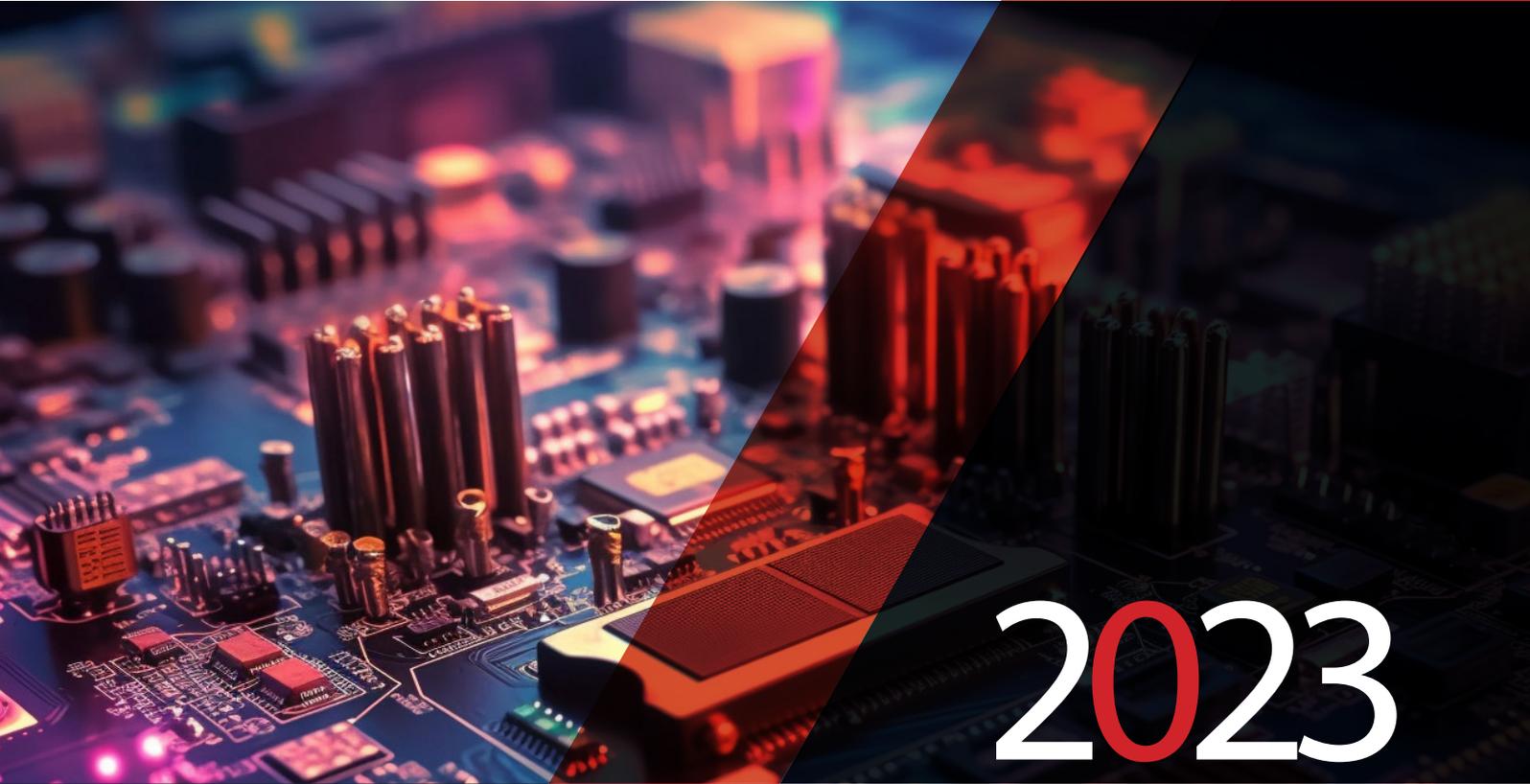




RTU-BOX206

实时数字控制器使用指南

ver20230822-1.0

A close-up, artistic photograph of a blue printed circuit board (PCB) with various electronic components like capacitors and integrated circuits. The lighting is dramatic, with warm orange and red tones in the foreground and cooler blue and purple tones in the background, creating a sense of depth and technology.

2023

让控制简单高效!

南京瑞途优特信息科技有限公司
Nanjing Rtunit Information Technology Co., LTD

ABOUT RTUNIT

瑞途优特公司简介

南京瑞途优特信息科技有限公司 (RTUNIT®) 成立于2016年，是一家专注于图形化可编程控制器及电机驱动控制、电力电子、工业自动化等相关技术领域的国家高新技术企业。

瑞途优特于2018年推出了国内第一款自主研发的实时数字控制器RTU-BOX，支持SIMULINK模型和C语言两种开发模式。其丰富的硬件资源、迭代改进的系统性能、符合国人使用习惯的软件以及完善的本土化服务得到了越来越多用户的肯定与支持。公司还拥有RTM系列积木式电力电子功率模块，RTI系列集成式驱动器、RTP系列高功率密度电源等多个产品系列，并可提供基于这些产品的一整套解决方案和相关配套服务。

瑞途优特是一个技术专业、拥有梦想、充满活力、团结奋进的团队，始终坚持自主研发、持续创新、严控质量、用心服务的理念，不断追求“让控制简单高效！”





致用户

尊敬的用户：

您好！

首先感谢您对我公司的信任，并选用本公司产品。

为了使您尽快掌握本产品的正确使用方法，我们特别为您编写了《实时数字控制器RTU-BOX206使用指南》。我们对产品使用指南的编制力求全面而详尽，从中您可以获得有关本产品的正确操作方法等相关知识。我们强烈建议您在操作本产品前，务必先仔细阅读《实时数字控制器RTU-BOX206使用指南》，这样有助您更好地使用本产品。

《实时数字控制器RTU-BOX206使用指南》是引导操作者正确使用产品的指导性文件，为操作者提供正确操作及使用的信息说明，提供保护操作者、他人和产品安全的使用方法，请操作者严格按照说明书要求进行正确操作，避免因操作失误而产生的风险。同时，对操作者在产品操作过程中可能遇到的问题给予解答，并给出适当的风险警示。

为了维护您的权益，请遵守《实时数字控制器RTU-BOX206使用指南》的相关操作条款，如果您未按本说明书的要求使用本产品可能会造成设备故障及人身伤害安全事故，为了保证产品的使用安全请严格按照本说明书要求进行操作，未经我公司设计部门同意，请勿擅自对产品进行改装及违章违规作业，以免给您带来不必要的损失。

同时，您的需求是我们产品研发和提升的方向。您在使用我公司产品时有任何好的建议及意见，可通过相应渠道及时告诉我们。本公司将以至诚、快捷和有效的服务满足您的需求，为您带来最大的经济效益，助您的事业更进一步。



CONTENTS

目录

1.RTU-BOX206 简介	1
1.1 概述	1
1.2 模块拓扑	2
1.3 产品特点	2
1.3.1 信号	2
1.3.2 安全性	2
1.4 RTU-BOX206	3
1.4.1面板主视图	3
1.4.2产品尺寸与重量	4
2. RTU-BOX206硬件手册	5
2.1 POWER板卡	5
2.2 CPU板卡	6
2.2.1 DEBUG	6
2.2.2 ETHERNET	7
2.2.3 RS232	7
2.2.4 RS485	7
2.2.5 CAN	8
2.3 FIBER板卡	9
2.4 FPWM板卡	10
2.5 DAC板卡	11
2.6 DIO板卡	11
2.7 ENCODER板卡	13
2.8 ADC板卡	14
2.9 TELECON板卡	15
3 .RTU-BOX206开发环境搭建	17
3.1 概述	17
3.2 安装Rtunit Studio 2023	17
3.3 安装RTU-BOX206 Toolbox	20
3.4 开发环境配置	23

4.RTUNIT STUDIO 2023使用教程	26
4.1 Rtunit Studio 2023	26
4.2 新建工程	26
4.3 创建LOGIC模型	28
4.4 编译&下载	30
4.5 调试	31
4.6 参数观测	32
4.7 波形观测	32
4.8 查看代码	33
4.9 导出	34
4.10 导入	34
4.11 修改RTU-BOX206 IP 地址	34
4.12 更新Rtunit Toolbox&更新框架	35
5.Rtunit Toolbox模型手册	37
5.1 Rtunit Toolbox	37
5.2 RTU BOX	37
5.2.1 Variable模块	38
5.2.2 WAVE 模块	38
5.2.3 WAVE REC 模块	39
5.2.4 ADC 模块	41
5.2.5 DI 模块	43
5.2.6 DO 模块	44
5.2.7 DAC 模块	45
5.2.8 DSP PWM 模块	47
5.2.9 FPGA PWM Control 模块	50
5.2.10 FPGA PWM 模块	51
5.2.11 QEP 模块	53
5.2.12 eCAN Tx 模块	54
5.2.13 eCAN Rx 模块	55
5.2.14 RS232 Transmit 模块	57
5.2.15 RS232 Receive 模块	58
5.2.16 RS485 Transmit 模块	58
5.2.17 RS485 Receive 模块	60
5.2.18 Ethernet Configuration 模块	61
5.2.19 Ethernet Send 模块	62
5.2.20 Ethernet Receive 模块	63

5.2.21 YX 模块	63
5.2.22 YK 模块	65
5.2.23 Main Loop Task 模块	66
5.2.24 TIMING 模块	67
5.2.25 SYSCFGN 模块	68
5.3 Common Library	69
5.3.1 Pulse Wave 模块	69
5.3.2 Sawtooth Wave 模块	71
5.3.3 Sine wave 模块	71
5.3.4 Tcp2Sim 模块	73
5.3.5 Triangle Wave 模块	73
5.3.6 Trigger Increase 模块	74
5.4 Power Electronics	75
5.4.1 SVPWM 模块1	75
5.4.2 SVPWM 模块2	76
5.4.3 DAB 模块	76
5.4.4 SVPWM NPC 模块	77
5.5 Transformations	78
5.5.1 VPP2Vphase 模块	78
5.5.2 SRF-PLL 模块	79
5.5.3 SPLL-SOGI模块	79
5.5.4 RMS 模块	80
5.5.5 AVG 模块	80
5.5.6 Clarke 模块1	81
5.5.7 CLARKE 模块2	82
5.5.8 IClarke 模块	82
5.5.9 Park 模块	83
5.5.10 IPark 模块	83
RTU-BOX206 使用技巧&注意事项	84

RTU-BOX206 简介

摘要: 本章是 RTU-BOX206 实时数字控制器概述，介绍了 RTU-BOX206 各个部分的基本功能，定义并解释了本手册后文中出现的名词，建议优先阅读本章。

1.1 概述

RTU-BOX206 是一种基于模型设计、具有代码自动生成功能的实时数字控制器，适用于汽车工业与智能制造、工业自动化、高品质电驱动系统、电力系统自动化与智能电网、电力电子等领域，与现有的快速原型系统（RPS）相比，RTU-BOX206 使用简单，灵活性强、成本更低。

RTU-BOX206 控制平台由硬件控制器 RTU-BOX、底层驱动软件包 RTU.Lib、集成开发环境 Rtunit Studio、Simulink®模型库 Rtunit Toolbox 和实时代码生成组件 RTU-Coder 组成，如图 1.1 所示。



图 1.1 RTU-BOX206 控制平台

底层驱动软件包 RTU.Lib 是将硬件功能的驱动函数进行了封装，并经过精心优化设计使其符合实际工程应用需求的程序框架。用户使用时无需关注底层，只需调用相应的模型或者功能函数，增强了自动生成代码的可读性，提高了代码执行效率。

集成开发环境 Rtunit Studio 负责工程的统一管理，将 Simulink®中的模型文件以及生成的代码文件导入，并结合框架程序转化成产品级的工程代码，下载入硬件控制器中运行。通过自定义的图形化界面，用户可以对程序中的任意变量进行在线观测和调整，同时还可以观察变量的实时波形、保存并导出波形的数据。

模型库 Rtunit Toolbox 是系统集成于 Matlab®/Simulink®环境中的功能模块库，是对 Simulink®工具箱的补充和扩展，提供了系统中所有硬件资源的 Simulink 封装模块。用户能够直接将硬件功能集成到 Simulink®中，设计硬件控制模型。此外，rtunit 公司还提供电机驱动和电力电子控制中常用的算法模型与案例，详情请访问 www.rtunit.com。

RTU-BOX206 控制平台包括一套经过 100%测试的软件库，一个坚固的金属机箱，以及各种丰富的使用案例。RTU-BOX206 无疑是科研/工业领域的可靠工具。

1.2 模块拓扑

控制电路已集成至 RTU-BOX206 中，一般情况下，用户仅需将编写的算法/模型通过 Rtunit Studio 导入 RTU-BOX206，以帮助用户实现快速开发。

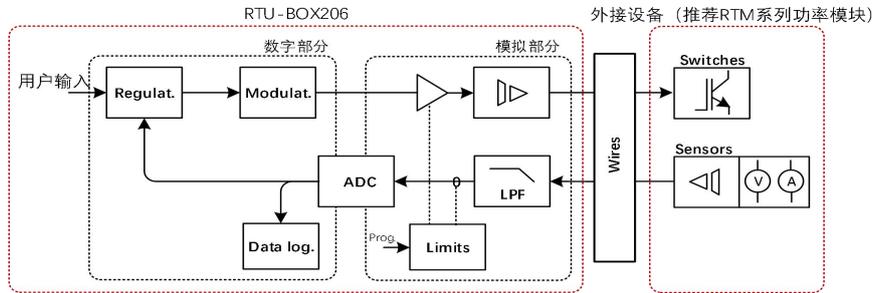


图 1.2 RTU-BOX206 控制框图

1.3 产品特点

1.3.1 信号

在科研/工业领域，为了信号的安全性和完整性，需要增加电隔离器件。用户一般需要在控制部分和电源部分之间设立特定的接口。

为了提升开发速度而不牺牲信号的安全性与完整性，RTU-BOX206 的接口设计有两个特点：光纤 PWM 输出以及适合几乎任何传感器的多功能模拟前端。

除此之外，RTU-BOX206 自带的数字通信接口允许在各种工业和开发环境中集成此系统。

1.3.2 安全性

RTU-BOX206 能够在程序错误、器件损坏等意外事件发生时主动停止并报警，从而保障 RTU-BOX206 控制系统的安全性。

用户可以根据需要设定门限，当检测值超过门限时，所有的输出信号都会被阻止。这种保护机制的特点在于其完全独立于用户的程序/算法，因此无论 DSP/FPGA 出现任何 bug，门限一直存在，如图 1.3 所示。每当检测值大于门限（高）或小于门限（低）时，RTU-BOX206 就会激活故障状态，锁住所有的输出。

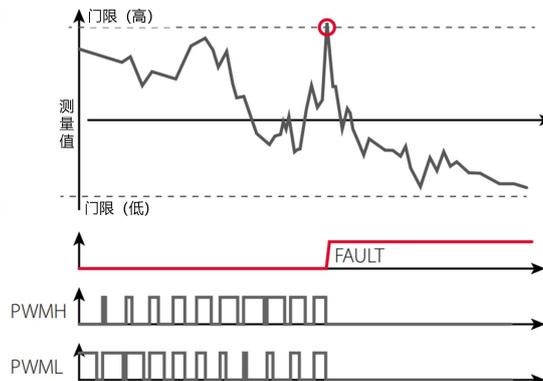


图 1.3 门限设置与保护措施

1.4 RTU-BOX206

1.4.1 面板主视图

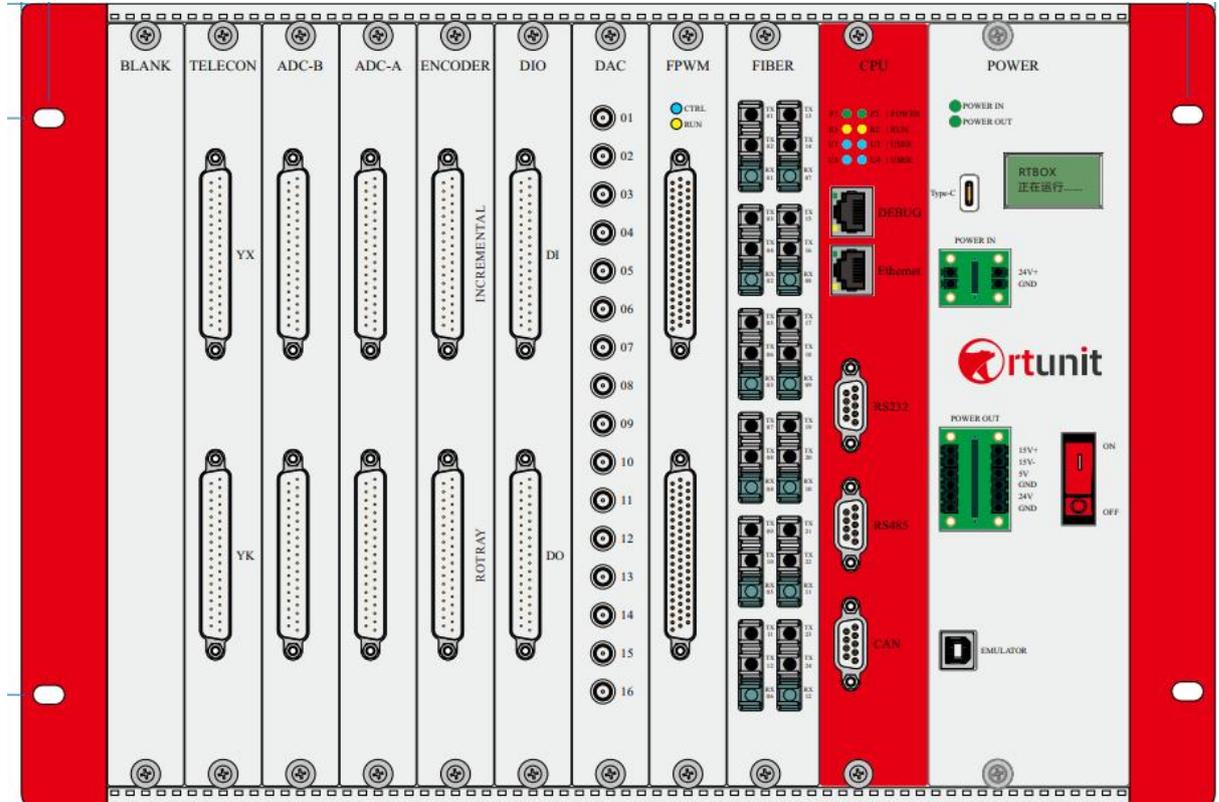


图 1.4 RTU-BOX206 面板主视图

RTU-BOX206 有 11 块板卡槽位,其中有 1 块空白面板:

- 1) POWER 板 (控制器提供所需的多种电源);
- 2) CPU 板 (控制板, 核心部件);
- 3) FIBER 板卡 (PWM 光口输出);
- 4) FPWM 板 (PWM 扩展板);
- 5) DAC 板 (数模转换板, 将数字量转变为模拟量);
- 6) DIO 板卡 (数字量输入输出);
- 7) ENCODER 板 (编码器板, 支持正交编码器、绝对值编码器、霍尔传感器信号与旋转变压器信号);
- 8) ADC-A 板 (模数转换板, 将模拟量转变为数字量);
- 9) ADC-B 板 (模数转换板, 将模拟量转变为数字量);
- 10) TELECON 板 (遥信遥控板, 24V 开关量控制);
- 11) BLANK 板 (空白面板);

1.4.2 产品尺寸与重量

RTU-BOX206 的外观尺寸图如下图所示（单位：mm）：

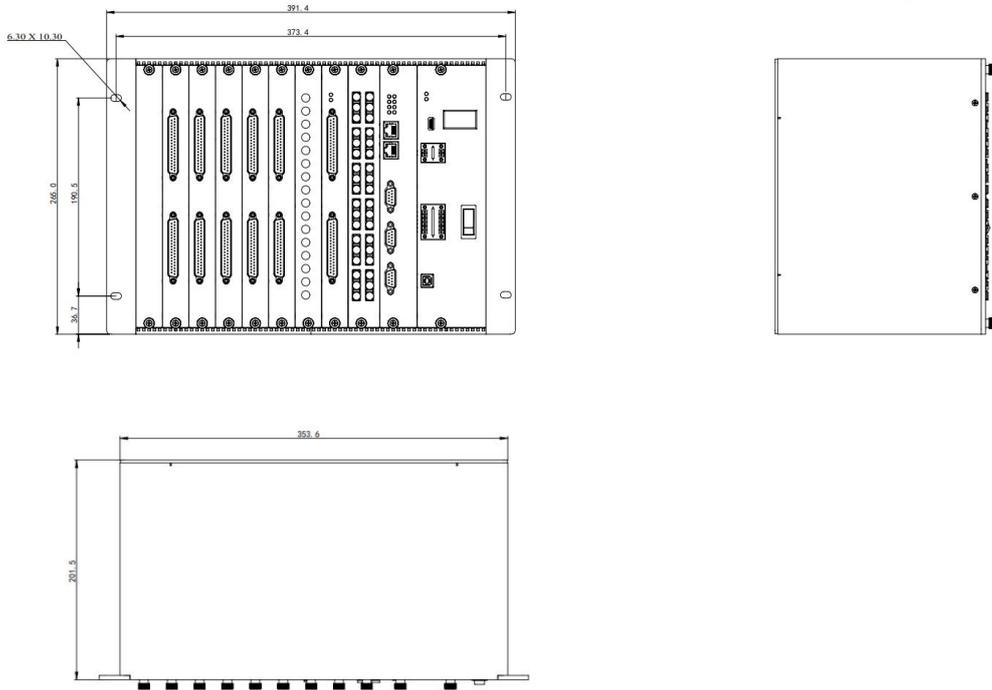


图 1.5 RTU-BOX206 尺寸图

RTU-BOX206 重量为 8.5KG（标准配置）。

RTU-BOX206 硬件手册

摘要： RTU-BOX206 的硬件手册，详细介绍了 RTU-BOX206 各个板卡的功能与特性。

2.1 POWER 板卡

POWER 板卡为 RTU-BOX206 提供多路电源，并可通过插件向外输出，方便用户使用。POWER 板如图 2.1 所示。

RTU-BOX206 需 24VDC 供电，可以通过 type-C 接口和两芯端子两种形式供电，POWER 板卡右上部显示屏是 1.3 寸 OLED 液晶，用于显示设备运行的状态信息，如表 2.1 所示。

POWER 板卡可输出 5V，15V，-15V 以及 24V，各电源功率如表 2.2 所示。

表 2.1 RTU-BOX206 状态显示

状态信息	描述
运行正常	设备可以正常使用
正在下载	Rtunit Studio 算法正在导入 RTU-BOX206
运算超负荷	超出运算能力，需要调整或降低控制频率
网络故障，即将重启	RTU-BOX206 与上位机通信故障，即将自动重启
下载完成，即将重启	程序完成更新，即将自动重启

表 2.2 POWER 板卡各电源参数

电压	最大电流输出
5V	4000mA
15V	1000mA
-15V	1000mA
24V	1000mA

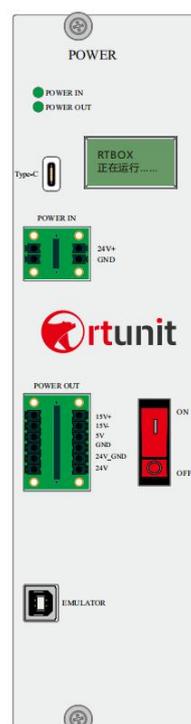


图 2.1 POWER 板

如需将 POWER 板卡的电源引出供其他设备使用，rtunit 推荐使用 RTC-POW 转接板，如图 2.2 所示。



图 2.2 RTC-POW 转接板

2.2 CPU 板卡

CPU 板卡为 RTU-BOX206 的核心部件，如图 2.3 所示，CPU 板卡功能参数见表 2.3。

RTU-BOX206 的主处理器采用 TI 公司的 32 位浮点型 Delfino® 处理器 TMS320C28377D，800MHz 主频，可以处理各种复杂算法。CPU 板通过专用的总线来控制其他外设板，板上的通信接口有 10M/100M 以太网 ETHERNET，DEBUG，隔离的 RS232，隔离的 RS485，隔离的 CAN 接口。功能框图如图 2.4 所示。

表 2.3 CPU 板卡功能参数

项目	参数	备注
CPU	TI DSP TMS320C28377、32 位浮点处理器	800MHz
RAM	256KB	10ns
FLASH	512KB	≥10 ⁵ 次擦写
EEPROM	64KB	I ² C 读写
通信方式	ETHERNET	2ch

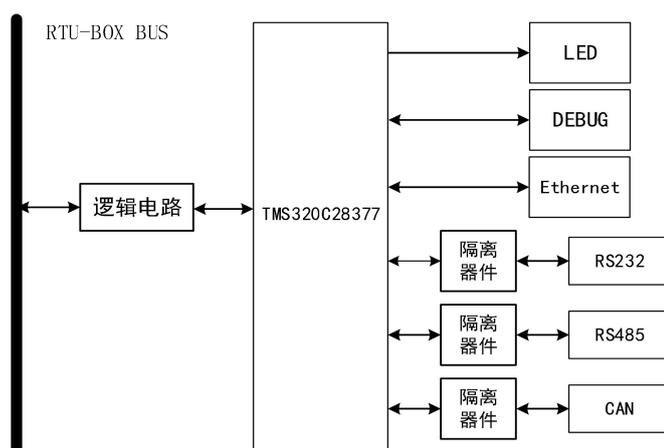


图 2.4 CPU 板功能框图



图 2.3 CPU 板

2.2.1 DEBUG

DEBUG 是系统的调试接口，其特性如表 2.4 所示，具备 TCP/IP 通信功能。需要下载程序时，RTU-BOX206 可通过 DEBUG 下载更新程序，当程序运行时，又可以通过 DEBUG 实现与 Rtunit Studio 软件的数据通信。

表 2.4 DEBUG 接口参数

项目	参数	备注
接口数量	1	-
I/O 特性	内置网络变压器滤波器	-
LAN 通信	100Base-T	100M
IP 地址	可软件设定	预设 192.168.16.10
端子	RJ45	-

2.2.2 ETHERNET

ETHERNET 是以太网通信接口，其特性如表 2.5 所示，具备 TCP/IP 通信功能。可以通过 ETHERNET 实现与 Rtunit Studio 软件的数据通信。

表 2.5 ETHERNET 接口参数

项目	参数	备注
接口数量	1	-
I/O 特性	内置网络变压器滤波器	-
LAN 通信	100Base-T	100M
IP 地址	可软件设定	
端子	RJ45	-

2.2.3 RS232

RS232 接口特性如表 2.6 所示。

表 2.6 RS232 接口参数

项目	参数	备注
接口数量	1	-
I/O 特性	磁隔离	-
电平标准	RS232C	-
通信速率	2400bps—20kbps	可以设置
隔离电压	2.5kV	-
端子	DB9	公头

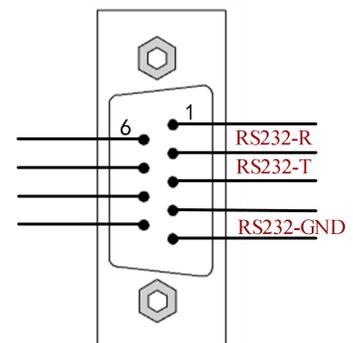


图 2.4 RS232 引脚定义

2.2.4 RS485

RS485 接口特性如表 2.7 所示。

表 2.7 RS485 接口参数

项目	参数	备注
接口数量	2	-
I/O 特性	磁隔离	-
电平标准	RS485	-
通信速率	100KbS—10Mbps	可以设置
隔离电压	2.5kV	-
终端电阻	120Ω	可旁路
端子	DB9	公头

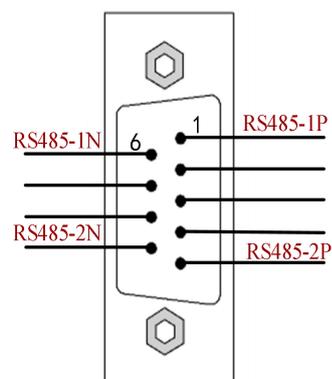


图 2.5 RS485 引脚定义

2.2.5 CAN

CAN 接口特性如表 2.8 所示。

表 2.8 CAN 接口参数

项目	参数	备注
接口数量	2	-
I/O 特性	磁隔离	-
电平标准	CAN2.0B	-
通信速率	123kbps—1Mbps	可以设置
邮箱数量	32	
隔离电压	2.5kV	-
终端电阻	120Ω	可旁路
端子	DB9	公头

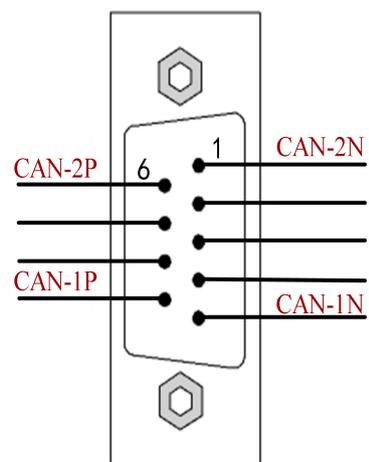


图 2.6 CAN 引脚定义

2.3 FIBER 板卡

FIBER 板是用于 CPU 板卡上的 DSP 输出 PWM 信号的板卡，该板卡的 TX 接口输出光信号；RX 接口接收光信号。若输出信号需要电信号，可以通过光-电转换模块将光信号转为电信号。

FIBER 板卡共有 24 路 PWM 光纤发送信号以及 12 路光纤接收信号，推荐与 rtunit 公司的 RTM 系列积木式电力电子功率模块配套使用，可以通过光纤信号直接驱动 RTM 模块，不需要额外的光纤转接模块。

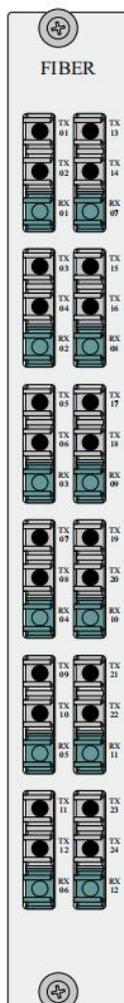


图 2.7 FIBER 板

2.4 FPWM 板卡

FPWM板卡自带FPGA芯片,通过FPGA控制PWM信号,FPWM板卡共有120路PWM输出端口,与FIBER板的PWM信号不同,FPWM板卡只能输出PWM电信号,FPWM板引脚定义如图2.9。



图 2.8 PWM 板

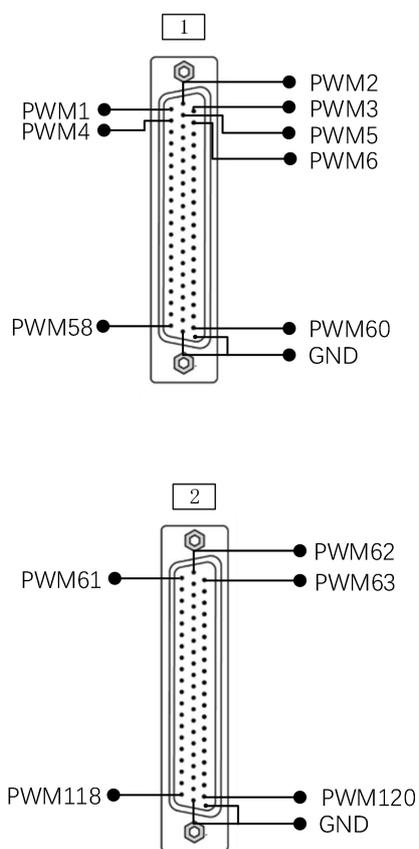


图 2.9 PWM 板引脚定义

若需要将电信号转换为光信号,选用PWM转接板RTC-FTX24M/S,如图2.10所示。



图 2.10 RTC-FTX24M 板

2.5 DAC 板卡

DAC 板用于将数字信号转换为模拟信号并通过 DAC 口输出，可以通过 SMA 线直接连接到示波器观测。

RTU-BOX206 的 DAC 板共有 16 路，可以同时输出 16 路模拟量信号，模拟量的电压范围为 $\pm 10V$ 。

DAC 板卡性能如表 2.9 所示，引脚定义如图 2.11 所示。

表 2.9 DAC 板卡性能参数

项目	参数	备注
接口类型	SMA	内孔，RF 连接器/同轴连接器，阻抗 50Ω
通道数量	16ch	-
转换精度	16bit	-
建立时间	$15\mu s$	TO 1LSB, from 0000h to FFFFh
负载电流	$< \pm 10mA$	-
输出范围	$\pm 10V$	-
偏移量	$< \pm 15mV$	-

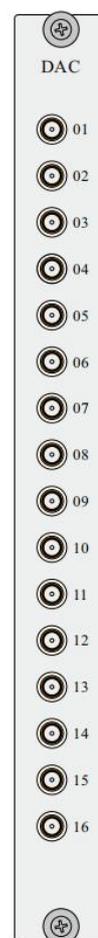


图 2.11 PWM 板

2.6 DIO 板卡

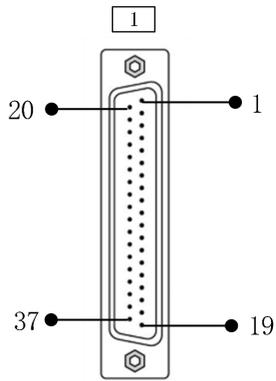
DIO 板卡包含两种功能，数字信号输出（DO）和数字信号输入（DI）。DO 接口可通过上位机软件输出 0V 或者 5V 电压信号。DI 接口接收 0V 或者 5V 电压信号，并将状态输入到上位机。其引脚定义如图 2.12 所示。

DI 功能：

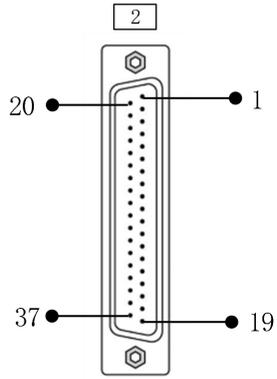
项目	参数	备注
接口类型	DB37	-
低电平判断	$\leq 2.57V$	DI 板卡输入 0
高电平判断	$\geq 2.58V$	DI 板卡输入 1

DO 功能：

项目	参数	备注
接口类型	DB37	-
$\leq 2.57V$	0	上位机显示 0
$\geq 2.58V$	1	上位机显示 1



- | | |
|---------|---------|
| 20-DI2 | 1-DI1 |
| 21-DI4 | 2-DI3 |
| 22-DI6 | 3-DI5 |
| 23-DI8 | 4-DI7 |
| 24-DI10 | 5-DI9 |
| 25-DI12 | 6-DI11 |
| 26-DI14 | 7-DI13 |
| 27-DI16 | 8-DI15 |
| 28-DI18 | 9-DI17 |
| 29-DI20 | 10-DI19 |
| 30-DI22 | 11-DI21 |
| 31-DI24 | 12-DI23 |
| 32-DI26 | 13-DI25 |
| 33-DI28 | 14-DI27 |
| 34-DI30 | 15-DI29 |
| 35-DI32 | 16-DI31 |
| 36-5V | 17-5V |
| 37-GND | 18-GND |
| | 19-GND |



- | | |
|---------|---------|
| 20-DO2 | 1-DO1 |
| 21-DO4 | 2-DO3 |
| 22-DO6 | 3-DO5 |
| 23-DO8 | 4-DO7 |
| 24-DO10 | 5-DO9 |
| 25-DO12 | 6-DO11 |
| 26-DO14 | 7-DO13 |
| 27-DO16 | 8-DO15 |
| 28-DO18 | 9-DO17 |
| 29-DO20 | 10-DO19 |
| 30-DO22 | 11-DO21 |
| 31-DO24 | 12-DO23 |
| 32-DO26 | 13-DO25 |
| 33-DO28 | 14-DO27 |
| 34-DO30 | 15-DO29 |
| 35-DO32 | 16-DO31 |
| 36-5V | 17-5V |
| 37-GND | 18-GND |
| | 19-GND |



图 2.12 DIO 板卡引脚定义

图 2.13 DIO 板卡

2.7 ENCODER 板卡

ENCODER 板卡是编码器信号输入板，可处理增量式编码器、绝对值编码器和旋转变压器信号。其引脚定义如图 2.14 所示。

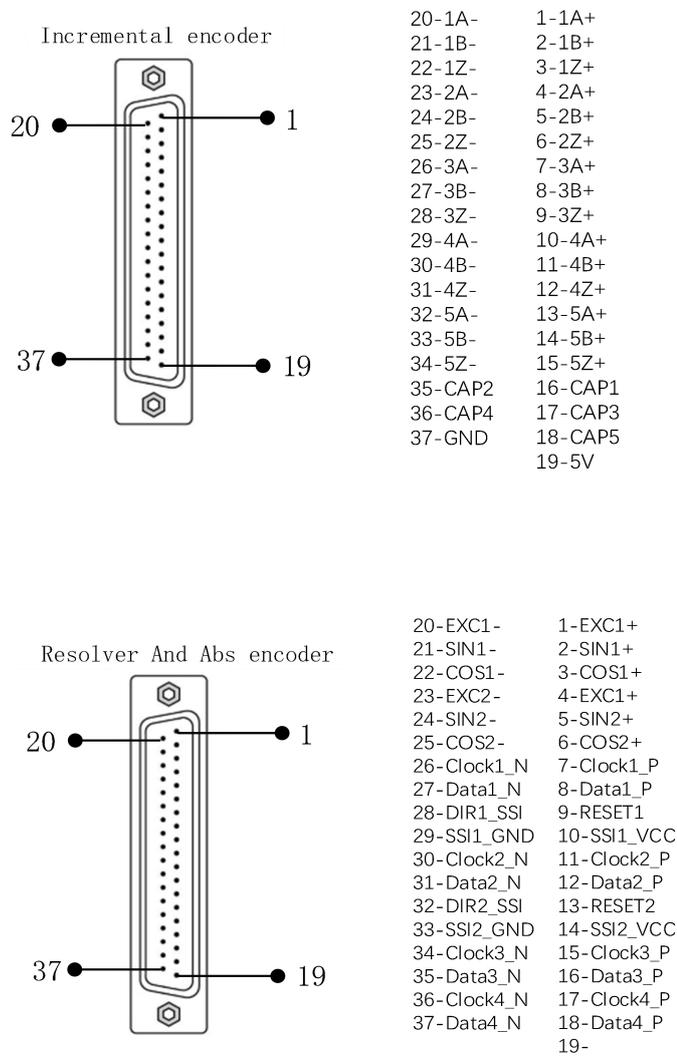


图 2.14 ENCODER 板卡引脚定义



图 2.15 ENCODER 板卡

2.8 ADC 板卡

RTU-BOX206 共有两块 ADC 板卡——ADC-A 和 ADC-B。ADC 板卡用于采集模拟量信号并转为数字量。引脚定义如图 2.16 所示，性能参数如表 2.10 所示。

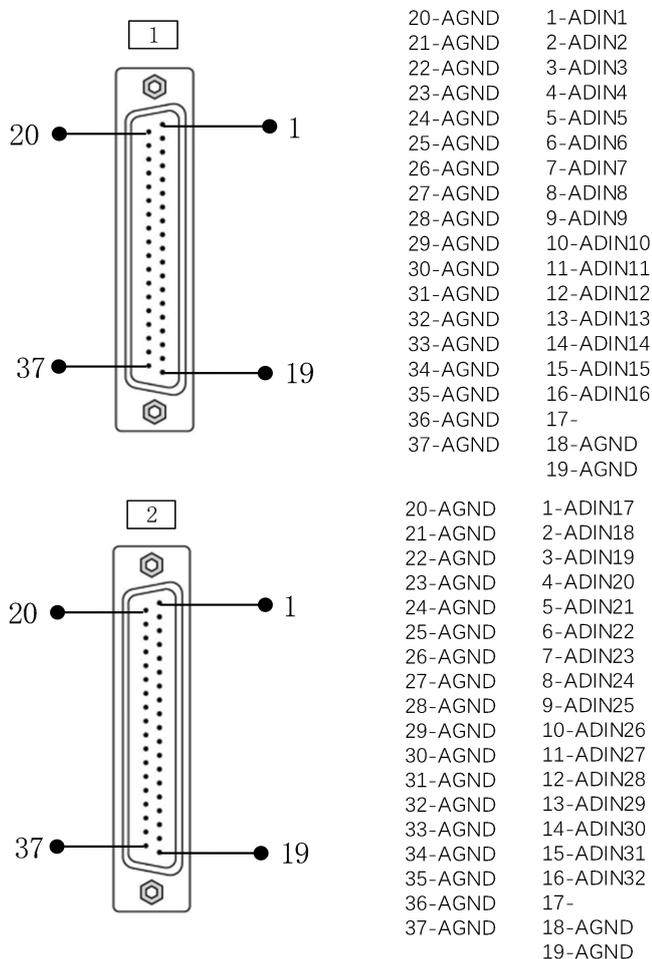


图2.16 ADC板卡引脚定义



图2.17 ADC板卡引脚定义

表 2.10 ADC 板卡性能参数

项目	参数	备注
接口类型	DB37	×2
信号类型	单端	-
通道数量	32ch	-
转换精度	16bit	-
转换时间	4 μs	-
最大采样率	200Kbps	-
输入范围	±10V	-
输入阻抗	1MΩ	-
信噪比	95.5dB	-

2.9 TELECON 板卡

TELECON 板卡具有 12 路遥控和 16 路遥信功能，板卡引脚定义如图 2.18 所示。

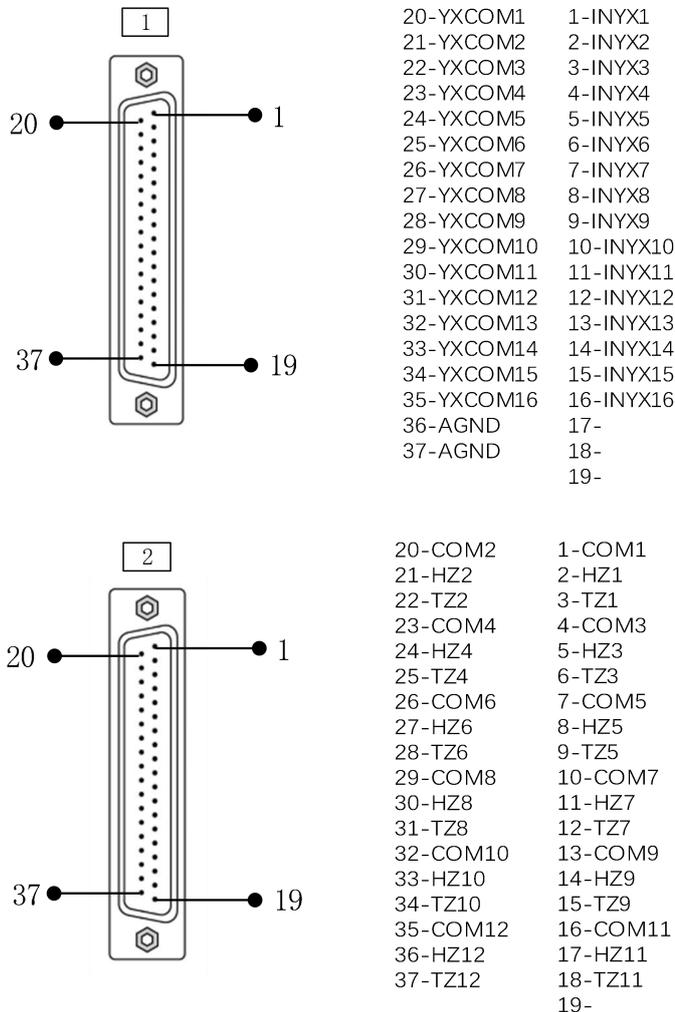


图 2.18 TELECON 引脚定义



图 2.19 TELECON 板卡

遥控是指远方控制操作，即装置主动发出开出信号，控制远端的开关动作，主要是分合闸。

遥信是指接收远方装置的状态信号，例如：开关位置信号。相较于 DIO 接口而言，YXYK 属于低速且隔离的开关信号。

遥控采用无源节点方式，共 6 组，12 个继电器。每组由合闸继电器 HZ_n、分闸继电器 TZ_n、公共端 COM_n 组成 (m=0-3)。继电器回路接线示意图如图 2.20 所示。

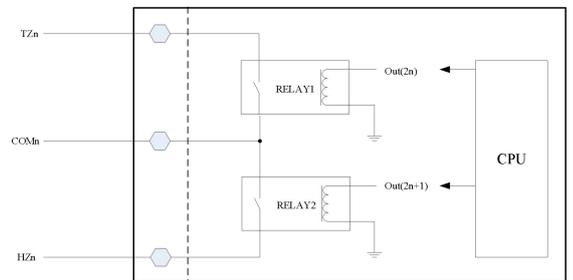


图 2.20 遥控继电器回路接线示意图

以第一组遥控信号为例，当控制信号 Out1 为高电平时，继电器 RELAY1 通电闭合，TZ1 与 COM1 连通；当信号 Out1 为低电平时，继电器 RELAY1 断电分开，TZ1 与 COM1 断路；当信号 Out2 为高电平时，继电器 RELAY2 通电闭合，HZ1 与 COM1 连通；当信号 Out2 为低电平时，继电器 RELAY2 断电，HZ1 与 COM1 断路。

TELECON 的遥信功能支持 16 路开入信号。遥信采用光耦隔离的方式，每一路都是独立回路。以第一组遥信信号为例，接入遥信信号，当遥信输入形成回路的情况下，CPU 读到电平，遥信连接示意图如图 2.21 所示。

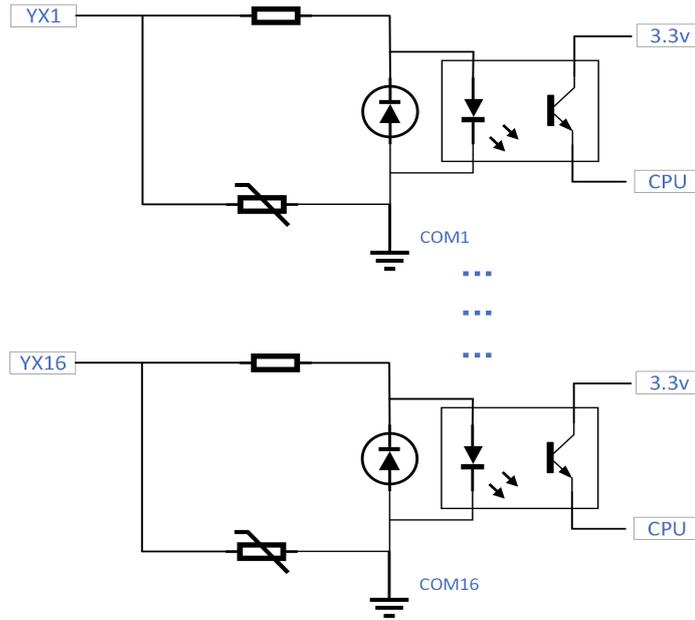


图 2.21 遥控继电器回路接线示意图

遥控参数如表 2.11 所示。

表 2.11 遥控性能参数

项目	参数	备注
接口类型	DB37	-
最高输入电压	110V(DC) / 220V(AC)	-
推荐输入电压	24V(DC)	-

遥信参数如表 2.12 所示。

表 2.12 遥信性能参数

项目	参数	备注
接口类型	DB37	-
最高输入电压	24V(DC)	-
推荐输入电压	24V(DC)	-

RTU-BOX206 开发环境搭建

摘要: 在您使用 RTU-BOX206 之前，首先需要按照本章说明搭建开发环境。

3.1 概述

在使用 RTU-BOX206 之前，首先需要确认您的电脑操作系统是 Windows10 专业版，需要安装 Code Composer Studio V9.1.0(以下简称 CCS)或更高级版本、Matlab® R2016b 或更高级版本、Rtunit Studio2023（以下简称 RTUS2023），然后在 Matlab/Simulink 中安装 RTU-BOX206 Toolbox, 最后在 RTUS2023 中配置 CCS 与 Matlab。本手册不提供 CCS 与 Matlab 软件安装教程，若您需要视频指导，可访问官网 www.rtunit.com 查看具体操作视频。

注意事项:

- 1) 请使用正版软件。为了能够得到更好的体验、服务与支持，请使用各家公司的正版软件；
- 2) 计算机操作系统请使用非家庭中文版；
- 3) 我们不提供也不出售 Matlab 软件，请向 Math Works 公司购买正版 Matlab 软件；
- 4) RTUS 需与 USB 密钥配合使用；
- 5) 请在 Ti 官网下载 CCS；
- 6) 各软件安装文件所在的目录不能有中文字符；（用户名也不能有中文请检查 C 盘用户下的账户文件夹是否为中文;如果是，请改为英文）
- 7) 各软件安装路径中不能有中文字符，也不能有空格，比如“Program Files”；
- 8) 计算机上建议不要运行杀毒软件，比如 360 安全卫士，存在误删软件的风险。

由于在产品使用过程中需要运行专业软件，建议电脑运行内存大于等于 16G。

3.2 安装 Rtunit Studio2023

Rtunit Studio 是南京瑞途优特信息科技有限公司（rtunit®）自主研发，供 RTU-BOX 系列产品使用的集成开发环境。Rtunit Studio2023 为绿色免安装软件，使用时需在 USB 接口插入密钥，安装教程如下：

- 1、 解压 RTUS2023 压缩包至 RTUS2023 文件夹；

名称	修改日期	类型	大小
 RTUS2023	2022-11-10 16:39	文件夹	
 RTUS2023	2023-01-31 14:18	WinRAR 压缩文件	134,575 KB

图 3.1 RTUS2023 安装过程图 1

- 2、 文件路径：RTUS2023/bin/RtunitStudio，如图 3.2，双击打开 RtunitStudio 即可打开软件，如图 3.3；

2013 13.0.12 (10 (D:)) > RTUS2023 > RTUS2023

名称	修改日期	类型	大小
bin	2023-01-29 21:58	文件夹	
ccsproject	2022-12-29 10:06	文件夹	
example	2022-11-06 16:40	文件夹	
Fonts	2022-11-06 16:40	文件夹	
lib	2022-11-06 16:40	文件夹	
project	2022-12-29 10:06	文件夹	
TCP2SIM	2022-11-06 16:40	文件夹	

图 3.2 RTUS2023 安装过程图 2

msvcp140_1.dll	2020-09-07 20:22	应用程序扩展	29 KB
msvcp140_2.dll	2020-09-07 20:22	应用程序扩展	171 KB
msvcp140_codecvt_ids.dll	2020-09-07 20:22	应用程序扩展	26 KB
msvcr100.dll	2019-06-18 19:13	应用程序扩展	753 KB
RtuCompress.dll	2022-11-13 23:00	应用程序扩展	96 KB
rtunit	2023-01-04 15:28	配置设置	1 KB
RtunitStudio	2022-11-15 9:16	应用程序	4,370 KB
RtunitStudio.exe.9580.dmp	2023-01-09 17:34	DMP 文件	2,763 KB
RtunitStudio.exe.11716.dmp	2023-01-11 11:57	DMP 文件	2,765 KB
RtunitStudio.exe.16100.dmp	2023-01-11 14:23	DMP 文件	2,766 KB
RtuOcs.dll	2022-11-13 23:00	应用程序扩展	64 KB
RtuProject.dll	2022-11-13 23:00	应用程序扩展	235 KB

图 3.3 RTUS2023 安装过程图 3

3、在弹窗“系统配置”界面配置 Matlab 和 CCS 软件，如图 3.4。若不小心删除此弹窗，则点击左上角图标打开系统配置界面，如图 3.5；

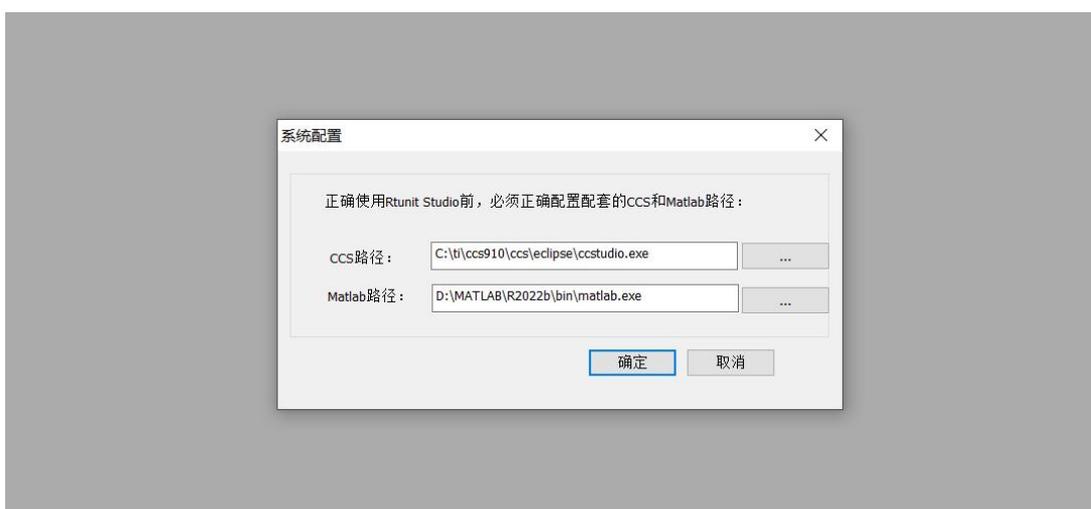


图 3.4 RTUS2023 安装过程图 4

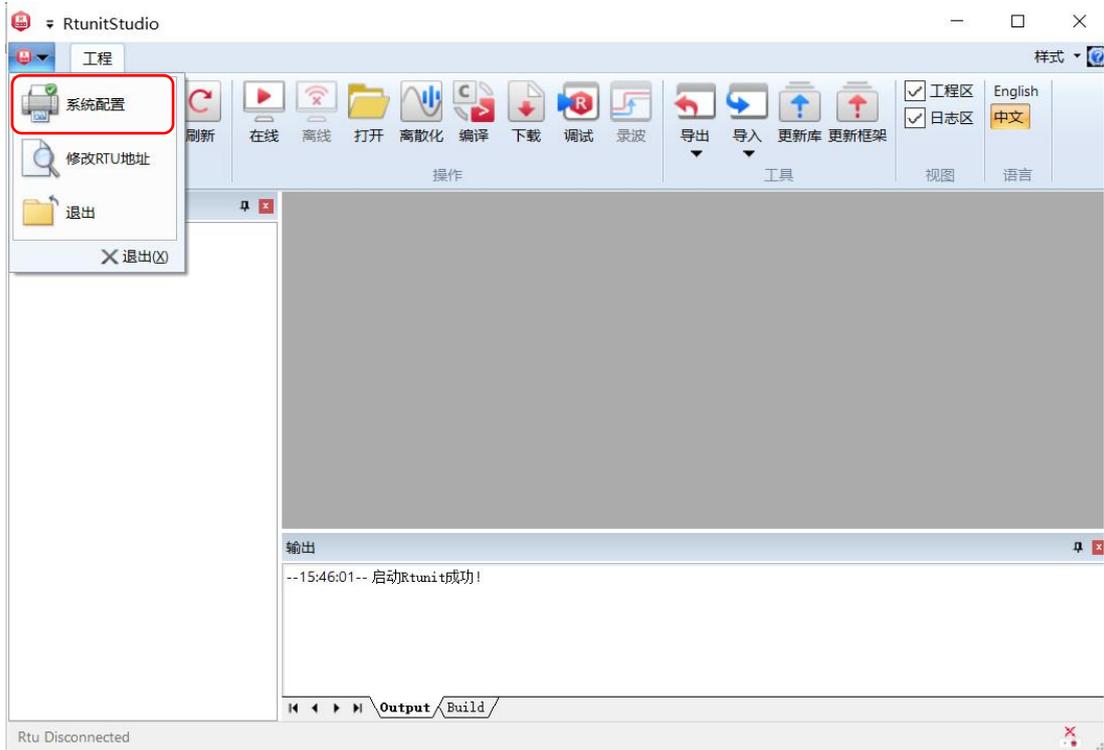


图 3.5 RTUS2023 安装过程图 5

4、在系统配置界面中添加 Matlab、CCS 的路径，点击浏览找到 Matlab 与 CCS 安装路径下的图标位置，分别点击“打开”后点击“确认”，即配置完成；

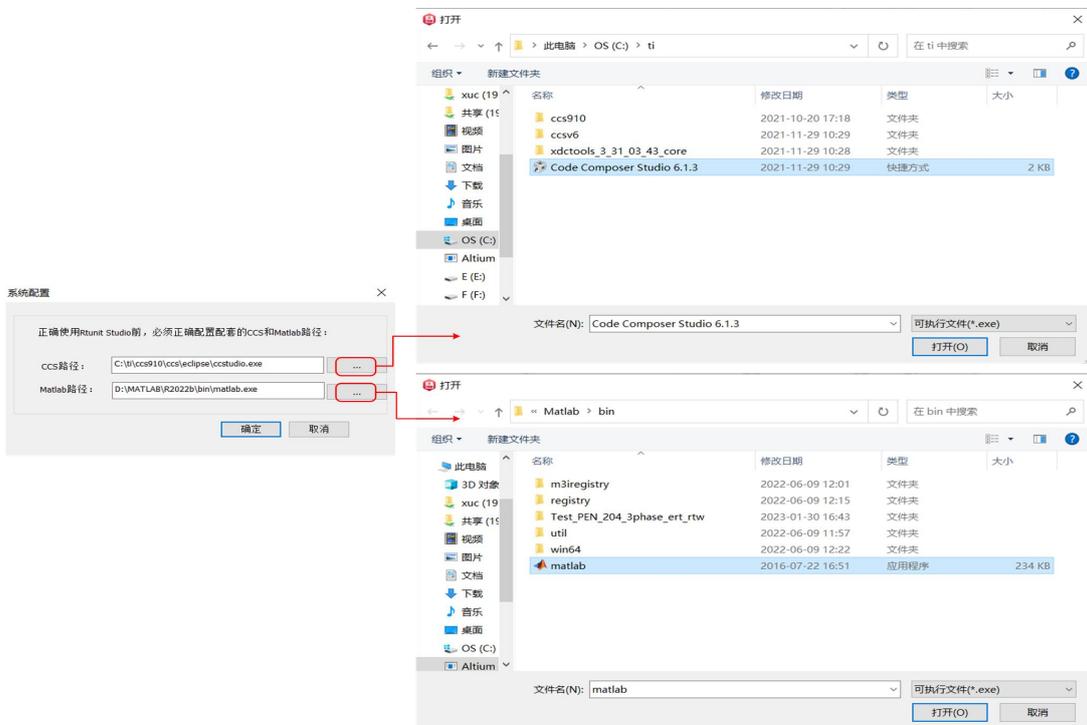


图 3.6 RTUS2023 安装过程图 6

3.3 安装 RTU-BOX206 Toolbox

RTU-BOX206 Toolbox 中包含 Simulink 中的 Rtunit Toolbox 库文件以及框架程序。其中，RTU-BOX206 Toolbox 库用于存放与 RTU-BOX206 硬件功能配套使用的 Simulink 模型，框架程序是 RTU-BOX206 的底层硬件框架，与自动生成的 C 代码结合组成完成工程。安装教程如下：

- 1、 打开 Matlab 软件，在图标处打开文件夹 RTUS2023/bin/RtuLib;

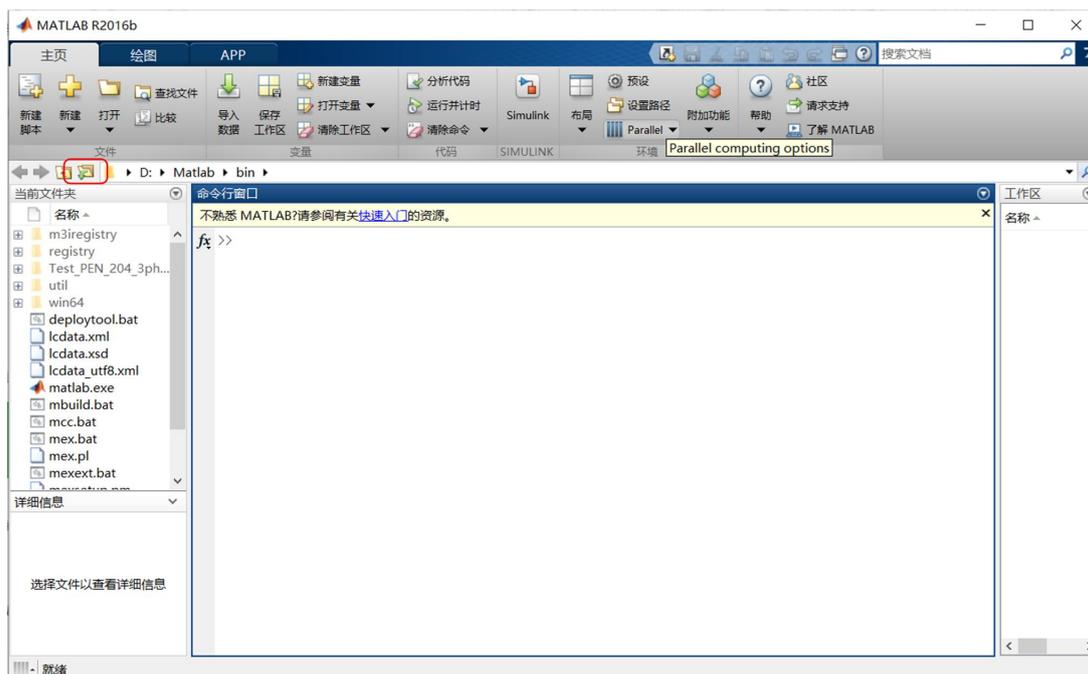


图 3.7 RtuLib 安装过程图 1

2013 13.0.12 (10 (D:)) > RTUS2023 > RTUS2023

名称	修改日期	类型	大小
bin	2023-01-29 21:58	文件夹	
ccsproject	2022-12-29 10:06	文件夹	
example	2022-11-06 16:40	文件夹	
Fonts	2022-11-06 16:40	文件夹	
lib	2022-11-06 16:40	文件夹	
project	2022-12-29 10:06	文件夹	
TCP2SIM	2022-11-06 16:40	文件夹	

图 3.8 RtuLib 安装过程图 2

2、打开 RtuLib 文件夹，选中 206 库文件，点击“选择文件夹”；

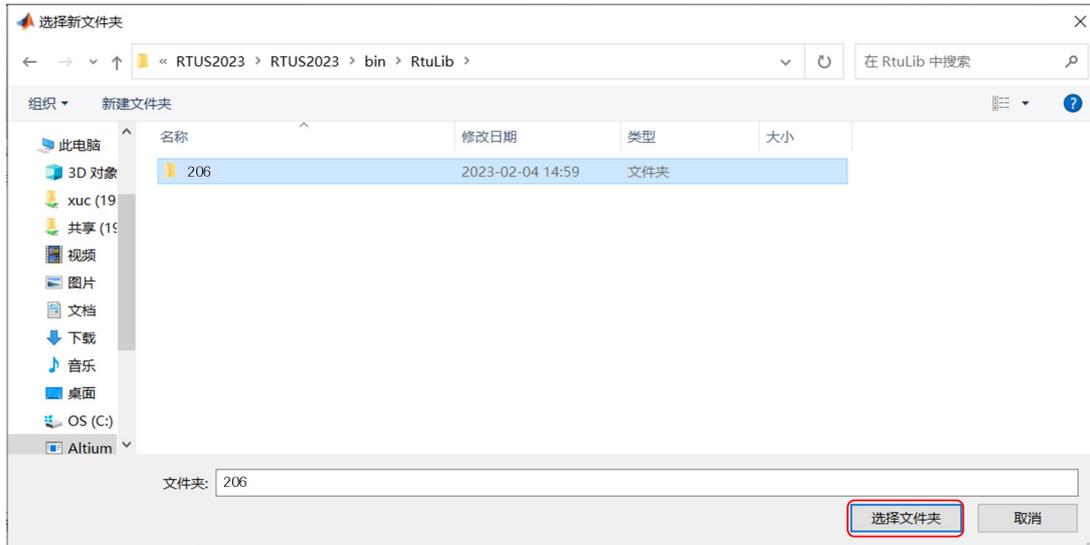


图 3.9 RtuLib 安装过程图 3

3、在 206 文件夹中找到 LibSetup.p 文件，右键点击运行，直至窗口出现安装成功即可；

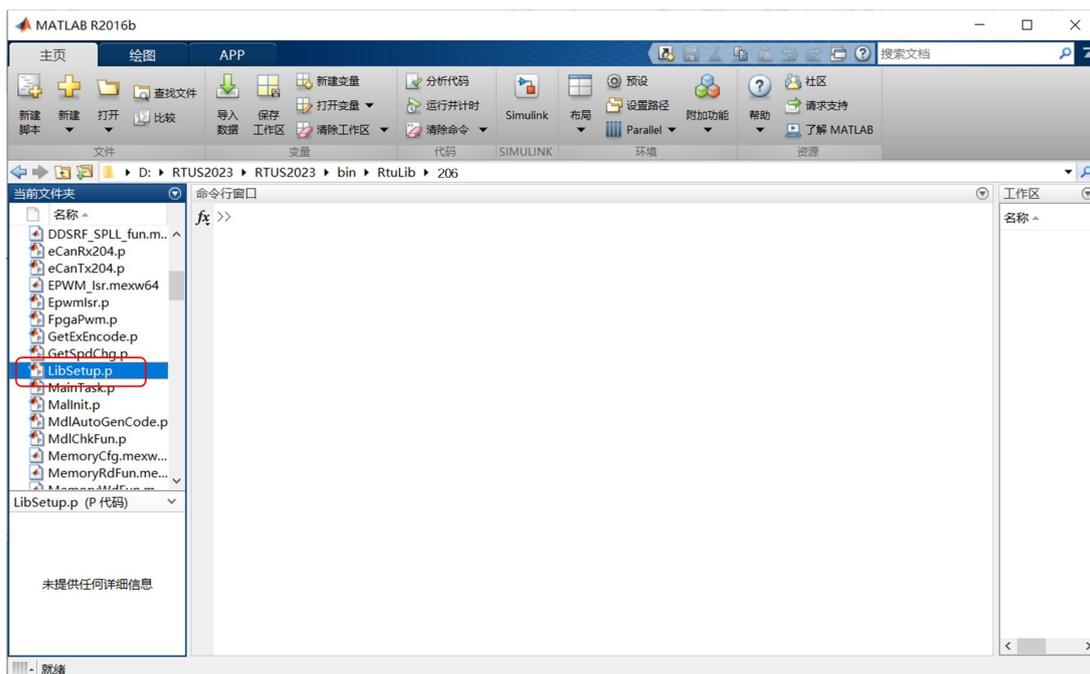


图 3.10 RtuLib 安装过程图 4

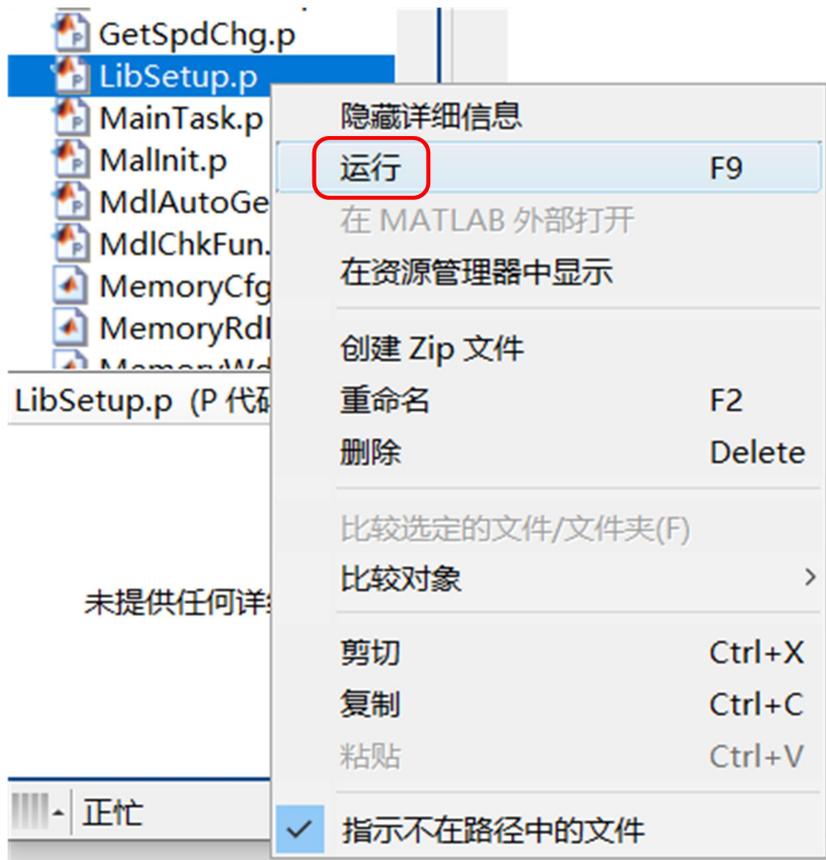


图 3.11 RtuLib 安装过程图 5

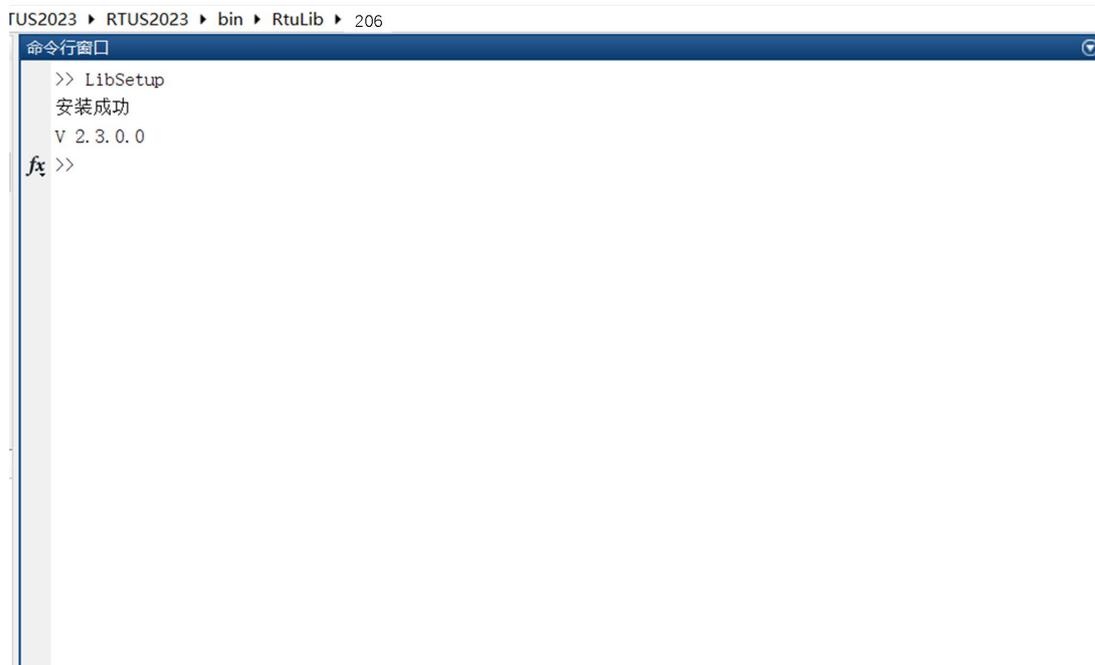


图 3.12 RtuLib 安装过程图 6

3.4 开发环境配置

RTU-BOX206 在使用时，不论是更新程序还是传输数据，都是通过以太网与计算机进行通信。首先需要对计算机网络进行相应的配置（以 Windows 10 系统为例）。

- 1、 在开始菜单栏里点击“设置”——点击“网络和 Internet”；

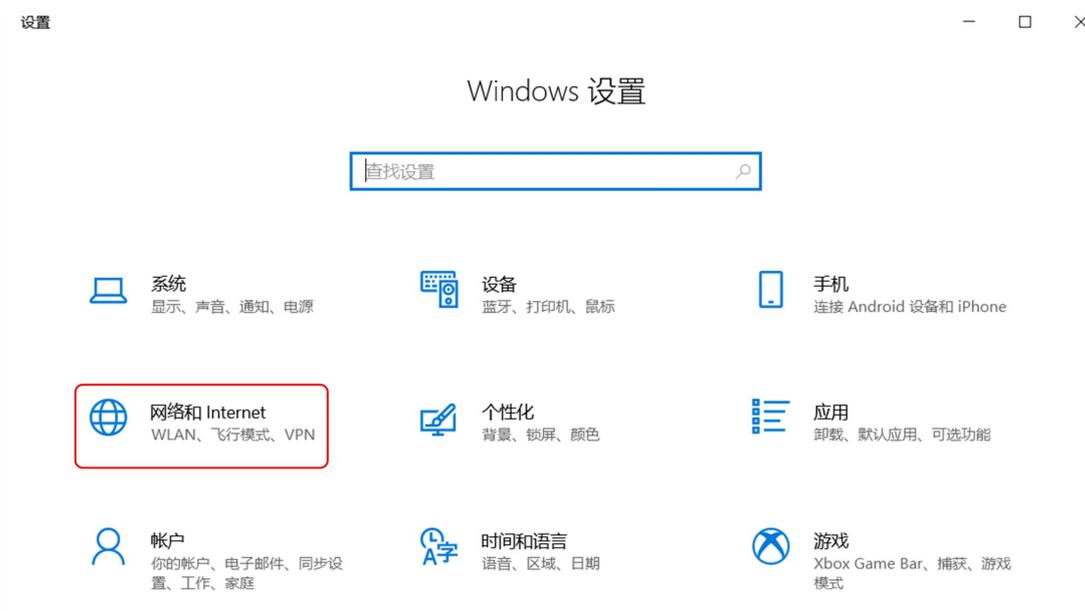


图 3.13 开发环境配置图 1

- 2、 点击“更改适配器选项”；



图 3.14 开发环境配置图 2

3、点击“以太网”，打开以太网“属性”设置界面；

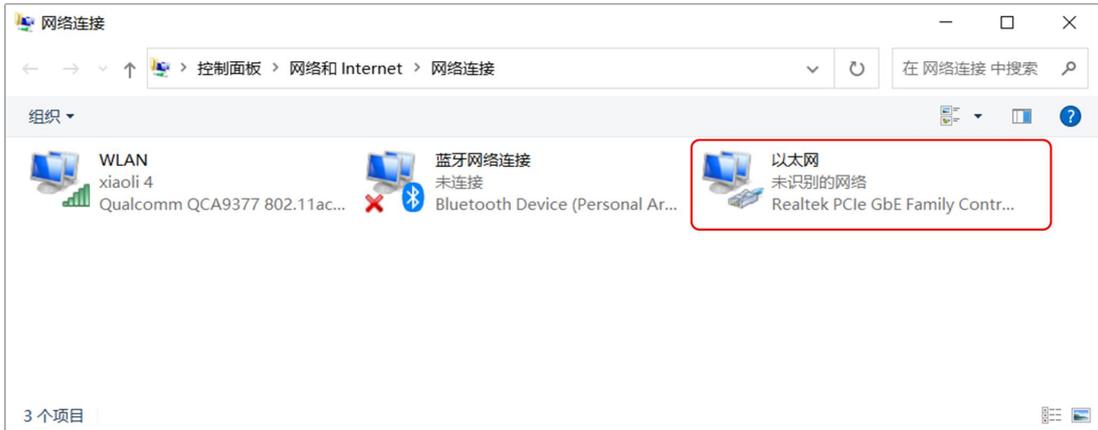


图 3.15 开发环境配置图 3

4、点击“Internet 协议版本 4 (TCP/IPv4)”；



图 3.16 开发环境配置图 4

5、 设置计算机的 IP 地址，子网掩码和默认网关：

IP 地址：192.168.16.XX。RTU-BOX206 的 IP 地址预设为 192.168.16.10，因此 $XX \neq 10$ ；

子网掩码：255.255.255.0；

默认网关：192.168.16.1；

说明：当有多个网卡在配置 IPv4 时，IP 地址不能相同。

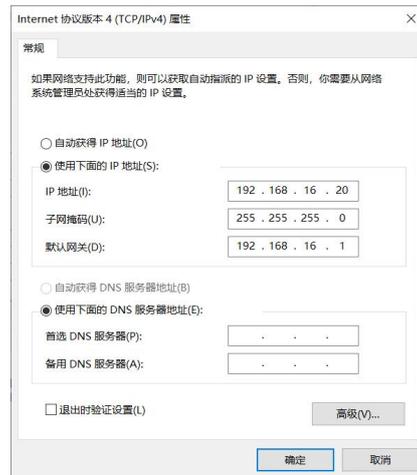


图 3.17 开发环境配置图 5

6、 测试 RTU-BOX206 与计算机之间的通信是否正常；

用以太网线连接 RTU-BOX206 的 CPU 板卡与计算机，打开 POWER 板卡上的电源开关，待 CPU 板卡上黄灯闪烁，在计算机任务栏搜索“cmd.exe”或（快捷键 WIN+R 输入 cmd 后回车），打开命令程序；

在 cmd.exe 中输入“ping 192.168.16.10”，RTU-BOX206 的 IP 地址为 192.168.16.10。若看到图 3.19 所示反馈结果，则说明以太网连接正确，RTU-BOX206 与计算机之间的通信正常。

至此，RTU-BOX206 开发环境配置完成，请在后续章节的指导下进行相关开发工作。



图 3.18 开发环境配置图 6



图 3.19 开发环境配置图 7



Rtunit Studio2023 使用教程

摘要: Rtunit Studio2023 是与 RTU-BOX206 配套的集成开发环境。在您开始开发/科研工作之前请仔细阅读本章内容，本章将帮助您更好地使用 Rtunit Studio2023。

4.1 Rtunit Studio2023

Rtunit Studio2023 是 rtunit®自主研发的与 RTU-BOX206 配套的集成开发环境，与 Matlab 无缝衔接。在 Rtunit Studio2023 中，您可以新建及管理工程、升级 Simulink 库与框架程序、将 Simulink 模型转换为 C 语言程序、编译及下载程序、在程序运行的过程中可以实时修改参数、观测波形、导出数据等。Rtunit Studio2023 界面如图 4.1 所示。

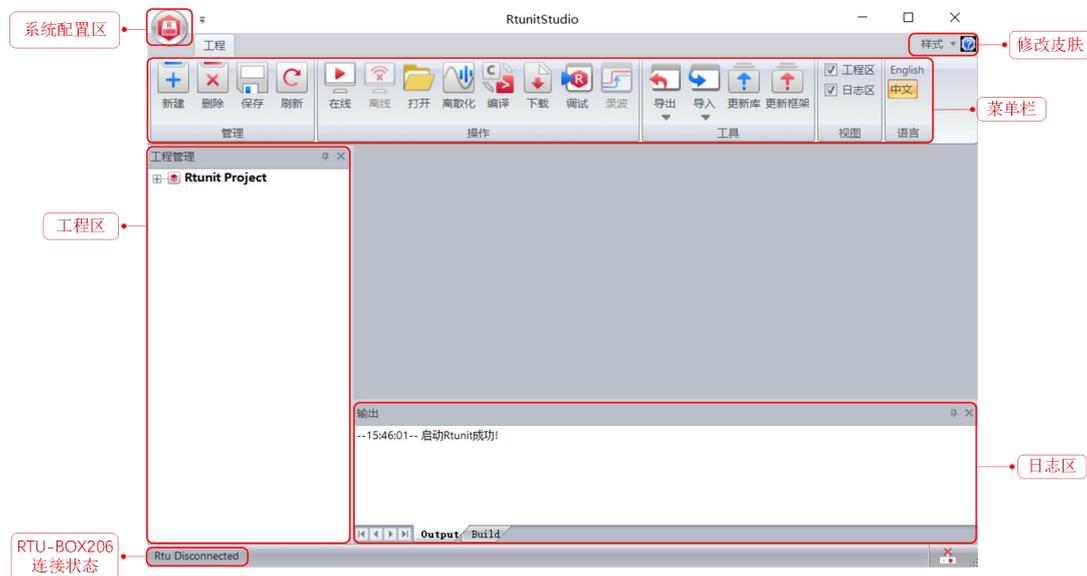


图 4.1 Rtunit Studio2023 界面

Rtunit Studio2023 界面由菜单栏、工程区、日志区、系统配置区四个主要部分组成。您可以根据喜好修改界面皮肤，工程区和日志区可以拖动至您习惯的地方。Rtunit Studio2023 也可以实时显示与 RTU-BOX206 的连接状态。本章将以一个实例介绍如何使用 Rtunit Studio2023 开发与调试（Rtunit Studio2023 以下简称 RTUS）。

4.2 新建工程

单击 RTUS 界面菜单栏“新建”按钮，弹出如图 4.2 所示菜单，填入工程名、设备型号以及 IP 地址相关信息。

工程名称命名规则：

- 1、文件名命名要用英文字符，第一个字符不能是数字和下划线。
- 2、命名尽量不要是简单的英文单词，最好是由大小写英文、数字、下划线等组成。
- 3、文件命名不能有空格，如 three phase，应该写成 three_phase 或者 ThreePhase。

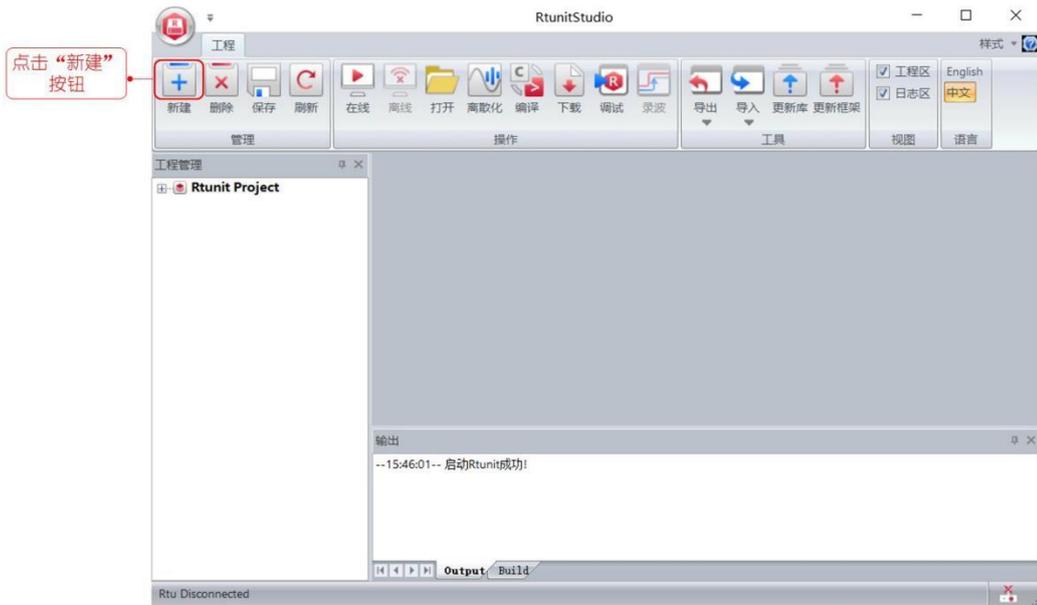


图 4.2 创建新工程

4.3 创建 Logic 模型

1、双击工程区域新建的 TEST1 工程，使其处于 Active Project 模式；

注意：RTUS 菜单栏的所有操作仅对当前处于 Active Project 模式下的工程有效。

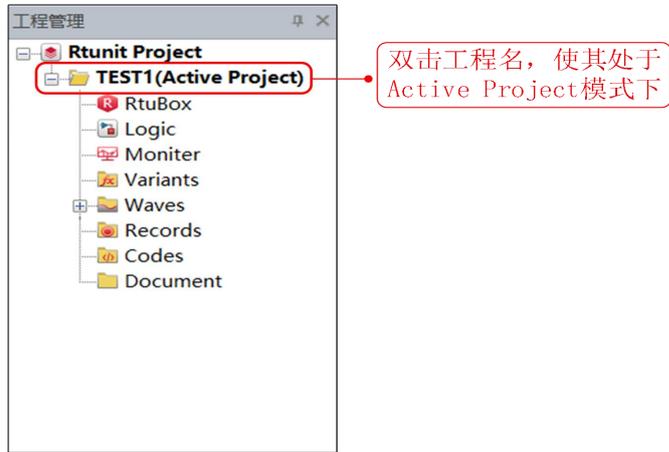


图 4.3 创建 Logic 模型 1

2、双击 Logic 按钮进入 Matlab/Simulink 界面，如图 4.4 所示；

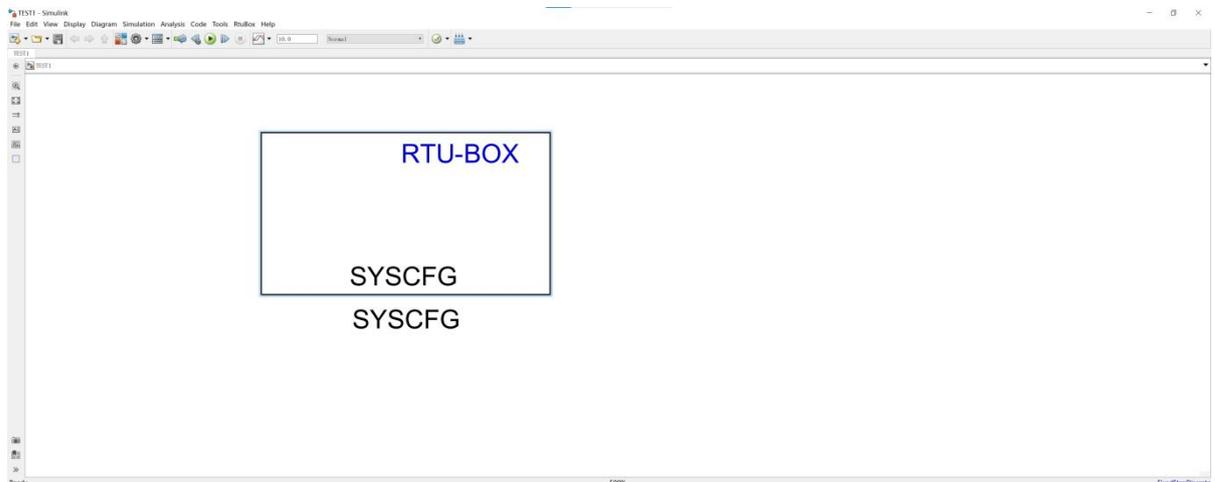
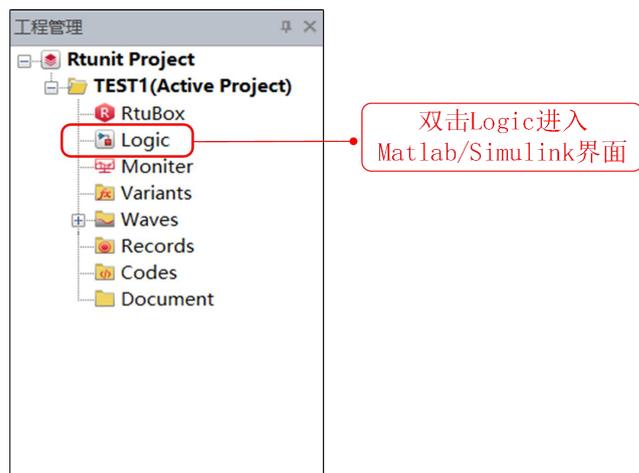


图 4.4 创建 Logic 模型 2

3、在此界面构建模型，如图 4.5 所示。请您参照第 5 章的 **Rtunit Toolbox** 相关介绍搭建模型。模型搭建完成之后先进行保存，然后双击如图 4.4 所示的红色按钮生成代码，或者单击 RtuBox 按钮下的 Code Generate 生成代码，Logic 模型进入代码生成阶段：

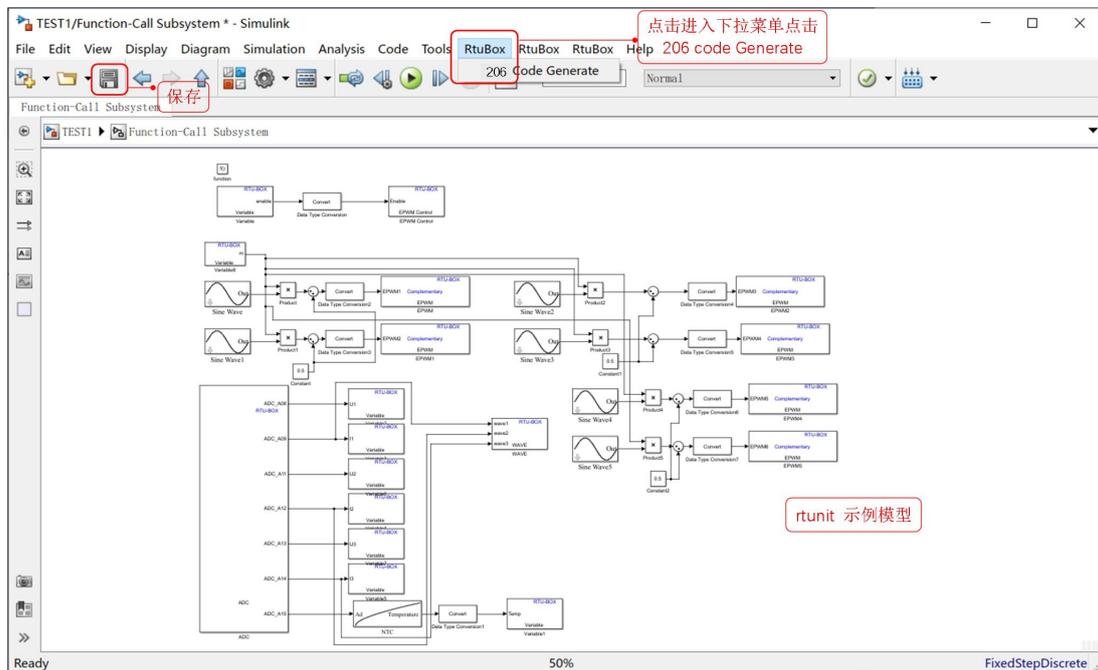


图 4.5 创建 Logic 模型 3

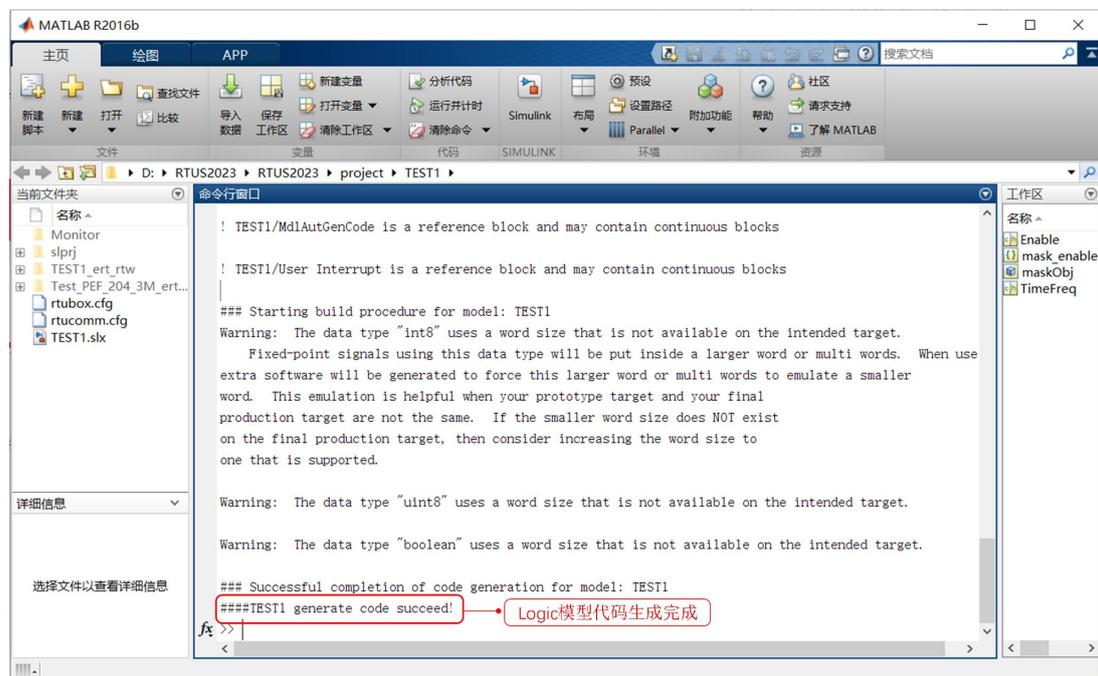


图 4.6 创建 Logic 模型 4

4.4 编译&下载

1、Logic 模型代码生成完成后，在 RTUS 界面单击编译按钮，进入编译状态，待 RTUS 日志区显示编译成功后，完成编译：

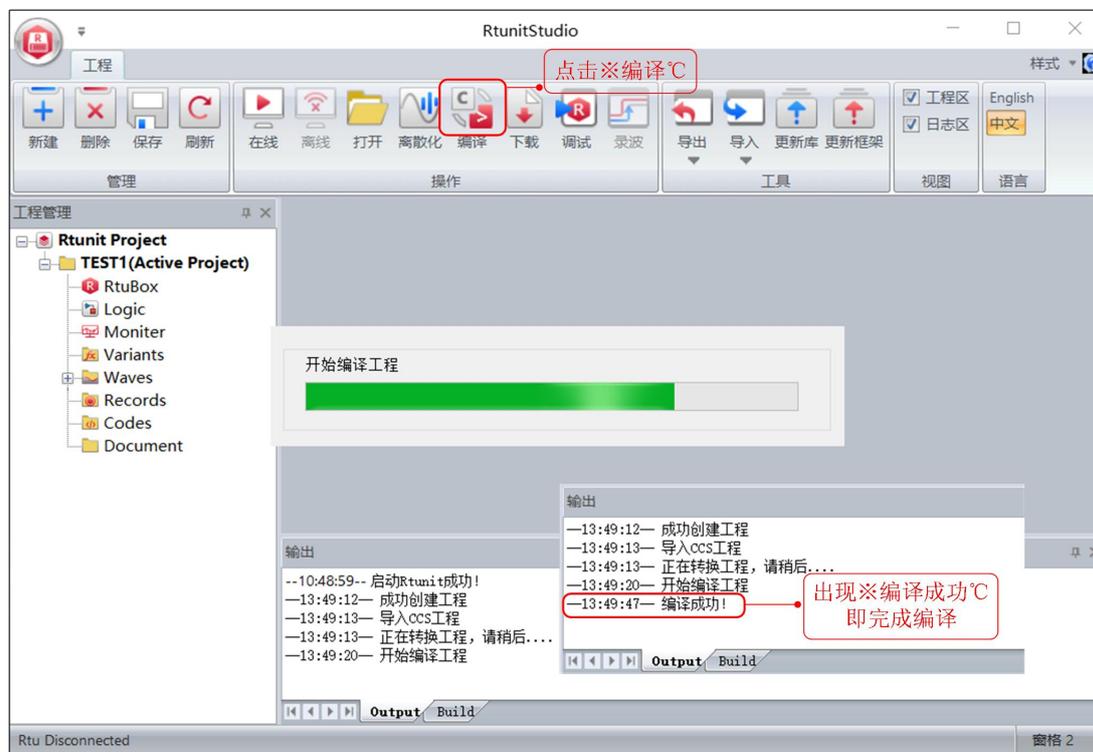


图 4.7 编译&下载 1

3、编译完成后，通过以太网线连接 RTU-BOX206 与计算机，单击 RTUS 菜单栏中的下载按钮将程序下载至 RTU-BOX206 中。程序成功完成更新，RTU-BOX206 发出提示音并自动重启。待 POWER 板上屏幕显示运行正常，表示更新的程序已开始工作。

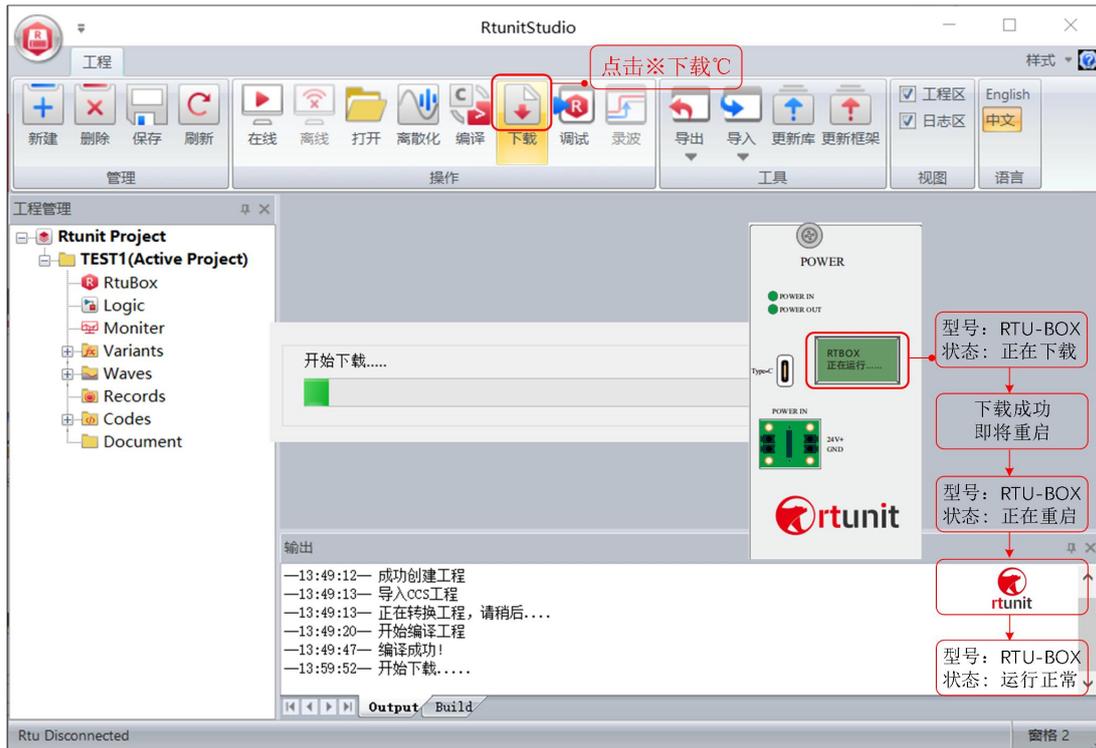


图 4.8 编译&下载 2

4.5 调试

本章 4.3 节介绍了生成代码的 Logic 模型将经过编译&下载两步进入 RTU-BOX206 中，您也可以通过调试按钮实现一键编译&下载。

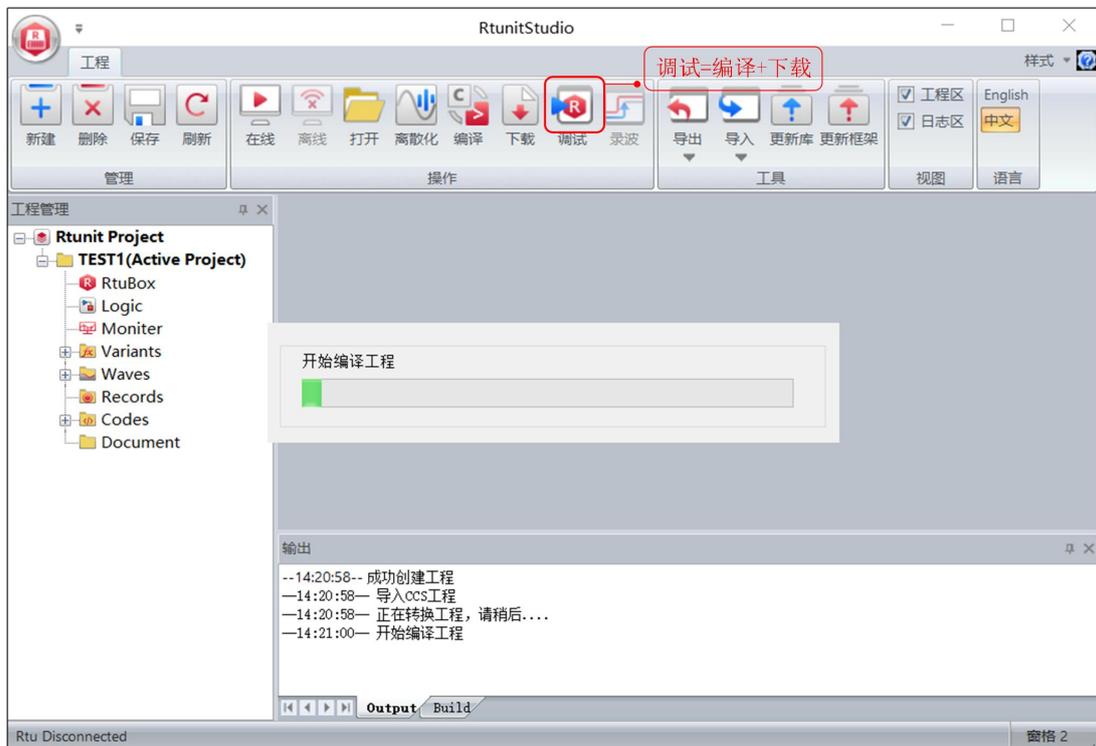


图 4.9 调试

4.6 参数观测

您可以将想要调试/观测的参数(如电压 U1~U3)通过 Variable 模块（详见第五章）显示在 RTUS 界面上。双击 Variants 按钮弹出变量列表，单击菜单栏中的在线按钮观测/调试，**注意：**待 RTU-BOX206 显示正常运行后，方可单击在线按钮。

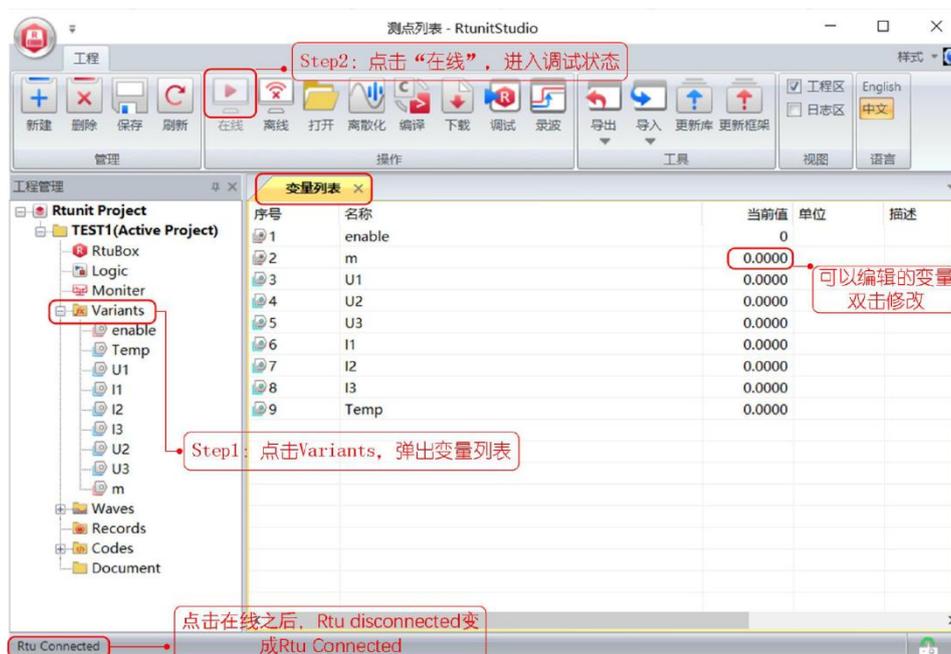


图 4.10 参数观测/调试

4.7 波形观测

您可以将想要观测的参数波形通过 WAVE 模块（详见第五章）显示在 RTUS 界面上。双击 Waves 图标，弹出查看波形窗口。



图 4.11 波形观测 1

Waves 菜单栏介绍:



项目	备注
运行	波形随程序进行实时更新
暂停	波形暂停，不随程序进行更新
导出波形	波形暂停前提下，将波形数据以.csv 格式保存至指定位置
记录数据	将数据实时记录在.csv 文件中，双击 Waves\Data，可查看数据文件
上移	将选中的波形向上移动
下移	将选中的波形向下移动
放大	将选中的波形数值放大
缩小	将选中的波形数值缩小
恢复	将选中的波形恢复至初始状态（初始位置，初始值）
线宽	调整选中波形的线宽
颜色	调整选中波形的颜色
背景色	调整 Waves 的背景颜色
显示时长	调整显示波形窗口波形时长
图例区	显示/隐藏图例区
图形保持	保持 50Hz 整数倍的波形

图 4.12 波形观测 2

注意:

- 1、实时波形 Wave 功能每通道每秒记录 2000 个数据;
- 2、导出波形功能仅保存当前暂停画面的数据; 记录数据功能可实时保存所有数据。

4.8 查看代码

在 RTUS 中，Logic 模型进行 Code Generate 之后，您可以在 RTUS 界面查看生成的代码。

RTU-BOX206 底层框架程序和代码生成机制均按照工程实际应用设计，因此生成的代码的可读性强，执行效率高。在程序调试的过程中，如果需要修改程序，有两种方法：

- 1、回到 Logic 模型修改，修改完成之后再按照 Code Generate→编译→下载的流程进行；
- 2、在 RTUS 的 Codes 中直接修改 C 语言代码，修改之后保存文件。重新编译→下载即可。



图 4.13 查看代码

4.9 导出

您可以将 RTUS 中的整个工程导出至指定位置（.rtu 工程文件），也可以将 Logic 模型算法导出至指定位置（.slx 算法文件）。



图 4.14 导出

4.10 导入

您可以将完整的工程（工程文件）导入 RTUS，也可以只将 Logic 模型（算法文件）导入 RTUS。

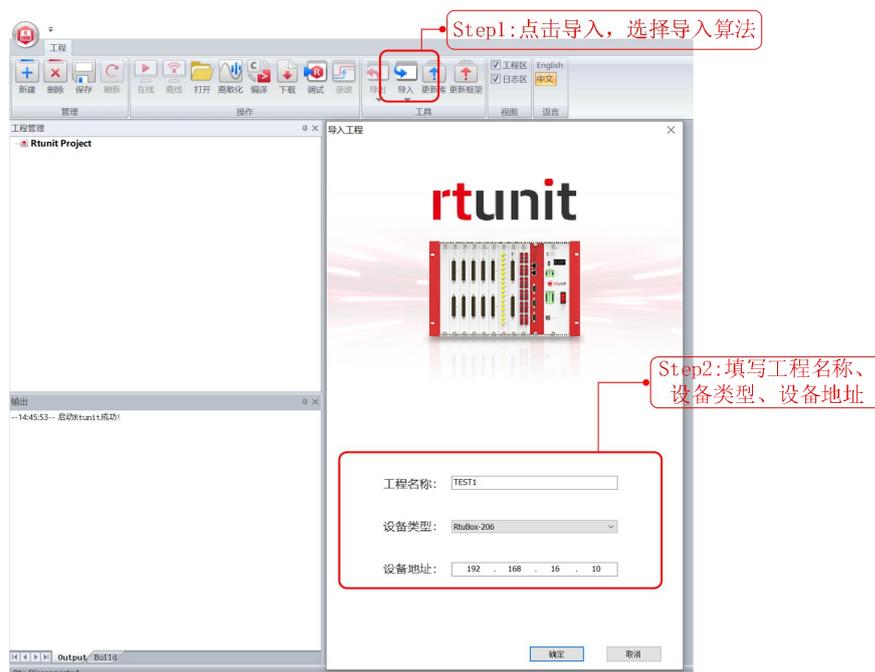


图 4.16 导入 2

4.11 修改 RTU-BOX206 IP 地址

从 rtunit 出厂的所有 RTU-BOX206 的默认 IP 地址都是 192.168.16.10，您可以根据需要修改设备的 IP 地址。**注意：**RTU-BOX206 的 IP 地址与相连的计算机 TCP/IP 协议中的 IP 地

址不能相同。

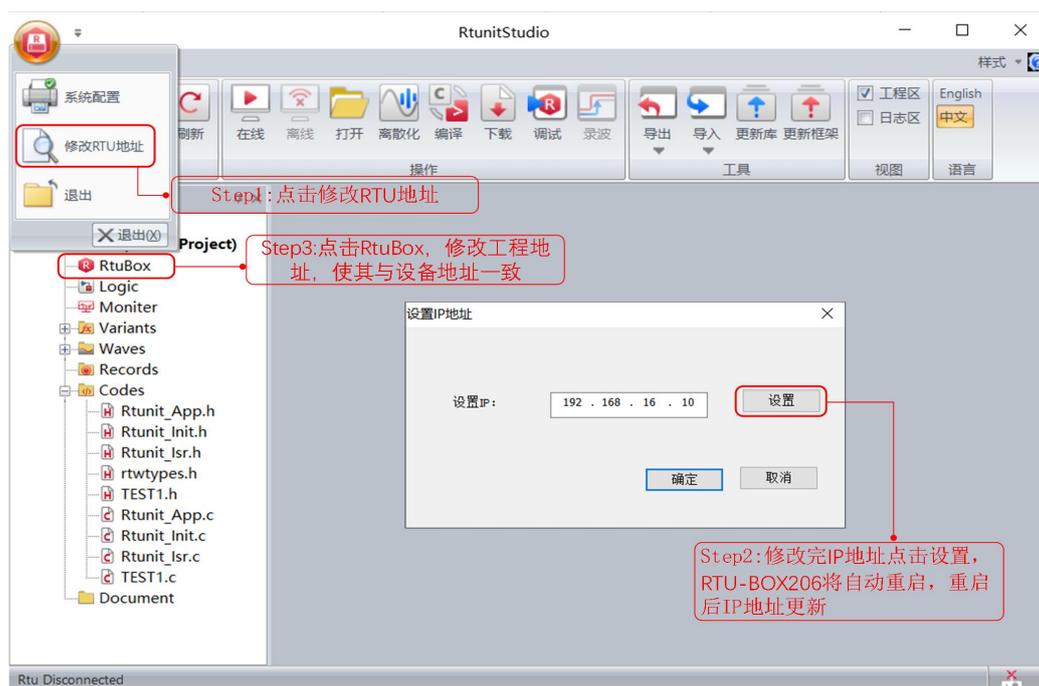


图 4.17 修改 RTU-BOX206 IP 地址

4.12 更新 Rtunit Toolbox&更新框架

Rtunit Toolbox 是安装到 Simulink 的模型库，包含 RTU-BOX206 的硬件接口模型以及一些常用的算法模型。rtunit 将不断更新模型内容，若您想使用新的模型内容，请访问官网 www.rtunit.com 下载升级 Rtunit Toolbox 模型库。

在 RTUS 菜单栏选择更新库，在弹出的窗口选择 .tool 文件，等待 Matlab Command Window 弹出安装成功的提示。

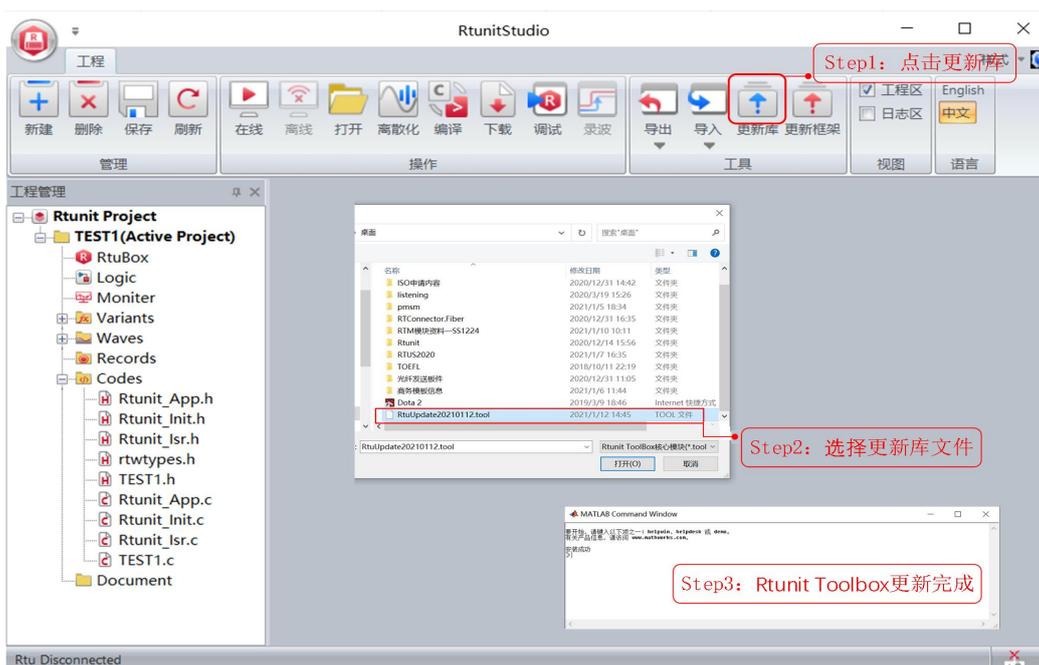


图 4.18 更新 Rtunit Toolbox

框架程序是 RTU-BOX 的底层硬件框架和自动生成的 C 语言代码结合组成完整的工程。随着 Rtunit Toolbox 的更新，框架程序也在更新。若您想使用下载新的框架程序，请访问官网 www.rtunit.com 下载升级 RTU 框架程序。

在 RTUS 菜单栏选择更新框架，在弹出的窗口选择 .core 文件。

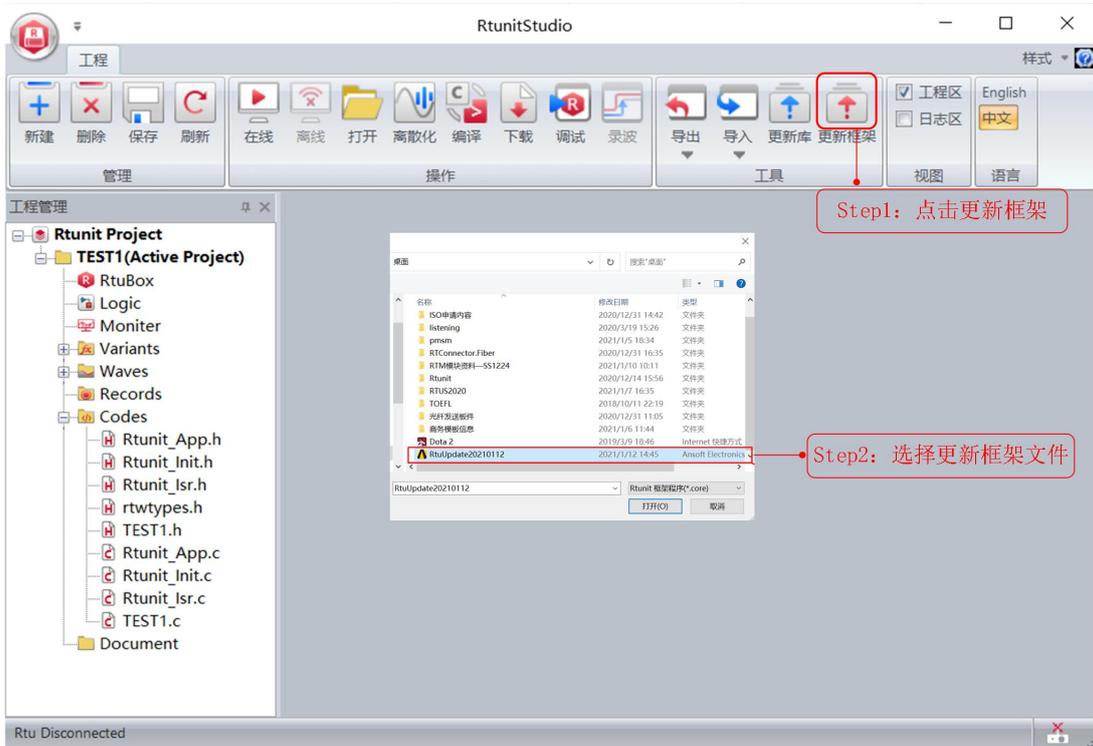


图 4.19 更新框架

Rtunit Toolbox 模型手册

摘要: Rtunit Toolbox 是 rtunit 自主研发集成于 Matlab®/Simulink®环境中的功能模块库。Rtunit Toolbox 是对 Simulink®工具箱的补充和扩展，提供了 RTU-BOX206 所有硬件的 Simulink 封装模块，在您搭建 Logic 模型之前，请仔细阅读本章内容。

5.1 Rtunit Toolbox

您在使用 Rtunit Toolbox 之前需要安装 RTU-BOX206 Toolbox，具体安装教程见 3.5。RTU-BOX206 Toolbox 安装在 Matlab/Simulink 库中，RTU-BOX206 Toolbox 中主要包括四类模块：Common Library，Power Electronics，RTU BOX，Transformations。

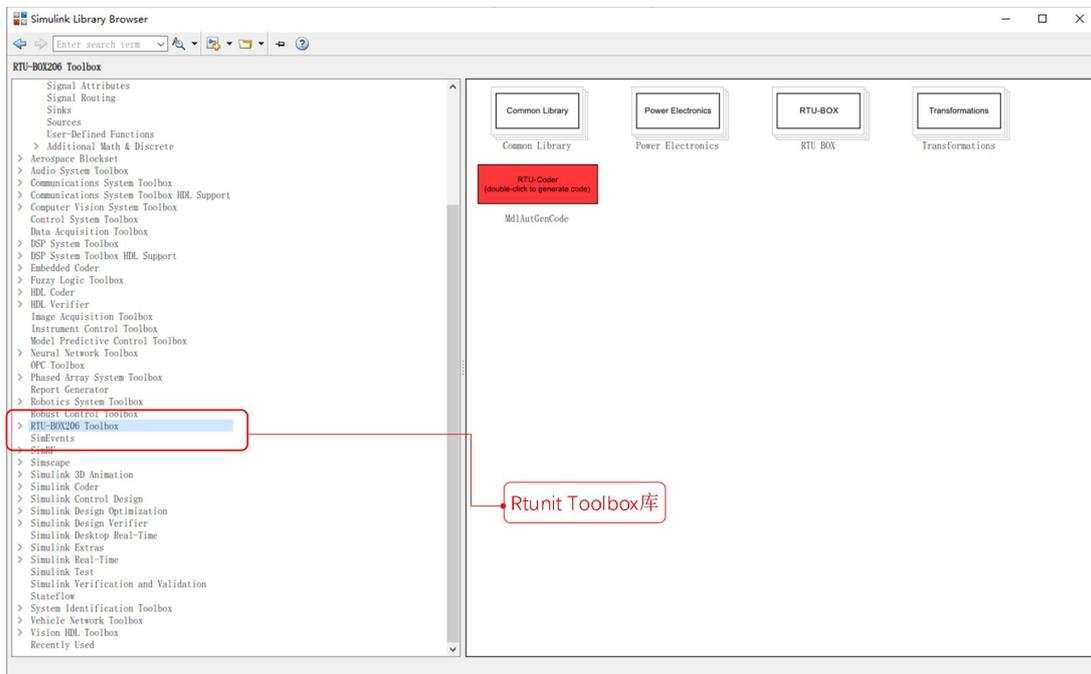


图 5.1 Rtunit Toolbox

5.2 RTU BOX

RTU BOX 库包含了与硬件接口相关的所有模块，用于实现 RTU-BOX206 的基本功能。本节将详细介绍 RTU-BOX206 库中的各个模块。

5.2.1 Variable 模块

Variable 模块用于观测/修改工程的变量，双击 Variable 模块可进入模块参数配置界面，如图 5.2 所示。在同一 Logic 模型中，最多支持 256 个 Variable 模块。

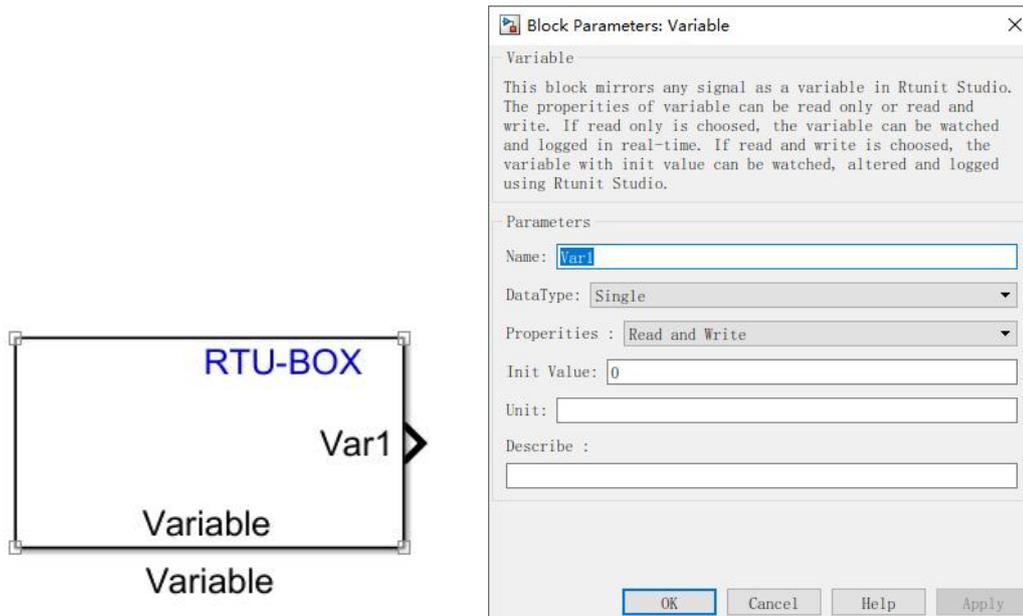


图 5.2 Variable 模块

Variable 模块参数说明如下表 5.1 所示。

表 5.1 Variable 模块参数说明

项目	名称	参数说明	数据类型
Name	变量名	变量名称，见说明 1	-
DataType	数据类型	数据类型，支持包括：Single、Int32、UInt32、Int16、UInt16、Int8、UInt8、Boolean	-
Properties	变量属性	变量属性，只读或者可读可写，见说明 2	-
Init Value	初始值	初始值（针对可多读写变量）	-
Unit	单位	变量单位，在 RTUS 中显示，非必需项	-
Describe	描述	描述，在 RTUS 中显示，非必需项	-

说明 1：

在同一个程序中，变量不能重名。变量名可由字母、下划线、阿拉伯数字构成。

说明 2：

只读（Read only）类型的变量只能在 RTUS 中观测值，不能写值。可读可写（Read and Write）类型的变量可以在 RTUS 中写值。

说明 3：

该模块主要作为变量实时调参的接口；可以用来在上位机上对变量进行显示和修改。

5.2.2 WAVE 模块

WAVE 模块用于将 Logic 模型中的变量以波形曲线的方式在 RTUS 中观察，曲线数据的采样率为 2kHz（每通道每秒采集 2000 个数值）。WAVE 模块最多支持 32 个通道曲线。双击 WAVE 模块可进入模块属性界面，如图 5.3 所示。在同一 Logic 模型中，最多使用 1 个 WAVE 模块。

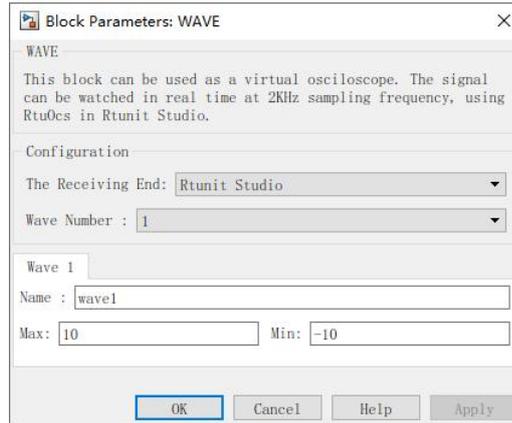
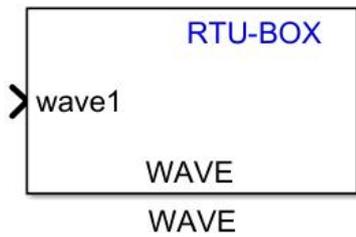


图 5.3 WAVE 模块

表 5.2 WAVE 模块参数说明

项目	名称	参数说明	数据类型
The Receiving End	接收终端	数据传至 RTUS/Simulink, 见说明 1	-
Wave Number	波形数量	选择输入到 WAVE 模块的通道数量	-
Name	波形名称	波形的名称	-
Max	波形最大值	波形在 RTUS 中坐标显示的上限	-
Min	波形最小值	波形在 RTUS 中坐标显示的下限	-

说明 1:

数据接口选择 Rtunit Studio, 则 WAVE 模块数据传输至 RTUS; 数据接口选择 Simulink, 则 WAVE 模块数据传输至 Simulink, 若选择 Simulink 接口, 需要与 Tcp2Sim 模块配套使用

说明 2:

该模块可以将某一变量在上位机上进行波形显示。需要将变量连接到 wave 接口上。

5.2.3 WAVE REC 模块

WAVE REC 模块用于将 Logic 模型中的需要记录的变量保存为文件, 在 RTUS 的 Records 图标下可读取该文件, 单次记录的数据总量为 80000。双击 WAVE REC 模块可进入模块属性界面, 如图 5.4 所示。同一 Logic 模型中, 最多使用一个 WAVE REC 模块。

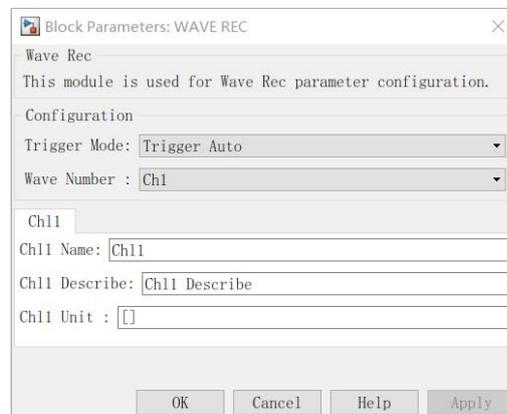


图 5.4 WAVE REC 模块

WAVE REC 模块参数说明如下表 5.3 所示。

表 5.3 WAVE REC 模块参数说明

项目	名称	参数说明	数据类型
Trigger Mode	触发模式	触发模式，见说明 1	-
Wave Number	录波数量	录波数量，见说明 2	-
Chl Name	波形名称	波形名称，不能重名	-
Chl Describe	描述	波形描述，非必需项	-
Chl Unit	单位	单位，非必需项	-
Trigger 输入端口	-	触发条件，仅适用于条件触发，见说明 1	Boolean
Ch11 输入端口	-	需要录波的数据输入	Single

说明 1：

触发模式支持条件触发（Trigger Auto）和手动触发（Rtunit Studio）。条件触发模式需要在输入端口 Trigger 设置触发条件，Trigger 由 0 变为 1 时，启动录波。录波完成后，再次由 0 变为 1，再次启动录波，如图 5.5 所示。

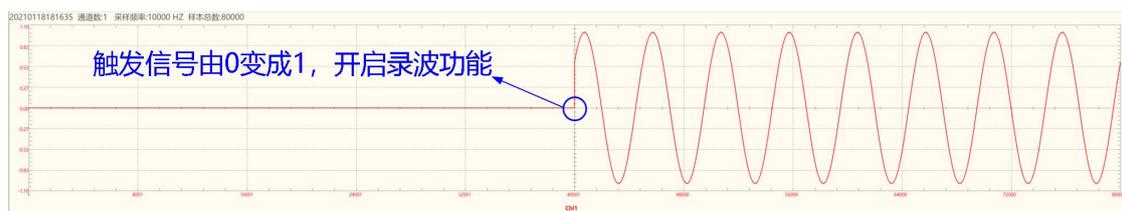


图 5.5 WAVE REC 模块 Trigger Auto 模式

手动触发模式直接在 Rtunit Studio 中按下录波按钮即可启动录波，录波完成后可再次启动，如图 5.6 所示。

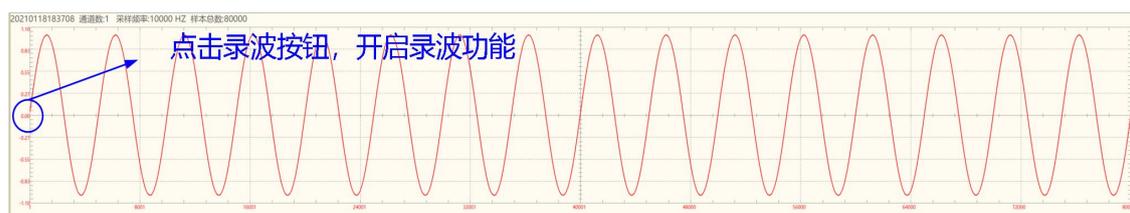


图 5.6 WAVE REC 模块 Rtunit Studio 模式

说明 2：

录波一共支持 8 条波形，数据总量为 8 万点。如果只录 1 条波形，则该条波形可录 8 万点。如果同时录制 8 条波形，则每条波形可录制 1 万点。程序运行过程中的每一个点都会录下来。

5.2.4 ADC 模块

ADC 模块的功能是通过采样将模拟量转换为数字量，双击 ADC 模块可进入模块参数配置界面，如图 5.7 所示。

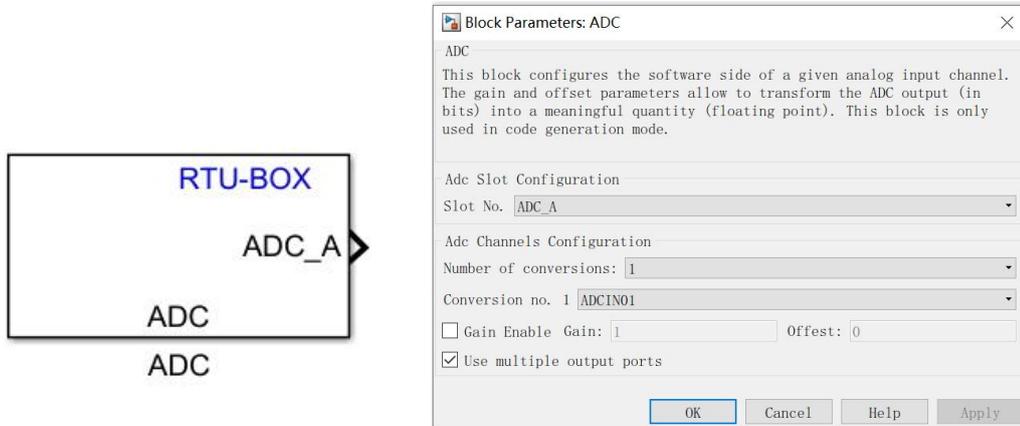


图 5.7 ADC 模块

ADC 模块参数说明如下表 5.4 所示。

表 5.4 ADC 模块参数说明

项目	名称	参数说明	数据类型
Slot No	板卡选择	根据实际情况选择 ADC 板卡，共两块：A、B	-
Number of conversions	采样通道数选择	根据实际情况选择使用的 ADC 通道总数	-
Conversions no.	具体的采样通道	选择实际的采样通道	-
Gain Enable	增益使能	增益功能使能，详见说明 1	-
Use multiple output ports	多通道输出端口	使用多通道端口输出，详见说明 2	

说明 1:

Gain Enable 如果不勾选，则 ADC 模块输出的结果为对应硬件端口的实际电压值（范围 -10V~10V）。例如端口输入电压为 5V，则 ADC 模块输出为 5，端口输入电压为 -7V，则 ADC 模块输出为 -7。

为了将采样信号与实际信号的值相对应，并且消除外部电路的零漂，可以将 Gain Enable 勾选，则可使能增益和偏置校正功能。Gain 为增益系数，默认为 1；Offset 为偏移量，默认为 0。

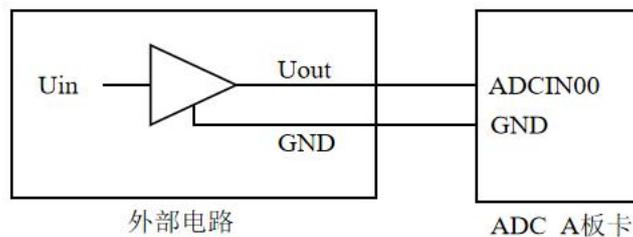


图 5.8 ADC_A 采样电路

参数校正举例：如图 5.8 所示，外部有一霍尔电压传感器采样电路，经过调理后， U_{in} ： $U_{out}=100V:1V$ （即实际电压为 100V 对应调理电路输出为 1V， $K=1V/100V=0.01$ ），并将输出 U_{out} 信号接入到 ADC_A 板卡的 ADCIN00 引脚。将 Gain 设置为 1，当外部信号 U_{in} 为 0V 时， U_{out} 理论上也应为 0V。但由于电路中存在零漂，实际输出结果一般不为 0V，这时可以通过 Variable 模块读取 ADCIN00 通道的零漂输出值，假设为 0.1V，则 Offset 应设为 -0.1。

然后调节 U_{in} 的值为 100V，此时 U_{out} 为 1.1V（0.1V 为前述的电路固有零漂电压），经过设置 Offset 校正后 Variable 模块读取 ADCIN00 通道的值应为 $1.1V-0.1V=1V$ ，因此可以得到：

$$Gain=100V / (100V \times 0.01) = 100$$

经过上述设置后，ADC 模块输出的值

说明 2：

Use multiple output ports 如果不勾选，在配置了多通道的情况下，需要配合 Demux 一起使用，如下图所示：

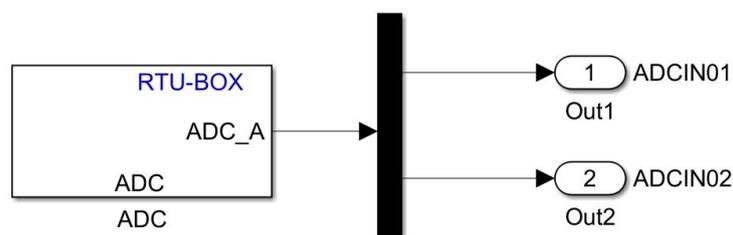


图 5.9 不勾选 Use multiple output ports

Use multiple output ports 如果勾选，在配置了多通道的情况下，则可分别显示，如下图所示：

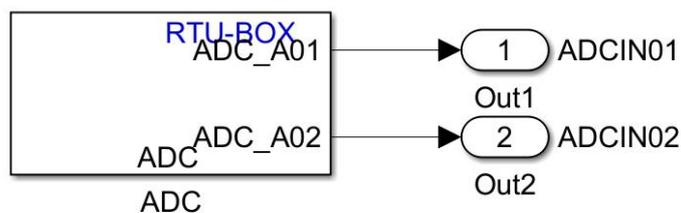


图 5.10 勾选 Use multiple output ports

5.2.5 DI 模块

DI 模块用于将电压信号转化为 boolean 型数据输入，输入电压信号不超过 5V，与 DI 板卡对应，接口定义详见 2.6 节。DI 模块共 32 个通道，双击 DI 模块可进入模块参数配置界面，如图 5.11 所示。

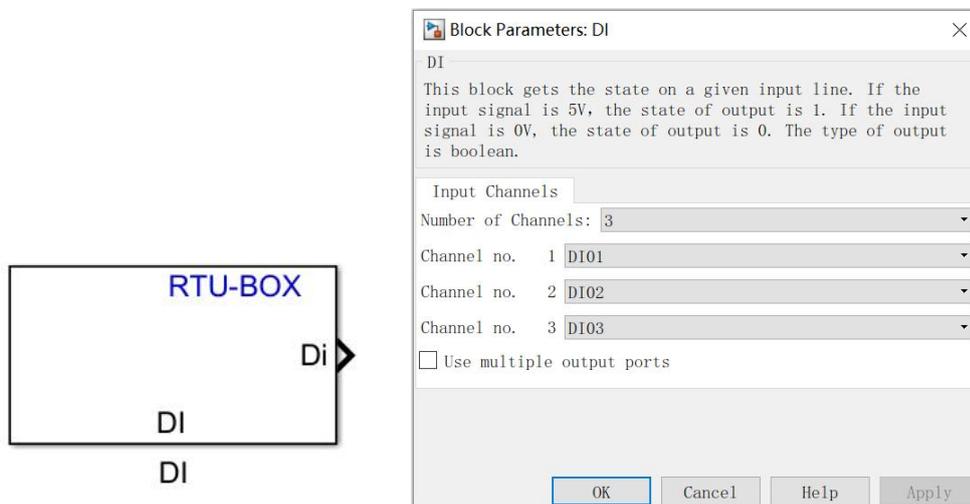


图 5.11 DI 模块

DI 模块参数说明如下表 5.5 所示。

表 5.5 DI 模块参数说明

项目	名称	参数说明	数据类型
Number of Channels	通道总数选择	选择实际使用的 DI 通道总数	-
Channel no.	具体的通道	选择实际的转换通道	-
Use multiple output ports	多通道输出端口	使用多通道端口，详见说明 1	-
Di	-	返回 0 或者 1	Boolean

说明 1:

Use multiple output ports 如果不勾选，在配置了多通道的情况下，需要配合 Demux 一起使用，如下图所示：

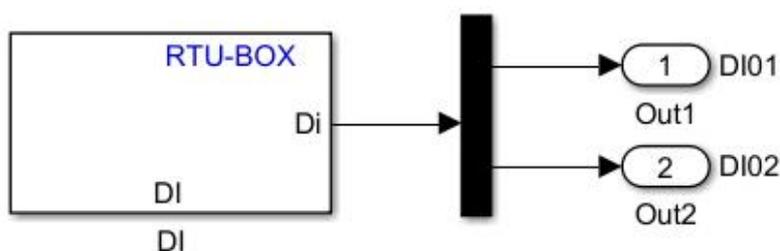


图 5.12 不勾选 Use multiple output ports

Use multiple output ports 如果勾选，在配置了多通道的情况下，则可分别显示，如下图所示：

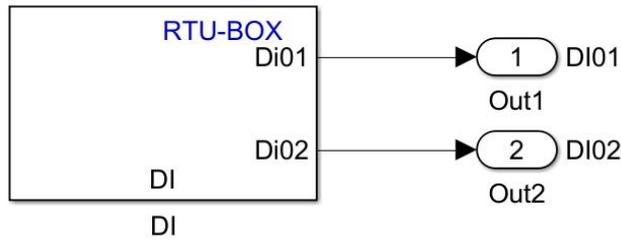


图 5.13 勾选 Use multiple output ports

5.2.6 DO 模块

DO 模块用于将 0/1 数字信号转换为 0/5V 电压信号输出，与 DO 板卡对应，接口定义详见 2.3 节。DO 模块共有 32 个通道，双击 DO 模块可进入模块参数配置界面，如图 5.14 所示。

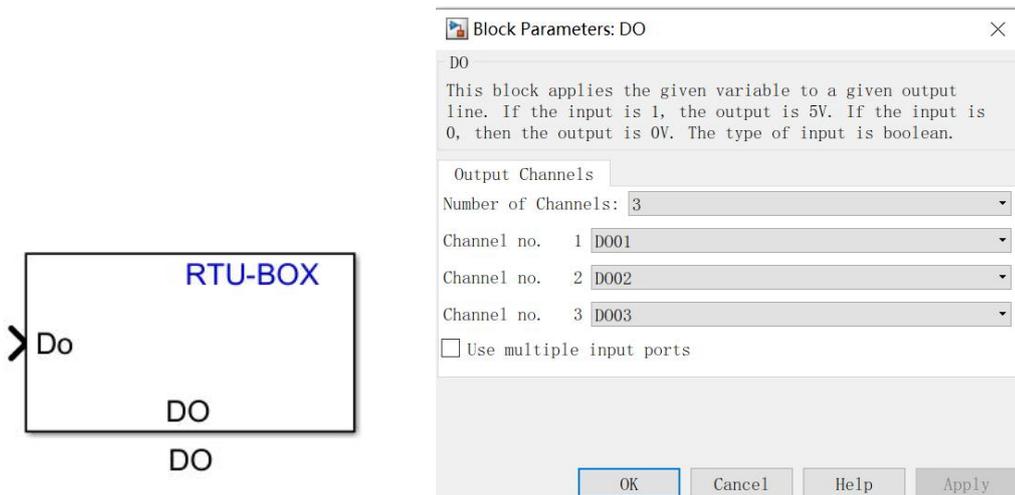


图 5.14 DO 模块

DO 模块参数说明如下表 5.6 所示。

表 5.6 DO 模块参数说明

项目	名称	参数说明	数据类型
Number of Channels	通道总数选择	选择实际使用的 DO 通道总数	-
Channel no.	具体的通道	选择实际的转换通道	-
Use multiple input ports	多通道输入端口	使用多通道端口，详见说明 1	-
DO	-	输入 0 或者 1	Boolean

说明 1:

Use multiple input ports 如果不勾选，在配置了多通道的情况下，需要配合 Mux 一起使用，如下图所示：

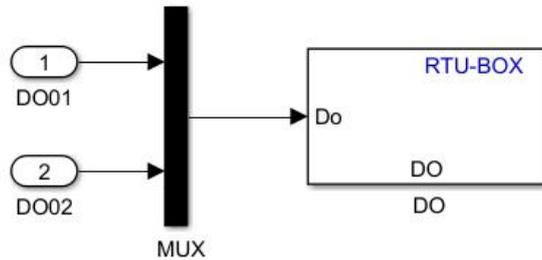


图 5.15 不勾选 Use multiple input ports

Use multiple input ports 如果勾选，在配置了多通道的情况下，则可分别显示，如下图所示：

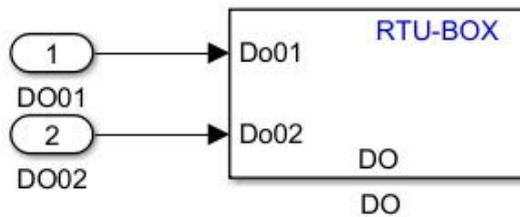


图 5.16 勾选 Use multiple input ports

5.2.7 DAC 模块

DAC 模块用于将数字量转换为模拟量输出，与 DAC 板卡对应，接口定义详见 2.5 节。DAC 模块共有 8 路输出口，双击 DAC 模块可进入模块参数配置界面，如图 5.17 所示。

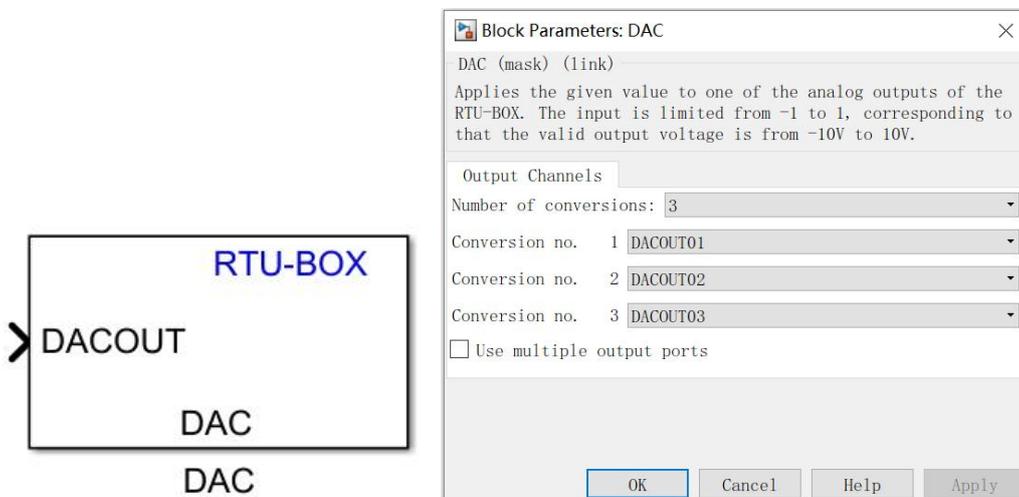


图 5.17 DAC 模块

DAC 模块参数说明如下表 5.7 所示。

表 5.7 DAC 模块参数说明

项目	名称	参数说明	数据类型
Number of Channels	通道总数选择	选择实际使用的 DAC 通道总数	-
Conversions no.	具体的通道	选择实际的转换通道	-
Use multiple input ports	多通道输入端口	使用多通道端口，详见说明 1	-
DacA	-	DAC 通道输入，范围-10~10，对应输出电压-10V~10V	Single

说明 1:

Use multiple input ports 如果不勾选，在配置了多通道的情况下，需要配合 Mux 一起使用，如下图所示：

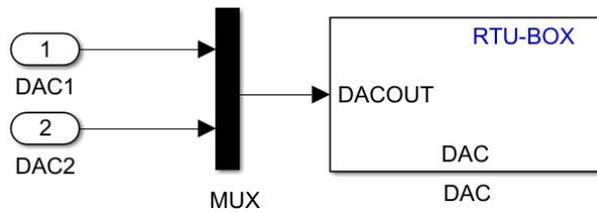


图 5.18 不勾选 Use multiple input ports

Use multiple input ports 如果勾选，在配置了多通道的情况下，则可分别显示，如下图所示：

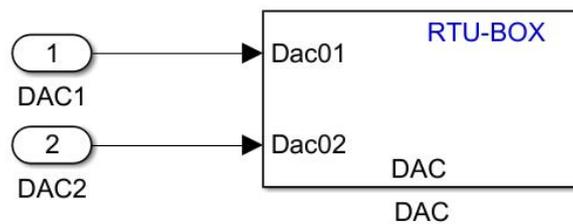


图 5.19 勾选 Use multiple input ports

5.2.8 DSP PWM 模块

DSP PWM 模块用于控制 FIBER 板卡上的 PWM 通道，双击 DSP PWM 模块可进入模块参数配置界面，如图 5.20 所示。

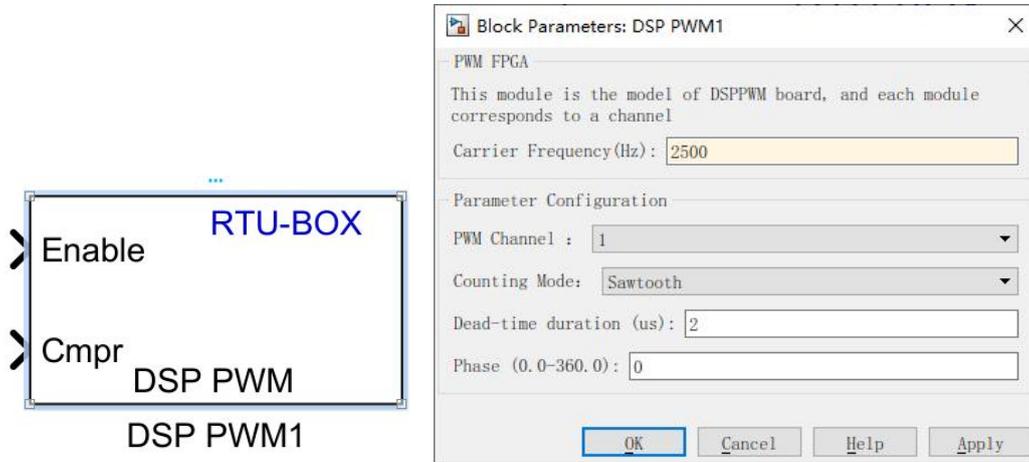


图 5.20 DSP PWM 模块

DSP PWM 模块参数说明如下表 5.8 所示。

表 5.8 DSP PWM 模块参数说明

项目	名称	参数说明	数据类型
Carrier Frequency	载波频率	载波输入的频率	-
PWM Channel	PWM 通道	选择使用的 PWM 通道, 可选择 1—12 通道, PWM 信号从 Fiber 板卡输出, 详见 2.3 节	-
Counting Mode	载波模式	PWM 载波模式输出模式, 详见说明 2	-
Dead-time Duration	死区时间	死区时间, 单位 us, 详见说明 3	-
Phase	初始相位	PWM 初始相位输入范围 0-360	Single

说明 1:

DSP PWM 模块只有一种输出模式: A/B 通道互补输出, 需要输入死区时间 (Dead-time duration)。

说明 2:

DSP PWM 使用的是 EPWM 的功能, 下面描述 DSP PWM 采用 EPWM 描述。该模块是默认互补输出

- 1、Sawtooth 载波模式 (单边控制 PWM):

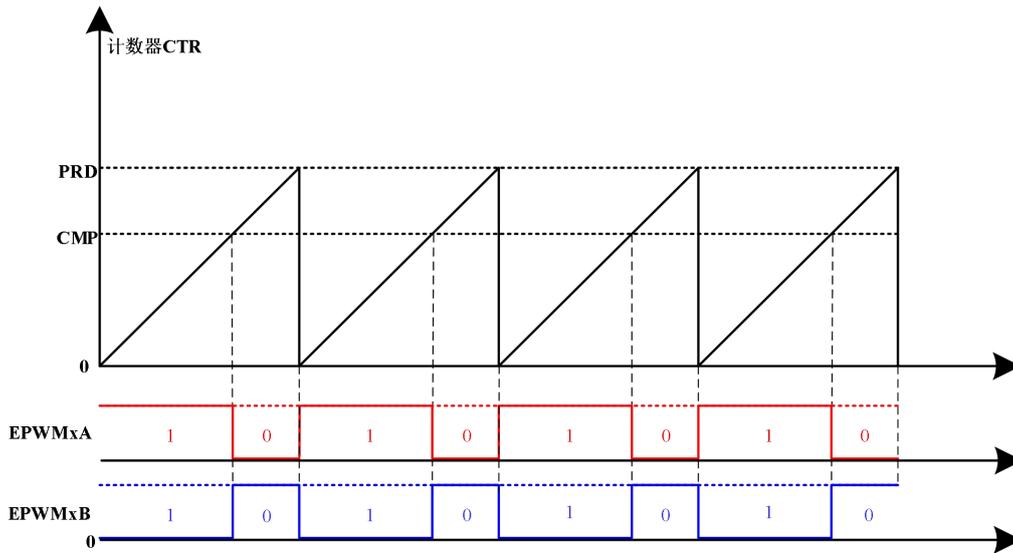


图 5.21 载波: Sawtooth, 输出模式: Complimentary Signals Output 发波原理

由图 5.21, 计数器 CTR 重复从 0 增计数到 PRD, EPWMxA 和 EPWMxB 互补输出。其中, CMP 为 EPWMA、EPWMB 共用的比较器。在一个载波周期里, 当计数器 CTR 的值等于比较器值时, EPWMxA 跳变为低电平, EPWMxB 跳变为高电平; 当计数器 CTR 的值等于周期值 PRD 时, EPWMxA 跳变为高电平, EPWMxB 跳变为低电平。

2、Invsawtooth 载波模式 (单边控制 PWM):

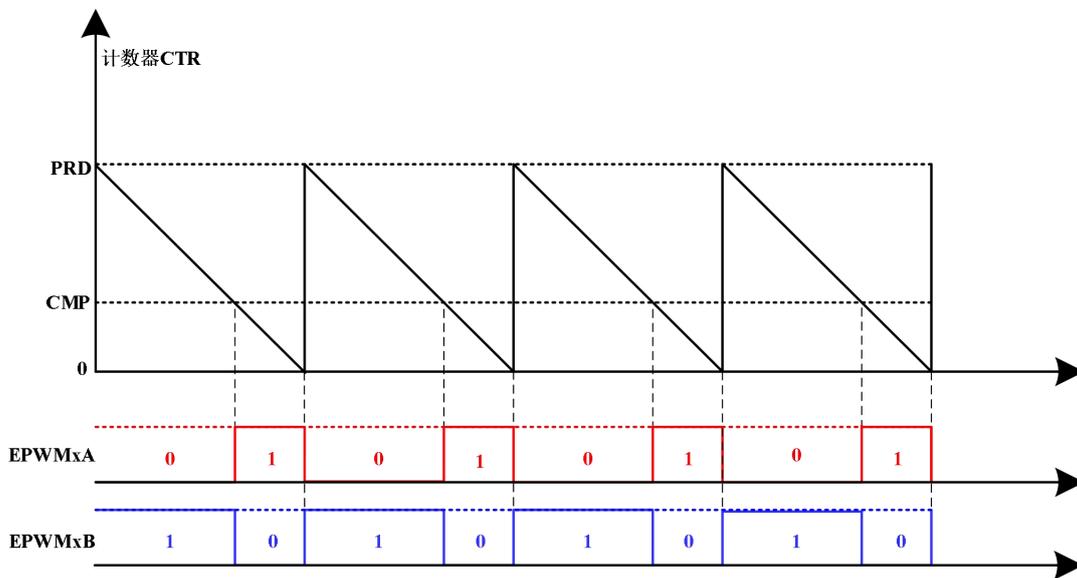


图 5.22 载波: Invsawtooth, 输出模式: Complimentary Signal Output 发波原理

由图 5.22, 计数器 CTR 重复从 PRD 减计数到 0, EPWMxA 与 EPWMxB 互补输出。其中, CMP 为 EPWMA、EPWMB 共用的比较器。当计数器 CTR 的值等于比较器值时, EPWMxA 跳变为高电平, EPWMxB 跳变为低电平; 当计数器 CTR 的值等于 0 时, EPWMxA 跳变为低电平, EPWMxB 跳变为高电平。

3、Triangle 载波模式 (双边控制 PWM):

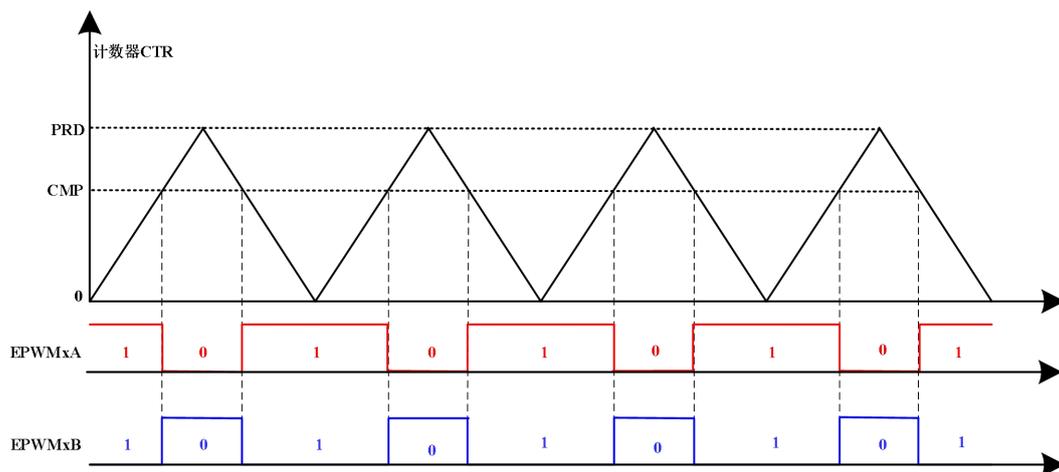


图 5.23 载波: Triangle, 输出模式: Complimentary Signal Output 发波原理

由图 5.23, 计数器 CTR 从 0 增计数到 PRD, 然后从 PRD 减计数到 0, EPWMxA 和 EPWMxB 互补输出。其中, CAM 为 EPWMA、EPWMB 共同的计数器。在一个载波周期里, 当计数器 CTR 的值第一次等于比较器值时, EPWMxA 跳变为低电平, EPWMxB 跳变为高电平; 当计数器 CTR 的值第二次等于比较器值时, EPWMxA 跳变为高电平, EPWMxB 跳变为低电平。

说明 3:

Phase 相位角度设置是指不同的 PWM 单元之间载波的相位差, 因此产生的 PWM 之间也会有相同的相位差。相位对于不同单元产生的 PWM 影响如图 5.24 所示, 其中, EPWM1 的相位角度为 0, EPWM2 的相位角度为 α 。

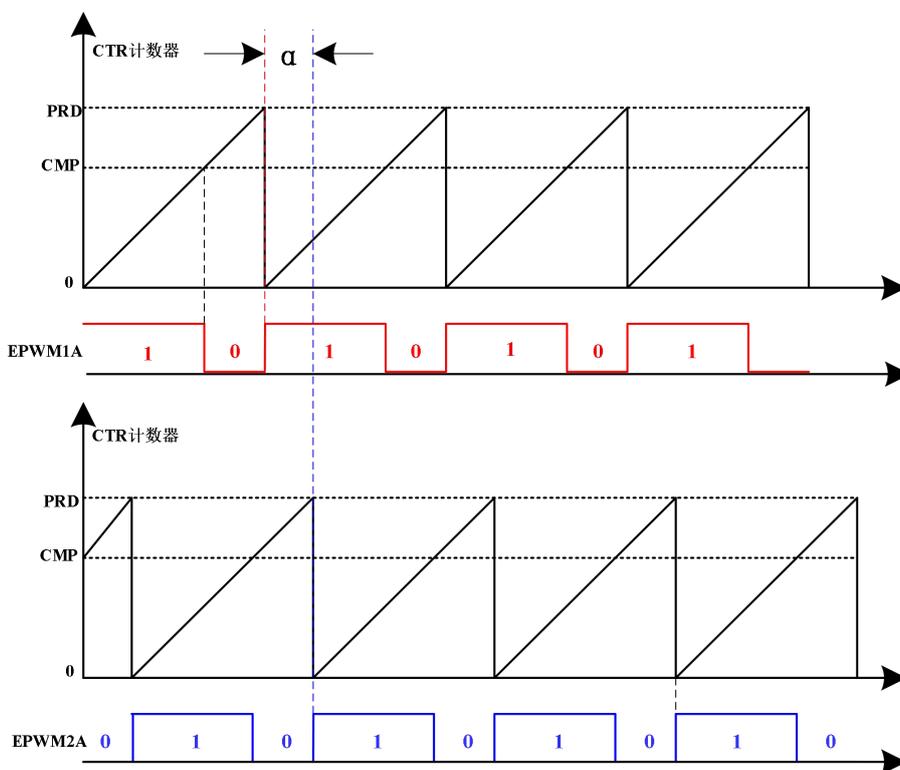


图 5.24 相位对于 EPWM 单元产生 PWM 的影响

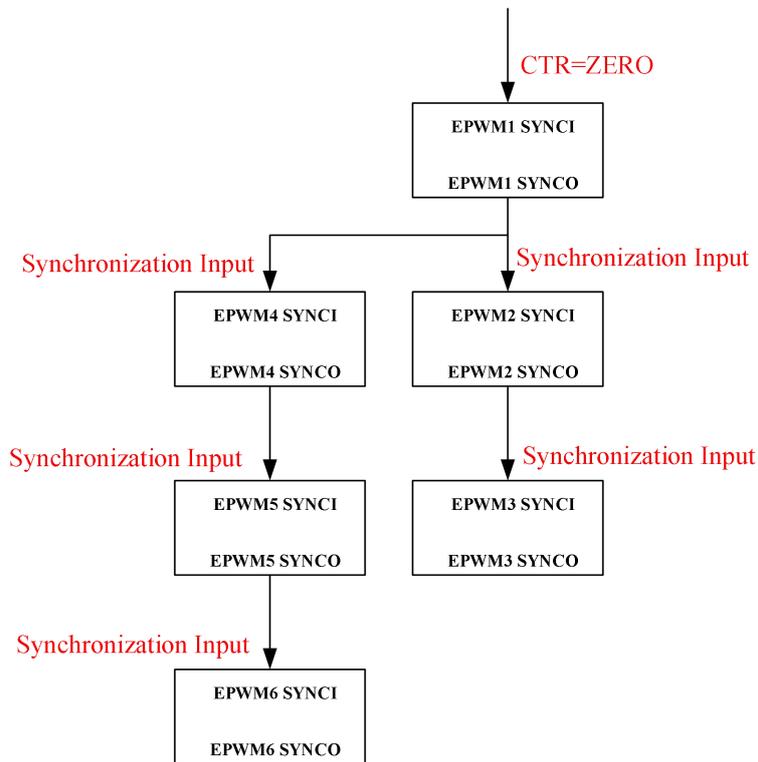


图 5.25 时钟链

注：由于时钟的逻辑顺序，在模型中必须要配置 DSP PWM1 通道，如果该通道未被使用，可以将其注释但不可删除。

说明 4:

您需要设置死区时间，死区时间单位为 us。

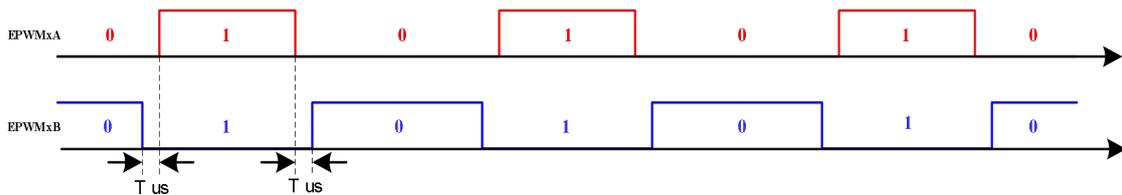


图 5.26 死区时间示意图

5.2.9 FPGA PWM Control 模块

FPGA PWM Control 模块用于使能/禁用 PWM 功能，当 Enable=0 时，FPGA 所有 PWM 通道均输出为 0。双击 FPGA PWM Control 模块可进入模块参数介绍界面，如图 5.27 所示。

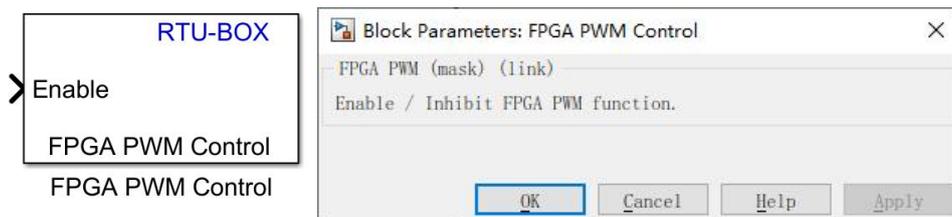


图 5.27 FPGA PWM Control 模块

5.2.10 FPGA PWM 模块

FPGA PWM 模块的 PWM 由 FPGA 产生, 双击 FPGA PWM 模块可进入模块参数设置界面, 如图 5.28 所示。

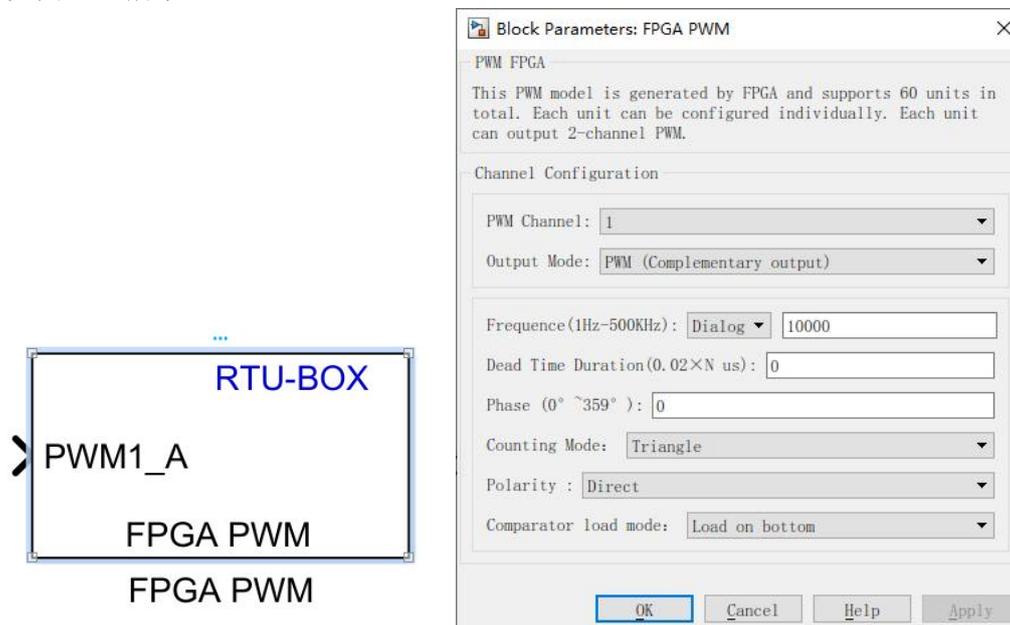


图 5.28 FPGA PWM 模块

DSP PWM 模块参数说明如下表 5.9 所示。

表 5.9 DSP PWM 模块参数说明

项目	名称	参数说明	数据类型
Pwm Channel	通道选择	PWM Channel PWM 通道选择使用的 PWM 通道, 可选择 1—60 通道, PWM 信号从 Fiber 板卡输出, 详见 2.4 节	-
Output Mode	输出模式	Pwm(single output)-单信号输出 PWM 信号 Pwm(Complimentary)-互补输出 PWM 信号 Do(Complimentary)-互补输出 DO 信号 Do(single output)-单信号输出 DO 信号	-
Frequency	频率设置	频率设置, 范围 500Hz~500KHz	-
Dead-time Duration	死区时间	死区时间, 单位 us	-
Counting Mode	计数模式	计数模式有 Triangle、Invtriangle、Sawtooth、Invsawtooth 四种, 详见说明 3	-
Phase	相位	相位参数, 可设置范围为 0~359	-
Polarity	极性	输出极性。Direct: 直接输出; Inverse: 反相输出	-
Comparator load mode	比较器加载模式	Load on bottom-底部装载 Load on peak-顶部装载 Load on peak or bottom-顶部或者底部装载	-

说明 1:

FPGA PWM 模块有两种输出模式: PWM 模式和 DO 模式, PWM 模式根据给定的占空

比由 FPGA 发出 PWM; DO 模式是根据给定的输入指令输出 0 或者 1 状态。若选择了 DO 模式, 则相关功能选择被禁用, 如图 5.29。

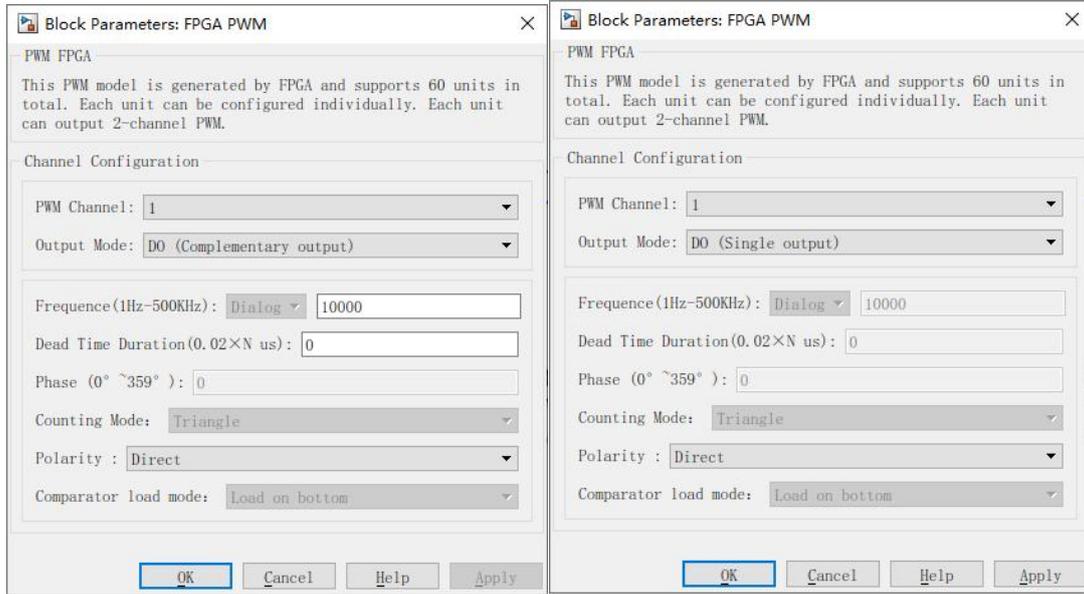


图 5.29 FPGA PWM 模块 DO 通道

说明 2:

一个单元中的两个 PWM 信号互补输出。PWMM 和 PWMS 各拥有 30 个单元, 即可各自输出 30 对互补的 PWM 信号。

说明 3:

FPGA PWM 模块支持四种载波形式: Sawtooth、Invsawtooth、Triangle、Invtriangle, 分别如图 5.41、5.42、5.43、5.44 所示, 通过载波生成 PWM 的工作原理请参考 5.2.8 节。

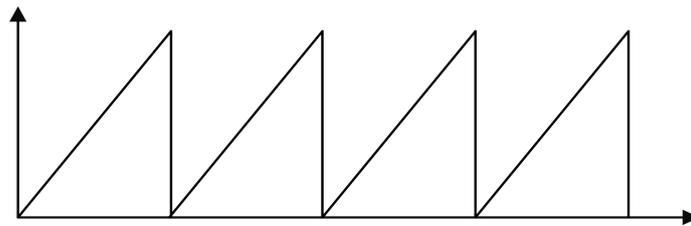


图 5.30 Sawtooth 载波形式

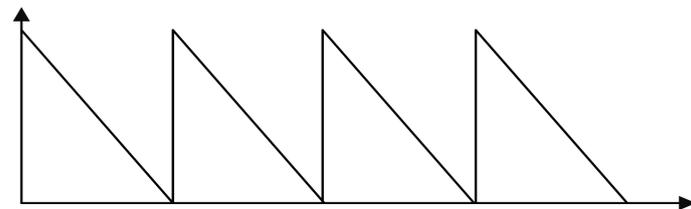


图 5.31 Invsawtooth 载波形式

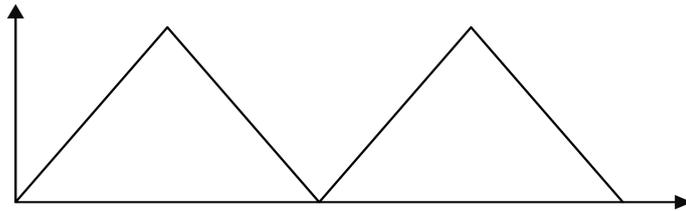


图 5.32 Triangle 载波形式

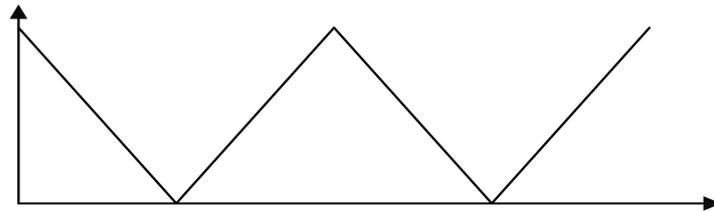


图 5.33 Invtriangle 载波形式

5.2.11 QEP 模块

QEP 模块用于解码正交光电编码器，以获得电机转子的旋转方向、速度和位置信息，与 ENCODER 板卡对应，接口定义详见 2.9 节。双击 QEP 模块可进入模块参数设置界面，如图 5.34 所示。

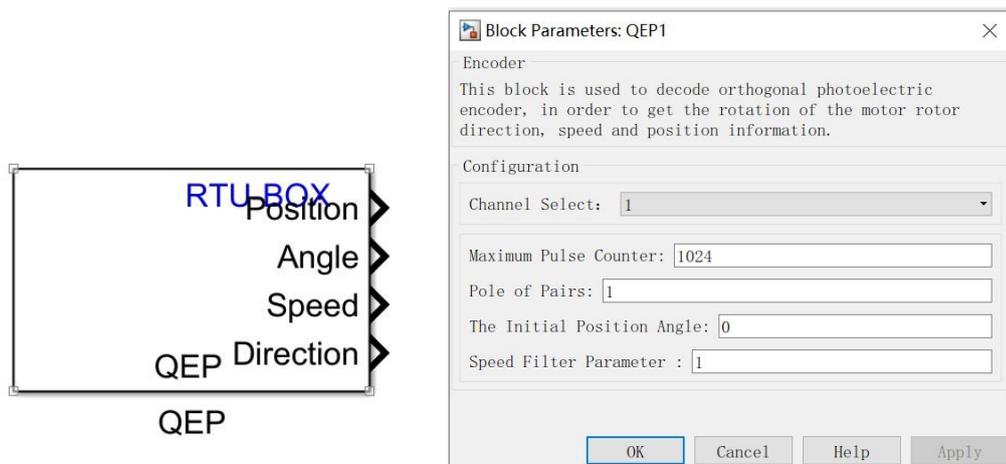


图 5.34 QEP 模块

QEP 模块参数说明如下表 5.10 所示。

表 5.10 QEP 模块参数说明

项目	名称	参数说明	数据类型
Channel Selection	通道选择	1-通道 1 2-通道 2 3-通道 3	-
Maximum Pulse Counter	编码器线数	编码器旋转一圈发出的脉冲数量	-
Pole of Pairs	极对数	电机的极对数	-
The Initial Position Angle	角度补偿	用于校正编码器的零位置	-
Speed Filter Parameter	速度滤波器参数	速度越小设置越大一般建议低速 64	-

5.2.12 eCAN Tx 模块

eCAN Tx 模块用于实现 RTU-BOX206 通过 CAN 总线向其他设备或上位机发送信息的功能。双击 eCAN Tx 模块可进入模块参数设置界面，如图 5.35 所示。（RTU-BOX206 的 CAN 接口在 CPU 板上，如图 2.3 所示）

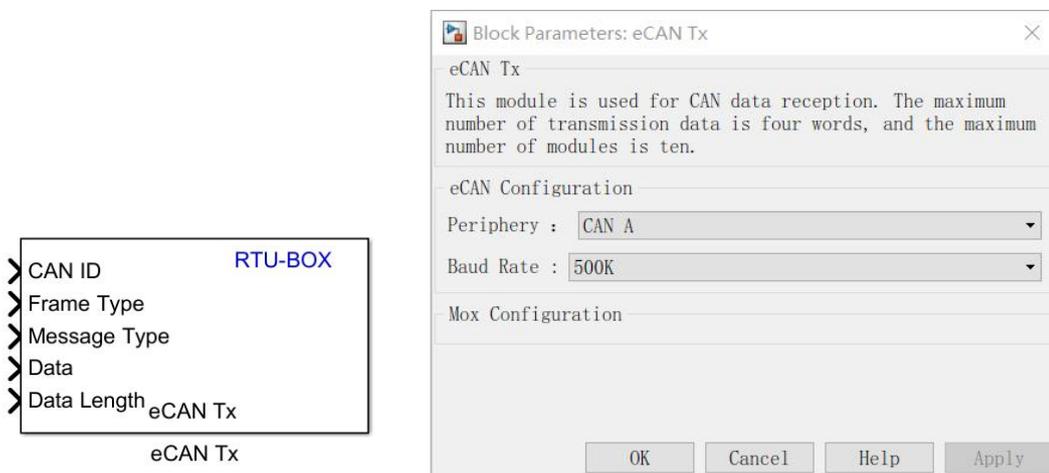


图 5.35 eCAN Tx 模块

eCAN Tx 模块参数说明如下表 5.11 所示。

表 5.11 eCAN Tx 模块参数说明

项目	名称	参数说明	数据类型
CAN ID	CAN ID	外接 Variable 模块输入 CAN ID，标准帧 11 位，扩展帧 29 位	Uint32
Frame Type	帧类型	Ture-标准帧 Flase 扩展帧-	Boolean
Message Type	邮箱类型	Ture-数据帧 Flase-远程帧	Boolean
Data	数据	发送数据的内容，最多 8 个字节	Uint8
Data Length	数据长度	发送数据的长度，最多 8 个字节	Uint8
Periphery	外设选择	有两种选择 CAN A 和 CAN B	-
Baud Rate	波特率选择	20K、50K、100K、125K、250K、500K、1000K	-

以下为具体使用参考案例：

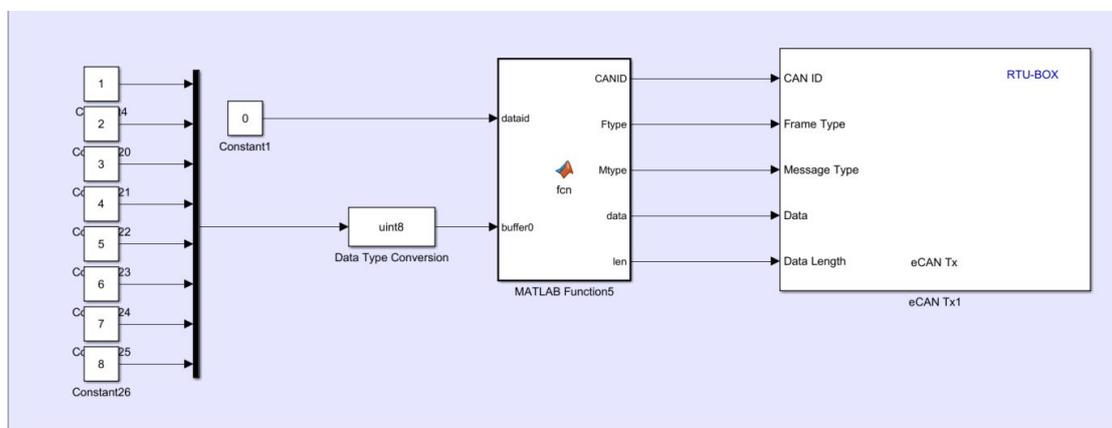


图 5.36 eCAN Tx 模型实例

```
function [CANID, Ftype, Mtype, data, len] = fcn(dataid, buffer0)
    Ftype=false;
    Mtype=true;
    len=uint8(8);
    CANID=dataid;
    data = buffer0;
```

图 5.37 eCAN Tx MATLAB Function 代码

5.2.13 eCAN Rx 模块

eCAN Rx 模块用于实现 RTU-BOX206 通过 CAN 通信接收其他设备或上位机发送信息的功能。双击 eCAN Rx 模块可进入模块参数设置界面，如图 5.38 所示。（RTU-BOX206 的 CAN 口在 CPU 板上，如图 2.3 所示）

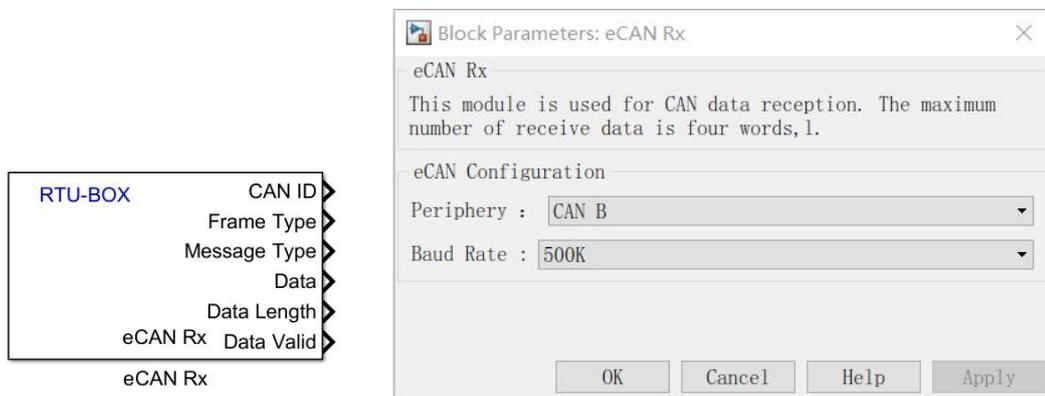


图 5.38 eCAN Rx 模块

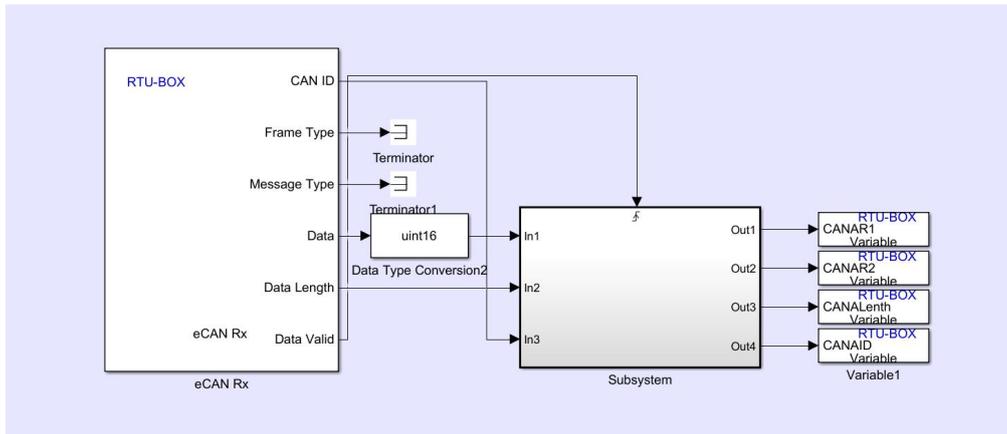
eCAN Rx 模块参数说明如下表 5.12 所示。

表 5.12 eCAN Rx 模块参数说明

项目	名称	参数说明	数据类型
CAN ID	CAN ID	外接变量输出 CAN ID，标准帧 11 位，扩展帧 29 位	Uint16
Frame Type	帧类型	Ture-标准帧 Flase 扩展帧-	Boolean
Message Type	邮箱类型	Ture-数据帧 Flase-远程帧	Boolean
Data	数据	接受数据的内容，最多 8 个字节	-
Data Length	数据长度	接受数据的长度，最多 8 个字节	Uint8
Data Valid	数据校验	外接 Variable 模块显示输出校验内容	-
Periphery	外设选择	有两种选择 CAN A 和 CAN B	-
Baud Rate	波特率选择	20K、50K、100K、125K、250K、500K、1000K	-

注意：使用 CAN 模块通信之前请先确认 CAN 的参数设置，使用 CAN 通信的两台设备相关参数的设置要一致。

以下为具体使用参考案例：



Trigger

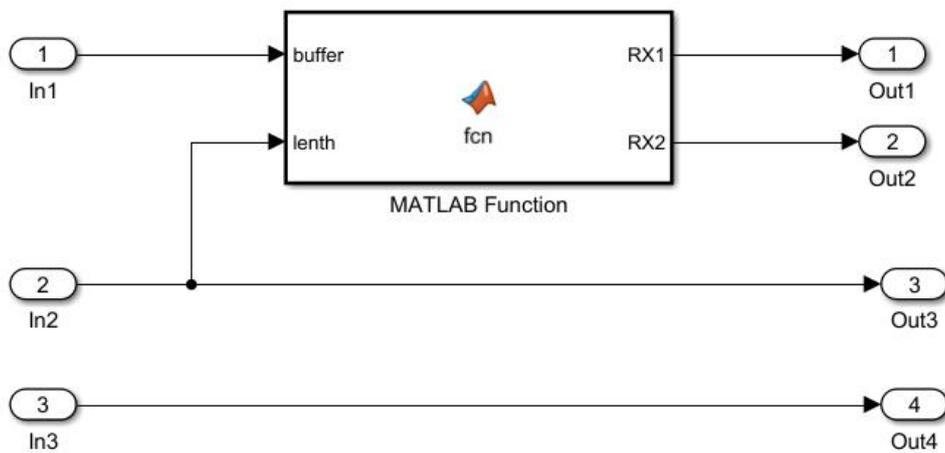


图 5.39 eCAN Rx 模型实例

```
function [RX1,RX2] = fcn(buffer, lenth)
    %对输出的变量进行单精度初始化
    RX1 = uint16(0); %服务请求的地址
    RX2 = uint16(0); %请求的服务

    %按照数据格式解析
    if lenth > 2 %判别是否为数据帧
        RX1 = buffer(1);
        RX2 = buffer(2);
    end
```

图 5.37 eCAN Rx MATLAB Function 代码

5.2.14 RS232 Transmit 模块

RS232 Transmit 模块用于实现 RTU-BOX206 通过 RS232 通信串口向其他设备或上位机发送信息的功能。双击 RS232 Transmit 模块可进入模块参数设置界面，如图 5.38 所示。（RTU-BOX206 的 RS232 通信串口在 CPU 板上，如图 2.3 所示）

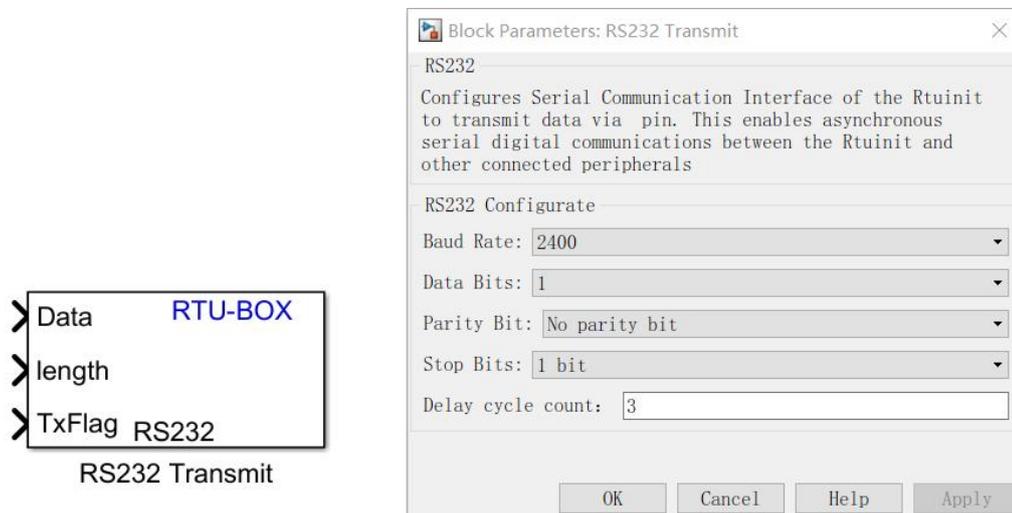


图 5.38 RS232 Transmit 模块

RS232 Transmit 模块参数说明如下表 5.12 所示。

表 5.12 RS232 Transmit 模块参数说明

项目	名称	参数说明	数据类型
Data	数据	外接 Variable 模块的接口用来在上位机上在线给定参数	-
Length	数据长度	外接 Variable 模块的接口用来在上位机上在线给定参数	-
TxFlag	发送标志位	外接 Variable 模块的接口用来在上位机上在线给定参数	boolean
Baud Rate	波特率选择	支持 2400, 4800, 7200, 9600, 14400, 19200, 38400, 57600, 115200, 128000	-
Data Bits	数据长度	数据长度，支持 8 字节	-
Parity Bit	校验位	校验位，可选择奇/偶校验或无校验	-
Stop Bits	停止位	停止位，可选择 1 位/2 位	-
Delay cycle count	延迟周期计数	设置延迟计数周期	-

注：RS232 Transmit 模块 Simulink 模型内具体使用参考 RS485 Transmit 模块。

5.2.15 RS232 Receive 模块

RS232 Receive 模块用于实现 RTU-BOX206 通过 RS232 通信串口接收其他设备或上位机发送信息的功能。双击 RS232 Receive 模块可进入模块参数设置界面，如图 5.39 所示。（RTU-BOX206 的 RS232 通信串口在 CPU 板上，如图 2.3 所示）

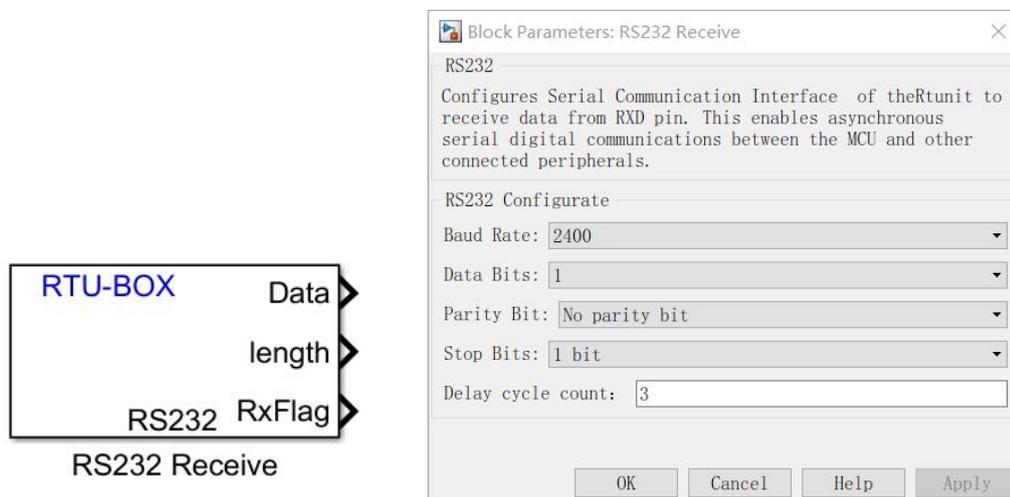


图 5.39 RS232 Receive 模块

RS232 Receive 模块参数说明如下表 5.13 所示。

表 5.13 RS232 Receive 模块参数说明

项目	名称	参数说明	数据类型
Data	数据	外接 Variable 模块的接口用来在上位机上实时显示	-
Length	数据长度	外接 Variable 模块的接口用来在上位机上实时显示	-
RxFlag	接受标志位	外接 Variable 模块的接口用来在上位机上实时显示	boolean
Baud Rate	波特率选择	支持 2400, 4800, 7200, 9600, 14400, 19200, 38400, 57600, 115200, 128000	-
Data Bits	数据长度	数据长度，支持 8 字节	-
Parity Bit	校验位	校验位，可选择奇/偶校验或无校验	-
Stop Bits	停止位	停止位，可选择 1 位/2 位	-
Delay cycle count	延迟周期计数	设置延迟计数周期	-

注：RS232 Receive 模块 Simulink 模型内具体使用参考 RS485 Receive 模块。

5.2.16 RS485 Transmit 模块

RS485 Transmit 模块用于实现 RTU-BOX206 通过 RS485 通信串口向其他设备或上位机发送信息的功能。双击 RS485 Transmit 模块可进入模块参数设置界面，如图 5.40 所示。（RTU-BOX206 的 RS485 通信串口在 CPU 板上，如图 2.3 所示）

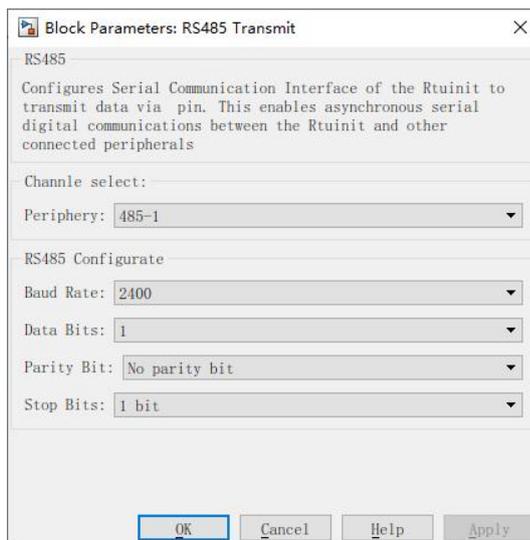
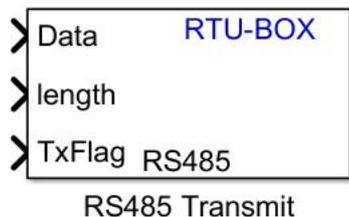


图 5.40 RS485 Transmit 模块

RS485 Transmit 模块参数说明如下表 5.14 所示。

表 5.14 RS485 Transmit 模块参数说明

项目	名称	参数说明	数据类型
Data	数据	外接 Variable 模块的接口用来在上位机上在线给定参数	-
Length	数据长度	外接 Variable 模块的接口用来在上位机上在线给定参数	-
TxFlag	发送标志位	外接 Variable 模块的接口用来在上位机上在线给定参数	boolean
Periphery	外设选择	有两种选择 485-1 和 485-2	-
Baud Rate	波特率选择	支持 2400, 4800, 7200, 9600, 14400, 19200, 38400, 57600, 115200, 128000	-
Data Bits	数据长度	数据长度, 支持 8 字节	-
Parity Bit	校验位	校验位, 可选择奇/偶校验或无校验	-
Stop Bits	停止位	停止位, 可选择 1 位/2 位	-

以下为具体使用参考案例：

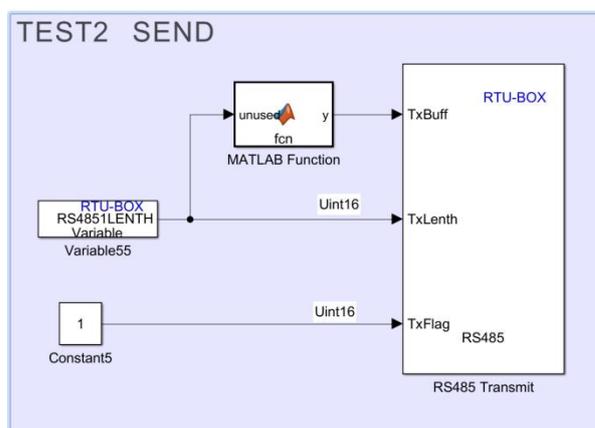


图 5.41 RS485 Transmit 模型实例

```
function y = fcn(~)
    data =uint16( 1:1:255);
    y = data';
```

图 5.42 RS485 Transmitx MATLAB Function 代码

5.2.17 RS485 Receive 模块

RS485 Receive 模块用于实现 RTU-BOX206 通过 RS485 通信串口,接收其他设备或上位机发送信息的功能。双击 RS485 Receive 模块可进入模块参数设置界面,如图 5.43 所示。(RTU-BOX206 的 RS485 通信串口在 CPU 板上,如图 2.3 所示)

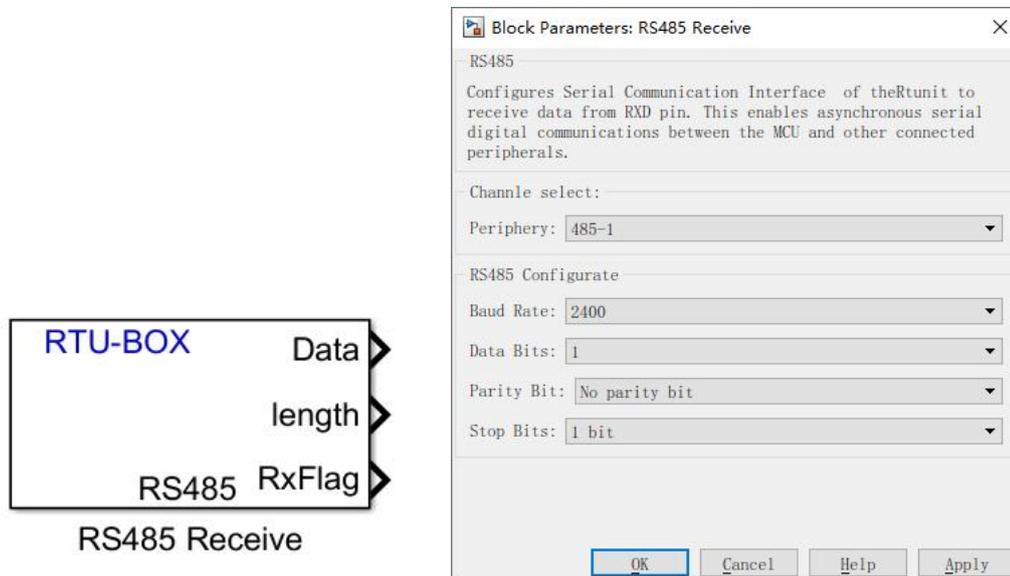


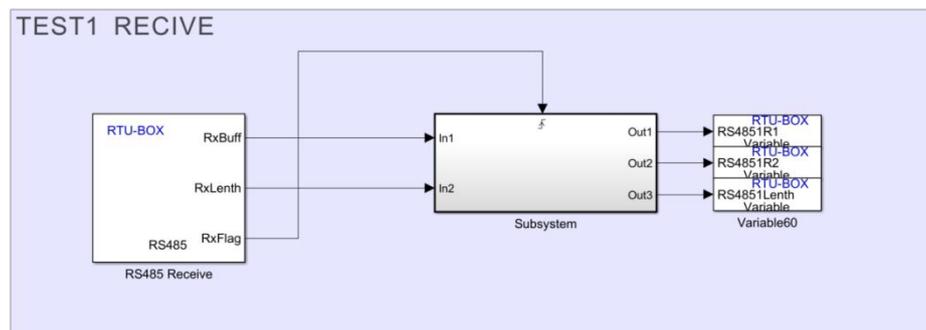
图 5.43 RS485 Receive 模块

RS485 Receive 模块参数说明如下表 5.15 所示。

表 5.15 RS485 Receive 模块参数说明

项目	名称	参数说明	数据类型
Data	数据	外接 Variable 模块的接口用来在上位机上实时显示	-
Length	数据长度	外接 Variable 模块的接口用来在上位机上实时显示	-
RxFlag	接受标志位	外接 Variable 模块的接口用来在上位机上实时显示	boolean
Periphery	外设选择	有两种选择 485-1 和 485-2	-
Baud Rate	波特率选择	支持 2400, 4800, 7200, 9600, 14400, 19200, 38400, 57600, 115200, 128000	-
Data Bits	数据长度	数据长度, 支持 8 字节	-
Parity Bit	校验位	校验位, 可选择奇/偶校验或无校验	-
Stop Bits	停止位	停止位, 可选择 1 位/2 位	-

以下为具体使用参考案例:



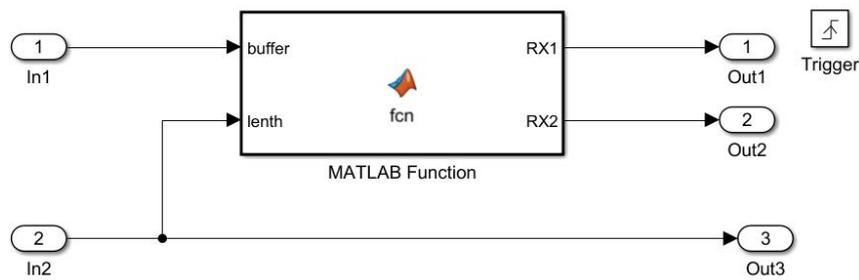


图 5.44 RS485 Receive 模型实例

```
function [RX1, RX2] = fcn(buffer, lenth)
%对输出的变量进行单精度初始化
RX1 = uint16(0); %服务请求的地址
RX2 = uint16(0); %请求的服务

%按照数据格式解析
if lenth > 0 %判别是否为数据帧
    RX1 = buffer(4);
    RX2 = buffer(5);
end
```

图 5.45 RS485 Receive MATLAB Function 代码

5.2.18 Ethernet Configuration 模块

Ethernet Configuration 模块用于配置 RTU-BOX206 网口地址等信息。双击 Ethernet Configuration 模块可进入模块参数设置界面，如图 5.46 所示。（RTU-BOX206 的网口在 CPU 板上，如图 2.3 所示）

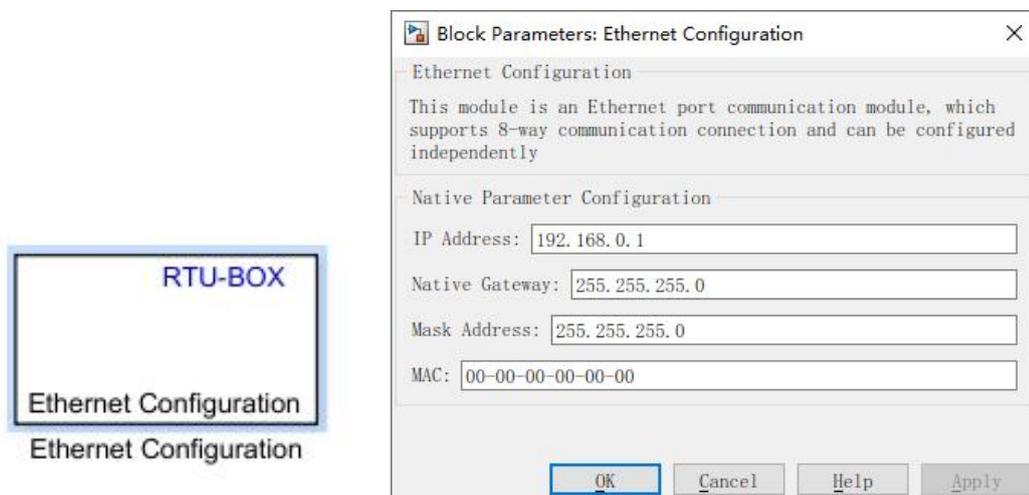


图 5.46 Ethernet Configuration 模块

Ethernet Configuration 模块参数说明如下表 5.16 所示。

表 5.16 Ethernet Configuration 模块参数说明

项目	名称	参数说明	数据类型
IP Address	IP 地址	P 地址默认为: 192.168.16.10	-
Native Gateway	本机网关	网关默认为 192.168.16.1	-
Mask Address	掩码地址	掩码地址: 255.255.255.0	-
MAC	机器码	设备 MAC 地址	-

5.2.19 Ethernet Send 模块

Ethernet Send 模块用于实现 RTU-BOX206 通过网口向其他设备或上位机发送信息的功能。双击 Ethernet Send 模块可进入模块参数设置界面, 如图 5.47 所示。(RTU-BOX206 的网口在 CPU 板上, 如图 2.3 所示)

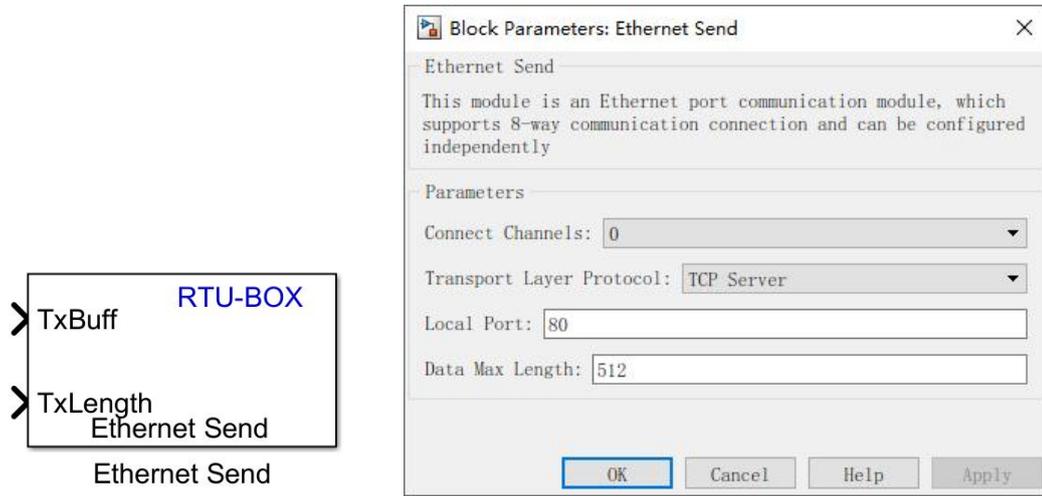


图 5.47 Ethernet Send 模块

Ethernet Send 模块参数说明如下表 5.17 所示。

表 5.17 Ethernet Send 模块参数说明

项目	名称	参数说明	数据类型
Connect Channels	连接通道	通道: 0-7	-
Transport Layer Protocol	传输层协议	TCP Server: 传输控制协议服务器 TCP Clinet: 传输控制协议客户端 UDP: 用户数据报协议	-
Remote Address	远程地址	掩码地址: 255.255.255.0	-
Remote Port	远程端口	设备 MAC 地址	-
Data Max Length	数据最大长度	512	-

5.2.20 Ethernet Receive 模块

Ethernet Receive 模块用于实现 RTU-BOX206 通过网口接收其他设备或上位机发送信息的功能。双击 Ethernet Receive 模块可进入模块参数设置界面,如图 5.48 所示。(RTU-BOX206 的网口在 CPU 板上,如图 2.3 所示)

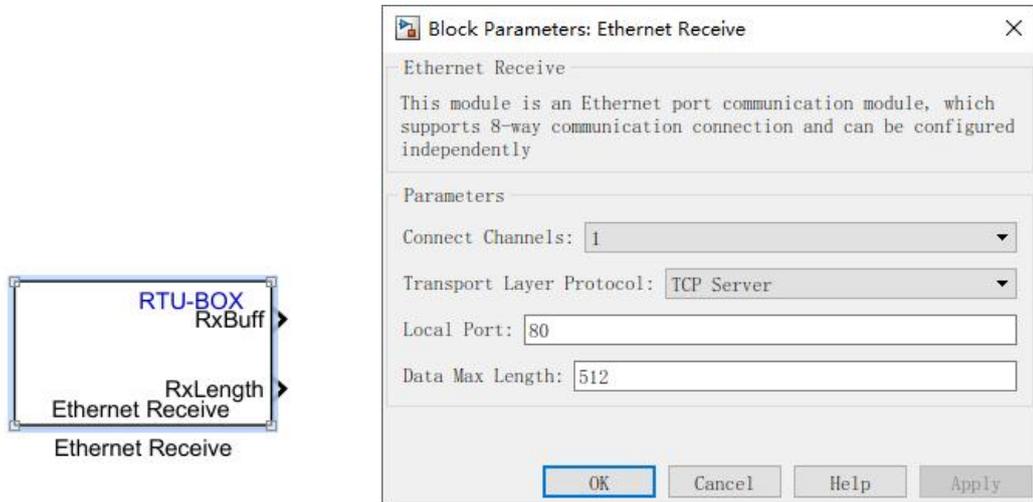


图 5.48 Ethernet Receive 模块

Ethernet Receive 模块参数说明如下表 5.18 所示。

表 5.18 Ethernet Receive 模块参数说明

项目	名称	参数说明	数据类型
Connect Channels	连接通道	通道: 0-7	-
Transport Layer Protocol	传输层协议	TCP Server: 传输控制协议服务器 TCP Clinet: 传输控制协议客户端 UDP: 用户数据报协议	-
Remote Address	远程地址	掩码地址: 255.255.255.0	-
Local Port	本地端口	设备 MAC 地址	-
Data Max Length	数据最大长度	512	-

5.2.21 YX 模块

遥信模块的功能是实现 24V 开关量输入信号的读取,双击 YX 模块可进入模块参数设置界面,如图 5.49 所示。YX 输入的开关量信号支持 24V, 110V, 220V。可以通过 TELECON 板上的跳线进行选择,默认是 24V。YX 模型的输出是相应开关量信号的状态,给引脚加 24V,模块返回 1;给引脚加 0V,模块返回 0。

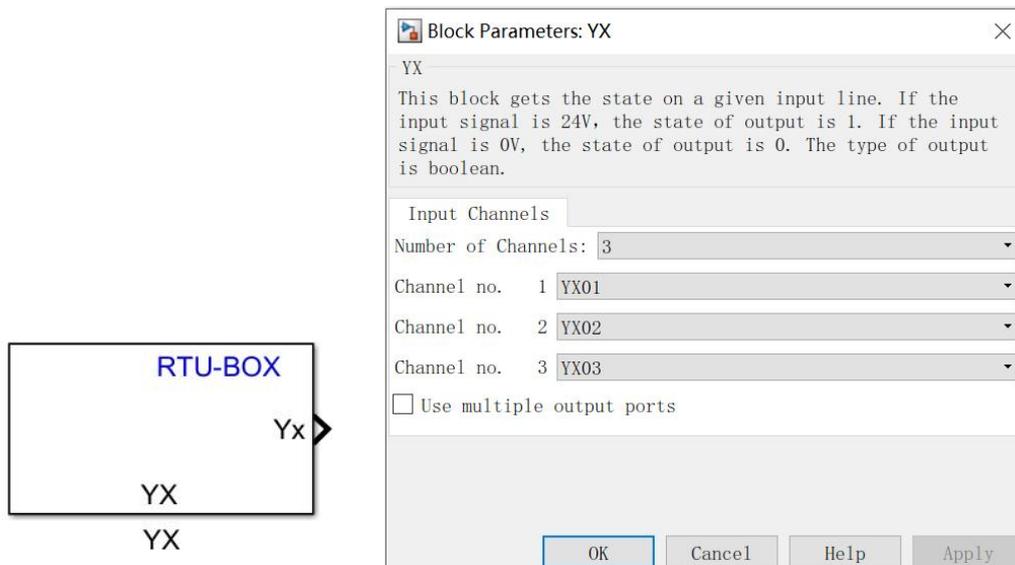


图 5.49 YX 模块

YX 模块参数说明如下表 5.19 所示。

表 5.19 YX 模块参数说明

项目	名称	参数说明	数据类型
Number of Channels	通道总数选择	选择实际使用的遥信通道总数	-
Channel no.	具体的通道	选择实际的通道	-
Use multiple output ports	多通道输出端口	使用多通道端口, 详见说明 1	-
YX	-	状态输出端口	Boolean

说明 1:

Use multiple output ports 如果不勾选, 在配置了多通道的情况下, 需要配合 Demux 一起使用, 如下图所示:

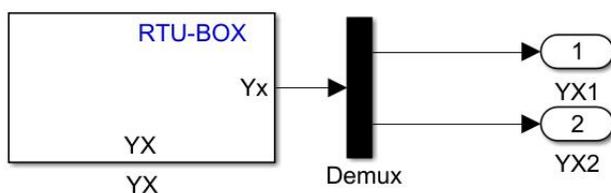


图 5.50 不勾选 Use multiple output ports

Use multiple output ports 如果勾选, 在配置了多通道的情况下, 可分别显示, 如下图所示:

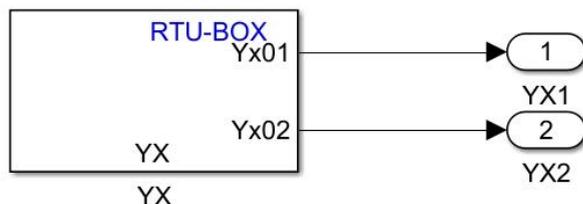


图 5.51 勾选 Use multiple output ports

注意：为了防止开关抖动，YX 模型在读取开关状态后，有 100us 延时，然后再读取开关状态，若两次结果一样，才会保存相应的开关状态。rtunit 建议不要将 YX 模块放在核心控制程序中。

5.2.22 YK 模块

遥控模块的功能是控制继电器的输出，双击 YK 模块可进入模块参数设置界面，如图 5.52 所示。YK 模块输入的数据类型为 Boolean。若输入 1，则相应的继电器闭合。若输入 0，则相应的继电器断开。

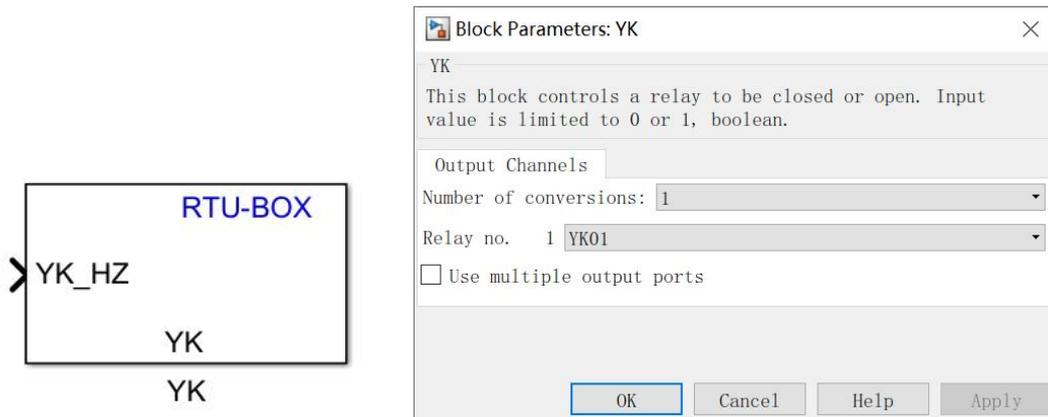


图 5.52 YK 模块

YK 模块参数说明如下表 5.20 所示。

表 5.20 YK 模块参数说明

项目	名称	参数说明	数据类型
YK Control	继电器选择	继电器选择有 TZ 和 HZ 两种，详见说明 1	-
Number of conversions	通道总数选择	选择实际使用的 YK 通道总数	-
Relay no.	具体的通道	选择实际的通道	-
Use multiple output ports	多通道输入端口	使用多通道端口，详见说明 2	-
YK	-	输出端口	Boolean

说明 1：

TELECON 板卡共有 8 个继电器，分成两组。一组称为分闸继电器 TZ，另一组称为合闸继电器 HZ。

说明 2：

Use multiple input ports 如果不勾选，在配置了多通道的情况下，需要配合 Mux 一起使用，如下图所示：

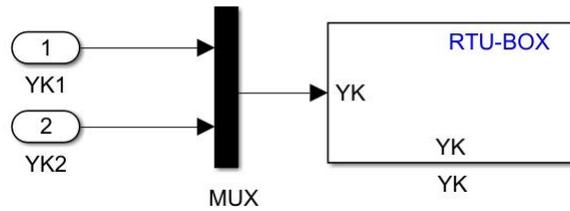


图 5.53 不勾选 Use multiple output ports

Use multiple input ports 如果勾选，在配置了多通道的情况下可分别显示，如下图所示：

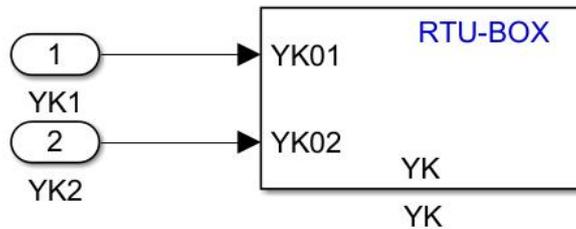


图 5.54 勾选 Use multiple output ports

5.2.23 Main Loop Task 模块

Main Loop Task 模块用于实现执行定时任务，生成的代码在主循环中执行，需配合 Function-Call Subsystem 模块一起使用(该模型为 Simulink 工具箱自带)，双击 Main Loop Task 模块可进入模块参数设置界面，如图 5.55 所示。

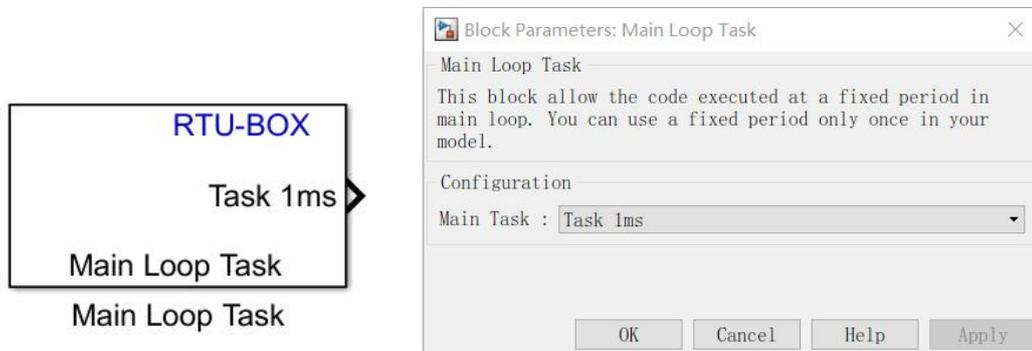


图 5.55 Main Loop Task 模块

Main Loop Task 模块参数说明如下表 5.21 所示。

表 5.21 Main Loop Task 模块参数说明

项目	名称	参数说明	数据类型
Main Task	任务时间	定时任务时长，详见说明 1	-

说明 1:

Main Loop Task 模块可实现每隔一定时间循环执行一次代码的功能，同一 Logic 模型中可以使用多个 Main Loop Task 模型，但要配置不同的事件，如图 5.56 所示。

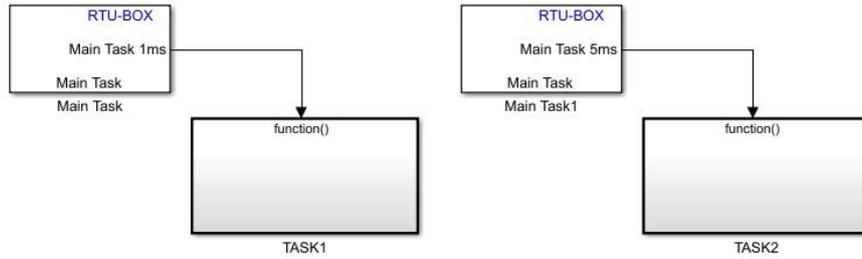


图 5.56 Main Loop Task 模块使用示例

5.2.24 TIMING 模块

TIMING 模块用于测量所包含代码在硬件控制器中运行的时间，模块介绍如图 5.57 所示。

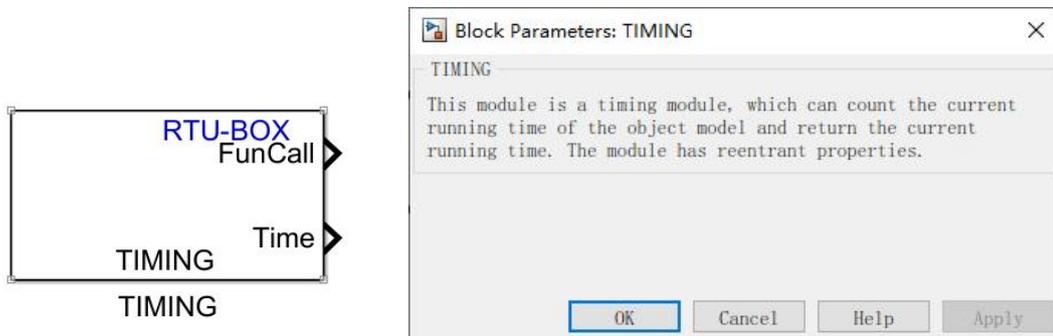


图 5.57 TIMING 模块

TIMING 模块没有参数需要配置，但其需要和 Function-Call Subsystem（该模型为 Simulink 工具箱自带）以及 Variable 模块一起使用，搭建模型如图 5.58 所示，用户需要将待测试的模型放入 Function-Call Subsystem 模块中，代码运行时长通过 TIMING 模块的 Time 口输出，单位为 us，可通过 Variable 模块在 RTUS 中观察。

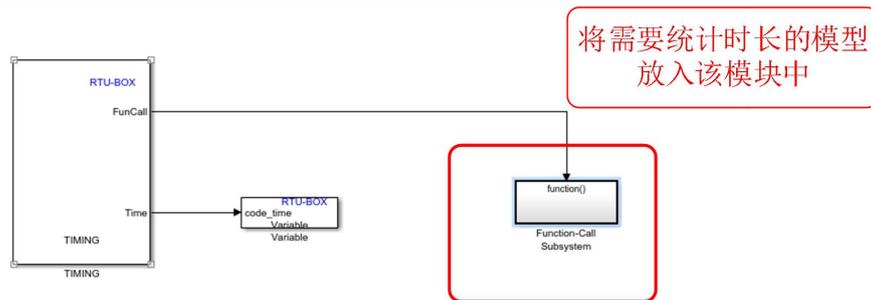


图 5.58 TIMING 模块使用示例

说明 1:

TIMING 模块可以只测部分程序，例如只测控制算法的运行时间，可搭建模型如图 5.59 所示。

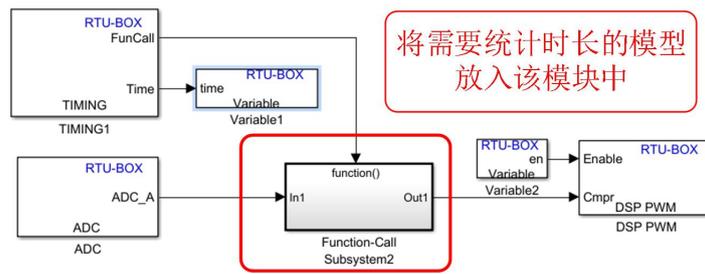


图 5.59 TIMING 模块使用示例

5.2.25 SYSCFG 模块

SYSCFG 模块用于配置系统控制频率，双击 SYSCFG 模块可进入模块参数设置界面，如图 5.60 所示。

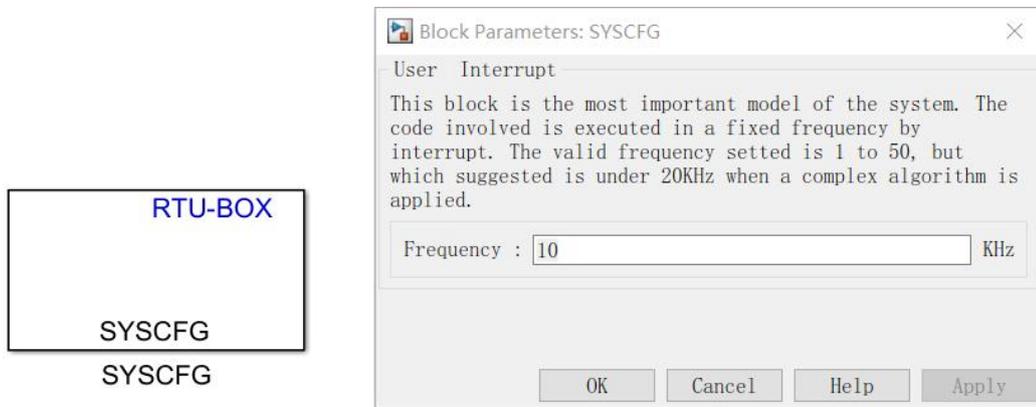


图 5.60 SYSCFG 模块

SYSCFG 模块参数说明如下表 5.21 所示。

表 5.21 SYSCFG 模块参数说明

项目	名称	参数说明	数据类型
Frequency	频率	控制频率，详见说明 1	-

说明 1:

控制频率的概念和仿真步长的概念是相同的，即每隔多长时间精准的执行一次控制程序。设定范围为 1KHz~50KHz，推荐设置为 10KHz，即 10000。设定的频率越低，则执行的步长越长，能够执行的代码也就越多越复杂；设定的频率越高，则执行的步长越小，能够执行的代码也就越少。如果代码执行的时间超过了设定的步长，RTU-BOX206 会提示超时，解决方法有两个：一是降低控制频率；二是简化控制模块。

说明 2:

采样时间 Sample time 设置的值与控制步长同步。如果控制频率为 10kHz，则采样时间变为 0.0001。其他模块的频率自动同步为系统频率。

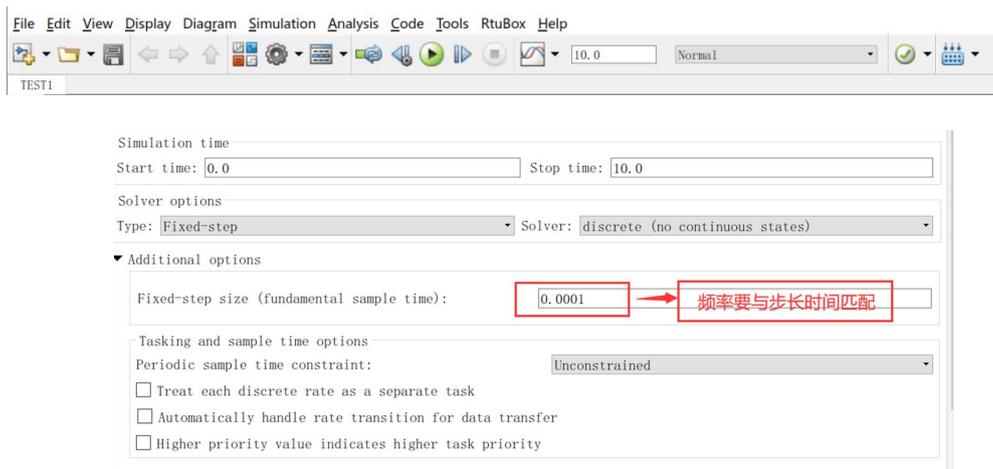
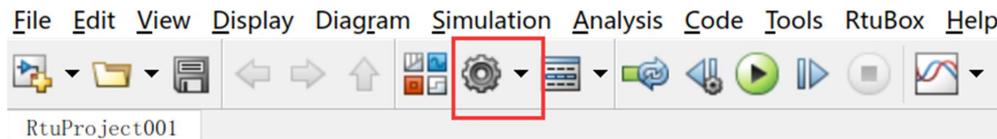


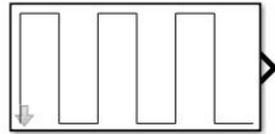
图 5.61 设置 Sample time

5.3 Common Library

Common Library 库中收录了一些常用的算法模块，方便用户使用 RTUS 进行开发。（Common Library 库将不断完善，请您关注 rtunit 公司公众号获取最新信息。）

5.3.1 Pulse Wave 模块

Pulse Wave 模块用于输出频率、相位、幅值、偏置以及占空比均可设置的方波脉冲，双击 Pulse Wave 模块可进入模块参数设置界面，如 5.62 所示。Simulink 仿真结果如图 5.63 所示。



Pulse Wave

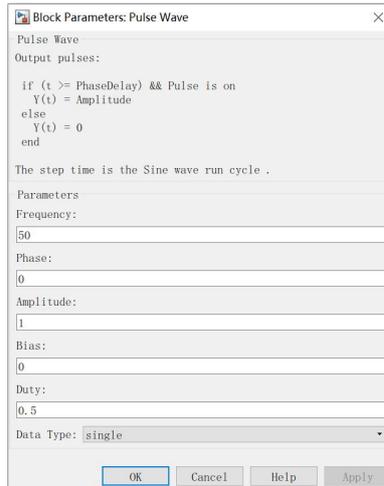


图 5.62 Pulse Wave 模块

Pulse Wave 模块参数说明如下表 5.22 所示。

表 5.22 Pulse Wave 模块参数说明

项目	名称	参数说明	数据类型
Frequency	频率	脉冲频率设置	-
Phase	相位	脉冲相位设置	-
Amplitude	幅值	脉冲幅值设置	-
Bias	偏置	脉冲偏置设置	-
Duty	占空比	脉冲占空比设置	-
Data type	数据类型	Single-单精度浮点型 Double-双精度浮点型	-

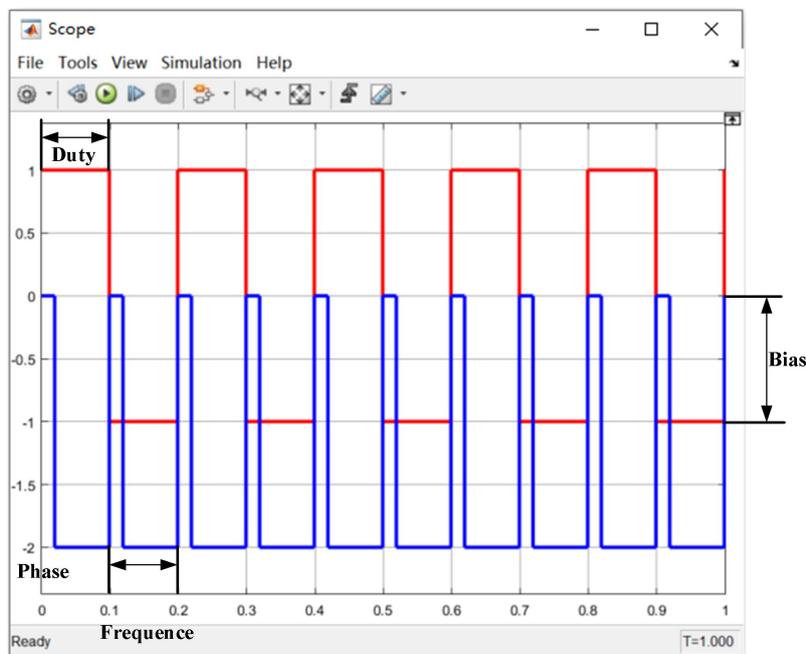


图 5.63 Pulse Wave 模块 Simulink 仿真

5.3.2 Sawtooth Wave 模块

Sawtooth Wave 模块用于输出频率可调的锯齿波，双击 Sawtooth Wave 模块可进入模块参数设置界面，如图 5.64 所示。Simulink 仿真结果如图 5.65 所示。

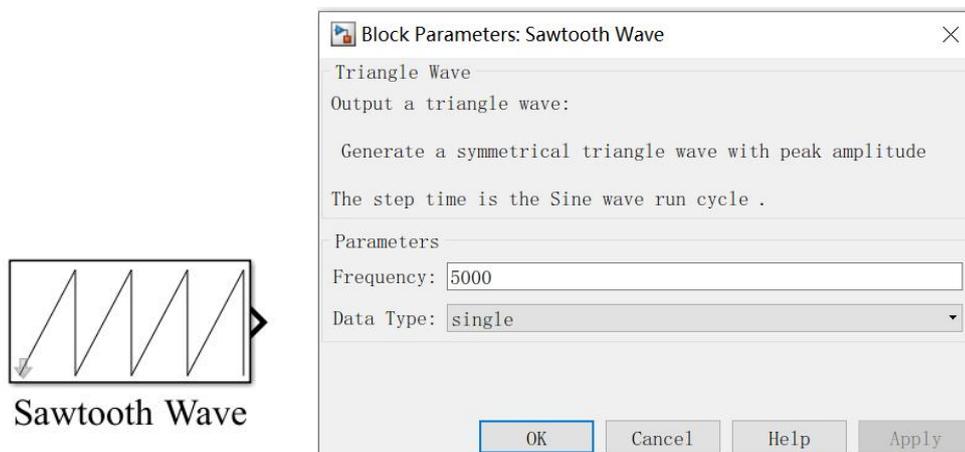


图 5.64 Sawtooth Wave 模块

Sawtooth Wave 模块参数说明如下表 5.23 所示。

表 5.23 Sawtooth Wave 模块参数说明

项目	名称	参数说明	数据类型
Frequency	频率	锯齿波频率设置	-
Data Type	数据类型	Single—单精度浮点型 Double—双精度浮点型	-

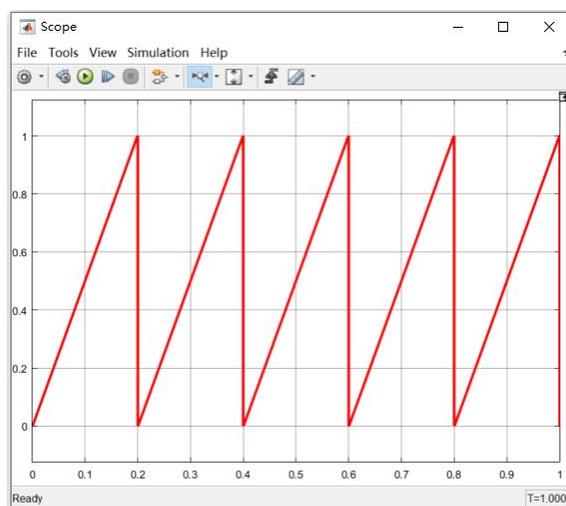


图 5.65 Sawtooth Wave 模块 Simulink 仿真

5.3.3 Sine Wave 模块

Sine Wave 模块用于输出频率、幅值、相位以及偏置均可设置的正弦波。其中，频率、幅值可在线修改，双击 Sine Wave 模块可进入模块参数设置界面，如图 5.66 所示。Simulink 仿真如图 5.67 所示。

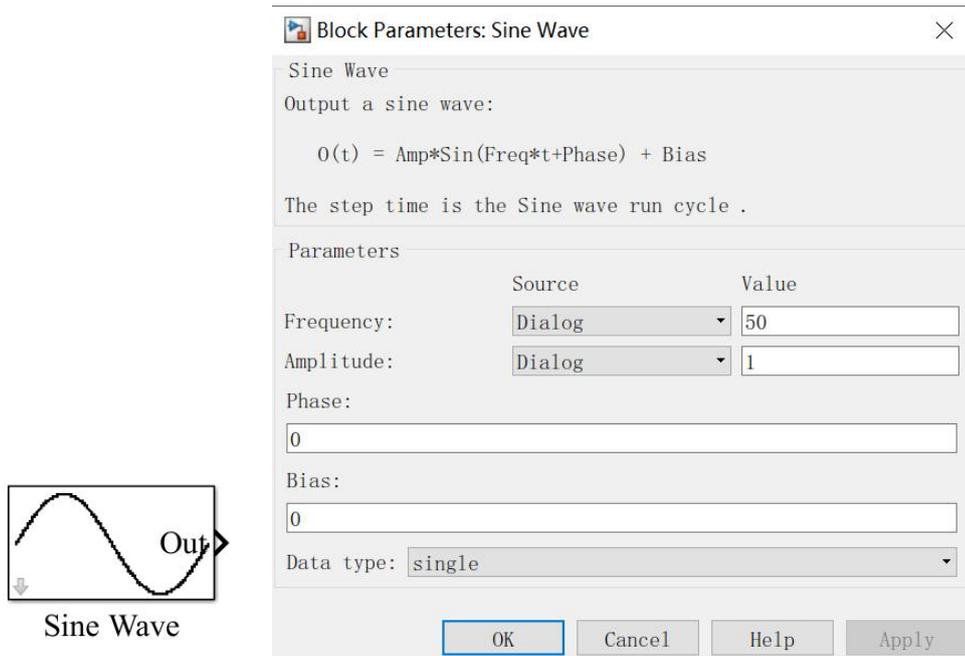


图 5.66 Sine Wave 模块

Sine Wave 模块参数说明如下表 5.24 所示。

表 5.24 Sine Wave 模块参数说明

项目	名称	参数说明	数据类型
Frequency	频率	正弦波频率设置, Input——由 Variable 输入, 在 RTUS 中可在线调节; Dialog——设置为固定值	-
Amplitude	幅值	正弦波幅值设置, Input——由 Variable 输入, 在 RTUS 中可在线调节; Dialog——设置为固定值	-
Phase	相位	正弦波相位设置	-
Bias	偏置	正弦波偏置设置	-
Data type	数据类型	Single-单精度浮点型 Double-双精度浮点型	-

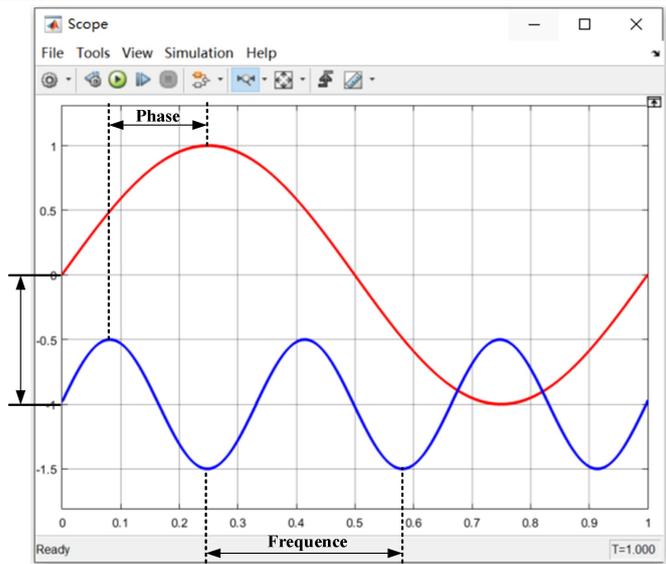


图 5.67 Sine Wave 模块 Simulink 仿真

5.3.4 Tcp2Sim 模块

Tcp2Sim 模块用于 TCP/IP 通讯, 双击 Tcp2Sim 模块可进入模块参数设置界面, 如图 5.68 所示。

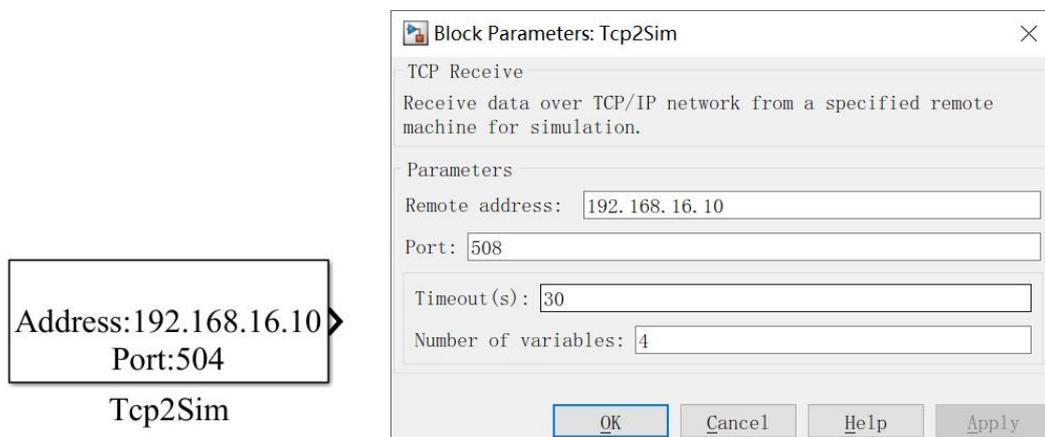


图 5.68 Tcp2Sim 模块

Tcp2Sim 模块参数说明如下表 5.25 所示。

表 5.25 Tcp2Sim 模块参数说明

项目	名称	参数说明	数据类型
Remote address	远程地址	192.168.16.10 (设备地址)	-
Port	端口	508-TCP/IP 以太网通讯	-
Timeout	暂停	暂停时间 (秒)	-
Number of variables	变量数	输入的变量数目	-

5.3.5 Triangle Wave 模块

Triangle Wave 模块用于输出频率、相位、幅值、偏置均可设置的三角波脉冲, 双击 Triangle Wave 模块可进入模块参数设置界面, 如图 5.69 所示。Simulink 仿真结果如图 5.70 所示。

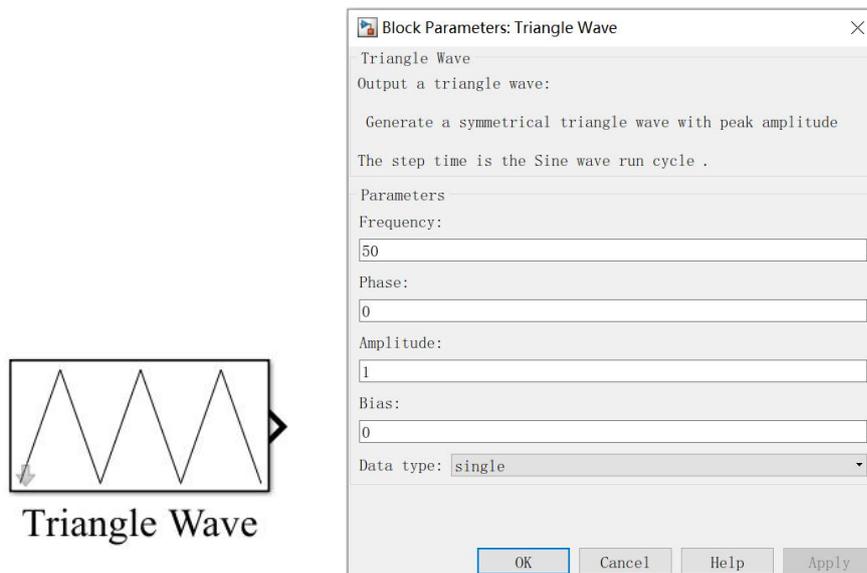


图 5.69 Triangle Wave 模块

Triangle Wave 模块参数说明如下表 5.26 所示。

表 5.26 Triangle Wave 模块参数说明

项目	名称	参数说明	数据类型
Frequency	频率	三角波频率设置	-
Phase	相位	三角波相位设置	-
Amplitude	幅值	三角波幅值设置	-
Bias	偏置	三角波偏置设置	-
Data type	数据类型	Single-单精度浮点型 Double-双精度浮点型	-

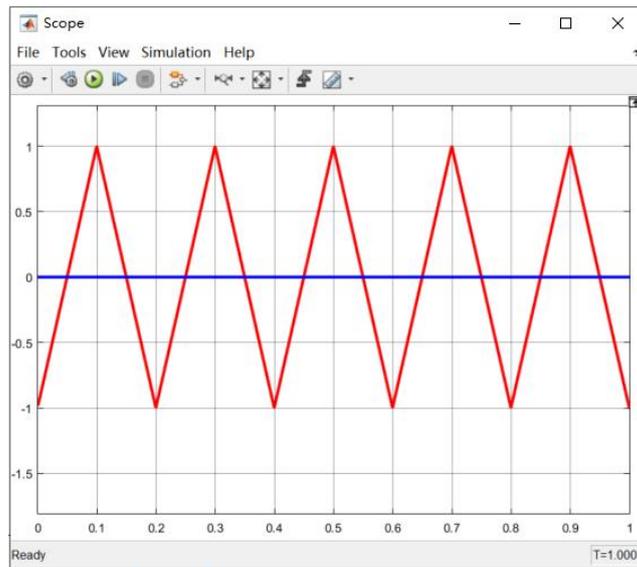


图 5.70 Triangle Wave 模块 Simulink 仿真

5.3.6 Trigger Increase 模块

Trigger Increase 模块用于产生阶段波，双击 Trigger Increase 模块可进入模块参数设置界面，如图 5.71 所示。当 Enable 信号为高电平时，Trigger Increase 模块使能，从初始值经过 N 个脉冲数之后达到终值。Simulink 仿真结果如图 5.72 所示。

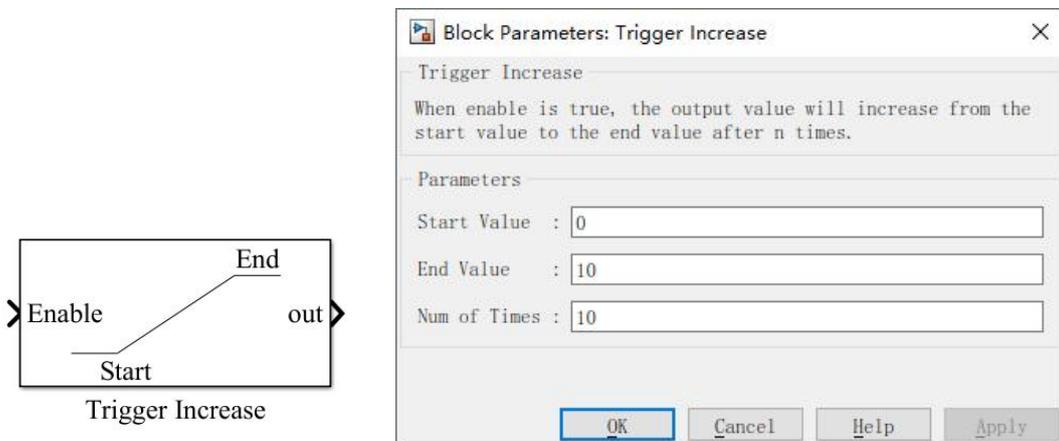


图 5.71 Trigger Increase 模块

Trigger Increase 模块参数说明如下表 5.27 所示。

表 5.27 Trigger Increase 模块参数说明

项目	名称	参数说明	数据类型
Start Value	初始值	初始值	-
End Value	终值	终值	-
Num of Times	脉冲数	脉冲数	-

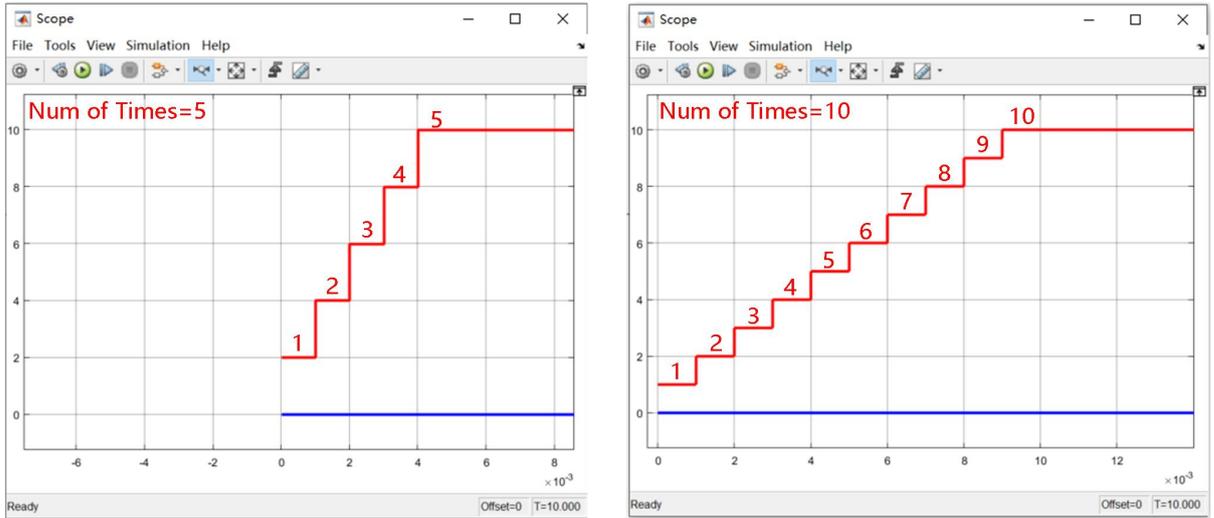


图 5.72 Trigger Increase 模块 Simulink 仿真

5.4 Power Electronics

Power Electronics 库中收录了一些电力电子相关算法模块，方便用户使用 RTUS 进行开发。（Power Electronics 库将不断完善，请您关注公众号【瑞途优特】获取最新信息。）

5.4.1 SVPWM 模块 1

SVPWM 模块的功能是在三相对称正弦波电压供电情况下，三相对称电动机定子以理想磁链圆为参考标准，通过三相逆变器不同开关模式作适当的切换，从而形成 PWM。双击模块可以进入模块介绍界面，如图 5.73 所示。

需要注意的是这里输出的是占空比，用来与 PWM(DSP PWM/FPGA PWM)模块进行调制生成 PWM。

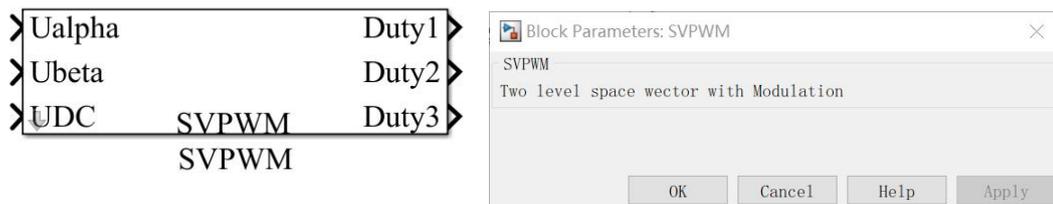


图 5.73 SVPWM 模块

5.4.2 SVPWM 模块 2

SVPWM 模块的功能是在三相对称正弦波电压供电情况下，三相对称电动机定子以理想磁链圆为参考标准，通过三相逆变器不同开关模式作适当的切换，从而形成 PWM。双击模块可以进入模块介绍界面，如图 5.74 所示。

需要注意的是这里输出的是占空比，用来与 PWM(DSP PWM/FPGA PWM)模块进行调制生成 PWM。

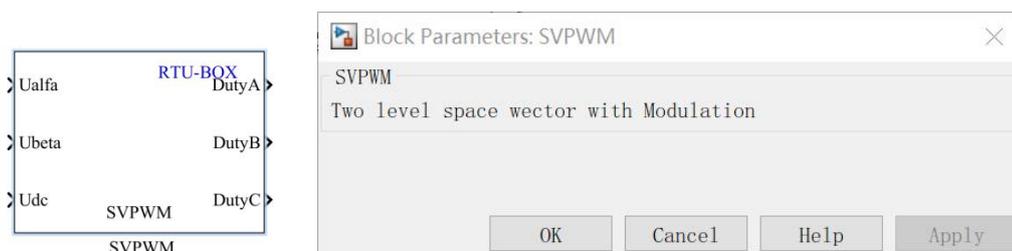


图 5.74 SVPWM 模块

注：5.4.1 节和 5.4.2 节中的 SVPWM 模块功能一致。5.4.1 中的 SVPWM 模块是通过 Matlab/Simulink 模型搭建的，5.4.2 中的 SVPWM 模块是由 C 语言封装的。5.4.2 中的 SVPWM 模块生成代码更加简洁。

5.4.3 DAB 模块

DAB 控制模型算法兼容单移相控制 (SPS)、扩展移相控制 (ESPS)、双重移相扩展控制算法 (DPS)。双击 DAB 模块可进入模块参数设置界面，如图 5.75 所示。

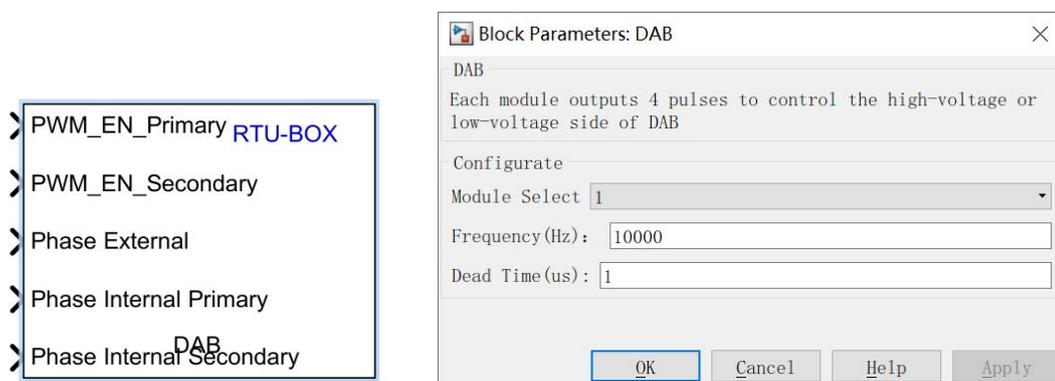


图 5.75 DAB 模块

DAB 模块参数说明如下表 5.28 所示。

表 5.28 DAB 模块参数说明

项目	名称	参数说明	数据类型
Module Select	模块选择	模块选择;BOX206:1——DAB1, 详见说明 1	-
Frequency	频率设置	开关频率设置, 单位 (HZ)	-
Dead Time	死区时间	死区时间, 单位 (us)	-
PWM_EN_Primary	原边脉冲使能	1: 使能原边 4 功率管输出; 0: 封锁原边 4 功率管输出, 详见说明 2	Uint16
PWM_EN_Secondary	副边脉冲使能	1: 使能副边 4 功率管输出; 0: 封锁副边 4 功率管输出	Uint16
Phase External	外移相脚	DAB 外移相脚控制, 输入范围 (-1--+1) 有效范围-0.5-0.5	Single
Phase Internal Primary	原边内移相脚	原边内移相脚控制, 输入范围 (0-1)	Single
Phase Internal Secondary	副边内移相脚	副边内移相脚控制, 输入范围 (0-1)	Single

说明 1:

RTU-BOX206 模式选择最多可以选 BOX206:1——DAB;2——DAB2;3——DAB3。对应 FIBER 板卡 1-8、9-16、17-24。

说明 2:

模型输出直接控制 PWM 输出, PWM 输出为固定输出。定义 S1-S4 为原边开关管, Q1-Q4 定义为副边开关管, 其中 EPWM1-2 控制 S1, S3, EPWM3-4 控制 S4, S2; EPWM5-6 控制 Q1, Q3; 其中 EPWM7-8 控制 Q4, Q2。DAB 拓扑图如下图 5.76 所示。

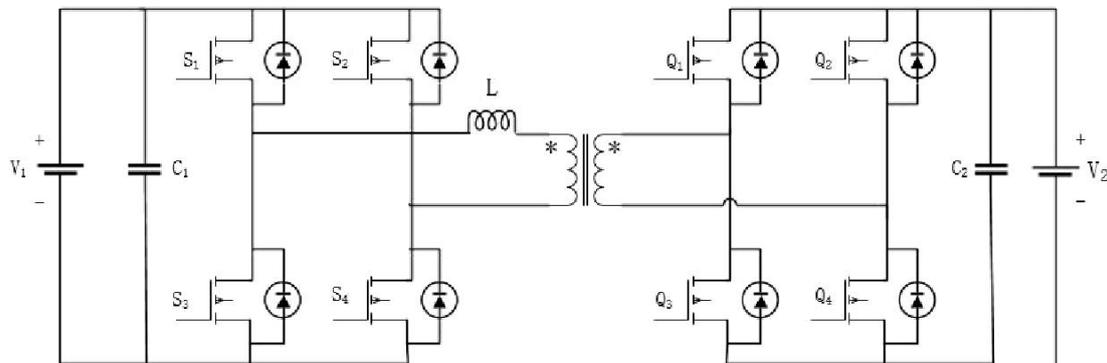


图 5.76 DAB 拓扑简介

5.4.4 SVPWM NPC 模块

SVPWM NPC 模块用于逆变器和电机驱动器控制, 将空间矢量信息与构成空间矢量图的电压矢量进行比较, 并生成用于调制逆变器的瞬时开关状态。基于角度和幅度信息, SVPWM 生成一个表示系统实际特性的空间矢量。然后, 从相对于附近矢量坐标的位置开始, 绘制该空间矢量, 并计算开关模式, 并表示出调制到逆变器的占空比, 双击 SVPWM NPC 模块可以设置参数, 如图 5.77 所示。

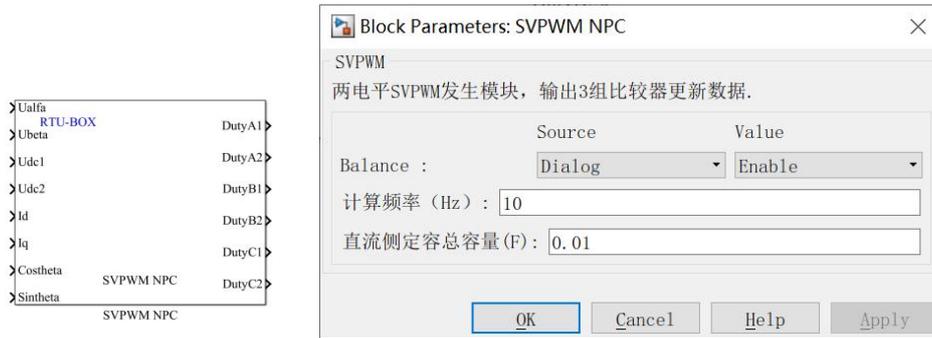


图 5.77 SVPWM NPC 模块

SVPWM NPC 模块参数说明如下表 5.29 所示。

表 5.29 SVPWM NPC 模块参数说明

项目	名称	参数说明	数据类型
Balance	中点平衡	Enable—中点平衡算法使能	-
计算频率	-	中点平衡算法的计算频率 (Hz)	-
直流侧定容总容量	-	正母线或负母线对中点电容容值 (F)	-

5.5 Transformations

Transformations 库中收录了一些电力电子相关算法模块，方便用户使用 RTUS 进行开发。
(Transformations 库将不断完善，请您关注 rtunit 公司公众号获取最新信息。)

5.5.1 VPP2Vphase 模块

VPP2Vphase 模块用于将采样的线电压转相电压，双击 VPP2Vphase 模块可进入模块参数设置界面，如图 5.78 所示。

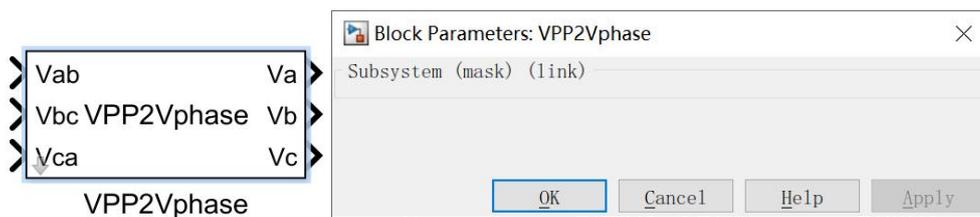


图 5.78 VPP2Vphase 模块

设三相线电压瞬时值为 V_{ab} ， V_{bc} ， V_{ca} ，则相电压计算公式为：

$$V_a = \frac{V_{ab} - V_{ca}}{3} \qquad V_b = \frac{V_{bc} - V_{ab}}{3}$$

$$V_c = \frac{V_{ca} - V_{bc}}{3}$$

5.5.2 SRF-PLL 模块

SRF-PLL 模块是基于 dq 同步旋转坐标变换的三相锁相环 (SRF-PLL) 计算模型锁电网电压 V_a 的相角。双击 SRF-PLL 模块可进入模块参数设置界面, 如图 5.79 所示。

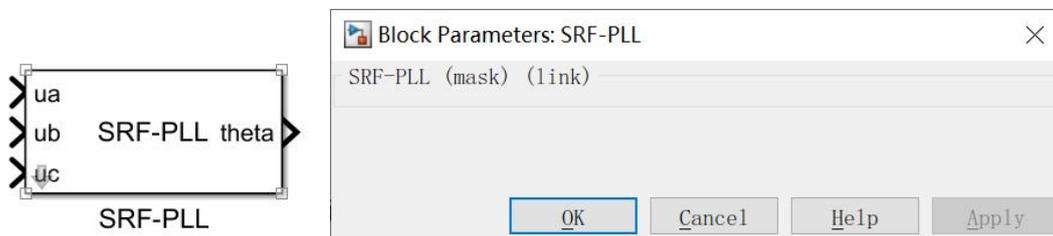


图 5.79 SRF-PLL 模块

SRF-PLL 模块参数说明如下表 5.30 所示。

表 5.30 SRF-PLL 模块参数说明

项目	名称	参数说明	数据类型
ua,ub,uc	相电压	相电压输入	single
theta	相角	输出范围 $[0, 2\pi]$	single

5.5.3 SPLN-SOGI 模块

基于二阶广义积分器的单相并网系统锁相 (SPLL-SOGI) 计算模型锁电网电压 V_a 的相角。双击 SPLL-SOGI 模块可进入模块参数设置界面, 如图 5.80 所示。

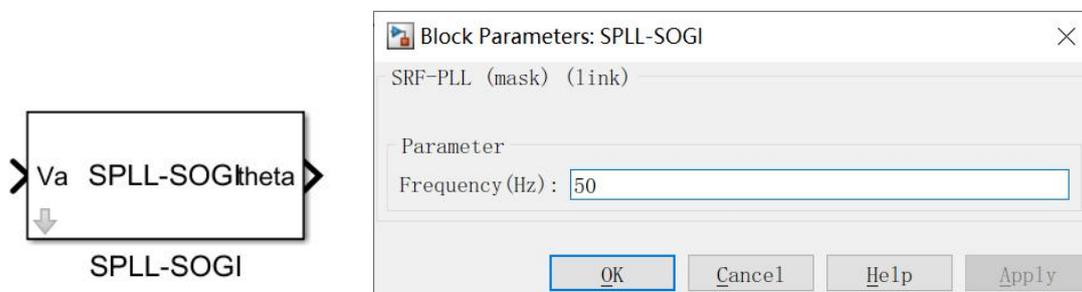


图 5.80 SPLL-SOGI 模块

SPLL-SOGI 模块参数说明如下表 5.31 所示。

表 5.31 SPLL-SOGI 模块参数说明

项目	名称	参数说明	数据类型
U_a	相电压	相电压输入	single
theta	相角	输出范围 $[0, 2\pi]$	single
Frequency	频率	单相电压的基准频率	-

5.5.4 RMS 模块

RMS 模块用于计算每个周期内信号的均方根有效值，每周期末尾更新 RMS 计算结果，双击 RMS 模块可进入模块参数设置界面，如图 5.81 所示。

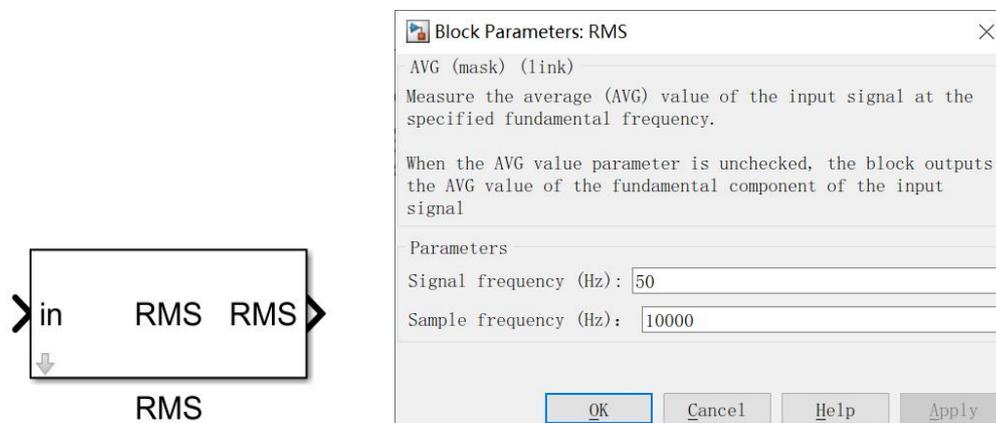


图 5.81 RMS 模块

RMS 模块参数说明如下表 5.32 所示。

表 5.32 RMS 模块参数说明

项目	名称	参数说明	数据类型
Signal frequency (Hz)	信号频率	信号频率，Freq=50；取值范围：1-1000HZ；	Uint16
Sample frequency (Hz)	采样频率	采样频率，Fsam=1e4；取值范围：500-500KHZ；	Uint32

说明 1:

设某个信号一个周期内数据为 x_1, x_2, \dots, x_n ，均方根有效值的计算公式为：

$$\text{RMS} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (X_n)^2}$$

5.5.5 AVG 模块

AVG 模块用于计算每个周期内信号的平均值，每周期末尾更新 AVG 计算结果，双击 AVG 模块可进入模块参数设置界面，如图 5.82 所示。

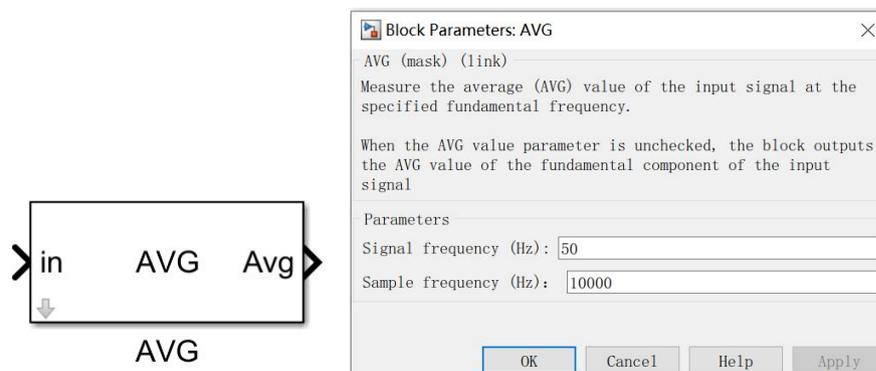


图 5.82 AVG 模块

AVG 模块参数说明如下表 5.33 所示。

表 5.33 AVG 模块参数说明

项目	名称	参数说明	数据类型
Signal frequency (Hz)	信号频率	信号频率, Freq=50; 取值范围: 1-1000HZ	Uin16
Sample frequency (Hz)	采样频率	采样频率, Fsam=1e4; 取值范围: 500-500KHZ	Uin32

5.5.6 Clarke 模块 1

Clarke 模块的作用是将基于三轴二维的定子静止坐标系的物理量变换到二轴的定子静止坐标系中, 简称为 3S/2S 变换。该模块用于三相对称的系统。双击 Clarke 模块可进入模块参数设置界面, 如图 5.83 所示。

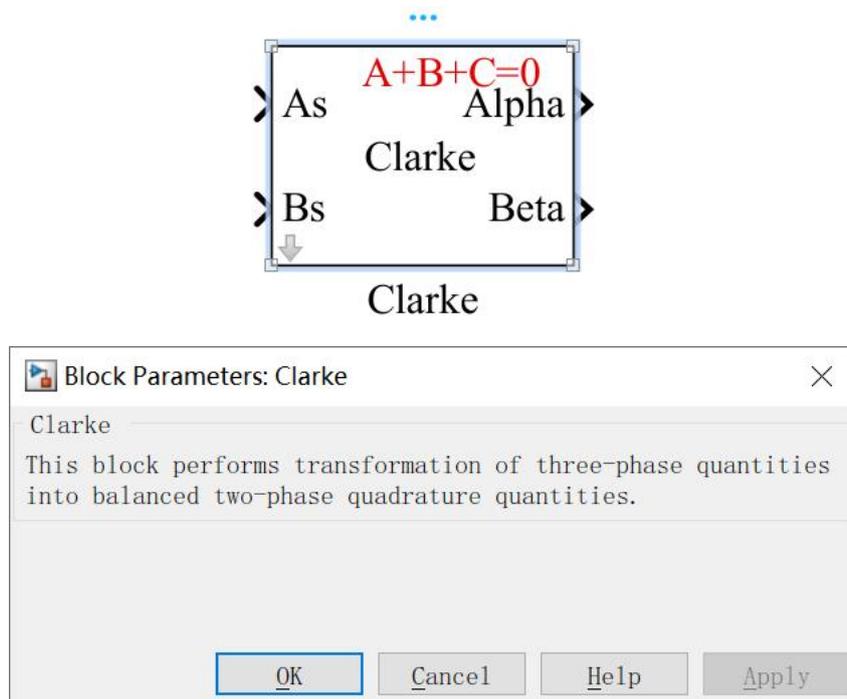


图 5.83 Clarke 模块

说明 1:

设三相电流 ABC 分别为 i_A , i_B , i_C , 根据基尔霍夫电流定律满足以下公式:

$$i_A + i_B + i_C = 0$$

设静止坐标系 $\alpha\beta$, α 轴的电流分量为 i_α , i_β , 则 Clarke 变化满足以下公式:

$$i_\alpha = i_A$$

$$i_\beta = \frac{1}{\sqrt{3}} * i_A + \frac{2}{\sqrt{3}} * i_B$$

5.5.7 Clarke 模块 2

Clarke 模块的作用是将基于三轴二维的定子静止坐标系的物理量变换到二轴的定子静止坐标系中，简称为 3S/2S 变换，该模块用于三相负载不对称的系统。双击 Clarke 模块可进入模块参数设置界面，如图 5.84 所示。

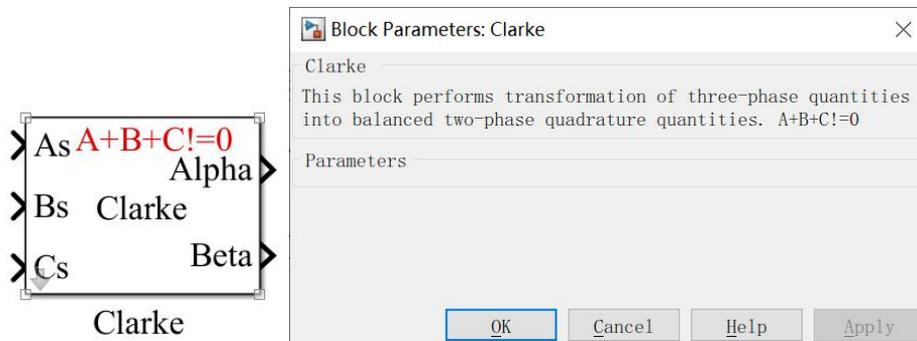


图 5.84 Clarke 模块

说明 1:

设三相电流 ABC 分别为 i_A , i_B , i_C , 当在以下情况下:

$$i_A + i_B + i_C \neq 0$$

设静止坐标系 $\alpha\beta$, α 轴的电流分量为 i_α , i_β , 则 Clarke 变化满足以下公式:

$$i_\alpha = \frac{2}{3} * i_A - \frac{1}{3} * i_B - \frac{1}{3} * i_C$$

$$i_\beta = \frac{1}{\sqrt{3}} * i_B - \frac{1}{\sqrt{3}} * i_C$$

5.5.8 IClarke 模块

IClarke 模块的作用是将静止坐标系 $\alpha\beta$ 变换到自然坐标系 ABC。双击 IClarke 模块可进入模块参数设置界面，如图 5.85 所示。

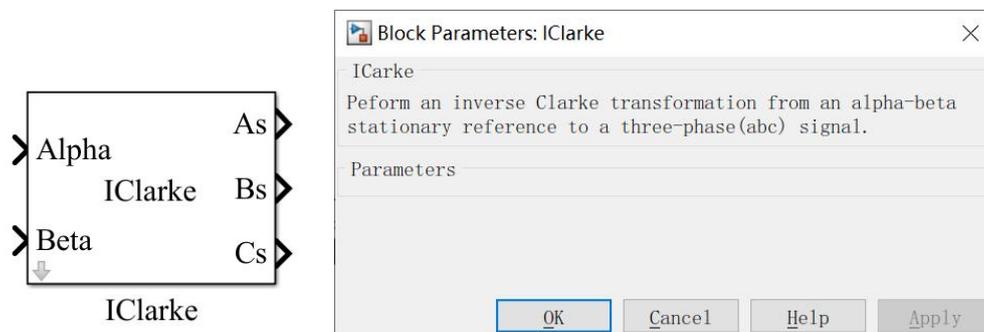


图 5.85 IClarke 模块

IClarke 模块表达式为:

$$i_A = i_\alpha$$

$$i_B = -\frac{1}{2} * i_\alpha + \frac{\sqrt{3}}{2} * i_\beta$$

$$i_C = -\frac{1}{2} * i_\alpha - \frac{\sqrt{3}}{2} * i_\beta$$

5.5.9 Park 模块

Park 模块的作用是将静止的 abc 三相绕组中的物理量变为旋转的 dq0 等值绕组中的物理量。双击 Park 模块可进入模块参数设置界面，如图 5.86 所示。

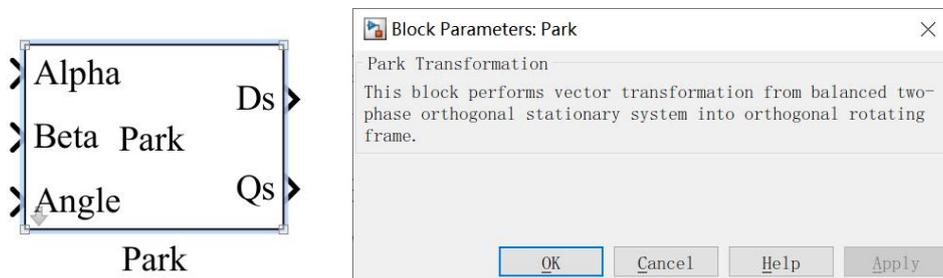


图 5.86 Park 模块

Park 模块表达式为：

$$i_d = i_\alpha * \cos\theta + i_\beta * \sin\theta$$

$$i_q = -i_\alpha * \sin\theta + i_\beta * \cos\theta$$

5.5.10 IPark 模块

IPark 模块的功能是将同步旋转坐标系 d-q 变换到静止坐标系 α - β ，双击 IPark 模块可进入模块参数设置界面，如图 5.87 所示。

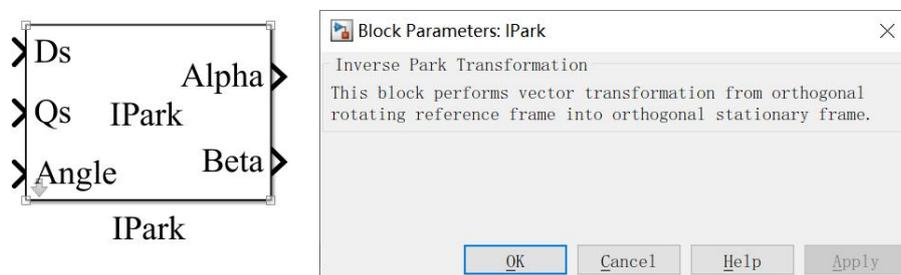


图 5.87 IPark 模块

IPark 模块表达式为：

$$i_\alpha = i_d * \cos\theta - i_q * \sin\theta$$

$$i_\beta = i_d * \sin\theta + i_q * \cos\theta$$

RTU-BOX206 使用技巧&注意事项

摘要：本章凝结了众多使用 RTU-BOX 系列控制器进行开发或者科研的工程师们的心血。如您是第一次使用 RTU-BOX206 进行开发或者科研，相信这章会让您更快速的入门。若您在使用过程中有自己独到的见解，请联系我们或发布在 rtunit 论坛中，我们将会择优加入本章。

Tips 1:

Logic 模型中所有的模块必须是离散状态的数据，不能使用连续状态的数据。因此在使用 Logic 模型时，首先需要将 S 域模块离散成 Z 域再进行后续代码生成——编译——下载操作。

Tips 2:

搭建 Logic 模型时，除了使用 RTU-BOX206 自带的硬件模型库 Rtunit Toolbox 之外，强烈建议使用 Simulink 基本库，如图 6.1 所示。

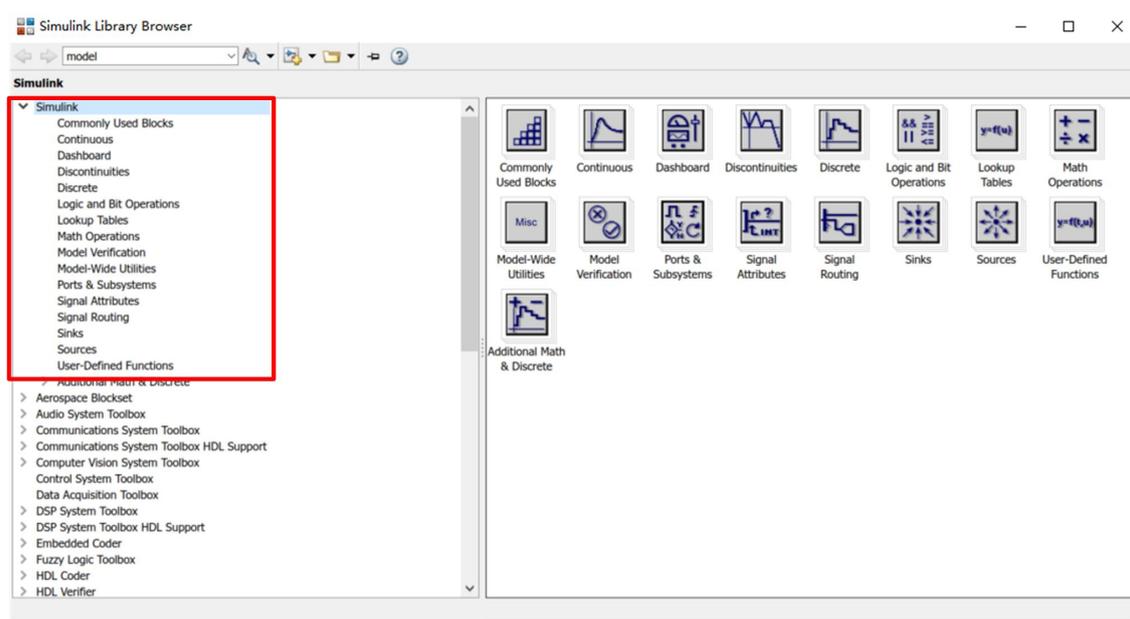


图 6.1 Simulink 基本库

Tips 3:

Simulink 基本库中，包括以下但不限于这些模块不支持代码生成，如图 6.2 所示。

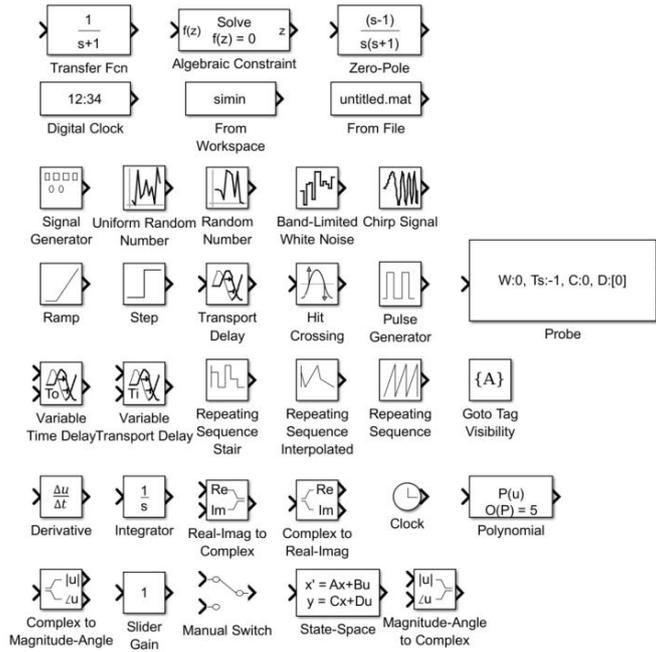


图 6.2 Simulink 基本库中不支持代码生成的模块

Tips 4:

Simulink 支持代码生成的模块都可以在 Logic 模型中正常使用。Logic 模型支持 MATLAB Function 的代码自动生成，但不支持 s Function 直接自动生成代码，s Function 需要另外编写相匹配的 tlc 文件。

Tips 5:

为了避免代码生成出错，常数 Constant 模块的采样时间参数 Sample time 推荐设置为-1。

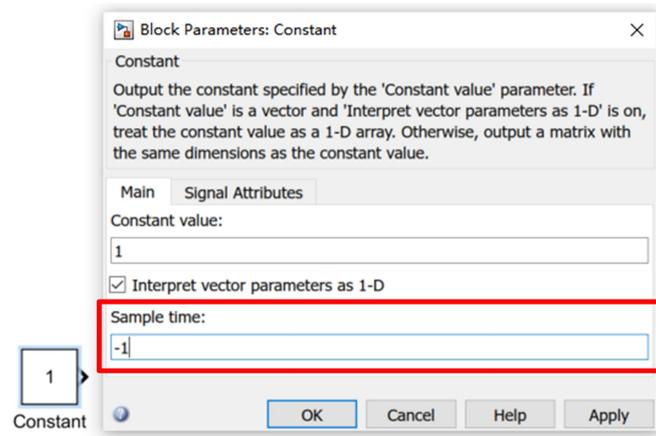


图 6.3 Sample time 设置为-1

Tips 6:

在使用 Simulink 自带的离散 PID、积分器以及滤波器时，首先需要在触发模型中设置控制器的步长。采样时间类型 Sample time type 选择 periodic，采样时间 Sample time 设置的值和控制步长一致。如，控制频率设置为 10kHz，则采样时间设置为 0.0001。

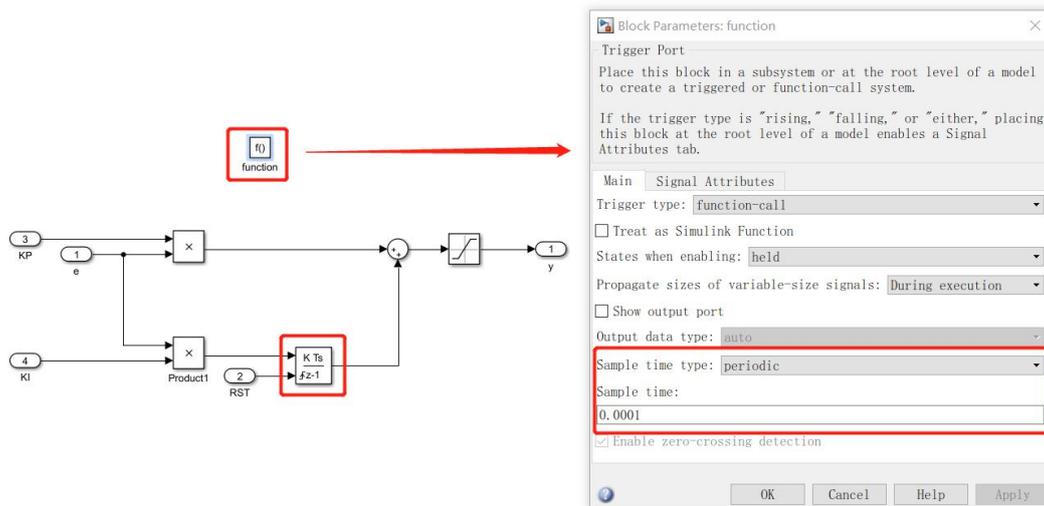


图 6.4 使用积分器时触发模型中设置控制器步长

Tips 7:

在使用 Simulink 自带的 Sine Wave 模型时，需要先触发模型中设置控制器的步长。采样时间类型 Sample time type 选择 periodic，采样时间 Sample time 设置的值与控制步长一致。如果控制频率为 10kHz，则采样时间设为 0.0001。

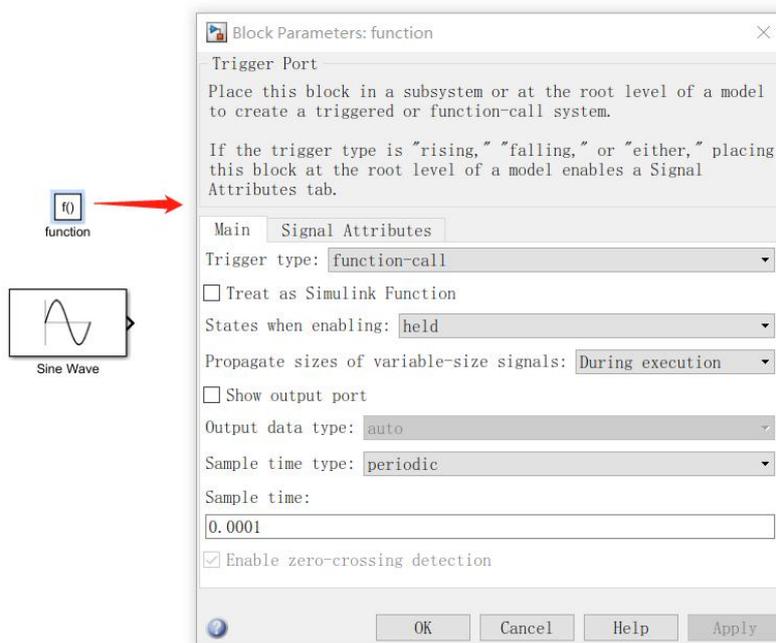


图 6.5 使用 Sine Wave 模块在触发模型中设置控制器步长

Tips 8:

Simulink 模型中不允许闭环反馈回路的存在，即“代数环”。若必须使用闭环反馈回路，比如锁相环，可以在反馈回路中串联 Z^{-1} 打断回路（代价是产生一个控制周期的延迟）。因此，最好的方法是先对模型进行处理，将反馈回路简化掉。

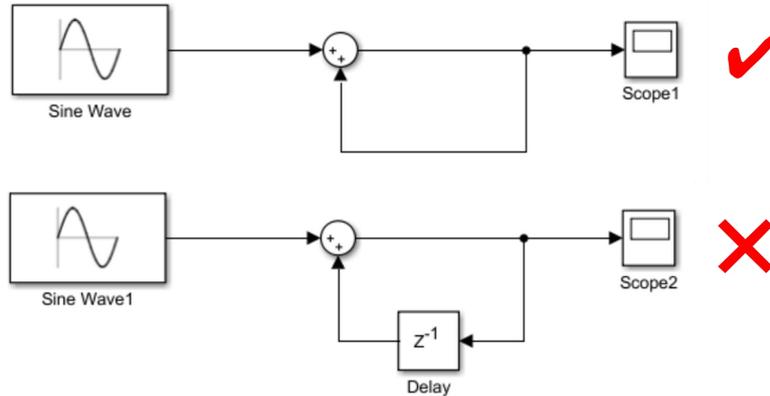


图 6.6 代数环问题的方案

Tips 9:

观察静态变量或者直流变量推荐使用 Variable 模块；观察动态变量或者交流变量推荐使用 Wave 模块。但是 Wave 模块的输出波形并不适合放在论文中，因为 Wave 模块的采样率为 2kHz，波形失真会比较明显。想要提取 RTU 的内部信号，可以选用 Record 模块或者用 DAC 模块输出到示波器。

Tips 10:

DAC 输出同步信号，配合示波器的 single 模式，能够极大提升波形采样的效率。

Tips 11:

若想做 PWM 调制，直接使用 Rtunit Toolbox 库中的 PWM 类模块即可。不需要搭一个三角载波然后与调制波比较，这是仿真和实物的区别。

Tips 12:

推荐使用 Stateflow 完成底层模型，用以解决含时序和状态的问题。不建议将 Stateflow 用于上层，因为这样会降低模型的可读性。

Tips 13:

更换 Matlab/Simulink 软件记得重新安装 Rtunit Toolbox。



让控制简单高效!

CONTACT US



www.rtunit.com



025-52458092



info@rtunit.com



南京市江宁开发区
铺岗街381号德茂
大厦5F

免责声明:

永远使用由原始制造商为此机器生产的备件。如果使用了非原始备件,南京瑞途优特信息科技有限公司对机器的任何损坏或损失不承担责任。

本资料版权归南京瑞途优特信息科技有限公司所有,未经本公司书面许可,不允许对此出版物的任何部分通过任何方法以任何形式进行复制或使