

- 项目导向
- 任务驱动
- 侧重技能
- 面向就业

工业和信息化部职业教育教学指导委员会“十二五”规划教材
高等职业教育电子信息类专业规划教材·项目导向系列

数字电路仿真 项目教程

◎ 过玉清 主编

<http://www.phei.com.cn>



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

工业和信息化部职业教育教学指导委员会“十二五”规划教材
高等职业教育电子信息类专业规划教材·项目导向系列

数字电路仿真项目教程

过玉清 主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是作者在多年的项目教学改革与实践的基础上,根据高职高专教育的基本要求编写而成的。从实际应用出发,全书由四水位指示灯、表决器、简易电梯呼叫系统、十进制加法计算器、表决器的 MSI 设计方法、夜晚开启的交替闪烁灯箱、四字灯箱、数字秒表和数字温度共 9 个项目组成。编写时充分考虑到学生的基础,知识技能的应用性、实践性,以中等规模集成电路为主,以电子仿真软件为平台,以项目展开。内容和方法新颖,注重应用的灵活性,分析结果直观,通俗易懂,深入浅出,力求体现职业教育的特点。每个项目配有“知识目标”和“能力目标”,每个任务配有“任务要求”、“任务需求分析”、“导学”和“工作任务单”,思路清晰,教学和自学的可操作性强。

本书可以作为高职高专应用电子技术专业、电子信息工程专业、通信技术专业、机电一体化专业及相近专业的教材,也可供相关技术人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

数字电路仿真项目教程/过玉清主编. —北京:电子工业出版社, 2012. 1

工业和信息化部职业教育教学指导委员会“十二五”规划教材.

高等职业教育电子信息类专业规划教材. 项目导向系列

ISBN 978 - 7 - 121 - 15053 - 1

I. ① 数… II. ① 过… III. ① 数字电路 - 计算机仿真 - 高等职业教育 - 教材 IV. ① TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 231768 号

策划编辑:王昭松

责任编辑:桑 昀

印 刷: 北京京师印务有限公司
装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 15.25 字数: 394 千字

印 次: 2012 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 3 000 册 定价: 27.00 元

凡所购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

《数字电路仿真项目教程》读者意见反馈表

尊敬的读者：

感谢您购买本书。为了能为您提供更优秀的教材，请您抽出宝贵的时间，将您的意见以下表的方式（可从 <http://www.huaxin.edu.cn> 下载本调查表）及时告知我们，以改进我们的服务。对采用您的意见进行修订的教材，我们将在该书的前言中进行说明并赠送您样书。

姓名：_____ 电话：_____

职业：_____ E-mail：_____

邮编：_____ 通信地址：_____

1. 您对本书的总体看法是：

☐ 很满意 ☐ 比较满意 ☐ 尚可 ☐ 不太满意 ☐ 不满意

2. 您对本书的结构（章节）：☐ 满意 ☐ 不满意 改进意见_____

3. 您对本书的例题：☐ 满意 ☐ 不满意 改进意见_____

4. 您对本书的习题：☐ 满意 ☐ 不满意 改进意见_____

5. 您对本书的实训：☐ 满意 ☐ 不满意 改进意见_____

6. 您对本书其他的改进意见：

7. 您感兴趣或希望增加的教材选题是：

请寄：100036 北京市万寿路 173 信箱职业教育分社 王昭松 收

电话：010 - 88254015 E-mail: wangzs@phei.com.cn

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市海淀区万寿路173信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

前 言

“数字电路”是电子技术、电子信息工程、通信技术、机电一体化等相关专业的基础课程。本书是从注重实践和应用能力培养的原则出发,借助仿真软件平台,结合作者多年的项目教学 and 实践经验编写而成的,力求通过内容、体系和方法上的创新与实用,体现职业教育的特色。

本书参考学时为 80 学时,包括 9 个项目。

项目 1 四水位指示灯

主要讲解电子仿真的基本方法、逻辑关系及其门电路的知识。

项目 2 表决器

主要讲解逻辑函数的表达与化简,组合逻辑电路的电子仿真设计方法等。

项目 3 简易电梯呼叫系统

主要讲解数制与码制、编码器、译码器等。

项目 4 十进制加法计算器

主要讲解组合逻辑电路的电子仿真分析方法、加法器、比较器、码制转换等。

项目 5 表决器的 MSI 设计方法

主要讲解数据选择器、数据分配器、用中等规模集成电路做组合逻辑电路设计的方法等。

项目 6 夜晚开启的交替闪烁灯箱

主要讲解脉冲的产生与变换电路,包括多谐振荡器、单稳态触发器和施密特触发器等。

项目 7 四字灯箱

主要讲解触发器和寄存器等。

项目 8 数字秒表

主要讲解各种计数器。

项目 9 数字温度计

主要讲解数模转换和模数转换。

可通过实际项目的实施,将数字电路的基本内容有机地结合应用。

本书的两大特色在于项目和仿真,并将其很好地结合。设计理念是教、学、做有机统一:“教”以完成任务为主线,根据需求分析,配有导学,引导学习相关的知识和技能;“学”以导学为引导,采用仿真的平台学习数字电路器件,分析电路工作原理及功能;“做”以工作任务单为蓝本,完成各项任务。

本书具有以下特点:

1. 采用“项目教学法”组织内容,其中的项目和任务都经过了精选与优化。
2. 所有电路都在仿真软件 Multisim10 中进行仿真,结果直观,通俗易懂。

3. 在组合逻辑设计与分析中, 使用 Multisim10 的逻辑转换仪, 解决了公式化简、卡诺图等一些学习瓶颈的问题。

4. 改变了传统的数字电路的教学模式, 将仿真学习和动手完成产品相结合。通过仿真软件的使用, 增加了项目与项目产品的灵活性。

本书所涉及的所有的电路、仿真均由作者设计、制作并实施, 仿真结果正确。

选择了这本书, 就意味着选择了一种教学方法, 一种思维方式。学习了本书的项目后, 有什么想法都可以去仿真, 它可以让读者增加经验、提高效率、节约成本、优化设计, 从而做出更好、更多的项目来。

本书由江苏联合职业技术学院徐州财经分院过玉清老师设计、编写方案、统稿、审校并担任主编, 戚伟、董凤慧等老师参编。其中项目 1 至项目 6 由过玉清老师编写, 项目 7 和项目 8 由戚伟老师编写, 项目 9 由董凤慧老师编写。

由于编者水平有限, 疏漏之处在所难免, 敬请专家、读者不吝赐教, 批评指正, 我们将不胜感激。

编 者

2011 年 12 月

目 录

项目 1 四水位指示灯	(1)
知识目标	(1)
能力目标	(1)
任务 1 电子仿真的基本方法	(2)
导学 1 Multisim10 的界面简介	(2)
导学 2 绘制原理图	(10)
导学 3 电子仿真	(20)
任务 2 逻辑关系及其门电路元件	(24)
导学 1 逻辑代数的基本概念	(24)
导学 2 基本逻辑关系及其门电路元件	(24)
导学 3 常用复合逻辑关系及其门电路元件	(27)
任务 3 四水位指示灯	(33)
导学 1 集成门电路芯片	(33)
导学 2 水位指示灯原理	(34)
项目 2 表决器	(39)
知识目标	(39)
能力目标	(39)
任务 1 逻辑函数的表示方法和化简	(39)
导学 1 逻辑函数的公式、定理及基本运算规则	(39)
导学 2 逻辑函数的表示方法	(41)
导学 3 用逻辑转换仪进行逻辑函数的化简和转换	(43)
任务 2 表决器	(50)
导学 1 组合逻辑电路的设计方法	(51)
导学 2 组合逻辑电路验证测试方法	(53)
项目 3 简易电梯呼叫系统	(60)
知识目标	(60)
能力目标	(60)
任务 1 二进制编码器	(60)
导学 1 数制	(60)
导学 2 码制	(63)
导学 3 二进制编码器	(64)

任务 2 集成优先编码器	(70)
导学 1 集成优先编码器	(71)
导学 2 集成优先 8421BCD 码编码器	(74)
任务 3 译码器	(78)
导学 1 码制译码器	(78)
导学 2 显示译码器	(81)
任务 4 简易电梯呼叫系统	(90)
导学 1 简易电梯呼叫系统	(90)
导学 2 简易电梯呼叫系统元件的选用	(90)
项目 4 十进制加法计算器	(95)
知识目标	(95)
能力目标	(95)
任务 1 加法器	(95)
导学 1 组合逻辑电路分析方法	(95)
导学 2 半加器和全加器	(99)
任务 2 加法器芯片与应用	(103)
导学 1 半加器和全加器的应用	(104)
导学 2 加法器芯片与应用	(106)
任务 3 十进制加法计算器	(112)
导学 1 数字比较器	(113)
导学 2 十进制加法计算器	(116)
项目 5 表决器的 MSI 设计方法	(123)
知识目标	(123)
能力目标	(123)
任务 1 用数据选择器做表决器的 MSI 设计	(123)
导学 1 数据选择器	(124)
导学 2 数据选择器做 MSI 设计	(126)
任务 2 用译码器做数据分配器和表决器的 MSI 设计	(130)
导学 1 数据分配器	(130)
导学 2 用译码器 74LS138 构成数据分配器	(131)
导学 3 用译码器做 MSI 设计	(132)
项目 6 夜晚开启的交替闪烁灯箱	(136)
知识目标	(136)
能力目标	(136)
任务 1 交替闪烁的灯箱	(136)

导学 1	555 定时器	(137)
导学 2	多谐振荡器——脉冲的产生电路	(138)
导学 3	交替闪烁的灯箱	(144)
任务 2	害羞的玩具	(148)
导学 1	单稳态触发器	(148)
导学 2	害羞的玩具	(152)
任务 3	夜晚开启的交替闪烁灯箱	(155)
导学 1	施密特触发器	(155)
导学 2	夜晚开启的交替闪烁灯箱	(158)
项目 7	四字灯箱	(162)
知识目标		(162)
能力目标		(162)
任务 1	触发器	(162)
导学 1	RS 触发器	(163)
导学 2	JK 触发器	(167)
导学 3	D 触发器	(169)
导学 4	T 触发器	(171)
任务 2	寄存器	(178)
导学 1	四位数码寄存器	(179)
导学 2	单向移位寄存器	(181)
导学 3	集成双向移位寄存器	(184)
任务 3	四字灯箱	(188)
导学 1	环形计数器	(188)
导学 2	四字灯箱	(190)
项目 8	数字秒表	(193)
知识目标		(193)
能力目标		(193)
任务 1	二进制计数器	(193)
导学 1	二进制计数器	(194)
导学 2	集成二进制计数器芯片	(197)
任务 2	集成十进制计数器	(204)
导学 1	集成十进制计数器	(204)
导学 2	十进制计数器级联	(206)
任务 3	任意进制计数器	(207)
导学 1	同步复位法构成任意进制计数器	(208)
导学 2	同步置数法构成任意进制计数器	(209)

导学3 异步复位法构成任意进制计数器	(210)
任务4 数字秒表	(213)
导学1 数字秒表的结构分析	(213)
导学2 数字秒表的功能实现	(213)
项目9 数字温度计	(218)
知识目标	(218)
能力目标	(218)
任务1 数字温度计模数转换部分电路的构成	(219)
导学1 A/D转换的基本原理	(219)
导学2 并行比较型 A/D转换器	(220)
导学3 A/D转换器的主要技术指标	(223)
任务2 数模转换	(224)
导学1 倒T形电阻网络 D/A转换的基本原理	(224)
导学2 D/A转换器的主要技术指标	(227)
导学3 D/A转换器芯片	(228)
任务3 数字温度计	(230)
导学1 A/D转换器芯片	(230)
导学2 数字温度计	(230)
参考文献	(233)

项目 1 四水位指示灯

本项目完成一个四水位的指示灯。如图 1-1 所示是四水位指示灯的电路原理图，4 个开关 A ~ D 分别模拟 4 个水位，利用水的导电性，当水位未到时，开关是打开的，当水位到达时，开关就闭合了。开关 A 闭合时，LED1 亮；开关 B 闭合时，LED2 亮；开关 C 闭合时，LED3 亮；开关 D 闭合时，LED4 亮，从 LED 的亮灭可以看出水位所在的位置。

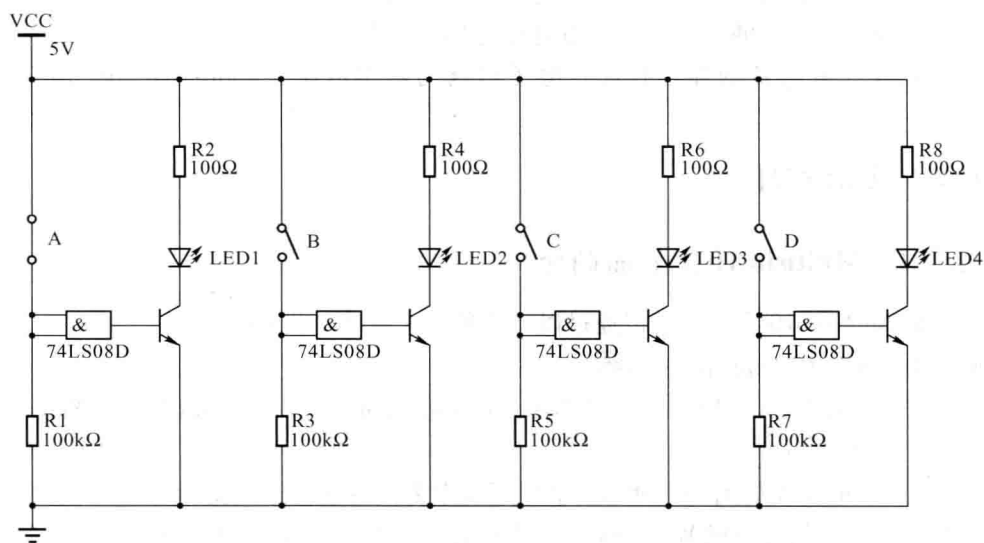


图 1-1 四水位指示灯电路原理图

知识目标

- (1) 熟练掌握电子仿真的基本方法。
- (2) 掌握与或非等基本门电路及常用的复合门电路。
- (3) 理解四水位指示灯的组成和工作原理。

能力目标

- (1) 会做基本门电路和复合门电路的仿真测试。
- (2) 会识别和检测门电路的集成芯片。
- (3) 能够完成四水位指示灯的制作和调试。

任务1 电子仿真的基本方法

【任务要求】

本任务要求在电子仿真软件 Multisim10 中完成基本照明开关电路的仿真，掌握电子仿真的基本方法，会灵活使用 Multisim10 中的元件与元件库。

【任务需求分析】

- (1) 完成任务必备的器件：Multisim10 中的虚拟元件。
- (2) 完成任务必备的工具：电子仿真软件 Multisim10。
- (3) 完成任务必备的工作：基本照明开关电路的仿真。
- (4) 完成任务必备的知识技能：电子仿真的基本方法、Multisim10 中的元件与元件库。

【知识与技能学习】

导学1 Multisim10 的界面简介

安装好 Multisim10 之后，可以通过以下两种方式启动 Multisim10：

- 双击桌面上的 Multisim 图标；
- 执行“开始”→“程序”→“National Instruments”→“Circuit Design Suite 10.0”→“ Multisim”命令。

Multisim10 的界面如图 1-2 所示。软件以图形界面为主，采用菜单、工具栏和热键组合相结合的方式，具有一般 Windows 应用程序的界面风格，用户可以根据自己的习惯和熟悉程度自如地使用。Multisim10 的界面包含以下几个主要组成部分。

1. 标题栏

标题栏位于界面的最上方，主要显示软件信息和当前正在编辑的电路文件信息。

2. 菜单栏

菜单栏位于标题栏的下方，通过菜单可以对 Multisim10 的所有功能进行操作。Multisim10 的菜单栏除了包括文件、编辑、视图、选项、窗口和帮助等与大多数 Windows 平台上的应用程序一致的功能选项外，还包括放置、MCU、仿真、转换、工具、报表等 EDA（电子设计自动化）软件专用的功能选项。

1) 文件菜单

提供了对文件和项目的基本操作及打印等 19 条命令，如打开、保存和打印等。文件菜单中的命令及功能如下。

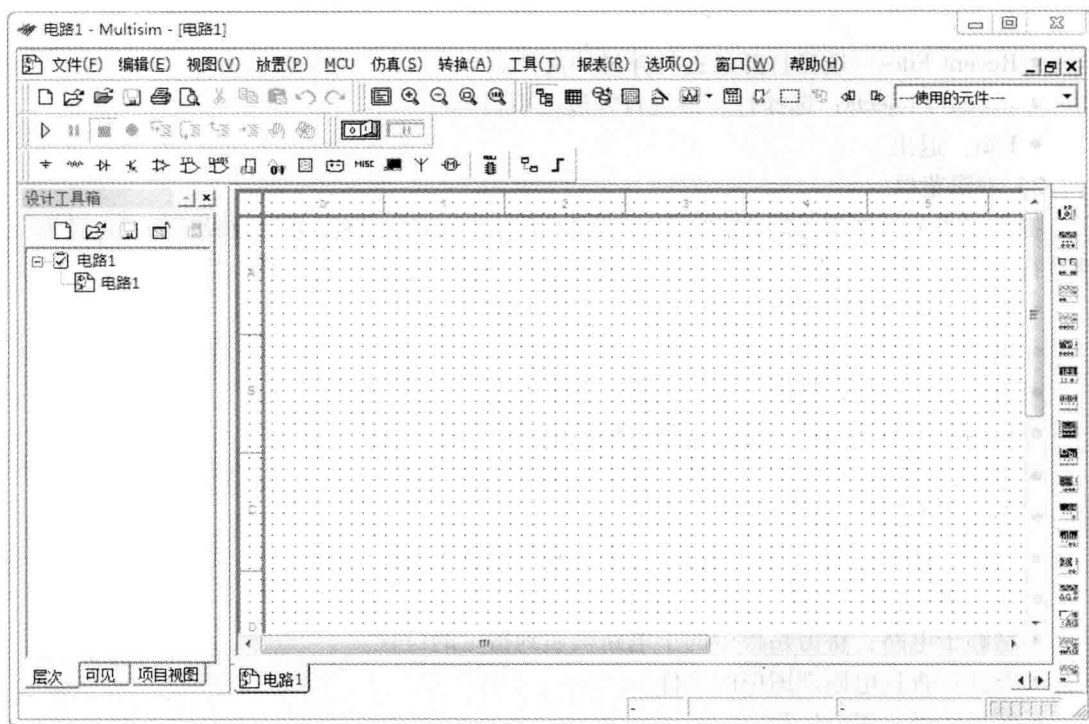


图 1-2 Multisim10 的界面

- 新建：建立一个新文件。
- 打开：打开一个已存在的 *.msm10、*.msm9、*.msm8、*.msm7、*.ewb 或 *.utsch 等格式的文件。
- Open Sample...：打开实例文件。安装好 Multisim10 后，自带有一些电路实例，放在 Samples 文件夹中，执行此命令后会打开 Samples 文件夹。
- 关闭：关闭当前电路工作区内的文件。
- 全部关闭：关闭电路工作区内的所有文件。
- 保存：将电路工作区内的文件以 *.msm10 的格式存盘。
- 另存为：将电路工作区内的文件另存为一个文件，仍为 *.msm10 格式。
- 全部保存：将电路工作区内所有的文件以 *.msm10 的格式存盘。
- 新建项目：建立新的项目。
- 打开项目：打开原有的项目（仅在专业版中出现，教育版中无此功能）。
- 保存项目：保存当前的项目（仅在专业版中出现，教育版中无此功能）。
- 关闭项目：关闭当前的项目（仅在专业版中出现，教育版中无此功能）。
- 版本控制：版本控制（仅在专业版中出现，教育版中无此功能）。
- 打印：打印电路工作区内的电原理图。
- 打印预览：打印预览。
- 打印选项：包括 Print Setup（打印设置）和 Print Instruments（打印电路工作区内的

仪表) 命令。

- Recent Files: 选择打开最近打开过的文件。
- Recent Projects: 选择打开最近打开过的项目。
- Exit: 退出。

2) 编辑菜单

提供了类似于图形编辑软件的基本编辑功能, 用于对电路图进行编辑, 如对电路和元件进行剪切、粘贴、旋转等操作命令。编辑菜单中的命令及功能如下。

- 撤销: 取消前一次操作。
- 重做: 恢复前一次操作。
- 剪切: 剪切所选择的元件, 放在剪贴板中。
- 复制: 将所选择的元件复制到剪贴板中。
- 粘贴: 将剪贴板中的元件粘贴到指定的位置。
- 删除: 删除所选择的元件。
- 全选: 选择电路中所有的元件、导线和仪器仪表。
- 删除多页: 删除多页面。
- 粘贴子电路: 将剪贴板中的子电路粘贴到指定的位置。
- 查找: 查找电原理图中的元件。
- 图形注释: 图形注释。
- 次序: 顺序选择。
- Assign to Layer: 图层赋值。
- 层设置: 对电路图进行图层设置。
- 方向: 将所选择的元件按旋转方向旋转, 包括垂直镜像、水平镜像、顺时针旋转 90° 和逆时针旋转 90° 四种。
- Title Block Position: 工程图明细表位置。
- 编辑符号/标题栏: 编辑符号/工程明细表。
- 字体: 字体设置。
- 注释: 注释。
- Forms/Questions: 格式/问题。
- 属性: 属性编辑; 对电路、工作区、配线、字体、PCB 进行设置。

3) 视图菜单

提供 19 条用于控制仿真界面上显示的内容的操作命令。视图菜单中的命令及功能如下。

- 全屏: 将工作区放大到全屏显示。
- 父图纸: 显示上一级图纸。
- 放大: 放大电路原理图。
- 缩小: 缩小电路原理图。
- 缩放范围: 按鼠标给出的矩形框面积放大。
- 缩放到页: 调整到适合的页面。

- 缩放到扩大：按比例放大到适合的页面。
- 缩放选择：比例选择。
- 显示网格：显示或者关闭栅格。
- 显示边框：显示或者关闭边框。
- 显示边界：显示或者关闭页边界。
- 标尺：显示或者关闭标尺栏。
- 状态栏：显示或者关闭状态栏。
- 设计工具箱：显示或者关闭设计工具箱。
- 电子表格：显示或者关闭电子数据表。
- 电路描述框：显示或者关闭电路描述工具框。
- 工具栏：显示或者关闭工具栏。
- Show Comment/Probe：显示或者关闭注释/标注。
- 记录仪：显示或者关闭图形编辑器。

4) 放置菜单

提供在电路工作窗口内放置元件、连接点、总线和文字等 18 条命令，通过放置命令可输入电路图。放置菜单中的命令及功能如下。

- Component：打开元件库，放置需要的元件。
- 节点：放置节点。
- 导线：放置导线。
- 总线：放置总线。
- Connectors：放置输入/输出端口连接器。
- New Hierarchical Block：放置层次模块。
- 以层次块替换：替换层次模块。
- Hierarchical Block from File：来自文件的层次模块。
- 新建子电路：创建子电路。
- 以子电路替换：子电路替换。
- 多页：设置多页。
- 合并总线：将所选总线合并。
- Bus Vector Connect：总线矢量连接。
- 注释：注释。
- 文本：放置文字。
- 图形：放置图形。
- Title Block：放置工程标题栏。
- 梯线：放置梯线

5) MCU（微控制器）菜单

提供在电路工作窗口内 MCU 的调试操作命令，共 10 条命令。MCU 菜单中的命令及功能如下。

- No MCU Component Found：没有创建 MCU 器件。

- Debug View Format: 调试格式。
- 显示行号: 显示线路数目。
- 暂停。
- 单步步入: 单步执行。
- 单步步过: 单步跳过。
- Step out: 离开。
- 执行到光标处: 运行到指针处。
- 切换到断点: 设置断点。
- 删除断点: 移出所有的断点。

6) 仿真菜单

通过仿真菜单执行仿真分析命令, 共 18 条。仿真菜单中的命令及功能如下。

- 运行: 开始仿真。
- 暂停: 暂停仿真。
- 停止: 停止仿真。
- 仪器: 选择仪器仪表。
- 交互仿真设置: 交互式仿真设置。
- 数字仿真设置: 数字式仿真设置。
- 分析: 选择仿真分析法。
- 后处理器: 启动后处理器。
- 仿真错误日志/检查跟踪。
- XSpice 命令接口: XSpice 命令界面。
- Load Simulation Setting: 导入仿真设置。
- Save Simulation Setting: 保存仿真设置。
- 自动故障设置。
- VHDL 仿真: 硬件描述语言仿真。
- 动态探针属性。
- 颠倒探针方向。
- 清除仪器数据。
- Use Tolerances: 使用公差。

7) 转换菜单

转换菜单提供的命令可以完成 Multisim 对其他 EDA 软件需要的文件格式的输出, 共 8 条命令。转换菜单中的命令及功能如下。

- Transfer to Ultiboard 10: 将所设计的电路图转换为 Ultiboard 10 (Multisim 中的电路板设计软件) 的文件格式。
- Transfer to Ultiboard or Earlier: 将所设计的电路图转换为 Ultiboard 9 或更早版本的文件格式。
- Export to PCB Layout: 将所设计的电路图以其他电路板设计软件所支持的 PCB 设计图文件格式输出。