

# MATLAB 在电子技术实验教学中的应用

阎群<sup>1,2</sup>, 李擎<sup>1</sup>, 崔家瑞<sup>1</sup>, 韩守梅<sup>3</sup>, 林颖<sup>3</sup>

(1. 北京科技大学 自动化学院, 北京 100083; 2. 北京市工业波谱成像工程技术研究中心, 北京 100083; 3. 北京科技大学 自然科学基础实验中心, 北京 100083)

**摘要:** 为了弥补实验设备的不足并改进实验教学的效果和质量, 在电子技术实验教学中引入 MATLAB/Simulink 仿真技术。采用四位二进制同步计数器 74LS161 设计了计数报警电路仿真模型并进行了仿真研究, 仿真结果验证了设计的正确性, 同时也表明 Matlab/Similink 建模仿真技术解决了时序逻辑电路运行时各关键点的工作波形无法用电子实验仪器进行分析验证的问题, 有助于提高电子技术实验教学的效果。

**关键词:** MATLAB/Simulink; 74LS161; 计数器; 仿真

## Application of MATLAB in Electronic Technology Experiment Teaching

Yan Qun<sup>1,2</sup>, Li Qing<sup>1</sup>, Cui Jiarui<sup>1</sup>, Han Shoumei<sup>3</sup>, Lin Ying<sup>3</sup>

( 1. School of Automation & Electrical Engineering; 2. Beijing Engineering Research Center of Industrial Spectrum Imaging; 3. Basic Experimental Center for Natural Science, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China )

**Abstract:** In order to make up for the shortage of experimental equipment and improve experiment teaching effect and quality, the MATLAB/Simulink simulation technology was introduced into the electronic technology experiment teaching. The simulation model of counting alarm circuit was designed and simulated by using 4- bit binary synchronous counter 74LS161. The simulation results verified the correctness of the design, and also showed that the Matlab/Similink modeling and simulation technology can effectively solve the problem that the working waveforms of the key points in the sequential logic circuits can't be analyzed and verified by the electronic experimental instruments. It is helpful to improve the effect of experimental teaching of electronic technology.

**Key words:** MATLAB/Simulink; 74LS161; Counter; simulation

# 1 引言

非电类专业“电工学”课程是高等学校非电类专业本科生必修的一门重要的专业技术基础课，是一门体系严谨、理论性和实践性都很强的课程<sup>[1]</sup>。电子技术实验是“电工学”课程中重要的实践环节之一，其目的是巩固、加深对基本理论的理解，培养学生的基础实验能力、理论联系实际的能力，提高学生分析能力、设计能力以及创新实践的能力<sup>[2]</sup>。

计数报警电路设计是我校非电类专业《电子技术实验》实验教学中一个非常重要的数字电路综合设计性实验，一般是学生依据实验指导在实验箱搭建实验电路来完成的。实验连线多易造成连线错误，易出现因接触不良而造成功能失常，实验过程不仅费时费力，而且受实验条件的限制，学生无法用实际电子实验仪器观察工作波形，更不能排除实验故障，再加上非电类专业一些学生认为电子技术与所学专业关联性差，学生实验的兴趣和积极性不高，很难达到预期的效果。

MATLAB 具有强大的图形处理、符号运算和数值计算能力，广泛用于数值分析、自动控制、图像信号处理、信号分析、时序分析等十几个领域。Simulink 挂接在 MATLAB 环境上，采用框图绘制来代替程序的编写，同时借助示波器等虚拟设备可直观显示仿真结果<sup>[3,4]</sup>。Simulink 已成为广泛使用的动态系统建模、仿真和分析的软件包之一，在科研教学及工程应用中显示出越来越强大的优越性<sup>[5-9]</sup>。将 MATLAB/Simulink 应用于电子技术实验教学，不仅对学生以后的学习工作打下良好的基础，其中的模型制作也给予学生更广泛的创作空间。

本文利用 MATLAB/Simulink 对计数报警电路进行建模与仿真测试。通过这个实例，帮助学生进一步总结计数器的设计方法及规律，探索 MATLAB/Simulink 在电子技术实验教学中的应用，进而提高学生的学习效率，激发学生的学习主动性及创新意识，提高电子技术实验教学效果。

## 2 电路设计

### 2.1 设计要求

我校非电专业电子技术实验教学中“数字电路的设计与实践”实验项目要求学生利用1片四位二进制同步计数器74LS161、2片双输入四与非门74LS00设计一个计数报警电路<sup>[2]</sup>，实现如下功能：

(1) 按一下“启动”按钮，计数报警系统从“0”开始计数，并显示，计数至“9”时，计数自动停止，同时计数报警指示灯“亮”；

(2) 要计数器重新工作，必须先按一下“清零”按钮，然后再按一下“启动”按钮，计数

器才重新从“0”开始计数。

## 2.2 74LS161 介绍

74LS161是常用的四位二进制同步中规模集成计数器，表1是其状态功能表<sup>[2,10]</sup>。 $\overline{R_D}$ 是直接清零端，低电平有效，优先级最高。 $\overline{LD}$ 是预置数控制端，低电平有效。 $D_3\sim D_0$ 为预置数据输入端。EP、ET是计数控制端，在计数状态下，只要其中有一个引脚输入端接低电平，则输出保持不变。 $Q_3\sim Q_0$ 是输出端。 $Q_{CC}$ 是进位输出端，级联芯片时使用。

表1 74LS161状态功能表

清 0	预 置	控制		时 钟	预置数据输入				输出			
		$\overline{R_D}$	$\overline{LD}$		EP	ET	CP	$D_3$	$D_2$	$D_1$	$D_0$	$Q_3$
0	×	×	×	×	×	×	×	×	0	0	0	0
1	0	×	×	↑	$d_3$	$d_2$	$d_1$	$d_0$	$d_3$	$d_2$	$d_1$	$d_0$
1	1	0	×	×	×	×	×	×	保持( $Q_{CC}$ 不变)			
1	1	×	0	×	×	×	×	×	保持( $Q_{CC}=0$ )			
1	1	1	1	↑	×	×	×	×	计数			

## 2.3 设计思路

运用单片74LS161的清零端 $\overline{R_D}$ 和置数端 $\overline{LD}$ 可设计模值 $M < 16$ 的任意计数器<sup>[10,12,13]</sup>。

74LS161是加计数器，计数从 $Q_3Q_2Q_1Q_0 = 0000$ 开始，当计数到“9”时，其状态 $Q_3Q_2Q_1Q_0 = 1001$ ，将此状态中输出为“1”的输出端相与非来产生控制信号，控制信号低电平有效。如果该控制信号与计数脉冲相与非后接入74LS161的CP端即可控制计数器计数到“9”时停止计数，即当计数器由“0000”计数到“1001”时，反馈控制信号有效，封锁了74LS161的计数脉冲，74LS161停止计数。同时也可用此控制信号控制计数报警状态指示灯。

“启动”和“清零”输入信号都是按钮，按下接通，输入信号为“0”；松开断开，输入信号为“1”。显然，需要设计对“启动”、“清零”按钮信号进行保持的电路，这里采用基本RS触发器来实现。将“清零”和“启动”按钮分别接基本RS触发器的清零端（R）和置位端（S），基本RS触发器的输端（Q）接74LS161的 $\overline{R_D}$ 端。将74LS161的EP、ET和 $\overline{LD}$ 端接高电平，当“清

零”按钮按下、“启动”按钮松开时， $R=0$ 、 $S=1$ ， $Q=0$ ，74LS161的 $\overline{R_D}$ 端为低电平并保持，计数器输出立即清零，即 $Q_3Q_2Q_1Q_0 = 0000$ 开；当“清零”按钮松开、“启动”按钮按下时， $R=1$ 、 $S=0$ ， $Q=1$ ，74LS161的 $\overline{R_D}$ 端为高电平并保持，计数器处于计数状态，在CP脉冲的上升沿加“1”计数。

基于74LS161的计数报警电路如图1所示。74LS161的 $Q_3$ 和 $Q_1$ 相与非产生控制信号“ $u_2$ ”。当74LS161由“0”计数到“9”时，控制信号“ $u_2$ ”由高电平变为低电平。此时“ $u_3$ ”由低电平变为高电平，报警状态指示灯亮；74LS161的计数脉冲输入端 $CP = \overline{u_2} \cdot CP1$ ，保持高电平不变，CP1计数脉冲被封锁，74LS161将停止计数， $Q_3Q_2Q_1Q_0$ 保持“1001”状态。当按下“清零”按钮后，RS触发器清零，“ $u_1$ ”保持为低电平，74LS161计数器异步清零， $Q_3Q_2Q_1Q_0 = 0000$ ，报警状态指示灯灭。当按下“启动”按钮后，RS触发器置位，“ $u_1$ ”保持为高电平，74LS161计数器开始计数，计数到“9”时将停止计数，报警指示灯亮。

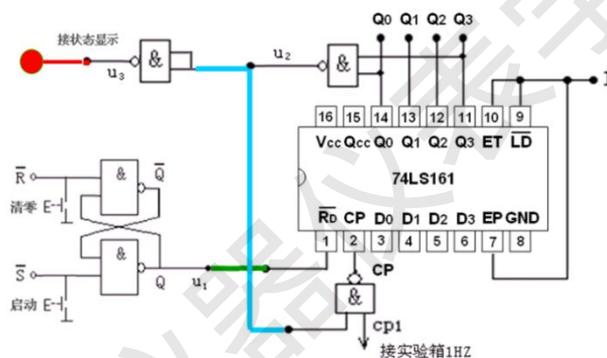


图 1 计数报警电路图

### 3 计数报警电路建模仿真

#### 3.1 MATLAB/Simulink 基本仿真模块介绍

一个典型的 Simulink 模块包括输入模块（信号源模块）、状态模块和输出模块（信号显示模块）三个部分<sup>[3,4]</sup>，其中状态模块即被模拟的系统模块，是 Simulink 模块的中心模块。Simulink 工具箱中目前还没有提供用于数字电路仿真的专用工具箱，输入模块和输出模块在 Simulink 库中 Sources 和 Sinks 子库中；常用的组合电路模块是 Logic and Bit Operations 子库中的 Logical Operator 模块；常用的时序电路模块在 Simulink Extras 库中的 Flip Flops 子库中，主要包括时钟、D 触发器、J-K 触发器、R-S 触发器等<sup>[7-9]</sup>。以上模块都可以进行拷贝、粘贴、删除、移动、改变模块的大小、调整模块的方向、修改模块名、改变模块名的位置等操作，模块功能选择通过改变模块参数来实现。

#### 3.2 74LS161 子系统模块

对于相对复杂的集成电路模块，需要通过子系统构建模块来创建Simulink模块。通过子系统构建模块可以创建任意需求的电路模块，这也实现了实验设计的可重构性，大大提高实验的效率。本文采用文献[11]中提供的74LS161逻辑电路图构造了一个74LS161子系统模块，如图2所示。

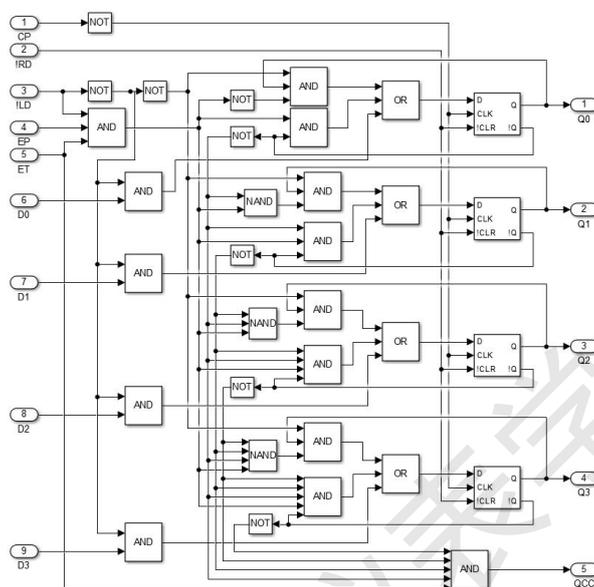


图2 74LS161 子系统模块图

图2所构造的74LS161模块是一个具有异步清零、同步预置、同步计数的四位二进制计数器，可计从0000~1111的16个数。利用鼠标框选图2所示子系统整个图形，点击菜单栏上的“Edit”中的“Create Subsystem”选项，并对相应引脚说明进行修改，即可将以上电路封装成自定义的集成电路模块如图3所示。此后可对此模块进行更名并存入自己的模块库，以后就可以像Simulink中其它模块一样直接使用了。其它复杂器件也可按此方法自行定义封装。

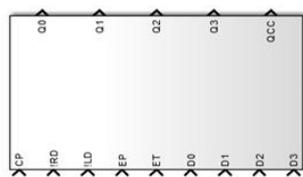


图3 封装后的 74LS161 模块

### 3.3 计数器报警系统 Simulink 模型

根据图1所示计数报警电路图，利用MATLAB/Simulink中的基本数字电路模块以及自建的74LS161子系统模块构建计数报警电路仿真模型如图4所示。

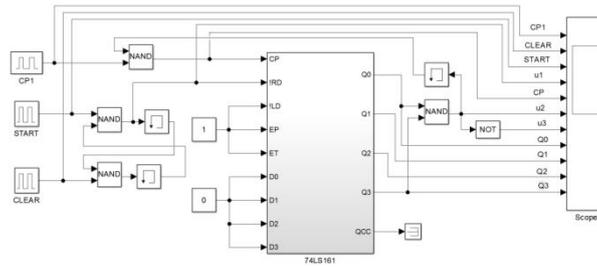


图4 计数报警电路仿真模型

图4中，“CP1”为计数时钟信号，“START”为启动按钮信号，“CLEAR”为清零按钮信号。除清零端（“ $\overline{RD}$ ”）外，74LS161计数器其它控制端均接高电平“1”，保证计数器处于计数工作状态。“ $\overline{RD}$ ”信号受“START”和“CLEAR”信号的控制，MATLAB的模块库中有RS触发器，这里为了和学生在实验箱上设计调试相一致，采用两个与非门来构建RS触发器，实现计数报警电路的“启动”、“清零”按钮控制。计数器的 $Q_3$ 和 $Q_0$ 端通过与非门连接至清零端。当计数由“0000”计数到“1001”（ $Q_3$ 和 $Q_0$ 端同时为“1”），74LS161计数器的CP计数脉冲将被封锁，计数器停止计数。

当存在外部反馈时，MATLAB/Simulink中提供的触发器会形成代数环，这里引入Simulink库中Discrete子库中的存储器模块来解决仿真中出现的代数环问题。

### 3.4 模型仿真

根据需要，设置仿真时间为120s，仿真算法采用可变步长算法Ode45。计数脉冲CP1周期设置为2s，脉宽为1s，相位延时设为0s。“CLEAR”信号周期40s，脉宽为38s，相位延时设为-3.5s。“START”信号周期40s，脉宽为38s，相位延时设为2.5s。仿真结果如图5所示。从仿真波形可以看到，计数器在计数时钟CP1的控制下，从“0000”计数到“1001”停止计数，实现了计数到“9”功能，随后“CLEAR”信号有效，实现清零，但计数器并不计数，只有“START”信号有效后，计数器才重新从“0000”开始计数。仿真实验结果与理论分析一致，说明电路设计正确，实现了计数报警功能，达到了实验的目的。

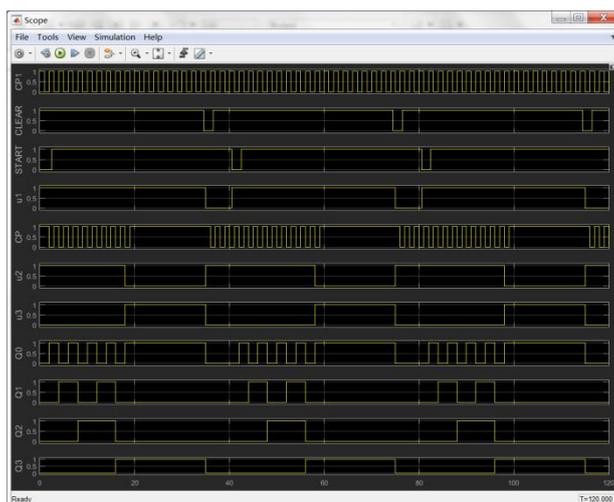


图 5 计数报警电路仿真波形图

## 4 结论

通过计数报警系统建模和仿真过程可以看出,利用 MATLAB/Simulink 软件仿真有效解决了现有双踪示波器无法同时观测计数报警系统的多路工作波形这一问题。基于 MATLAB/Simulink 的电子技术仿真实验不仅安全,不用担心元器件的损坏,而且建模简单、更改参数方便、仿真图形直观逼真,将 MATLAB/Simulink 仿真技术与电子技术实验充分结合,既让学生接触并运用了工程领域应用相当广泛的 MATLAB 软件,又切实提高了学生分析问题和解决问题的能力,不失为各种电子技术实验与设计的一种有效方法。

### 参考文献:

- [1] 秦曾煌.电工学简明教程(第三版)[M]. 北京:高等教育出版社,2015.
- [2] 韩守梅,刘蕴络. 电工电子技术实验教程(第二版)[M]. 北京:兵器工业出版社,2011.
- [3] 刘浩,韩晶. MATLAB R2016a完全自学一本通[M]. 北京:电子工业出版社,2016.
- [4] 李晖,林志阳. MATLAB/Simulink 应用基础与提高[M]. 北京:科学出版社,2016.
- [5] 孙文杰. Matlab电路仿真实验常用建模方法[J]. 实验室研究与探索,2016,35(7):80-84.
- [6] 雷振伍,吴秀冰,孙德辉,李超.基于PCS7和Simulink的过程控制虚拟仿真实验平台开发[J]. 实验技术与管理,2016,33(1):135-139.
- [7] 董圣英. Matlab 在数字电路设计中的应用[J]. 山东理工大学学报(自然科学版),2010,24(3):86-88.
- [8] 徐尚中,赵宇. Matlab仿真技术在《数字逻辑》实验教学中的应用[J]. 现代计算机,2012,(9):45-47+51.

- [9] 聂希芸. Matlab/Simulink的数字电路仿真[J]. 玉溪师范学院学报, 2015, 31(4):52-54.
- [10] 阎石. 数字电子技术基础 (第6版) [M]. 北京:高等教育出版社,2016.
- [11] SN74LS161AD Datasheet (PDF) - Texas Instruments.  
<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/27416/ti/sn74ls161ad.html>.
- [12] 任骏原. 74LS161异步置零法构成任意进制计数器的Multisim仿真[J]. 电子设计工程, 2011, 19(14):135-137.
- [13] 赵家松,周兵,严伟榆. 基于集成计数器的N进制计数器设计与仿真[J]. 电子设计工程, 2012, 20(4):27-30.

中国仪器仪表学会