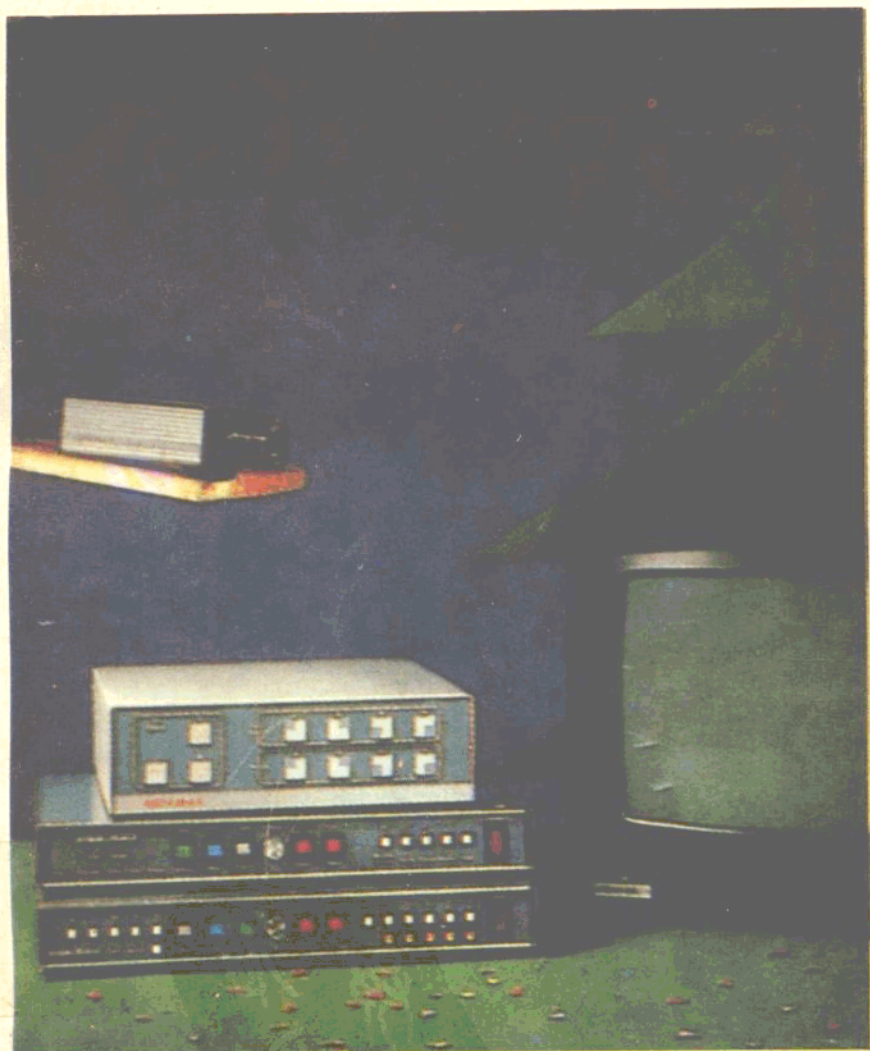


《现代电子技术》增刊

实用CAI软件制作技术 ——图文处理与动画技巧

金 钢 编



陕西电子杂志社

内容简介

本书从实用角度出发，结合作者多年开发 CAI 软件的经验 and 体会，并吸收了多种有关图书中的精华，深入浅出地讨论了大量图形、文字和动画处理方面的新颖实用技术和技巧，介绍了一些实用工具软件的使用方法和应用技术。内容充实具体，示例丰富，图文并茂，实为一本很有特色的难得的实用工具书。

本书适用于广大青少年和中小学教师学习相应知识和从事 CAI 软件制作使用，其中部分章节包括一些软件的使用方法也可供初学者使用，本书也供有关技术人员参考。

前 言

CAI (Computer Assisted Instruction——计算机辅助教学) 是一门新兴的、现代化的教育技术。优秀的 CAI 软件可以用动画或图文并茂的画面来模拟物理的、化学的、生物的以及自然界万千气象的动态变化现象, 这使得某些以往只能用语言来抽象描述的微观的、宏观的、瞬时的现象得到准确、具体、直观的表现。在电子信息技术飞速发展的今天, CAI 日益受到世界各国的重视, 得到了迅速的发展和应用。

我国自 80 年代计算机进入中小学教育领域以来, 已得到迅速发展。从改革开放至今, 我国引进的计算机中, 8 位微机 (主要为 APPLE 系列) 占了相当大的比重, 市场拥有量达 50 多万台。为适应国情, 我国自行开发的中华学习机系列的 8 位机, 还具有汉字处理能力, 而且价格低廉, 易于推广, 目前生产已达十多万台, 为中小学开展计算机教育提供了硬件环境。计算机教育作为先进的教学手段必将成为我国基础教育的一个重要组成部分。

我国随着微机不断进入学校, 进入家庭的趋势, 积极从事 CAI 软件开发研制工作的人员也愈来愈多, 尤其是广大的青少年计算机爱好者对动画制作怀有更浓厚的兴趣, 试图掌握这方面更多更深的技术和技能。但大多数人员在实际制作过程中, 普遍感到手头实用的书籍和资料缺乏, 一些好的想法无法在计算机上编程实现, 缺乏实用的软件工具和软件使用说明……有力不从心之感。特别是在图形、文字和动画处理方面, 一般书籍理论知识多, 实用方法少, 根本无法满足编制 CAI 软件的需要。因此, 帮助广大读者解决 CAI 软件开发过程中遇到的有关图形、文字和动画处理方面的实际问题, 并掌握这方面的处理方法和技巧, 这是作者编写此书的目的和愿望。

本书以实用角度出发, 从 CAI 软件制作过程中经常遇到的三个主要问题——图形、文字和动画处理技术入手, 结合作者多年编制 CAI 软件的经验 and 体会, 概括介绍了各种图形、文字和动画处理的常规方法, 深入浅出地讨论了大量新颖的图文和动画处理的实用技术, 介绍了一些屏幕显示技巧和屏幕特殊显示效果的实现方法。程序都配以程序说明、程序调用方法和参数取值范围等内容, 大量程序可直接在软件中进行调用。同时每一章都介绍一两个目前中华学习机流行的工具软件的使用技术和软件应用技术, 这些软件不但操作简单, 使用方便, 而且实用价值高, 能大大减少软件开发周期, 达到编程很难实现的效果。全书配以大量图示、程序, 内容充实, 示例丰富。

全书共分四章。第一章介绍了有关图形绘制、处理、打印的各种方法和可使用的软件。第二章以中华学习机汉字系统为背景, 讨论了各种字体汉字的生成方法和技巧, 介绍了利用《PRINT SHOP》软件进行英文字体处理的方法。第三章介绍了图形的各种屏幕展示方式, 包括软件《SUPER 万能换页机器 V1.0》的换页原理及使用。第四章讨论了各种动画生成技术, 实用软件开发工具《TAKE 1》(电影制作) 系列软件的使用方法和应用技术, 介绍了大量 CAI 软件实例。

该书全部程序均适用于 CEC-I 中华学习机, 除第二章有关内容外绝大部分程序同样适用 APPLE 机。

本书编写过程中得到了西北大学计算机系杨康善教授的大力支持和帮助, 另外西安市

第八十九中学的刘子芳老师在百忙中审阅了全稿，并提出许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

前言

计算机辅助教学(Computer Assisted Instruction—CAI)是一门新兴的学科，也是当前教育领域中应用最广泛、发展最快的学科之一。随着计算机技术的飞速发展，CAI在教学中的应用越来越广泛，它不仅改变了传统的教学模式，而且为教师和学生提供了更加灵活、个性化的学习环境。本书正是在这样的背景下编写而成的，旨在为从事计算机辅助教学工作的教师和学生提供一本实用的参考书。

本书共分八章，第一章介绍CAI的发展概况、特点及分类；第二章介绍CAI的教学设计；第三章介绍CAI的教学软件；第四章介绍CAI的教学资源；第五章介绍CAI的教学评价；第六章介绍CAI的教学管理；第七章介绍CAI的教学应用；第八章介绍CAI的教学展望。本书力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进，既可作为教师培训教材，也可作为中小学教师继续教育教材，还可作为广大教师和学生自学CAI的参考书。

本书在编写过程中，参考了国内外许多有关CAI的文献资料，并得到了许多同行专家的指导和帮助，在此表示衷心的感谢。由于编者水平有限，书中难免存在一些不足之处，恳请广大读者批评指正。本书的出版得到了西安电子科技大学出版社的大力支持，在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中，参考了国内外许多有关CAI的文献资料，并得到了许多同行专家的指导和帮助，在此表示衷心的感谢。由于编者水平有限，书中难免存在一些不足之处，恳请广大读者批评指正。本书的出版得到了西安电子科技大学出版社的大力支持，在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中，参考了国内外许多有关CAI的文献资料，并得到了许多同行专家的指导和帮助，在此表示衷心的感谢。由于编者水平有限，书中难免存在一些不足之处，恳请广大读者批评指正。本书的出版得到了西安电子科技大学出版社的大力支持，在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中，参考了国内外许多有关CAI的文献资料，并得到了许多同行专家的指导和帮助，在此表示衷心的感谢。由于编者水平有限，书中难免存在一些不足之处，恳请广大读者批评指正。本书的出版得到了西安电子科技大学出版社的大力支持，在此表示衷心的感谢。

序 言

近几年来,随着电子信息技术的高速发展,使得昔日曾是身价百倍、鲜为人知的现代科学技术杰作——微型计算机,步入寻常百姓家,成为企业、机关、学校、乃至家庭工作和生活必须的设备。微型计算机的应用也遍及数值计算、事务处理、实时控制、辅助系统等各个方面。崭新的应用领域还在不断地扩展。

计算机辅助教学(简称CAI)是一门新兴的、现代化的教育方式,也是世界各国广泛重视的、正在深入研究的计算机应用领域。CAI软件可以用图文并茂的画面或某些动画技术来模拟现实世界中变化万千的现象,使得以往只能用语言抽象描述的现象得到直观、准确的表达。它对青少年的智力开发、科学技术的推广应用、计算机知识的普及起着巨大的推动作用。

然而,在微型计算机屏幕上显示的色彩斑斓,令人眼花缭乱的众多图形、文字是怎样产生的?屏幕上动画处理技术的奥秘何在?这是许多计算机应用者想了解的。特别是:这些技术能否在结构简单、价格低廉、我国中小学教育部门已普及的中华学习机上实现,更是广大青少年计算机爱好者所关注的。《实用CAI软件制作技术——图文处理与动画技巧》这本书,从实用角度出发,从CAI软件制作过程中经常遇到的图形、文字和动画处理三个主要问题入手,结合作者多年编制CAI软件的经验和体会,概括地介绍了各种图形、文字和动画处理的常规方法;深入浅出地讨论了大量新颖的图文和动画处理的实用技术;详细阐述了一些屏幕显示技巧和屏幕特殊显示效果的实现方法。在叙述基本原理的同时,还列举了许多实例,并配有详细说明。同时对中华学习机上当前流行的一些工具软件的使用技术,也作了必要的描写,使读者对计算机辅助教学软件的制作有一个全面的了解。

众所周知,图形文字与动画处理不仅在CAI软件的制作过程中经常遇到,在其它计算机应用领域也是必不可少的。掌握了本书所介绍的方法和技巧之后,不难举一反三,将它扩展到计算机应用领域的各个方面。

计算机应用是一项实践性很强的工作,边阅读本书,边上机实践,将会收到事半功倍的效果。该书示例丰富、内容充实,所列程序均经过上机实践,是一本具有一定特色的难得的实用工具书。

本书的作者从小对计算机就有浓厚的兴趣,他在中学上学时就由西安计算机学会和陕西省计算机学会推荐,多次参加全国计算机应用竞赛,并获得各种奖励。上大学以后,他百尺杆头更进一步,在学习基础理论的同时,又将大量的实践经验进行总结提高。

本书内容丰富,重点突出,结构合理,层次分明,是一本学习计算机辅助教学软件制作的实用性很强的教材。作者虽在计算机领域涉足未深,但在阅读本书时不难看出他具有勇于实践,努力开拓的创业精神。本人在此权且抛砖引玉,欣以为序。

杨康善 于1993年10月1日

目 录

图形学文 章二第

(15)	第一章 图形绘制与处理	1.1 CEC-I 绘图原理	(1)
(78)	1.1.1 系统存储器分配	1.1.2 屏幕显示方式	(6)
(88)	1.1.3 显示页结构	1.2 图形绘制	(11)
(98)	1.2.1 BASIC 语言绘图	1.2.1.1 低分辨彩色绘图	(11)
(10)	1.2.1.2 高分辨彩色绘图	1.2.2 汇编语言绘图	(13)
(29)	1.2.3 高分辨图形造型	1.2.4 绘图工具软件	(22)
(39)	1.2.4.1 图形编辑与造型表操作软件——《PIXIT》	1.2.4.2 《BLAZING PADDLES》软件简介	(22)
(49)	1.3 图形处理	1.3.1 图形反相	(27)
(60)	1.3.2 图形颠倒	1.3.3 图形翻身	(29)
(70)	1.3.4 图形合并	1.3.5 图形横向压缩	(31)
(80)	1.3.6 图形纵向压缩	1.3.7 图形横向放大	(34)
(90)	1.3.8 图形纵向放大	1.3.9 图形缩小	(36)
(100)	1.3.10 图形放大	1.3.11 图形易位	(39)
(110)	1.3.12 局部图形存储及还原	1.3.13 图形压缩存储及还原	(41)
(120)	1.3.14 利用 16K 语言卡存储图形	1.3.15 封闭区域涂色	(43)
(130)	1.4 图形打印	1.4.1 低分辨图形打印	(46)
(140)	1.4.2 高分辨图形打印	1.4.2.1 高分辨图形整幅打印	(46)
(150)	1.4.2.2 高分辨图形局部打印		(63)

第二章 文字处理

2.1	CEC-I 汉字系统使用简介	(71)
2.2	CEC-I 文字处理子程序	(72)
2.3	文字处理方法	(87)
2.3.1	文字放大	(87)
2.3.2	文字反相	(88)
2.3.3	加重体	(89)
2.3.4	空心字	(89)
2.3.5	斜体字	(91)
2.3.6	空心斜体字	(92)
2.3.7	虚字	(93)
2.3.8	多次空心处理	(94)
2.3.9	多次斜体处理	(94)
2.4	应用《PRINT SHOP》进行文字处理	(95)

第三章 换页处理

3.1	建立高分辨页面基地址表	(99)
3.2	各种换页形式	(100)
3.2.1	展开式换页	(100)
3.2.1.1	纵向展开换页	(100)
3.2.1.2	横向展开换页	(104)
3.2.2	分块展开式换页	(106)
3.2.2.1	纵分四块换页	(106)
3.2.2.2	横分四块换页	(109)
3.2.2.3	分块向上向下换页	(110)
3.2.2.4	分块向左向右换页	(112)
3.2.3	交叉式换页	(114)
3.2.3.1	纵交叉 (I、II) 换页	(114)
3.2.3.2	横交叉 (I、II) 换页	(116)
3.2.3.3	上下行交叉换页	(118)
3.2.3.4	左右列交叉换页	(119)
3.2.4	窗口放缩式换页	(120)
3.2.4.1	窗口放大换页	(120)
3.2.4.2	窗口缩小换页	(122)
3.2.5	卷绕式换页	(124)
3.2.5.1	局部向上、向下卷绕换页 (I)	(124)
3.2.5.2	局部向上、向下卷绕换页 (II)	(127)
3.2.5.3	局部向左、向右卷绕换页 (I)	(130)

3.2.5.4 局部向左、向右卷绕换页 (II)	(133)
3.2.6 流动式换页	(136)
3.2.7 旋转式换页	(138)
3.2.7.1 表针旋转式换页	(138)
3.2.7.2 斜边旋转式换页	(141)
3.3 软件《SUPER 万能换页机器 V1.0》	(145)
3.3.1 “万能换页”原理及其实现方法	(145)
3.3.2 《SUPER 万能换页机器 V1.0》软件简介	(148)

第四章 动画处理及 CAI 软件制作

4.1 动画技术	(151)
4.1.1 字符动画	(152)
4.1.2 用绘图语句实现动画	(154)
4.1.3 造型表动画	(157)
4.1.4 快速动画	(163)
4.1.4.1 图块搬移技术实例——锤 剪 包	(163)
4.1.4.2 单个物体移动实例——减法练习	(173)
4.1.4.3 多个物体同时移动实例——十字路口	(176)
4.2 《TAKE 1》系列软件介绍	(193)
4.2.1 《TAKE 1》系统盘的使用	(193)
4.2.2 《TAKE 1 PROGRAMMER'S TOOLKIT》详解	(198)
4.3 使用《TAKE 1》编制 CAI 软件实例	(201)
4.3.1 动画演示“相遇问题”	(201)
4.3.2 《眼睛的构造及视觉的形成》软件简介	(216)

附 录

附录 A 编辑汇编程序 EDASM 使用方法	(221)
附录 B 6502 指令符号	(227)
附录 C 6502 指令表	(229)
附录 D ASCII 码	(234)

1.1 CEC-1 绘图原理

船期表5月份 MAY 1-31

\$7700 ± ~\$6000 ±

核心部件, 具有“记忆”功能。 02000 ~ 00000

核心部件, 具有“记忆”功能。 02000 ~ 00000

地址: 北京市东城区东直门内大街 2 号 邮编: 100027

九盘寺。这天付账时的情景很人。

77743 - 09/11/01

CEC-I 的 64K RAM 空间共划分为 256 页, 每页 256 个单元。单元的高位地址就是

页次号码。\$ 00~\$ FF 为第零页；\$ 100~\$ 1FF 为第一页；\$ 200~\$ 2FF 为第二页...
...。CEC-I RAM 空间的分配及用途如下表所示。



CEC-I 内存贮器分配图

CEC-I RAM 分配及用途

地 址	用 途
\$ 0000 ~ \$ 00FF	系统 RAM
\$ 0100 ~ \$ 01FF	系统堆栈
\$ 0200 ~ \$ 02FF	键盘输入缓冲区
\$ 0300 ~ \$ 03FF	部分单元为向量地址
\$ 0400 ~ \$ 07FF	文本与低分辨率图形第一页
\$ 0800 ~ \$ 0BFF	文本与低分辨率图形第二页
\$ 0C00 ~ \$ 1FFF	用户区
\$ 2000 ~ \$ 3FFF	高分辨图形第一页
\$ 4000 ~ \$ 5FFF	高分辨图形第二页
\$ 6000 ~ \$ BFFF	用户区
\$ C000 ~ \$ CFFF	I / O(输入 / 输出)空间
\$ D000 ~ \$ FFFF	用户区

零页

由于 6502 指令系统中采用零页寻址方式的指令很多，因此零页（\$ 0000~\$ 00FF）在系统软件中占有非常重要的地位，大部分单元被监控程序、BASIC 解释程序和 DOS 系统占用，只有少量单元可供用户使用。零页部分单元的用途如下：

\$ 00~\$ 02 返回CEC-BASIC指令。通常为4C 3C D4。

\$ 0A~\$ 0C	存放处理USR函数的转移地址。
\$ 0D~\$ 17	CEC-BASIC的指针和计数器。
\$ 20	存放文本窗口左边框位置。 $0 \leq X \leq 39$, 通常为0。
\$ 21	存放文本窗口宽度。 $1 \leq X \leq 40$, 通常为40。
\$ 22	存放文本窗口上边框位置。 $0 \leq Y \leq 23$, 通常为0。
\$ 23	存放文本窗口下边框位置。 $1 \leq Y \leq 24$, 通常为24。
\$ 24	光标水平位置。
\$ 25	光标垂直位置。
\$ 30	低分辨率图形颜色单元。
\$ 32	字符显示方式控制单元。\$ FF为正常; \$ 3F为反相; \$ 7F为闪烁。
\$ 36~\$ 37	字符输出软开关。通常为\$ FDF0, 当PR#n后, 指向\$ Cn00。
\$ 38~\$ 39	字符输入软开关。通常为\$ FDI0, 即键盘作为输入字符设备。当IN#n后, 指向\$ Cn00。
\$ 3C~\$ 3D	磁带存贮程序起始地址。
\$ 3E~\$ 3F	磁带存贮程序终止地址。
\$ 62~\$ 66	最后乘/除的结果。
\$ 67~\$ 68	指向CEC-BASIC程序首地址。开机时为\$ 0801。
\$ 69~\$ 6A	指向简单变量存贮区的起始地址。即LOMEM值。
\$ 6B~\$ 6C	指向数组存贮区的起始地址。
\$ 6D~\$ 6E	指向使用中的数组存贮区的末地址。
\$ 6F~\$ 70	指向字符串存贮区的起始地址。
\$ 71~\$ 72	通用指针。
\$ 73~\$ 74	存放HIMEM值。
\$ 75~\$ 76	存放正在执行的程序行号。
\$ 77~\$ 78	存放被CTRL-C、STOP、END中断的程序行号。
\$ 79~\$ 7A	存放下次要执行语句在内存中的地址。
\$ 7B~\$ 7C	目前READ正执行的DATA语句行号。
\$ 7D~\$ 7E	目前READ正读DATA语句中数据在内存中的地址。
\$ 81~\$ 82	最后使用的变量名称。
\$ 83~\$ 84	最后使用的变量值的指针。
\$ 9D~\$ A3	主浮点累加器。
\$ A4	用于浮点运算。
\$ A5~\$ A8	从浮点累加器。
\$ AF~\$ B0	指向程序结束地址。
\$ B1~\$ C8	读字符子程序。CEC-BASIC得到字符都要调用它。
\$ C9~\$ CD	随机数的存贮位置。
\$ DA~\$ DB	错误语句行号。
\$ DC~\$ DD	ONERR错误地址。

\$DE	错误代码。	存放设置画面US2R显示数据	\$0A~\$0C
\$DF	发生错误时的堆栈指针。	CEC-BASIC的堆栈指针	\$0D~\$1F
\$E0~\$E2	高分辨绘图的X和Y坐标。	窗口窗口本文数据	\$20~\$22
\$E4	高分辨绘图的颜色代码。	窗口窗口本文数据	\$23~\$25
\$E6	存放高分辨绘图操作页码。\$20即设操作页为第一页；\$40即设操作页为第二页。	窗口窗口本文数据	\$26~\$28
\$E7	存放SCALE值。	窗口窗口本文数据	\$29~\$2B
\$E8~\$E9	存放造型表首地址。	窗口窗口本文数据	\$2C~\$2D
\$EA	高分辨图形碰撞计数器。	窗口窗口本文数据	\$2E~\$2F
\$F1	显示速度值。	窗口窗口本文数据	\$30~\$31
\$F4~\$F8	ONERR指标。	窗口窗口本文数据	\$32~\$36
\$F9	存放ROT值。	窗口窗口本文数据	\$37~\$38
• 系统堆栈	存放系统堆栈数据。	窗口窗口本文数据	\$39~\$3F
第1页(\$0100~\$01FF)是CEC-I的系统堆栈。它是按照先进后出原则存放数据的一个特殊区域。通常用来存贮子程序返回地址和部分寄存器的内容。许多监控子程序都是先将寄存器的内容保存,完成某一功能后,再将各寄存器内容复原。这样调用子程序后可不改变寄存器的内容,使程序正常运行。			
• 键盘输入缓冲区	存放键盘输入数据。	窗口窗口本文数据	\$40~\$4F
第2页(\$0200~\$02FF)是CEC-I系统的键盘输入缓冲区。由于键盘输入字符串的长度受缓冲区大小的制约,所以在BASIC和监控状态下每次输入的字符个数不得超过256。			
• 向量地址	存放向量地址。	窗口窗口本文数据	\$50~\$5F
CEC-I的监控程序和DOS使用第3页(\$0300~\$03FF)的少数高地址单元作为向量地址。使用情况如下:			
\$3D0~\$3D2	转向DOS热开工入口(JMP \$9DBF)。	窗口窗口本文数据	\$60~\$62
\$3D3~\$3D5	转向DOS冷开工入口(JMP \$9D84)。	窗口窗口本文数据	\$63~\$65
\$3D6~\$3D8	转向文件管理程序入口(JMP \$AAFD)。	窗口窗口本文数据	\$66~\$68
\$3D9~\$3DB	转向磁盘驱动程序(RWTS)的入口(JMP \$B7B5)。	窗口窗口本文数据	\$69~\$6B
\$3DC~\$3E2	读取系统工作区首地址子程序。	窗口窗口本文数据	\$6C~\$6E
\$3E3~\$3E9	读取IOB表首地址子程序。	窗口窗口本文数据	\$6F~\$75
\$3EA~\$3EC	转向设置DOS改变输入/输出设备程序入口(JMP \$A851)。	窗口窗口本文数据	\$76~\$78
\$3EF~\$3F1	转向BRK指令中断处理子程序。	窗口窗口本文数据	\$79~\$7B
\$3F2~\$3F3	RESET转移向量(地址)。如果“\$A5”与\$3F3的内容异或的结果等于\$3F4的内容,则RESET向量有效。否则,RESET中断将使自启动程序做冷启动。	窗口窗口本文数据	\$7C~\$7D
\$3F5~\$3F7	转向处理“&”命令的程序入口。	窗口窗口本文数据	\$7E~\$7F
\$3F8~\$3FA	转向处理CTRL-Y的程序入口。	窗口窗口本文数据	\$80~\$82
\$3FB~\$3FD	转向不可屏蔽中断向量处理子程序。	窗口窗口本文数据	\$83~\$85
\$3FE~\$3FF	IRQ中断向量。	窗口窗口本文数据	\$86~\$87

一些短小的机器语言子程序，可存放在第3页的低地址部分。

显示缓冲区

\$0400~\$07FF 是文本和低分辨率图形显示缓冲区第一页。共 1024 个单元，其中 64 个单元未在屏幕上显示，这些单元被扩展卡 ROM 中的程序使用。

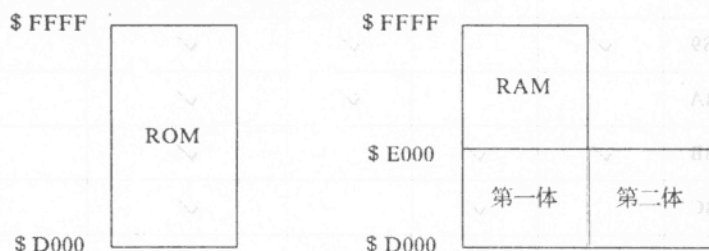
\$0800~\$0BFF 是文本和低分辨率图形显示缓冲区第二页。由于 BASIC 程序通常是从 \$800 开始存放，所以这一区域一般被 BASIC 程序占用，不用作文本显示和低分辨率绘图。

\$2000~\$3FFF 被高分辨图形显示缓冲区第一页占用；\$4000~\$5FFF 被高分辨图形显示缓冲区第二页占用。当用户不使用绘图语句或只需一页绘图时，其余部分可存放程序和数据。

三、存储体空间的切换

存储体空间切换就是通过设置存储体切换控制开关，使同一逻辑地址空间可映射到多个同样大小的物理地址空间，从而达到扩展机器存储器容量的目的。

内存中 \$D000~\$FFFF 为存储体切换空间。它可映射到两个物理地址空间，一是 12K ROM，另一物理空间是 16K RAM。RAM 中 \$D000~\$DFFF 又可映射为 2 个 4K RAM，分为第一存储体和第二存储体。如图所示。



存储体切换空间分配图

12K ROM 用于存放监控程序和 BASIC 解释程序；16K RAM 一般用来存放整数 BASIC 以及其它软件系统程序，或用户扩展使用。

存储体的切换是通过改变软开关的状态来实现的。通过设置实现三个选择：一是该空间映射到 ROM 还是 RAM；二是允许写还是禁止写 RAM；三是地址 \$D000~\$DFFF 是映射到第一存储体还是第二存储体。

下表列出了 \$D000~\$FFFF 存储体切换的软开关地址。

通过对这些地址的访问，就可设置相应的软开关，实现对该空间存储体空间的切换。

在地址 \$D000~\$DFFF 中，两个 RAM 体，不能选为读一个 RAM，写另一个 RAM 体，只能选择读写同一个 RAM 体。另外，对空间 \$D000~\$FFFF 不能选择读其中一部分 ROM，再读剩余部分的 RAM。因此，不能读 ROM 中的监控程序，同时再读该空间的 RAM。若要使该空间 RAM 中的程序能调用监控程序，必须将监控程序拷贝到 RAM 中。

CEC-I 在加电或复位时，地址空间 \$D000~\$FFFF 的初始状态被设置为允许读 ROM，允许写 RAM，4K RAM 是第二存储体。

CEC-I 存储体空间切换的软开关地址

软开关地址	写RAM	读RAM	读ROM	4K RAM 体	
				第一存储体	第二存储体
\$ C080		✓			✓
\$ C081	✓		✓		✓
\$ C082			✓		✓
\$ C083	✓	✓			✓
\$ C084		✓			✓
\$ C085	✓		✓		✓
\$ C086			✓		✓
\$ C087	✓	✓			✓
\$ C088		✓		✓	
\$ C089	✓		✓	✓	
\$ C08A			✓	✓	
\$ C08B	✓	✓		✓	
\$ C08C		✓		✓	
\$ C08D	✓		✓	✓	
\$ C08E			✓	✓	
\$ C08F	✓	✓		✓	

1.1.2 屏幕显示方式

CEC-I 的显示方式可分三类：一是文本方式，二是图形方式，三是图文混合显示方式。图形方式又有低分辨图形方式和高分辨图形方式之分。图文混合显示方式是字符和图形同时在屏幕上显示，无论在低分辨图形方式还是高分辨图形方式下，屏幕下方都留有四行文本字符的显示区。

一、文本方式

文本方式下可显示大小写英文字母、数字、标点符号和其它常用字符共计 96 种。全屏幕分 24 行，每行 40 个字符，可显示 960 个字符。

文本显示有正常方式（黑底白字）、反相方式（白底黑字）、闪烁方式（正常方式和反相方式交替）这三种显示方式，分别由 BASIC 语句 NORMAL、INVERSE 和 FLASH 控制。

二、图形方式

• 低分辨率图形方式

低分辨率图形方式与文本显示共用同一缓冲区。文本方式下字符的大小等于低分辨率图形方式下两个色块的大小，因此，在低分辨率图形方式下，横向显示 40 个色块，纵向为 48 个，共 1920 个色块。每个色块可显示 16 种颜色。两个纵向排列的色块对应一个内存单元，颜色分别由字节的高 4 位和低 4 位表示。

• 高分辨图形方式

高分辨图形的分辨率横向为 280 点，纵向 192 点，共有 53760 点。可显示 6 种颜色。横向 7 个点对应一个内存单元的低 7 位，最高位用来控制颜色。

三、图文混合显示方式

CEC-I 的图文混合显示就是在图形显示状态下，屏幕底部留有 4 行文本字符显示区。在文本混合显示方式下，低分辨率图形可显示 $40 \times 40 = 1600$ 个色块，高分辨图形可显示 $280 \times 160 = 44800$ 个点。

注意：在高分辨图形与文本混合显示方式下，底部图形虽未在屏幕上显示，但绘图同样有效。

四、显示方式的转换

选择不同的显示方式，可用软开关进行转换。通过访问开关状态所对应的内存单元，就能进入相应的显示方式。下表列出了控制显示方式选择的软开关。

屏幕显示软开关

开关	功 能	内存地址单元		BASIC 指令	汇编指令
		16 进制	10 进制		
1	图形方式	\$ C050	49232	POKE-16304, 0	STA \$ C050
	文本方式	\$ C051	49233	POKE-16303, 0	STA \$ C051
2	全屏幕方式	\$ C052	49234	POKE-16302, 0	STA \$ C052
	混合方式	\$ C053	49235	POKE-16301, 0	STA \$ C053
3	第一页	\$ C054	49236	POKE-16300, 0	STA \$ C054
	第二页	\$ C055	49237	POKE-16299, 0	STA \$ C055
4	低分辨率方式	\$ C056	49238	POKE-16298, 0	STA \$ C056
	高分辨方式	\$ C057	49239	POKE-16297, 0	STA \$ C057

进行显示方式转换时，选择一个或几个相应的软开关即可。如从文本方式进入高分辨图形第二页全屏幕显示方式时，可使用如下命令：

POKE-16304, 0: POKE-16302, 0: POKE-16297, 0: POKE-16299, 0

而从高分辨图形第一页混合显示方式转换为高分辨图形第一页全屏幕显示方式时，只需键入：

POKE-16302, 0

1.1.3 显示页结构

CEC-I 中, 所有显示方式都使用同一种基本地址分配方法: 即字符或图形数据按行存储, 每行占连续的 40 个字节。但显示存储器地址与显示器上位置并非按顺序排列的, 而是将屏幕分成三个部分, 每部分显示存储器相邻两行数据在显示器上显示位置相隔 8 条线。这一方式叫折叠显示数据在存储器中的存储方式, 利用这一方式在 1K 字节中存储 960 个显示数据。

文本方式、低分辨图形方式、高分辨图形方式的显示页结构如下图所示。

显示地址	显示数据
\$ 400	1024
\$ 480	1152
\$ 500	1280
\$ 580	1408
\$ 600	1536
\$ 680	1664
\$ 700	1792
\$ 780	1920
\$ 428	1064
\$ 4A8	1192
\$ 528	1320
\$ 5A8	1448
\$ 628	1576
\$ 6A8	1704
\$ 728	1832
\$ 7A8	1960
\$ 450	1164
\$ 4D0	1232
\$ 550	1360
\$ 5D0	1488
\$ 650	1616
\$ 6D0	1744
\$ 750	1872
\$ 7D0	2000

