

SHI YONG WEI CHU LI QI DE JIAN YI
SHU ZI ZI DONG HUA XI TONG
SHI YONG WEI CHU LI QI DE JIAN YI
SHU ZI ZI DONG HUA XI TONG
SHI YONG WEI CHU LI QI DE JIAN YI
SHU ZI ZI DONG HUA XI TONG
SHI YONG WEI CHU LI QI DE JIAN YI
SHU ZI ZI DONG HUA XI TONG
SHI YONG WEI CHU LI QI DE JIAN YI
SHU ZI ZI DONG HUA XI TONG
SHI YONG WEI CHU LI QI DE JIAN YI
SHU ZI ZI DONG HUA XI TONG

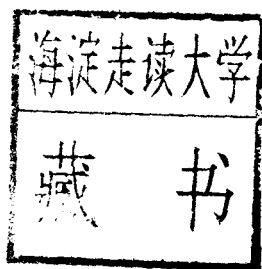
使用微处理器的 简易数字自动化系统

〔美〕詹姆斯·T·阿诺德著

SHI YONG WEI CHU LI QI DE JIAN YI
SHU ZI ZI DONG HUA XI TONG
SHI YONG WEI CHU LI QI DE JIAN YI
SHU ZI ZI DONG HUA XI TONG

使用微处理器的 简易数字自动化系统

[美]詹姆斯·T·阿诺德 著
耿文行 骆志伟 丁庆平 译



000 981
化学工业出版社

内 容 简 介

本书是一本应用微处理器实现数字自动化的普及入门书。全书共有十章,从基本数字电路讲起,深入浅出地介绍了构成一个完整的微处理器控制系统的原则和方法;用实例对接口和操作电路、数据采集和处理、仪表控制、显示等作了介绍;并结合本书内容用实例介绍了程序设计的方法。多数章后附有习题可帮助读者掌握有关内容以利实际应用。

本书可供各种专业工程技术人员学习使用,也可供从事微处理器和微计算机应用、从事数字自动化的科研和工程技术人员以及大专院校师生参考。

本书第1、2、6、9、10章由耿文行同志翻译,第3、4、5、8章由骆志伟同志翻译,第7章由丁庆平同志翻译。

全书由清华大学计算机控制与应用教研组副教授林尧瑞,讲师陆玉昌、齐国光三位同志审阅。

JSS97/2

Simplified Digital Automation
with Microprocessors
JAMES T. ARNOLD
ACADEMIC PRESS

使用微处理器的简易数字自动化系统

耿文行 骆志伟 丁庆平 译

责任编辑:李诵雪

封面设计:许立

*

化学工业出版社出版

(北京和平里七区十六楼)

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ 印张 $9^{5/8}$ 字数264千字印数1-17,500

1984年8月北京第1版1984年8月北京第1次印刷

统一书号15063·3592定价1.20元

前 言

作者希望本书能对不熟悉计算机技术的读者有所帮助。本书力图使读者对于用简单的数字电路作为部件所构成的系统，有一个切实的理解。依靠微处理器具有可编程序的工作性能，这些部件实际上可以构成功能很强的系统。我通过一些实例强调了这样一个观点，即只需利用微处理器的部分功能，就能及时地、经济地解决各种各样的问题。

微处理器的应用正趋向于更加完善和精巧，这标志着专业的成熟。当然，这是一种良好的趋势。要使这些器件具备的潜在性能对解决复杂问题作出贡献，就需要有复杂的、熟练的使用技术。不过在我看来，仍有可能为那些还不熟悉这门技术的人，找到学习微处理器及其应用的途径。

探讨微处理器和数字技术应用的初学者，可能是其它领域中的专家。使用任何器件去解决具体问题，确实需要对这些问题所属的专业领域有深入的了解。经常是对于专业领域比对于数字电路和微处理器的应用有更透彻了解的人，最善于确定系统的结构，促使问题得到有效的解决。对那些既没有时间、又不打算成为微处理器或微计算机专家的初学者来说，通过了解和利用微处理器提供的设备，也能取得又好又省的效果。

本书采用的系统设计方法，在处理功能很强的、处于自动化系统中心的部件时，并不追求完美无缺。我所采用的方法是令人满意的，这从系统良好地得到实现而被证实。人们想用微处理器实现其生产过程的自动化，这些系统正合他们的要求。

基于上述论点，我把本书奉献给那些勇于探索的人，他们愿意迈出其熟悉的领域，利用这种用途很广的新设备的局部能力经济地实现自动化。

研究微处理器在简单系统中的应用，一直是个令人神往的课题，这种应用仅仅是微处理器具备的全部能力的一小部分。我得到同事们的鼓励，并得到许多在这个业务领域中很有声誉的专家的帮助。我要特别感谢雷蒙德·E·德西教授，他为本书改错，并提出了很多有益的建议，他是计算机在仪表自动化应用方面一位公认的专家。

我还要对Varian公司的技术出版部及其主管弗兰克·琼先生致谢，他们花了很多时间来帮助准备手稿。

目 录

第一章 自动化引言	1
第一节 开环和闭环	1
第二节 补充举例	5
第三节 自动化领域	7
习题	9
第二章 处理信息和过程的数字方法	10
第一节 计数器	11
第二节 不同于十进制的数制：二进制	12
第三节 二进制运算	13
第四节 运算练习	20
习题	20
第三章 基本的数字逻辑电路	22
第一节 执行简单逻辑语句的电路：缓冲器和门	22
第二节 实现较复杂功能的组合门	28
第三节 信息和逻辑	32
第四节 逻辑电路的基本元件——晶体管	33
第五节 实验	36
习题	43
第四章 较复杂的逻辑电路	45
第一节 触发器与锁存器	46
第二节 寄存器和计数器	58
第三节 存贮器	65
第四节 其它器件	70
习题	76
第五章 算术逻辑部件	78
第六章 微处理器	89
第一节 通用微处理器	90

第二节 微处理器操作	95
第七章 从微处理器到微计算机	105
第一节 功能有限的简单系统	105
第二节 简单系统的程序设计介绍	110
第三节 功能较强的系统	115
第四节 包括I/O操作和算术运算的程序设计实例	126
第五节 系统设计实例	147
习题	202
附录	204
第八章 实现自动化系统	219
第一节 一种自动化谱仪的设计	220
一、操作员输入设备	220
二、显示器	222
三、仪表控制	226
四、数据采集	229
五、数据处理	232
六、CRT显示	233
第九章 接口器件和辅助电路	241
第一节 数字-模拟转换器	241
第二节 模拟-数字转换器	243
第三节 数据位串行发送设备	248
第四节 机电设备	252
第五节 隔离器件	252
第十章 应用微处理器的自动化仪表系统的设计实践	254
第一节 系统概述	255
第二节 仪表控制	257
第三节 数据采集和处理	262
第四节 显示	293
第五节 一些补充说明	293
习题	294
索引	295

第一章 自动化引言

自动化指的是无需操作人员一步一步进行干预，就能控制过程逐步执行下去。这一学科的形成及其应用已有很长的历史，这里不打算对这个历史作什么介绍，而是通过几个实例的具体说明，来介绍一下自动化这门学科的一些要点和基本概念。

本章只限于介绍这样一类系统，系统中自动化过程的结果是可预测的、是由系统的特定设计所产生的。为了应用这类系统来实现自动化，企业必须要有明确的目标以及达到这个目标的实施方案。而后者是可以通过对包括控制目标在内的一系列事件进行抽象概括后制定出来的。虽然这些事件的进行，按照串行序列来描述通常要方便一些，但实际过程在时间上并非必须串行。这些序列由一连串有联系的事件所组成，而其中的每个事件是按照假定和推断的规则预先确定的。

因为自动化意味着不必由人一步步进行干预，就能使过程执行下去，所以，采用的器件和设备必定要适合于过程能自动地逐步执行。由这些器件和设备组成为系统属于系统设计者的职责范围。必须由设计者来确定企业自动化的目标，然后由设计者以一定方式安排系统中各种事件的进行过程，以便达到预期的结果。

实现自动化的实际过程可简可繁，这些过程涉及的动作范围可能很宽，而其完善程度则完全取决于设计者的技巧和耐心。

第一节 开环和闭环

能够产生预期结果的自动操作方案，意味着无需操作人员的干预就能控制事件的进程。按照控制信号的来源，可把自动化系统分成两类，即开环系统和闭环系统。

开环系统是指这样一类系统，系统中事件的进行都要经历一系

列预定的操作步骤，不管这些步骤多么复杂，它们与系统过程产生的结果或与过程中任意一步操作产生的结果都没有关系。

而在闭环系统中，过程控制以规定方式参照过程执行产生的结果，或者参照过程中一步或几步操作产生的结果，自动地进行调节。闭环系统中起调节作用的控制程序可能相当简单，但控制程序与过程产生的结果存在着依赖关系，这正是它与开环系统的区别。

尽管开环和闭环这两个概念产生于电子学发展之前，但这两个术语在电子技术中的应用也有它们的起因。是优先选择开环控制还是优先选择闭环控制，这没有什么绝对的根据。过程自动化中控制系统的应用实践将不断表明，选用开环系统或者选用闭环系统都能满足实际需要。

为了说明这两类自动化系统，下面举几个例子。

图1-1表示了一个开环控制系统，系统中有四个阀门，依次编号为 V_1 、 V_2 、 V_3 、 V_4 ，它们的工作受旋转凸轮的凸角所控制。当凸轮同它的轴一起按规定方向（顺时针）旋转时，它的凸角L就要按 V_1 、 V_2 、 V_3 、 V_4 、 V_1 、 V_2 、 V_3 、 V_4 、 V_1 ……的顺序接触到阀门的肘节。只要凸轮轴转动，就一直按照这个顺序动作。应当特别注意到，过程产生的结果并非与开环控制系统采用的工作方式无关。例如，尚未提到凸轮旋转速度或转速均匀性的影响。然而，系统的工作与阀门的打开或关闭产生的结果是毫无关系的。

为使系统成为实用，还需要使转动能开始和停止，使转速能加以调整。这些措施可以用外部基准（例如准确的时钟）来产生，只要这些措施与阀门动作的结果毫无关系，这个系统就仍然是开环系统（操作人员按照他对动作结果的观察而作的程序修改，同样不会改变这个开环系统的定义，这种情况下操作人员的作用不属于自动程序的组成部分）。

可对开环控制系统加以改进而达到适当的精度。例如，在上面这个例子中，可以很精确地调整转速，使阀门能以非常精确的规定时间间隔进行动作。而且，阀门也可制造得非常精密，使得通过阀门的流率十分接近于设计者的要求。此外，开环系统可以设计得相

当复杂，可以给阀门和凸轮系统设置任意预定的程序表或启动停止程序，还能使系统在不同的时间里每次采用不同的转速，而且仍然遵守操作程序与任何结果无关的规定。

尽管设计者可为开环系统设置精确而复杂的操作，但根据开环系统的定义，它在性能方面存在着许多限制，更何况在具体设计系统时还存在着机械方面的某些限制。在上面所述的例子中，系统的任务是要把大量的液体输送到四个容器的每一个去。在开环系统中，可以预先确定液体的数量，只要液体供应情况维持不变，系统就具有定量的特性。假如期望的结果是要给一系列容积各不相同的容器充满液体的话，那么，开环系统定义所具有的限制就会使系统不能满足要求，除非采用不得已的办法，使每个容器充得过剩，再将多余的液体排出。所以，开环系统不具备使任意体积的容器正好充满的性能，除非在结果产生以前提供出有关需要体积的信息，并使控制机构适合于接收这种信息和对信息作出反应。

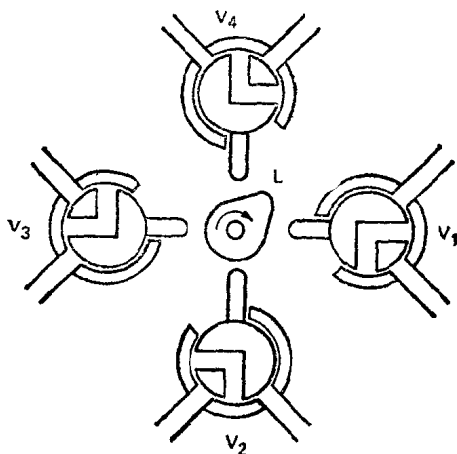


图 1-1 阀门的自动程序控制装置

开环控制系统除了由它的定义产生的限制以外，还存在着实际的机械设计产生的明显限制。例如在图1-1的例子中，阀门的动作顺序应该总是从一个阀门到它最邻近的一个阀门，不可能出现…… V_2 、 V_4 ……那样的顺序。而且，就凸轮凸角的规定旋转方向来说，阀门的动作是循环的，循环的顺序是从阀门的最小下标开始，按照下标增加的方向，直至经过最大下标，再循环下去。因此，不可能出现…… V_3 、 V_2 ……那样的顺序。

应当强调的是，上一段中提到的限制并不是开环系统定义中固

有的，而是设计者在选用机构时产生的机械方面的具体限制。要是需要使阀门动作的顺序交错起来或者方向反过来，设计者就得应用另外的机构才能达到期望的结果。

闭环系统与开环系统的区别在于：（1）具有检测装置，以监测系统的动作结果。（2）具有控制机构，可利用检测得来的信息自动地调整系统的动作。闭环系统可以包括一些开环操作步骤，这些操作的进行与结果无关。图1-2表示了一个简单的闭环系统，系统中容器C的液位为 h ，要采取适当措施满足使容器充到指定液位的要求，这种措施就是浮子F及其连杆A组成的装置，不管容器的体积可能存在什么样的差异，一旦液位达到高度 h 时，浮子连杆装置就使阀门关闭。

为了使图1-2所示的系统更加有效，可以包含某些开环操作步骤，这些操作步骤是：在注液以前将空容器放在阀门出口处下面，

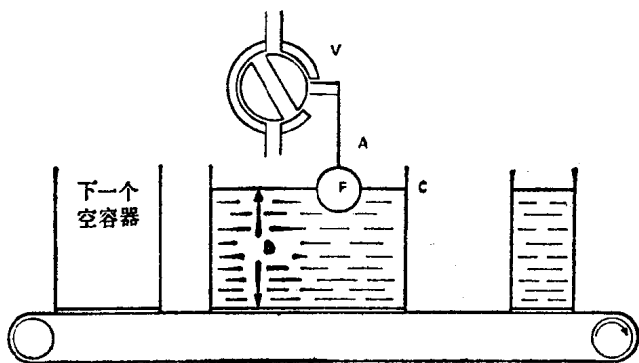


图 1-2 阀门的反馈控制

然后开始注液操作，在注液完成后使浮子装置上升保持阀门关闭，再移去注好的容器为下一个空容器腾出位置。在适当的范围内，不管这个周期内任一操作的结果如何，所有这些操作步骤都可以执行。但是，要使任意体积的容器都具有正好注满到一定高度的特性，就要求系统具有检测装置（浮子）和控制机构（连至阀门肘节的连杆），并由控制机构将检测来的信息自动地进行传送使结果得到

调整（当容器液位达到高度 h 时使液体停止流动）。

第二节 补充举例

为了在制造各种产品时降低劳动强度和减少成本，工业上已经广泛采用自动化系统。图1-3以典型的示意方法表示出一台自动仿形铣床，这个系统的功能是应用电机驱动的铣刀 C 在材料坯件上铣出 $Z(x, y)$ 曲面。该系统完全可以按开环系统方式进行工作，但是，为了使说明能深入一些，下面的叙述中将包含有闭环的操作步骤。

系统中包含有三个彼此相似的机构，他们可使固定面在相互垂直的 x 、 y 、 z 三个方向作标定的移动。这些机构是由和螺母 N_x 、

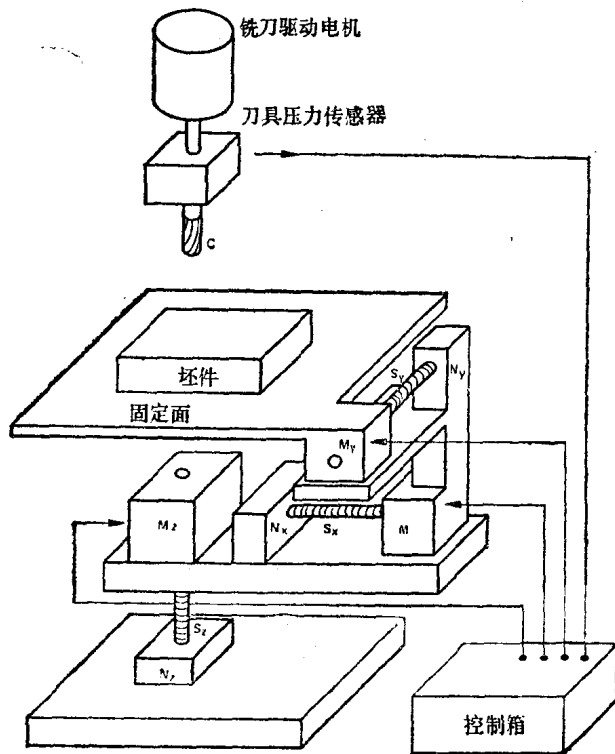


图 1-3 自动仿形铣床

N_x 、 N_z 相啮合的精密千斤顶螺杆 S_x 、 S_y 、 S_z 组成的，当三个螺杆转动时，三个螺母就在相应的三个方向移动。三个螺杆由电动机 M_x 、 M_y 、 M_z 带动，它们能以准确而均匀的增量转动，在用控制箱发出的电信号进行控制时，这种增量可以小得足以能满足理想曲面 $Z(x, y)$ 的仿形要求。

铣刀驱动装置中包含有一个刀具压力传感器，它对铣刀向坯件进刀时需要的力进行测量，并将测得的电信号送到控制箱中。这个部件的功能是给操作提供一种闭环的调整方法，这样可以减低铣刀的走刀速度，从而防止铣刀的刀刃产生过大的应力。

上面所述之系统可在其明显的机械限制范围内采用多种操作方式，方式的选择需与要铣的规定仿形曲面 $Z(x, y)$ 相适应。一种方式是，在铣刀离开坯件时，先使螺杆 S_x 、 S_y 送进，以便确定工件上的

的铣刀位置 X_k 、 Y_k ，然后使螺杆 S_z 送进到位置 Z_k ，在此过程中铣刀对坯件进行切削，结果使工件上的最后高度达到 Z_k 。对于指定曲面 $Z(x, y)$ 上的每一点 X_k 、 Y_k 、 Z_k 都要重复上述操作步骤，最后使铣出来的所有各点形成的曲面符合仿形要求。

采用另一种方式时，在螺杆 S_y 固定的情况下操作 S_x 和 S_z ，以便形成 y 为固定值的断面 $Z(x)$ 。操作时，铣刀对坯件材料进行切削而形成所需形状的断面。在加工完一个断面时，使螺杆 S_y 送进一个小的增量，而由 S_x 和 S_z 的移动产生出一个新的断面。这种操作要一直重复下去，直至由一连串的切削断面形成的完整曲面与要求的曲面 $Z(x, y)$ 相符合为止。

不论采用哪种方式进行操作，要

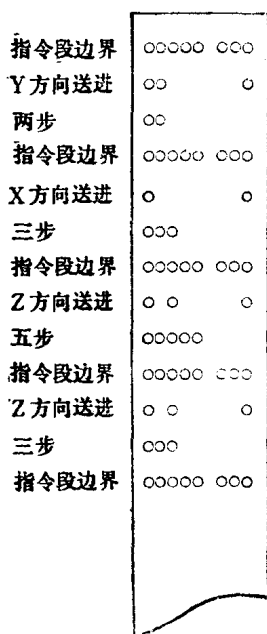


图 1-4 未经加工的编码穿孔纸带

是刀具压力传感器指示出刀刃上有过大的应力，它就向控制箱发出一个电信号，从而减低铣刀的送进速度。

很明显，可以设计出各种操作方式使系统达到期望的结果。为了执行一种操作方式，控制箱必须发出一组适当的电信号来驱动电动机，必须为响应刀具压力传感器送来的信号作好准备。产生一种仿形所需要的程序表必须预先确定，并以程序步的形式引导到控制箱中。引导和存贮这些程序步的常用设备是穿孔纸带，在窄条纸带上的穿孔格式对系统操作的每一个程序步进行编码。在控制箱内，由一组电气触点来检测纸带上是否有孔，再通过译码矩阵对每一个编码的程序步进行解释，从而操作驱动电机 M_x 、 M_y 、 M_z 。

编码纸带的制成属于程序员的职责范围。由于在本系统的控制中应用了纸带，使系统成为一种通用机床，也就是说，根据驻留在程序员提供的编码纸带上的指令，曲面仿形机床能够加工出任一类的曲面 $Z(x, y)$ 。一段带有假想指令的纸带示于图 1-4 中，从上到下读出纸带时，就把仿形切削的部分操作所需要的指令译成电码。根据指令段内专门规定的格式构成每一条编码指令，而指令段的边界用可识别的穿孔格式来表示，图中还表示了有关编码指令的说明。

为了产生控制纸带，程序员可以先列出待执行的程序步（这时 y 、 x 和 z 方向的移动指令明确表示了需要的仿形），然后对纸带上各个指令段中的每一个程序步顺序地以穿孔格式进行编码。应当注意到，图中表示的代码是效率很低的，可以设计出非常简洁的代码。而且，已经研制出程序设计的各种辅助设备，可以协助程序员制定需要的指令序列。为了制出实际的编码纸带，还创造了自动编码和纸带穿孔用的机器。

第三节 自动化领域

由于人类的发明创造，在人类有记载的整个历史进程中，自动化的应用一直在不断地发展着。现代电子控制技术的发展，使世界上工业发达的国家在自动化的发展方面产生了重要的突破。例如在

家用设备、交通信号灯、电梯等装置中出现的简易自动化系统，类似的还有自动化工厂的装配车间、自动化铁路和飞行器的控制系统，乃至宇宙飞船在遥远行星上的自动登陆系统等。

早期依赖于机械式控制设备的自动化系统每秒钟只能处理几条简单指令，而基于现代电子技术组成的系统每秒钟却能处理数以百万条计的指令。正是由于这种大为扩充的处理能力，现在已能构成完善而复杂的、有时还带有人工智能的自动化系统，而且在很多情况下，这种系统远远超过了人在信息处理和过程控制方面所能达到的速度和准确度。

尽管自动化系统有着惊人的功能，但在进行操作时，它们仍然要依靠几种类型简单的逻辑处理步骤，将可识别的条件或状态结合起来。进行操作时，它们依靠的是这样一些基本的语句：

从第 N 步进行到第 $N + 1$ 步；

将增量 U 加至量 V 上；

要是量 V 大于 W ，则转向第 M 步；

如果条件 C 成立，则转向第 L 步；

条件 A 成立，同时条件 B 也成立，则条件 C 成立；

条件 A 成立，或条件 B 成立，则条件 C 成立；

条件 B 不成立，而条件 A 成立，则条件 C 成立。

正是由于现代电子学系统对于这些简单逻辑操作有很高的处理速度以及系统设计者和程序员表现出来的技能，才使这些系统达到当前这样巨大的功能。

自动化系统的应用已经开始得到重视。系统应用所取得的价值，证明花费很大的力量是值得的，支付很高的成本是合算的。在过去几年里电子技术已经发展到这样的程度，由于器件价格的降低几乎在任何领域中都有可能实现自动化。目前用20美元可买到的微处理器，具有五十年代价值二百万美元的系统或是六十年代价值二万美元的系统所达到的控制功能。这种廉价技术的应用将会随着时间的推移变得越来越普遍。自动化的实现会减少人们对于大量日常工作所花费的精力。

习题

1. 设计一个旋转式栅门系统，它容许交纳入门费的参观者入门，并对进入的参观者进行计数。

2. 设计出能控制四个独立操作的穿孔纸带代码，采用这种代码时，可以控制每个操作的速率在整数 -15 至 $+15$ 之间的变化。

3. 设计一个系统，在早晨天不下雨时能打开你卧室的窗户。

4. 设计一个根据下述的温度循环焙烧粘土的陶器窑控制系统：

0—75分：使温度均匀地从 20°C 上升到 800°C ；

75—135分：将温度保持在 800°C ；

135—240分：使温度上升到 1050°C ；

240—600分：使温度均匀地降低到 20°C 。

第二章 处理信息和过程的数字方法

应用语言来处理信息和过程显得比较方便，这些语言中的字是由符号组成的，而符号则用来代表所研究的信息或过程的各种成分。在口头或书面的语言中，每个字一般都赋有独特的含义。和字不同，对实数集中的数可赋予任意的含义。按照这些数和字的赋值与含义，就能用它们构成满足特殊要求的语言。通常，这种语言的构成要非常严密，而且应讲究效率。当然，这种赋值也就是数量的表示，其中的数只确定了数量的属性，而需要用辅助字来规定信息的其它成分。但是，在一个特定的企业里，可以给数集中的数赋予另外的含义，而且，如果赋值和使用规则处理得适当的话，这样构成的语言就能适应该企业的要求。

数字语言很有用处，部分原因是由于数的操作有一整套普遍承认的、以数学为基础的严谨法则。应用这些法则，便于合理而准确地表示企业中需要的信息和过程的各种成分。而且，由于信息和过程的各个处理步骤一定会经过自动化系统中的设备或器件，因此，数集的规律性能使设计出来的设备和器件比较简单。

在用语言来表示信息或过程的各种成分时，如果表示的范围没有限制的话，就宁可应用整数集合而不应用完整的实数集合，这样，便可对符号表示方法作进一步的简化。由于这种简化，可进一步降低自动化系统中设备和器件的复杂程度。当然，所用设备和器件的具体特性还要取决于所用的数制。

如果脱离与数字逻辑应用有关重要章节内容上的联系，而对数制作过多的论述，那么对于大多数读者来说看来是枯燥的、无益的。本章所要达到的目标仅仅是要掌握二进制运算。先举出一些大家熟悉的十进制运算例题，进而对于概念上简单但不太熟悉的二进制数运算作些简要的介绍。布尔逻辑的形式结构在数字应用中并不