



国家级实验教学示范中心系列规划教材
普通高等院校机械类“十一五”规划实验教材

机电一体化系统实验教程

JIDIAN YITIHUA XITONG SHIYAN JIAOCHENG

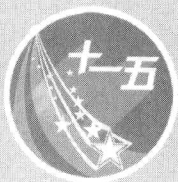
主 编 黄 江 黄振峰



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

014038239



国家级实验教学示范中心系列规划
普通高等院校机械类“十一五”规划实

机电一体化系统实验教程

JIDIAN YITIHUA XITONG SHIYAN JIAOCHENG

主 编 黄 江 黄振峰



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 提 要

本书分为上、下两篇,上篇为理论篇(第1~6章),主要介绍相关实验的基础理论;下篇为实验篇(第7章),主要介绍“单片机原理与接口技术”“数控技术”“计算机辅助设计与制造”“机械电气自动控制”“工业机器人”“机电一体化系统设计”“数控机床及编程”“机电控制工程”等课程的实验。

本书可作为高等学校机械电子工程专业相关实验的指导书,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机电一体化系统实验教程/黄江,黄振峰主编. —武汉:华中科技大学出版社,2013.1
ISBN 978-7-5609-8664-7

I. ①机… II. ①黄… ②黄… III. ①机电一体化—实验—高等学校—教材 IV. ①TH-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第011096号



机电一体化系统实验教程

黄 江 黄振峰 主编

策划编辑:万亚军

责任编辑:刘 勤

封面设计:潘 群

责任校对:张 琳

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:武汉科源印刷设计有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:11.5 插页:2

字 数:305千字

版 次:2014年3月第1版第1次印刷

定 价:25.00元



华中科技大学出版社

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

国家级实验教学示范中心系列规划教材
普通高等院校机械类“十一五”规划实验教材

编 委 会

丛书主编 吴昌林 华中科技大学

丛书编委 (按姓氏拼音顺序排列)

邓宗全	哈尔滨工业大学
葛培琪	山东大学
何玉林	重庆大学
黄 平	华南理工大学
孔建益	武汉科技大学
蒙艳玫	广西大学
芮执元	兰州理工大学
孙根正	西北工业大学
谭庆昌	吉林大学
唐任仲	浙江大学
王连弟	华中科技大学出版社
吴鹿鸣	西南交通大学
杨玉虎	天津大学
赵永生	燕山大学
朱如鹏	南京航空航天大学
竺志超	浙江理工大学

普通高等院校机械类“十一五”规划实验教材

序

知识来源于实践,能力来自于实践,素质更需要在实践中养成,各种实践教学环节对于培养学生的实践能力和创新能力尤其重要。一个不争的事实是,在高校人才培养工作中,当前的实践教学环节非常薄弱,严重制约了教学质量的进一步提高。这引起了教育工作者、企业界人士乃至普通百姓的广泛关注。如何积极改革实践教学内容和方法,制订合理的实践教学方案,建立和完善实践教学体系,成为高等工程教育乃至全社会的一个重要课题。

有鉴于此,“教育振兴行动计划”和“质量工程”都将国家级实验教学示范中心建设作为其重要内容之一。自2005年起,教育部启动国家级实验教学示范中心评选工作,拟通过示范中心实验教学的改进,辐射我国2000多万在校大学生,带动学生动手实践能力的提高。至今已建成219个国家级实验教学示范中心,涵盖16个学科,成果显著。机械学科至今也已建成14个国家级实验教学示范中心。应该说,机械类国家级实验教学示范中心建设是颇具成果的:各中心积极进行自身建设,软硬件水平都是国内机械实验教学的最高水平;积极带动所在省或区域各级机械实验教学中心建设,发挥辐射作用;成立国家级实验教学示范中心联席会机械学科组,利用这一平台,中心间交流与合作更加频繁,力争在示范辐射作用方面形成合力。

尽管如此,应该看到,作为实践教学的一个重要组成部分,实验教学依然还很薄弱,在政策、环境、人员、设备等方方面面还面临着许多困难,提高实验教学水平进而改变目前实践教学薄弱的现状,还有很多工作要做,国家级实验教学示范中心责无旁贷。近年来,高校实验教学的硬件设备都有较大的改善。与之相对应的是,实验教学在软的方面还亟待提高。就机械类实验教学而言,改进实验教学体系、开发创新性实

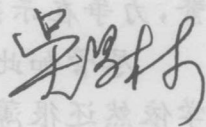
验教学项目、加大实验教材建设这三点就成为当务之急。实验教学体系与理论教学体系相辅相成,但与理论教学体系随着形势发展不断调整相比,现有机电实验教学体系还相对滞后,实验项目还缺少设计性、创新性和综合性实验,实验教材也比较匮乏。

华中科技大学出版社在国家级实验教学示范中心联席会机械学科组的指导下,邀请机械类国家级实验教学示范中心,交流各中心实验教学改革经验和教材建设计划,确定编写这套《普通高等院校机械类“十一五”规划实验教材》,是一件非常有意义的事情,顺应了机械类实验教学形势的发展,可谓正当其时。其意义不仅在实验教材的编写出版满足了本校实验教学的需要。更因为经过多年的积累,各机械类国家级实验教学示范中心已开发出不少创新性实验教学项目,将其写入教材,既满足本校实验教学的需要,又展示了各中心创新性实验教学项目开发成果,更为我国机械类实验教学开发提供借鉴和参考,体现了示范中心的辐射作用。

国内目前机械类实验教学体系尚未形成统一的模式,基于目前情况,“普通高等院校机械类‘十一五’规划实验教材”提出以下出版思路:各国家级实验教学示范中心依据自身的实验教学体系,编写本中心的实验系列教材,构成一个子系列,各子系列教材再汇聚成《普通高等院校机械类“十一五”规划实验教材》丛书。以体现百花齐放,全面、集中地反映各机械类国家级实验教学示范中心的实验教学体系。此举对于国内机械类实验教学体系的形成,无疑将是非常有益的探索。

感谢参与和支持这批实验教材建设的专家们,也感谢出版这批实验教材的华中科技大学出版社的有关同志。我深信,这批实验教材必将在我国机械类实验教学发展中发挥巨大的作用,并占据其应有的地位。

国家级实验教学示范中心联席会机械学科组组长
《普通高等院校机械类“十一五”规划实验教材》丛书主编



2008年9月

前言

本书根据机械电子工程专业的知识结构特点、学校专业建设的指导精神及社会对本专业毕业生的具体要求,结合本专业理论课的设置,将原有的“单片机原理与接口技术”“数控技术”“计算机辅助设计与制造”“机械电气自动控制”“工业机器人”“机电一体化系统设计”“数控机床及编程”“机电控制工程”等机械电子工程专业的部分基础课程和全部专业课程的单独设置的实验重新构建,建立了新型的机械电子工程专业实验教学独立设课实验教学模式。实验设置紧扣机械电子工程专业中的“运动控制技术”和“精密机械结构分析”这两个方面,在不同精密机械平台上以各种电动机和 PLC 进行驱动控制。

本书分上、下两篇。上篇为理论篇,主要介绍相关实验的基础理论;下篇为实验篇,由专业基础性实验、专业设计性实验、综合性实验及开放性实验组成。基础性实验及设计性实验随相应课程教学进度进行,主要是让学生掌握相关专业课程的基本的实验手段与实验方法,进一步加深对专业基础课的理解,为后续课程的学习打下良好的基础;综合性实验及开放性实验为跨课程实验,不安排固定的时间和实验项目,只确定实验学时数,由学生按自己的兴趣及能力在相同学时的实验中选择不同类型的实验项目。通过一系列机电一体化相关技术的实验,使学生在实验过程中系统地学习、掌握有关机电一体化技术基础知识,其目的是培养学生综合利用基础知识和技能来分析和解决工程实际问题的能力。

本书可作为高等学校机械电子工程专业相关实验的指导书,也可供工程技术人员参考。

本书由黄江、黄振峰任主编,具体编写分工为:黄江拟定本书的编写大纲,并编写理论部分的第 3 章及第 5 章、第 6 章以及实训部分的实验五、实验六、实验二十七和实验二十八;黄振峰编写理论部分的第 1 章及第 2 章以及实训部分的实验一至实验四;林义忠编写理论部分的第 4 章以及实训部分的实验二十三至实验二十五;张铁异编写实训部分的实验七至实验二十二;潘海鸿编写实训部分的实验二十六。

尽管我们在机电专业的实验教材改革方面做了许多努力,但由于水平有限,书中不妥之处在所难免,在实验设置方面及实验的新颖性方面还有很多不足,敬请读者谅解、指正。

6.3 机电一体化系统的动态设计

编者

2014 年 3 月

下篇 实 验 篇

第 7 章 机械电子工程专业实验	(73)
学生实验守则	(73)
实验一 可编程序控制器编程及运行操作实验	(74)
实验二 组合机床顺序控制系统设计及模拟调试实验	(75)
实验三 机械手时间顺序控制系统设计及模拟调试实验	(77)
实验四 异步电动机变频调速实验	(79)
实验五 插值算法及复合变换程序实验	(80)
实验六 机械零件的三维 CAD 造型实验	(82)
实验七 教学机械手机械结构分析及组装	(83)
实验八 气动机械手检测装置分析	(86)

目 录

上 篇 理 论 篇

第 1 章 单片机原理及应用	(3)
1.1 单片机的指令系统	(3)
1.2 输入/输出端口	(9)
第 2 章 机床电气自动控制理论	(13)
2.1 FP1 系列可编程控制器	(13)
2.2 交流异步电动机变频调速	(27)
第 3 章 计算机辅助设计与制造	(32)
3.1 计算机图形变换原理	(32)
3.2 机械零件的三维 CAD 造型	(37)
3.3 CAD/CAM 的综合设计	(38)
第 4 章 机器人的结构分析	(41)
4.1 机器人的组成	(41)
4.2 机器人的结构类型	(43)
第 5 章 数控技术	(48)
5.1 数控装置的轨迹控制原理	(48)
5.2 数控机床中的进给伺服系统	(54)
第 6 章 机电一体化系统设计	(56)
6.1 概述	(56)
6.2 机电一体化系统的稳态设计	(57)
6.3 机电一体化系统的动态设计	(66)

下 篇 实 验 篇

第 7 章 机械电子工程专业实验	(73)
学生实验守则	(73)
实验一 可编程控制器编程及运行操作实验	(74)
实验二 组合机床顺序控制系统设计及模拟调试实验	(75)
实验三 机械手时间顺序控制系统设计及模拟调试实验	(77)
实验四 异步电动机变频调速实验	(79)
实验五 插值算法及复合变换程序实验	(80)
实验六 机械零件的三维 CAD 造型实验	(82)
实验七 教学机械手机械结构分析及组装	(83)
实验八 气动机械手检测装置分析	(86)

实验九 混合驱动机械手的 PLC 控制	(88)
实验十 步进电动机基本原理和使用及 PLC 控制	(92)
实验十一 混合驱动机械手的单片机控制	(95)
实验十二 全气动机械手的 PLC 点位控制式数字控制	(97)
实验十三 步进脉冲分配器电路设计	(99)
实验十四 步进电动机脉冲分配程序设计	(105)
实验十五 步进电动机 PLC 软件环分实验	(108)
实验十六 逐点比较法直线插补程序设计	(110)
实验十七 逐点比较法圆弧插补程序设计	(113)
实验十八 立体仓库机械结构分析	(119)
实验十九 用 PLC 控制交流异步电动机变频调速	(123)
实验二十 立体仓库运动速度控制	(127)
实验二十一 确定位置物料搬运实验	(130)
实验二十二 立体仓库控制系统综合设计	(132)
实验二十三 AGV 结构原理的了解与分析	(136)
实验二十四 AGV 轨迹编程及安全避障实验	(138)
实验二十五 六自由度机器人的结构分析与拆装	(142)
实验二十六 一维精密运动平台控制实验	(144)
实验二十七 嵌入式系统开发	(154)
实验二十八 嵌入式数控系统读写双口 RAM 驱动程序实验	(165)
参考文献	(178)

(81)	朱楚强 章 2 第
(84)	熊冠雄 章 2 第
(86)	熊冠雄 章 2 第
(89)	熊冠雄 章 2 第
(90)	熊冠雄 章 2 第
(91)	熊冠雄 章 2 第
(92)	熊冠雄 章 2 第
(93)	熊冠雄 章 2 第
(94)	熊冠雄 章 2 第

附录 A

(87)	熊冠雄 章 2 第
(88)	熊冠雄 章 2 第
(89)	熊冠雄 章 2 第
(90)	熊冠雄 章 2 第
(91)	熊冠雄 章 2 第
(92)	熊冠雄 章 2 第
(93)	熊冠雄 章 2 第
(94)	熊冠雄 章 2 第
(95)	熊冠雄 章 2 第
(96)	熊冠雄 章 2 第
(97)	熊冠雄 章 2 第
(98)	熊冠雄 章 2 第
(99)	熊冠雄 章 2 第
(100)	熊冠雄 章 2 第

单片机原理及应用

1.1 单片机的上系统 篇

理 论 篇

1. 基本概念

指令, CPU 根据人们的指令, 执行某项操作。

指令系统: 计算机所能执行的全部指令的集合。

程序: 按人们的要求所编制的指令操作序列。

程序设计语言: 编写程序的某种规则。

三类编程语言: 机器语言、汇编语言、高级语言。

2. 指令系统及其分类

MCS-51 单片机的指令系统共 111 条指令。

按字节数分: 单字节指令 49 条, 双字节指令 46 条, 三字节指令 16 条。

按执行时间分: 单机器周期指令 64 条, 双周期指令 45 条, 四周期指令 2 条(乘、除指令)。

按功能分, MCS-51 指令系统分为五大类。

(1) 数据传送指令(29 条);

(2) 算术运算指令(24 条);

(3) 逻辑运算及位移指令(24 条);

(4) 控制转移指令(17 条);

(5) 位操作或布尔操作指令(17 条)。

1.1.1 数据传送指令

数据传送指令内容丰富、功能较强, 可分成九个小类, 一般不影响标志位, 不介绍机器码。

共 29 条指令。

1. 以 A 为目的操作数的指令(4 条)

MOV A, direct ; (direct) → A

MOV A, Rn ; (Rn) → A ; 令 Rn 中的内容, 移入 A 寄存器

MOV A, @Ri ; ((Ri)) → A ; 将 Rn 中的内容, 送入 A 寄存器

实验九 混合驱动机械手的 PLC 控制	(88)
实验十 步进电动机基本原理和使用及 PLC 控制	(92)
实验十一 混合驱动机械手的单片机控制	(95)
实验十二 全气动机械手的 PLC 点位控制式数字控制	(97)
实验十三 步进脉冲分配器电路设计	(99)
实验十四 步进电动机脉冲分配程序设计	(105)
实验十五 步进电动机 PLC 软件环分实验	(108)
实验十六 逐点比较法直线插补程序设计	(110)
实验十七 逐点比较法圆弧插补程序设计	(113)
实验十八 立体仓库机械结构分析	(119)
实验十九 用 PLC 控制交流异步电动机变频调速	(123)
实验二十 立体仓库运动控制	(127)
实验二十一 确定搬运物	(130)
实验二十二 立体仓库控制系统综合设计	(132)
实验二十三 AGV 结构原理的了解与分析	(136)
实验二十四 AGV 的安全	(138)
实验二十五 六自由度的结构	(142)
实验二十六 一维精密滚动平台控制实验	(144)
实验二十七 嵌入式系统开发	(154)
实验二十八 嵌入式数控系统读写程序 RAM 驱动程序实验	(165)
参考文献	(178)

第1章

单片机原理及应用

1.1 单片机的指令系统

1. 基本概念

指令: CPU 根据人们的意图来执行某种操作的命令。

指令系统: 计算机所能够执行的全部指令的集合。

程序: 按人们的要求所编制的指令操作序列。

程序设计语言: 编写程序的某种规则。

三类编程语言: 机器语言、汇编语言、高级语言。

2. 指令系统及其分类

MCS-51 单片机的指令系统共 111 条指令。

按字节数分: 单字节指令 49 条, 双字节指令 46 条, 三字节指令 16 条。

按执行时间分: 单机器周期指令 64 条, 双周期指令 45 条, 四周期指令 2 条(乘、除指令)。

按功能分, MCS-51 指令系统分为五大类:

(1) 数据传送指令(29 条);

(2) 算术运算指令(24 条);

(3) 逻辑运算及位移指令(24 条);

(4) 控制转移指令(17 条);

(5) 位操作或布尔操作指令(17 条)。

1.1.1 数据传送指令

数据传送指令内容丰富、功能较强, 可分成九个小类, 一般不影响标志位, 不介绍机器码,

共 29 条指令。包括与、或、异或、清除、求反、移位等操作指令, 一般不影响标志位, 不介绍机器码。

1. 以 A 为目的操作数的指令(4 条)

MOV A, direct ; (direct) → A

MOV A, Rn ; (Rn) → A

MOV A, @Ri ; ((Ri)) → A

MOV A, #data ;data→A

2. 以 Rn 为目的操作数的指令(3 条)

MOV Rn, A ;(A)→Rn

MOV Rn, direct ;(direct)→Rn

MOV Rn, #data ;data→Rn

3. 以直接地址为目的操作数的指令(5 条)

MOV direct, A ;(A)→direct

MOV direct, Rn ;(Rn)→direct

MOV direct, direct ;(源 direct)→目的 direct

MOV direct, @Ri ;((Ri))→direct

MOV direct, #data ;data→direct

4. 以间接地址为目的操作数的指令(3 条)

MOV @Ri, A ;(A)→(Ri)

MOV @Ri, direct ;(direct)→(Ri)

MOV @Ri, #data ;data→(Ri)

5. 十六位数据传送指令(1 条)

MOV DPTR, #data1 ;dataH→DPH, dataL→DPL

6. 查表指令(2 条)

MOVC A, @A+DPTR ;((A)+(DPTR))→A

MOVC A, @A+PC ;((A)+(PC))→A

7. 累加器 A 与片外 RAM 的数据传送指令(4 条)

MOVX A, @Ri ;((Ri))→A, 且使/RD=0

MOVX A, @DPTR ;((DPTR))→A, 且使/RD=0

MOVX @Ri, A ;(A)→(Ri), 且使/WR=0

MOVX @DPTR, A ;(A)→(DPTR), 且使/WR=0

8. 堆栈操作指令(2 条)

PUSH direct ;先(SP)+1→SP, 后(direct)→(SP)

POP direct ;先((SP))→direct, 后(SP)-1→SP

9. 交换指令(5 条)

XCH A, Rn ;(A)↔(Rn)

XCH A, direct ;(A)↔(direct)

XCH A, @Ri ;(A)↔((Ri))

XCHD A, @Ri ;(A_{0~3})↔((Ri)_{0~3})

WAP A ;(A_{0~3})↔(A_{4~7})

1.1.2 算术运算指令

算术运算指令包括加、减、乘、除运算指令;第一操作数一般为 A;一般影响标志位 CY、AC、OV 和 P。共 24 条指令,分成七个小类。

1. 不带进位加法指令(4条)

ADD A,Rn ; $(A) + (Rn) \rightarrow A$
 ADD A,direct ; $(A) + (\text{direct}) \rightarrow A$
 ADD A,@Ri ; $(A) + ((Ri)) \rightarrow A$
 ADD A,#data ; $(A) + \#data \rightarrow A$

2. 带进位加法指令(4条)

ADDC A,Rn ; $(A) + (Rn) + CY \rightarrow A$
 ADDC A,direct ; $(A) + (\text{direct}) + CY \rightarrow A$
 ADDC A,@Ri ; $(A) + ((Ri)) + CY \rightarrow A$
 ADDC A,#data ; $(A) + \#data + CY \rightarrow A$

3. 带借位减法指令(4条)

SUBB A,Rn ; $(A) - CY - (Rn) \rightarrow A$
 SUBB A,direct ; $(A) - CY - (\text{direct}) \rightarrow A$
 SUBB A,@Ri ; $(A) - CY - ((Ri)) \rightarrow A$
 SUBB A,#data ; $(A) - CY - \#data \rightarrow A$

4. 乘除法指令(2条)

MUL AB ; $(A) \times (B) \rightarrow B_{15 \sim 8}, A_{7 \sim 0}$
 DIV AB ; $(A)/(B)$ 的商 $\rightarrow A$, 余数 $\rightarrow B$

5. 加1指令(5条)

INC A ; $(A) + 1 \rightarrow A$
 INC Rn ; $(Rn) + 1 \rightarrow Rn$
 INC direct ; $(\text{direct}) + 1 \rightarrow \text{direct}$
 INC @Ri ; $((Ri)) + 1 \rightarrow (Ri)$
 INC DPTR ; $(DPTR) + 1 \rightarrow DPTR$

6. 减1指令(4条)

DEC A ; $(A) - 1 \rightarrow A$
 DEC Rn ; $(Rn) - 1 \rightarrow Rn$
 DEC direct ; $(\text{direct}) - 1 \rightarrow \text{direct}$
 DEC @Ri ; $((Ri)) - 1 \rightarrow (Ri)$

7. 十进制数调整指令(1条)

DA A ; 调整累加器内容为BCD码(压缩的)

1.1.3 逻辑操作指令

这类指令包括与、或、异或、清除、求反、移位等操作指令,一般不影响标志位CY、AC和OV,共24条指令,分成五个小类。

1. 累加器A清0与取反指令(2条)

CLR A ; $0 \rightarrow A$
 CPL A ; $(/A) \rightarrow A$, 相当于 $0FFH - A \rightarrow A$

2. 移位指令(4 条)

RL A	; 累加器 A 循环左移 (A);
RR A	; 累加器 A 循环右移 (A);
RLC A	; 累加器 A 带进位位循环左移
RRC A	; 累加器 A 带进位位循环右移

3. 逻辑“与”指令(6条)

ANL	A, Rn	$;(A) \wedge (Rn) \rightarrow A$
ANL	A, direct	$;(A) \wedge (\text{direct}) \rightarrow A$
ANL	A, @Ri	$;(A) \wedge ((Ri)) \rightarrow A$
ANL	A, #data	$;(A) \wedge \#data \rightarrow A$
ANL	direct, A	$;(direct) \wedge (A) \rightarrow direct$
ANL	direct, #data	$;(direct) \wedge \#data \rightarrow direct$

4. 逻辑“或”指令(6条)

ORL	A, Rn	$; (A) \vee (Rn) \rightarrow A$
ORL	A, direct	$; (A) \vee (\text{direct}) \rightarrow A$
ORL	A, @Ri	$; (A) \vee ((Ri)) \rightarrow A$
ORL	A, #data	$; (A) \vee \# \text{data} \rightarrow A$
ORL	direct, A	$; (\text{direct}) \vee (A) \rightarrow \text{direct}$
ORL	direct, #data	$; (\text{direct}) \vee \# \text{data} \rightarrow \text{direct}$

5. 逻辑“异或”指令(6条)

XRL	A, Rn	$;(A) \oplus (Rn) \rightarrow A$
XRL	A, direct	$;(A) \oplus (\text{direct}) \rightarrow A$
XRL	A, @Ri	$;(A) \oplus ((Ri)) \rightarrow A$
XRL	A, # data	$;(A) \oplus \# \text{ data} \rightarrow A$
XRL	direct, A	$;\text{direct} \oplus (A) \rightarrow \text{direct}$
XRL	direct, # data	$;\text{direct} \oplus \# \text{ data} \rightarrow \text{direct}$

1.1.4 控制程序转移指令

这类指令包括无条件转移、条件转移、子程序调用和返回指令等,共 17 条。

其中,只有条件转移指令中的比较转移指令影响标志位。

1. 无条件转移指令(4条)

AJMP	addr11	;先(PC)+2→PC ;addr11→PC _{10~0} , (PC _{15~11})不变
LJMP	addr16	;addr16→PC

SJMP rel 相对短跳转, 先(PC)+2→PC, 后(PC)+rel→PC

```

JMP      @A+DPTR      ; (A)+(DPTR)→PC

```

2. 条件转移指令(8条)

1) 累加器 A 为零(非零)转移指令

JNC rel ;当 $A \neq 0$ 时,顺序执行
 JNZ rel ;当 $A \neq 0$ 时, $(PC) + rel \rightarrow (PC)$ 转移
 ;当 $A = 0$ 时,顺序执行

2) 比较转移指令

该指令为新增设的,4条,均为三字节指令。一般形式为:

CJNE(目的操作数), (源操作数), rel

CJNE A, direct, rel ;若 $A > (direct)$, 则 $(PC) + rel \rightarrow PC$, 且 $0 \rightarrow CY$

;若 $A < (direct)$, 则 $(PC) + rel \rightarrow PC$, 且 $1 \rightarrow CY$

;若 $A = (direct)$, 则顺序执行, 且 $0 \rightarrow CY$

CJNE A, #data, rel ;若 $A > \#data$, 则 $(PC) + rel \rightarrow PC$, 且 $0 \rightarrow CY$

;若 $A < \#data$, 则 $(PC) + rel \rightarrow PC$, 且 $1 \rightarrow CY$

;若 $A = \#data$, 则顺序执行, 且 $0 \rightarrow CY$

CJNE Rn, #data, rel ;若 $(Rn) > \#data$, 则 $(PC) + rel \rightarrow PC$, 且 $0 \rightarrow CY$

;若 $(Rn) < \#data$, 则 $(PC) + rel \rightarrow PC$, 且 $1 \rightarrow CY$

;若 $(Rn) = \#data$, 则顺序执行, 且 $0 \rightarrow CY$

CJNE @Ri, #data, rel ;若 $((Ri)) > \#data$, 则 $(PC) + rel \rightarrow PC$, 且 $0 \rightarrow CY$

;若 $((Ri)) < \#data$, 则 $(PC) + rel \rightarrow PC$, 且 $1 \rightarrow CY$

;若 $((Ri)) = \#data$, 则顺序执行, 且 $0 \rightarrow CY$

3) 循环转移指令

DJNZ Rn, rel ; $(Rn) - 1 \rightarrow Rn$

;若 $(Rn) \neq 0$, 则 $(PC) + rel \rightarrow PC$

;若 $(Rn) = 0$, 则结束循环, 顺序执行 DJNZ

DJNZ direct, rel ; $(direct) - 1 \rightarrow direct$

;若 $(direct) \neq 0$, 则 $(PC) + rel \rightarrow PC$

;若 $(direct) = 0$, 则结束循环, 顺序执行

3. 程序调用和返回指令(3条)

1) 短(绝对)调用指令

ACALL addr11 ; $(PC) + 2 \rightarrow PC$

; $(SP) + 1 \rightarrow SP$, $(PC_{0-7}) \rightarrow (SP)$

; $(SP) + 1 \rightarrow SP$, $(PC_{8-15}) \rightarrow (SP)$

; $addr_{0-10} \rightarrow PC_{0-10}$, (PC_{11-15}) 不变

2) 长调用指令

LCALL addr16 ; $(PC) + 3 \rightarrow PC$

; $(SP) + 1 \rightarrow SP$, $(PC_{0-7}) \rightarrow (SP)$

; $(SP) + 1 \rightarrow SP$, $(PC_{8-15}) \rightarrow (SP)$

; $addr_{0-15} \rightarrow PC$

3) 返回指令

RET ;子程序返回指令

; $((SP)) \rightarrow PC_{8-15}$, $(SP) - 1 \rightarrow SP$

; $((SP)) \rightarrow PC_{0-7}$, $(SP) - 1 \rightarrow SP$

RETI 位指令(4条) ;中断服务程序返回指令
 RL A ;((SP))→PC_{8~15}, (SP)-1→SP
 RR A ;((SP))→PC_{0~7}, (SP)-1→SP
 RLC A ;开放中断逻辑 位循环左移
 RRC A ;开放中断逻辑 位循环右移

1.1.5 位操作及布尔操作指令

这类指令包括位变量传送、逻辑运算、控制转移等指令,共 17 条,分成 4 个小类。只有部分指令影响 CY 标志。位地址的表示方法如下。

- 直接用位地址 如:D4H
- 用特殊功能寄存器名加位数 如:PSW.4
- 用位名称 如:RS1
- 用 bit 定义的有名字的位地址

如:SUB. REG bit RS1
 FLAGRUN bit 02H

1. 位数据传送指令(2条)

MOV C, bit ;(bit)→C
 MOV bit, C ;(bit)→C

2. 位修正指令(6条)

1) 位清 0 指令

CLR C ;0→C
 CLR bit ;0→(bit)

2) 位置 1 指令

SETB C ;1→C
 SRTB bit ;1→(bit)

3) 位取反指令

CPL C ;(/C)→C
 CPL bit ;(/bit)→bit

3. 位逻辑运算指令(4条)

1) 位逻辑“与”指令

ANL C, bit ;(C) ∧ (bit)→C
 ANL C, /bit ;(C) ∧ (/bit)→C

2) 位逻辑“或”指令

ORL C, bit ;(C) ∨ (bit)→C
 ORL C, /bit ;(C) ∨ (/bit)→C

4. 位条件转移类指令(5条)

1) 判断 C 值转移指令

JC rel ;(PC)+2→PC
 ;(C)=1,则(PC)+rel→PC
 ;(C)=0,则顺序向下执行