

M.T.HILLS
S.KANO
PROGRAMMING ELECTRONIC
SWITCHING SYSTEMS

本书是1976年由英国电气工程师协会组织编写的电信丛书三，
并委托PETER PEREGRINUS公司出版。

内 容 提 要

本书主要针对存储程序控制交换系统的实时控制系统阐述了程序设计的基本概念和技术，并讨论了它们的高级语言的应用。

书中以电话系统中的呼叫处理为例，采用“状态转移图”来详细讨论各种不同程序的设计原理，分析了电信程序设计的特点、程序设计语言的实质和要求，以及程序设计语言的数据性能等。内容不仅适合电话交换，还适用于电报交换和数据交换，以及其它许多实时控制系统。

本书英文版是1977年由英国电气工程师协会组织编写的电信丛书三。这是一本有关电信程序设计方面比较好的书。

本书可供电信工程技术人员、软件设计人员和有关高等院校师生阅读。

电子交换机程序设计

[英] M.T.希尔斯 著
[日] S.贺野

袁子仁 雷震洲译校

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

山西新华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

开本：787×1092 1/32 1982年2月第一版

印张：8 24/32 页数：140 1982年2月山西第一次印刷

字数：199 千字 印数：1—5,000册

统一书号：15045·总2552—有5233

定价：0.91元

出版说明

程控交换系统的采用，出现了过去交换技术中所没有的新领域——程序技术。这是过去从事交换工作的人员所不熟悉的内容，有很多人迫切希望进一步学习和了解它，因此我们组织翻译了这本书，希望能对从事电信软件设计的同志有所帮助。

本书英文版是1977年由英国电气工程师协会组织编写的电信丛书三。这是一本有关电信程序设计方面比较好的书，书中比较详细地论述了电话交换中呼叫处理过程的程序设计原理和高级语言的应用，本书叙述的软件工程概念的许多实际应用，不仅适用于电话、电报和数据交换，对其它许多实时控制系统的软件设计人员也是有用的。但书中对各种支援性软件没有作进一步的论述。

由于程控技术本身发展的历史还不太长，有些概念和用词还要进一步探讨，加以我们对该项技术的生疏，在编辑出版过程中难免有错误和不当的地方，恳请读者批评指正。

人民邮电出版社

1980年12月

原 序

本书主要针对计算机控制的交换系统的实时问题，阐述程序设计的一些基本概念和技术，并讨论了它们在高级语言设计中的运用。计算机控制的交换系统是实时控制系统的范例，在软件的响应、经济性、可靠性和维护等方面具有非常严格的要求。因此，叙述的重点放在掌握电信程序设计的特点以及高级语言设计的软件工程方面。在过去的几年中已发展了各方面的技术，然而以书本形式阐述软件问题，可以说这还是第一次。作者相信，在为电话交换而研制的软件工程技术中，实际上有许多是可以更加广泛地应用于其它实时控制领域。

本书只是想探讨一下软件的呼叫处理部分。有关具体的操作系统、重新组合、诊断和管理特点等方面的问题仅提及而已。对于数据制备、模拟与系统估价等用的脱机支援程序只不过是简单触及了一下。

为了使本书对更多的读者有参考价值，第1章从程序员的角度叙述了交换控制问题，第2章叙述了为控制交换系统而发展起来的主要程序设计思想和技术。论述的深浅程度是假设读者比较熟悉通常的程序设计技术，电信方面的知识则不需要。本书还叙述了目前正在探讨的软件工程概念的许多实际应用，因此它对于其它领域的软件设计人员来说也是有益的。

正如本书所指出，所有程序设计的方法均是由状态转移图来描述的某种基本算法的变型。这种算法的实现方式是多种多样的，主要差别在于所采用的控制结构和数据结构不同。所需

要的各种数据结构在第3章中进行了讨论，控制结构及其与语言设计等级的关系则在第4章中作了讨论。

在说明了与交换系统的存储程序控制有关的各种问题的分类情况后，第5章综合评述了在各种高级语言中采用的数据结构。这引出了目前在软件工程中流行的构成数据结构的许多概念。第6章对用于程控交换的一系列语言的理想特点作了讨论和归纳。

第7章把本书所讨论的各种技术与为了产生和维持一个设计寿命为20年以上的工作系统所需要的整套联机和脱机软件的前后关系进行了说明。最重要的结论是，作为软件系统设计最主要部分的程序的结构与有助于产生结构软件的语言概念是最重要的。

本书直接取材于作者多年来关于计算机控制电话交换机的讲课笔记，以及另一篇关于“高级电信程序设计语言之研究”的论文。简接地说，这本书实际是依赖于日本电报电话公司电气通信研究所和英国埃塞克斯大学电气工程学系所进行的研究和发展工作。英国邮政总局由于支持了埃塞克斯大学的电信交换系统，也为本书的著作创造了条件。日本电报电话公司也支持了这两位作者，他们一位在埃塞克斯大学工作，另外一位在NTT从事研究工作。另外还得到了日本科技局的协助。

目 录

第1章 存储程序控制交换机概论	1
1.1 历史	1
1.2 现有程控交换机的程序设计	2
1.3 电话系统简述	4
1.4 保证系统可用性的措施	21
1.5 程控软件的特点	24
第2章 程控交换机的程序设计原理	26
2.1 简单的时间分隔系统	26
2.2 基本操作	33
2.3 时分系统的程序执行	39
2.4 功能分割系统	42
2.5 呼叫分割系统	51
2.6 解释码的应用	56
2.7 各种控制结构的效果	57
第3章 电信程序设计的特点	60
3.1 程控交换机和现有机电交换机的竞争	60
3.2 大量功能和规模不同的交换局	61
3.3 长寿命、扩充和灵活性	74
3.4 含有许多同类设备：翻译	80
3.5 大量的同时输入：同类记录和多道程序设计	85
3.6 高可用性：可换性、预置和保护	88
3.7 运行时间效率	92
3.8 程控交换机程序设计语言的实质及要求	95
第4章 电信软件工程中的程序设计语言	97
4.1 软件工程	97

4.2 软件层结构和程序设计语言	99
4.3 程序设计语言概述	109
4.4 交换机系统描述方法	117
4.5 在电信程序设计中应用高级语言的优越性	129
第5章 现有程序设计语言的数据性能	135
5.1 引言	135
5.2 典型通用语言	136
5.3 其它通用语言	148
5.4 面向机器的语言	158
5.5 实时语言	168
5.6 面向电信的语言	175
5.7 面向电信的宏语言	203
第6章 语言特点及其和电信程序设计的关系	208
6.1 概论	208
6.2 数据说明	209
6.3 命名	220
6.4 过程	225
6.5 语句和控制	232
6.6 时间和空间效率	235
6.7 可扩充性	239
6.8 可单独编译的模块	240
6.9 参数化	241
6.10 输入/输出和中断	241
第7章 结束语	242
7.1 未谈及的问题	242
7.2 本书所阐述的内容	245
7.3 未来展望	246
参考文献	249
附件: 其它读物	253

第1章 存储程序控制交换机概论

1.1 历史

电话交换机是所有自动电信交换系统中最古老最主要的一种。目前，绝大多数电话交换机仍然使用机电元件，例如继电器来控制。

早在本世纪五十年代人们就认识到，使用数字计算机技术也能控制交换机。美国贝尔研究所首先进行把计算机技术引入公用交换机的研究工作，结果研制成了1号电子交换机（№1 ESS），并于1965年投入使用。到1975年，包括各种型号投入使用的这类交换机已超过800部，在通信网中采用或计划采用计算机控制交换系统的国家日益增加。目前，已投入使用的计算机控制的公用电话交换机约有20种不同的设计，处于高级研制阶段的就更多了。计算机控制技术不限于电话交换，还可用于其他电信交换，例如话务员座席控制、用户电报交换、信息交换、数据交换、可视电话交换和移动电话交换。目前，已有许多这样的交换系统处于研究、研制或使用的各个不同阶段。除非另作说明以外，本书主要叙述的是电话交换。显然，其他交换机系统的软件问题和电话交换机的是极其相似的。

现有机电式电话交换机，例如步进制和纵横制交换机，为用户提供了合理而经济的服务。而计算机控制可以另外带来下列优点：

（i）由于管理（改变用户信息等）比较容易，维护工作

量大大减少，所以节省了人力；

(ii) 话务容量较大；

(iii) 节省占地面积（即在同一建筑物内能安装更大容量的交换机来代替现有的交换机）；

(iv) 节省电力；

(v) 随着数字计算机技术的迅速发展，将来降低成本的可能性越来越大；

(vi) 灵活性大，在交换机寿命期（通常是20年至40年）内能适应发生的变化；

(vii) 为用户经济地提供新的服务性能。

这种系统，最早称为电子交换机，但是，现在往往称为存储程序控制交换机；简称为S.P.C.(stored program control)交换机或程控交换机。名称上的变化意味着电子交换机不一定是存储程序控制的，也可能是采用电子元件布线逻辑控制的。上述列举的优点，至少后三点是靠存储程序控制得到的，而不是由于采用了电子元件。当然，本书只讨论程控交换机。

1.2 现有程控交换机的程序设计

在早期程控交换机中，生产软件所需的工作量之大是极其惊人的。1975年已有的公用程控交换机的程序设计，除有唯一例外（5.6节），都是使用汇编语言。下表为早期程控交换机程序设计的工作量。

表1.1的前两行是用汇编语言（带有有效宏指令）书写的联机程序。后两行是脱机支援程序，是在IBM7090计算机上运行的。采用哪种语言书写后两种程序虽未明确，但是程序员的劳动生产率的显著差别（如最后一栏所示为1:4），表明它们

可能是用某种高级语言书写的。

表1.1 №1ESS的四种程序设计工作量

	程序单元	程序员人数	年数	人年	程序字	字/人年
操作程序	50	83	4	101	52000	515
维护程序	36	60	4	81	51000	630
编译程序	13	9	2 $\frac{1}{4}$	17	38000	2230
翻译程序	15	13	2 $\frac{1}{2}$	11	25000	1270
数据汇编程序						

表中数据系通过检查一个操作程序而计算得到的。

在日本D-10交换机的研制工作中也得出类似的数据。这项工作从1964年开始，第一部商用交换机在1971年开通使用。在这部交换机中程序员的联机程序生产率约为500~1000调试字/人年。这些程序是用宏指令辅助的汇编语言书写的。就程序规模说，№.1ESS和日本D-10是最大的程控交换机，两者的程序都达到250千字以上。

规模比较适中的一些例子为：

№.2ESS（美国贝尔公司）60 K

10-C（国际电话电报公司比利时贝尔电话制造公司）83 K

SP-1（加拿大北方贝尔公司）22 K

这些交换机的规模和№.1ESS及日本D-10的规模有很大差别，这可通过后面所述的特点来证明。

1.3 电话系统简述

电话交换局的基本功能是，根据需要 将电话机连接在一起，每个电话机通过一对导线接至离它最近的电话交换局，在这对线上传送话音信号以及来自用户和送给用户的信号信息。在电话交换局之间是用称为中继线的一群电路相互连接起来的。

在有许多电话交换局的系统中，每两个交换局之间都有中继线相连是不实际的。在此种情况下，各市话交换局则被接至若干汇接交换局，通过它再转接至所需要的市话局。这种汇接交换局在不同的国家里使用不同的名称，例如英国称为组中心，北美称为长途中心或 4 类交换局，等等。但可通称为一级长途交换中心。各一级中心用长途线路连接，使得与某个一级中心连接的市话交换局可以接到与另一一级中心连接的市话交换局。通常，一级中心很多，以致不容许它们全部相互连接，于是将它们分成群，每一群和一个二级中心相连接。如果二级群仍然很多，也不容许其全部相互连接，就要用三级中心（在大国家里还有四级中心）。最高一级的交换中心则全部相互连接。这样就形成了一个分级的网路结构，如图 1.1 所示。

采用这种结构就能在任何两个市话交换局之间找到一条通路。图 1.1 表示的是简单的情形，实际上，当话务量适当时，在此分级图上的不同等级中心之间需提供直达路由。这就意味着在两个市话局之间具有若干迂回路由，该分级系统必须选择最佳路由。

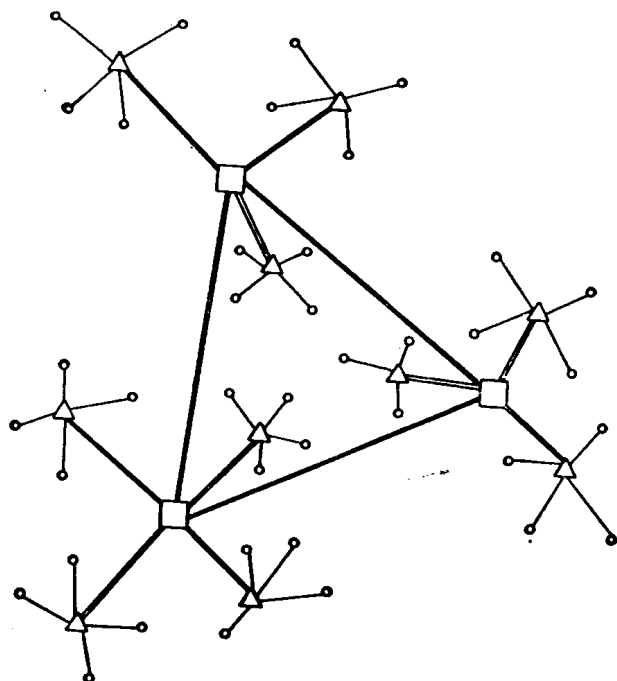


图 1·1 市话交换局分级互连的简单例子

- 市话交换局
- △——一级长途交换中心
- 二级长途交换中心
- 市话局至一级中心长市中继线路
- 一级中心至二级中心长途线路
- 二级中心至二级中心长途线路

1.3.1 规模

尽管有些市话局容量少于100门，但其典型的范围是由农村用的2000门到大城市中心的40000门。长途电路数取决于话务量，约为用户线数的10%或15%。在大城市中，典型的长途交换局容量从几百线到几万线。小城镇的市话和长途交换局功

能有时用同一交换设备来实现。

在大城市里，许多用户线是和用户单位内部的专用自动小交换机(p.a.b.x.s)连接的，在一天的最忙小时内，每一用户线的平均呼叫次数可以在1和1.5之间。对于一个40000门系统，这就是指平均每秒有11~16次呼叫。

另外通过长途线路接收的呼叫次数也相当多。所以须由控制系统处理的呼叫次数平均为20~30次新呼叫/秒。到目前为止，最忙的交换局是№.4ESS长途交换局，其设计是为了满足360000呼叫/小时的需要(Ritchie,1974)。

1.3.2 信号技术

电话终端靠发送信号向交换设备提出请求。现采用的有两种主要技术：

(i) 环路断开 这是最早的信号技术，目前仍然是使用最广泛的信号技术。它依靠改变与线对相连接的电路的直流通路而得以实现。如果电话闲着，即送受话器静止（称为挂机状态），那么终端对这线对呈现为直流开路。在这种情况下，电铃与一个电容器串联，跨接在用户线两端，借助于交变电流为来话呼叫发出信号。如果拿起送受话器进行呼叫（称为摘机状态），则建立一条直流通路，并告知交换设备需要通话。当交换设备准备好接收下一指令后，它就送出连续发送的信号，这种信号就是众所周知的拨号音。然后，用户就可以根据自己的需要，利用拨号盘拨发一串十进制数字。拨号盘是一个精巧的机件，它能在用户线上产生短时断续的脉冲，其脉冲数对应于拨号数字。这些断续脉冲一般为每秒10个脉冲，其标称断开时间为 $66\frac{2}{3}$ 毫秒，接通时间为 $33\frac{1}{3}$ 毫秒。为了在一串不同数字之

间加以区分，拨号盘的机械结构要保证两数字之间的最小接通时间至少为 200 毫秒。这个时间叫做字间间隔。通话完毕后，用户放下送受话器，消除直流状态。因此，用户线状态如图 1·2 所示。

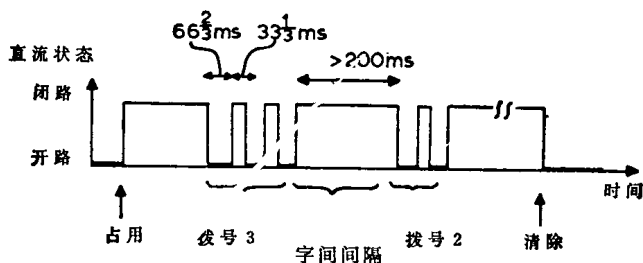
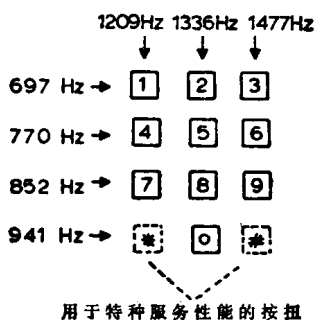


图 1·2 电话机拨号时的信号状态

某些现代电话机，用若干按钮代替旋转式拨号盘，由电话机内的电子电路再将按钮信号转换成断续方式的信号。

(ii) 多频信号 采用拨号盘会使呼叫建立时间很长，例如为了输入数字“0”（大多数国家，此数字对应于10个断续脉冲），包括字间间隔在内，需要时间至少为1.2 秒。采用 每一按钮发送两个音频的按钮话机，即可构成一种快速输入数字的方法。所选取的这些单音频率，必须使正常话音模拟信号状态的可能性减至最小。多数国家所采用的频率如图 1·3，多频信号收码器可以做成每秒能响应多达



10个数字信号。因此，如果设备能以此速度处理信息，就可以取得较快的输入。

交换设备是借助于音频信号：例如拨号音、忙音、铃音等，

来答复终端请求的。只要是人工操作的终端，这项技术是令人满意的，但是自动数据终端、自动应答机等的不增长，愈益要求采用机器能识别的简单音频信号。这就是所谓精密的频率方案，北美和其他一些国家均已采用。

当需要把一个交换局发出的呼叫接至另一交换局的用户终端时，这两个交换局和任何中间交换局之间都必须交换信号。在长途网路内采用的信号技术有很多种方法。

这些方法可分成三类：

(i) 环路断开 此种方法采用的信号代码和市话信号系统相同，但采用各种不同方法传送这些状态，例如断/续状态就用有无单音来发信号。

(ii) 多频 多频信号允许高速传送，在长途网路中，多频系统通常是从5个或6个频率中选择两个频率来传送，前者可得出10种组合，后者可得出15种组合。这种多频信号往往在两个方向上传送，所以发话局也可以接收来自受话局的指令。

(iii) 单独通道系统 在大多数普通的电话系统中，装备多频信号发码器和收码器的费用占总费用的很大部分。当两个交换局都是用计算机控制时，较好的数据交换方法是在两台计算机之间采用直达数字链路。这就节省了大量信号收码器和发码器及其存取电路所需的费用。

为了国际通信，少数信号系统已经标准化，以利于简化国际合作。同样，国内系统如若不统一，则也有可能采用几种信号系统。CCITT №.6信号系统，特别有利于计算机控制的交换机，此种信号系统在国际交换局之间的使用已经标准化，并在两交换局之间采用2.4千比/秒的直达数字链路（CCITT, 1972）。随着计算机控制的交换机的增多，可以预计，除了比

较普通的多频信号系统以外，单独通道的信号系统将逐渐增加。

1.3.3 系统结构（一般模型）

概括地说，一个交换机最简单的系统结构，如图1.4所示。此种系统结构中，每一终端固定配有一个控制单元和一个话路接线器。

控制单元响应来自终端的信号，并决定所要求的是哪个被叫终端。两控制单元之间的互连通路有一个最低限度，因为：

(a)主叫控制单元必须决定被叫终端是忙还是闲；

(b)如果被叫终端实际上空闲，那么它的相关控制单元必须被占用（即示忙），以免其他控制单元占用和产生重接。

实现后一操作的方法是，如果两个主叫控制单元同时做忙闲测试，它们不得两个都去占用被叫单元。

被叫单元一旦被占用后，话路接线器即动作，把两个终端连接起来，然后相关的控制单元必须向每一终端发送适当的信号，即向主叫终端送回铃音，向被叫终端送铃流。被叫终端应答后，信号消失，并容许对话，直至两个终端中的一个发出清除信号为止。

可以看出，控制单元有许多稳定状态，它们可以用“空闲”、“等待回答”等字眼来描述。它们由于事件的不断发生而从一种状态过渡到另一种状态。这些事件是某一终端或另一控制单元动作的结果，并通过某一特定信号状态的变化来发信号。必须注意，这种变化是表示事件，而不是表示信号状态本身的变化。例如，从无拨号音变成有拨号音，就表明控制单元准备接收路由信息。

通常，把控制单元视作一个自动机，且用状态转移图形式

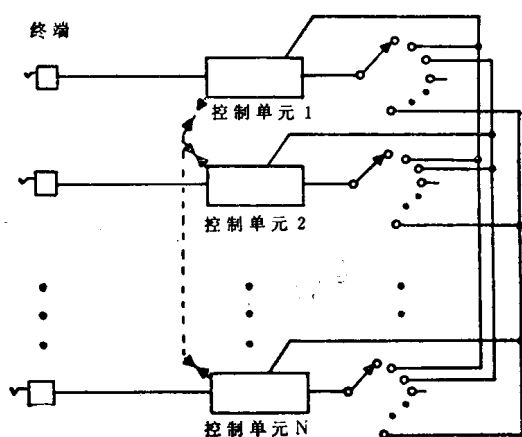


图 1·4 交换机的简单模型

——话路
控制通路

来规定其动作过程，如图1·5。图中示出每一种稳定状态和能够使控制单元改变状态的事件。例如，在空闲状态下有两种可能的重要事件，一种是相关的终端表示出主叫状态，另一种则是此控制单元被另一想完成通话的控制单元所占用（后一种情形在图1·5中没有表示出）。主叫事件必定使控制单元进入“等待拨号”状态，并须向主叫终端发送拨号音。

如同我们将在第二章详述的一样，当拨号脉冲正被接收或译码时，控制单元将经过许多状态。但是，在这里可以假设系统处在单一的“等待拨号”状态，并停留在此状态，直至下一事件发生时为止：

- 提早清除
- 所拨号码有效
- 所拨号码无效

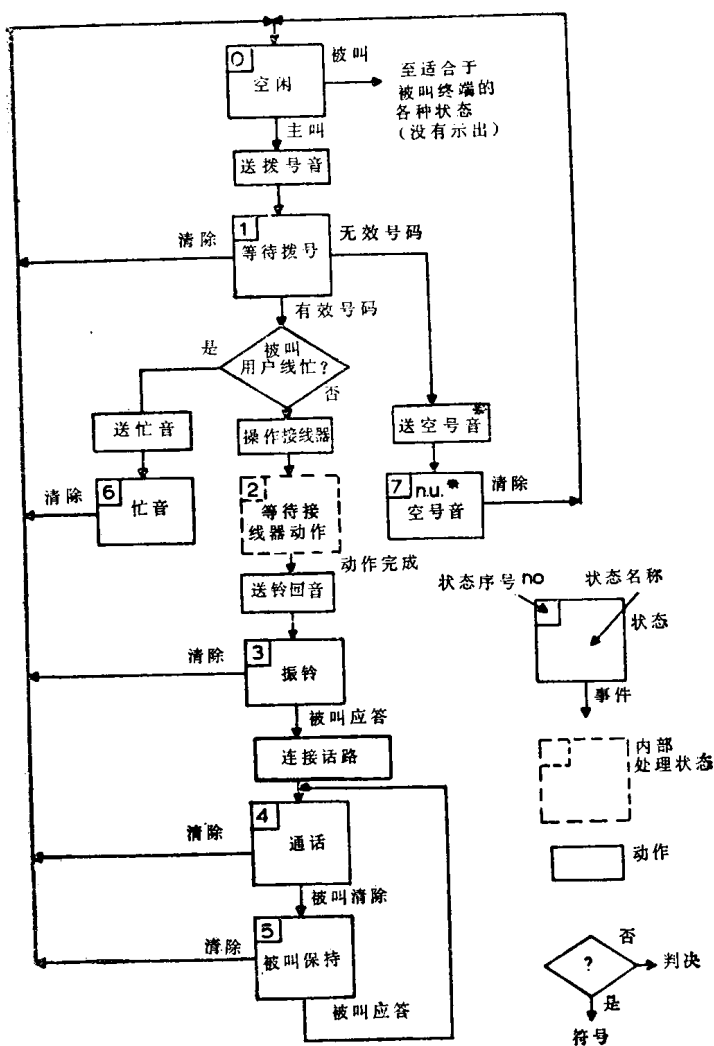


图 1.5 状态转移图举例

n.u. = 空号

断开信号音和复原接线器的动作没有表示出来