

Buck 变换电路的 Matlab 仿真

Buck 变换电路系统仿真模型如图 3-4 所示。

1) 仿真电路及参数

输入直流电压：20V；占空比：40%；MOSFET 开关频率：25kHz

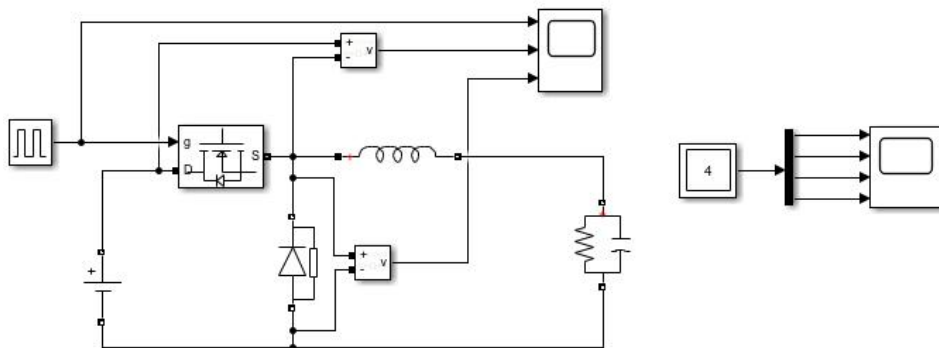


图 3-4 Buck 变换电路模型

2) 仿真模型搭建

(1) 新建 SIMULINK 仿真模型

双击启动 MATLAB 软件后，按图 3-5 所示，点击 SIMULINK 按钮，打开模型编辑界面。然后按图 3-6 所示，点击 Library Browser 按钮，打开 SIMULINK 模型库，如图 3-7 所示。



图 3-5 SIMULINK 打开按钮

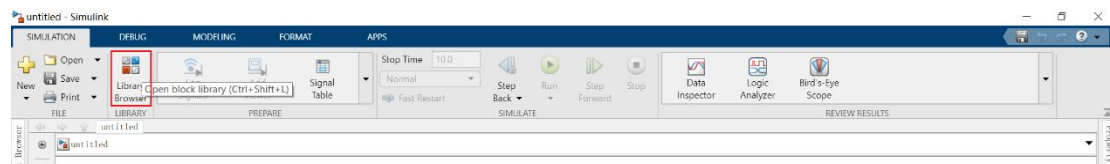


图 3-6 Library Browser 打开按钮

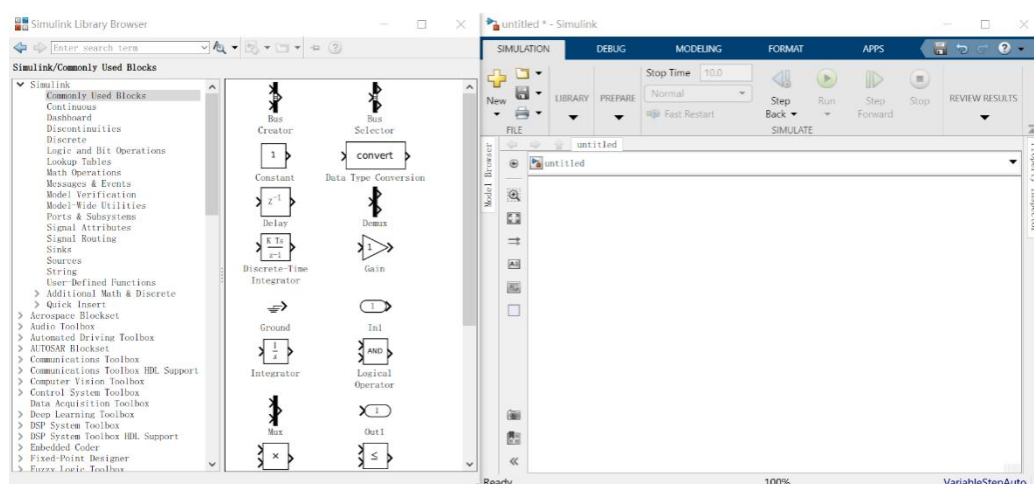


图 3-7 SIMULINK 库模型及编辑界面

(2) 添加元件模型

依次从模型库找到所需元件，添加至模型编辑界面，搭建 Buck 变换电路仿真模型。首先在模型库左侧栏依次鼠标左键单击 Simscape->Electrical->Specialized Power

Systems->Fundamental Blocks, 在模型库右侧栏鼠标左键点击 Powergui 模块, 按住鼠标左键不放拖动至模型编辑窗口, 如图 3-8 所示。鼠标左键双击 Powergui 模型, 打开参数设置界面如图 3-9 所示, Solver 解算器设置为 Continuous。

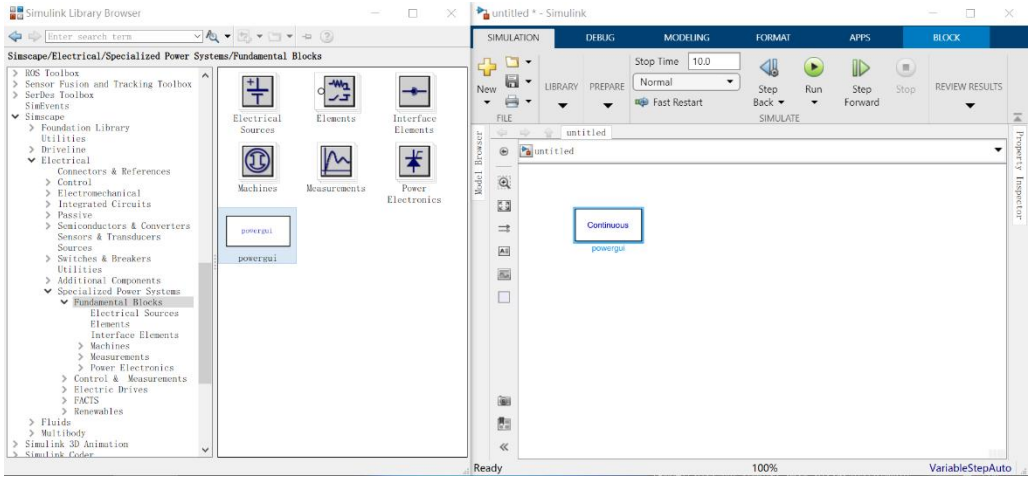


图 3-8 添加 Powergui 模块至模型编辑窗口

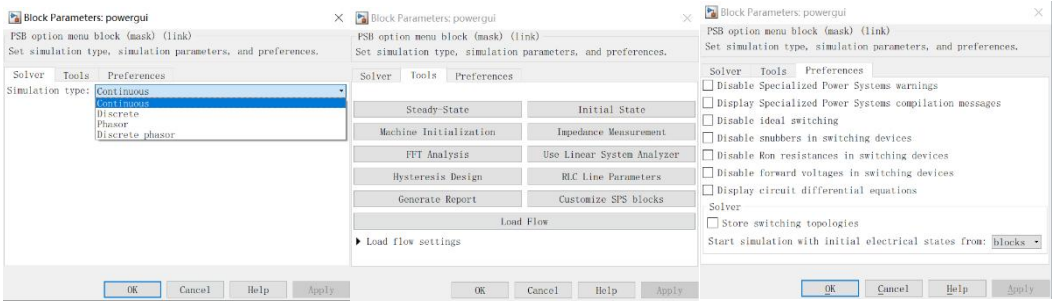


图 3-9 Powergui 参数设置界面

在模型库左侧栏依次鼠标左键单击 Simscape->Electrical->Specialized Power Systems->Fundamental Blocks->Electrical Sources, 在模型库右侧栏鼠标左键点击 DC Voltage Source 直流电压源模型, 按住鼠标左键不放拖动至模型编辑窗口, 如图 3-10 所示。

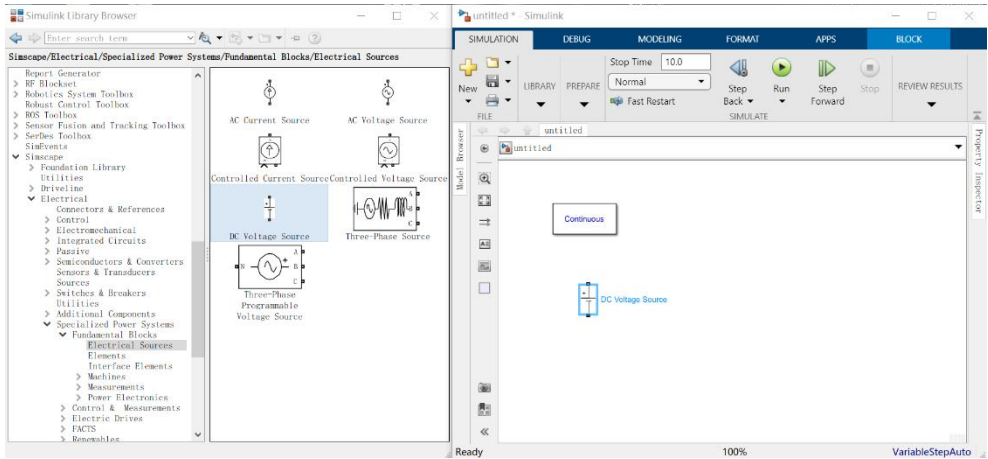


图 3-10 添加直流电压源模块至模型编辑窗口

在模型库左侧栏依次鼠标左键单击 Simscape->Electrical->Specialized Power Systems->Fundamental Blocks->Power Electronics, 在模型库右侧栏鼠标左键点击 MOSFET 模型, 按住鼠标左键不放拖动至模型编辑窗口, 如图 3-11 所示。

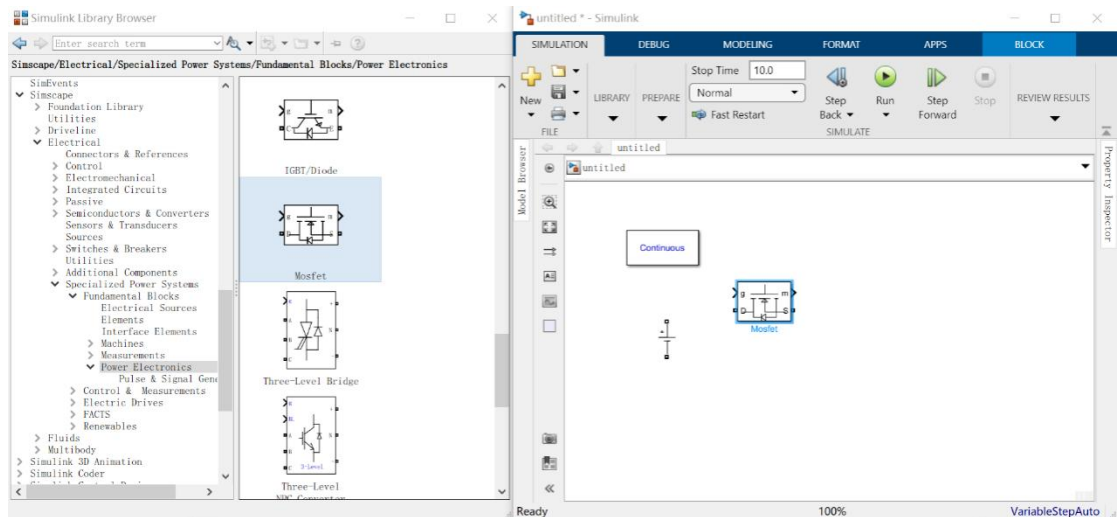


图 3-11 添加 MOSFET 模型至模型编辑窗口

在模型库左侧栏依次鼠标左键单击 Simulink->Sources, 在在模型库右侧栏鼠标左键单击 Pulse Generator 模型，按住鼠标左键不放拖动至模型编辑窗口，如图 3-12 所示。

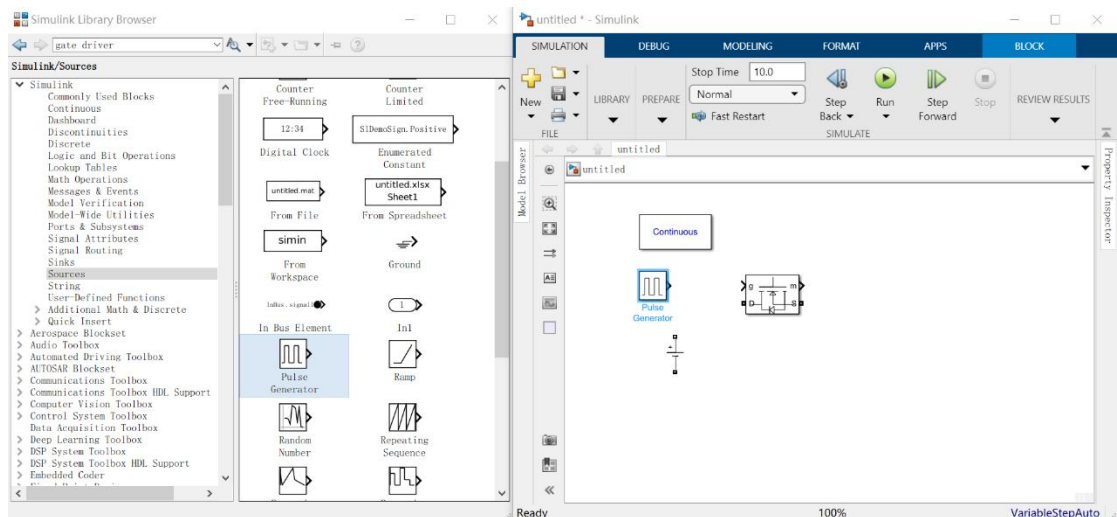


图 3-12 添加脉冲发生器模型至模型编辑窗口

在模型库左侧栏依次鼠标左键单击 Simscape->Electrical->Specialized Power Systems->Fundamental Blocks->Power Electronics, 在模型库右侧栏鼠标左键单击 Diode 二极管模型，按住鼠标左键不放拖动至模型编辑窗口，如图 3-13 所示。

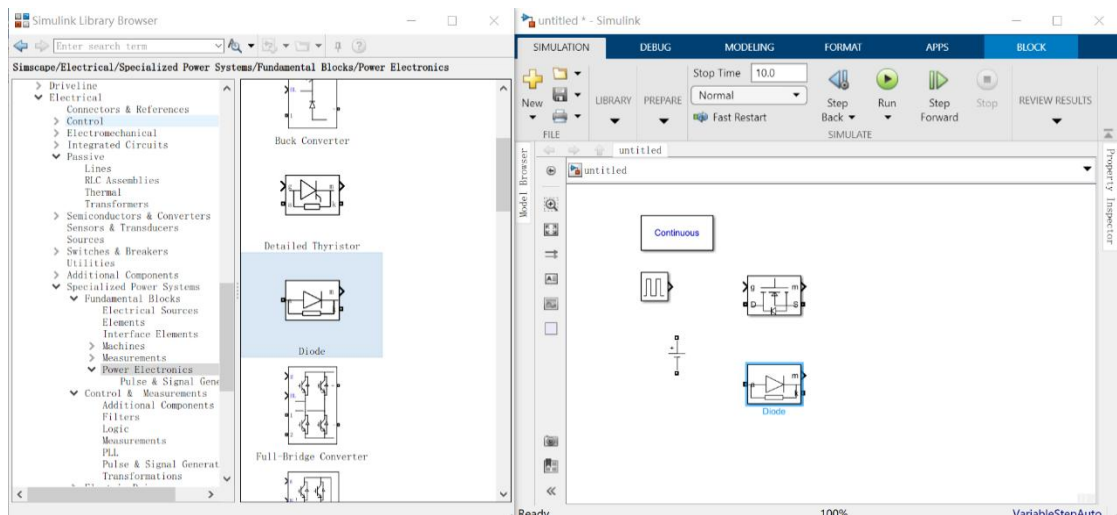


图 3-13 添加二极管模型至模型编辑窗口

在模型库左侧栏依次鼠标左键单击 Simscape->Electrical->Specialized Power Systems->Fundamental Blocks->Elements，在模型库右侧栏鼠标左键单击 Series RLC Branch RLC 模型，按住鼠标左键不放拖动至模型编辑窗口，如图 3-14 所示。

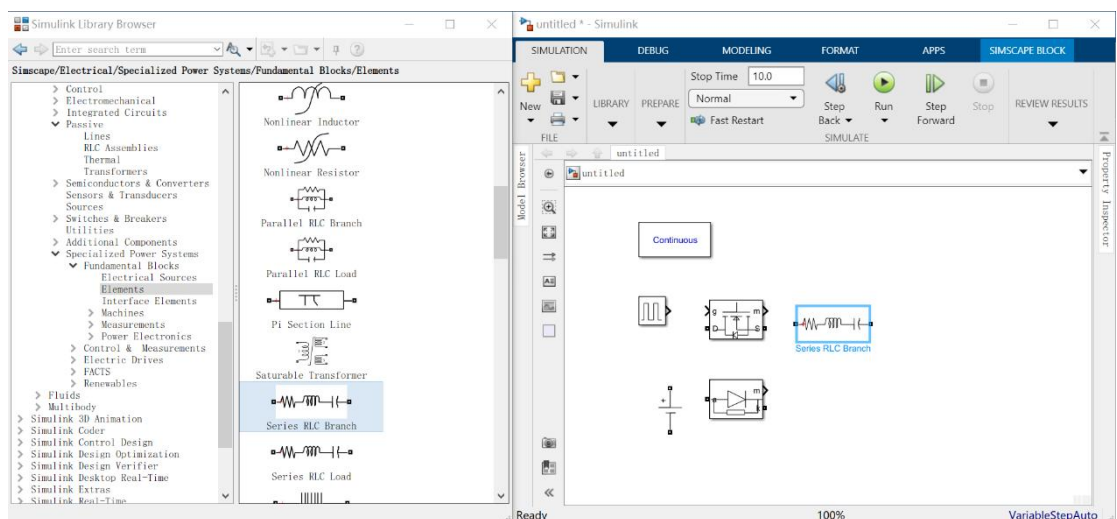


图 3-14 添加串联 RLC 模型至模型编辑窗口

在模型库左侧栏依次鼠标左键单击 Simscape->Electrical->Specialized Power Systems->Fundamental Blocks->Elements，在模型库右侧栏鼠标左键单击 Parallel RLC Branch RLC 模型，按住鼠标左键不放拖动至模型编辑窗口，如图 3-15 所示。

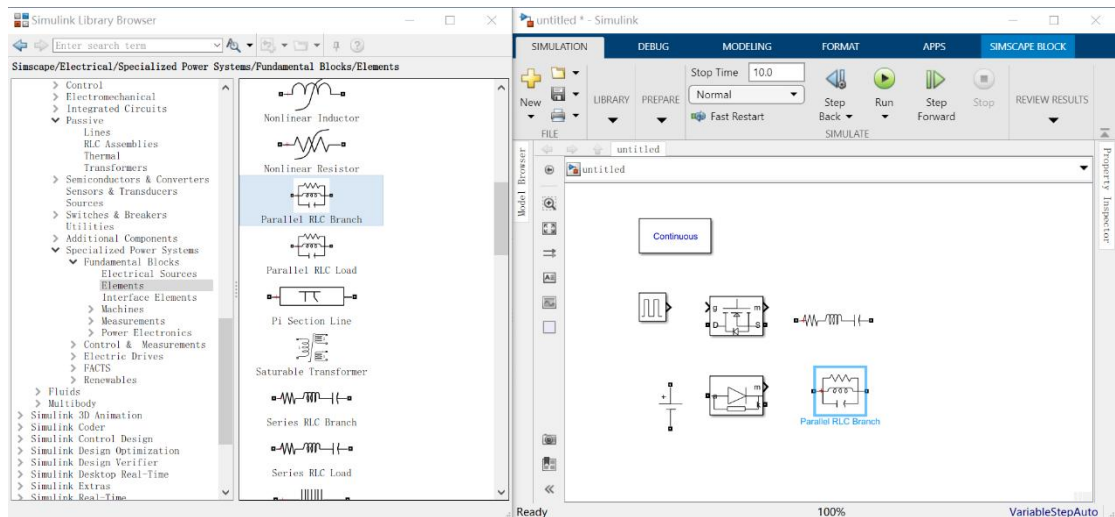


图 3-15 添加并联 RLC 模型至模型编辑窗口

在模型库左侧栏依次鼠标左键单击 **Simscape->Electrical->Specialized Power Systems->Fundamental Blocks->Measurements**，在模型库右侧栏鼠标左键点击 **Voltage Measurement** 电压采样模块，按住鼠标左键不放拖动至模型编辑窗口，如图 3-16 所示。

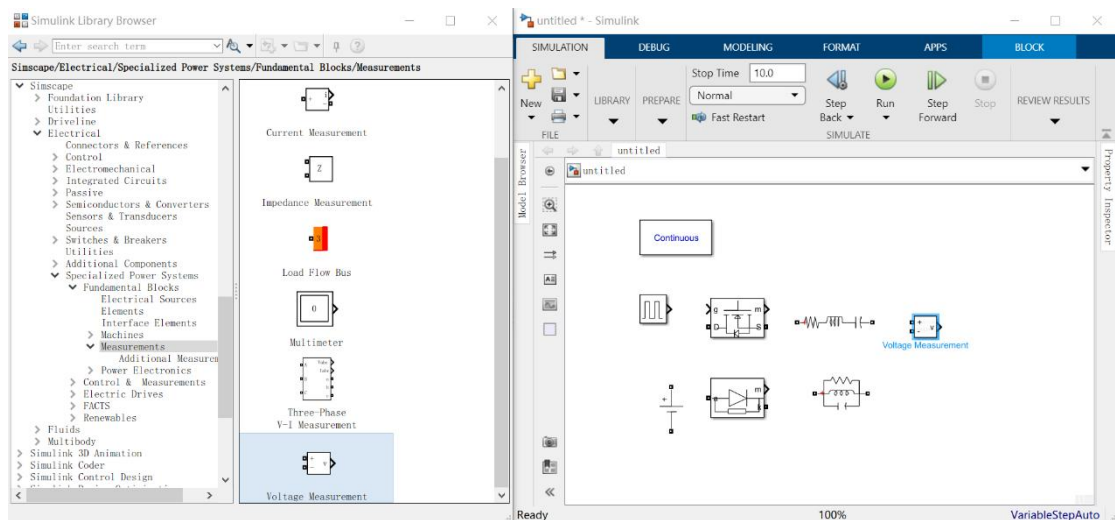


图 3-16 添加电压采样模块至模型编辑窗口

在模型库左侧栏依次鼠标左键单击 **Simulink->Commonly Used Blocks**，在模型库右侧栏鼠标左键点击 **Scope** 示波器模型，按住鼠标左键不放拖动至模型编辑窗口，如图 3-17 所示。

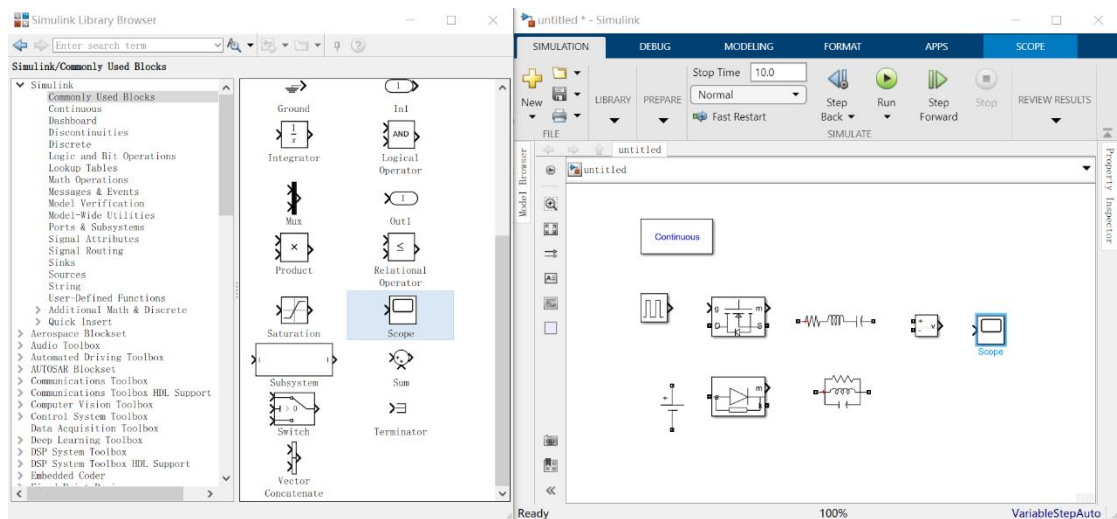


图 3-17 添加示波器模型至模型编辑窗口

在模型库左侧栏依次鼠标左键单击 **Simscape->Electrical->Specialized Power Systems->Fundamental Blocks->Measurements**, 在模型库右侧栏鼠标左键单击 **Multimeter** 模块, 按住鼠标左键不放拖动至模型编辑窗口, 如图 3-18 所示。

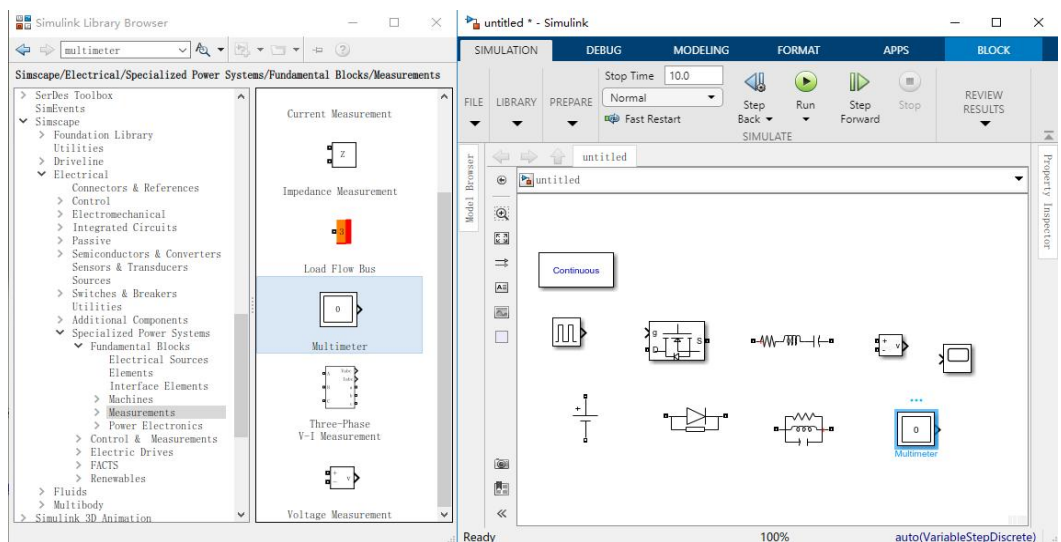


图 3-18 添加测量模块至模型编辑窗口

(3) 连线

参考图 3-4 元件布局, 鼠标左键单击相应元件按住不放移动至相应位置如图 3-19 所示。

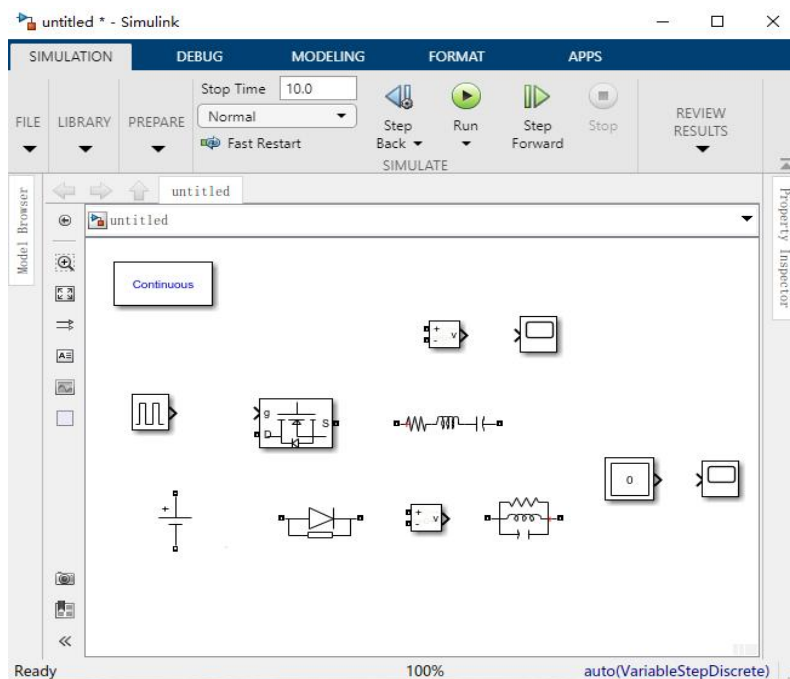


图 3-19 移动元件位置

元件大小缩放：移动鼠标放置元件上方，待出现矩形框时移动鼠标指顶角小矩形框，鼠标变为双箭头按住鼠标左键不放如图 3-20 所示，拖动鼠标缩放至所需大小松开即可。类似方法对其他元件进行。

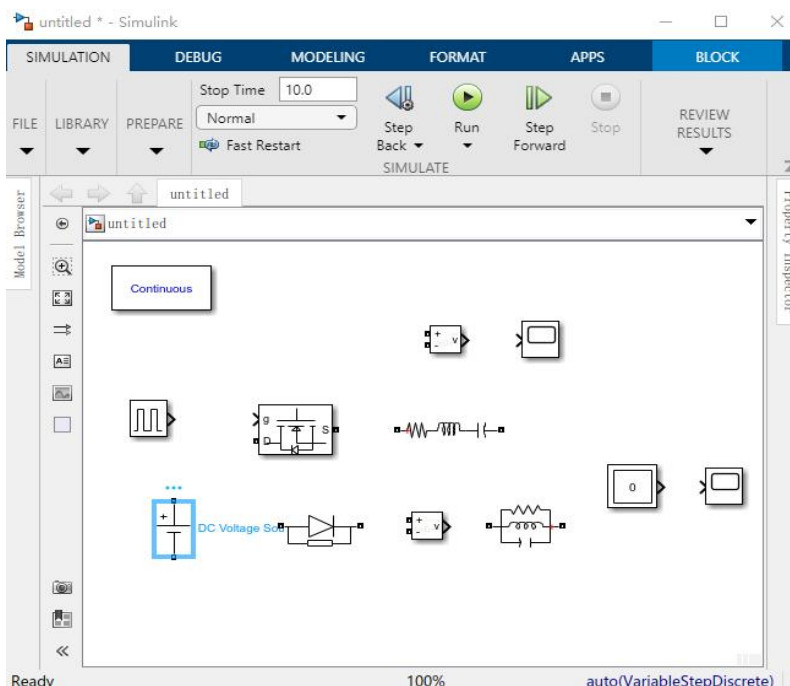


图 3-20 元件缩放

元件方向旋转：鼠标左键点击需旋转元件至选中状态，按住 Ctrl 键不放依次单击 R 键旋转至所需位置，如图 3-21 旋转并联 RLC 至正极向上。旋转元件的另一种方法是鼠标右键单击元件，在选择栏移动鼠标依次旋转 Rotate&Flip->Clockwise 顺时针旋转，或 Rotate&Flip->Counterclockwise 逆时针旋转。

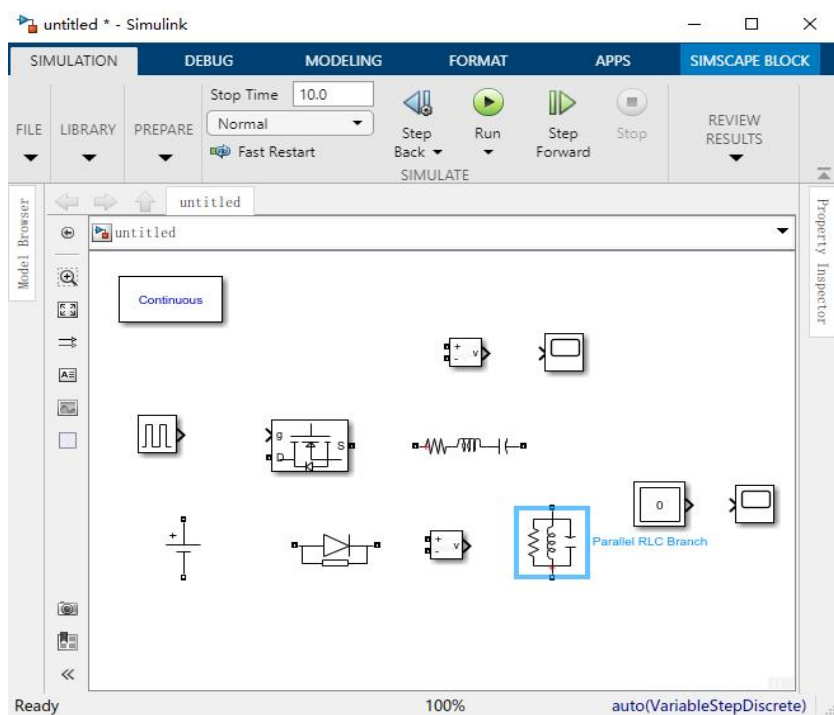


图 3-21 元件旋转

类似方法旋转直流电源、MOSFET、二极管、串联 RLC、脉冲发生器等元件至所需方向，如图 3-22 所示。

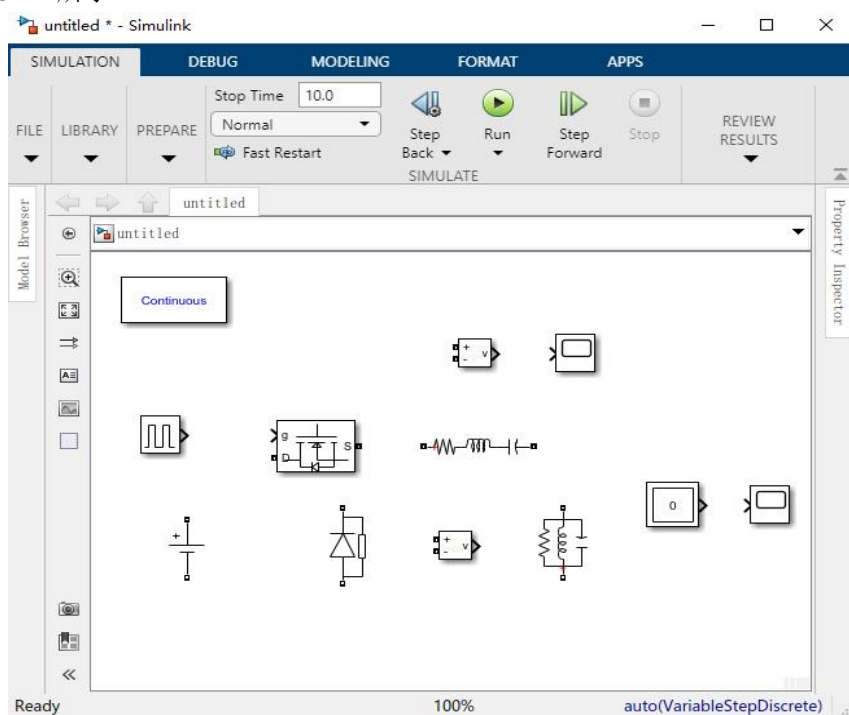


图 3-22 所有元件旋转至所需方向

元件连线：将鼠标移至元件的引线端，鼠标将变成十字架形状，按住鼠标左键不动，拖动十字架至所需连接元件引线端即可完成连线，如图 3-23 所示。从直流电源正极向 MOSFET 漏极连线，类似方法完成所有元件端之间连线，如图 3-24 所示。若要从线路中引出分支线，则在所需引出线位置按住鼠标右键拖动至所需连接端子。

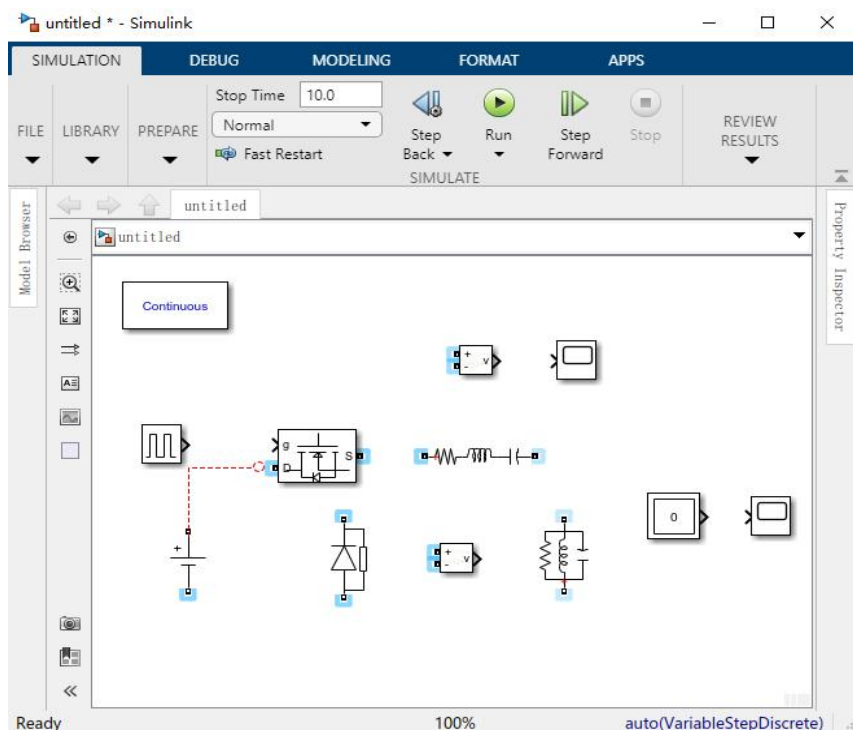


图 3-23 元件连线方法

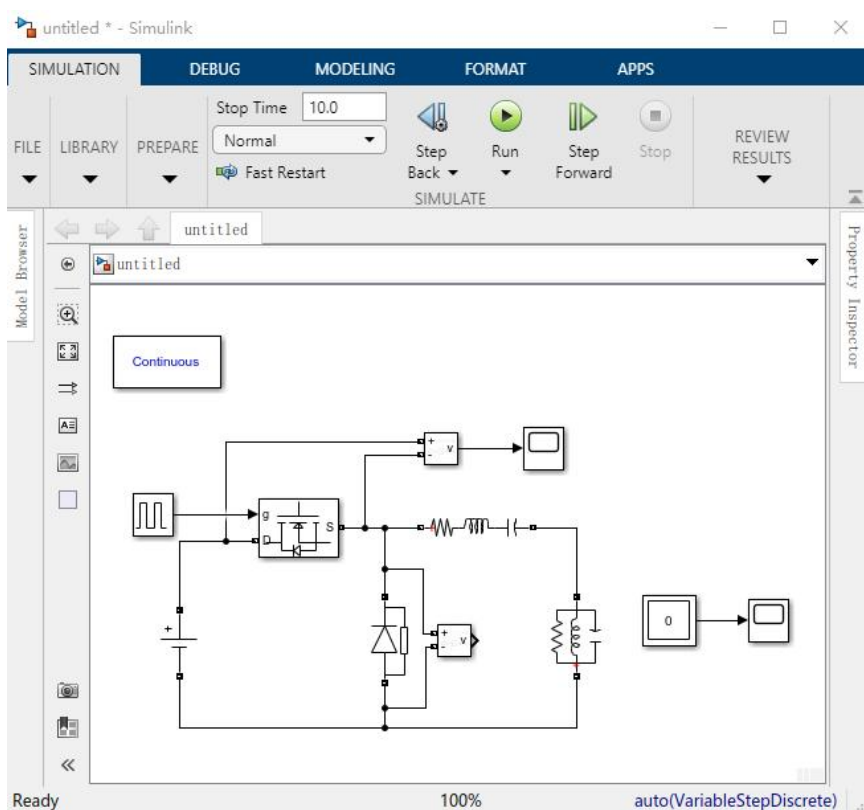


图 3-24 完成连线的 Buck 仿真电路

(4) 元件参数设置

在上方 SIMULATION 菜单栏找到 PREPARE 选项, 点击向下黑箭头找到齿轮形状 Model Setting 选项, 如图 3-25 所示。

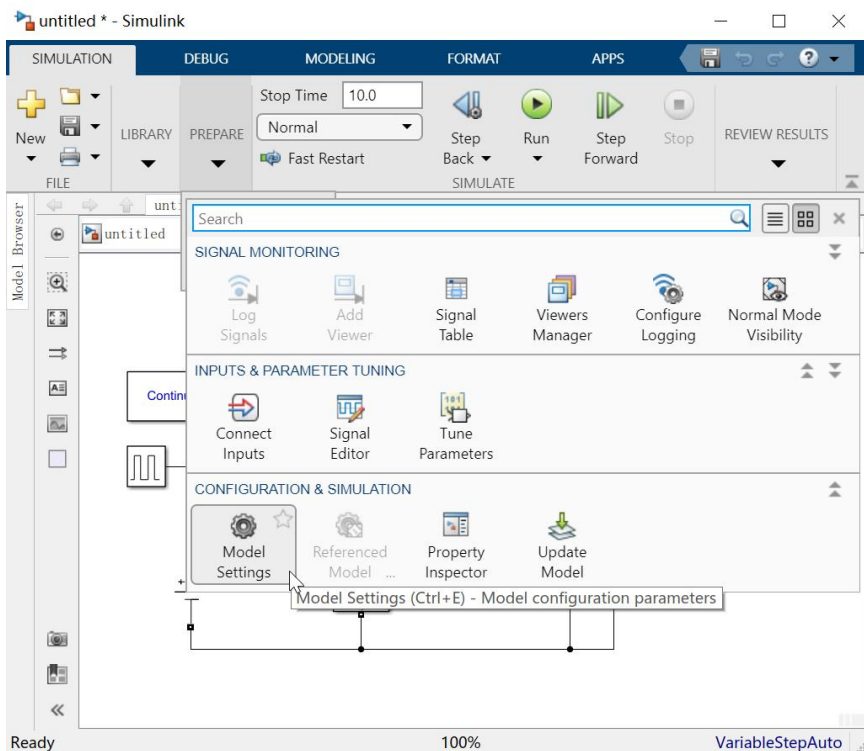


图 3-25 打开 Model Setting 选项卡

鼠标左键点击，打开 Configuration parameters 选项卡，如图 3-26 所示。在停止时间 Stop time 右侧方框中填入 0.1，即仿真停止时间为 0.1 秒。解算器 Solver selection 选项中，type 子选项选择变步长 Variable-step；MOSFET 开关电源仿真一般选在 ode23tb 或 ode15s 算法，这里解算器 Solver 选择 ode23tb（stiff/TR-BDF2），鼠标左键点击 Solver 方框右侧向下黑箭头，在下拉菜单中找到该选项鼠标左键单击。其余选项采用默认值不修改，然后鼠标左键单击右下方 OK 按钮完成配置退出。Powergui 模块采用默认参数，连续域下仿真。

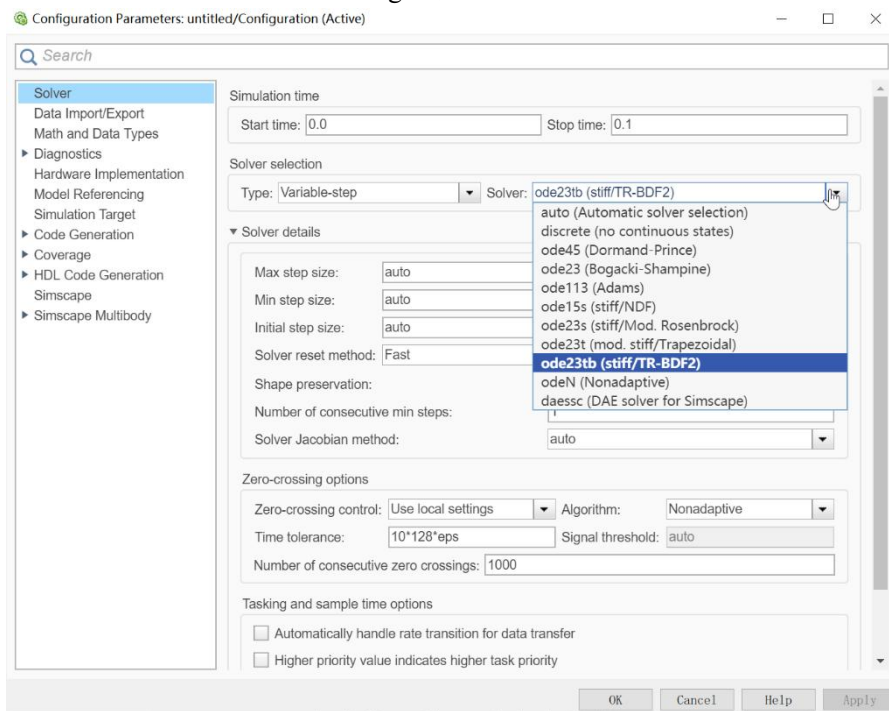


图 3-26 Configuration Parameters 选项卡设置

鼠标左键双击直流电源模块，打开直流电源模块参数设置窗口，在幅值 Amplitude 下方方框填入 20，设置为 20V，Measurements 选择 Voltage，如图 3-27 所示。

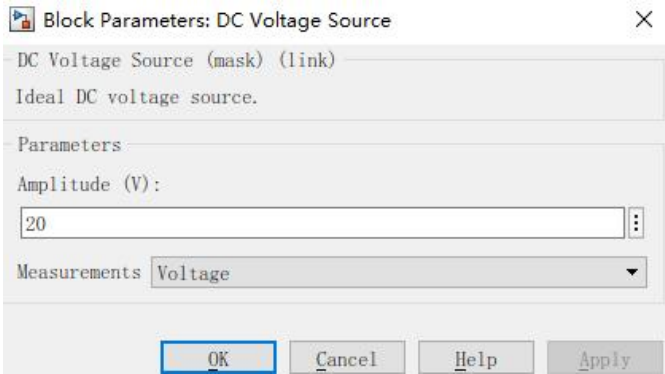


图 3-27 电源模块参数设置

鼠标左键双击打开 MOSFET 模块参数设置窗口，参照图 3-28 设置相关参数，鼠标左键单击下方测量端子 Show measurement port 前方方框去掉√，不显示模块测量端子。

鼠标左键双击打开脉冲发生器模块参数设置窗口，参照图 3-29 设置相关参数，其中占空比设置为 40%。

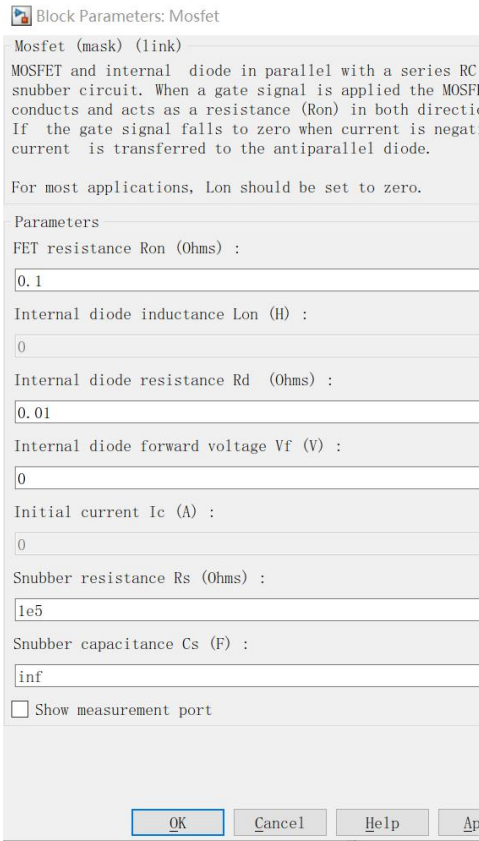


图 3-28 MOSFET 参数设置

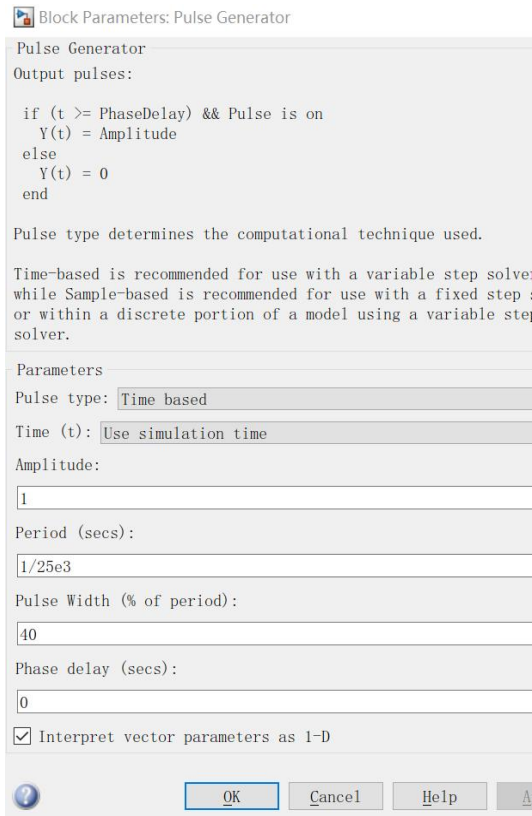


图 3-29 脉冲发生器参数设置

鼠标左键双击打开二极管模块参数设置窗口，参照图 3-30 设置相关参数，鼠标左键单击下方测量端子 Show measurement port 前方方框去掉√，不显示模块测量端子。

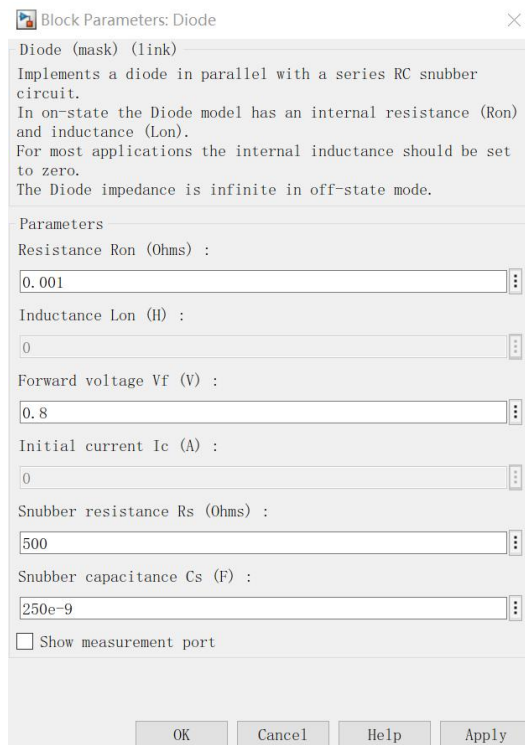


图 3-30 二极管参数设置

鼠标左键双击打开 RLC 模块参数设置窗口，鼠标左键点击 **Branch Type** 右侧方框向下黑色箭头，在下拉选项中选在 L 选项，**Measurements** 选择 **Branch current**，然后参照图 3-31 设置相关参数。

鼠标左键双击打开 RLC 模块参数设置窗口，鼠标左键点击 **Branch Type** 右侧方框向下黑色箭头，在下拉选项中选在 RC 选项，**Measurements** 选择 **Branch voltage and current**，然后参照图 3-32 设置相关参数。

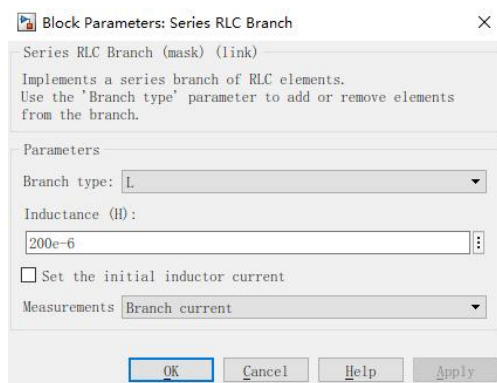


图 3-31 串联 RLC 模块参数设置

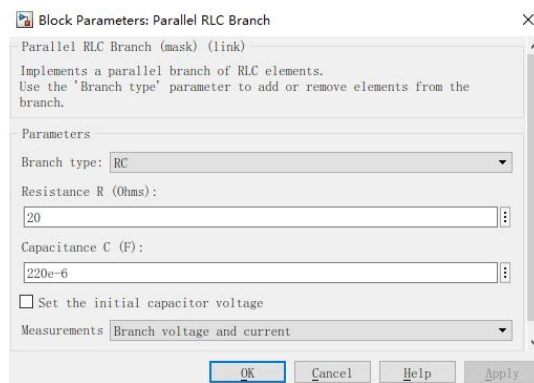


图 3-32 并联 RLC 模块参数设置

鼠标左键双击打开 **Multimeter** 模块参数设置窗口，在 **Available Measurements** 下方窗口选中直流电压源 U_{src} 、串联 RLC 支路的 I_b 、并联 RLC 支路的 U_b 和 I_b ，点击符号 \gg 添加至 **Selected Measurements** 窗口，点击 **Close** 完成添加。如图 3-33 所示。

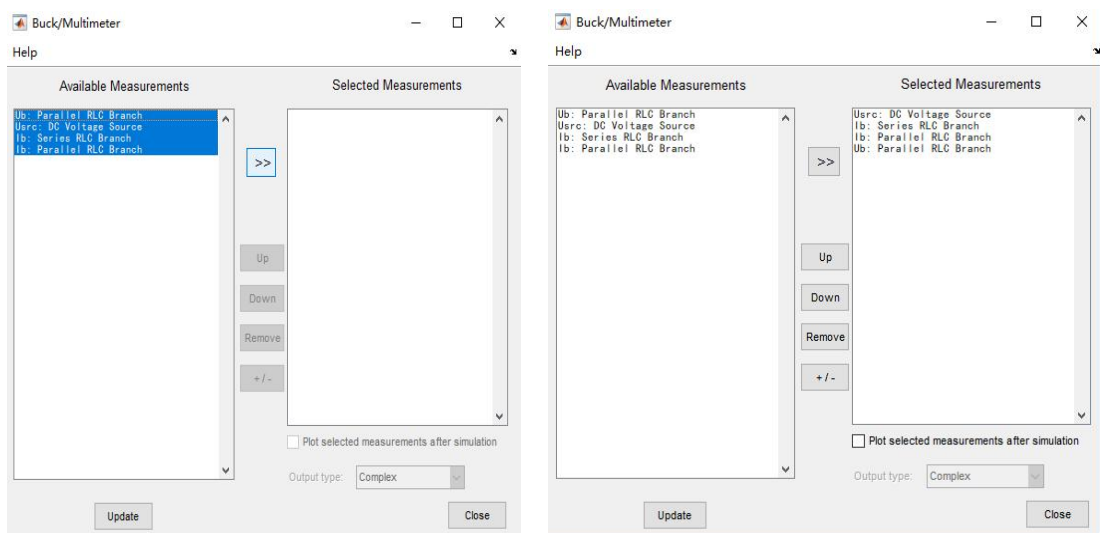


图 3-33 Multimeter 模块参数设置

3) 仿真结果

所有参数设置完成后,Buck 变换电路 SIMULINK 仿真模型搭建完成。增加一个 MOSFET 两端电压采样送至示波器观察波形,可按前面从库添加元件方法添加电压采样模块,或者直接复制电压采样模块,鼠标左键点击电压采样模块,同时按住 **Ctrl** 键拖动鼠标则可完成复制,如图 3-34 所示。

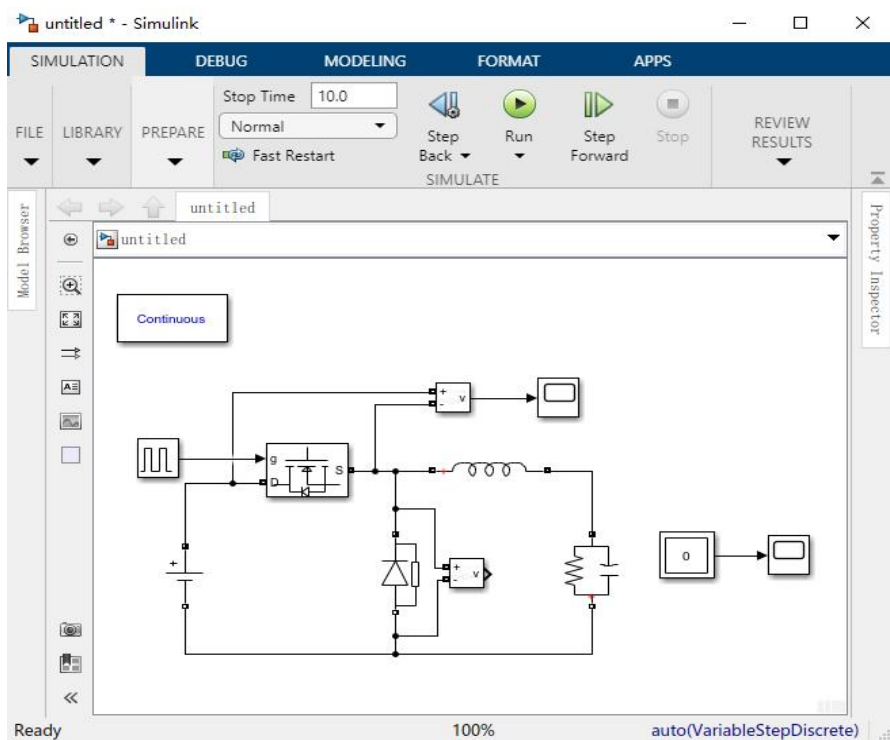


图 3-34 Buck 变换电路仿真模型

设置示波器为双信号输入及信号独立显示:鼠标左键双击示波器打开示波器窗口,如图 3-35 所示。

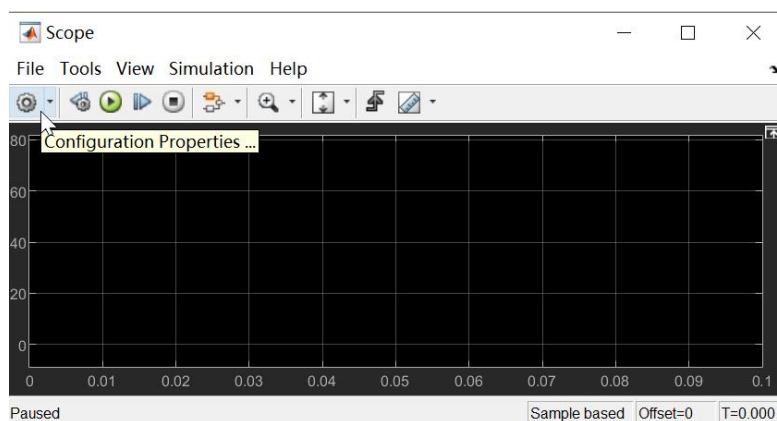


图 3-35 打开示波器设置窗口

鼠标左键单击参数设置按钮，打开参数设置界面如图 3-36 所示，输入引脚数 Number of input ports 右侧方框内容修改为 3。

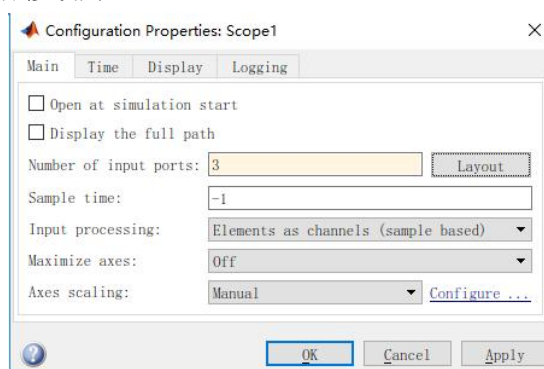


图 3-36 示波器参数设置 Main 窗口参数设置

点击方框右边 Layout 选项，在弹出的窗口右侧选中三个方格，如图 3-37 所示。用于分别显示输入 Buck 变换电路触发信号波形、MOSFET 两端电压、二极管两端电压。

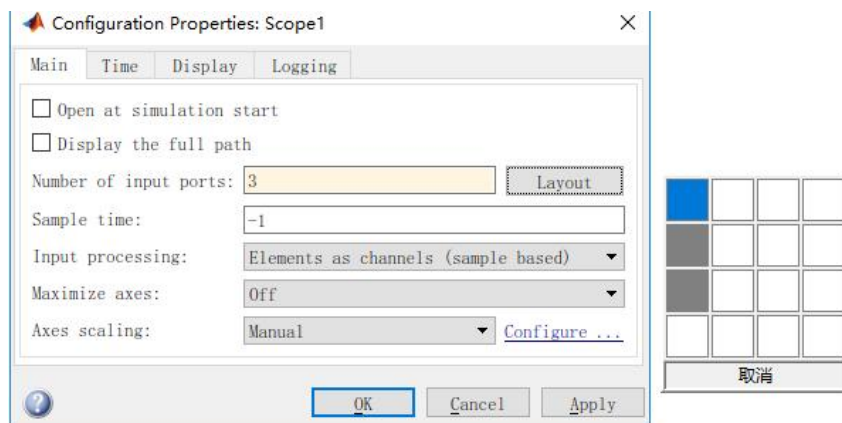


图 3-37 选择示波器显示窗口数量

鼠标左键单击下方 OK 按钮退出，修改后如图 3-38 所示。

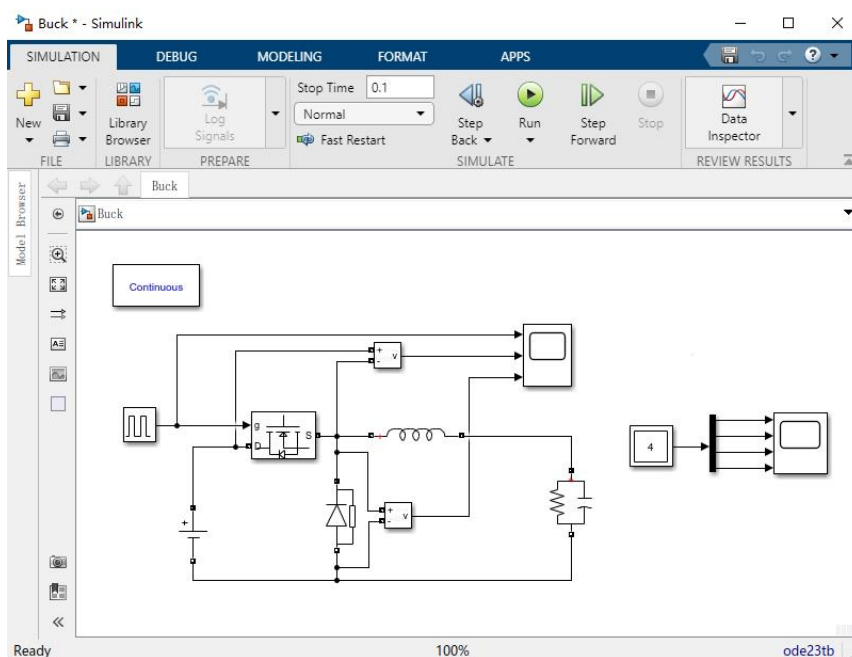
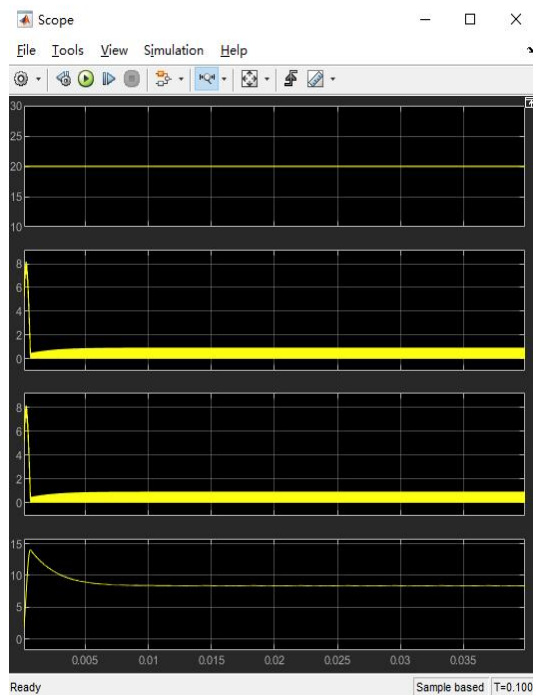
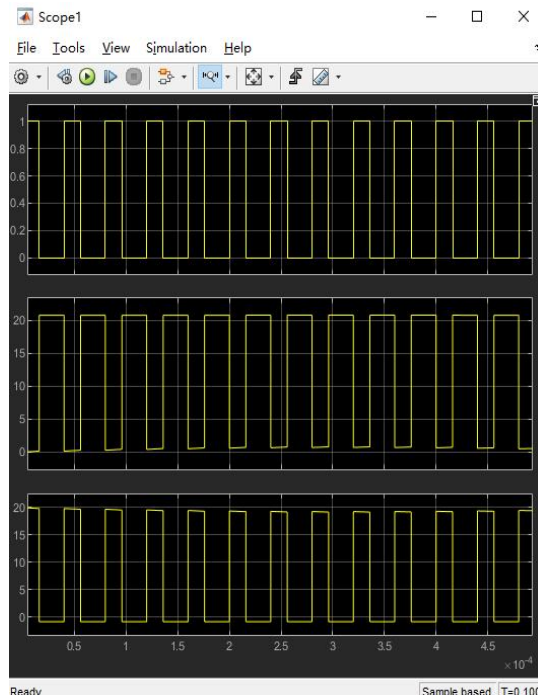


图 3-38 运行仿真模型

点击运行按钮开始仿真，仿真结束后双击打开示波器可观察仿真结果如图 3-39，从图中可看出上方显示的输入电压为 20V，下方的输出电压稳定在 8V，与预定目标相符，其中图(a)所示波形分别为直流电源两端电压、电感 L 电流、并联 RL 电流、并联 RL 两端电压，图(b)所示波形分别为脉冲触发波形、MOSFET 两端电压、二极管两端电压。



(a)



(b)

图 3-39 Buck 变换电路仿真结果

单相 DC/AC 变换电路 Matlab 仿真

单相 DC/AC 变换电路系统仿真模型如图 3-72 所示。

1) 仿真电路及参数

输入直流电压：100V

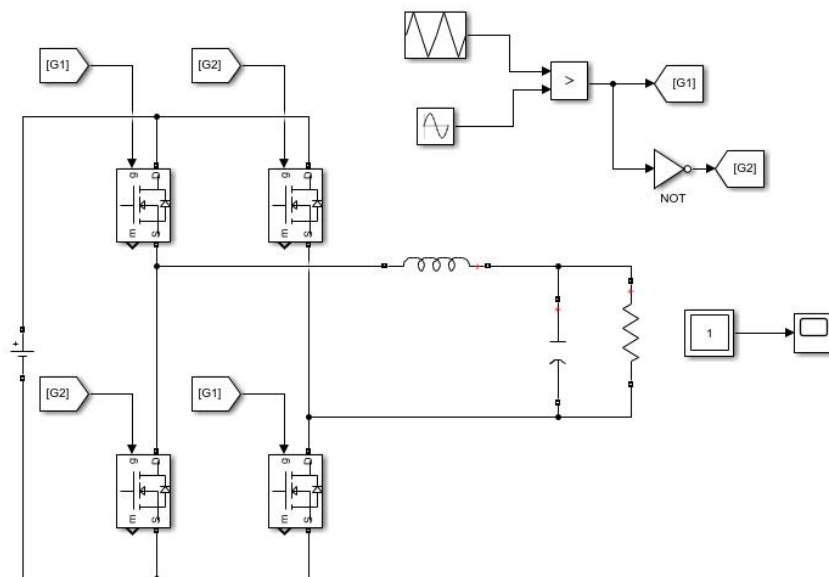


图 3-72 单相 DC/AC 变换电路

2) 仿真模型搭建

根据前面介绍的步骤建立图 3-72 所示仿真模型文件完成单相全桥方波逆变电路的仿真。

(1) 添加元件模型

前面已经介绍过如何添加直流、电源脉冲发生器、RLC 等，这里主要介绍如何添加 From 与 Goto 模块。在模型库左侧栏依次鼠标左键单击 Simulink->Signal Routing，在模型库右侧栏鼠标左键单击 From 模块，按住鼠标左键不放拖动至模型编辑窗口，如图 3-73 所示。

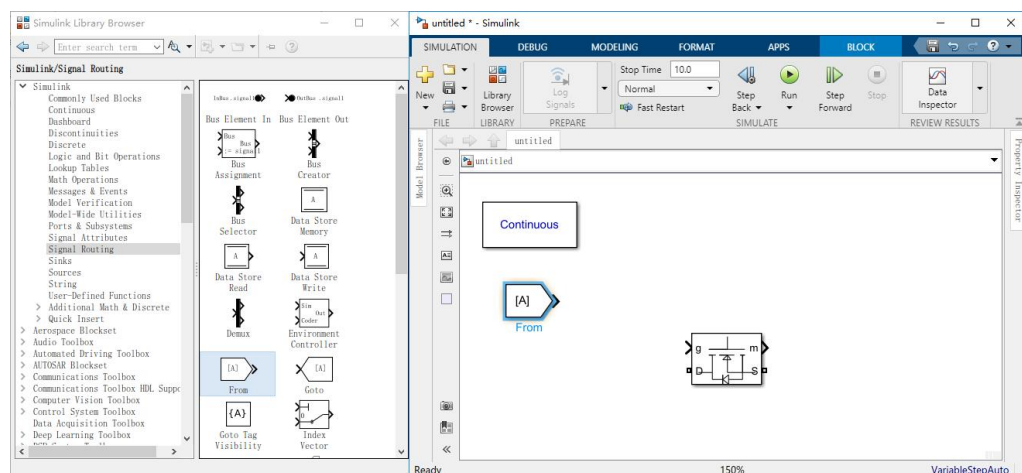


图 3-73 添加 From 模块至模型编辑窗口

在模型库左侧栏依次鼠标左键单击 Simulink->Signal Routing，在模型库右侧栏鼠标左键单击 Goto 模块，按住鼠标左键不放拖动至模型编辑窗口，如图 3-74 所示。

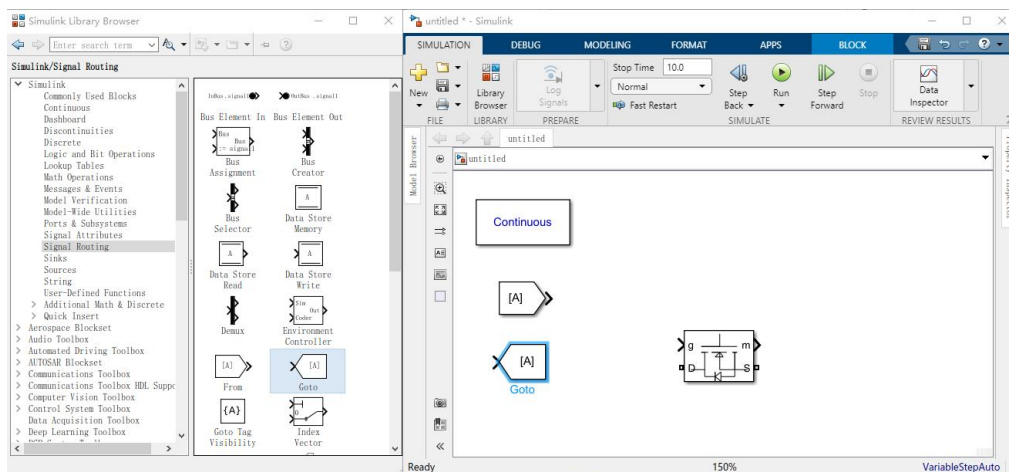


图 3-74 添加 Goto 模块至模型编辑窗口

(2) 元件参数设置

鼠标左键双击直流电源模块，打开直流电源模块参数设置窗口，在幅值 Amplitude 下方方框填入 100，设置为 100V，如图 3-75 所示。

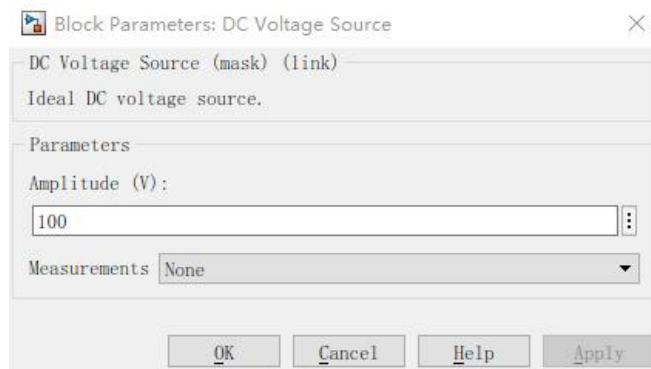


图 3-75 电源模块参数设置

鼠标左键双击打开 Triangle Generator 模块参数设置窗口，参照图 3-76 设置相关参数；鼠标左键双击打开 Sine Wave 模块参数设置窗口，参照图 3-77 设置相关参数。

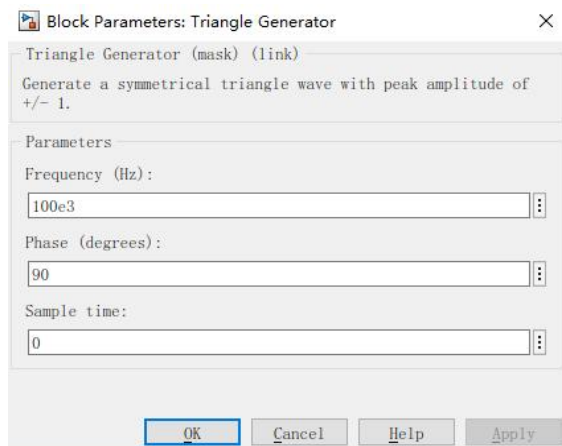


图 3-76 三角脉冲发生器参数设置

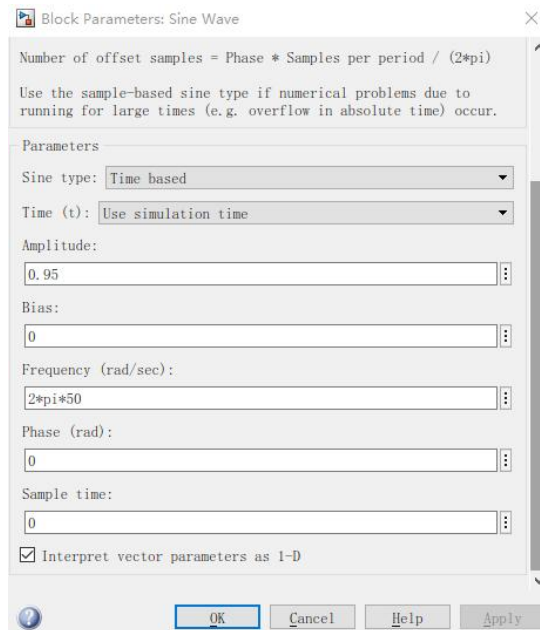
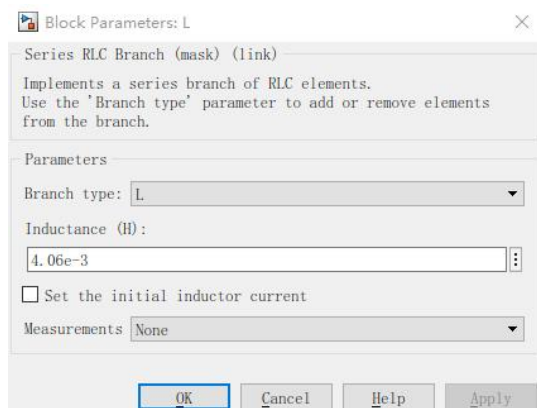
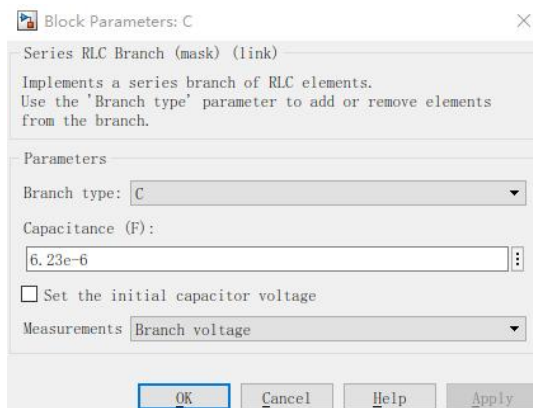


图 3-77 正弦波参数设置

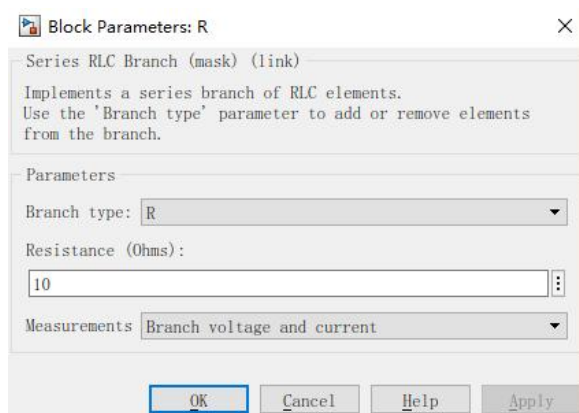
鼠标左键双击打开 RLC 模块参数设置窗口，鼠标左键点击 Branch Type 右侧方框向下黑色箭头，在下拉选项中依次选则 L、C、R 选项，参照图 3-78 设置电感、电容和电阻的参数。



(a) 串联 RLC 模块用作电感



(b) 串联 RLC 模块用作电容



(c) 串联 RLC 模块用作电阻

图 3-78 串联 RLC 模块参数设置

3) 仿真结果

所有参数设置完成后，单相 DC/AC 变换电路仿真模型搭建完成，如图 3-79 所示，点击运行按钮开始仿真，仿真结束后双击打开示波器可观察仿真结果，如图 3-80 所示，图(a)显示的波形分别为三角载波波形；图(b)显示的波形为正弦调制波形；图(c)显示的波形为桥侧两端电压波形；图(d)显示的波形为负载侧电压波形。

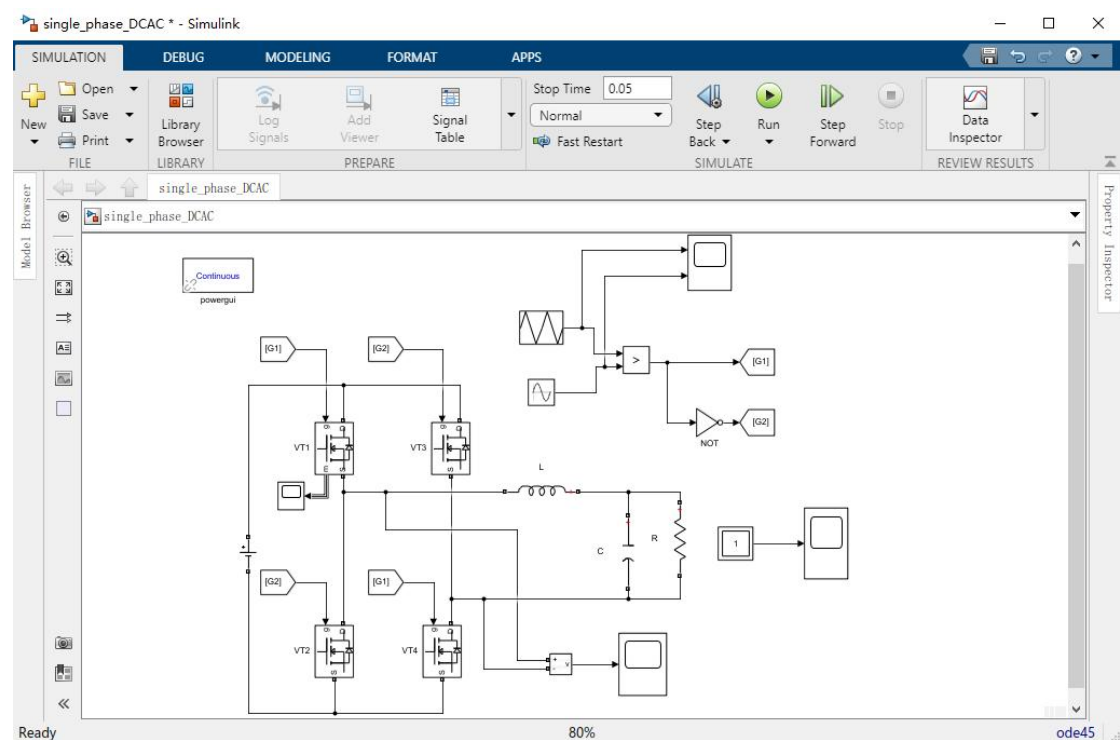
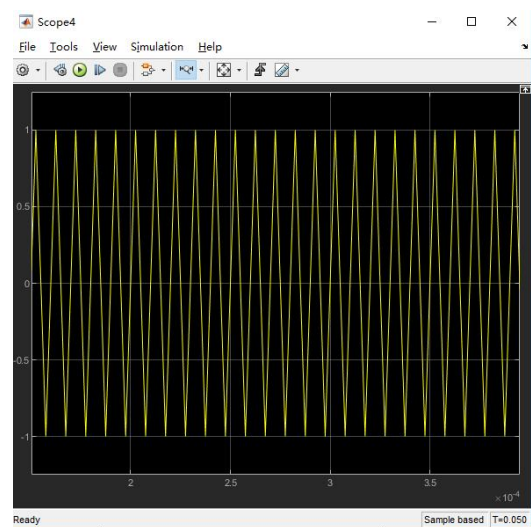
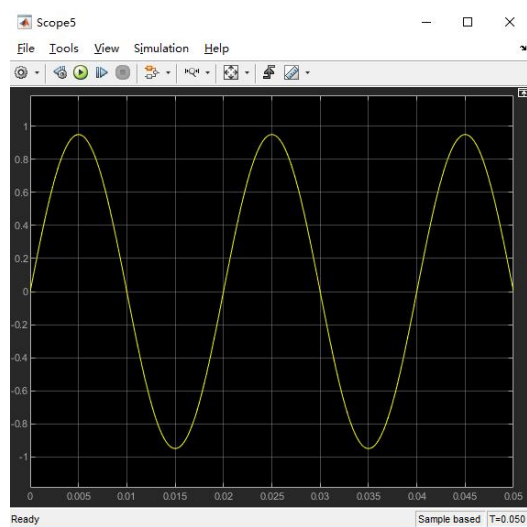


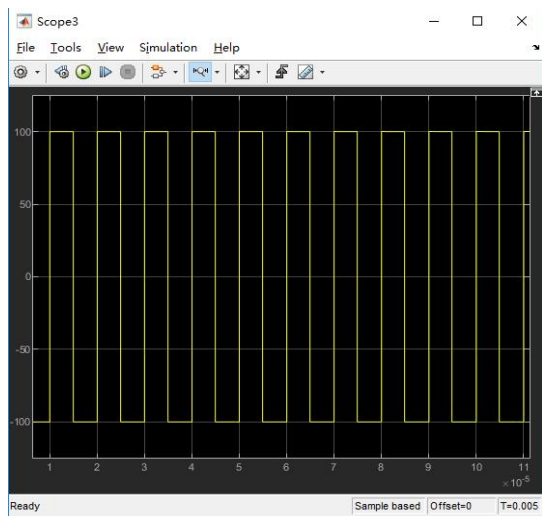
图 3-79 单相 DC/AC 变换电路



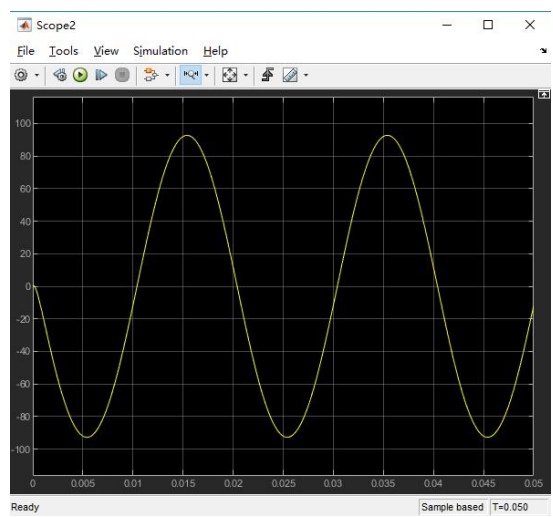
(a) 三角载波波形



(b) 正弦调制波形



(c) 桥侧两端电压波形



(d) 负载侧电压波形

图 3-80 单相 DC/AC 变换电路仿真结果

三相 DC/AC 变换电路 Matlab 仿真

三相 DC/AC 变换电路仿真模型如图 3-103 所示，其仿真参数为输入直流 32V，输出三相 50Hz 正弦交流电压，采用 SPWM 调制方式，载波频率为 14.1kHz，调制度为 0.75，滤波电感为 1mH，滤波电容为 2.2 μ F，负载电阻为 50 Ω 。

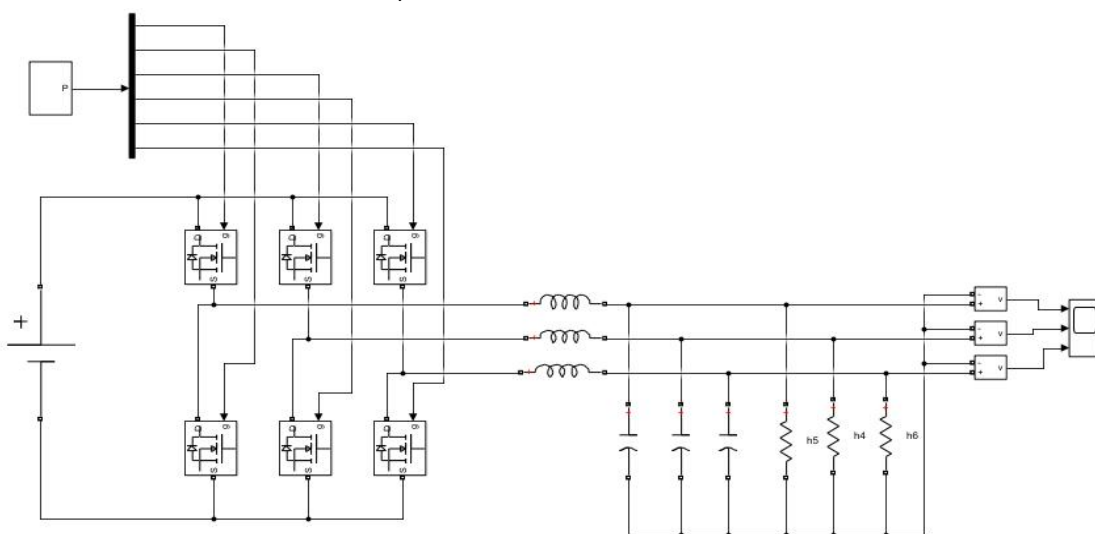


图 3-103 三相 DC/AC 变换电路仿真模型

根据前面“单相 DC/AC 变换电路 Matlab 仿真”介绍的方法和步骤建立仿真模型文件，主要区别是增加一个三相 SPWM 发生器，具体步骤如下：

a、添加 PWM Generator(2-Level) 模块。在模型库左侧栏依次鼠标左键单击 Simscape->Electrical->Specialized Power Systems->Fundamental Blocks->Power Electronics->Pulse&Signal Generator, 在模型库右侧栏鼠标左键单击 PWM Generator(2-Level) PWM 发生器模型，按住鼠标左键不放拖动至模型编辑窗口，如图 3-104 所示。

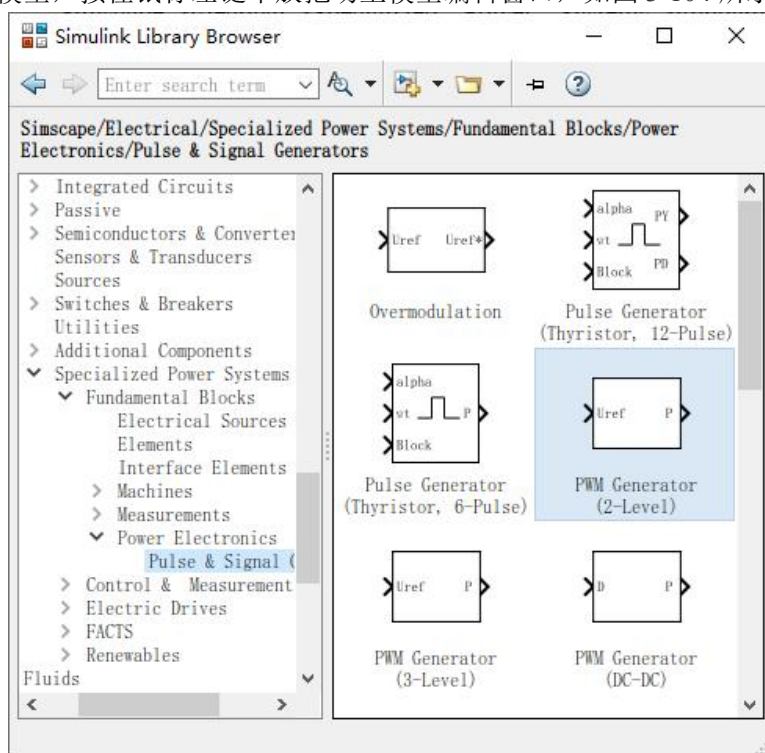


图 3-104 添加三相 SPWM 信号发生器模型至模型编辑窗口

b、元件参数设置。仿真模型中元件不同参数设置如图 3-105 至图 3-110 所示。

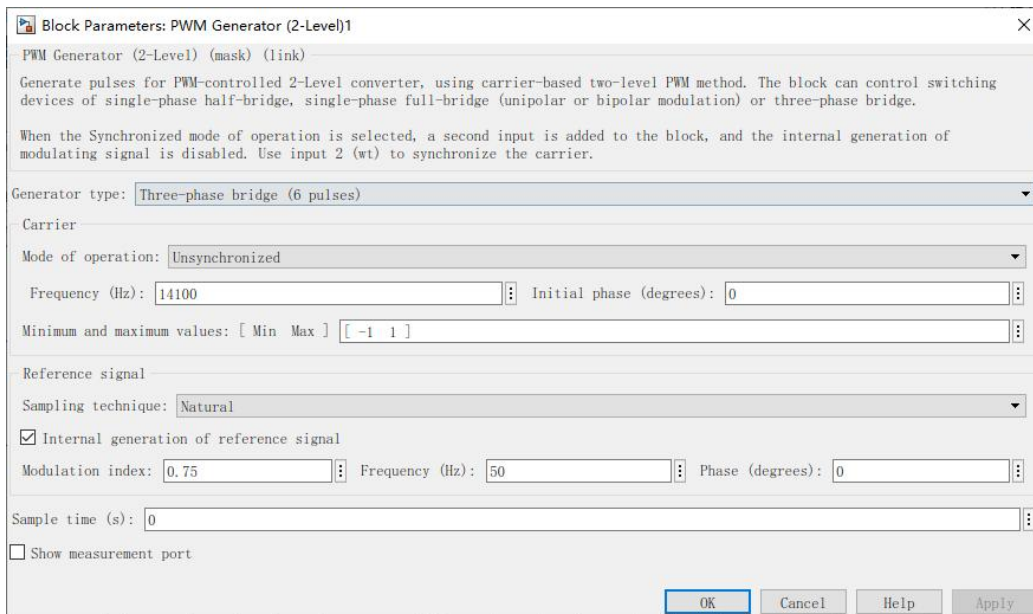


图 3-105 PWM Generator(2-Level)参数设置

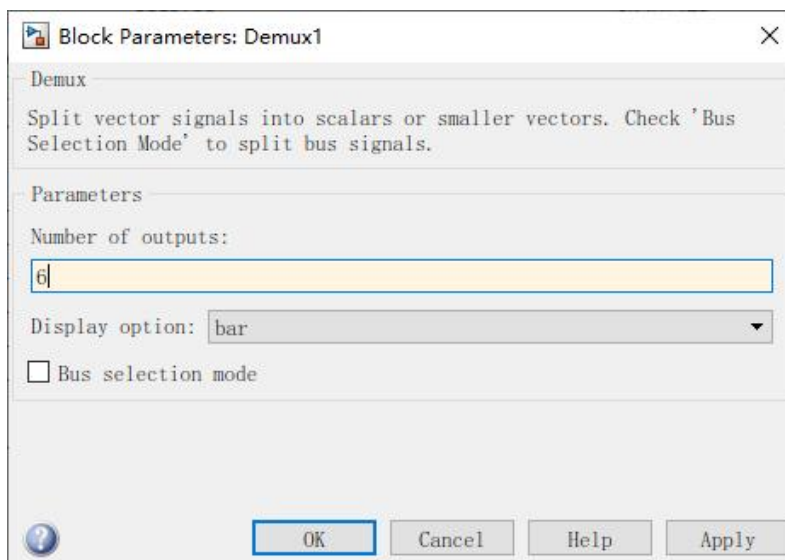


图 3-106 Demux 模块参数设置

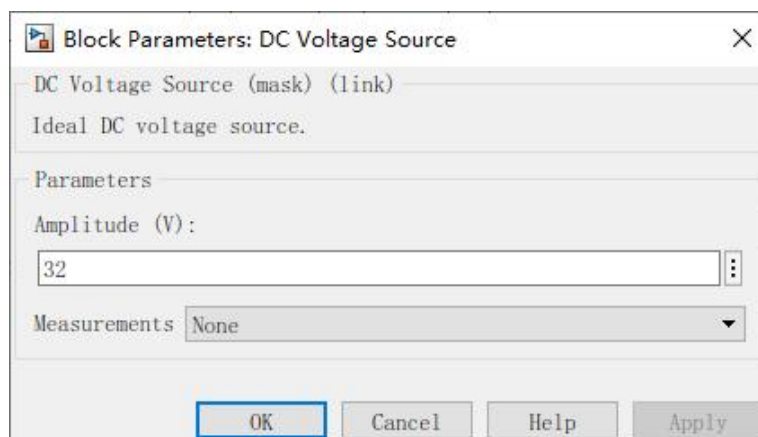


图 3-107 电源模块参数设置

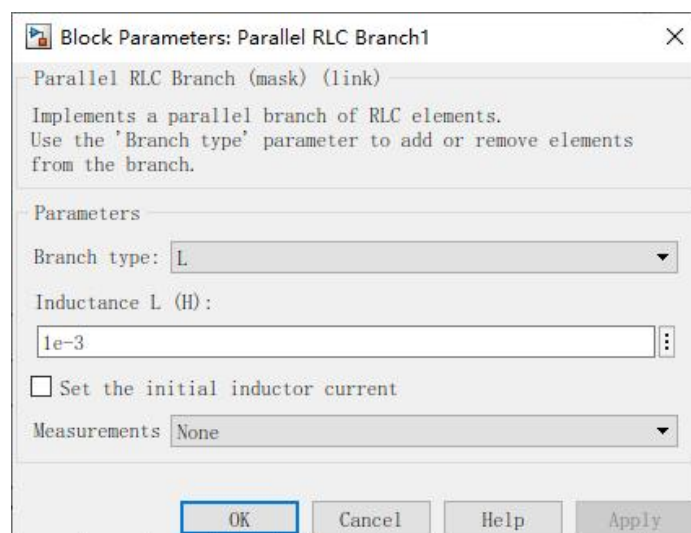


图 3-108 滤波电感模块参数设置

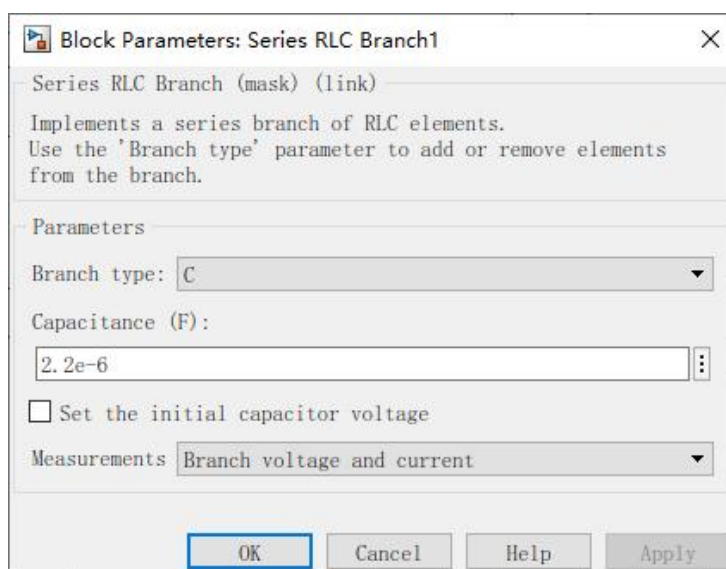


图 3-109 滤波电容参数设置

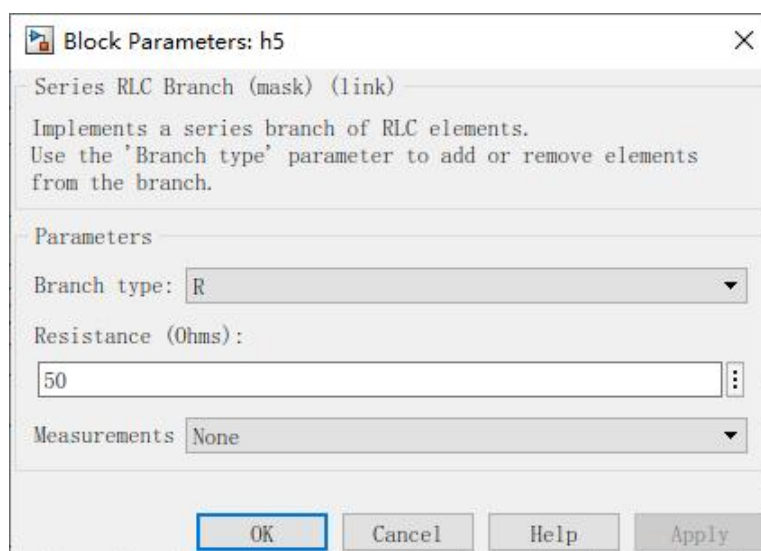


图 3-110 负载电阻参数设置

c、仿真结果。所有参数设置完成后，三相 DC/AC 变换器仿真模型搭建完成，如图 3-111 所示，点击运行按钮开始仿真，仿真结束后双击打开示波器可观察仿真结果，图 3-112 所示三相交流电压输出。

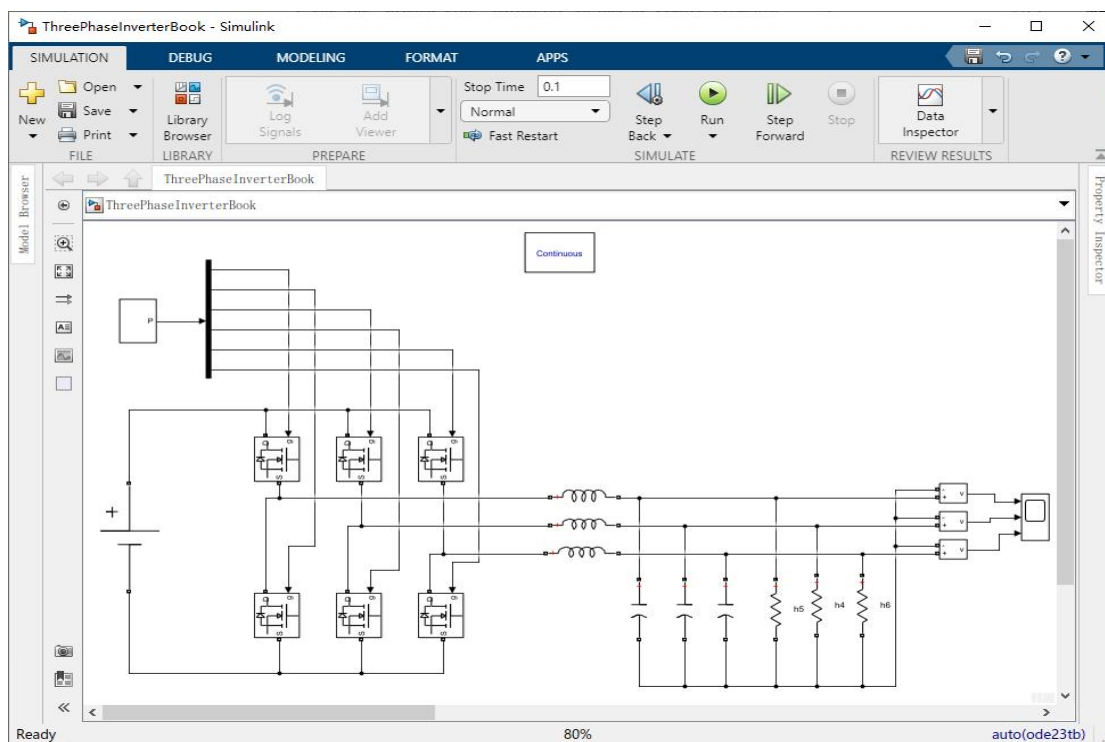


图 3-111 三相 DC/AC 变换器仿真模型

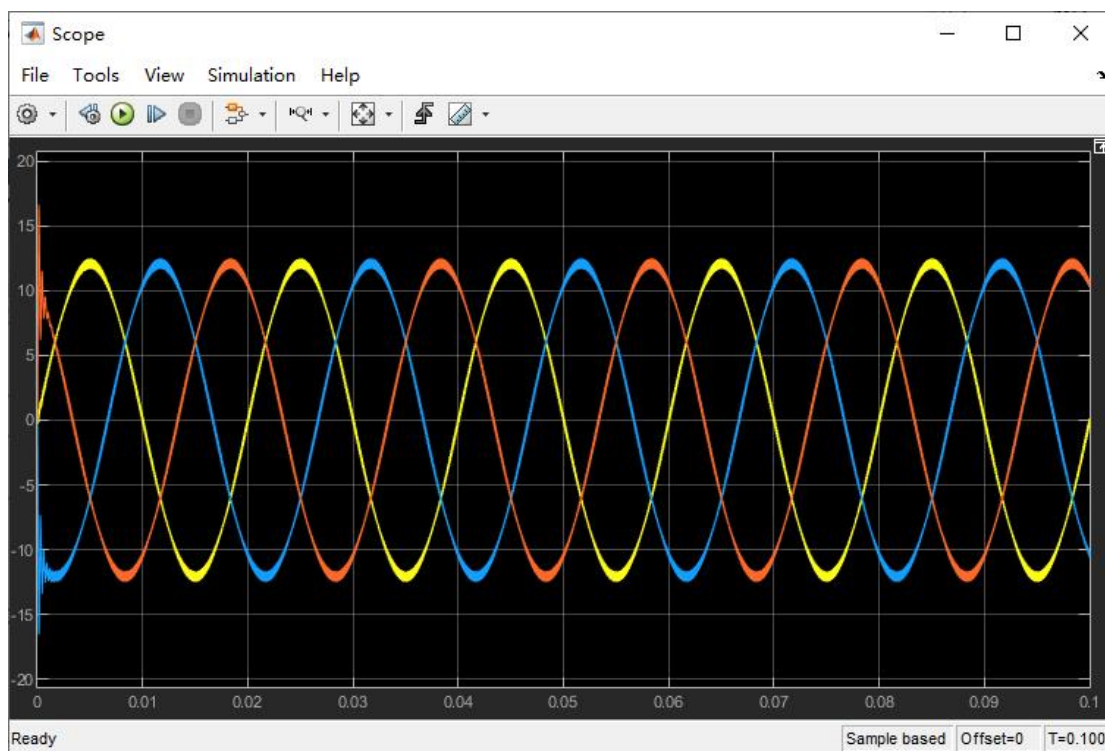


图 3-112 三相 DC/AC 变换器仿真结果