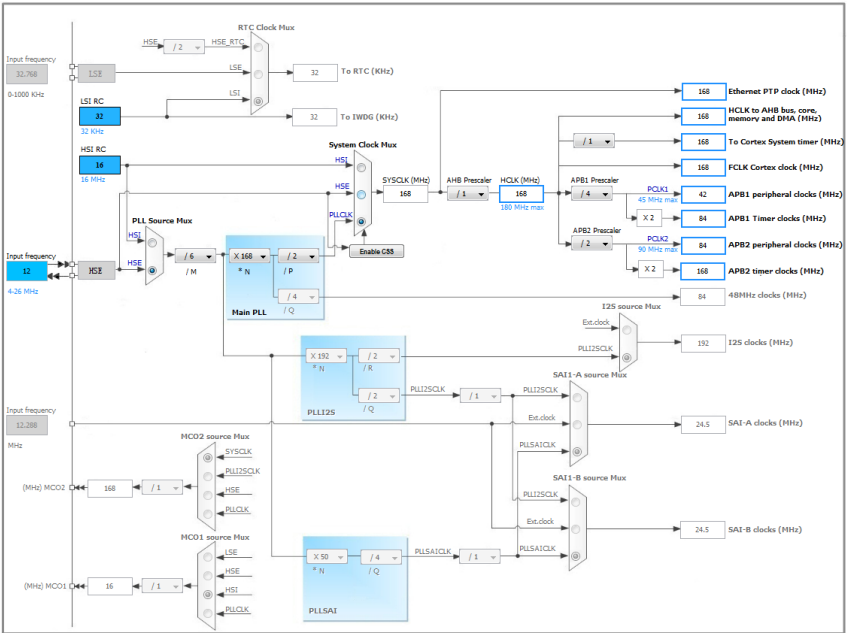
有关 STM32Cube 的更多内容，请参考软件下载页面内的参考文档。

使用 STM32CubeMx 配置 CAN 外设

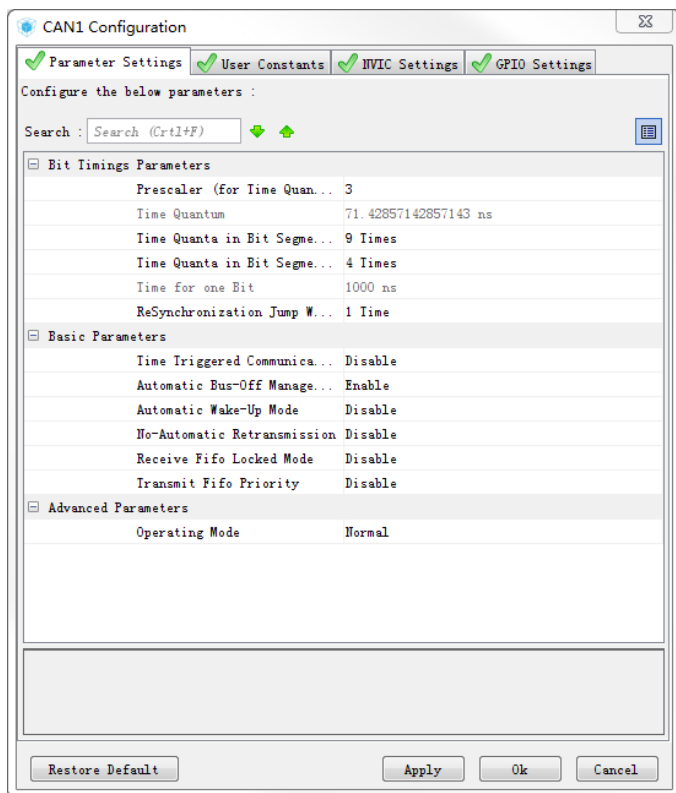
在本 DEMO 目录下已经有一个配置正确的工程文件 “demo.ioc”，您可以参考本工程文件的配置内容。

配置要点：

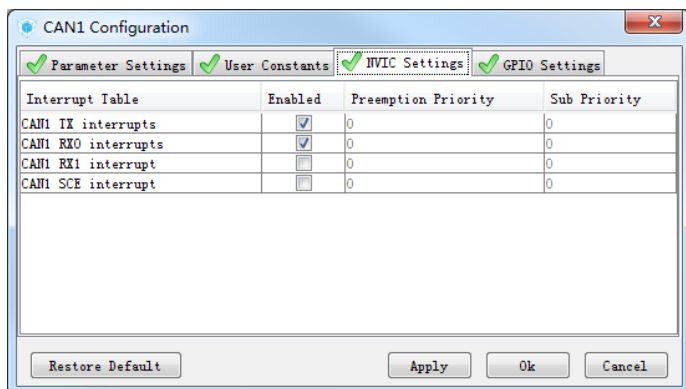
想要正确使用 CAN 外设，请先确认您的时钟树配置是否正确，请参考下图进行配置，特别注意，在左侧的 “HSE” 的 “Input frequency” 中填写的外部晶振时钟频率为 12M。




此外，由于 STM32 的引脚存在多种映射关系，在使用前，请确认您的对应 IO 引脚是否选择正确，对于 RoboMaster 开发板，CAN1 的引脚设置为：PD0 --- CAN1_RX PD1 --- CAN1_Tx。请参考下图对 CAN 外设的参数进行配置，需要注意的是，C610 电调的 CAN 比特率为 1Mbps，请确认 CAN 配置页面中，“Time for one Bit” 的值为 1000ns，即比特率为 1Mbps。另外请确保 “Automatic Bus-Off Manage” 选项处于 Enable 状态。



在正确完成 CAN 比特率等信息配置后，请在“NVIC Setting”页面开启 CAN 的接收中断，如下图。

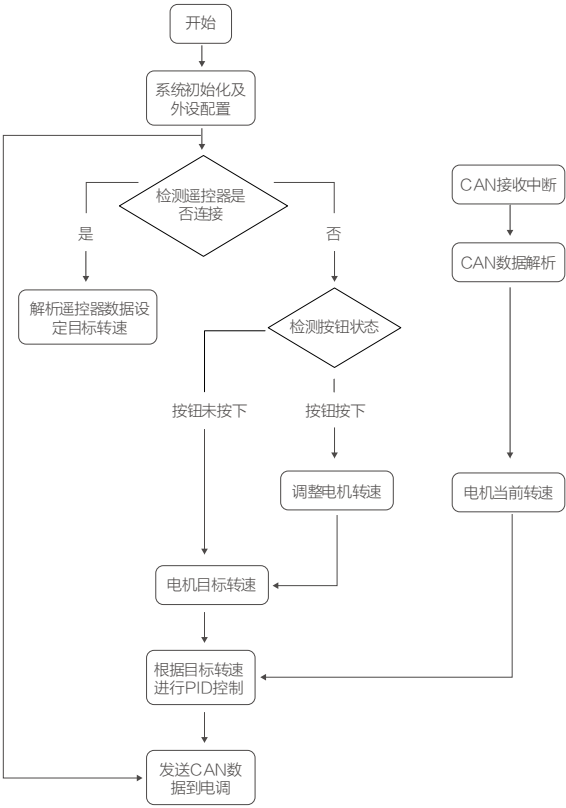


完成所有配置后，请单击软件主页面上的  按键重新生成工程。

- ⚠ • 重新生成工程之后，需要手动修改串口终端回调程序，否则可能导致 DR16 接收机无法正常工作，具体操作请参考 stm32f4xx_it.c 的 USART1_IRQHandler 函数中的注释。

代码实现

有关代码实现的具体内容请参考 DEMO 源码当中的注释，此处只挑选部分重要及易出错内容进行说明。



以上为软件运行的流程图，本文档将着重讲解 CAN 外设的配置、接收电调反馈信息以及向电调发送控制命令。

接收电调数据

C610 电调使用 CAN 总线通信，可以实现最多 4 个电调连接到同一条总线上集群控制。通信协议如下：

标识符：0x200 + 电调 ID（如：ID 为 1，该标识符为 0x201）

帧格式：DATA

帧类型：标准帧

DLC：8 字节

数据域	内容	数据域	内容
DATA[0]	转子机械角度高 8 位	DATA[4]	实际输出转矩高 8 位
DATA[1]	转子机械角度低 8 位	DATA[5]	实际输出转矩低 8 位
DATA[2]	转子转速高 8 位	DATA[6]	Null
DATA[3]	转子转速低 8 位	DATA[7]	Null

在使用 RoboMaster 开发板进行 CAN 通信之前，需要对 CAN 接口进行配置。使用 STM32CubeMX 配置波特率等参数之后，会生成 STM32F427 芯片的 CAN 接口的底层驱动以及除 CAN 硬件过滤器以外的配置代码。因此，关于 CAN 硬件过滤器的配置需要用户自行完成，这部分代码非常重要，未配置或错误配置将导致 CAN 无法使用。有关这部分代码请参考 bsp_can.c 中的 my_can_filter_init_recv_all 函数。

在正确完成 CAN 参数配置之后，需在初始化函数中调用 HAL_CAN_Receive_IT 函数启动 CAN 接收，此时，当有正确的 CAN 数据到来时，将会进入 CANx_RXx_IRQHandle 回调函数中，但是按照 STM32Cube 规范，用户最好不要修改此回调函数中的代码，所有对 CAN 接收中断的处理都在 HAL_CAN_RxCpltCallback 中进行。

需要注意的是，如果需要 CAN 持续接收数据，在中断服务函数返回之前须调用 __HAL_CAN_ENABLE_IT 重新开启 CAN 中断才能接收到下一帧 CAN 数据。有关此部分代码请参考 bsp_can.c 中的 HAL_CAN_RxCpltCallback 函数。

在以上工作全部正确完成之后，此时可以使用 RoboMaster 开发板接收 C610 电调返回的数据，在 C610 电调使用手册《CAN 通信协议》章节中明确指出，C610 电调会通过 CAN 总线以默认 1KHz 的频率发送数据，使用带有标准 ID 的 CAN 数据帧，数据长度为 8 字节。

关于电调返回数据的解析程序请参考 bsp_can.c 中 get_moto_measure 函数。

向电调发送数据

与上一节类似，在向电调发送数据之前同样要对 CAN 进行配置，配置过程与上一节相同，此处不再累述。

需要注意的是，与电调返回数据不同，向电调发送数据时，CAN 标识符有两种，0x200 或 0x1FF。使用标准 ID 的数据帧，数据长度为 8 字节。通过字节偏移量的不同区分电机 ID。如，控制 ID 为 2 的电机时，需要将电机的设置电流赋值到数据域的第 2、3 字节。当需要控制 ID>4 的电机时，需要设置 CAN 标识符为 0x1FF。具体协议如下：

标识符: 0x200 帧格式: DATA
帧类型: 标准帧 DLC: 8 字节

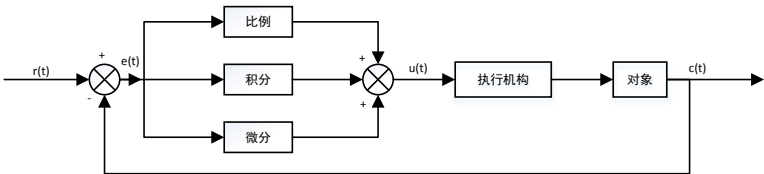
标识符: 0x1FF 帧格式: DATA
帧类型: 标准帧 DLC: 8 字节

数据域	内容	电调 ID
DATA[0]	控制电流值高 8 位	1
DATA[1]	控制电流值低 8 位	
DATA[2]	控制电流值高 8 位	2
DATA[3]	控制电流值低 8 位	
DATA[4]	控制电流值高 8 位	3
DATA[5]	控制电流值低 8 位	
DATA[6]	控制电流值高 8 位	4
DATA[7]	控制电流值低 8 位	

数据域	内容	电调 ID
DATA[0]	控制电流值高 8 位	5
DATA[1]	控制电流值低 8 位	
DATA[2]	控制电流值高 8 位	6
DATA[3]	控制电流值低 8 位	
DATA[4]	控制电流值高 8 位	7
DATA[5]	控制电流值低 8 位	
DATA[6]	控制电流值高 8 位	8
DATA[7]	控制电流值低 8 位	

PID 控制器

在实现电机速度闭环控制时，使用了 PID 控制器，其控制框图如下：



由于 PID 控制器原理比较复杂，在本教程中只是简单应用，不作为重点讲解，有关代码请参考 pid.c 中的内容。若要了解其原理，请读者自行查阅相关资料。

参考文档

1. 《RoboMaster C610 无刷电机调速器使用说明》

点击下载地址或扫描右侧二维码: <https://cdn-hz.robomaster.com/item/RM%20C610%E6%97%A0%E5%88%B7%E7%94%B5%E6%9C%BA%E8%B0%83%E9%80%9F%E5%99%A8%E4%BD%BF%E7%94%A8%E8%AF%B4%E6%98%8E%20%E5%8F%91%E5%B8%83%E7%89%88.pdf>



2. 《RoboMaster M2006 P36 直流无刷减速电机使用说明》

点击下载地址或扫描右侧二维码: <https://cdn-hz.robomaster.com/item/RM%20M2006%20P36%E7%9B%B4%E6%B5%81%E6%97%A0%E5%88%B7%E5%87%8F%E9%80%9F%E7%94%B5%E6%9C%BA%E4%BD%BF%E7%94%A8%E8%AF%B4%E6%98%8E%20%E5%8F%91%E5%B8%83%E7%89%88.pdf>



3. 《Description of STM32F4 HAL and LL drivers》

点击下载地址或扫描右侧二维码: http://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/user_manual/2f/71/ba/b8/75/54/47/cf/DM00105879.pdf/files/DM00105879.pdf/jcr:content/translations/en.DM00105879.pdf



4. 《RoboMaster 开发板使用手册》

点击下载地址或扫描右侧二维码: <https://cdn-hz.robomaster.com/item/RM%E5%BC%80%E5%8F%91%E6%9D%BF-%E7%94%A8%E6%88%B7%E6%89%8B%E5%86%8C.pdf>





WWW.ROBOMASTER.COM

R 和 **ROBOMASTER** 是大疆创新的商标。
Copyright © 2018 大疆创新 版权所有