



武汉大学

Wuhan University

# 第五章 Simulink模拟电路仿真



武汉大学

Wuhan University

## §5.1 电路仿真概要

### 5.1.1 MATLAB仿真 V.S. Simulink仿真

利用MATLAB编写M文件和利用Simulink搭建仿真模型均可实现对电路的仿真，在实现电路仿真的过程中和仿真结果输出中，它们分别具有各自的优缺点。



■ ex5\_1.m

clear;

V=40;R=5;Ra=25;Rb=100;Rc=125;Rd=40;Re=37.5;

R1=(Rb\*Rc)/(Ra+Rb+Rc);

R2=(Rc\*Ra)/(Ra+Rb+Rc);

R3=(Ra\*Rb)/(Ra+Rb+Rc);

Req=R+R1+1/(1/(R2+Re)+1/(R3+Rd));

I=V/Req

>>ex5\_1

I =

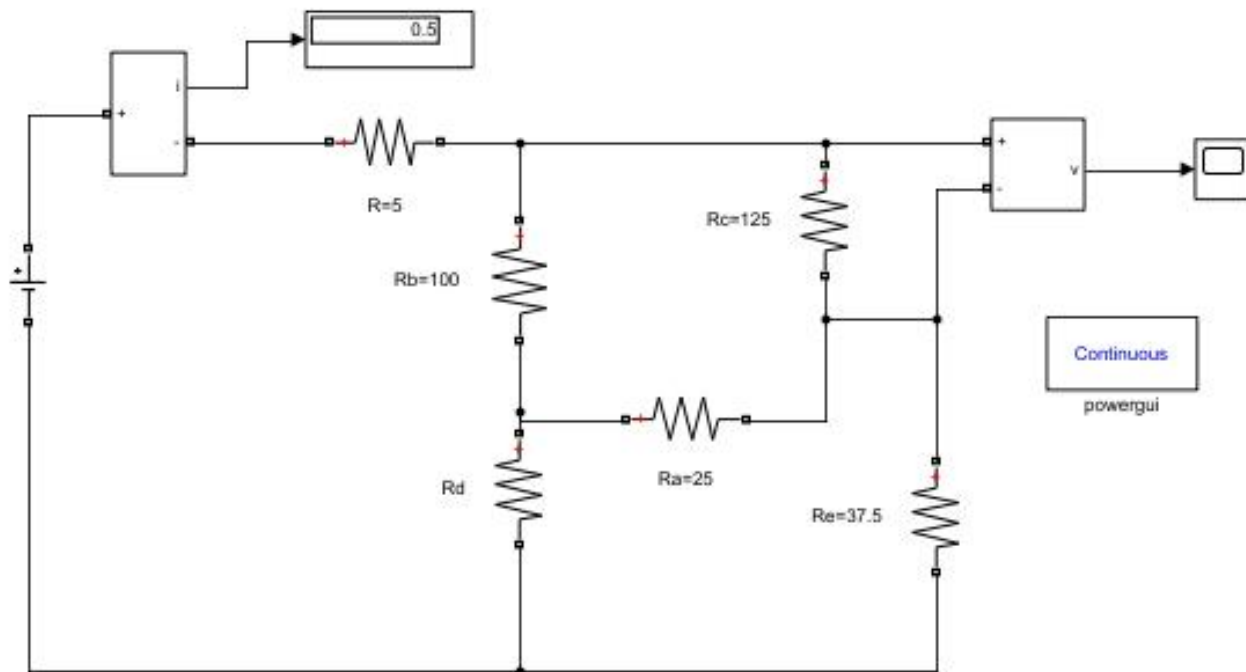
0.5000



武汉大学

Wuhan University

■ ex5\_1

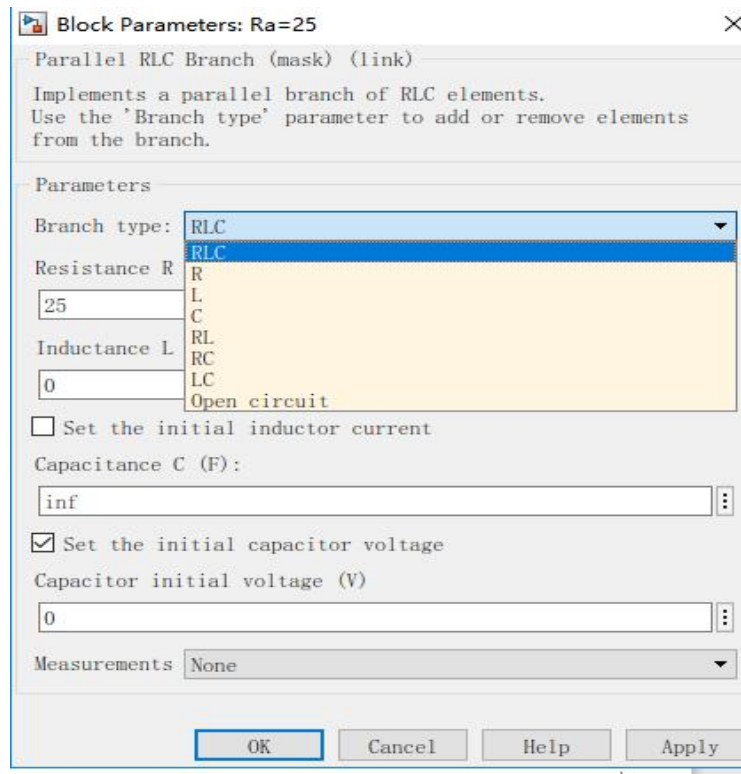




武汉大学

Wuhan University

- 注意Simulink仿真中Display模块/Scope模块的联合使用
- 下面是Parallel RLC Branch模块中的多种选择模式





武汉大学

Wuhan University

- 选择RLC时该模块是表示电阻、电感、电容三者并联，可以依次输入电阻、电感、电容的数值但是此种模式也可以分别单独表示电阻电感、电容值

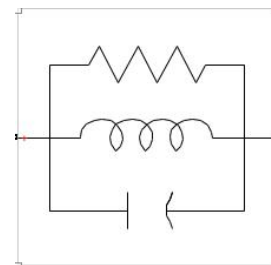
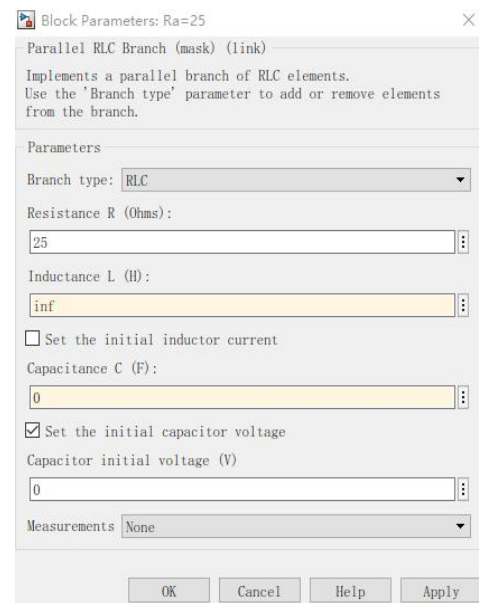
**R:** Resistance设置为真实值

Capacitance 设置为0

Inductance设置为 inf (无穷大)

**C:** Resistance设置为inf Capacitance  
设置为真实值 Inductance设置为 inf

**L:** Resistance设置为 inf Capacitance设置为0  
Inductance 设置为真实值

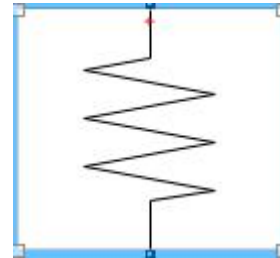
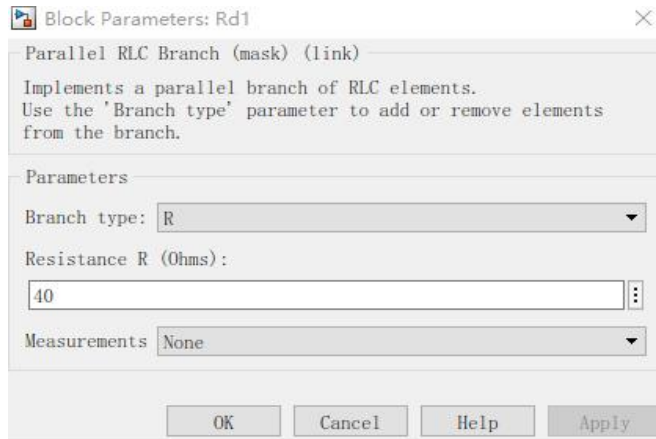




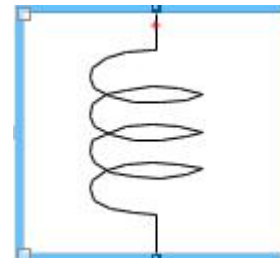
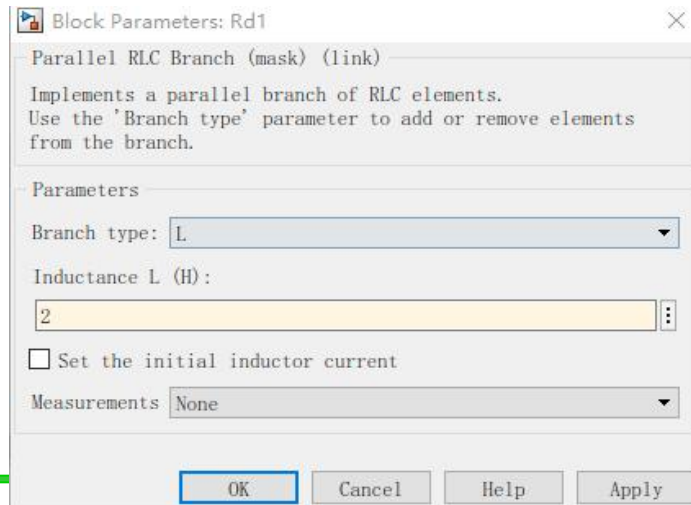
# 武汉大学

Wuhan University

## ■ 选择R时该模块是电阻



## ■ 选择L时该模块是电感

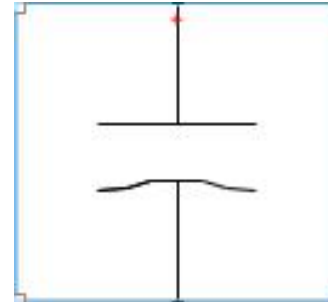
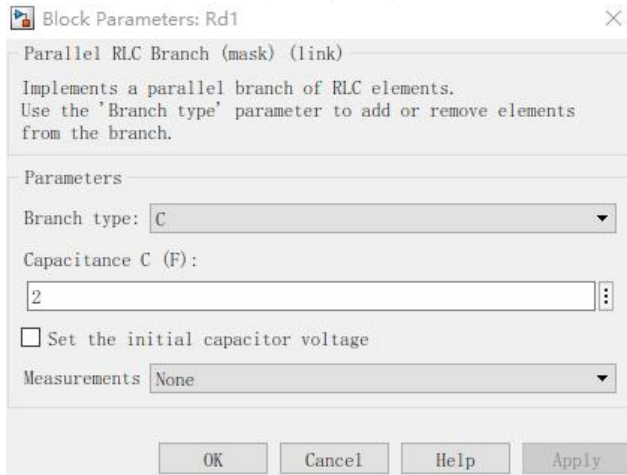




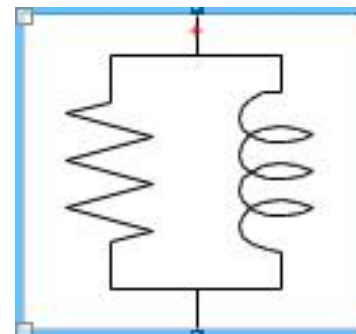
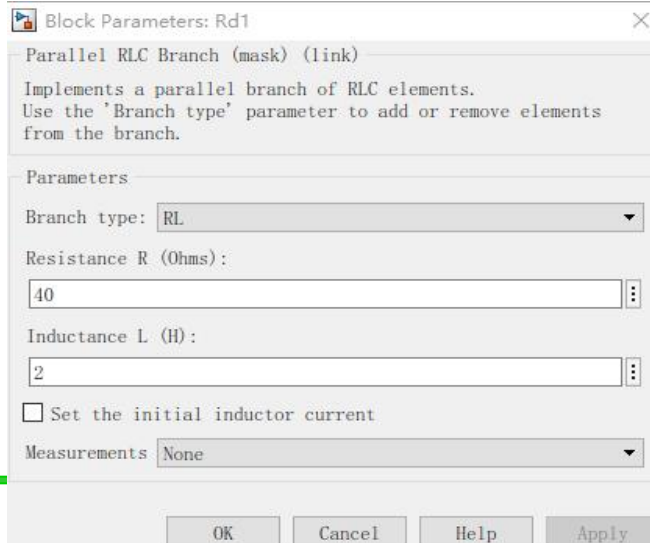
# 武汉大学

Wuhan University

## ■ 选择C时该模块是电容



## ■ 选择RL时该模块是电阻和电感并联



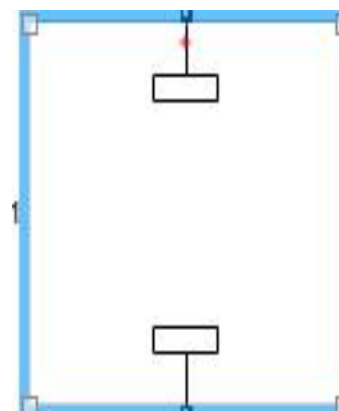
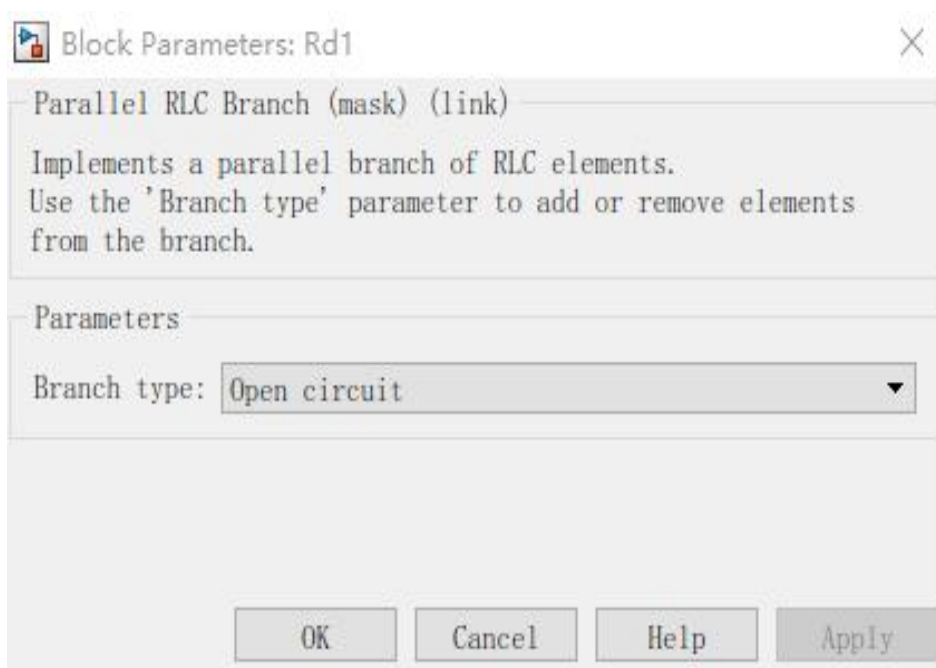




武汉大学

Wuhan University

- 选择RC、LC时该模块分别是电阻和电容并联、电感和电容并联
- 选择Open circuit时该模块是开路





武汉大学

Wuhan University

- Series RLC Branch模块是表示电阻、电感、电容三者串联,模块中的多种选择模式与Parallel RLC Branch模块类似**只在RLC模式时有所不同**

**R:** Resistance设置为真实值

Capacitance 设置为inf

Inductance设置为 0



**C:** Resistance设置为0

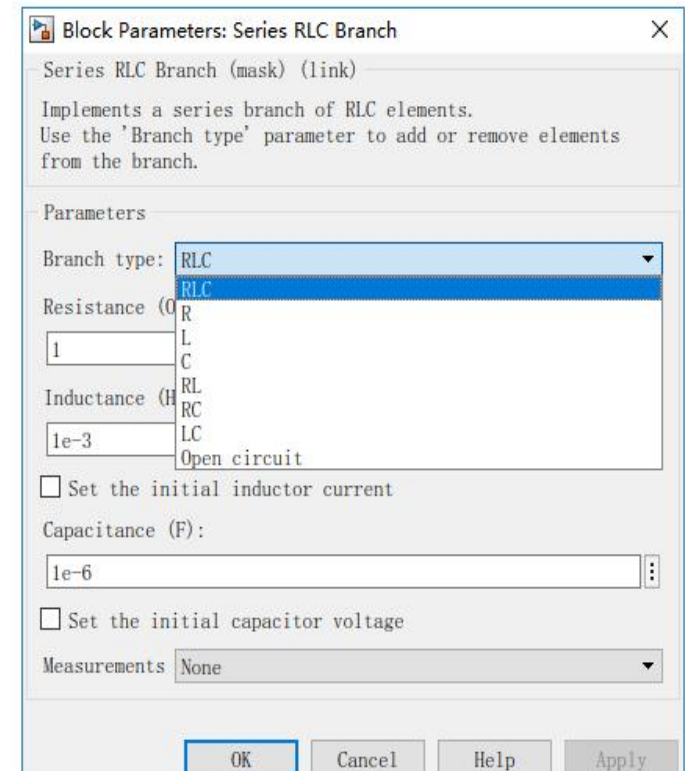
Capacitance设置为真实值

Inductance设置为0

**L:** Resistance设置为0

Capacitance设置为 inf

Inductance 设置为真实值

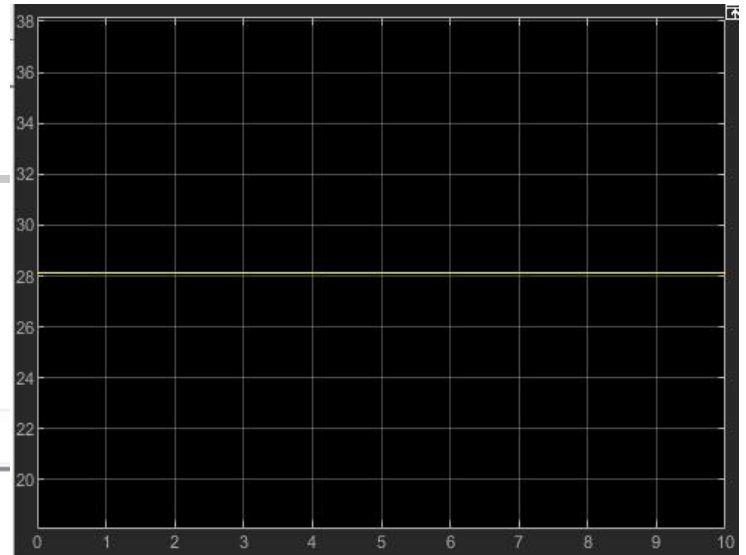
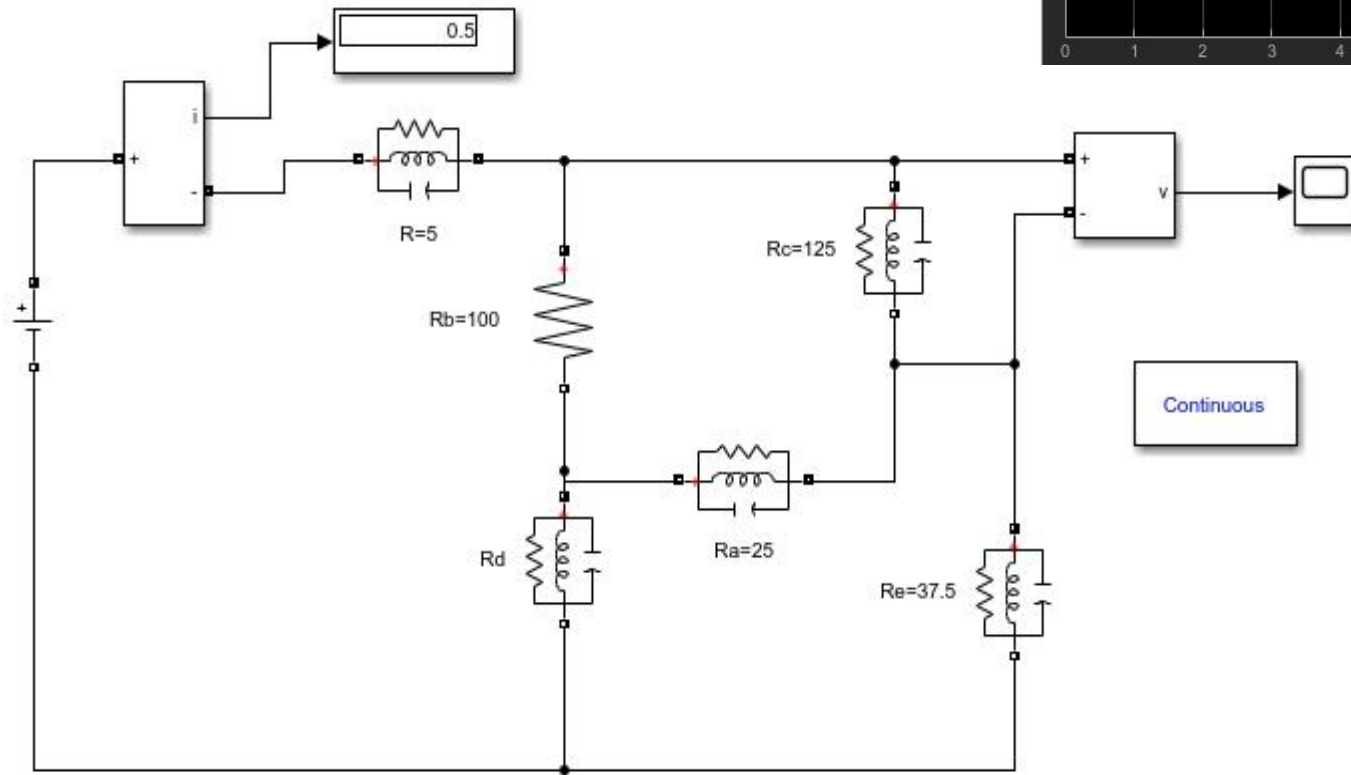




武汉大学

Wuhan University

ex5\_1



Continuous



## MATLAB方式:

- 步骤: 建立等效模型→模型数字化→编写M文件计算→得到运算结果
- 优点: 理论性强, 易于构建算法、模型
- 缺点: 较复杂, 对电路观测量更改时需更改M文件
- 适用范围: 大系统抽象和原理性建模

## Simulink方式:

- 步骤: 选取模块→组成电路→运行仿真→观测仿真结果
- 优点: 直观性强, 易于与实际电路对应, 易于观察结果
- 缺点: 理论性不强, 对电路原理不能得到解析
- 适用范围: 具体电路仿真



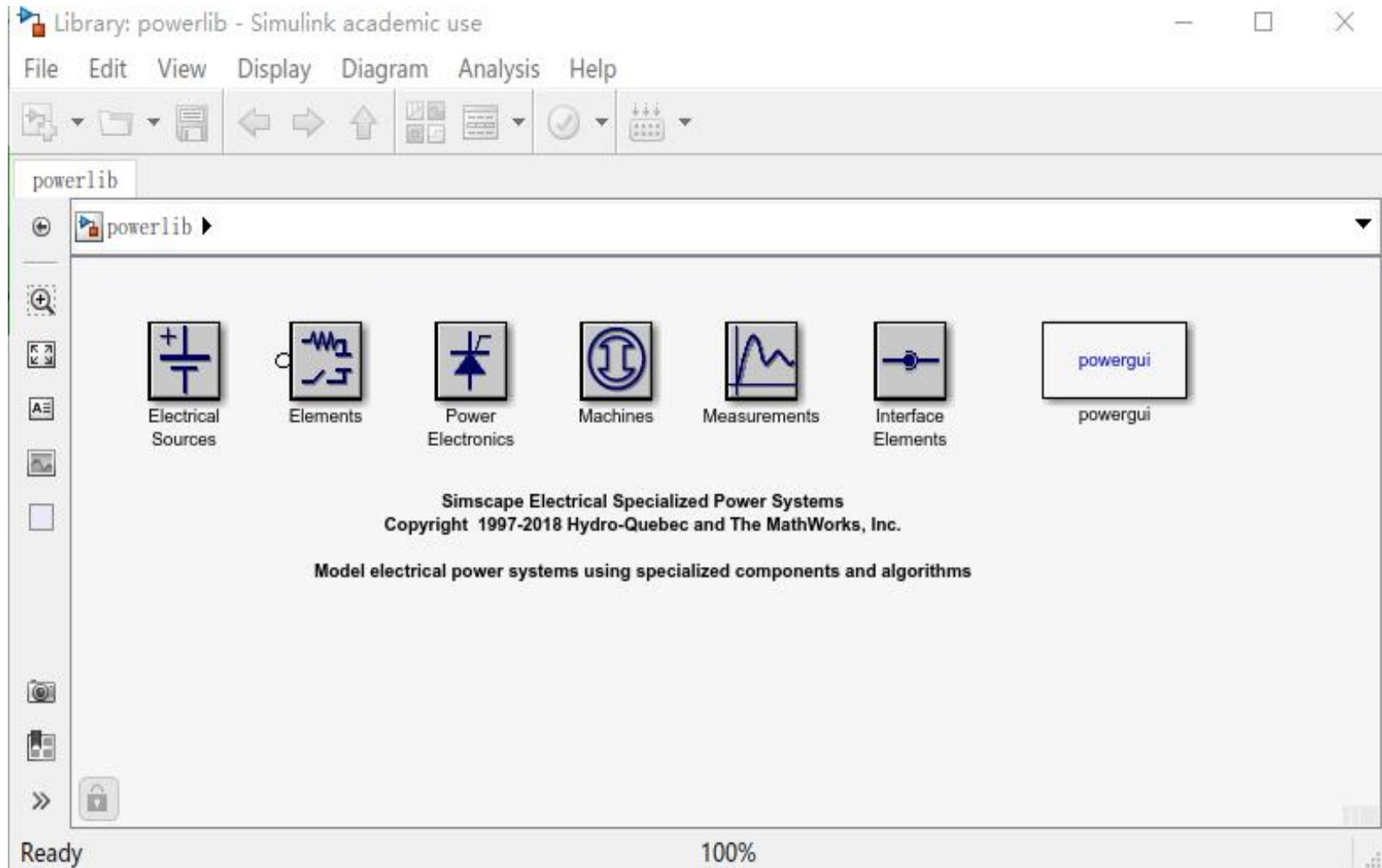
## 5.1.2 Specialized Power System 模块集及 powerlib 窗口

- Specialized Power System 模块集是 MATLAB 中专用的电路仿真模块集，其中内含有 Electrical Source、Elements 等子模块库，而电路仿真常用的 DC Voltage Source、Series RLC Branch、Current Measurement 等模块都被包含在这个模块集中。
- 在 powerlib 的窗口中，用户可以看到 Specialized Power System 的各个子模块库的图形标志和名称，在 Command Window 命令窗总直接输入 powerlib 命令，即可将 powerlib 窗口打开。



武汉大学

Wuhan University



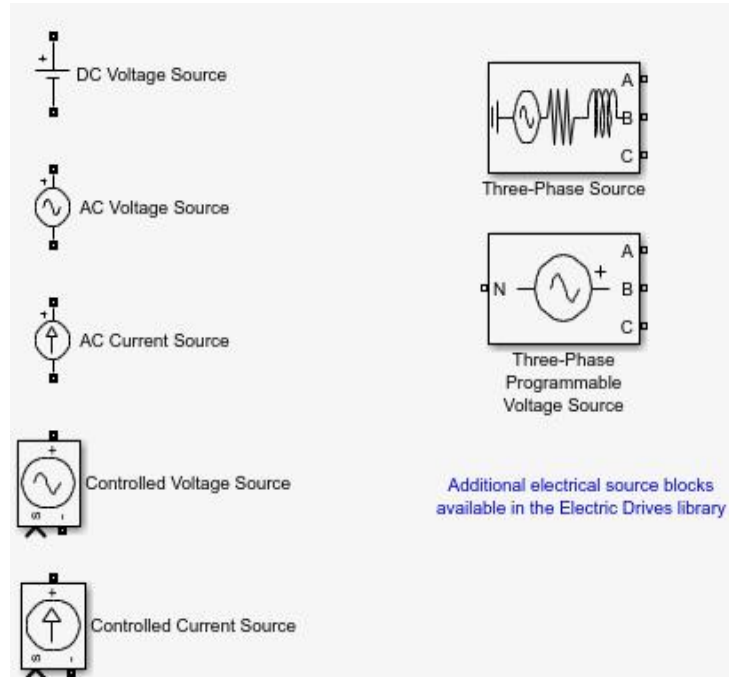


武汉大学

Wuhan University

## Electrical Sources库

- 主要包括7个用于产生电源信号的模块:主要指电路中的具体电源, 而sources库中的Sin等主要指系统的激励信号源
- 直流电压源 交流电压源 交流电流源
- 三相电源 可编程三相电压源
- 受控电压源 受控电流源





## Elements库

- 主要包含线性和非线性的电路网络元件模块，可分为Elements类、Lines类、Circuit Breaker类和Transformer类。
- Elements（元件）类：无源元件模块，常用的电阻、电容、电感（合一）以及在电力系统中使用的三相RLC元件。
- Line（导线）类：传输线模块，通常也用于电力系统中。
- Circuit Breaker（开关电路）类：开关模块，常用于电力系统中。
- Transformers（变压器）类：变压器模块。





武汉大学

Wuhan University

## Power Electronics库

- 包含的是功率电子器件模块，所有模块大致分为Devices（基本器件）类和Extras（扩充器件）类。
- 二极管、绝缘栅三级管和场效应管归于Power Electronics库的Devices类中。
- 脉冲信号发生器应归于Electronics库的Extras（扩充器件）类。



武汉大学

Wuhan University

## Measurements库

- 包含各种测量模块，分为Electrical（电路测量）类和Additional Measurements（扩充测量模块）类。
- 电流测量模块、电压测量模块和阻抗测量模块都在Measurements库的Electrical类中，它们是辅助Display模块、Scope模块观测电路特性的重要模块，通常用法是由其将所需观察的量引出，再送Display模块或Scope模块显示。



# 武汉大学

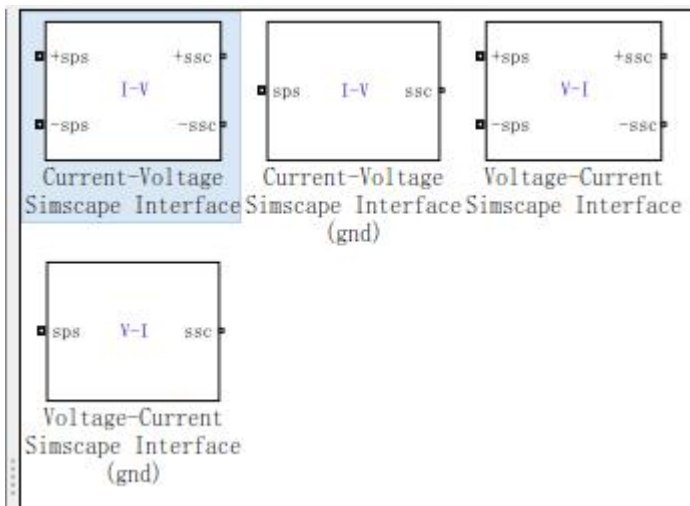
Wuhan University

## Machines库

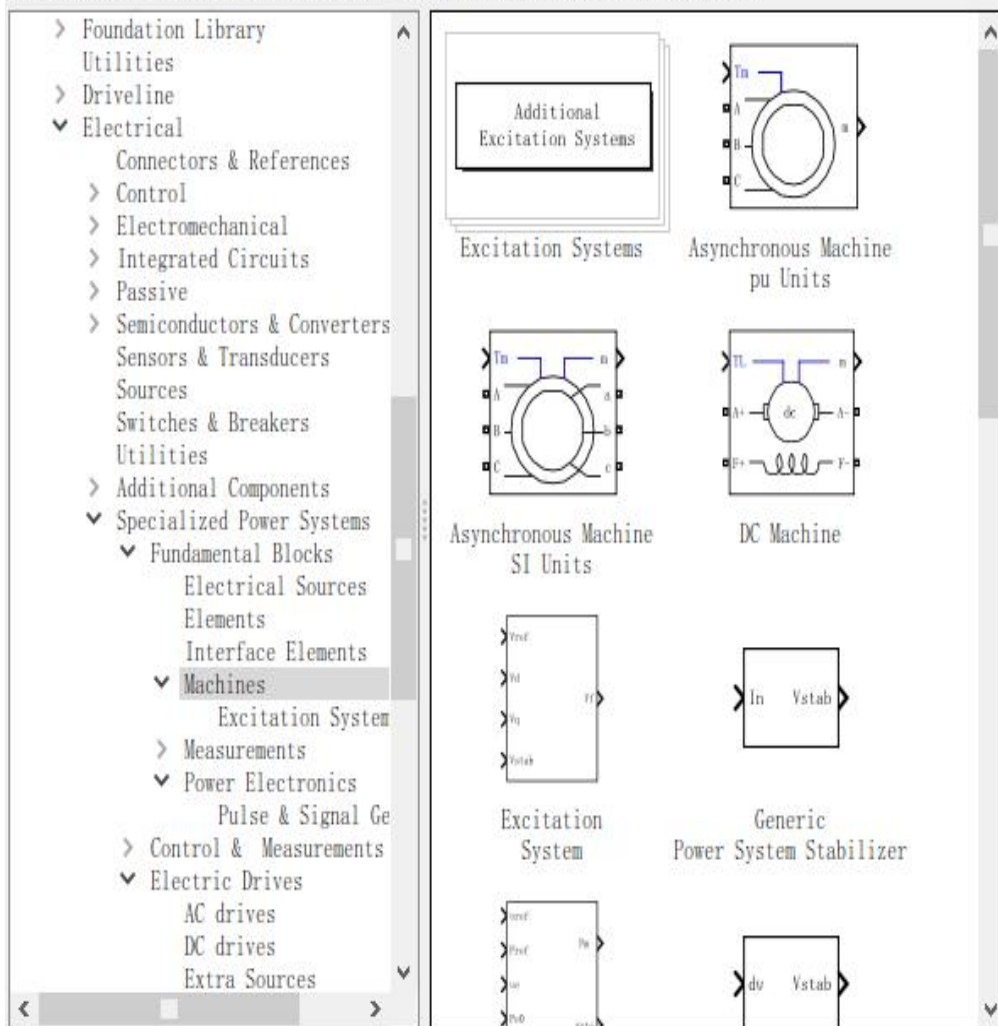
- 包含十余种各类电机模块

## Interface Elements库

- Simscape 电力专业  
电源系统和Simscape电  
路之间的理想耦合



Simscape/Electrical/Specialized Power Systems/Fundamental Blocks/Machines





武汉大学

Wuhan University

## Powergui模块

用户交互式观测工具，主要用于分析仿真模型中所用PowerSystemBlockset模块库中的子模块的状态。通过Powergui模块可观测测量电压、电流的恒稳态以及电路的状态变量等。



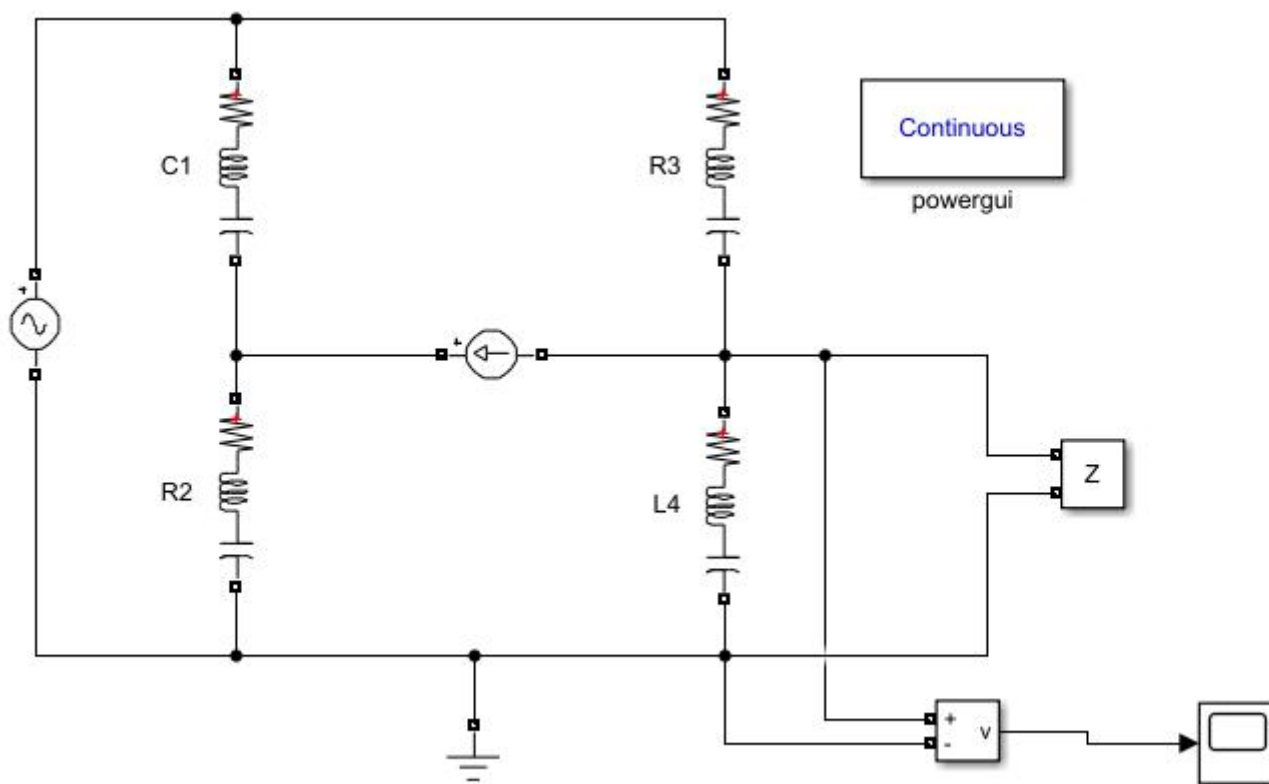


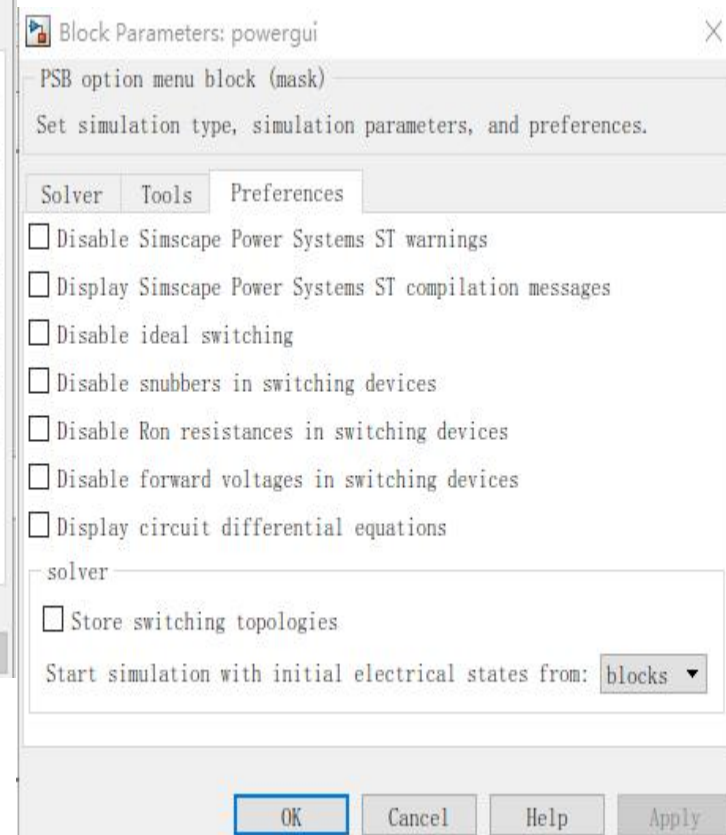
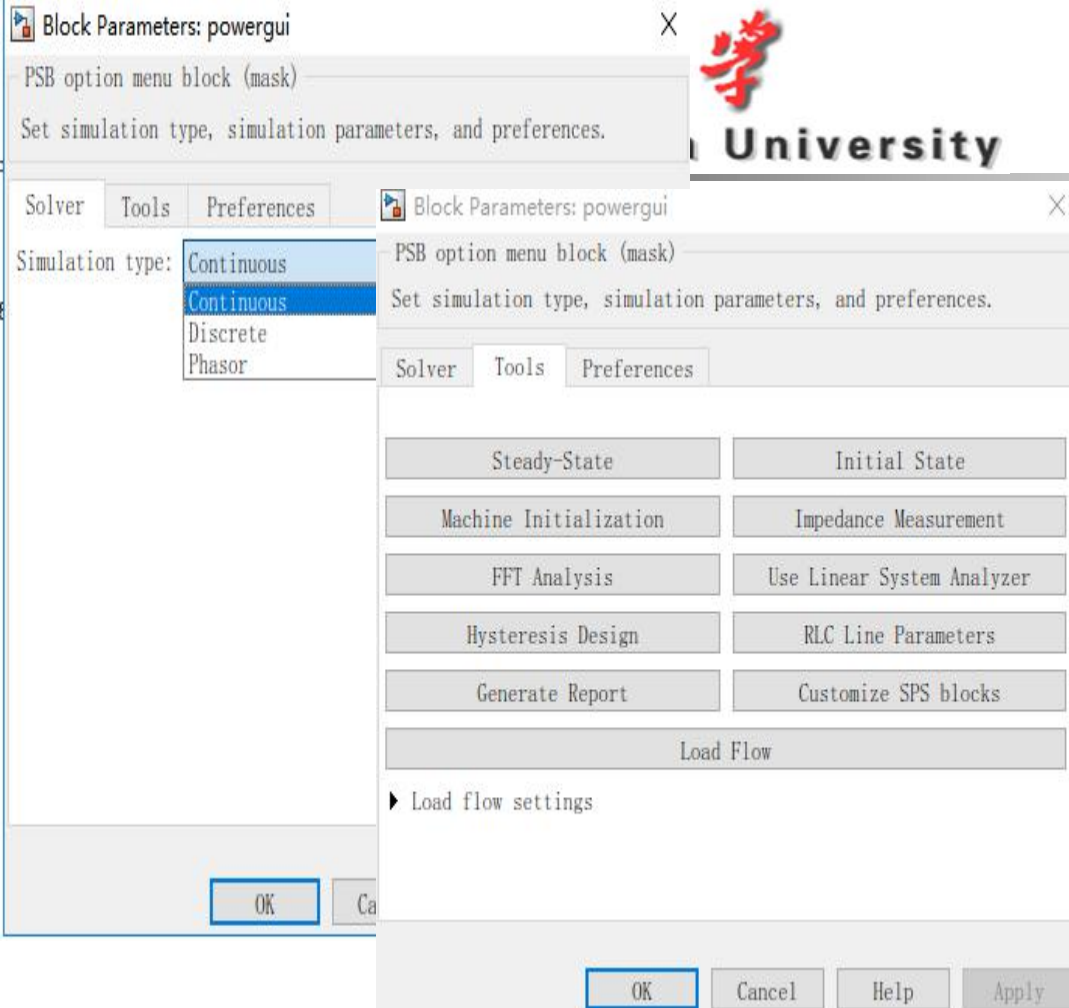
武汉大学

Wuhan University

## 5.1.3 Powergui模块在电路仿真中的应用

### ■ ex5\_2



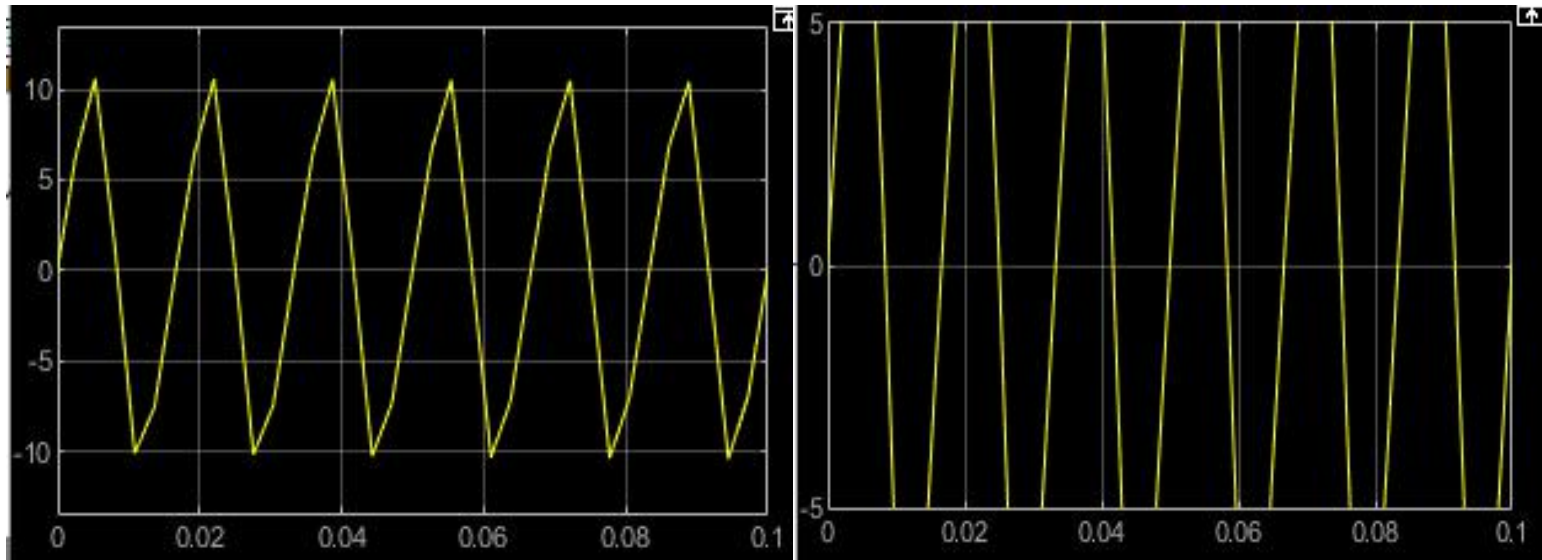




武汉大学

Wuhan University

- 双击**Continuous Powergui**模块打开对话框
- **Simulation Style**: 选择仿真类型  
**Phasor**—按给定频率仿真，需与某电压**or**电流频率符合；  
**Discretize**—按采样时间离散化仿真；  
**Continuous**—连续仿真



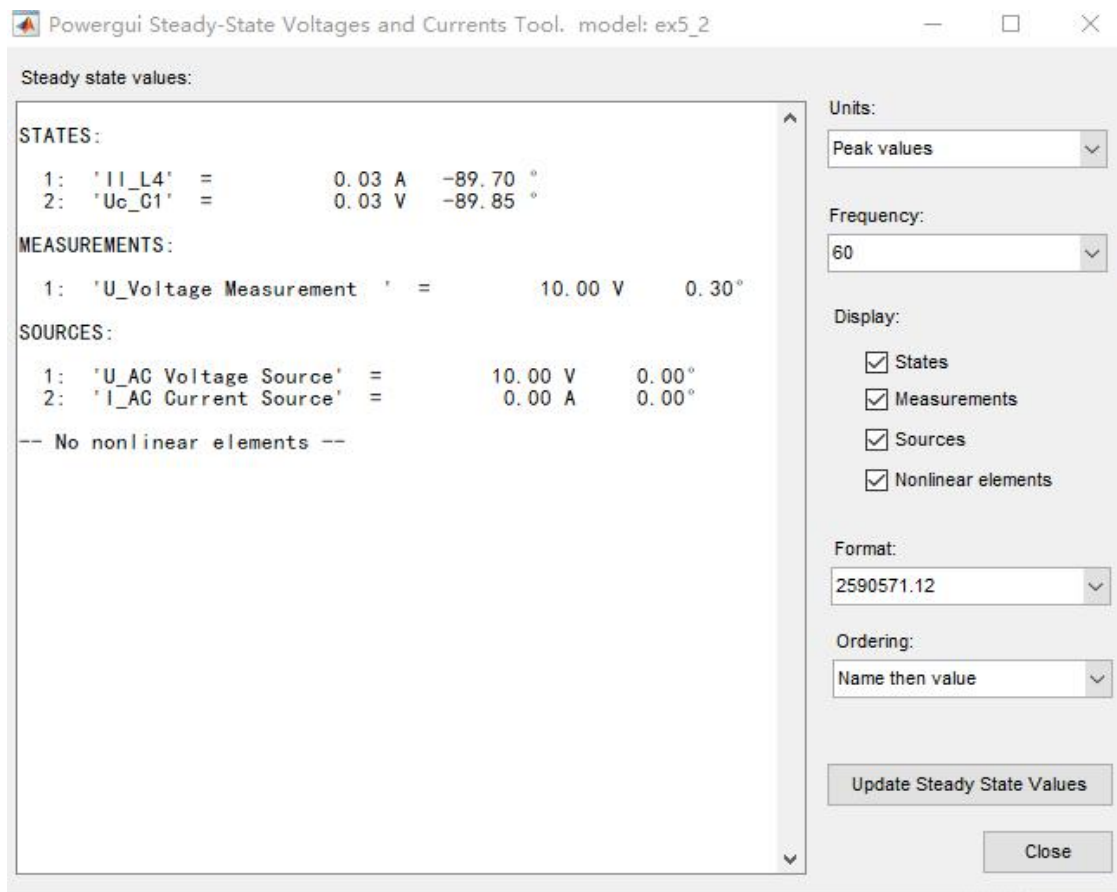


# 武汉大学

Wuhan University

## ■ Steady-State

### 显示稳态电压和电流







武汉大学

Wuhan University

- Initial States Setting

显示模型中电流和电压的初值，并可由用户改变初值。

- Load Flow **and** Machine Initialization

初始态设置工具

- Use Linear System Analyzer

使用控制系统工具箱观测时域和频域的响应曲线

- Impedance Measurements

显示阻抗随频率的响应

- FFT Analysis

FFT分析



武汉大学

Wuhan University

- **Generate Report**  
生成文本格式的电路分析报告
- **Hysteresis Design**  
磁滞特性分析工具
- **Customize SPS blocks**  
定制专用电源系统模块
- **RLC Line Parameter**  
计算传输线的特征参数



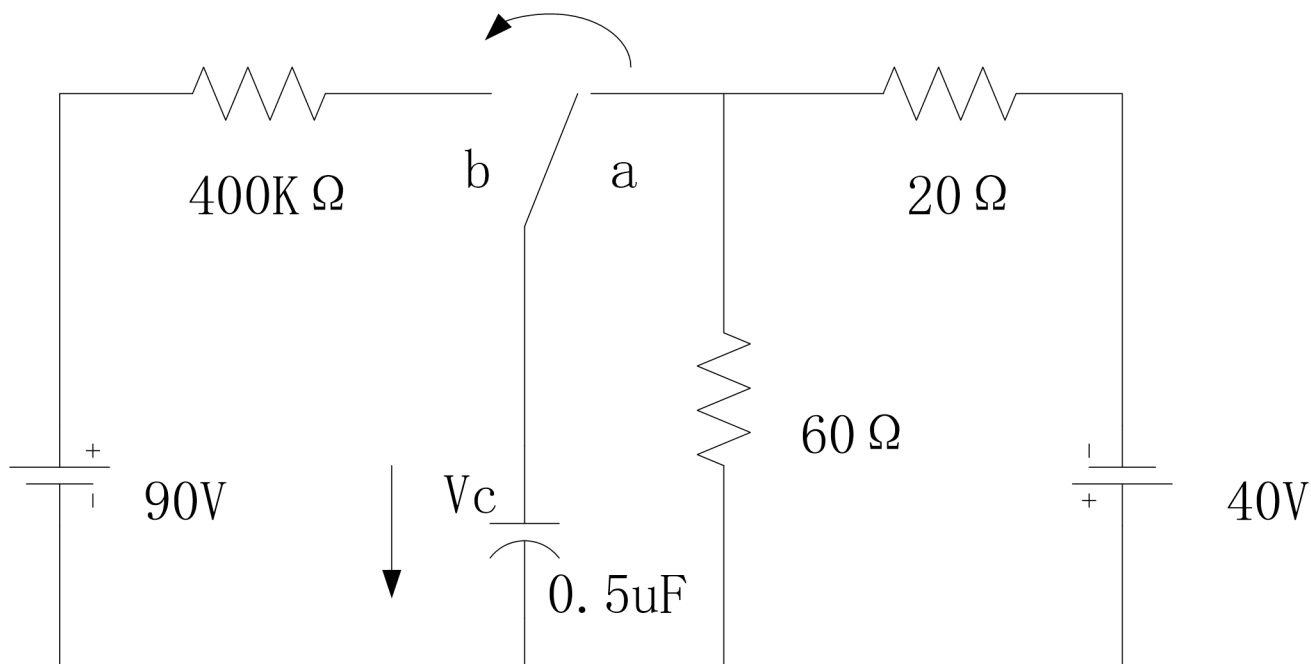
武汉大学

Wuhan University

## §5.2 一般模拟电路仿真

### 5.2.1 动态电路仿真

#### ■ RC电路的响应 ex5\_3

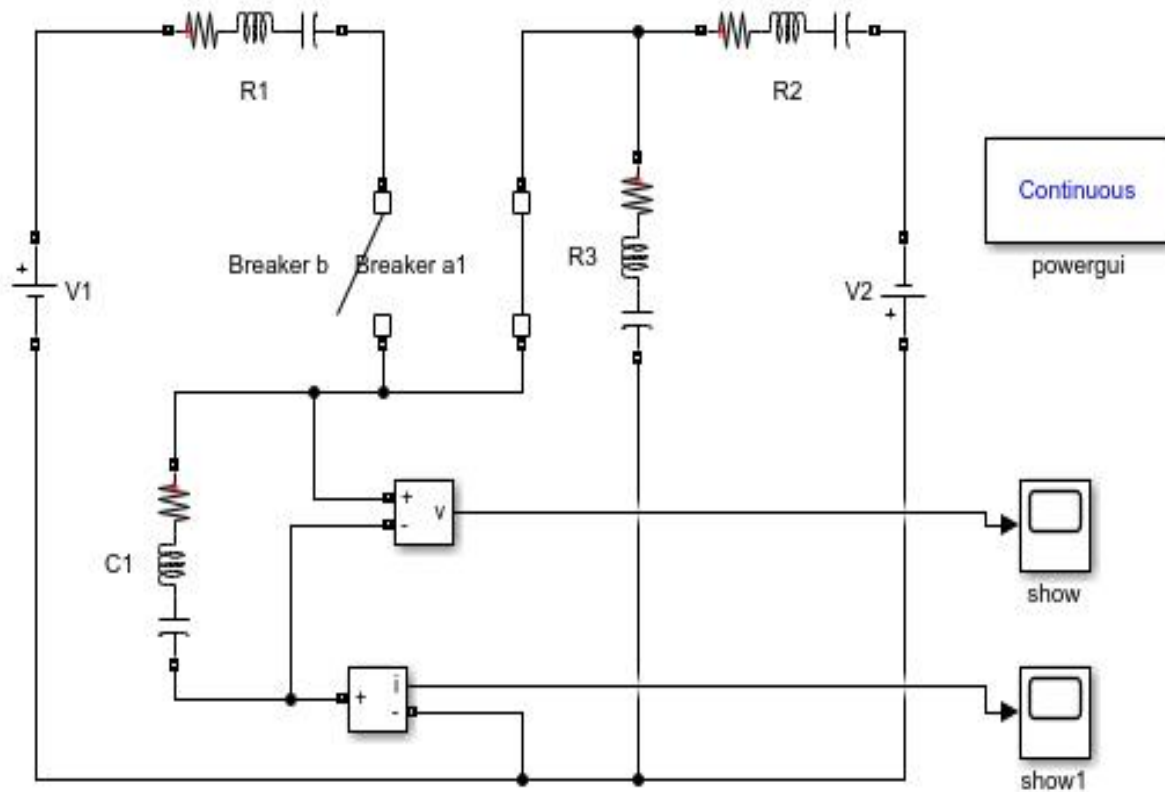




武汉大学

Wuhan University

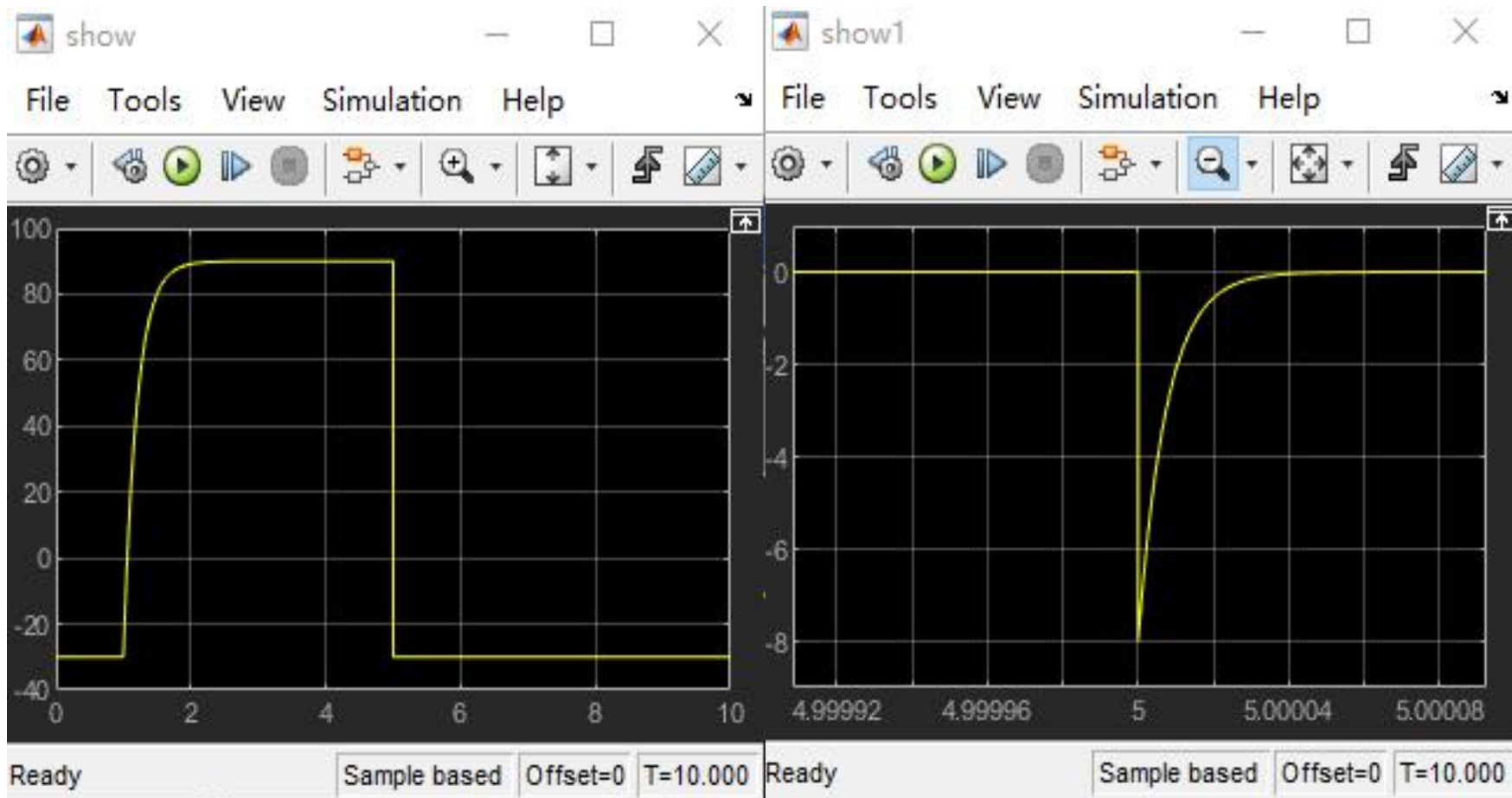
ex5\_3





武汉大学

Wuhan University





武汉大学

Wuhan University

## ■ RLC电路的响应 ex5\_4

```
clear;
```

```
C=25e-9;
```

```
L=25e-3;
```

```
R=400;
```

```
w=1/(R*C);
```

```
a=1/(L*C);
```

```
iL=dsolve('D2iL+1e5*DiL+1.6e9*iL=25e-  
3*1.6e9','iL(0)=0,DiL(0)=0')
```

```
t=0:1e-5:3e-4;
```

```
ezplot(iL,[0,0.0003])
```



## ■ **dsolve 求解微分方程的函数**

格式:

`r=dsolve( 'eq1,eq2,...' , ' cond1,cond2,...' , ' ' v' )`

**eqx**代表所需求解的微分方程;

**condx**代表微分方程的初始条件;

**v**代表微分方程的独立变量, 默认变量为**t**;

**D**表示微分项, 如**D2iL**表示**iL**的二阶微分项, **DiL**表示**iL**的一阶微分项。

## ■ **ezplot 函数作图指令**

格式: `ezplot(f,[min,max])`

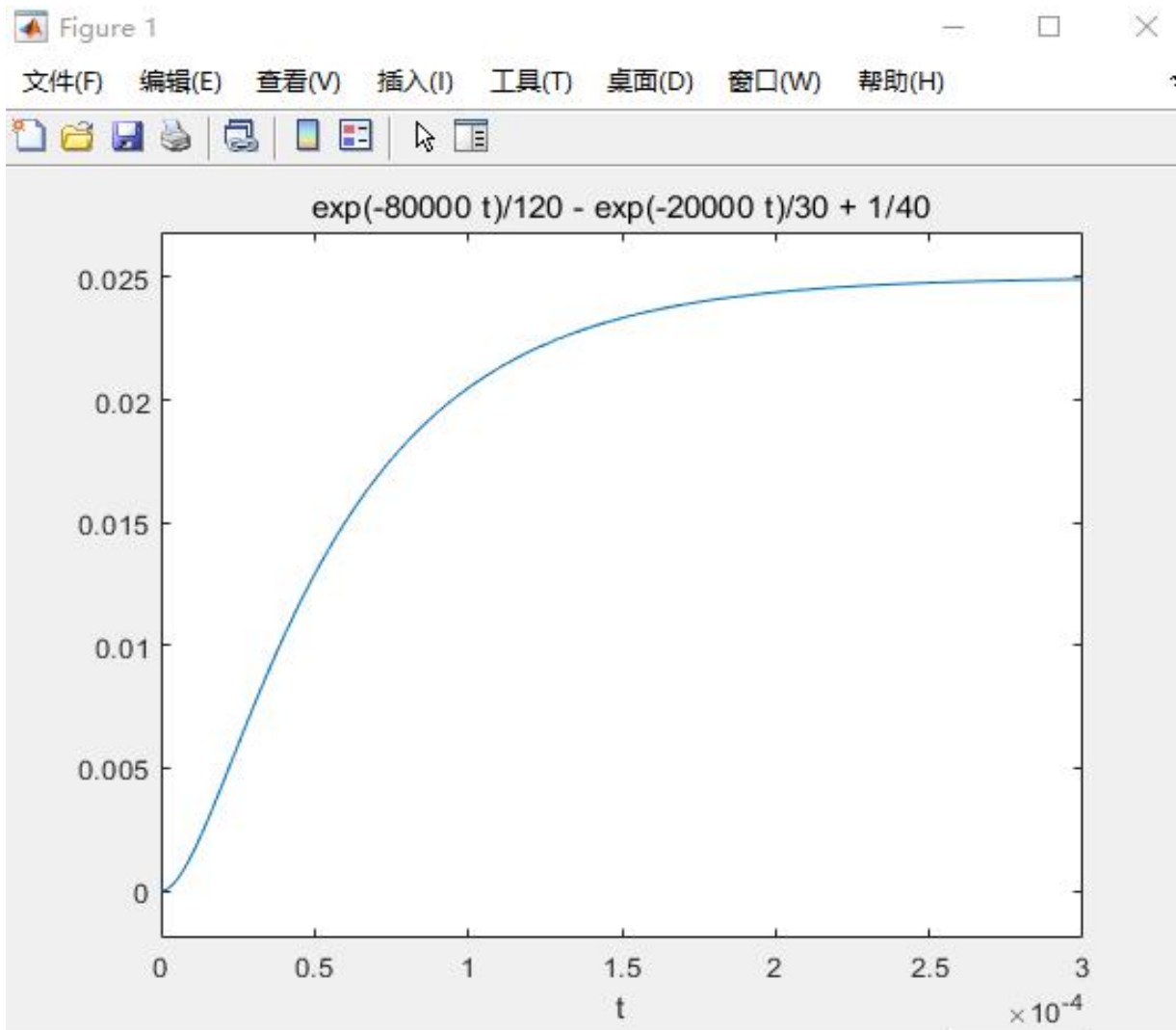
**f**代表需作图的函数, **[min,max]**代表自变量的变换范围

## ■ **iL是函数表达式, 为sym object类型数据, 需用函数作图指令**



武汉大学

Wuhan University





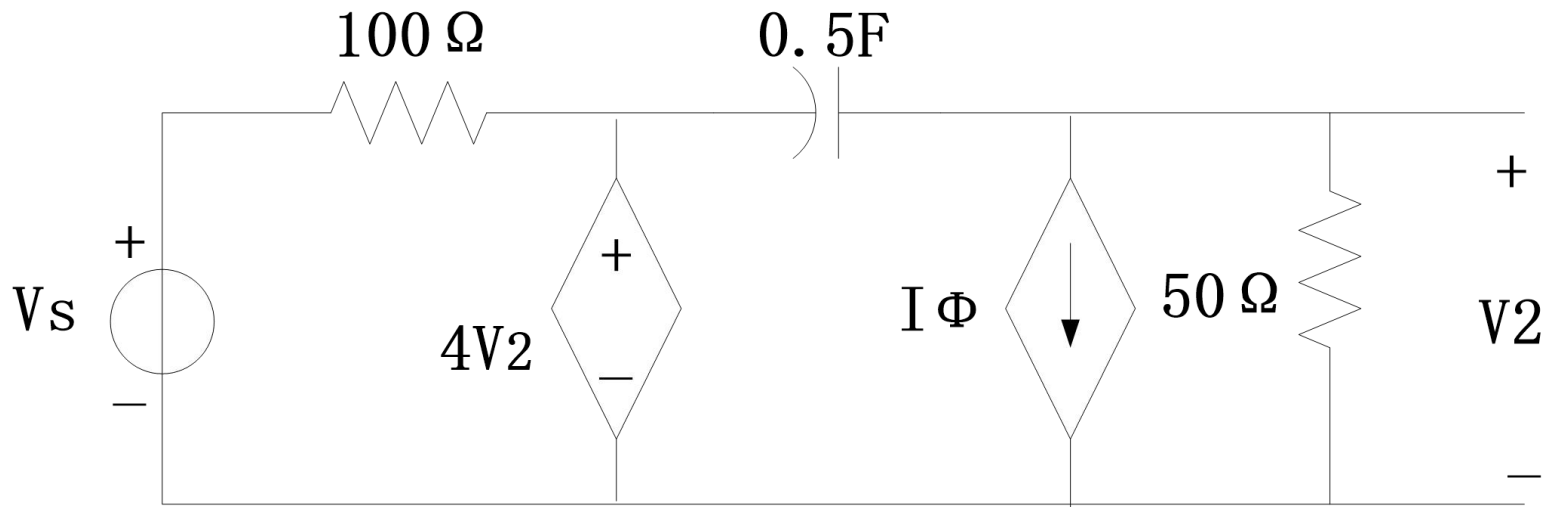


武汉大学

Wuhan University

## 5.2.2 稳态电路仿真

### ■ 含受控源的正弦稳态电路 ex5\_5

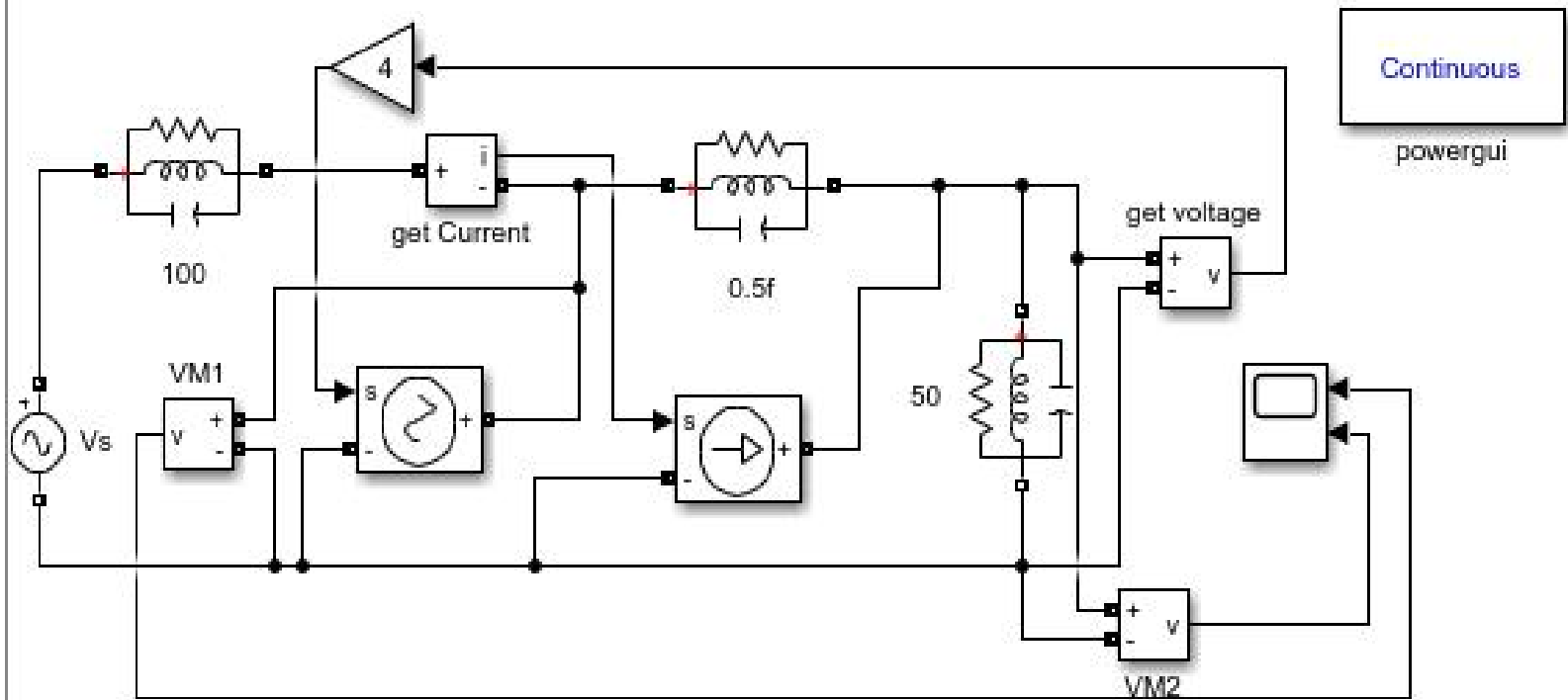




武汉大学

Wuhan University

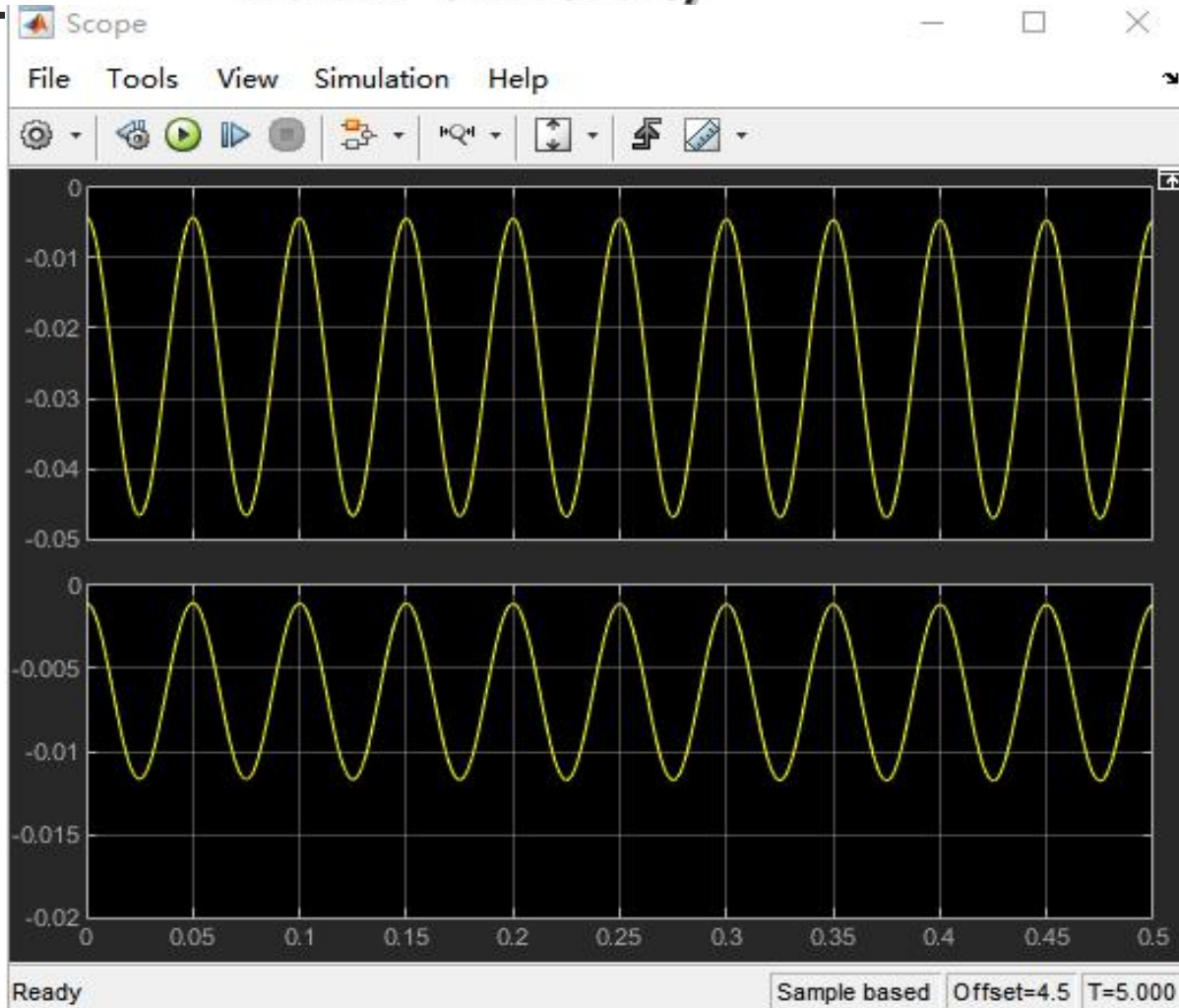
ex5\_5





武汉大学

Wuhan University



- 注意频率和仿真步长的协调



武汉大学

Wuhan University

## §5.3 功率系统仿真

### 5.3.1 Diode模块

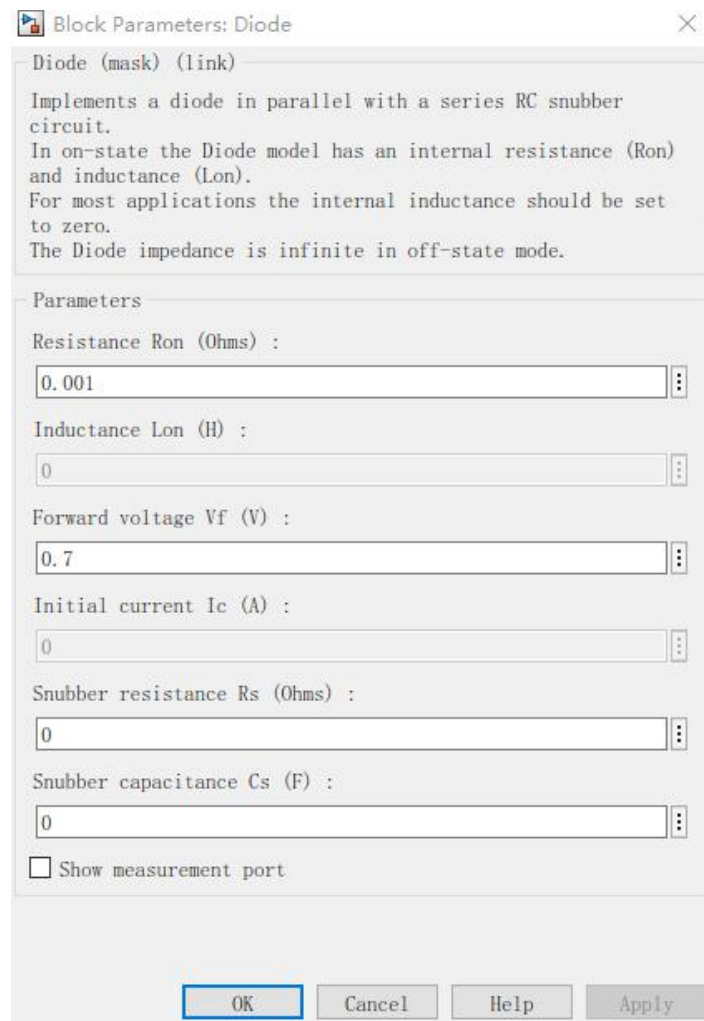
Diode模块位于Powerlib库中的Power Electronics子模块库中。它反映加载于其两端的电压和通过它的电流之间的关系。

- Snubber Resistance  $R_s$ :

D两端的缓冲电阻

- Snubber Capacitance  $C_s$ :

D两端的缓冲电容



Block Parameters: Diode

Diode (mask) (link)

Implements a diode in parallel with a series RC snubber circuit.  
In on-state the Diode model has an internal resistance ( $R_{on}$ ) and inductance ( $L_{on}$ ).  
For most applications the internal inductance should be set to zero.  
The Diode impedance is infinite in off-state mode.

Parameters

Resistance  $R_{on}$  (Ohms) : 0.001

Inductance  $L_{on}$  (H) : 0

Forward voltage  $V_f$  (V) : 0.7

Initial current  $I_c$  (A) : 0

Snubber resistance  $R_s$  (Ohms) : 0

Snubber capacitance  $C_s$  (F) : 0

☐ Show measurement port

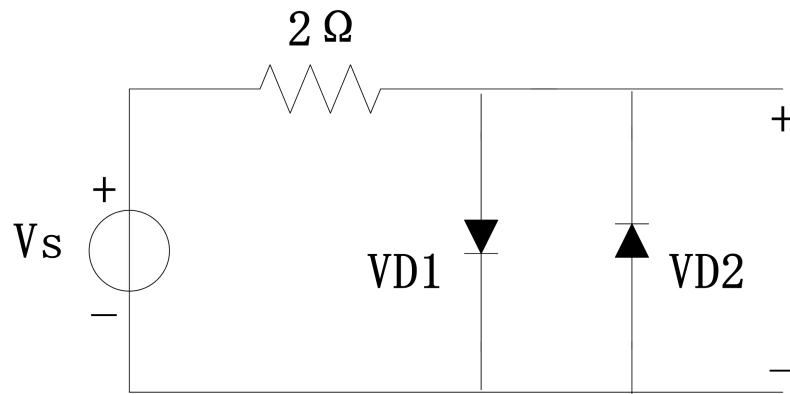
OK Cancel Help Apply



武汉大学

Wuhan University

## ■ 二极管双向限幅电路 ex5\_6



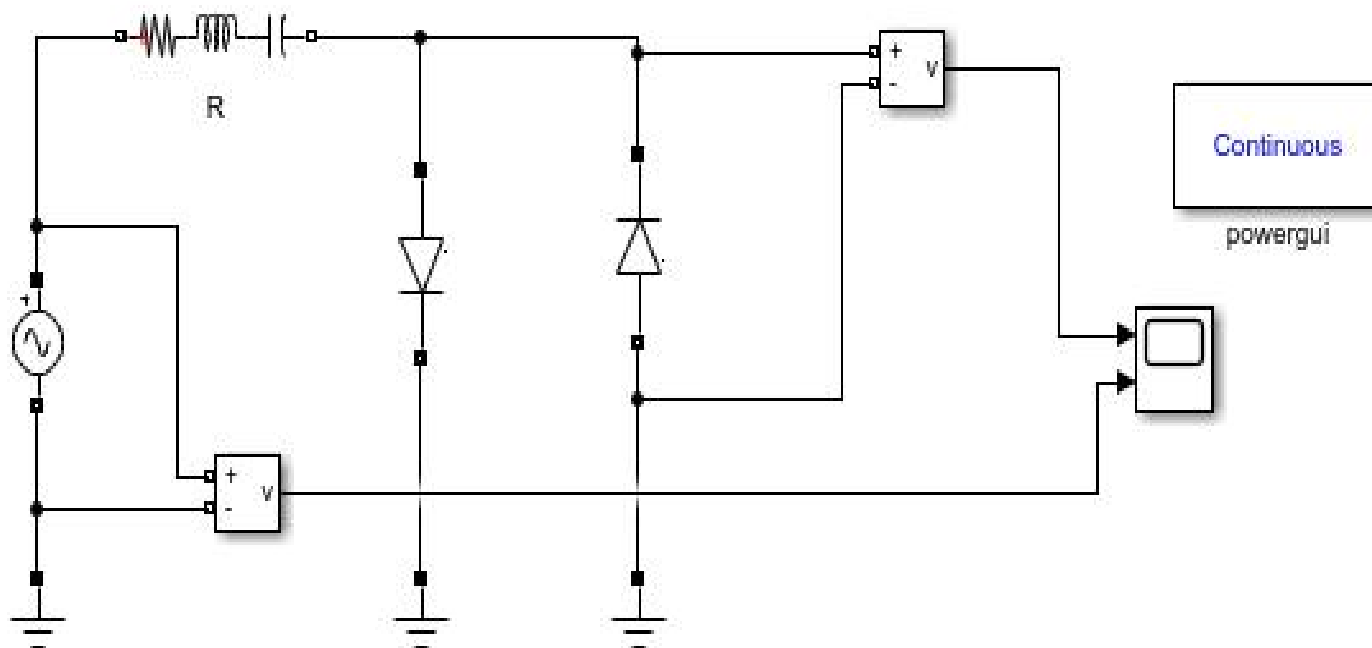
- $V_s$ : 5V 10Hz
- $R$ :  $2\Omega$
- $D$ : 开启电压0.7V,导通电阻 $0.01\Omega$



武汉大学

Wuhan University

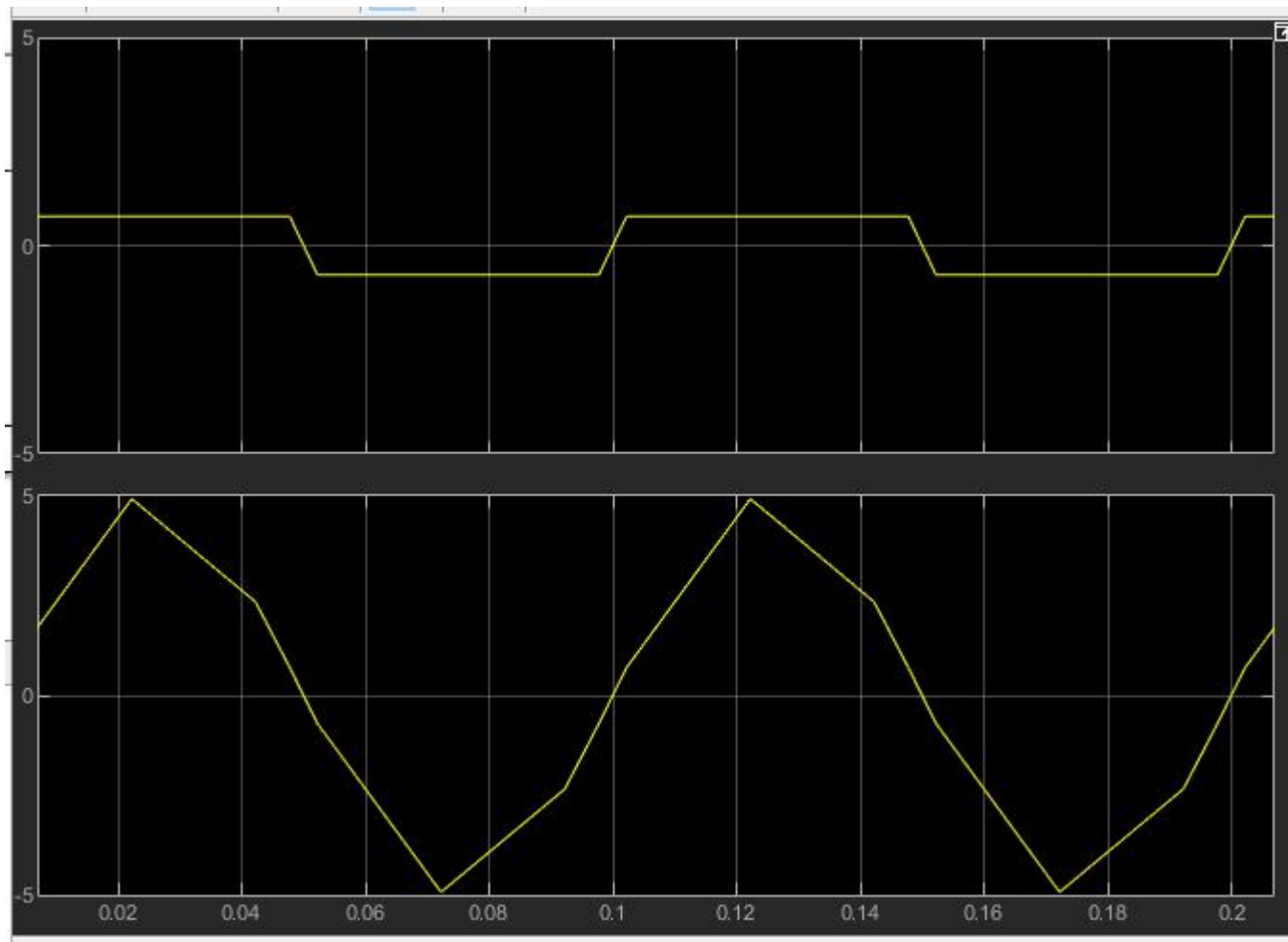
ex5\_6





武汉大学

Wuhan University



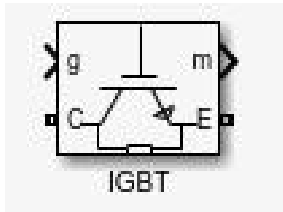


武汉大学

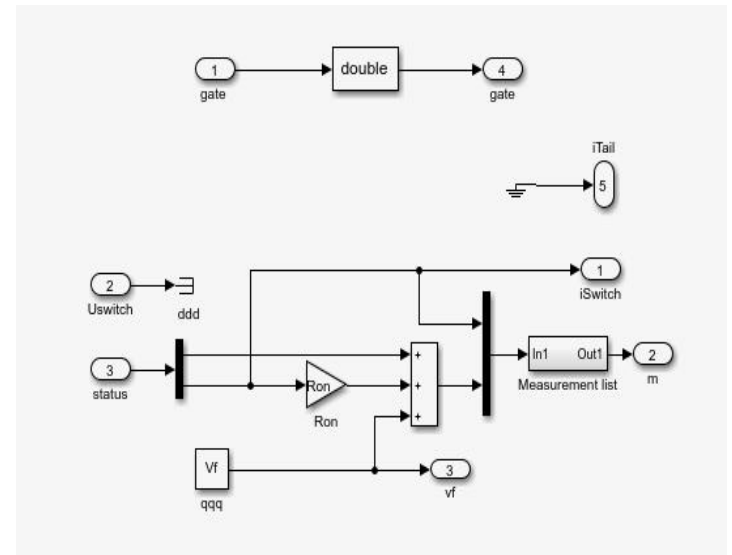
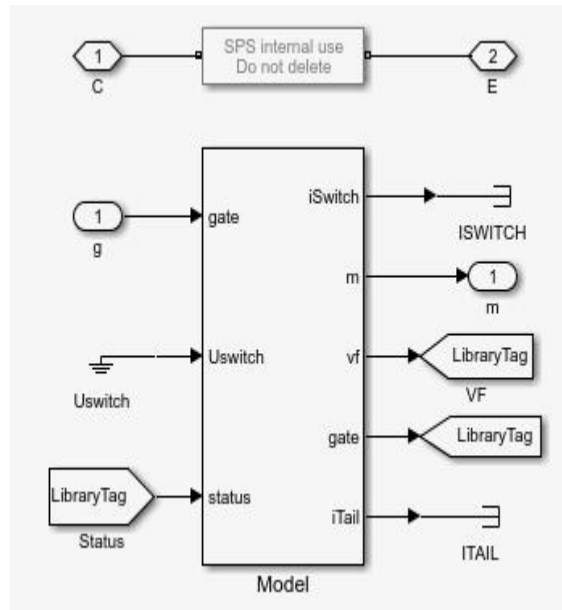
Wuhan University

### 5.3.2 IGBT模块

IGBT模块位于powerlib库中的Power Electronics子模块库中，其全称为insulated gate bipolar transistor，即绝缘栅型双极型三级管。其描述了一个由门控信号控制的电流通路。



IGBT模块外观图

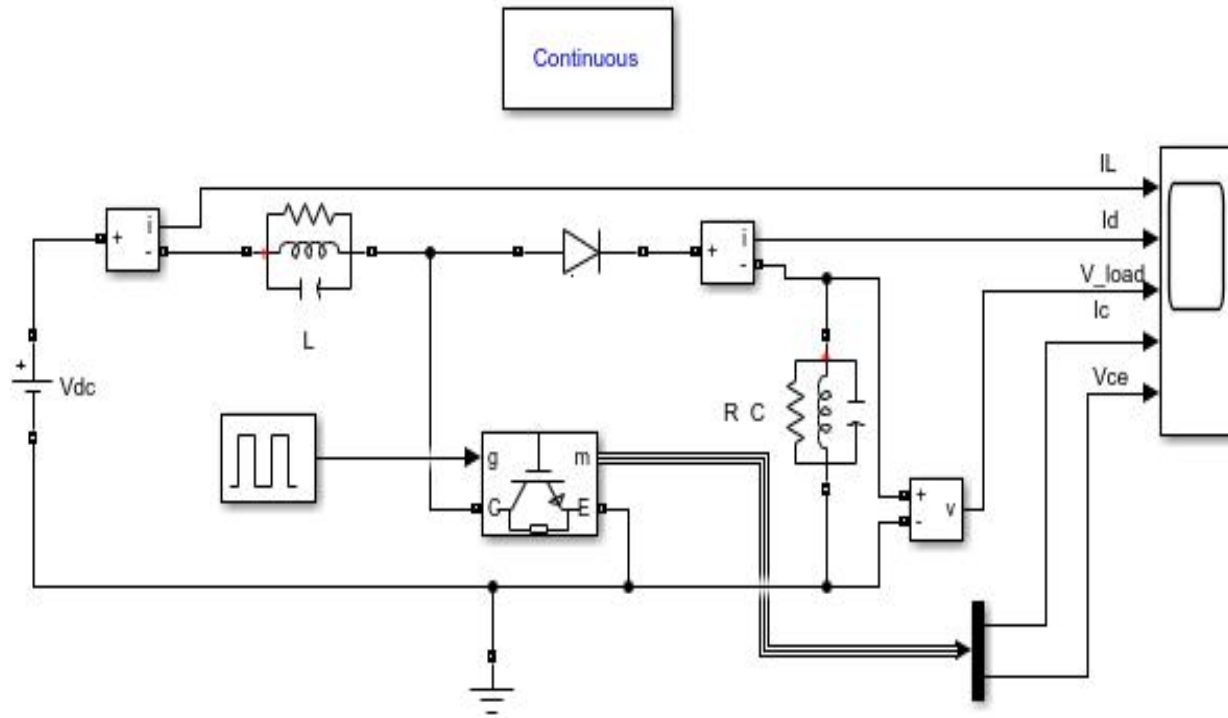






## ■ 模块应用 ex5\_7

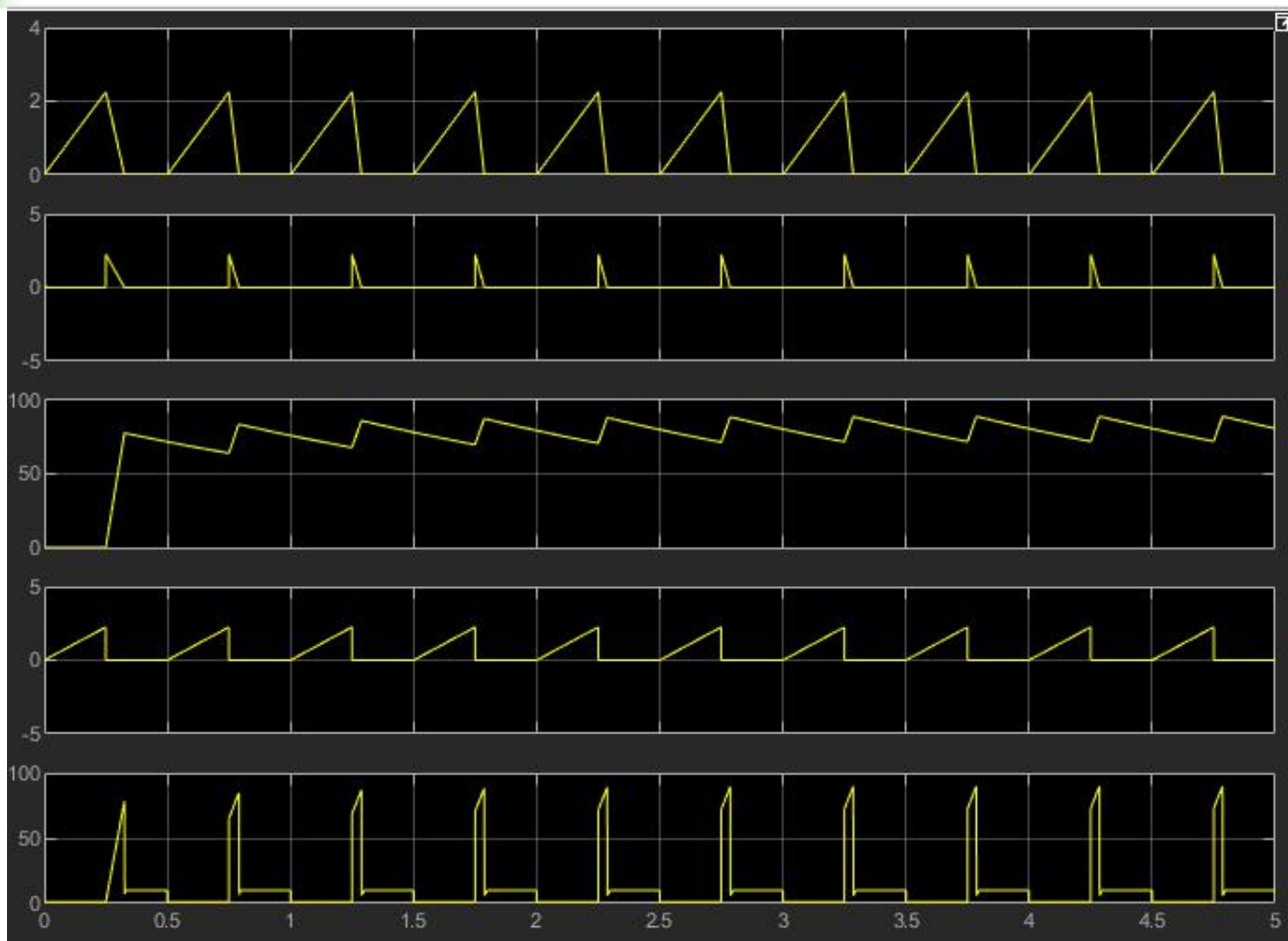
ex5\_7





武汉大学

Wuhan University





## 5.3.3 MOSFET模块

**MOSFET模块位于Powerlib库中的Power Electronics子模块库中，其描述一个MOSFET场效应管。**

- e.g. 命令窗口输入：powerlib→

**进入Power Electronics →右击Mosfet选择help→进入Power Electronics→**

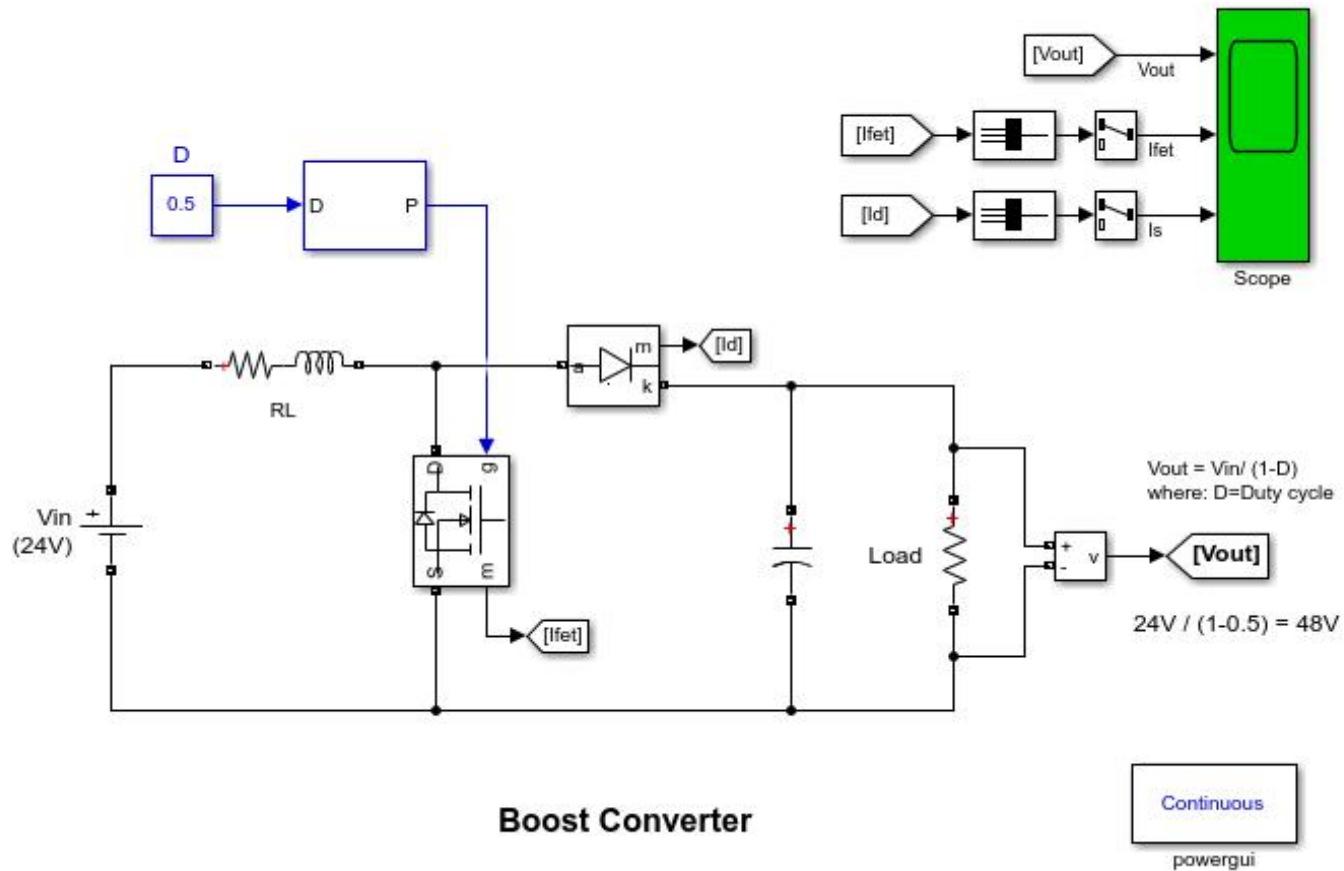
**Featured Examples→Boost Converter: This example shows the operation of a boost converter.**

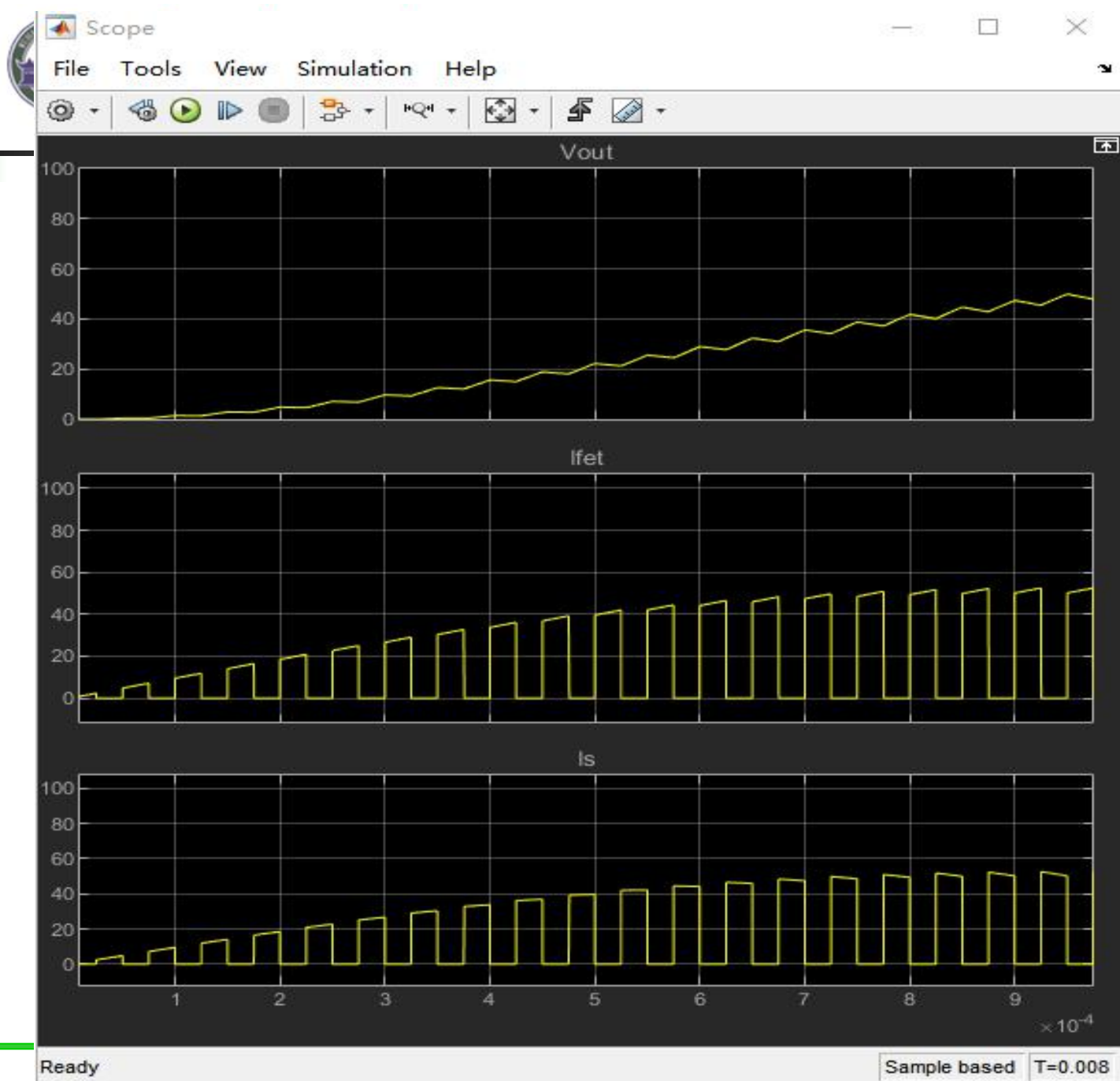


# 武汉大学

Wuhan University

power\_BoostConverter







武汉大学

Wuhan University

**习题：**

**构建全桥整流滤波电路并完成其仿真。**

**要求：1、确定电路图**

**2、选定各元器件合适的参数值**

**3、使用Simulink建模**

**4、给出仿真结果和分析**