

摘 要

本课题是以 multsim10 为工作平台调试设计与仿真分析一款交通信号灯的控制系统的详细过程。利用 multsim10 软件，自主编写应用程序，设计一款交通信号灯的控制系统。

目前，国内对交通信号灯控制系统的传统的设计应用中，完全由纯硬件组成的电路还是过于复杂，调试比较麻烦，故障点比较多，系统的稳定性也不太确定。传统的基于单片机技术交通信号灯控制系统稳定性不好，一些元件不稳定，抗干扰性不足。同时，普通的用单片机技术进行交通信号灯管理系统开发，实验速度较慢、电子元器件库比较小、版本较老。本课题利用 Multisim 10 对十字路口交通灯控制器各个单元电路和整体电路的设计和仿真。该课题完成了设计一款交通信号灯的控制系统，并仿真实现十字路口交通信号灯交替点亮，对构建实际电路有指导意义。这样能降低了成本,大大提高了教学和专业设计的效率。该系统功能灵活，其实验成本低、速度快、效率高。本课题的研究将有助于改善城市交通拥挤状况、减少交通事故的发生率、车辆的出行时间及成本。

本设计由两个主要部分组成——电路设计部分和仿真分析部分。整个系统由秒脉冲发生器模块、交通信号灯状态控制器模块、交通信号灯显示电路模块、交通信号灯定时电路模块组成。本设计运用的是 NI 公司的 Multisim 10.0 软件进行编程，自主开发。

关键词: 虚拟仪器, Multisim 交通信号灯

ABSTRACT

The topic is the detailed process of design and simulation of a traffic light control system by software of NI Multisim 10. And computer software are some of the companies using NI Multisim 10, programming and self-development.

The using of conventional domestic traffic light control system that composed entirely of pure hardware circuits is too complex, difficult debugging, more failure point, unstable system. Conventional traffic light control system by PLC technology is unstable, lack of interference. Moreover, experimental speed of traffic light control system by ordinary PLC technology is slow, smaller and older electronic components library. The topic that design and simulation of each traffic light control system unit is used by Multisim 10. Complete the project to design a traffic light control system before building actually circuits. It can reduce costs, improving the efficiency of teaching and professional design. The system is flexible, experimental low-cost, fast and efficient. The research will help improve the situation of traffic congestion, the incidence of traffic accidents and vehicle travel time and cost.

This project consists of two main components—design of circuit and simulation. The system is composed of PPS generator unit, state controller unit, display circuit unit and control circuit unit. The project is using NI Multisim 10, programming and self-development.

Key words: Virtual Instruments, Multisim, Traffic light control system

目录

1	绪论.....	
1.1	目前基于虚拟仪器的交通信号灯系统开发的现状.....	
1.2	课题研究的目的是和意义.....	
1.3	本文完成的主要工作	
2	基本交通管理方法	
2.1	交通信号灯的分类	
2.2	交通信号灯使用原则	
2.3	基本交通管理方法	
3	虚拟仪器技术	
3.1	虚拟仪器概述	
3.2	相关技术(EDA)简介	
3.3	Multisim10 软件的特点.....	
3.4	Multisim 软件的功能.....	
3.5	虚拟仪器在交通信号灯控制系统设计的应用分析.....	
4	电路设计分析	
4.1	交通信号灯控制系统的技术指标	
4.2	方案论证.....	
4.3	方案实现.....	
5	电路组成与仿真分析	
5.1	仿真调试秒脉冲发生器.....	
5.2	仿真调试交通信号灯状态控制器	
5.3	仿真调试交通信号灯显示电路.....	
5.4	仿真调试交通信号灯定时电路.....	
5.5	仿真调试整个系统	
6	结论与展望	

6.1 结论.....

6.2 展望.....

参考文献

致谢

1 绪论

1.1 目前基于虚拟仪器的交通信号灯系统开发的现状

目前,国内对交通信号灯控制系统的传统的设计应用中,完全由纯硬件组成的电路还是过于复杂,调试比较麻烦,故障点比较多,系统的稳定性也不太确定。正是由于纯硬件电路的这些缺陷才推动了现代电子的迅猛发展,无论是单片机、PLC 还是Multisim 都是尽量减少电路中的硬件部分,尽可能地将需要硬件电路完成的任务以编程的方式解决并灌入可定义的芯片中,软件与硬件相结合,这无疑是现代电子的发展方向。

传统的基于单片机技术交通信号灯控制系统稳定性不好,一些元件不稳定,抗干扰性不足。各模块都采用独立电源会使系统复杂,可能影响电路电平等。同时,普通的用单片机技术进行交通信号灯管理系统开发,实验速度较慢、电子元器件库比较小、版本较老。

美国NI公司是虚拟仪器技术的权威。随着科学技术的不断发展和进步,现在虚拟仪器仪表技术由于计算机的普及而得到迅速发展。虚拟仪器技术在数据采集、自动测试和仪器控制领域得到广泛应用,促进并推动测试系统的设计方法与实现技术发生了深刻的变化。“软件就是仪器”已经成为测试与测量技术发展的重要标志。Multisim 10为NI电子学教育平台提供了一个强大的基础,它给学生提供了一个贯穿电子产品设计流程的全面的动手操作经验。国内越来越多的研究高等院校和研究机构在进行虚拟仪器的开发使用者能以一般的电脑搭配经济的硬件设备来建立自己的仪器控制系统。这些以软件为核心的系统充分利用了电脑超强的运算、呈现及连接能力,可以组成功能强且弹性大的仪控设备。使用者可以将资料采集,数据分析,仪器控制硬件以及现有的仪器设备予以整合集成,来建立完全符合自己特殊需求的虚拟仪控系统。

经过多年的发展,multisim的功能日渐丰富和强大,灵活易用的图形化开发环境已经得到了广泛的应用。在美国几乎所有院校、研究机构都在使用multisim NI Multisim 软件结合了直观的捕捉和功能强大的仿真,能够快速、轻松、高效地对电路进行设计和验证。凭借NI Multisim 您可以立即创建具有完整组件库的电路图,并利用工业标准SPICE 模拟器模仿电路行为。借助专业的高级SPICE 分析和虚拟仪器,您能在设计流程中提早对电路设计进行的迅速验证,从而缩短建模循环。与NI LabVIEW 和SignalExpress软件的集成,完善了具有强大技术的设计流程,从而能够比较具有模拟数据的实现建模测量^[1]。

1.2 课题研究的目的是和意义

随着社会生产力的不断发展和人类社会的不断进步,各国特别是像我国这样的发展中国家城市化水平会越来越高,城市交通问题会越来越严重,严重的堵车现象是每个

人有目共睹和亲身体会的。究其原因，主要有：或是现行路网的通行能力不够，或是现行路网的道路定向不合理，或是由于对交通流的管理控制不力。解决城市交通问题的根本途径有两条：一是加快交通设施建设；二是加强交通管理。然而在城市内修建或扩建已有道路的可能性越来越小，因而加强对现有道路的合理利用以及对交通信号灯的有效控制和管理成为改善交通状况的重要途径^[2]。

本课题将根据十字路口的通行效率对交通信号灯进行优化管理，课题将通过虚拟仪器平台对所设计的交通信号灯管理系统进行仿真。利用 Multisim 10对十字路口交通灯控制器各个单元电路和整体电路的设计和仿真，在电路设计仿真完成之后再构建实际电路，从而降低了成本，大大提高了教学和专业设计的效率。本课题的研究将有助于改善城市交通拥挤状况，减少交通事故的发生率，节约人员、车辆的出行时间及成本。

因此，基于虚拟仪器的交通信号灯管理系统开发具有非常重要的现实意义。

1.3 本文完成的主要工作

本课题是以multisim10的工作平台调试设计与仿真分析一款交通信号灯的控制系统的详细过程。利用multisim10软件，自主编写应用程序，设计一款交通信号灯的控制系统。该系统功能灵活，可塑性强，新颖且可行。与传统交通信号灯控制系统的仿真模拟和调试的方法费工费时、工作效率低相比，其实验成本低、速度快、效率高。

2 基本交通管理方法

2.1 交通信号灯的分类

道路交通信号灯是交通安全产品中的一个类别，是为了加强道路交通管理，减少交通事故的发生，提高道路使用效率，改善交通状况的一种重要工具。适用于十字、丁字等交叉路口，由道路交通信号控制机控制，指导车辆和行人安全有序地通行。交通信号灯的品种有：机动车道信号灯、人行横道信号灯、非机动车道信号灯、方向指示信号灯、移动式交通信号灯、太阳能闪光警告信号灯、收费站天棚信号灯。



图 2-1 交通信号灯

信号灯光源：晶片的一端附在一个支架上，一端是负极，另一端连接电源的正极，使整个晶片被环氧树脂封装起来。半导体晶片由两部分组成，一部分是 P 型半导体，在它里面空穴占主导地位，另一端是 N 型半导体，在这边主要是电子。但这两种半导体连接起来的时候，它们之间就形成一个 P-N 结。当电流通过导线作用于这个晶片的时候，电子就会被推向 P 区，在 P 区里电子跟空穴复合，然后就会以光子的形式发出能量，这就是 LED 发光的原理。而光的波长也就是光的颜色，是由形成 P-N 结的材料决定的。LED（发光二极管）是近年来开发生产的一种新型光源，具有耗电小（电流只有 $10\sim 20\text{mA}$ ）、亮度高（光强可达上万个 mcd ）、体积小（直径最小可达 3mm ）、重量轻（一颗发光二极管仅重零点几克）、寿命长（平均寿命 10 万小时）等优点。现已逐步代替白炽灯、低压卤钨灯制作道路交通信号灯。

2.1.1 绿灯信号

绿灯信号是准许通行信号。按《交通安全法实施条例》规定：绿灯亮时，准许车辆、行人通行，但转弯的车辆不准妨碍被放行的直行车辆和行人通行。

2.1.2 红灯信号

红灯信号是绝对禁止通行信号。红灯亮时，禁止车辆通行。右转弯车辆在不妨碍被放行的车辆和行人通行的情况下，可以通行。

红灯信号是带有强制意义的禁行信号，遇此信号时，被禁行车辆须停在停止线以外，被禁行的行人须在人行道边等候放行；机动车等候放行时，不准熄火，不准开车门，各种车辆驾驶员不准离开车辆；自行车左转弯不准推车从路口外边绕行，直行不准用右转弯方法绕行。

2.1.3 黄灯信号

黄灯亮时，已越过停止线的车辆，可以继续通行。黄灯信号的含义介于绿灯信号和红灯信号之间，既有不准通行的一面，又有准许通行的一面。黄灯亮时，警告驾驶员和行人通行时间已经结束，马上就要转换为红灯，应将车停在停止线后面，行人也不要进入人行横道。但车辆如因距离过近不便停车而越过停止线时，可以继续通行。已在人行横道内的行人要视来车情况，或尽快通过，或原地不动，或退回原处

2.1.4 闪光警告信号灯

为持续闪烁的黄灯，提示车辆、行人通行时注意瞭望，确认安全后通过。这种灯没有控制交通先行和让行的作用，有的悬于路口上空，有的在交通信号灯夜间停止使用后仅用其中的黄灯加上闪光，以提醒车辆、行人注意前方是交叉路口，要谨慎行驶，认真观望，安全通过。在闪光警告信号灯闪烁的路口，车辆、行人通行时，即要遵守确保安全的原则，同时还应遵守没有交通信号或交通标志控制路口的通行规定。

2.1.5 车道灯信号

车道灯由绿色箭头灯和红色叉形灯组成，设在可变车道上，只对本车道起作用。绿色箭头灯亮时，准许本车道车辆按指示方向通行；红色叉形灯或者箭头灯亮时，禁止本车道车辆通行。

2.1.6 人行横道灯信号

人行横道灯由红、绿两色灯组成。在红灯镜面上有一个站立的人形象，在绿灯面上有一个行走的人形象。人行横道灯设在人流较多的重要交叉路口的人行横道两端。灯头面向车行道，与道路中心垂直。

人行横道灯信号有绿灯亮、红灯亮两种信号，其含义与路口信号灯信号的含义相似，即绿灯亮时，准许行人通过人行横道；红灯亮时，禁止行人进入人行横道，但是已经进入人行横道的，可以继续通过或者在道路中心线处停留等候。

2.1.7 方向指示信号灯

方向信号灯是指挥机动车行驶方向的专用指示信号灯，通过不同的箭头指向，表示机动车直行、左转或者右转。它由红色、黄色、绿色箭头图案组成。

2.2 交通信号灯使用原则

针对我国城市道路交通信号控制中的灯色规定和一些常用信号正反两方面的影响因素等进行分析。首先提出我国现行交通法律法规对信号灯色规定的不足之处，然后对交通信号控制存在的基本问题进行重点研究。通过分析不同信号灯色（如机动车黄灯、红灯+黄灯、绿闪、红闪，行人绿闪）及其他辅助设施（如倒计时信号）对交叉口交通安全和通行效率的影响，对信号灯色及倒计时信号设置提出方向性建议，并就道路交通安全法及其条例的补充、修订给出相应建议。最后，简要分析了信号控制领域应着重研究的若干理论和应用层面的问题，包括绿灯间隔时间、信号周期、转弯车辆控制策略、公交优先控制、自适应控制、干路协调控制等。

道路交通需要严格立法，如若不然，则会在出现问题甚至纠纷时难以分辨责任，无法保证执法公正。与城市道路交通信号相关的法律法规主要有《中华人民共和国道路交通安全法》（以下简称《交通法》）和《中华人民共和国道路交通安全法实施条例》（以下简称《实施条例》）。关于信号灯色的定义，有下述一些规定：《交通法》第二十六条交通信号灯由红灯、绿灯、黄灯组成。红灯表示禁止通行，绿灯表示准许通行，黄灯表示警示。

《实施条例》第三十八条：

(一) 绿灯亮时，准许车辆通行，但转弯的车辆不得妨碍被放行的直行车辆、行人通行；

(二) 黄灯亮时，已越过停止线的车辆可以继续通行；

(三) 红灯亮时，禁止车辆通行。

《实施条例》第三十九条：

人行横道信号灯表示：

(一) 绿灯亮时，准许行人通过人行横道；

(二) 红灯亮时，禁止行人进入人行横道，但是已经进入人行横道的，可以继续通过或者在道路中心线处停留等候。

十字路口交通信号灯控制示意图如图2所示。设系统工作的十字路口由主、支两条干道构成，四路口均设红、黄、绿三色信号灯和用于显示还剩余多少时间将改变信号灯的数码显示器。要求：主、支干道交替通行，通行时间均可在0~99s内任意设定；绿灯换红灯前，黄灯先亮较短时间（也可在0~99s内任意设定），用以等待十字路口内滞留车辆通过；主支干道通行时间和黄灯亮的时间均由同一计数器按减计数方式计数（零状态为无效态）；在减计数器回零瞬间完成十字路口通行状态的转换（换灯）^[3,4]

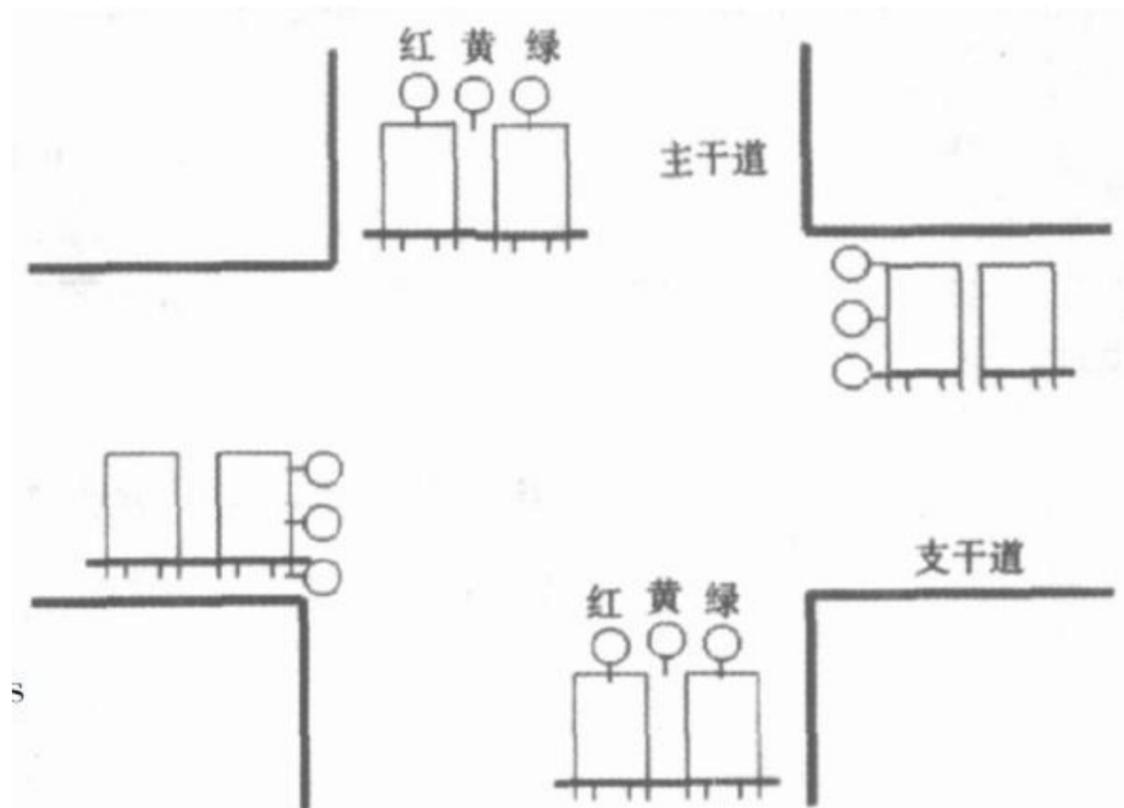


图 2-2 十字路口交通信号灯控制示意图

2.3 基本交通管理方法

现代交通管理的基本内容是车辆检验, 驾驶人员考核, 交通违章及交通事故处理, 交通秩序的维护, 交通信号指挥与控制, 交通警卫, 人行道、车行道及停车场所(见停放车)的管理, 交通标志、道路交通标线、隔离墩、安全岛和护栏等道路交通安全设施的布设, 交通的合理组织, 交通法规的制定与执行以及交通安全的宣传教育等。在中国, 城市交通由公安部门管理, 其他交通由交通部门管理。

出行中有时会遇到交叉口一个进口方向上车辆排队等待绿灯信号, 而另一方向则没有车辆通过, 却照常显示绿灯。这类交叉口通常是采用定时信号控制, 而自适应信号控制早已可以根据车流检测来灵活分配绿灯信号, 在没有左转车辆到达的周期则跳过左转相位, 从而大大提高交叉口通行效率, 减少绿灯时间浪费。同时, 自适应信号控制是实现公交优先信号控制的前提条件。因此, 国内应具体研究这方面的技术, 并推广应用。

公交优先理念已逐渐深入人心, 我国不少城市都规划设计了公交专用车道, 甚至快速公交(BRT)系统。如何在交叉口给予公交车辆优先通行权, 既减少其停车次数和延误, 又不过度影响其他通行车辆和行人, 特别是要全面考虑公交车辆通过前后多个交叉口的综合效益, 是一个非常困难、还未能真正实现的目标。

在城市道路网信号控制问题中往往片面追求所谓“面控”, 而对于干路协调控制即“线控”不够重视。组织好“线控”可大大减少车辆在交叉口的停车次数、行程时间及制动、启动、加速过程, 并降低油耗、减少排放和交通噪声, 远比盲目追求不切实际的“面控”重要。而如何在保证干路协调条件下维持一定灵活度的

自适应控制策略，是一个值得研究和探索的难题。

2.3.1 交通管理基本原则

交通管理有以下 5 条基本原则：

(1) 交通分离原则。通常采取道路交通标线（又称道路标线、路面标线）、设隔离墩、建立体交叉和专用道，以及采用交通信号控制等措施，在空间和时间上分离道路上的交通。

(2) 交通流量均分原则。一般采用单向交通、禁行交通（禁止某种或某几种车辆通行）、禁止左转弯、分流过境交通、错峰上下班制度等，使交通流量在空间和时间上均匀分布。

(3) 交通连续原则。即合理设置交通过程中的换乘设施，并注意工程设施及安全设施的连续性。

(4) 按速度划分车道原则。车道均按车速大小由里向外排列，即快车道在里，慢车道在外。人行道在最外侧。

(5) 优先权原则。包括直行车优于转弯车通行，干线道路上的车优于支线道路上的车通行，铁路列车和有轨电车优于其他种车通行，消防车、救护车、警备车等紧急车辆优于其他种车辆通行等。

2.3.2 交通管理的方法

交通管理的方法主要有 3 类。一是采取工程技术管理措施，如设置标线和交通标志，设计交通自动控制系统，规划专用车行道、单向车行道，选用安全设施等；二是制定、执行交通法规，建立车辆监理机构，进行法制管理；三是广泛开展教育与培训。

工业发达国家对城市交通大都采用综合规划与控制的管理措施，主要有 6 方面。

(1) 生活区交通规划与控制：为把生活区的交通公害减至最小，采用单向交通、临时停车、速度限制、设置行人专用道路和自行车专用道路等来排除过境交通。

(2) 公共汽车优先政策：通常采用的办法是设置公共汽车专用线、专用道和优先信号。有的在上下班交通高峰期间采用可变车线开辟公共汽车专用车道，限制轿车在高峰期间进入市中心等措施，以保证公共汽车优先通行。

(3) 发挥干线道路的作用：通常采用交通信号的线控制（见交通控制系统），干线道路上不准停车以及限制支路上车辆进入干线道路等交通管理措施。

(4) 提供交通情报，搞好交通诱导：交通管理部门用可变标志、电光标示板以及无线电广播和电话等，及时提供道路上的交通拥挤状况、气象条件及道路情况等情报，以诱导交通。

(5) 交通信号控制的现代化：在交通信号点控制的基础上逐渐实现线控制和面

控制，逐步建立交通管制中心。交通管制中心是用电子计算机和电视监视系统将交通情报的收集、分析、公布，信号机的区域控制，交通标志与道路交通标线的集中控制，交通监视与诱导以及交通警察活动的统一指挥等一体化。

(6) 实行单向通行：是改善城市交通拥挤，减少交通事故，解决旧城区道路一时难以增辟或拓宽等矛盾的有效方法。美国纽约市中心的曼哈顿地区早在 20 世纪 30 年代就有 2800 公里的道路实行了单向通行。70 年代，日本东京都有 20% 的道路辟为单向通行道路。中国北京、上海和天津等大城市也有不少街道实行了单向通行。

3 虚拟仪器技术

3.1 虚拟仪器概述

虚拟仪器 (VirtualInstrument) 是基于计算机的仪器。计算机和仪器的密切结合是目前仪器发展的一个重要方向。粗略地说这种结合有两种方式, 一种是将计算机装入仪器, 其典型的例子就是所谓智能化的仪器。随着计算机功能的日益强大以及其体积的日趋缩小, 这类仪器功能也越来越强大, 目前已经出现含嵌入式系统的仪器。另一种方式是将仪器装入计算机。以通用的计算机硬件及操作系统为依托, 实现各种仪器功能。

虚拟仪器技术就是利用高性能的模块化硬件, 结合高效灵活的软件来完成各种测试、测量和自动化的应用。自1986年问世以来, 世界各国的工程师和科学家们都已将NI LabVIEW图形化开发工具用于产品设计周期的各个环节, 从而改善了产品质量、缩短了产品投放市场的时间, 并提高了产品开发和生产效率。使用集成化的虚拟仪器环境与现实世界的信号相连, 分析数据以获取实用信息, 共享信息成果, 有助于在较大范围内提高生产效率。虚拟仪器提供的各种工具能满足我们任何项目需要。

虚拟仪器概念早在20世纪70年代就已提出, 但真正得以实现则是在PCI、GPIB、VXI、PXI等总线标准出现之后才变为可能, 并随着卡式仪器、VXI总线仪器、VXI总线仪器等的推出而得到迅速发展。虚拟仪器技术是仪器技术、通信技术、总线技术、数字化技术、计算机技术等有机结合的产物。

这是在标准计算机软硬件基础上, 加上一组软件和硬件所构成。虚拟仪器从本质上说是一个开放式结构, 用通用计算机、DSP信号处理器或其他CPU提供系统管理、信号处理、存储以及显示功能。用数据采集板、GPM或VXI总线接口板提供信号获取和控制信号输出, 从而实现传统仪器功能。“数据采集、分析处理、传输显示”结构模式为其硬件开发平台, 同时充分利用计算机强大软件功能及有关测试开发软件所需要测试仪器方案。虚拟仪器功能完全由用户自己设计、定义, 因而可以通过改变软件适应不同测试需要, 很容易与互联网、外设以及其他仪器相联接, 真正体现“软件就是仪器”的概念。

虚拟仪器的主要特点: 尽可能采用了通用的硬件, 如数据采集卡, 各种仪器的差异主要是软件。可充分发挥计算机的能力, 有强大的数据处理功能, 可以创造出功能更强的仪器。用户可以根据自己的需要定义和制造各种仪器。

美国国家仪器公司NI (National Instrument) 提出的虚拟测量仪器 (VI) 概念, 引发了传统仪器领域的一场重大变革, 使得计算机和网络技术得以长驱直入仪器领域, 和仪器技术结合起来, 从而开创了“软件即是仪器”的先河。同其他技术相比, 虚拟仪器技术具有四大优势:

(1) 性能高: 虚拟仪器技术是在PC技术的基础上发展起来的, 所以完全“继承”虚拟仪器系统框图了以现成即用的PC技术为主导的最新商业技术的优点, 包括

功能超卓的处理器和文件 I/O,使您在数据高速导入磁盘的同时就能实时地进行复杂的分析。此外,不断发展的因特网和越来越快的计算机网络使得虚拟仪器技术展现其更强大的优势。

(2) 扩展性强:NI的软硬件工具使得我们不再受限于当前的技术中。这得益于NI软件的灵活性,只需更新计算机或测量硬件,就能以最少的硬件投资和极少的、甚至无需软件上的升级即可改进整个系统。在利用最新科技的时候,我们可以把它们集成到现有的测量设备,最终以较少的成本加速产品上市的时间。

(3) 开发时间少:在驱动和应用两个层面上,NI高效的软件构架能与计算机、仪器仪表和通讯方面的最新技术结合在一起。NI设计这一软件构架的初衷就是为了方便用户的操作,同时还提供了灵活性和强大的功能,使我们轻松地配置、创建、发布、维护和修改高性能、低成本的测量和控制解决方案。

(4) 无缝集成:虚拟仪器技术从本质上说是一个集成的软硬件概念。随着产品在功能上不断地趋于复杂,工程师们通常需要集成多个测量设备来满足完整的测试需求,而连接和集成这些不同设备总是要耗费大量的时间。NI的虚拟仪器软件平台为所有的 I/O 设备提供了标准的接口,帮助我们轻松地将多个测量设备集成到单个系统,减少了任务的复杂性。

3.2 相关技术(EDA)简介

EDA 技术(Electronic Design Automatic技术,也称为电子设计自动化技术,是在电子 CAD 技术基础上发展起来的计算机软件系统,它在教学、科研、产品设计与制造等方面发挥着巨大的作用。EDA 技术的发展和推广极大地推动了电子工业的发展,EDA 教学和产业界的技术推广是当今业界的一个技术热点,学习和掌握 EDA 技术是电子信息类、电气类和机电类专业学生就业的一个基本条件。20 世纪 90 年代,国际上电子和计算机技术较先进的国家,一直在积极探索新的电子电路设计方法,并在设计方法、工具等方面进行了彻底的变革,取得了巨大成功。在电子技术设计领域,可编程逻辑器件(如 CPLD、FPGA)的应用,已得到广泛的普及,这些器件为数字系统的设计带来了极大的灵活性。这些器件可以通过软件编程而对其硬件结构和工作方式进行重构,从而使得硬件的设计可以如同软件设计那样方便快捷。这一切极大地改变了传统的数字系统设计方法、设计过程和设计观念,促进了 EDA 技术的迅速发展。

EDA 技术就是以计算机为工具,设计者在 EDA 软件平台上,用硬件描述语言 VHDL 完成设计文件,然后由计算机自动地完成逻辑编译、化简、分割、综合、优化、布局、布线和仿真,直至对于特定目标芯片的适配编译、逻辑映射和编程下载等工作。EDA 技术的出现,极大地提高了电路设计的效率和可操作性,减轻了设计者的劳动强度。

利用 EDA 工具,电子设计师可以从概念、算法、协议等开始设计电子系统,大量工作可以通过计算机完成,并可以将电子产品从电路设计、性能分析到设计出 IC 版图

或 PCB 版图的整个过程的计算机上自动处理完成。

现在对 EDA 的概念或范畴用得很宽。包括在机械、电子、通信、航空航天、化工、矿产、生物、医学、军事等各个领域，都有 EDA 的应用。目前 EDA 技术已在各大公司、企事业单位和科研教学部门广泛使用。例如在飞机制造过程中，从设计、性能测试及特性分析直到飞行模拟，都可能涉及到 EDA 技术。

EDA 技术是指以计算机为工作平台，融合了应用电子技术、计算机技术、信息处理及智能化技术的最新成果，进行电子产品的自动设计。

利用 EDA 工具，电子设计师可以从概念、算法、协议等开始设计电子系统，大量工作可以通过计算机完成，并可以将电子产品从电路设计、性能分析到设计出 IC 版图或 PCB 版图的整个过程的计算机上自动处理完成。

现在对 EDA 的概念或范畴用得很宽。包括在机械、电子、通信、航空航天、化工、矿产、生物、医学、军事等各个领域，都有 EDA 的应用。目前 EDA 技术已在各大公司、企事业单位和科研教学部门广泛使用。例如在飞机制造过程中，从设计、性能测试及特性分析直到飞行模拟，都可能涉及到 EDA 技术。本文所指的 EDA 技术，主要针对电子电路设计、PCB 设计和 IC 设计。EDA 设计可分为系统级、电路级和物理实现级。

电子电路设计与仿真工具包括 SPICE/PSPICE；multiSIM7；Matlab；SystemView；MMICAD LiveWire、Edison、Tina Pro、Bright Sparker 等。下面简单介绍前三个软件。

(1)SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis) 是由美国加州大学推出的电路分析仿真软件，是 20 世纪 80 年代世界上应用最广的电路设计软件，1998 年被定为美国国家标准。1984 年，美国 MicroSim 公司推出了基于 SPICE 的微机版 PSPICE (Personal-SPICE)。现在用得较多的是 PSPICE6.2，可以说在同类产品中，它是功能最为强大的模拟和数字电路混合仿真 EDA 软件，在国内普遍使用。最新推出了 PSPICE9.1 版本。它可以进行各种各样的电路仿真、激励建立、温度与噪声分析、模拟控制、波形输出、数据输出、并在同一窗口内同时显示模拟与数字的仿真结果。无论对哪种器件哪些电路进行仿真，都可以得到精确的仿真结果，并可以自行建立元器件及元器件库。

(2)Multisim (EWB 的最新版本) 软件：是 Interactive Image Technologies 在 20 世纪末推出的电路仿真软件。其最新版本为 multiSIM7，目前普遍使用的是 multiSIM2001，相对于其它 EDA 软件，它具有更加形象直观的人机交互界面，特别是其仪器仪表库中的各仪器仪表与操作真实实验中的实际仪器仪表完全没有两样，但它对模数电路的混合仿真功能却毫不逊色，几乎能够 100% 地仿真出真实电路的结果，并且它在仪器仪表库中还提供了万用表、信号发生器、瓦特表、双踪示波器（对于 multiSIM7 还具有四踪示波器）、波特仪（相当实际中的扫频仪）、字信号发生器、逻辑分析仪、逻辑转换仪、失真度分析仪、频谱分析仪、网络分析仪和电压表及电流表等仪器仪表。还提供了我们日常常见的各种建模精确的元器件，比如电阻、电容、电感、三极管、二极

管、继电器、可控硅、数码管等等。模拟集成电路方面有各种运算放大器、其他常用集成电路。数字电路方面有 74 系列集成电路、4000 系列集成电路、等等还支持自制元器件。MultiSIM7 还具有 I-V 分析仪（相当于真实环境中的晶体管特性图示仪）和 Agilent 信号发生器、Agilent 万用表、Agilent 示波器和动态逻辑平笔等。同时它还能进行 VHDL 仿真和 Verilog HDL 仿真。Multisim 是 EDA 的知名软件，前身是 EWB 即电子工作平台 (Electronics Workbench) 该软件是加拿大 Interactive Image Technology (IIT) 公司于八十年代末、九十年代初推出的电子电路仿真的虚拟电子工作台软件。由初期的 EWB4.0，逐步升级到 EWB5.0、MultisimV6，随后 IIT 公司对 EWB 进行了较大的变动，2001 年推出系列化软件 Multisim2001 Ultiboard200 等，2003 年 8 月，升级为 Multisim7.0 Ultiboard7.0 现在，最新版本已升级为 Multisim10.0 Ultiboard10.0 Multisim 模块用于电子电路仿真设计，Ultiboard 模块用于 PCB 的设计。Multisim 与 SPICE 软件兼容，具有界面形象、操作方便、采用图形方式创建电路的特点。对元器件既提供了理想模型和实际模型，又可设置不同的故障。其所使用的测试仪器界面外形和操作方法与实际仪器很相似，该软件非常适合电子类课程的教学和实验^[5,6]

(3) MATLAB 产品族：它们的一大特性是有众多的面向具体应用的工具箱和仿真块，包含了完整的函数集用来对图像信号处理、控制系统设计、神经网络等特殊应用进行分析和设计。它具有数据采集、报告生成和 MATLAB 语言编程产生独立 C/C++ 代码等功能。MATLAB 产品族具有下列功能：数据分析；数值和符号计算、工程与科学绘图；控制系统设计；数字图像信号处理；财务工程；建模、仿真、原型开发；应用开发；图形用户界面设计等。MATLAB 产品族被广泛应用于信号与图像处理、控制系统设计、通讯系统仿真等诸多领域。开放式的结构使 MATLAB 产品族很容易针对特定的需求进行扩充，从而在不断深化对问题的认识同时，提高自身的竞争力。

3.3 Multisim10 软件的特点

(1) 采用直观的图形界面创建电路，操作方便。整个操作界面就像一个实验平台，创建电路图需要的元器件和电路仿真需要的测试仪器均可直接从电路窗口中选取。易学易用，经过一段时间，就可以很快熟悉它的操作。

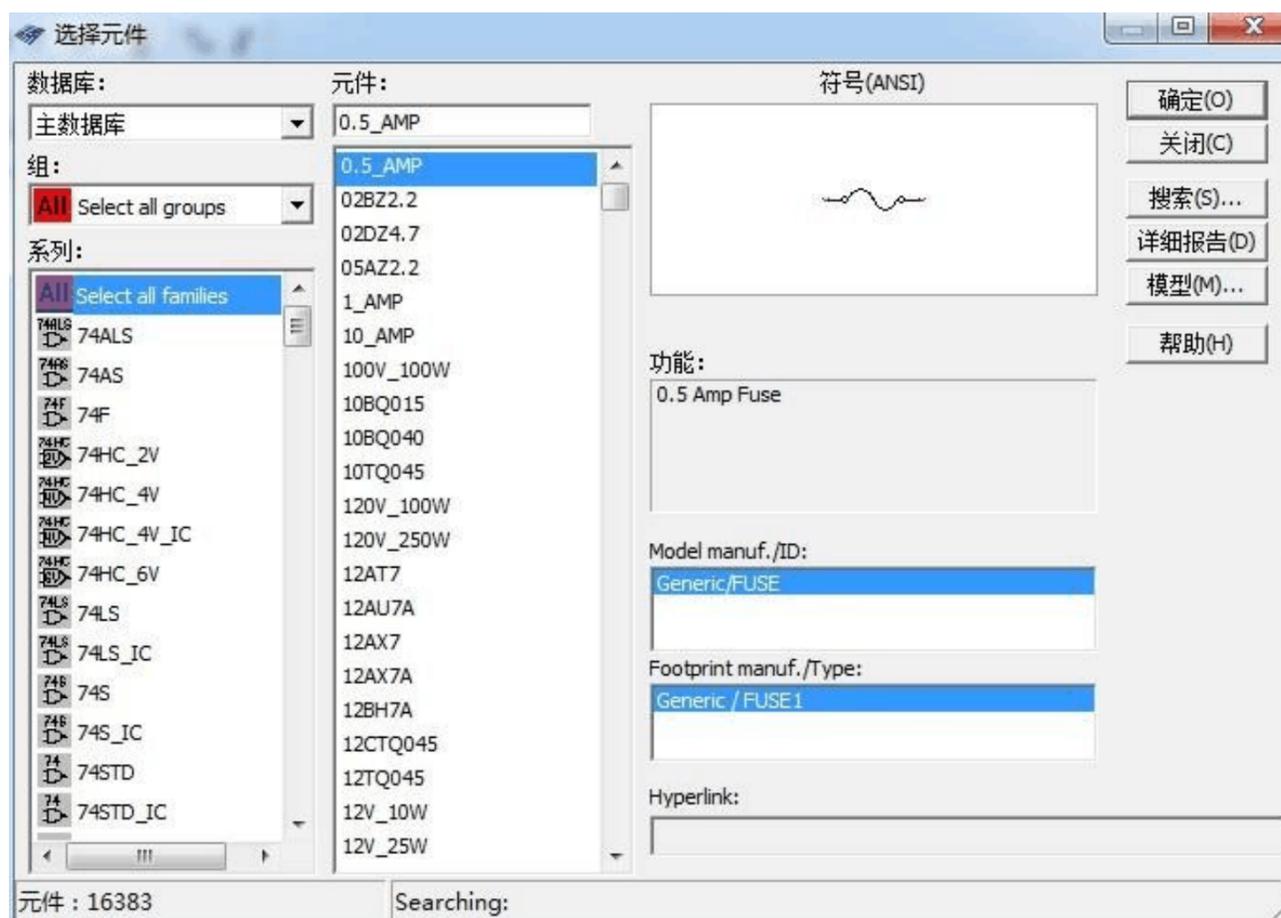


图 3-1 Multisim10 元器件库

(2) Multisim10软件提供的电路元器件库有 13000 多个元器件。虽然元器件库很大，但由于被分为不同的“系列”，所以可以很方便地找到所需要的元件。它含有所有的标准器件及当今最先进的数字集成电路。数据库中的每一个器件都有具体的符号、仿真模型和封装，用于电路图的建立、仿真和印刷电路板的制作。还有大量的交互元器件、指示元器件、虚拟元器件、额定元器件和三维立体元器件。交互元件可以在仿真过程中改变元器件的参数，避免为改变元器件参数而停止仿真，节省了时间，也使仿真的结果能直观反映元器件的参数变化；指示元件可以通过改变外观来表示电平的大小，给用户一个实时视觉反馈；虚拟元器件的数值可以任意改变，有利于说明某一概念或理论观点；额定元器件通过“熔断”来加强用户对所设计的参数超出标准的理解；3D 元器件的外观与实际元器件相似，有助于理解电路原理图和实际电路之间的关系。Multisim除了自带的主元器件库以外，用户还可以建立“公司元件库”，有助于一个团队的使用，简化仿真实验室的练习和工程设计。该软件与其它软件相比，提供更多方法向元器件库中添加个人建立的元器件模型[7,8]



图 3-2 multisim10 软件启动画面

(3) Multisim10软件提供了逻辑分析仪、安捷伦仪器、波特图仪、失真分析仪、频率计数器、函数信号发生器、数字万用表、网络分析仪、频谱分析仪、瓦特表和字信号发生器等 18 种虚拟仪器，这些仪器的功能不仅与实际仪器功能相同，而且控制面板外形和操作方式与实际仪器极为相似。Multisim 70 还提供了安捷伦数字万用表 34401A、函数信号发生器 33120A 和示波器 54622D 三个虚拟仪表，这三个仪表不仅与实际仪表具有相同的功能，而且具有完全相同的面板，能完成实际仪表的各种操作。通过上述虚拟仪器，可以免去昂贵的仪表费用，用户们可以毫无风险地接触所有仪器，掌握常用仪表的使用。

(4) 元器件放置迅速和连线简捷方便。在虚拟电子工作平台上建立电路的仿真，相对比较费时的步骤是放置元器件和连线，Multisim可以使学生几乎不需要指导就可以轻易地完成元器件的放置。元器件的连线也非常简单，只需要单击源引脚和目的引脚就可以完成元器件的连接。当元件移动和旋转时，Multisim7 仍可以保持它们的连接，连线可以任意拖动和微调。

(5) 具备模拟、数字及模拟/数字混合电路的仿真。在电路窗口中既可以对模拟、数字电路进行仿真还可以对模拟/数字混合电路进行仿真。Multisim7.0 还提供了 RF（射频）电路的仿真，提供专门用于射频电路仿真的元器件模型库和仪表，以此搭建射频电路并进行实验，提高了射频电路仿真的准确性。

(6) 兼容性好。Multisim作为电路设计工具，它可以同其它流行的电路分析、设计和制板软件交换数据。如 Protel SPICE 等。

(7) 强大的电路分析功能，可以实时显示测量结果。Multisim除了提供虚拟仪表外，为了更好地掌握电路的性能，还提供了直流工作点分析、交流分析、失真分析、噪声分

析、温度扫描分析、傅里叶分析、传输函数分析、用户自定义分析和最坏情况分析等 19 种分析，这些分析方法能满足电子电路的分析和设计要求，但在现实中有些分析功能是无法实现的。

(8) 强大的作图功能。提供了强大的作图功能，可以将仿真分析结果进行显示、调节、存储、打印和输出。使用作图器还可以对仿真结果进行测量、设置标记、重建坐标系以及添加网格。所有显示都可以被微软 Excel、Mathsoft Mathcad 以及 LABVIEW 等软件调用。

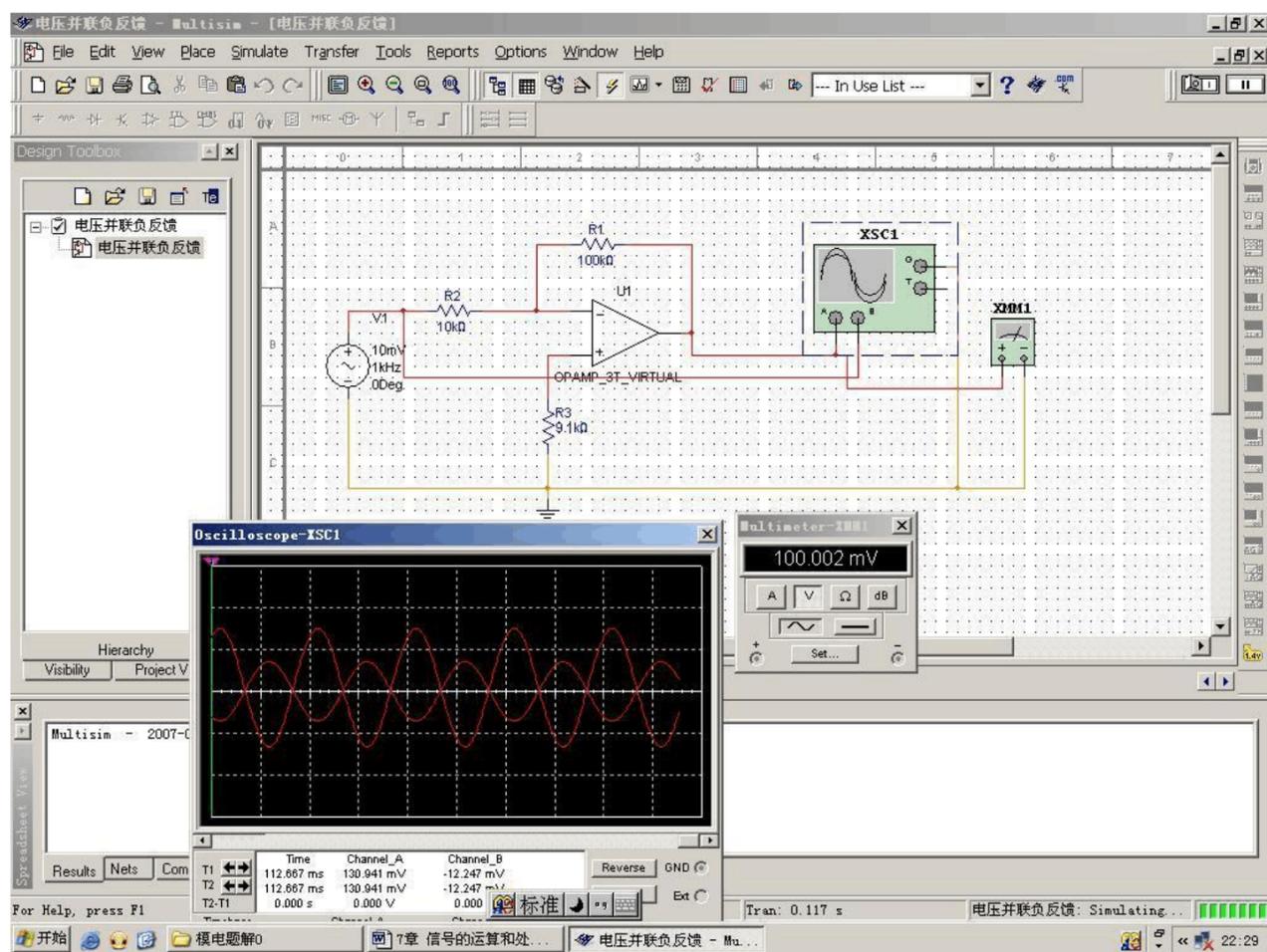


图 3-3 运用 multsim10 软件搭建电路图示例

(9) 后处理器、利用后处理器可以对仿真结果和波形进行传统的数学和工程运算。如算术运算、三角运算、代数运算、布尔代数运算、矢量运算和复杂的数学函数运算。

(10) HDL 仿真利用 HDL 模块（需要另外安装），还可以进行 HDL（Hardware Description Language, 硬件描述语言）仿真。在 MultiHDL 环境下，可以编写与 IEEE 标准兼容的 VHDL 或 Verilog HDL 程序，该软件环境具有完整的设计入口、高度自动化的项目管理、强大仿真功能、高级的波形显示和综合调试功能。

(11) Multisim 是一个优秀的电子技术训练工具，利用它提供的虚拟元器件、仪器可以用比实验室中更灵活的方式进行电路实验，仿真电路的实际运行情况，熟悉常用电子仪器测量方法。能解决传统电子实验过程中繁琐、费时，不便进行观测开路、短路、漏电和过载等问题，非常适合电子类课程的教学和实验。

(12) 开设了 EdaPARTS.com 网站，为用户提供了元器件模型的扩充和技术支持。

针对不同的用户需要，发行了增强专业版（Power Professional专业版(Professional)个人版(Personal)、教育版(Education) 学生版(Student)和演示 15 版(Demo)，各种版本的功能、价格有着明显的不同 [9]。

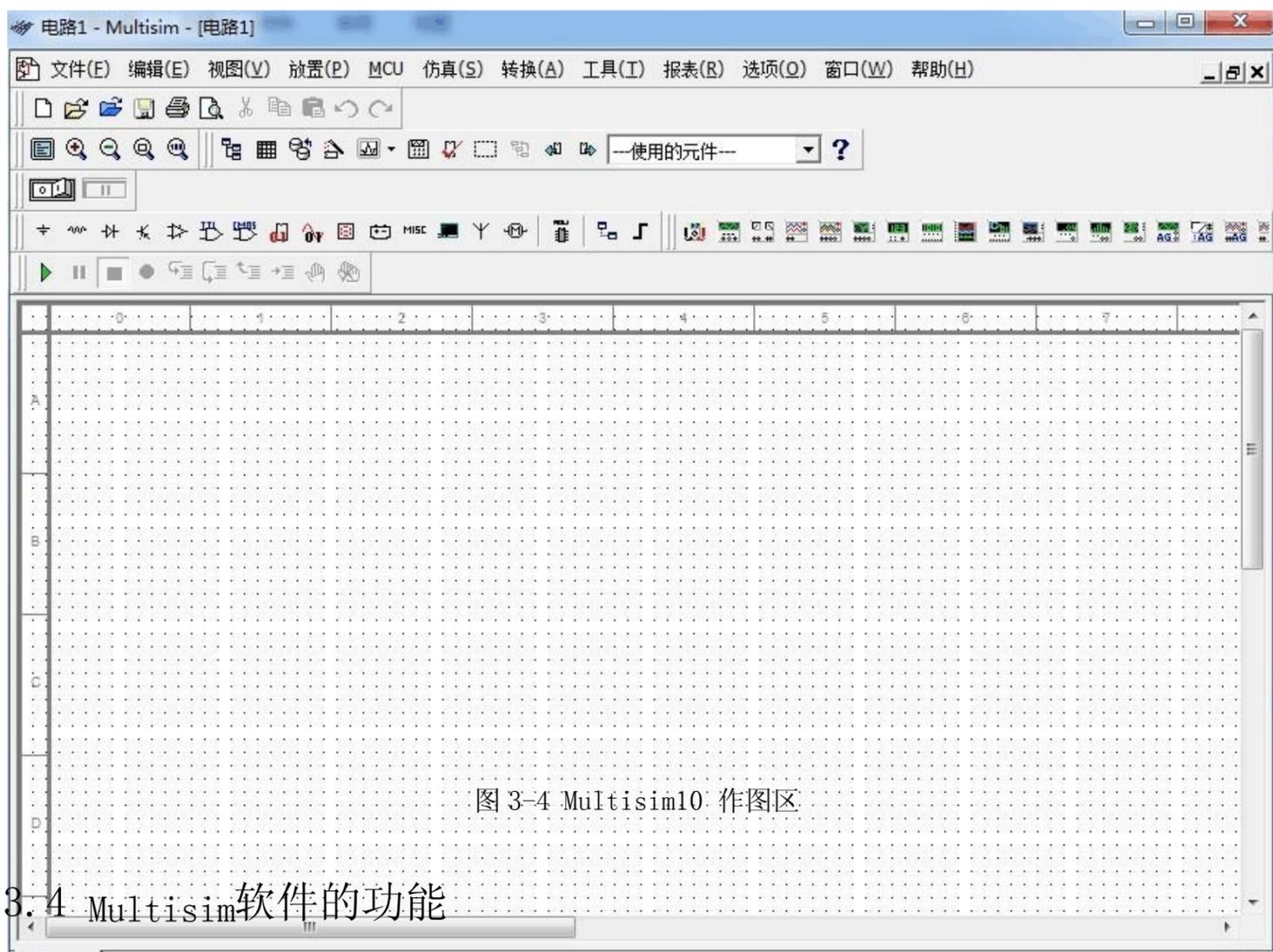


图 3-4 Multisim10: 作图区

3.4 Multisim软件的功能

Multisim软件的重要功能体现在电路分析方面，Multisim7.0 提供了 19 种仿真分析功能，使用者可根据仿真电路、仿真目的和要求选择。

(1) 直流工作点分析(DC Operating Point) 直流工作点分析就是求解电路仅受电路中直流电压源或电流源作用时，每个节点上的直流电压。直流工作点分析是其它性能分析的基础。进行直流工作点分析时，电路中的交流电源置零，电容开路，电感短路，数字器件视为高阻接地。

(2) 交流频率分析(AC Frequency)。交流频率分析就是对电路进行频率特性分析，进行交流频率分析时直流电源自动置零，输入信号被自动设定为正弦波形式。对某节点的分析，Multisim7.0 自动产生该节点电压放大倍数随频率变化的曲线(幅频特性曲线，结果与波特图仪仿真相同)和输出与输入电压的相位差随频率变化的曲线(相频特性曲线)。

(3) 瞬态分析(Transient Analysis)。瞬态分析是对选定节点进行时域响应分析，即观察节点在整个显示周期中每一时刻的电压波形，分析结果与示波器仿真相同。在进行瞬态分析时，直流电源保持常数，交流信号源幅值随时间而变，电路中的电容、电感都以储能模式出现。

(4) 参数扫描分析(Parameter Sweep)。参数扫描分析是检测电路中某个元件的参数，

在一定范围内变化时对电路直流工作点、瞬态特性、交流频率特性的影响,这种分析方法相当于该元器件每次取不同的值,进行多次仿真。在实际电路设计中,通过参数扫描分析,可以针对电路某一技术指标,对电路的某些参数、性能指标进行优选。

(5) 温度扫描分析(Temperature Sweep)。温度扫描分析主要用于研究不同温度条件下的电路特性。通常电路的仿真都是假设在 27℃下进行的,由于许多电子器件与温度有关,当温度变动时,电路的特性也会产生一些改变。Multisim中的温度扫描仅限于一些半导体器件和虚拟电阻。

(6) 噪声分析。噪声分析就是分析噪声对电路所产生的影响。由于电路中存在电容、电感和半导体器件,而在这些元器件中又存在寄生电容和杂散电容,电路导线之间也会产生电容等多种原因,导致了电路中产生噪音。Multisim10 软件有 19 种电路分析功能。

3.5 虚拟仪器在交通信号灯控制系统设计的应用分析

在Windows 环境下,Multisim10 软件有一个完整的集成化设计环境,它将原理图的创建、电路的测试分析、结果的图表显示等全部集成到同一个电路窗口中。Multisim 是一种EDA 的仿真工具,该软件采用图形方式创建电路,形象逼真,操作方便,非常适合电子信息专业课程的教学和仿真实验。目前已在电子设计和各大学的电工电子类课程的教学领域内取得了广泛的应用。本文就城市交通信号灯的电路设计,用Multisim 搭建一完善的、能自动定时、红黄绿三色交替显示的电路,并对其进行仿真验证。

利用Multisim 软件进行模拟仿真交通信号灯定时控制设计方法,同时,对系统的各个单元进行详细的分析与实现,并进行了系统的功能仿真。从设计的全过程来看,使用这种EWB 软件设计电路简单、直观,易于掌握,特别适合作为高等院校电子类课程的计算机辅助分析与设计的工具。

在搭建实际电路之前,采用Multisim10 仿真软件进行虚拟测试,可使实验方法和实验手段现代化,扩展实验容量,使实验内容更完备,提高了实验效率,节省大量的实验资源。

基于虚拟仪器技术的交通信号灯控制系统设计具有以下特点:

(1) 开发周期短。尽可能地将电路完成的任务以编程的方式解决并灌入可定义的芯片中,这无疑是现代电子的发展方向。

(2) 操作简单、维护方便,基本上由计算机控制整个过程,实验人员干预较少,同时由于硬件相对较少,主要工作由软件完成,因此维护方法比较简单,基本无维护费用。

(3) 具有丰富的数据处理手段,提供多种数据分析方法,能够事前分析,也可事后回放。

(4) 系统能够轻松扩展和移植,基于良好的程序框架流程设计,可以方便地增加或修改,将新的子程序嵌入到系统中来,也可以对程序不做较大的改动移植到其它实验完成相应实验任务^[10]。

4 电路设计分析

4.1 交通信号灯控制系统的技术指标

十字路口的交通信号灯是我们每天出行时都会遇到的，信号灯指挥着行人和各种车辆安全有序的通行。实现红、绿灯的自动控制是城市交通管理现代化的重要课题，合适的信号灯控制系统可以提高城市交通的效率。下面我们以该课题为例进行设计与仿真分析。

- (1) 主、支干道交替通行，主干道每次放行 30s，支干道每次放行 20s。
- (2) 绿灯亮表示可通行，红灯亮表示禁止通行。
- (3) 每次绿灯变红灯时，黄灯先亮 5s（此时另一干道上的红灯不变）。
- (4) 十字路口要有数字显示，作为等候时间提示。要求主、支干道通行时间及黄灯亮的时间均以秒为单位作减数器。
- (5) 在黄灯亮时，原红灯按 1Hz 的频率闪烁。
- (6) 要求主、支干道通行时间及黄灯亮的时间均可在 0~99s 内任意设定。

4.2 方案论证

根据设计任务和技术指标的要求，可画出该交通灯控制系统的组成框图，如图 4-1 所示。

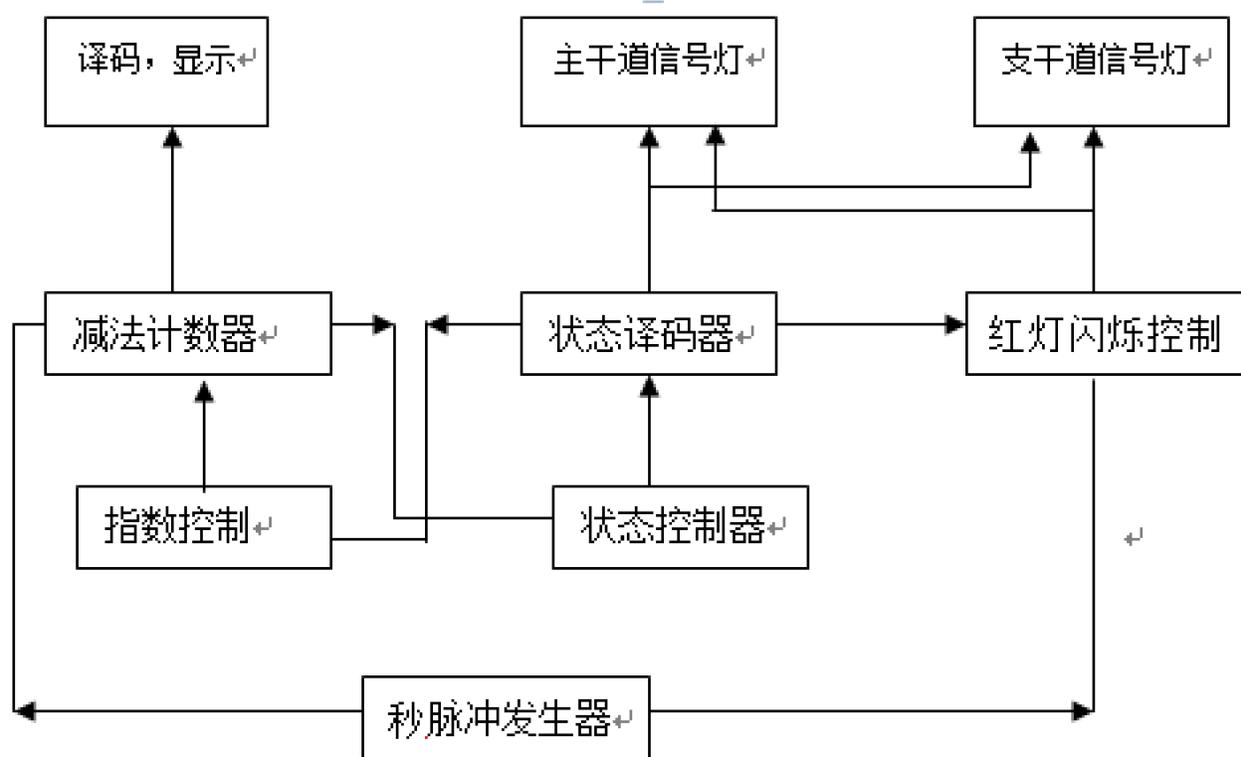


图 4-1 交通灯控制系统的组成框图

可以看出，交通信号灯控制系统主要由下列模块组成。

(1) 状态控制器，主要用于记录十字路口交通灯的工作状态，以实现为主、支干道车辆运行状态的控制。

(2) 状态译码器，按照状态控制器所处的状态，通过状态译码器分别驱动点亮相应的信号灯，指挥主、支干道的行人和车辆。

(3) 秒脉冲发生器，产生整个定时系统的时基脉冲，确保整个电路同步工作和实现定时控制。

(4) 减法计数器，通过减法计数器对秒脉冲作减计数，完成计时任务，达到控制每一种工作状态持续时间的目的。减法计数器的回零脉冲使状态控制器完成状态转换，同时状态译码器根据系统下一个工作状态，决定计数器下一次减法计数的初始值。

减法计数器的状态由译码器译码、数码管显示。在黄灯亮其间，状态译码器将秒脉冲引入红灯控制电路，以达到使红灯闪烁的目的。

4.3 方案实现

4.3.1 状态控制器的设计

首先分析十字路口交通信号灯工作的实际各种可能状态。根据设计要求，因主干道和支干道各有 3 种灯（红、绿、黄），它们在正常工作时，亮灯的组合只有 4 种可能。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/255104320302012010>