

引言

本文档介绍了如何使用STSW-SPIN3201固件示例。结合评估板STEVAL-SPIN3201，该固件可以在无传感器操作中采用磁场定向控制算法控制三相永磁电机。STEVAL-SPIN3201板围绕集成了STM32的3相控制器STSPIN32F0而设计，并采用3分流电阻作为电流读取拓扑。

本文档没有提供FOC和无传感器算法、MC API和电机控制工作台的详细信息。该信息在UM1052：“STM32F PMSM单/双FOC SDK v4.3”中提供，可从www.st.com上获得。

目录

1	缩写和缩略语	3
2	STSW-SPIN3201 FW演示文稿	4
2.1	概述	4
2.2	封装内容	4
2.2.1	Common文件夹	4
2.2.2	Docs文件夹	4
2.2.3	Web文件夹	5
3	系统设置指南	6
3.1	硬件设置	6
3.2	加载预编译的固件	6
3.3	构建并加载定制化固件	7
3.3.1	如何使用IAR IDE构建?	7
3.3.2	如何使用Keil μ Vision IDE构建?	8
3.3.3	如何使用STM32的System Workbench构建?	9
3.4	加载固件	10
3.5	使用演示应用	10
3.5.1	独立模式	10
3.5.2	连接模式	11
3.6	使用MC工作台定制设置	14
3.6.1	电机部分	14
3.6.2	功率级部分	15
3.6.3	驱动管理部分	16
3.6.4	控制级部分	18
4	版本历史	19

1 缩写和缩略语

表1. 缩写和缩略语

缩略语	说明
API	应用编程接口
BLDC	无刷直流
CMSIS	Cortex [®] 微控制器软件接口标准
FOC	磁场定向控制
FW	固件
GUI	图形用户界面
IDE	集成开发环境
MC	电机控制
MCU	微控制器单元
PMSM	永磁同步电机
RTOS	实时操作系统
SDK	软件开发套件

2 STSW-SPIN3201 FW演示文稿

2.1 概述

STSW-SPIN3201是定制的STM32 PMSM FOC FW库，它是STM32 PMSM FOC软件开发套件（STSW-STM32100）的一部分。其专用于支持STEVAL-SPIN3201评估板。它提出了两种利用模式：

- **连接模式**，电机由ST电机控制工作台GUI通过UART通信动态驱动。此GUI不包含在STSW-SPIN3201包中，但与STM32 PMSM FOC SDK（STSW-STM32100）一起发布。
- **独立模式**，电机仅由用户按键和板上的电位计驱动。

对于这两种模式，ST电机控制工作台都可用于根据应用计算设置参数，并生成相关的头文件。

2.2 包装内容物

STSW-SPIN3201包以压缩文件的形式提供。解压后，有三个主要子文件夹：Common、Docs、Web。

2.2.1 Common文件夹

其内容可分为两类：

- 标准STM32库（以STM32为前缀的所有子文件夹）的源代码
- 来自ARM®的CMSIS文件。这些文件是Cortex™-M系列处理器与供应商无关的硬件抽象层。

2.2.2 Docs文件夹

此文件夹包含STM32 PMSM FOC SDK的帮助文档。

2.2.3 Web文件夹

其包含以下接口文件：

- 子文件夹：**MCLibrary**中的STM32 PMSM电机控制软件库。MC库实现FOC算法。通过搜索“STM32_PMSM_MC_Library”，可在“STM32 FOC PMSM FW library developer Help file.chm”文件（Docs文件夹）中找到此库接口的详细信息。
- 子文件夹：**MCApplication**中的STM32 PMSM电机控制软件API。此API提供一组可以从用户级别发出的指令，以执行电机控制操作。通过搜索“STM32_PMSM_MC_Application”，可在“STM32 FOC PMSM FW library v4_3 developer Help file.chm”文件（Docs文件夹）中找到此API的说明。
- 子文件夹：**UILibrary**中的STM32 PMSM电机控制用户界面库API。用户界面库通过使用电机控制软件界面API来管理用户和MC库之间的交互。通过搜索“STM32_PMSM_UI_Library”，可在“STM32 FOC PMSM FW library v4_3 developer Help file.chm”文件（Docs文件夹）中找到此API的描述。

Web文件夹还包含“SystemDriveParams”子文件夹，其中有配置文件。这些是由ST MC工作台根据板和电机配置自动生成的文件。

“Utilities”子文件夹包含MC工作台示例项目文件：SDK43x-STEVAL-SPIN3201-BullRunning.stmcx。它用于设置与Bull-Running BR2804-1700 kV电机相关的STEVAL-SPIN3201板。

所有IDE项目文件和演示应用的代码（main.c, stm32f0xx_it.c/h...）都位于**Project**文件夹中。

最后，**Binaries**文件夹包含执行独立模式的预编译二进制文件

（EWARM_STEVAL_SPIN3201_BullRunning_Potentiometer.bin）和另一个预编译二进制文件（EWARM_STEVAL_SPIN3201_BullRunning_MCWorkbench.bin），用于使用MC工作台的板。这两个二进制文件专用于设置与Bull-Running BR2804-1700 kV电机相关的STEVAL-SPIN3201板。

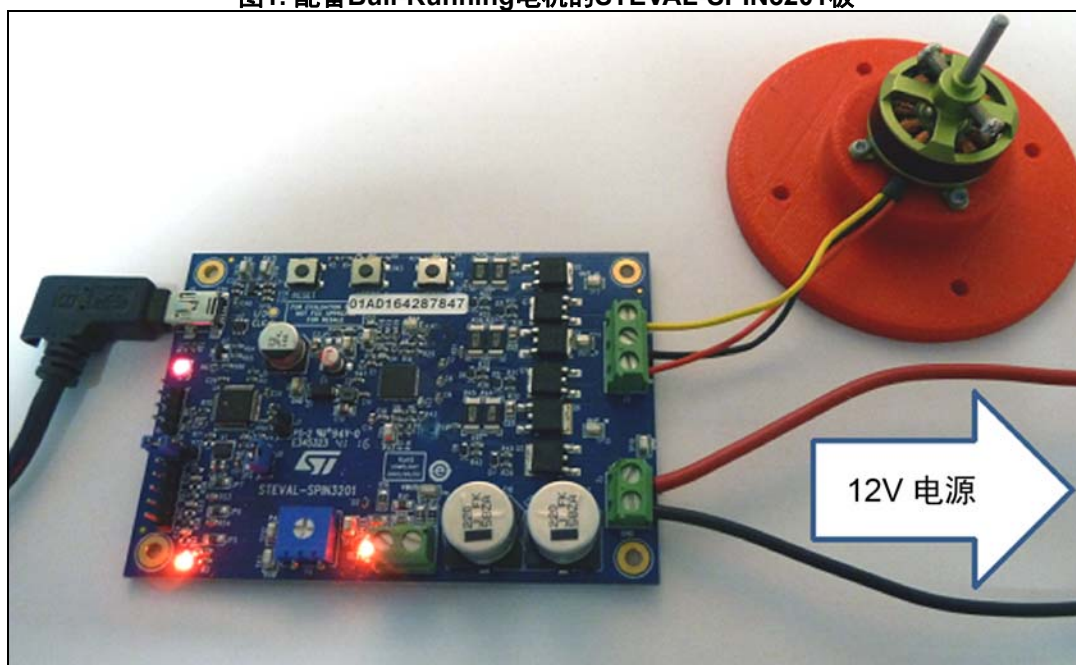
3 系统设置指南

3.1 硬件设置

要在其默认配置中使用固件示例，需要有：

- 一个STEVAL-SPIN3201板
- 一个Bull-RunningBR2804-1700kV无刷电机。可以通过MC工作台使用不同的电机改变相应的设置（参见第 3.6节第 14页）。在这种情况下，必须重建固件（参见第 3.3节）。
- 12V直流电源。在任何情况下，该板都支持8V至45V之间的功率范围。如果供电电压发生变化，则必须通过MC工作台将新设置应用于FOC库（参见第 3.6节）。在这种情况下，必须重建固件（参见第 3.3节）。
- 带mini-B连接器的USB线缆。

图1. 配备Bull-Running电机的STEVAL-SPIN3201板



3.2 加载预编译的固件

硬件设置准备就绪后，需要用固件加载该板。

使用第 3.4节第 10页中所述的过程可以加载“Web\Binaries”文件夹中的一个默认二进制文件。

3.3 构建并加载定制化固件

可以通过以下支持的各种IDE的其中一种来定制固件：

- ARM Keil Microcontroller Development Kit (MDK-ARM) 工具链 (V5.17或更高版本) 的 μ Vision
- ARM (EWARM) 工具链 (V7.50或更高版本) 的IAR嵌入式工作台, 由IAR Systems® 提供
- STM32的System Workbench, 基于Eclipse的GCC工具链, 由AC6提供。

注: FOC库的配置文件每次发生变化时, 例如, 目标电机的特性或应用的供电电压发生变化, 都必须重建固件。

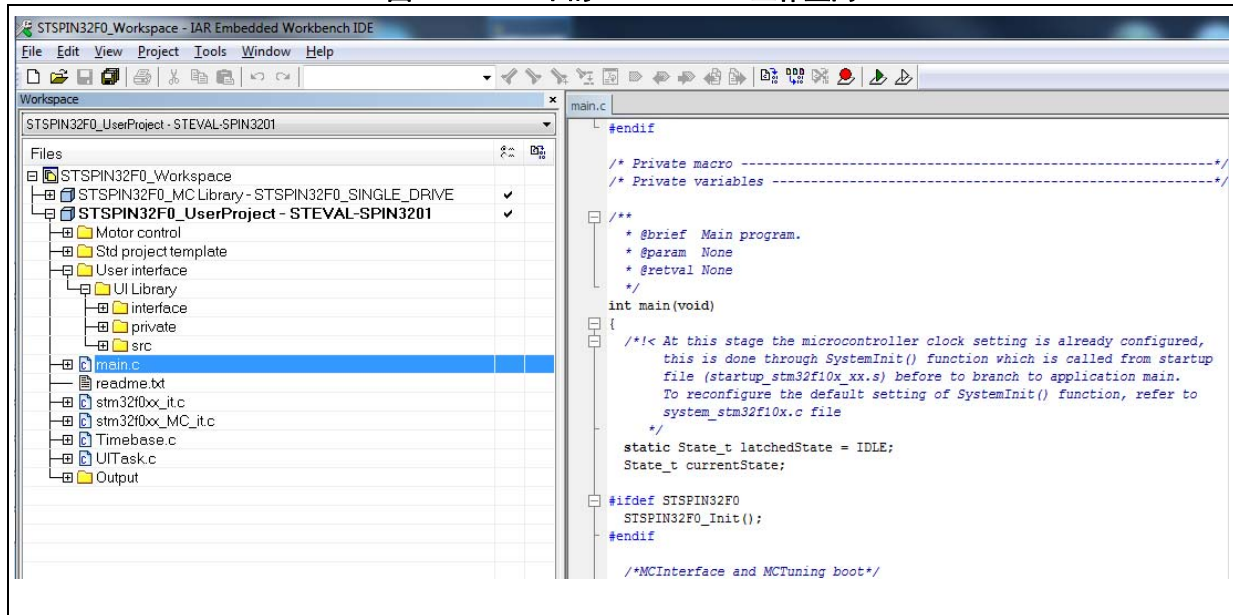
第 3.3.1节、第 3.3.2节和第 3.3.3节介绍了如何在这些环境中构建固件。

3.3.1 如何使用IAR IDE构建?

要加载项目, 只需使用以下文件打开工作空间:

\\Web\Project\EWARM\STSPIN32F0_Workspace.eww

图2. IAR IDE下的STSPIN32F0工作空间



工作空间由两个项目组成:

- STSPIN32F0_MC库- STSPIN32F0_SINGLE_DRIVE包含与FOC库相关的所有文件。
- STSPIN32F0_UserProjectSTEVAL-SPIN3201包含与应用相关的用户文件、用户界面以及main.c文件。

要构建这两个项目, 请进入菜单: “Project->Batch build”。然后, 选择“Rebuild All”。

在编译结束时，假设该板正确供电，并且评估板是通过USB线缆连接到PC的，可以通过菜单：“Project->Download and Debug”下载二进制文件并开始调试。

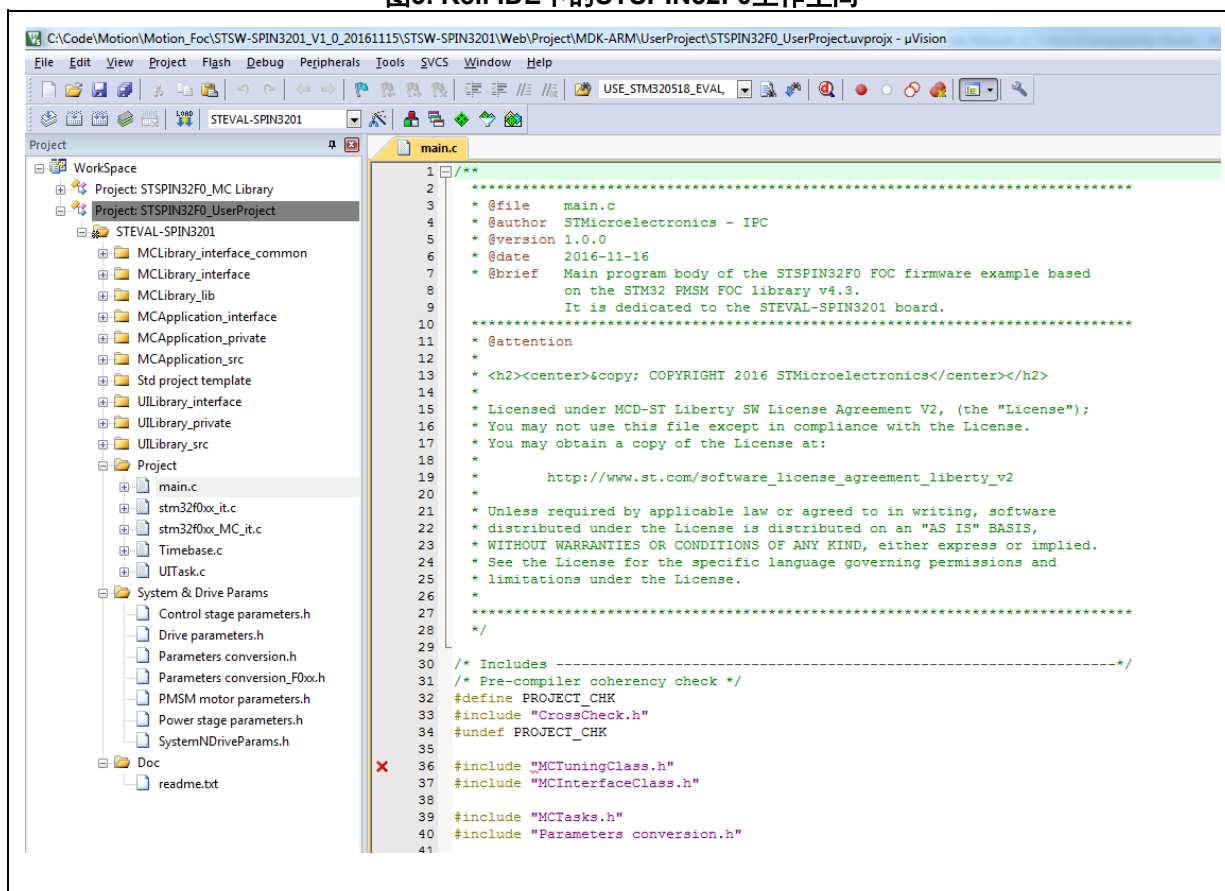
构建指令之后，您还可以通过使用第 3.4 节中所述的流程直接下载在 \Web\Project\EWARM\UserProject\STEVAL-SPIN3201\Exe\STSPIN32F0_UserProject.bin 中获得的二进制文件。

3.3.2 如何使用Keil μVision IDE构建？

首先，通过以下文件打开多项目工作空间：

Web\Project\MDK-ARM\ STSPIN32F0_MC Library.uvmpw

图3. Keil IDE下的STSPIN32F0工作空间



其包含两个项目：

- STSPIN32F0_MC库，包含与FOC库相关的所有文件。
- STSPIN32F0_UserProject，包含与应用相关的用户文件、用户界面以及main.c文件。

要构建这两个项目，请进入菜单：“Project->Batch build”。然后，选择“Rebuild”。

编译后，假设该板正确供电，并且评估板是通过USB线缆连接到PC的，您可以进入菜单“Flash->Download”来加载二进制文件。

如果要调试，请进入菜单“Debug->Start/Stop debug Session”。

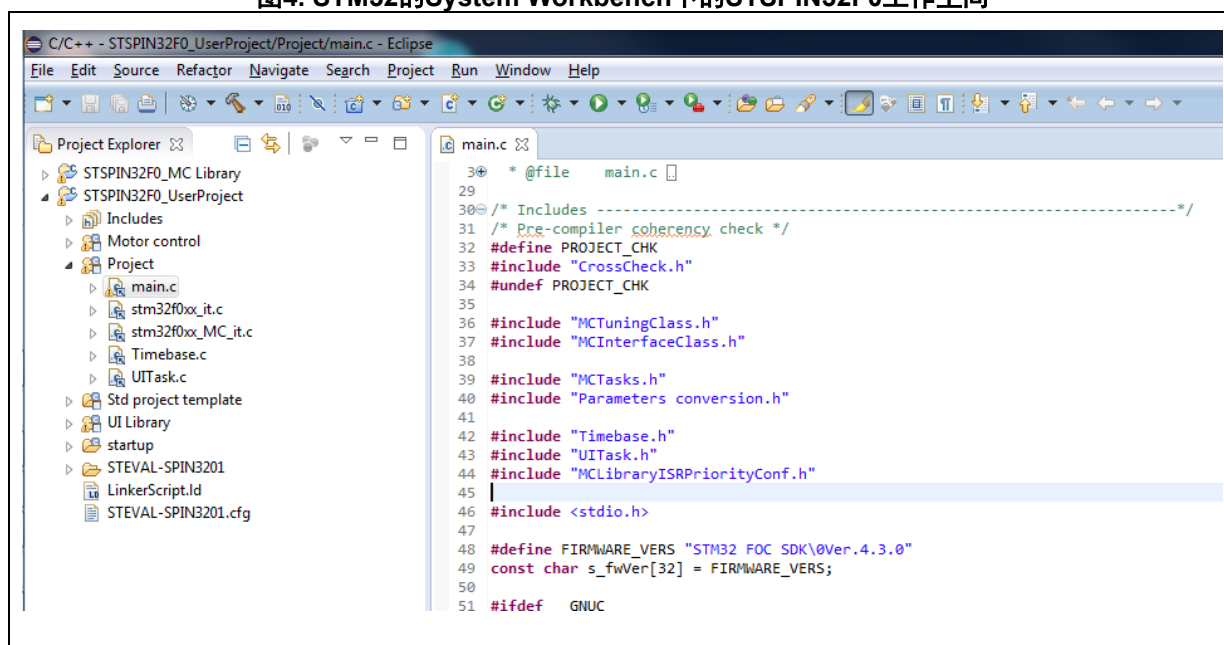
构建指令之后，您还可以通过使用第 3.4 节中所述的流程直接下载在\Web\Project\MDK-ARM\UserProject\STEVAL-SPIN3201\STEVAL-SPIN3201.bin中获得的二进制文件。

3.3.3 如何使用STM32的System Workbench构建？

首先，打开STM32的System Workbench。在工作空间启动窗口中，将“\Web\Project\AC6”设为工作空间。

然后，进入菜单“File->Import->General->Existing Projects into Workspace”。点击“Finish”按钮之前，将“[yourPath]\Web\Project\AC6”设为根目录，然后选择导入两个项目“STSPIN32F0_MC Library”和“STSPIN32F0_UserProject”。

图4. STM32的System Workbench下的STSPIN32F0工作空间



项目导入后，您可以通过菜单“Project->Build All”进行构建。

完成编译后，选择“STSPIN32F0_UserProject”并按下“F5”，刷新文件夹树。“Binaries”文件夹中应出现“.elf”文件。右键单击，然后选择“debug as AC6 STM32 C/C++ Application”。这将显示二进制文件并启动调试窗口。

您还可以通过使用第 3.4 节中所述的流程直接下载在\Web\Project\AC6\STSPIN32F0_UserProject\STEVAL-SPIN3201\STSPIN32F0_UserProject.bin中获得的二进制文件。

3.4 加载固件

将新固件加载到器件中的最简单的方法是将二进制文件复制到ST-LINK提供的大容量存储界面中，例如，将其拖放到硬盘中。

按照以下程序：

- 仅第一次：安装可从ST网站（STSW-LINK009）下载的STLINK V2-1驱动器。
- 使用USB线缆将评估板连接到PC。
- 通过Vin连接器（J2）为评估板供应在工作范围（8 V - 45 V）内的直流电压。
- 名为“SPIN32F0”的新驱动应出现在可移动存储的列表中。
- 删除此驱动上的所有文件（例如，“DETAILS.TXT”文件）。这一步不是强制性的，但是当二进制文件大小接近STSPIN32F0（示例二进制文件）的32KB最大限制时，建议执行此步骤。否则，固件加载就会失败。
- 将二进制文件复制到驱动的根本目录中。ST-LINK的红色/绿色LED指示灯开始闪烁。然后，刷新您的文件浏览器：如果二进制文件消失，并且没有生成错误日志文件，则已成功加载。
- 复位该板，以启动加载的固件。

3.5 使用演示应用

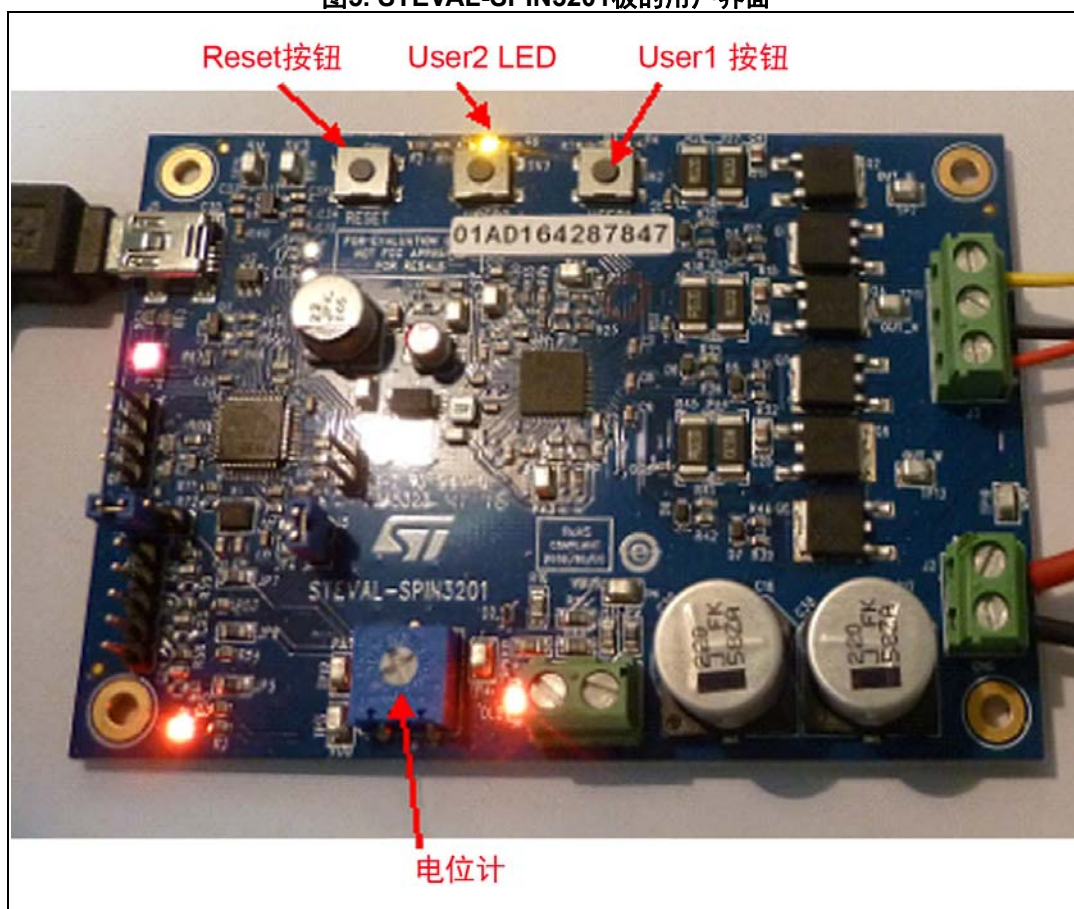
3.5.1 独立模式

在独立模式中，提供的评估板正确供电，电机三相也正确连接到板上，按下“USER1”键，电机将开始移动。电位计（R6）可用于动态调整电机速度。使用默认配置，速度可以在800 RPM和12000 RPM之间进行调整。

要停止电机，只需再次按“USER1”按钮即可。

如果电机运行时发生错误，则“USER2”键的LED指示灯亮起，电机停止。再次按下“USER1”按钮可以清除故障。

图5. STEVAL-SPIN3201板的用户界面




3.5.2 连接模式

在连接模式中，提供的评估板正确供电，电机三相也正确连接到板上，器件可以通过嵌入在MC工作台应用中的监测器进行控制。

要使用MC工作台的演示应用，建议禁用通过电位计设置速度。为此，只需禁用main.c文件中的行：`#define EXAMPLE_POTENTIOMETER`。然后，如第3.2节第6页中所述，重新编译和下载新的二进制文件。

使用USB线缆将板连接到PC，启动MC工作台并打开包含的项目文件：

`\Web\Utilities\WB_Projects\SDK43x\ SDK43x-STEVAL-SPIN3201-BullRunning.stmcx`。

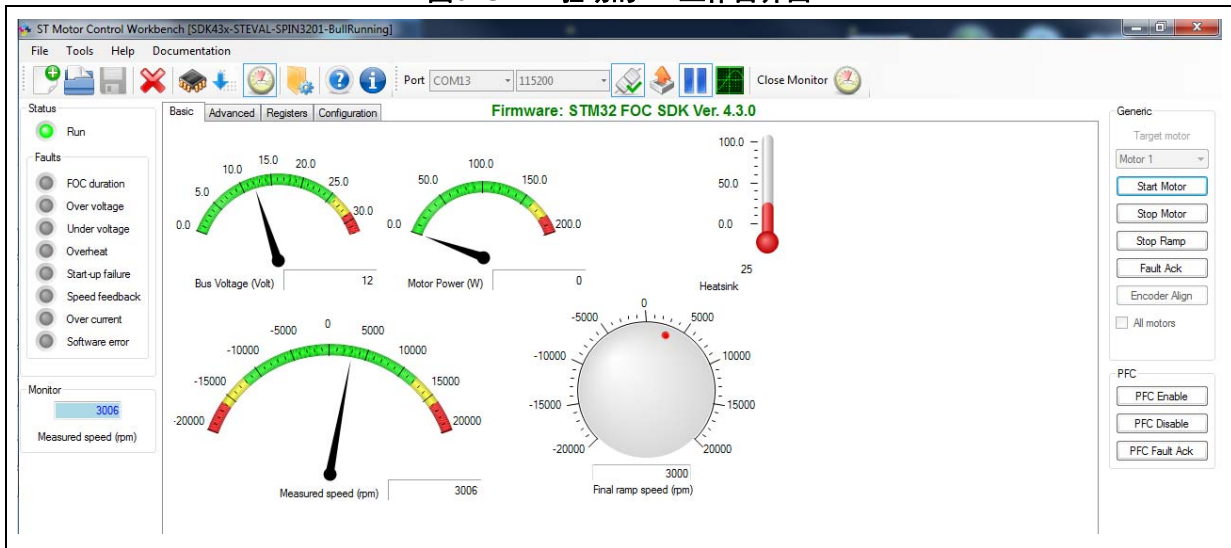
然后，点击“Open Monitor”图标：。

这样，会打开一个新窗口，您必须选择串口和波特率。在默认情况下，演示应用使用的波特率为115200 bps。

选择对应于评估板的COM端口，然后，点击“Connect”图标：



图6. UART驱动的MC工作台界面



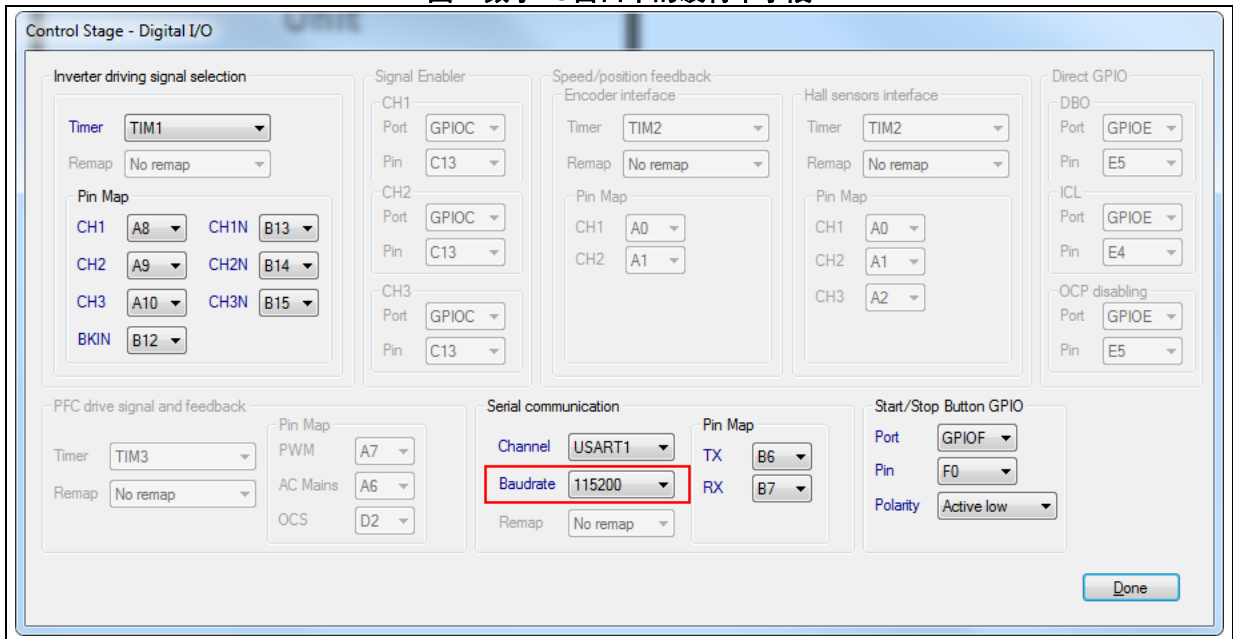
使用右侧的按钮，将相应的指令发送到电机驱动算法。如果发生错误，左侧相应的LED指示灯会亮起。在使用“Fault Ack”按钮未清除故障之前，不可以执行任何操作。

“Advanced”和“Registers”选项卡可用于动态调整FOC算法的参数。

根据启用的无传感器算法、桥的PWM频率和转矩稳压器的执行速率，MCU可用资源可能不足以保证UART通信的稳定性。在这种情况下，工作台将显示一条错误消息。

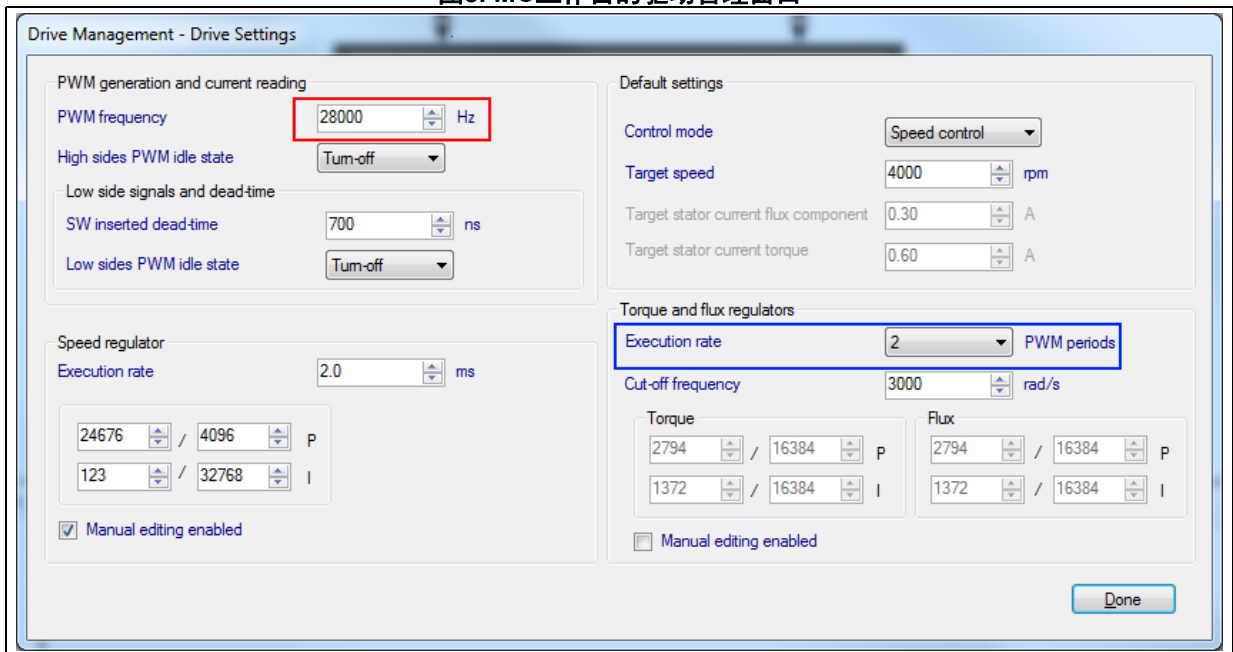
为避免这种情况，您可以先尝试将UART波特率降低到9600 bps。如图 7所示，要执行此操作，您需要进入“Control Stage->Digital I/O”菜单修改配置参数。

图7. 数字I/O窗口中的波特率字段



然后，您需要生成配置文件并重新编译。不要忘记在MC工作台的监测器窗口中修改波特率。如果您仍然面临UART连接问题，则必须减少FOC库使用的MIPS数量。为此，请进入MC工作台的主窗口，然后，点击“Drive Management”菜单。这时，应该出现以下窗口：

图8. MC工作台的驱动管理窗口



然后，您将需要通过增加PWM周期（图 8中的蓝色框），降低桥PWM频率（图 8中的红色框）和/或降低转矩和通量稳压器的执行速率。完成后，您可以生成新的配置文件，并按照第 3.6节中所述程序进行操作。缺点是FOC算法的分辨率将会降低。

3.6 使用MC工作台定制设置

MC工作台可用于根据您的电机和应用设置FOC库的参数。

只要使用STEVAL-SPIN3201，就可以使用MC工作台项目文件作为起点：

\\Web\Utilities\WB_Projects\SDK43x\ SDK43x-STEVAL-SPIN3201-BullRunning.stmcx.

定义新设置后，按“Generation”图标 。

这些将在菜单“Tools->Output Folder Options”指示的文件夹中生成4个配置文件。在进行新的编译和新的FW下载之前，需要将这些文件：

- Control stage parameters.h
- Drive parameters.h
- PMSM motor parameters.h
- Power stage parameters.h

复制到\\Web\SystemDriveParams\文件夹中。

3.6.1 电机部分

如果使用不同的电机，则必须在“电机”部分中点击“M”框更新相应的参数。

图9. MC工作台的电机菜单

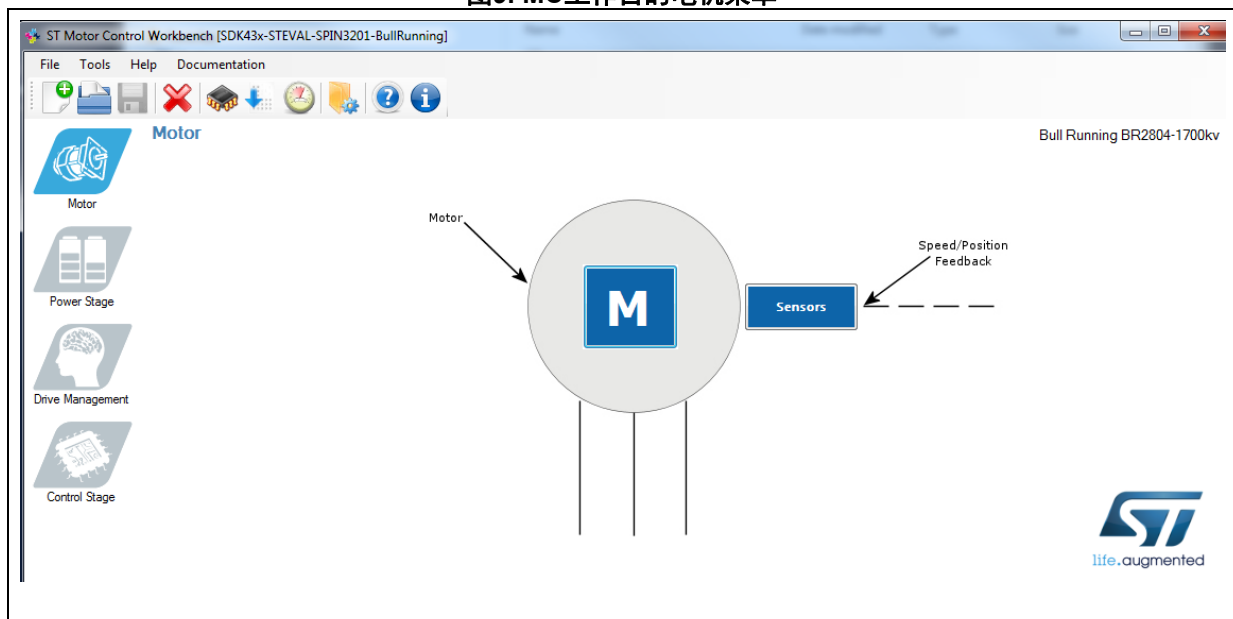
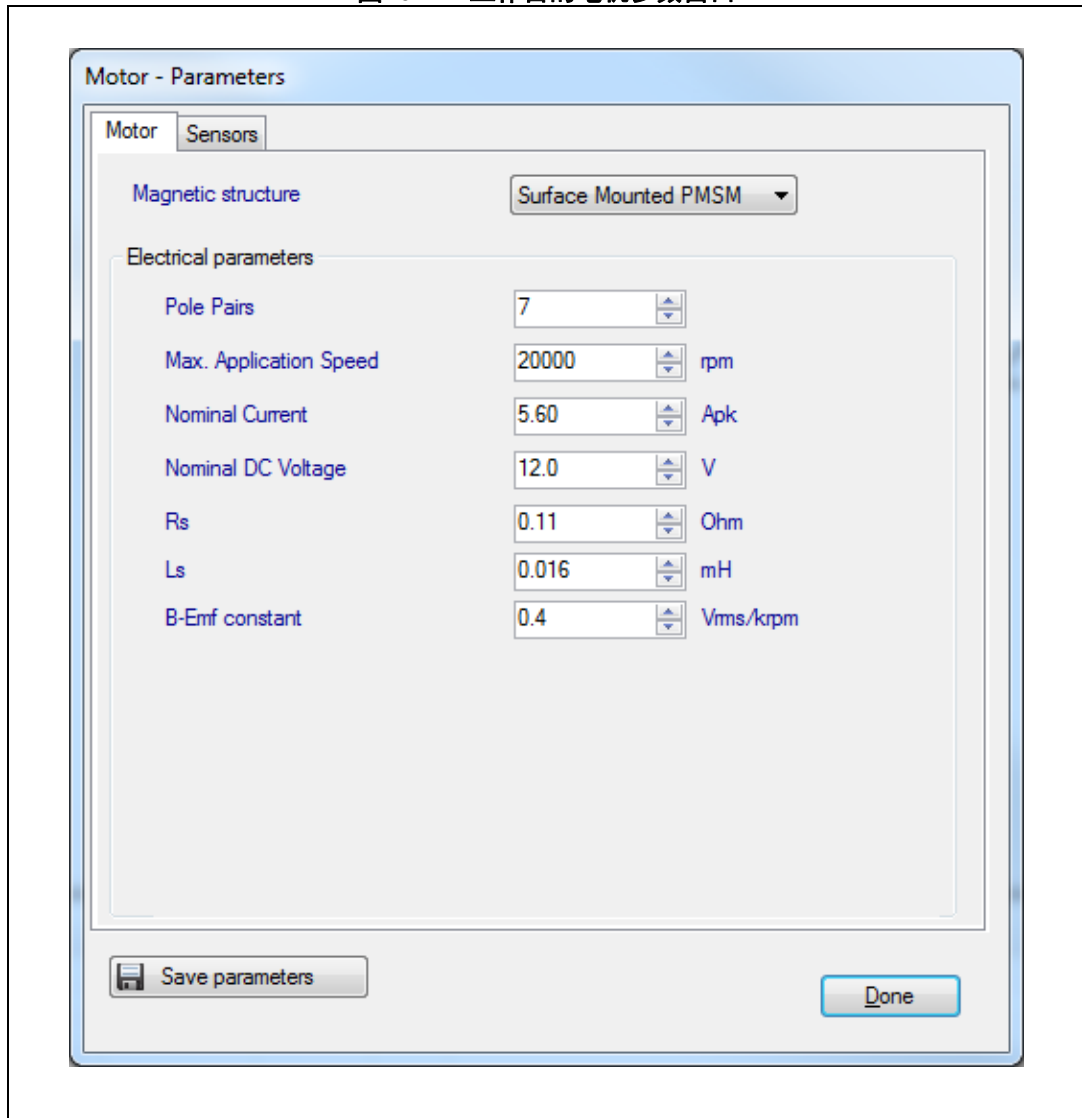


图10. MC工作台的电机参数窗口



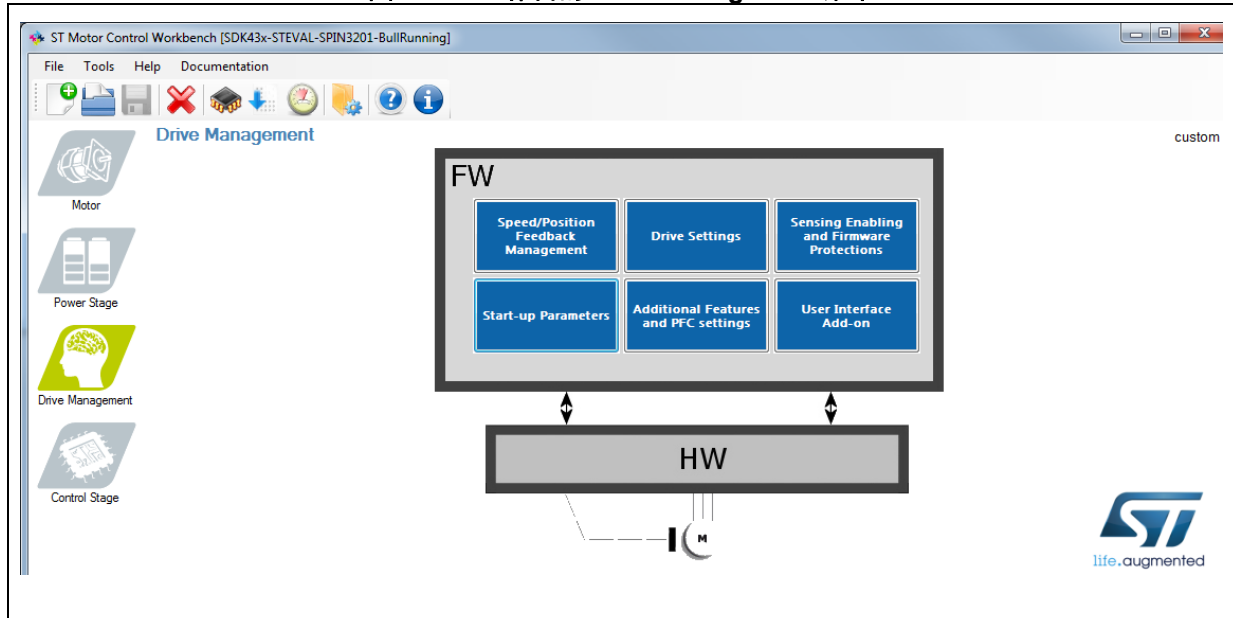
3.6.2 功率级部分

通过“功率级”部分设置的参数与硬件密切相关，只有在修改了板的硬件时才能进行更改（更改MOSFET、调节感应电路的增益等）。

3.6.3 驱动管理部分

您需要进入Drive Management菜单。

图11. MC工作台的Drive Management菜单



在此菜单中，您可能需要更改的主要参数显示在图 12、图 13和图 14的红色框中。

图12. MC工作台的Speed/Position Feedback Management窗口

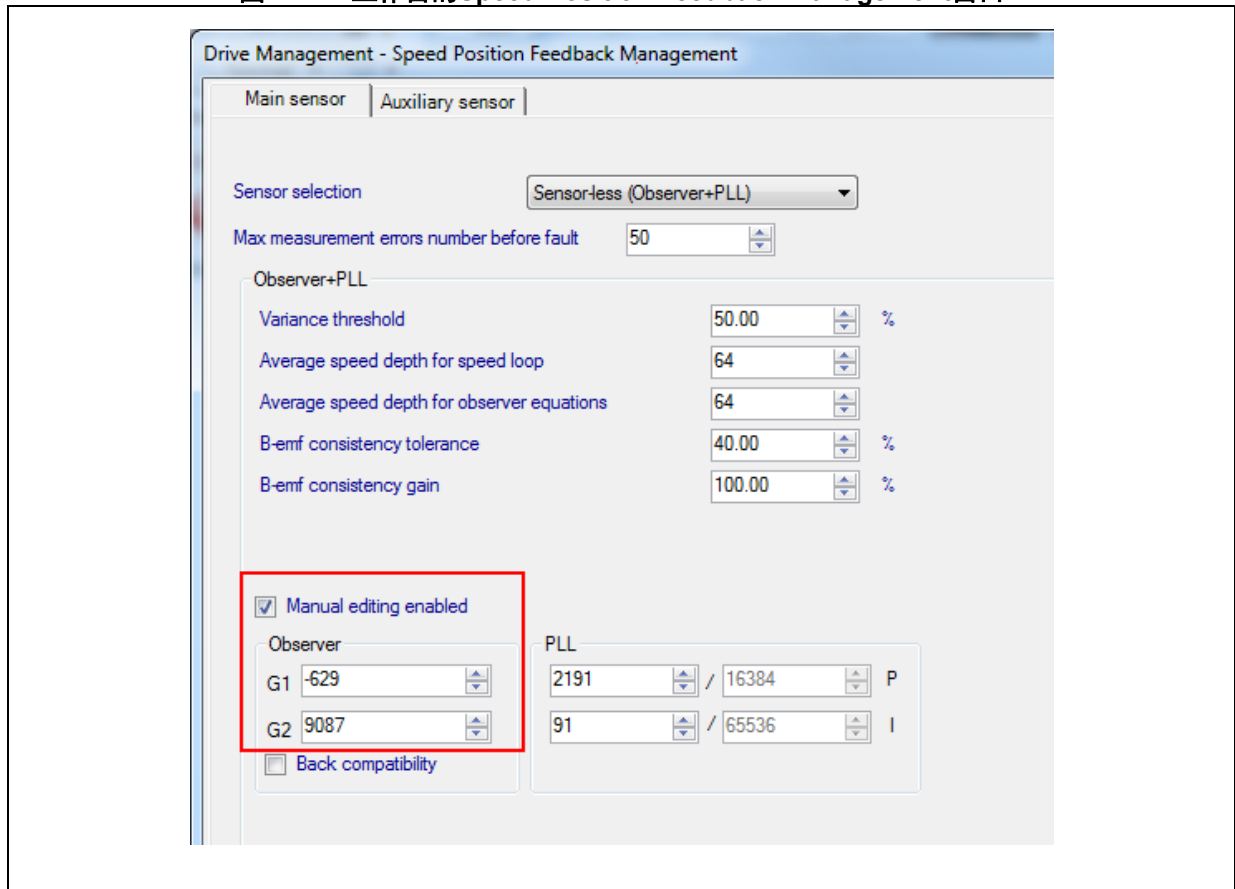


图13. MC工作台的Drive Setting窗口

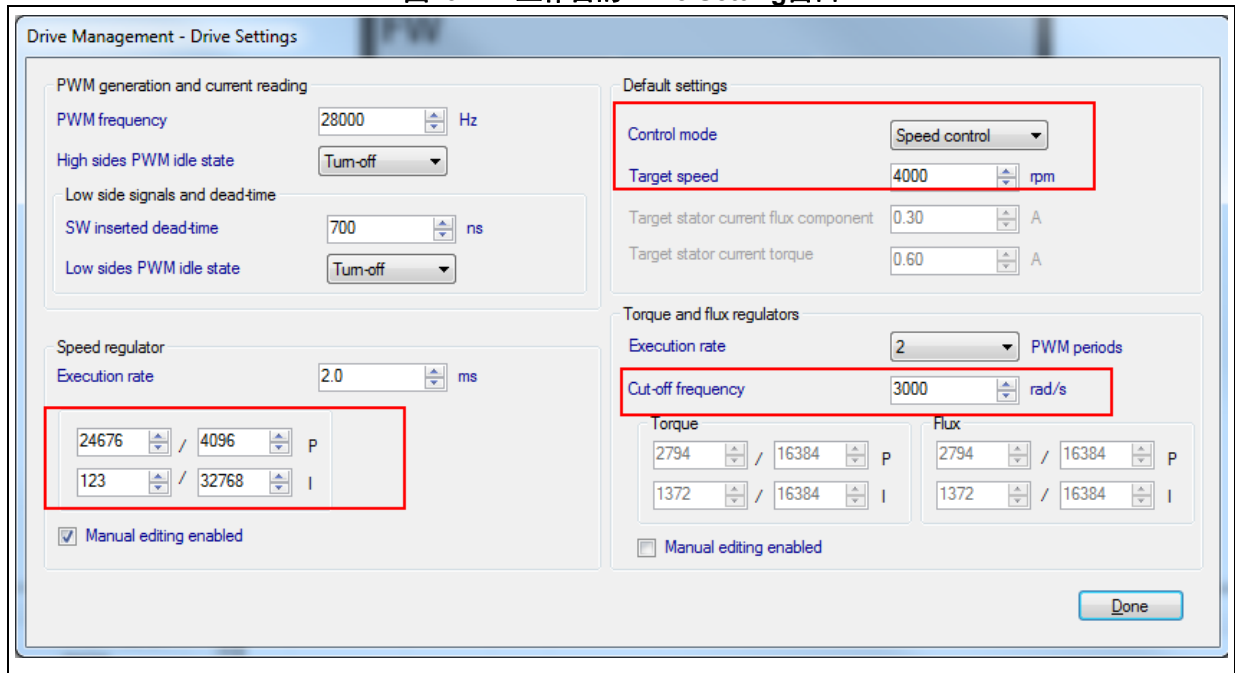
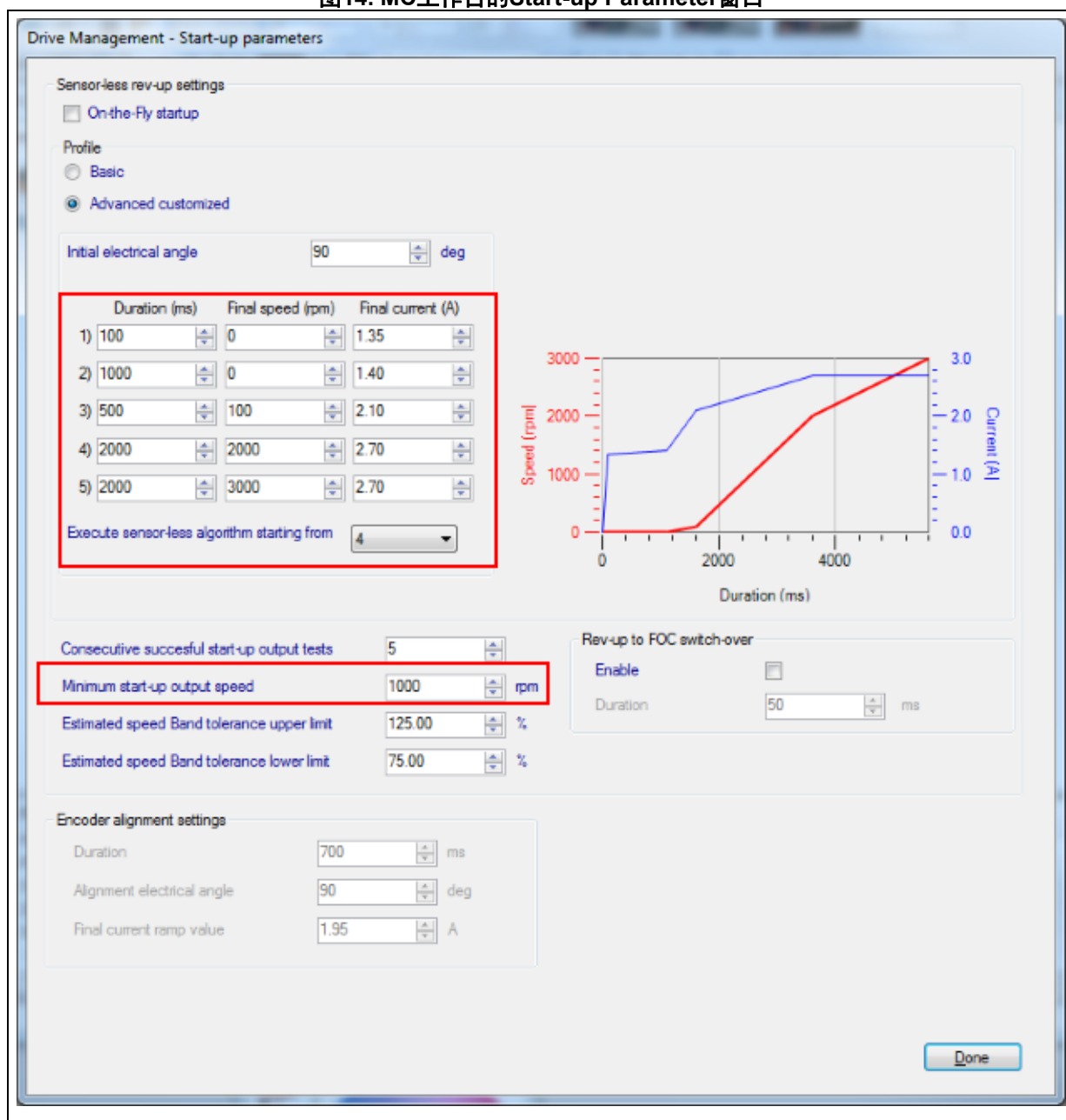


图14. MC工作台的Start-up Parameter窗口



3.6.4 控制级部分

“控制级”部分中的参数设置了STM32外设的映射，只要使用STEVAL-SPIN3201板就不应对其进行更改。

4 版本历史

表2. 文档版本历史

日期	版本	变更
2016年12月5日	1	初始版本。

表3. 中文文档版本历史

日期	版本	变更
2017年10月12日	1	中文初始版本。

重要通知 - 请仔细阅读

意法半导体公司及其子公司（“ST”）保留随时对 ST 产品和 / 或本文档进行变更、更正、增强、修改和改进的权利，恕不另行通知。买方在订货之前应获取关于 ST 产品的最新信息。ST 产品的销售依照订单确认时的相关 ST 销售条款。

买方自行负责对 ST 产品的选择和使用，ST 概不承担与应用协助或买方产品设计相关的任何责任。

ST 不对任何知识产权进行任何明示或默示的授权或许可。

转售的 ST 产品如有不同于此处提供的信息的规定，将导致 ST 针对该产品授予的任何保证失效。

ST 和 ST 徽标是 ST 的商标。所有其他产品或服务名称均为其各自所有者的财产。

本文档中的信息取代本文档所有早期版本中提供的信息。本文档的中文版本为英文版本的翻译件，仅供参考之用；若中文版本与英文版本有任何冲突或不一致，则以英文版本为准。

© 2017 STMicroelectronics - 保留所有权利