

实时系统软件设计纲要

REAL TIME NETWORK SOFTWARE DESIGN

赵 宏 新 河

早期的电子计算机主要用于计算，它不直接和其他的系统发生联系。近年来，计算机的应用范围日益扩大，出现了计算机和其他系统直接连接起来甚至形成以计算机为核心的庞大系统的情况。例如军事武器指挥系统、资料通讯 (data communication) 系统、生产过程控制系统等等。这就是所谓计算机主使系统 (computer based system)。在这种系统中的计算机，随时可能接到信号，必须及时加以处理；而且在处理过程中又可能接到新的信号。因此，考虑计算机的工作时，必须把外部世界的实在的时间考虑在内。由于这个缘故，我们就把其中的软件叫做实时软件 (real time software)。

实时软件的设计有许多困难。笔者曾主持设计了数种用于资料通讯系统的实时软件，经历过一些困难，但靠着管理方面的妥善安排而克服了困难，按计划完成了任务。本文就是打算把这方面的经验整理出来，贡献给读者。

为了使读者易于了解本文，我们将多处举例说明。但为了使本文连贯通畅，我们把大部分例子集中放在文末，正文中只注明“(见例3)”等等。

一 实时软件的特性

图1表示一个计算机和外围设备的通讯示意。这些外围设备可以是磁带机、磁盘设备、行式打印机、终端设备、追踪器 (tracker)、遥测装置、指令系统 (command system) 或特殊的过程控制装置。

电话查号系统 (图2) 就是一个实例。为了解决日益繁忙的电话查号服务，设计了这种实时连线系统 (real time on line system)，它可以使一个查询的最长应答时间不超过三秒。其工作过程简述如下：

查号员接到用户来电话查询某个个人或团体的电话号时，将该个人或团体的名字从查号座键盘输入。输入/输出处理机把输入的信息加以整理后，送到主

计算机。主机把这些信息转化为一串数字，送给磁盘控制器。磁盘控制器根据这个数字在适当的磁盘的适当位置找到有关的资料，传送到主机去。主机就根据查询的要求，加工出输出信息，传送到输入/输出处理机，再由它把这些信息转换为查号座萤光屏上的信号，显示给查号员看，最后由查号员告诉用户。从键盘完成输入到萤光屏显示；整个过程不得超过三秒钟。

由此可见，实时系统是一个必须在指定时间内完成的通讯系统。

实时系统的通讯是由中断 (interrupt) 信号带动的 (见例1)。由此通讯所需的时间必然是不定的、难以预测的。这个关键特性造成了实现实时系统的困难，比如：

- 输入/输出设备的可控制性是有限的 (见例2)。
- 中断信号寄存器的内容是因时而异、难以捉摸

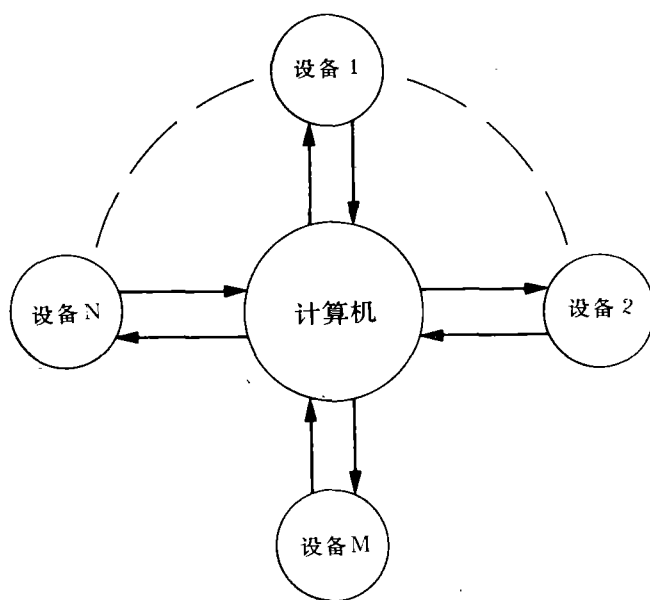


图4 实时系统

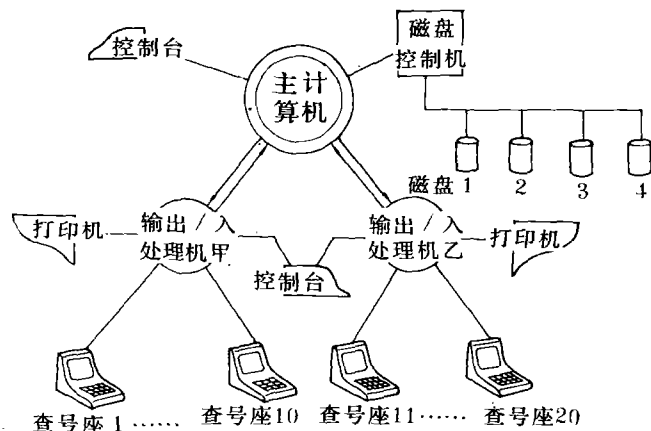


图2 电话查号系统的简图

的（见例3）。

- 中断信号到达时刻是难以确定的（见例4）。
- 软件运转失误往往是由各种条件的特殊配合造成的，在试验期间难以再现和改正（见例5）。

此外，试验期间，系统的各部件的组合经常不同于实际运转期间之各部件组合（见例6）。更有甚者，所购各部件说明书往往不完整、不详细或者有错误，许多地方要自己去摸索。

二 实时系统软件设计制造的组织管理

为了克服上述困难可以采用所谓自上而下（top down，参考〔1〕～〔6〕）的设计原则，即由设计要求出发，逐步规划出所需的各项软件、硬件。其要点如下：

1. 从系统整体着眼

整个系统包括硬件、软件、操作程序（operating procedure）、文件编录、人员训练及支援设备

（support）。管理整个设计过程或考察各方案之得失，必须用整体眼光来考虑，而不可分成不相关的各部分来处理；硬件、软件的安排不可独立看待（见例7）。

2. 从长期利益计议

在设计阶段，必须考虑到系统的整个生存周期（life cycle）的可能沿革（图3，见例8）。可检验性（testability）、可靠性（reliability）、完整性（integraty，见例9）、易维护性（maintainability）、易修改性、可转移性（transferrability）等等都是设计初期应考虑的主要事项。计算机间的约定（inter-computer protocol，见例10）、时间关系分析、入机接口（interface）也须尽快确定。此外，外围设备的输入/输出处理、缓冲寄存器的安排也要趁早着手研究。

3. 进度之汇报及控制

工作分隔结构（work breakdown structure，WBS，参考〔6〕）是一种重要的管理方法，应慎重地准备和执行（见图4）。着手做WBS之前必须具备以下条件：

A. 软件设计要求已经完全确定；

B. 上层设计已经完成（包括计算机间的约定、时间关系分析、入机接口等）。

如果这些条件尚不具备就开始做WBS，则多半是劳而无功。

在WBS中，要设下一连串的关键控制点（critical control point），也就是某个输入/输出之接口及有关工作体的试验完成日期。每一控制点的任务完成时，必须由有关部分的负责人亲自示范。这种示范有以下功用：

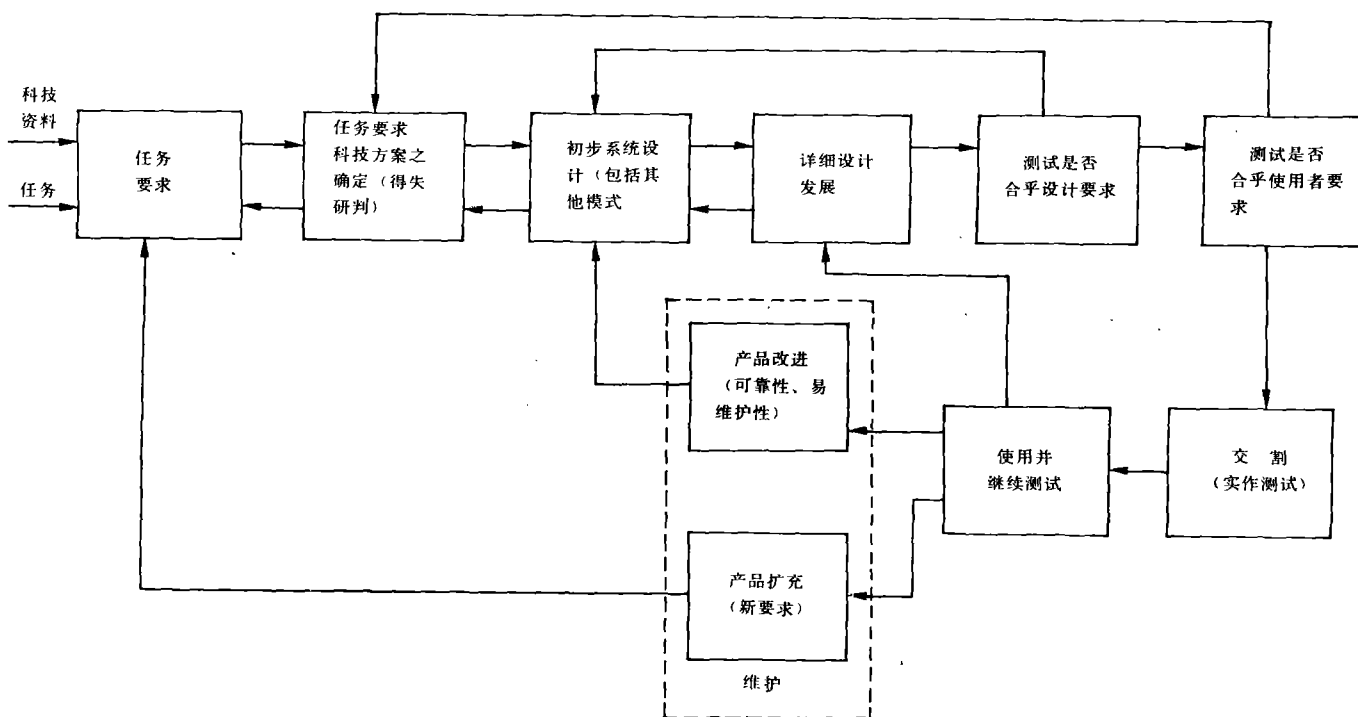


图3 系统发展之生存周期

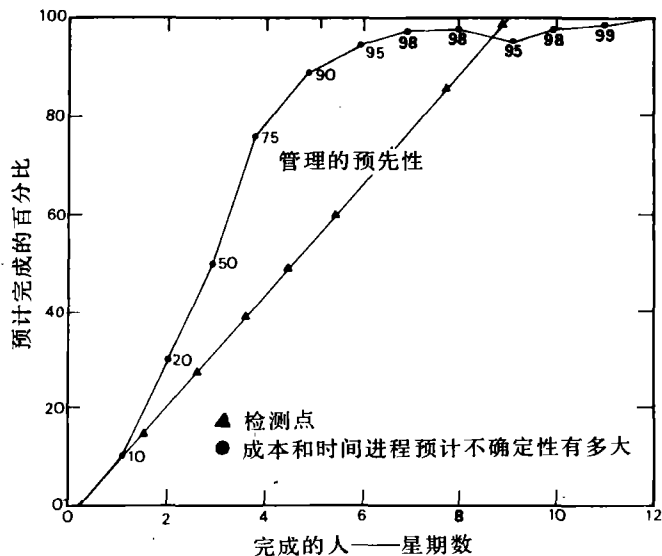


图4 设计进展可见性

A. 步步扎实地增加了整个主程序 (program) 的能力。

B. 证明各有关模块 (module) 之间能相互适应 (比如参数交换没有错误)。

C. 标志设计进程的里程碑。

D. 产生一些试验方法和步骤, 这些方法步骤常常成为有用的东西, 可以列入软件说明书内。

为了进行试验, 常常须要一些试验数据 (test data) 的发生器 (generator) 及接收器 (receiver)。这些发生器和接收器将来都可以并入各适应的模块中, 大大提高了系统的可检验性。

4. 从难处入手

高速输入 / 输出处理系统 (I / O handler) 及其有关的任务 (task) 必须先行着手设计。这是因为:

A. 它们是实时系统最难设计的部分。它们牵涉到计算机的操作系统和外部的硬设备, 也牵涉到外界软件和内部软件的接口。

B. 它们常常是试验数据的发生器或接收器 (如图2中之输入 / 输出处理机, 在检查查号系统是否正常运转时, 需用它处理、传送试验数据)。

C. 它们一旦顺利运转, 其他部分的完成就容易了。越早攻下这个难关, 整体计划越有把握。

D. 它们的早日完成, 能够帮助诊断硬件失误。

与输入 / 输出有关的部分, 经常是互相连接的 (interfacing each other), 应早日设计, 早日解决最容易出错的地方

5. 试验方案的确定

A. 软件硬件联合进行。当一个程序的 WBS 制定之后, 必须列下每一个软件试验所需的硬件及需要的日期。硬件、软件工程师必须一起做出接口约定, 不能出了毛病互相指责。

B. 设立监察组来监督控制点之试验如期正确执行。监督组必须由行家领导, 而不能由外行担任。

C. 为检查运行是否符合设计原意, 为此, 要

- 列出所有的程序参数, 如数据队列 (queue)、输入 / 输出队列、缓冲器储集 (pool) 等;

- 创造各种参数的临界条件, 有系统地核对在各种状况下运转是否符合设计原意。

D. 核对设计原意是否合乎功能要求, 为此要

- 列出主程序参数及系统参数, 如输入电缆速率、终端个数、用户查询频率等;

- 创造各种参数的临界条件, 有系统地检查在各种条件下系统是否能合乎功能要求。

E. 试验所有可能的硬件失误及补救办法, 并测试在高峰负荷 (peak load) 下, 所有中断信号同时发生时系统运行的情况。

F. 试验应从主程序与输入 / 输出设备的接口和有关的任务开始, 不应从应用任务 (application task) 开始。WBS 中的关键控制点基本上就是为了试验这些接口和有关的任务而设的。这些控制点应平均分布于软件设计过程中。

三 本方案的好处

本方案的好处就在于它能适应实时系统的特性。详言之, 表现在以下几方面:

- 使实时主程序的失误减至最小。

- 使各任务与计算机的操作系统能够早日测试。

- 使各接口能够早日测试。

- 使实时软件的差错减至最小, 尽早找出资源分配死锁 (resource deadlock)、存储越界 (storage encroachment)、时间关系紊乱、主程序不适用于所得到的硬件等等。

- 设计的进度易于掌握。

- 设计过程中的产物可以支援硬件失误诊断, 使软件硬件接口的难题减至最小。

- 主程序完成部分有可能早日用来实现计算机主使实现系统的一部分功能要求。

四 结论

根据笔者多年主持实时系统工作的经验, 有理由相信实时系统的设计与实现并不比其他复杂系统难。问题在于要做到:

- 确实认识到实时系统软件的特点;

- 订好管理方案、工作步骤并认真执行;

- 建立测试方案, 并经常做管理上的复检与调整。

笔者希望以后能有更多的这方面的论文发表于本刊。

附录

例1. 例如查号员在输入键盘上输入某行号名字时, 该输入信息就被存在中断寄存器中 (interrupt register), 处理机周期性地巡检各中断寄存器, 一经发现有中断信号存在, 马上使计算机停止原来的工作而转过来为它服务。

例2. 例如当磁盘控制机从磁盘读取资料时, 磁盘的读/写头找到所要资料的前导部分时, 立刻告诉磁盘控制机, 控制机必须在若干毫秒之内, 完成接受准备, 否则将由于磁盘快速旋转而失去阅读机会, 甚至造成阅读失误、遗落等。

例3. 如果所有查号座共用一个中断信号寄存器, 处理机必须能够辨明中断信号之来源。而且甲中断信号有可能被后来的乙中断信号取代。

例4. 如果各查号座各用一个“中断信号寄存器”, 又假设20个查号座先后输入中断信号。当处理机周期性地巡检中断寄存器时, 它并不知谁先到达。因此如何安排中断信号之处理次序及方法, 以便不超出允许时限, 便是课题。

例5. 假设由于设计时逻辑不够周密, 而允许查号座内之寄存器被待输入之信息全部占用; 同时也允许输出/入处理机之寄存器被待输出信息全部占用, 则以下之稀有情况可能发生: 那所有20个查号座之寄存器全部载满待输入信息, 而处理机的所有寄存器全部载满待输出信息。则查号座无法输入因为处理机没有未被占用之寄存器来接受输入, 反之处理机亦无法输出。查号系统因而发生死锁 (dead-lock) 而无法工作。

例6. 比如设计时以为主计算机是某牌大型计算机, 但由于经费削减, 或者价格上涨, 实际只能以两部其他厂牌之小型计算机联用来取代。则软硬件都必须重新调整。

例7. 例如图2中之输出/入处理机及主计算机, 到底只用一大型计算机配以适当软件好呢, 还是以微型计算机独立担当输出/入处理单元, 而以小型计算

机担当主计算机好呢? 两方案各对将来的维护、使用、扩展、变更等等有何影响? 须要整体考虑。

例8. 比如十年之内用户增加速率如何? 现时的设计是否能配合得上? 等等。

例9. 例如当甲输出/入处理机发生故障时, 我们是否只剩下10个查号座来服务用户呢? 还是甲处理机下属的10个查号座可以全部或部分连接到乙机上呢?

例10. 由于通讯双方是不同步 (asynchronously) 运转的, 甲方通常并不知乙方何时会送来信息, 亦不知道何时乙方完成接收甲方之信息。因此就必须有一套方案。比如一连串 (6个) “1” 到来时便表示某信息到来了, 而一连串 “0” 到来时便表示该信息结束了, 等等。

参 考 文 献

1. Tausworth, R. C., *Standardized Development of Computer software*, McGraw-Hill.
2. McGowan, Clement L., "Structured programming: A Review of Some Practical Concepts", *Computer*, IEEE, June 1975, pp 25-30.
3. Chu, Yohan, "A methodology for Software Engineering", *IEEE Trans., Software Engineering*, September 1975, pp 262-270.
4. McClure, Carma L., "Top-down, Bottom-up, and Structured Programming", *IEEE, Trans., Software Engineering*, December 1975, pp 397-403.
5. R. Turn, M.R. Davis and R. N. Reinstedt, *A Management Approach to the Development of Computer-based Systems*, The Rand Corporation, Santa Monica.
6. Paul Mali, "How to Manage by Objectives", Wiley Professional Development Programs.

□

·上接37页·

置于固定资产 (fixed assets) 项目下, 而把未来租金的现值 (present value) 置于负债 (debt) 项目下, 这个步骤叫“租赁资产化” (capitalizing the lease)。这样一来, 出租者就可以据以分析租用者实际的还债能力, 从而减少贷款的风险。

影响租赁决策的因素, 最重要的有三项: (1) 估计机器的残余价值 (residual value); (2) 因租赁而增加的信用度 (credit availability); (3) 投资奖励税则 (investment tax credit)。兹分析如下:

1. 机器的残余价值

当租约期满, 机器仍属于出租人, 此时机器的价值即是“残余价值”。表面上看, 似乎残余价值越高越有利, 但实际上并不尽然, 必须考虑其它因素, 因若残余价值高, 在租赁公司 (及其它财务公司) 的竞争下, 势必将租金金额压低到某一定程度, 因而“高残余价值”的有利因素将会消失, 从而达到平衡。

2. 信用度的增高

以前, 由于租赁金额不须填具报表; 而且租赁又是获得较长期资金的一种方式, 因而往往被视为是粉饰报表的有效工具 (尤其对有巨额外债的公司而言)。但是当FASB #13规定公司必须申报主要租赁项目后,

这个有利因素已告消失, 公司再也不能用“租赁”来提高信用度了。

3. 投资奖励

一个公司要达到某一程度的盈余及税额, 才能享受奖励投资的优待条款。如果公司多年无盈余或扩充投资太快, 而无法享受优待条款时, 尚可考虑利用“租赁”方式代替投资, 亦即将“投资奖励”之权利让给财务公司, 让它享受投资宽减额以减税, 然后财务公司相对地减少租金作为回报, 如此对两方均有利。

最后介绍租赁的一种新形式, 叫做“借贷式租赁 (leverage lease)”。做法是出租者向外举债, 借一部分资金来购买机器出租, 从而享受了“投资奖励”、“加速折旧”等等优待税则, 但同时也承担了更大风险, 因为一旦租借者无法按期缴纳租金, 他们仍要负起偿债的责任。通常这种租赁方式是由一些富裕的公司或个人为了达到减税的目的而为之, 而且逐渐成为今日财务活动中重要的一环。现在“租赁”已成为一种重要的财务活动, 将来还会有更多更复杂的租赁行为出现, 因此财务分析者和决策者必须对“租赁”予以极大的重视。

□