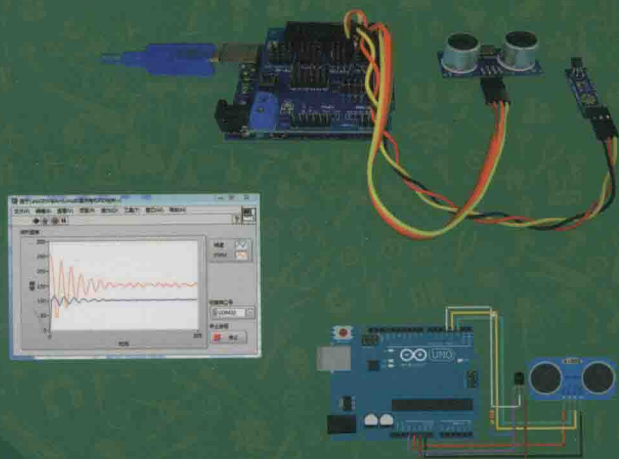




创客教育丛书



Arduino探究实验

沈金鑫 顾晓春 蒋 帆 编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

创客教育丛书

Arduino 探究实验

主 编 李梦军

委 员 (以拼音为序)

沈金鑫 顾晓春 蒋 帆 编著

管雪涵

龙 华

舒 浩

谢作如

曹方华

张恩斌

祝良波

编委委员

曹 琳 蒋 莉 李 强 顾 金 杰

陈 强 李 强 王 强 顾 金 杰

计 划 编 出 林 政 出 学 大 王 强 空 强 京 北

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书主要讲述 Arduino 在中学数字化实验中的运用与实践。首先介绍了数字化探究和 Arduino 的基础知识;然后讲解了温度、电量、力与质量、运动的测量与实验,并通过基础案例和拓展项目深入地讲解了传感器的使用;最后讲解了生化类的实验案例。

本书适合大中专院校的理工类、电子类、通信类、计算机类专业学生阅读,还适合中小学信息技术类、创客教育类的教师作为参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

Arduino 探究实验 / 沈金鑫, 顾晓春, 蒋帆编著. --

北京: 北京航空航天大学出版社, 2017.7

ISBN 978-7-5124-2473-9

I. ①A… II. ①沈… ②顾… ③蒋… III. ①单片微型计算机—程序设计 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 162296 号

版权所有,侵权必究。

Arduino 探究实验

沈金鑫 顾晓春 蒋帆 编著

责任编辑 王慕冰 潘晓丽

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱: emsbook@buaacm.com.cn 邮购电话:(010)82316936

北京市同江印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:710×1 000 1/16 印张:11 字数:234 千字

2017 年 9 月第 1 版 2017 年 9 月第 1 次印刷 印数:2 000 册

ISBN 978-7-5124-2473-9 定价:29.00 元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

《创客教育》编委会

主 编 李梦军

委 员(以拼音为序)

陈 小 桥 程 晨 冯 佳 傅 骞

管雪汎 金从军 李大维 梁森山

龙 华 龙丽嫦 沈金鑫 王建军

翁 恺 吴俊杰 向 金 肖文鹏

谢作如 许惠美(中国台湾) 叶 琛

于方军 余 翀 曾吉弘(中国台湾)

张恩嫡 张建军 邛 威 周茂华

祝良友

国内首个创客空间——新车间,2010年在上海出现。2013年“创客教育”一词最早出现在学术和媒体上,是北京景山学校吴俊杰老师发表在《中小学信息技术教育》当年04期题为《创客教育——开创教育新路》的一篇文章。而说到国内创客教育的缘起和发展,就不得不提“猫友汇”。Scratch是一款由美国麻省理工学院媒体实验室

(MIT Media Lab)推出的被誉为最适合青少年儿童实现创意的图形化编程工具。由于它的头像是一只可爱的小猫咪,最初这些关注 Scratch 教学的国内爱好者们汇聚在一起,自称“猫友”。Scratch 1.4 版开始支持传感器板和乐高 Wedo 等外部硬件,因为价格的原因,猫友们多选择开源低廉的传感器板。2012 年年底,我跟常州一位创客合作自制了名为“教育创客”的 Scratch 传感器板。之所以给它起名为“教育创客”,是觉得自己是做了一些创客事情的教育工作者。很快,在 2013 年年初,我又升级了这款硬件,同时将其更名为“创客教育”。现在回想起来,应该是那时跟老师们一起意识到了创客教育是一种教育,就像创客文化是一种文化。

2013 年 8 月我和猫友们参加在温州举办的第一届中小学 STEAM 教育创新论坛(现已更名为“全国中小学 STEAM 教育大会”)。首届论坛以“Scratch 教学流派和创新应用”为主题,实际上其中近一半的邀请嘉宾和话题都是创客和关于创客教育的,我也获邀在技术沙龙环节分享。我们关注新兴技术的应用,如编程工具、开源硬件和 3D 打印技术等,当我们发现 Scratch 也支持被誉为“创客利器”的 Arduino 硬件时,交流和学习的需求使得越来越多的猫友走近了创客。我们也关注与 STEM 教育的结合,如通过创客教育推动跨学科知识融合的 STEM 教育或构建面向 STEM 教育的创客教育模式。2014 年 10 月在上海创客嘉年华的舞台上,我和谢作如、吴俊杰、管雪沅四人探讨过“创客文化和 STEM 课程建设”。创客教育源于教育者走近创客。

当然,创客式分享和创客对孩子的关注也促使了“创客教育”一词的诞生。新车间最初的联合发起人李大维为了方便他正在读小学的女儿能够学习 Arduino 硬件,找到了正在上海大学计算机工程与科学学院读研究生的何琪辰,于是后来就有了 ArduBlock。ArduBlock 是一款优秀的 Arduino 图形化开发平台,非常适合中小

学生。后来我们尝试着给创客教育下了一个定义,我们认为,创客教育是创客文化与教育的结合,基于学生兴趣,以项目学习的方式,使用数字化工具,倡导造物,鼓励分享,培养跨学科解决问题能力、团队协作能力和创新能力的一种素质教育。

终于,2015 年 9 月 3 日教育部办公厅在关于“十三五”期间全面深入推进教育信息化工作的指导意见(征求意见稿)中首提创客教育:有效利用信息技术推进“众创空间”建设,探索 STEAM 教育、创客教育等新教育模式。接着 2016 年年初教育部正式印发《教育信息化“十三五”规划》的通知,指出有条件的地区要积极探索信息技术在“众创空间”、跨学科学习(STEAM 教育)、创客教育等新的教育模式中的应用。2016 年 7 月 15 日教育部在“关于新形势下进一步做好普通中小学装备工作的意见”

中强调:支持探索建设综合实验室、特色实验室、学科功能教室、教育创客空间等教育环境。获得政策支持的教育创客开始在全国各地如火如荼地开展起来。实施中的教育创客教育可以将信息技术课、科学课、综合实践课、通用技术课等视为课堂,也可以跨学科融合,将语文、数学、物理、化学、美术等作为阵地。2017年,也就是今年的上半年,各地又纷纷出台了关于校园创客空间的建设指南或指导意见。2017年3月山东省教育厅发布了“关于印发山东省学校创客空间建设指导意见的通知”,紧接着5月河南省教育厅宣布:为推进河南省中小学创客教育,将确定100所具有一定规模的教育创客试点校。

教育创客到底是“创”还是“造”,学校如何根据自身的办学基础、学校文化、课程资源、学生需求等情况制定学校总体课程规划方案,学校到底要开设多少课程,开设哪些教育创客课程,开设的课程是否系统,原有的校本课程如何引入,学科课程如何融入教育创客教育等问题,在落实了时间(课堂)和空间(校园教育创客空间)之后,内容(课程)的重要性在教育创客教育的后续实施中则显得尤为迫切和关键。

丛书编委会

2017年8月8日

前言

Arduino 是一个开源硬件开发制作平台,不仅提供开源的硬件和软件,还拥有一批开源网络社区,例如极客工坊(www.geek-workshop.com)和 Arduino 中文社区(www.arduino.cn),这使得很多设计类、艺术类、生化类专业学生,甚至中小學生都可以使用传感器、电机驱动、显示等一些模块来实现自己的想法,分享自己的作品和代码。

中学数字化实验系统主要由传感器、数据采集器和采集分析软件组成。传统的数字化实验室都是采用厂家的成套设备,学生只是连接硬件和操作软件,并不能认识和理解数字化实验的工作原理。相比之下,本书采用 Arduino 作为数据采集器,选择通用的传感器,上位机选择 LabVIEW 软件,以实现数字化实验测量系统的搭建,让学生学会利用已有的传感器和 Arduino 控制器来搭建所需的测量系统。

本书以传感器为主线,通过介绍传感器、Arduino 控制器的硬件连接与软件编写,辅以 LabVIEW 上位机软件,搭建出一系列不同功能的实验系统。

2014 年,国内创客教育尚未兴起之时,在与常州开放大学李梦军老师、广州执信中学梁志成老师交流之后,受到李老师的邀请写一本 Arduino 与中学实验方面的实战类型的书,由于不熟悉中学实验课程与教学等种种原因,一直未能成书。2014 年年底至 2015 年年初与冯倩老师合作,在《无线电》杂志连载了 4 期《用 Arduino 玩转传感器》的文章,从而形成本书的部分内容。

2016 年,在与南京一中的物理老师顾晓春相识之后,便开始在南京一中开设相关的社团课程,在顾晓春老师的指导下设计相关的课程实验,并带领学生使用 Arduino 来设计实验。在两个学期的教学实践过程中,逐渐形成了本书。

本书主要讲述 Arduino 在中学数字化实验中的运用与实践。首先介绍了数字化探究和 Arduino 的基础知识;之后讲解了温度、电量、力与质量、运动的测量与实验,并通过基础案例和拓展项目深入地讲解了传感器的使用;最后给出了生化类的实验案例。其中,温度测量涉及热敏电阻、LM35 半导体传感器、DS18B20 数字传感器、热电偶传感器;电量测量涉及直流电的电压、电流测量,交流电的电压、电流和频率的测量;力的测量涉及应变式称重传感器;运动测量涉及超声波传感器、红外传感器、电机

编码器;生化类实验涉及心率和颗粒物浓度传感器。

全书由沈金鑫、南京市第一中学的顾晓春、国家知识产权局专利局专利审查协作江苏中心的蒋帆和冯倩共同编写,由沈金鑫统稿。第1章由顾晓春编写,第2章由蒋帆编写,第3~7章由沈金鑫和冯倩共同编写。

本书在编写和出版的过程中,无锡市育红小学的钱耀刚老师提供了全套的中学物理、化学、生物的苏教版教材,除此之外,还得到了很多朋友和老师的帮助,在此一并表示衷心的感谢!

由于作者水平有限,加之时间仓促,书中错误在所难免,敬请广大读者不吝指正。

沈金鑫

2017年6月于江宁小龙湾

目 录

第 1 章 数字化探究实验介绍	1
1.1 数字化探究实验的概念及特点	1
1.1.1 可视化的实验过程	1
1.1.2 重点化的实验设计	1
1.1.3 智能化的数据采集	2
1.1.4 智能化的数据处理	3
1.2 数字化探究实验的基本组成	3
1.2.1 传感器	3
1.2.2 数据采集器	7
1.2.3 数据采集与处理软件	8
第 2 章 Arduino 基础	11
2.1 Arduino 是什么	11
2.1.1 Arduino 控制器系列	12
2.1.2 Arduino Uno 控制器	15
2.2 搭建 Arduino 开发平台	18
2.2.1 软件与安装驱动	18
2.2.2 Arduino IDE 的使用	22
2.2.3 第一个项目——Blink	23
2.2.4 Arduino 程序框架	26
2.3 数字量输入/输出	27
2.3.1 数字量 I/O 的函数库	27
2.3.2 实验: 百变流水灯	28
2.3.3 实验: “听话”的灯	30
2.4 模拟量输入/输出	31
2.4.1 模拟量 I/O 的函数库	31
2.4.2 实验: 会呼吸的灯	33
2.4.3 实验: 调光 LED 灯	34
2.5 串行通信	35

2.5.1	串口函数库	35
2.5.2	实验:回音壁	38
2.5.3	实验:串口电压表	39
2.6	时间函数	40
2.6.1	时间函数库	40
2.6.2	实验:查看系统已运行的时间	40
第3章	温度的测量与实验	42
3.1	热敏电阻测量温度	42
3.1.1	热敏电阻介绍	42
3.1.2	硬件连接	43
3.1.3	软件编写	43
3.1.4	代码解读	44
3.1.5	进阶阅读	44
3.2	LM35 测量温度	45
3.2.1	LM35 介绍	45
3.2.2	硬件连接	45
3.2.3	软件编写	46
3.2.4	代码解读	46
3.2.5	实验与演示	47
3.3	DS18B20 多路温度测量	48
3.3.1	DS18B20 介绍	48
3.3.2	硬件连接	49
3.3.3	软件编写	50
3.3.4	代码解读	54
3.3.5	实验与演示	54
3.3.6	进阶阅读	55
3.4	热电偶高温测量	56
3.4.1	热电偶介绍	56
3.4.2	硬件连接	58
3.4.3	软件编写	58
3.4.4	代码解读	59
3.4.5	实验与演示	59
3.4.6	进阶阅读	60
3.5	拓展项目:基于 ZigBee 与 Arduino 的无线温度测量装置	60
3.5.1	IDE 的设置	61
3.5.2	温度测量部分	62

3.5.3	时钟和显示部分	63
3.5.4	时钟校准部分	65
3.5.5	实验演示	66
3.6	本章小结	67
第4章	电量的测量与实验	69
4.1	直流电测量	69
4.1.1	直流电压测量	69
4.1.2	直流电流测量	70
4.2	交流电测量	74
4.2.1	交流电压测量	74
4.2.2	交流电流测量	76
4.2.3	交流电频率测量	78
第5章	力与质量的测量与实验	82
5.1	称重原理与信号采集	83
5.1.1	应变式称重传感器介绍	83
5.1.2	利用 HX711 与 Arduino 实现力的测量	86
5.1.3	液晶显示功能	92
5.2	采集高速信号	94
5.2.1	USB-6009 采集卡	95
5.2.2	硬件连接	96
5.2.3	软件编写	96
5.2.4	进阶阅读(传感器标定与校准)	100
第6章	运动的测量与实验	102
6.1	测量距离	102
6.1.1	超声波测距	102
6.1.2	具有温度补偿的超声波测距仪	107
6.1.3	红外线测距	110
6.2	转速测量及其实现	114
6.2.1	测量转速的方法	114
6.2.2	精确定时的实现	115
6.2.3	转速测量程序设计	117
6.2.4	验证频率测量的准确性	118
6.3	拓展项目:基于 Arduino 与 LabVIEW 的直流电机转速控制系统	120
6.3.1	搭建测量转速的平台	121
6.3.2	转速的比例控制	124
6.3.3	比例参数的整定及采样时间设置	130

第 7 章 生化环境类实验	135
7.1 心率测量	135
7.1.1 心率基本知识介绍	135
7.1.2 基于 USB-6009 的数据采集器	138
7.1.3 基于 Arduino 控制器的数据采集器	146
7.1.4 总 结	154
7.2 简易空气检测装置	154
7.2.1 传感器介绍	155
7.2.2 硬件连接	156
7.2.3 软件编程	157
7.2.4 实验与演示	158
参考文献	160

1.1 绪论	1
1.2 实验目的	2
1.3 实验原理	3
1.4 实验器材	4
1.5 实验步骤	5
1.6 实验结果	6
1.7 实验总结	7
2.1 实验目的	8
2.2 实验原理	9
2.3 实验器材	10
2.4 实验步骤	11
2.5 实验结果	12
2.6 实验总结	13
3.1 实验目的	14
3.2 实验原理	15
3.3 实验器材	16
3.4 实验步骤	17
3.5 实验结果	18
3.6 实验总结	19
4.1 实验目的	20
4.2 实验原理	21
4.3 实验器材	22
4.4 实验步骤	23
4.5 实验结果	24
4.6 实验总结	25
5.1 实验目的	26
5.2 实验原理	27
5.3 实验器材	28
5.4 实验步骤	29
5.5 实验结果	30
5.6 实验总结	31
6.1 实验目的	32
6.2 实验原理	33
6.3 实验器材	34
6.4 实验步骤	35
6.5 实验结果	36
6.6 实验总结	37
7.1 实验目的	38
7.2 实验原理	39
7.3 实验器材	40
7.4 实验步骤	41
7.5 实验结果	42
7.6 实验总结	43
8.1 实验目的	44
8.2 实验原理	45
8.3 实验器材	46
8.4 实验步骤	47
8.5 实验结果	48
8.6 实验总结	49
9.1 实验目的	50
9.2 实验原理	51
9.3 实验器材	52
9.4 实验步骤	53
9.5 实验结果	54
9.6 实验总结	55
10.1 实验目的	56
10.2 实验原理	57
10.3 实验器材	58
10.4 实验步骤	59
10.5 实验结果	60
10.6 实验总结	61
11.1 实验目的	62
11.2 实验原理	63
11.3 实验器材	64
11.4 实验步骤	65
11.5 实验结果	66
11.6 实验总结	67
12.1 实验目的	68
12.2 实验原理	69
12.3 实验器材	70
12.4 实验步骤	71
12.5 实验结果	72
12.6 实验总结	73
13.1 实验目的	74
13.2 实验原理	75
13.3 实验器材	76
13.4 实验步骤	77
13.5 实验结果	78
13.6 实验总结	79
14.1 实验目的	80
14.2 实验原理	81
14.3 实验器材	82
14.4 实验步骤	83
14.5 实验结果	84
14.6 实验总结	85
15.1 实验目的	86
15.2 实验原理	87
15.3 实验器材	88
15.4 实验步骤	89
15.5 实验结果	90
15.6 实验总结	91
16.1 实验目的	92
16.2 实验原理	93
16.3 实验器材	94
16.4 实验步骤	95
16.5 实验结果	96
16.6 实验总结	97
17.1 实验目的	98
17.2 实验原理	99
17.3 实验器材	100
17.4 实验步骤	101
17.5 实验结果	102
17.6 实验总结	103
18.1 实验目的	104
18.2 实验原理	105
18.3 实验器材	106
18.4 实验步骤	107
18.5 实验结果	108
18.6 实验总结	109
19.1 实验目的	110
19.2 实验原理	111
19.3 实验器材	112
19.4 实验步骤	113
19.5 实验结果	114
19.6 实验总结	115
20.1 实验目的	116
20.2 实验原理	117
20.3 实验器材	118
20.4 实验步骤	119
20.5 实验结果	120
20.6 实验总结	121
21.1 实验目的	122
21.2 实验原理	123
21.3 实验器材	124
21.4 实验步骤	125
21.5 实验结果	126
21.6 实验总结	127
22.1 实验目的	128
22.2 实验原理	129
22.3 实验器材	130
22.4 实验步骤	131
22.5 实验结果	132
22.6 实验总结	133
23.1 实验目的	134
23.2 实验原理	135
23.3 实验器材	136
23.4 实验步骤	137
23.5 实验结果	138
23.6 实验总结	139
24.1 实验目的	140
24.2 实验原理	141
24.3 实验器材	142
24.4 实验步骤	143
24.5 实验结果	144
24.6 实验总结	145
25.1 实验目的	146
25.2 实验原理	147
25.3 实验器材	148
25.4 实验步骤	149
25.5 实验结果	150
25.6 实验总结	151
26.1 实验目的	152
26.2 实验原理	153
26.3 实验器材	154
26.4 实验步骤	155
26.5 实验结果	156
26.6 实验总结	157
27.1 实验目的	158
27.2 实验原理	159
27.3 实验器材	160
27.4 实验步骤	161
27.5 实验结果	162
27.6 实验总结	163
28.1 实验目的	164
28.2 实验原理	165
28.3 实验器材	166
28.4 实验步骤	167
28.5 实验结果	168
28.6 实验总结	169
29.1 实验目的	170
29.2 实验原理	171
29.3 实验器材	172
29.4 实验步骤	173
29.5 实验结果	174
29.6 实验总结	175
30.1 实验目的	176
30.2 实验原理	177
30.3 实验器材	178
30.4 实验步骤	179
30.5 实验结果	180
30.6 实验总结	181
31.1 实验目的	182
31.2 实验原理	183
31.3 实验器材	184
31.4 实验步骤	185
31.5 实验结果	186
31.6 实验总结	187
32.1 实验目的	188
32.2 实验原理	189
32.3 实验器材	190
32.4 实验步骤	191
32.5 实验结果	192
32.6 实验总结	193
33.1 实验目的	194
33.2 实验原理	195
33.3 实验器材	196
33.4 实验步骤	197
33.5 实验结果	198
33.6 实验总结	199
34.1 实验目的	200
34.2 实验原理	201
34.3 实验器材	202
34.4 实验步骤	203
34.5 实验结果	204
34.6 实验总结	205
35.1 实验目的	206
35.2 实验原理	207
35.3 实验器材	208
35.4 实验步骤	209
35.5 实验结果	210
35.6 实验总结	211
36.1 实验目的	212
36.2 实验原理	213
36.3 实验器材	214
36.4 实验步骤	215
36.5 实验结果	216
36.6 实验总结	217
37.1 实验目的	218
37.2 实验原理	219
37.3 实验器材	220
37.4 实验步骤	221
37.5 实验结果	222
37.6 实验总结	223
38.1 实验目的	224
38.2 实验原理	225
38.3 实验器材	226
38.4 实验步骤	227
38.5 实验结果	228
38.6 实验总结	229
39.1 实验目的	230
39.2 实验原理	231
39.3 实验器材	232
39.4 实验步骤	233
39.5 实验结果	234
39.6 实验总结	235
40.1 实验目的	236
40.2 实验原理	237
40.3 实验器材	238
40.4 实验步骤	239
40.5 实验结果	240
40.6 实验总结	241
41.1 实验目的	242
41.2 实验原理	243
41.3 实验器材	244
41.4 实验步骤	245
41.5 实验结果	246
41.6 实验总结	247
42.1 实验目的	248
42.2 实验原理	249
42.3 实验器材	250
42.4 实验步骤	251
42.5 实验结果	252
42.6 实验总结	253
43.1 实验目的	254
43.2 实验原理	255
43.3 实验器材	256
43.4 实验步骤	257
43.5 实验结果	258
43.6 实验总结	259
44.1 实验目的	260
44.2 实验原理	261
44.3 实验器材	262
44.4 实验步骤	263
44.5 实验结果	264
44.6 实验总结	265
45.1 实验目的	266
45.2 实验原理	267
45.3 实验器材	268
45.4 实验步骤	269
45.5 实验结果	270
45.6 实验总结	271
46.1 实验目的	272
46.2 实验原理	273
46.3 实验器材	274
46.4 实验步骤	275
46.5 实验结果	276
46.6 实验总结	277
47.1 实验目的	278
47.2 实验原理	279
47.3 实验器材	280
47.4 实验步骤	281
47.5 实验结果	282
47.6 实验总结	283
48.1 实验目的	284
48.2 实验原理	285
48.3 实验器材	286
48.4 实验步骤	287
48.5 实验结果	288
48.6 实验总结	289
49.1 实验目的	290
49.2 实验原理	291
49.3 实验器材	292
49.4 实验步骤	293
49.5 实验结果	294
49.6 实验总结	295
50.1 实验目的	296
50.2 实验原理	297
50.3 实验器材	298
50.4 实验步骤	299
50.5 实验结果	300
50.6 实验总结	301
51.1 实验目的	302
51.2 实验原理	303
51.3 实验器材	304
51.4 实验步骤	305
51.5 实验结果	306
51.6 实验总结	307
52.1 实验目的	308
52.2 实验原理	309
52.3 实验器材	310
52.4 实验步骤	311
52.5 实验结果	312
52.6 实验总结	313
53.1 实验目的	314
53.2 实验原理	315
53.3 实验器材	316
53.4 实验步骤	317
53.5 实验结果	318
53.6 实验总结	319
54.1 实验目的	320
54.2 实验原理	321
54.3 实验器材	322
54.4 实验步骤	323
54.5 实验结果	324
54.6 实验总结	325
55.1 实验目的	326
55.2 实验原理	327
55.3 实验器材	328
55.4 实验步骤	329
55.5 实验结果	330
55.6 实验总结	331
56.1 实验目的	332
56.2 实验原理	333
56.3 实验器材	334
56.4 实验步骤	335
56.5 实验结果	336
56.6 实验总结	337
57.1 实验目的	338
57.2 实验原理	339
57.3 实验器材	340
57.4 实验步骤	341
57.5 实验结果	342
57.6 实验总结	343
58.1 实验目的	344
58.2 实验原理	345
58.3 实验器材	346
58.4 实验步骤	347
58.5 实验结果	348
58.6 实验总结	349
59.1 实验目的	350
59.2 实验原理	351
59.3 实验器材	352
59.4 实验步骤	353
59.5 实验结果	354
59.6 实验总结	355
60.1 实验目的	356
60.2 实验原理	357
60.3 实验器材	358
60.4 实验步骤	359
60.5 实验结果	360
60.6 实验总结	361
61.1 实验目的	362
61.2 实验原理	363
61.3 实验器材	364
61.4 实验步骤	365
61.5 实验结果	366
61.6 实验总结	367
62.1 实验目的	368
62.2 实验原理	369
62.3 实验器材	370
62.4 实验步骤	371
62.5 实验结果	372
62.6 实验总结	373
63.1 实验目的	374
63.2 实验原理	375
63.3 实验器材	376
63.4 实验步骤	377
63.5 实验结果	378
63.6 实验总结	379
64.1 实验目的	380
64.2 实验原理	381
64.3 实验器材	382
64.4 实验步骤	383
64.5 实验结果	384
64.6 实验总结	385
65.1 实验目的	386
65.2 实验原理	387
65.3 实验器材	388
65.4 实验步骤	389
65.5 实验结果	390
65.6 实验总结	391
66.1 实验目的	392
66.2 实验原理	393
66.3 实验器材	394
66.4 实验步骤	395
66.5 实验结果	396
66.6 实验总结	397
67.1 实验目的	398
67.2 实验原理	399
67.3 实验器材	400
67.4 实验步骤	401
67.5 实验结果	402
67.6 实验总结	403
68.1 实验目的	404
68.2 实验原理	405
68.3 实验器材	406
68.4 实验步骤	407
68.5 实验结果	408
68.6 实验总结	409
69.1 实验目的	410
69.2 实验原理	411
69.3 实验器材	412
69.4 实验步骤	413
69.5 实验结果	414
69.6 实验总结	415
70.1 实验目的	416

第1章

数字化探究实验介绍

1.1 数字化探究实验的概念及特点

数字化探究实验的设备一般由传感器、数据采集器、计算机及相关数据处理软件等构成的测量、采集、处理设备和与之配套的相应的实验仪器装备组成。数字化探究实验是信息技术与传统实验课程整合的重要载体。

数字化探究实验具有以下特点：

1.1.1 可视化的实验过程

实验过程可视化包括实验过程空间可视性和实验过程时间可视性。它是学生学习物理过程分析，建立物理概念，理解物理规律的认知基础，也是学会处理物理问题的关键所在。

例如，在物理实验中，空间上的细微过程人眼难以观察，一般可以借助于显微镜实现细致的观察。时间上的细微过程难以捕捉，难以记录，是物理实验的一个难点，瞬间变化的可视化尤其是难点。比如弹簧振子简谐运动中力与时间 $F-t$ 、 $x-t$ 的关系，电容充、放电电流与时间 $i-t$ 的关系，碰撞过程研究等，这类实验以往一般只能定性讲述，或者用多媒体软件进行模拟演示。

怎样突破这个难点呢？传统的实验仪器由于人眼观察、手工记录的断续性，确实难以解决这个问题。数字化实验通过与计算机连接的传感器实时采集、记录数据，实现了时间上细微过程的实验过程数据自动记录，即用传感器和计算机代替人眼、手、纸和笔记录数据，从而实现了数据记录的时间连续性，使得瞬间的变化得以捕获。

1.1.2 重点化的实验设计

数字化实验用传感器和数据采集器代替人眼读取数据，用计算机软件取代纸笔方式手工记录数据，用计算机软件代替人脑对数据进行简单统计、处理和分析，使学生摆脱了繁琐的计算过程，能够把测量数据的变化过程通过“待测物理量——时间”图像直接显示出来，直观地看出物理量之间的变化关系，使学生摆脱了手工作图的繁琐和作图不准确而造成的实验错误，从而让学生能够将更多的时间、精力用于实验设

计,用于探究和分析,用于验证和修改假设,从而有利于更好地理解概念,掌握规律。

1.1.3 智能化的数据采集

智能化数据采集的基础是计算机信息技术的应用。

1. 自动化数据采集

数字化探究实验系统设置有连续采样、单点采样、阈值触发采样等多种采集模式,通过软件可以设置采集器的各种参数,实现数据采集的自动化。功能强大的数据采集器可以自动把整个实验过程中物理量的变化以高采样率完整地记录下来,存储在数据文件中。由于数据采集器提供了反馈输出,因而可以附加一些器材,通过回控使得整个实验的操作过程也实现自动化。

本系统连续采样频率可以按照实验要求设置。最高采集频率可达 $5\,000 \sim 10\,000\text{ Hz}$,采集的速度高至每秒一万个数据,低至几分钟甚至几小时一个数据,因而可以满足各种不同类型实验的需要。

2. 实时化数据采集

由于采用计算机自动控制,因而该系统能够在很短的时间内采集和处理大量的数据,并利用计算机强大的数据处理和作图功能,将数据反映成图像,使实验结果更加直观。由于数字化实验数据采集、传输、存储、处理及显示迅速,从而实现了数据变化过程与实验过程的同步,实现了数据的实时采集和实时处理。

3. 并行化数据采集

数据采集器能同时接入 4 个相同或 4 个不同的传感器,同时采集多个相同或不同种类的物理量,实现数据的同步并行采集。在弹簧振子的振动实验中,在常规讲授法教学中,学生对物理规律感觉比较抽象,理解起来十分困难,很难同时观察到回复力、加速度、速度和位移 4 个物理量在运动过程中的大小和方向。应用数字化系统的并行采集功能,在实验中分别利用力传感器和位移传感器并行实时采集数据,直观显示 $F-t$ 、 $x-t$ 的动态图像,有利于学生建立起简谐运动完整的物理图景,帮助学生获得直接经验,直接感知物理规律,取得其他教学手段难以收到的效果。

4. 定量化数据采集

定量研究是科学的特征。一些传统实验受到实验条件、实验技术的限制,难以量化。数字化实验直接使许多物理定性实验升级成定量实验。

利用传感器测量的各种物理量都要经过采集器进行处理后才能变为计算机能够存储和处理的数据。从数据的测量到采集再到处理,都是在系统内部完成的,这避免了传统实验仪器由于估读时人为引进的各种测量误差,使实验结果更精确、可靠。

例如,电压测量可以精确到 0.01 V ,误差在 1% 以内,对于普通物理实验来说,这

个精确度已是相当高了。又如,压强传感器采用工业级压敏器件,传感器量程为0~300 kPa,测量分度达到0.1 kPa,能够精确地反映实验过程中的压强变化。

本计算机数据处理软件可以实时地把同一实验数据用数字、指针或示波器三种显示方式显示出来,实现了实验数据的定量显示。

数字化实验传感器的精度高,误差比较小,数据可定量显示,这使物理、化学、生物学规律的探究发现或者探究验证更具有严谨性和可信性。数字化实验室为学生的“量化”研究提供了研究平台,有利于学生理解科学的本质。

1.1.4 智能化的数据处理

1. 智能化实验重演

数字化实验可以将数据存储在计算机硬盘上,可以在实验之后对实验进行数据分析,学生可以随意定格展示、随意缩放数字化实验图线。由于数据和结果是以通用格式保存的,这使得数据的共享十分方便。还可以利用计算机的网络功能,把实验数据和结果以最快的速度进行网上发布,做到数据共享。

2. 智能化数据拟合

计算机数据处理是传统数据处理方法的改进。学生首先要使用传统的纸笔,用公式法、图像法处理数据的训练,在熟练了这种数据处理的方法后,便可利用通用计算机软件进行数据处理,改进实验数据处理方法。一般可以简单地运用 Matlab 或者 Excel 进行曲线拟合,也可以用专用的软件进行数据处理,形成多种解释数据之间关系的方法。

1.2 数字化探究实验的基本组成

1.2.1 传感器

传感器(英文名称:transducer/sensor)是一种检测装置,能感受到被测量的信息,并将感受到的信息,按一定规律变换成电信号或其他所需形式的信息输出,以满足信息的传输、处理、存储、显示、记录和控制等要求。

国家标准 GB 7665—87 中对传感器的定义是:“能感受规定的被测量件并按照一定的规律(数学函数法则)转换成可用信号的器件或装置,通常由敏感元件和转换元件组成。”

传感器的特点包括微型化、数字化、智能化、多功能化、系统化、网络化。它是实现自动检测和自动控制的首要环节。传感器的存在和发展,让物体有了触觉、味觉和嗅觉等感官,让物体慢慢变得活了起来。通常根据其基本感知功能分为热敏元件、光敏元件、气敏元件、力敏元件、磁敏元件、湿敏元件、声敏元件、放射线敏感元件、色敏

元件和敏感元件等十大类。

1. 传感器的组成

传感器一般由敏感元件、转换元件、变换电路和辅助电源四部分组成,如图 1-1 所示。



图 1-1 传感器的组成

敏感元件直接感受被测量,并输出与被测量有确定关系的物理量信号;转换元件将敏感元件输出的物理量信号转换为电信号;变换电路负责对转换元件输出的电信号进行放大调制;转换元件和变换电路一般还需要辅助电源供电。

2. 主要分类

(1) 按用途

按用途,可分为压力敏和力敏传感器、位置传感器、液位传感器、能耗传感器、速度传感器、加速度传感器、射线辐射传感器、热敏传感器。

(2) 按原理

按原理,可分为振动传感器、湿敏传感器、磁敏传感器、气敏传感器、真空度传感器、生物传感器等。

(3) 按输出信号

模拟传感器:将被测量的非电学量转换成模拟电信号。

数字传感器:将被测量的非电学量转换成数字输出信号(包括直接和间接转换)。

频率数字传感器:将被测量的信号量转换成频率信号或短周期信号的输出(包括直接或间接转换)。

开关传感器:当一个被测量的信号达到某个特定的阈值时,传感器相应地输出一个设定的低电平或高电平信号。

(4) 按其制造工艺

集成传感器是用标准的生产硅基半导体集成电路的工艺技术制造的。通常还将用于初步处理被测信号的部分电路也集成在同一芯片上。

薄膜传感器是通过沉积在介质衬底(基板)上的相应敏感材料的薄膜形成的。使用混合工艺时,同样可将部分电路制造在此基板上。

厚膜传感器是利用相应材料的浆料,涂覆在陶瓷基片上制成的,基片通常是 Al_2O_3 制成的,然后进行热处理,使厚膜成形。

陶瓷传感器采用标准的陶瓷工艺或其某种变种工艺(溶胶、凝胶等)生产。在完