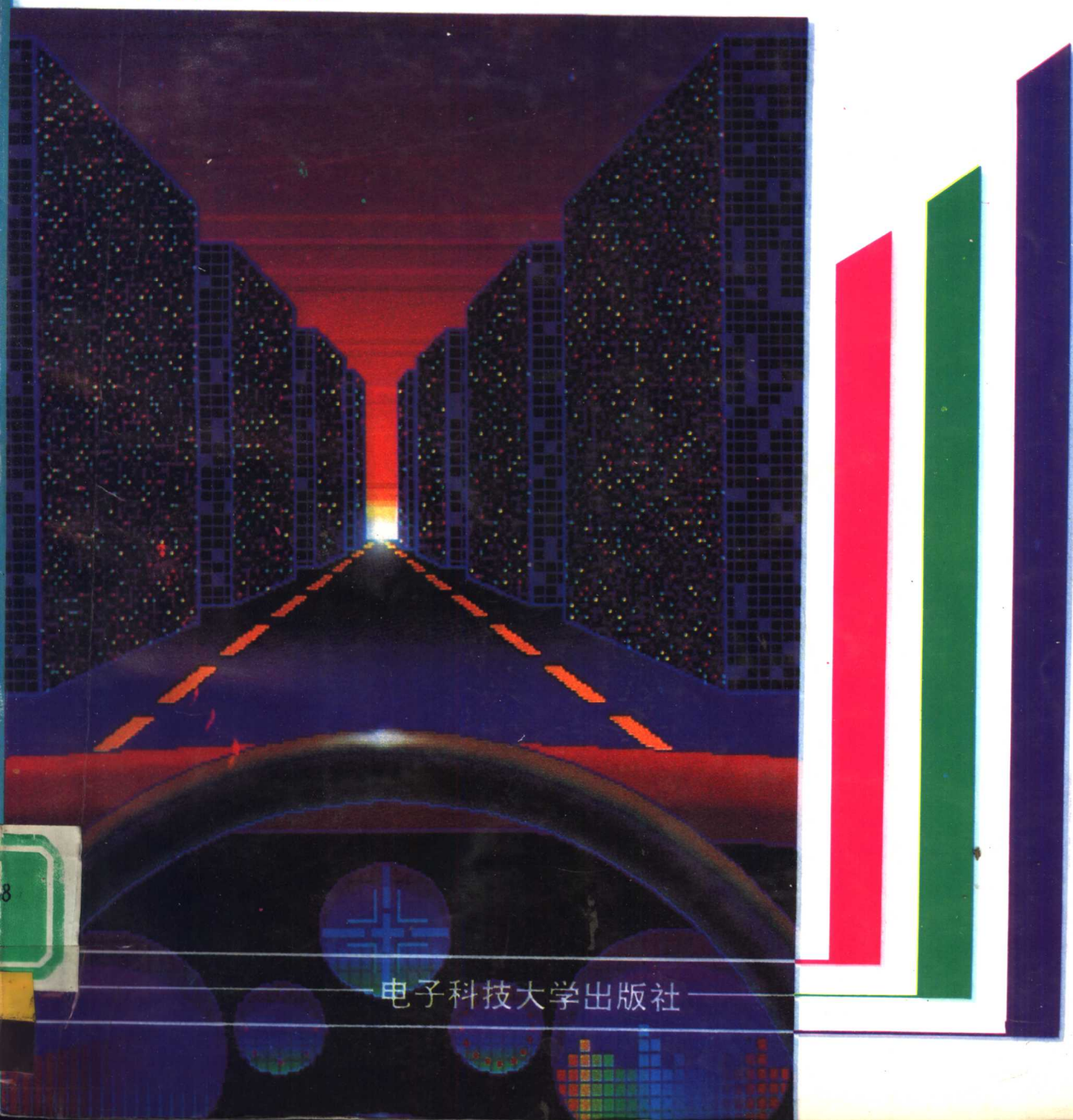


大型电子游戏机原理 及维修

张素彪 编著



电子科技大学出版社

大型电子游戏机原理及维修

张素彪 编著

电子科技大学出版社

[川]新登字 016 号

内 容 简 介

本书从硬件维修的角度出发,系统、全面地介绍了大型电子游戏机的原理及维修技术,其系统全面性为国内少见。

大型电子游戏机的电脑板、扫描板、开关电源盒各自独立,具有不同的工作原理,该书分九章逐个进行了原理讲解及维护指导,并列举了大量实例。

本书注重实际,能使维修人员的理论水平和实践技能得到进一步提高。

大型电子游戏机原理及维修

张素彪 编著

*

电子科技大学出版社出版

(四川成都建设北路二段四号)邮编 610054

四川省金堂新华印刷厂印刷

新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 17.375 字数 401 千字
版次 1995 年 12 月第一版 印次 1995 年 12 月第一次印刷
印数 1—6000 册
ISBN 7-81043-200-1/TN·23
定价: 17.00 元

前 言

随着电子技术的发展,人民生活水平的提高,电子游戏机已普及到家庭,关于家用游戏机的原理与维修,已有很多书刊作了具体地介绍,但有关大型游戏机的原理与维修方面的资料却很少。本书从硬件维修的角度出发,介绍了大型电子游戏机的原理与维修技术。

大型电子游戏机的电脑板、扫描板、开关电源盒各自独立,工作原理也不相同。本书以电子游戏机基础为开篇,介绍了游戏机方面的基本知识。第二章介绍电脑板广泛应用的可编程器件——PAL 和 GAL,为后续分析电脑板线路奠定基础。第三、四两章讲述了电脑板的基本工作原理,以快打二代电脑板为例分析了游戏图像与音响产生的过程。第五章以苹果游戏机的电路为例做了具体的分析。在第六章中系统地分析了游戏机电脑板故障产生的原因及检修故障的一般方法,并列举了大量维修实例,以便读者入门后能迅速地排除电脑板的常见故障。第七章分析了扫描板电路基本工作原理及故障维修方法。第八章介绍了彩色显像管有关方面的知识,同时讲述了大型电子游戏机的整机调试技术。第九章分析了开关电源盒电路及故障检修的过程。

当然,游戏机中电脑板的维修不同于一般的电子产品,它采用计算机技术合成游戏图像与音响,从而对维修人员提出了更高的要求。若仅有模拟电子技术的基本知识,难以胜任高水平维修的需要,这就要求从事电脑板维修的人员应具有扎实的数字电路及计算机软硬件方面的基本知识。书中内容在安排上注重了初学者的需要,在故障维修方面突出两点:一是根据原理图分析确定故障部位,进而排除故障;二是以流程图的方式“按图索骥”检修游戏机故障。这样既满足了初学者的愿望,又能使具有一定维修经验的人员其理论水平 and 实践技能得到进一步提高。

简要说明的是,大型电子游戏机电脑板的技术资料较少,有关这方面的原理图就更难见到。作者急读者所需,依据电脑板等印制线路板绘制了书中的原理图,在编写过程中,尽管作了多次校对,可能仍有漏画或错画之处,再加上作者的水平有限,错误之处在所难免,希望读者批评指正,以便再版时改正。

在本书的编写过程中,蚌埠无线电二厂华冠电子经营部总经理杨宏德同志提供了大量的实物资料。新疆石油学校工程师刘祖其同志参加了八、九两章的编写工作,全部书稿经宋在龙同志审阅,提出了许多宝贵的意见和建议。在绘图工作中得到张家玺、凌有翠等同志的大力支持,在此,谨向以上几位同志及关心和支持我工作的有关同仁,表示衷心的感谢!

张素彪

1995年5月

目 录

第一章 电子游戏机基础.....	1
第一节 概述.....	1
第二节 电子游戏机基本组成原理.....	2
第三节 游戏图像的基本参数.....	6
第二章 可编程逻辑器件.....	9
第一节 可编程逻辑阵列——PLA	9
第二节 可编程阵列逻辑——PAL	15
第三节 GAL 器件	19
第三章 电脑板的基本工作原理	29
第一节 概述	29
第二节 MC68000 微处理器	33
第三节 MC68000 微处理器的基本结构与总线操作	36
第四节 快打二代电脑板核心控制电路	45
第五节 时钟产生电路	53
第六节 背景图像合成技术	57
第七节 前景活动人物形成电路	71
第八节 彩色编码输出电路.....	81
第四章 游戏机音响合成电路	91
第一节 概述	91
第二节 Z80 微处理器的基本结构	97
第三节 快打二代电脑板音响合成电路分析.....	102
第四节 音频功率放大器.....	106
第五章 苹果游戏机电路分析.....	113
第一节 概述.....	113
第二节 8031 单片机	114
第三节 存储器系统.....	116
第四节 输入/输出接口电路	122

第六章 快打二代电脑板常见故障与维修	128
第一节 维修电脑板常用的元件与工具	128
第二节 电脑板维修的基本方法	133
第三节 电脑板故障分析	140
第四节 系统控制电路及时序电路的常见故障与检修	145
第五节 背景图像合成电路常见故障与检修	150
第六节 前景图像合成电路常见故障与检修	152
第七节 视频信号输出电路常见故障与检修	155
第八节 音响合成电路常见故障与维修	158
第九节 利用电脑板自测功能对故障进行分析和判断	161
第十节 电脑板常见故障检修实例分析	167
第七章 大型游戏机扫描板电路分析	180
第一节 概述	180
第二节 场扫描电路	182
第三节 行扫描电路	190
第四节 维亚扫描板电路分析	199
第五节 HA11235 集成电路扫描板电路分析	204
第六节 维亚扫描板电路常见故障与检修	207
第八章 彩色显像管、偏转线圈及附属电路	219
第一节 自会聚彩色显像管	219
第二节 光栅的枕形失真与校正	227
第三节 三基色视放电路	228
第四节 自动消磁电路	232
第五节 显像管及视放电路常见故障与检修	233
第六节 大型游戏机整机组装与调试	236
第九章 游戏机开关电源电路分析与故障检修	240
第一节 串联稳压电源与开关型稳压电源	240
第二节 开关电源的基本工作原理	245
第三节 游戏机开关电源盒电路分析	248
第四节 开关电源盒电路常见故障分析与检修	254
附录 1 快打二代电脑板主要集成电路在路参数	258
附录 2 快打二代电脑板元器件布置图	271

第一章 电子游戏机基础

电子技术的发展使人们在家中能看到丰富多采的电视节目，从而使人们的业余生活得到充实。激光唱机的出现使人们对高保真音响的追求得到满足。在电子游戏机的产品设计中，满足人们在听觉、视觉及参与控制等方面的要求是十分重要的，但鉴于游戏图像合成的许多新问题，因此在本书开始我们先介绍有关这方面的基本知识。

第一节 概 述

自古以来，游戏在人们的生活中起着重要的作用，它包括人在体力和智力等方面的较量，如：下棋是一种智力竞争游戏，它包括双方游戏人员、游戏旁观者，参予这些游戏的人通常可分为游戏者和旁观者，旁观者假定自己是参与者，从而参与了游戏的全过程，它们有时为游戏一方的胜利而高兴，但有时也为另一方失败而沮丧。游戏过程中，游戏双方谁胜谁负一般说来由双方技术水平决定，当然也受比赛环境等外界因素的影响。

人类一切文明的游戏基本上可分为两大类：一是体力和智力或是两者兼有的竞技性游戏，如体育比赛中的踢足球，它主要是比赛双方体能和技能的较量，取胜是比赛的关键要素之一；另一类是机运性游戏，如通常人们玩的扑克牌游戏等，它是双人或四人按约定的规则进行智能方面的较量，当然取胜也是比赛的关键要素之一。其实“取胜”是一切游戏共有的，它也是参赛人员能长时间参与的主要因素。

现代电子游戏是一种游戏者直接参与的娱乐形式，它不同于一般的电影、电视等，它能充分满足人们的自我表现欲望。电视节目是导演在演播室内制作，由电视台播放的，观众常常被电视中引人入胜的故事情节所感动。但是可以想象，若观众能够参予制作节目，或是表演后的节目能在屏幕上再现出来，我想你的心情将是另一番情景。正如大家对电视节目的“现场直播”有一种亲切感，并感觉到自己好象参与是一样的。

在电子游戏机的设计中，设计者应使机器使用方便，产生的游戏图像清晰，色彩逼真，声音还原真实，伴随音乐应悦耳动听，尽可能降低噪音等；还要使游戏节目中的故事情节能引人入胜，以满足人们在某些特定情感方面的需求。

电子游戏的一个主要特点是游戏过程中，游戏结果的不确定性。因此，工程师在设计电路时就不能用确定的结果进行产品开发与研制。在电子游戏机引入不确定性，是自愿参与游戏的人逐渐增多的主要原因。可以设想，若事先知道了游戏的结局，不论是旁观者还是参与者都会感到一点没有意思。例如：在扑克游戏中，从 52 张牌中任取 5 张牌在屏幕上显示出来，如果未翻开牌时，游戏者已经知道可以开什么牌，那么这种游戏就索然无味了。在游戏节目中引入不确定因素，多是编制游戏软件时引入。但是不确定因素出现的概率可由硬件作适当调整，因此，在游戏节目板上设置了游戏难易程度调整装置。

人类生活中,各种游戏都是在一定的规则下进行,这些规则可由游戏双方事先之前商定,也可以由见证人作出终裁,但对于规则复杂的游戏,必须具有裁判员或裁判员解释说明。从儿童玩的跳棋到现代各项体育运动,游戏规则都是必不可缺少的,例如:篮球场上的主、副裁判,当球场上有一方队员违例或犯规时,裁判员都能及时制止比赛的继续进行,由另一方球员重新发球。可以想象,若篮球场上双方队员不知道或不十分清楚比赛规则,就会引起旁观者“哄堂大笑”。在电子游戏中,游戏者当然应知道游戏规则,但这些规则常常是游戏软件的一个重要组成部分,游戏双方只要有一方违反了规则的要求,游戏机都能自动使游戏暂停或终止。

在篮球比赛中,当某方队员投中一球时,在裁判员认为是有效的情况下,记分牌上的分数增大,以便球场上队员和旁观者能随时知道球场上的动态。场上队员可根据比赛分数决定下一步的行动方案,而旁观者也可为自己的队员加油助威。在电子游戏机中,要掌握分数的变化情况,机内电路在实现时要能够根据游戏规则,判断游戏双方得分或失分的行为,将这些信息送到记分电路,通过控制电路将结果显示出来,因此,计分电路应知道游戏的开始与结束时间等基本信息。

从上述分析的基本因素可以看出,电子游戏机电路在实现时比想象的要复杂得多,若采用分立元件来实现上述功能,则游戏电路的复杂性将是可想而知的。基于这种原因,在电子游戏机中引入微型计算机,利用计算机快速的处理功能,可方便实施各种控制功能。

第二节 电子游戏机基本组成原理

微型计算机及图形显示技术的发展,使电子游戏机设计成为可能,游戏内容变化无穷,它不但可以成为业余生活中的娱乐器具,而且可以培养人们敏捷地思维和准确地判断能力,同时也是开发智力的良好工具。

电子游戏机品种繁多,五花八门,按结构不同分为:便携式(手持式)家用游戏机及公共场合使用的大型电子游戏机三种。按游戏显示方式不同分为:发光二极管(LED)显示、液晶显示(LCD)及显像管显示等。大多数便携式游戏机都是以液晶作为显示器件,游戏图像仅有黑、白两种灰度,显示图像比较单一,但是它可以随身携带,儿童和成年人都十分喜爱,尤其适合于在旅游、公共场所消遣时间等,并且使用时不受时间、地点等限制。家用游戏机和大型电子游戏机均采用显像管作显示器,使用时不如便携式游戏机方便,仅能在特定场所使用。按参与游戏人数分为:单人游戏、双人游戏、多人游戏等。单人游戏是一个人与游戏机对抗的游戏,如某些棋、牌类游戏等;双人游戏是指两个人对抗,或两个人同时与游戏机对抗的游戏;多人游戏是指供两人以上使用的游戏,如通常说的三打机、四打机等。一般来说,两人或两人以上的游戏也可由一个人来玩耍。

一、游戏机的基本组成

典型电子游戏机的组成如图 1-1 所示,由操作者、操纵手柄、控制电路、显示器等组成。从图中可以看出,游戏者一边观看显示器,一边使用操纵手柄控制游戏的进行。游戏

者也象游戏机一样，有输入和输出部件，游戏者根据屏幕上显示的游戏图像，通过视觉上的观察，经大脑分析判断，双手可灵活地控制操纵手柄，以使游戏长时间地进行。在游戏过程中，游戏者往往注意力高度集中，全身心地投入到游戏的变化过程中，通过这种锻炼，能提高大脑的反映速度，并提高游戏者处理突发事件的能力。

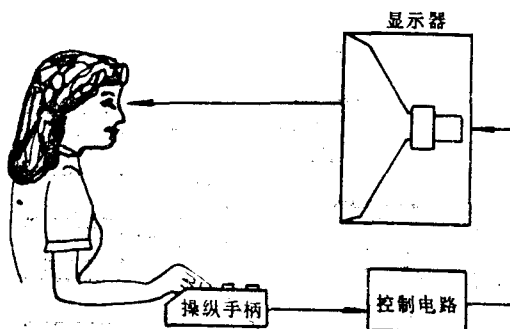


图 1-1 游戏机的基本组成

电子游戏机的输入是操纵手柄发出的各种控制信号，它的运行结果在显示器上输出，显示器与操作手柄之间是电子游戏机的心脏，即游戏图像与声音信号合成电路（控制电路）。这部分电路可用一个或几个集成电路芯片完成，如手持式游戏机内部仅有一个 IC 芯片，而家用游戏机内部则有几个 IC 芯片。在家用游戏机及大型电子游戏机电路中，该部分电路较复杂，并且使用微处理器、存储器等，实际上可把它认为是一台专用的小型计算机。

在图 1-1 所示框图组成中，系统各部分是相互牵制的，各部分之间必须有机地协调在一起，才能保证游戏机的正常工作。对游戏机本身而言，要求游戏者操纵手柄应大小适中，控制灵活方便。荧光屏上显示的图像应明暗适中，同时要求显示的画面变化不能太快，否则，还未等游戏者反映过来，游戏画面就消失了，不能够有效地控制游戏的进行。

电子技术的发展，特别是七十年代初，微处理器的出现为现代电子游戏机的设计奠定了物质基础。近几年来，半导体存储器技术的惊人发展，使得 16M 位静态 RAM 走入实用阶段。因此，在现代电子游戏机电路中，全部采用了 8 位或 16 位微处理器对游戏机电路心脏进行控制，配上编制的游戏程序，几乎可以处理与电子游戏有关的一切信息等。

微型计算机一般由以下几个部分组成：计算机中央处理单元（CPU），只读存储器（ROM），随机存储器（RAM），输入/输出（I/O）接口电路等。如果在 ROM 中存放游戏过程中使用的程序、游戏图像、声音数字化后的信息，同时采用硬件电路来完成图像与音响的合成，就组成了电子游戏机。

二、家用电子游戏机

家用电子游戏机的框图组成如图 1-2 所示。图中两个游戏操作者各有一个控制器，其控制信号通过电线送至逻辑控制电路。逻辑控制电路接受控制器送来的信号，对内部电

路进行控制，逻辑控制电路视游戏机种类不同而异，有些采用专用集成电路，更多地采用微处理器与存储器技术合成游戏图像与声音。将游戏图像与声音信号在主机内对高频载波进行调制转为射频信号输出，调制后的射频信号由电缆送入电视天线插孔，也可以用随机的发射天线发出，通过电视机的天线接收装置接收，用户可在一个闲置的电视频道上接收游戏节目。

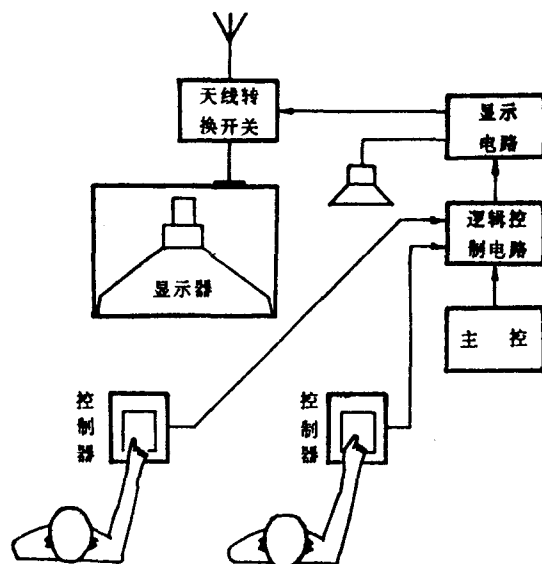


图 1-2 电子游戏机组成

长期以来，因种种原因，国内游戏机的市场几乎被日本任天堂公司生产的游戏机所垄断。它具有体积小，携带方便，价格低廉（售价仅 200 元左右）的优势，并能产生绚丽多彩的动画、美妙动听的音乐等，因此，深受用户的喜爱。任天堂游戏机由主机、操纵手柄（一副）和游戏卡等组成。主机提供游戏的运行环境，游戏卡提供支持游戏的软件，主机输出的射频（或音频、视频）信号通过电缆送入电视天线插孔，供电视机接收游戏图像与声音信号。游戏者通过操纵手柄对游戏节目中的目标进行控制，操纵手柄分为主、副两个，主操纵手柄兼控制主机的启动与选择游戏节目等。

任天堂游戏机主机内部包含一片 8 位 CPU 6527；一块图像处理器 6528，常常又称它为图像处理器（PPU）。PPU 在 CPU 的控制下独立工作，用来产生图像信号和声音信号。另有两片 RAM 6116，一片用于 CPU 处理信号时暂时存放数据，另一片 6116 是视频存储器，用于存放当前要显示的一幅图像数据，以方便 PPU 对图像数据的处理。

游戏卡在主机上是插件式结构，游戏卡的插座设计具有通用性。普通的游戏卡中仅有一个游戏节目；也有两个节目放在一个游戏卡中，俗称 2 合 1 卡；多的有 24 合 1，32 合 1，100 合 1 等。当多个游戏节目在一个卡中时，主机复位操作后，游戏卡中的节目名称以菜单形式在电视屏幕上显示出来，用户可利用主操纵手柄上的上、下控制键选择节目等。普通的游戏卡内部由两片 ROM 或 EPROM 组成，ROM 存储容量的选择由游戏程序

量大小决定,最简单的任天堂游戏机,其ROM容量为24K字节,在这种卡内有一块16K字节的ROM存放游戏过程的程序,另一块为8KB用于存放游戏过程中出现的图形和各种字符等信息,典型的任天堂游戏节目卡程序存储量为40K字节,它使用一块32K字节的ROM固化游戏程序,一块8K字节的ROM存放游戏中出现的图形和各种字符等信息。当程序量超过40K字节时需对ROM容量扩充,以满足CPU与PPU对ROM寻址的要求。

三、大型电子游戏机

大型电子游戏机又称为娱乐型游戏机,主要适用于公园、宾馆、俱乐部及各种娱乐中心,更多的情况下是以营业式为主,家庭极少使用这种电子游戏机。它的主要特点是:

- (1) 游戏图像细腻,色彩逼真,图像效果可以与电视动画相媲美。
- (2) 具有自动表演功能,通常在电脑板上可对游戏节目中相关功能进行调整。
- (3) 机器内部管理功能完备。具有投币启动装置,适合于营业性场合,这是家用游戏机所无法实现的。

(4) 游戏节目板硬件电路相当复杂,且电路上采用微处理器技术,使得游戏画面中的人物表演动作逼真、生动等。

(5) 用彩色显像管作显示器,提高了显示图像的质量。电脑板合成的图像(R、G、B三基色)信号直接输出,送到扫描板,不需要高频调制电路。因此,电脑板、扫描板可以连接在一起使用,同时装在机器内部。

(6) 大型电子游戏机体积大,消耗功率多,价格贵。一台大型电子游戏机售价在国外需上千美元,而在国内要几千元人民币。

大型电子游戏机根据外型结构不同,分为立式游戏机和桌式游戏机。立式游戏机游戏者站在操纵台前玩,立式游戏的内容较多,有“打击侵略者”、“三国志”、“名将”、“圆桌”、“赛马”等。桌式游戏机一般是一个人坐着玩,游戏内容与立式游戏机差不多,常见的有:“扑克机”、“麻将机”、“苹果游戏机”等。

大型电子游戏机的结构示意图如图1-3所示,内部包括电脑板,开关电源盒、扫描板、彩色显像管、操纵控制台、投币/退币装置等,各部分之间的连接形式如图1-4所示。

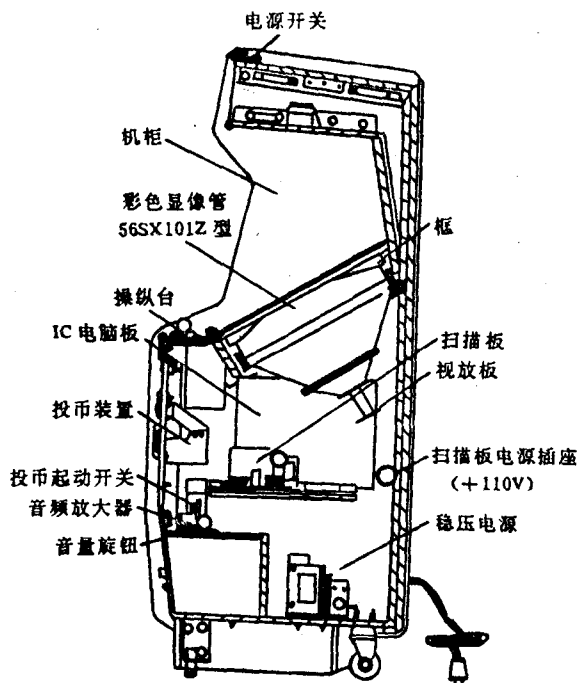


图 1-3 大型游戏机结构示意图

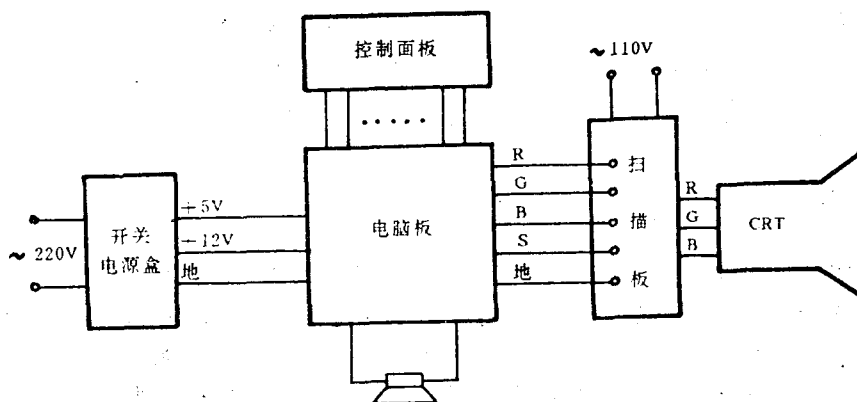


图 1-4

电脑板是大型电子游戏机的核心。它由微处理器、时钟发生器、图像合成器、音响合成器、计数器及各种输入/输出接口电路等组成。通常电脑板的所有元件均焊在一块印制线路板上，依靠接插件与其它部件相连接。采用较多的有双排 28 脚插座等。时钟发生器的振荡频率较高，多为 16MHz、24MHz、32MHz 或 48MHz 等。

扫描板和显像管是电脑板的输出装置，从电脑板输出的复合同步信号控制扫描板的行、场扫描电路，以便在屏幕上出现稳定的扫描光栅。R、G、B 三基色信号经扫描板视频放大电路，输出约 50~100Vpp 左右的三基色信号。分别用它调制显像管 R、G、B 三个阴极，以改变电子束轰击荧光屏的强度，从而在荧光屏上显示彩色图像。

音响合成电路是对存储的音响数据进行处理，这部分电路多采用独立的 CPU 进行控制，从音响合成电路发出声音及各种伴随音响信号，以模拟被控目标的声响，增强游戏的真实感。

投币/退币装置是控制游戏开始的关键部件。投币器是一种利用硬币大小和重量控制电源的机械装置。当按规定的要求投入硬币后，机器能自动启动，并且在游戏进行一轮完之后，只有再次投入硬币，机器才能工作。避免未付过钱的人对机器进行操作。退币装置在个别游戏机中使用，如苹果机、赛马机等。

开关电源盒给电脑板提供电能，它是一独立的整体，采用金属外壳密封。一般提供 +5V、+12V、-5V 三组电源，-5V 电源在多数电脑板中不用，使用时应注意，不能将电源接错，以免烧坏电脑板等部件。

第三节 游戏图像的基本参数

家用游戏机以普通的黑白电视机或彩色电视机作为显示器，游戏机产生的图像信号、声音信号的基本标准等应该与电视系统的参数完全一致。

不论是黑白电视还是彩色电视，都是依靠电子束的扫描运动在屏幕上呈现光栅，图 1-5 中示出了光栅扫描的具体过程。在行、场扫描锯齿波电流的作用下，电子束从左上角

开始第一行的扫描，扫到屏幕右边时返回到屏幕的左边，进行电子束的回扫，然后开始第二行的扫描，如此重复，屏幕上得到均匀的扫描光栅。在我国电视标准中规定：一帧完整的电视画面包含 625 行。为了避免图像闪动，提高电视图像的清晰度，一帧分为奇偶两场：1、3、5、7……行称为奇数场，2、4、6、8……行称为偶数场，一场的重复频率为 50Hz。行扫描的重复频率为 15625Hz，称这种扫描方式为隔行扫描。图 1-5 中画出了 1 帧图像由 12 行扫描线组成的扫描光栅示意图。

在电视系统中，为了使收、发两端行、场回扫线在屏幕上不显示出来，发端的定时控制电路专门产生了行、场消隐信号，以便逆程期间电子束截止。电视系统中规定行消隐脉冲持续时间为 $(12 \pm 0.3) \mu\text{s}$ ，场消隐脉冲持续时间为 25 行加 $(12 \pm 0.3) \mu\text{s}$ ，即 $1612 \mu\text{s}$ 。另外，一帧画面的顶部和底部的一些行也要消隐掉，再考虑显像管聚焦性能、电子束电流的强弱和阳极高压的变化，均会对图像细节分辨力产生影响，实际上，电视接收机垂直方向的分辨力仅为 400 行左右。在电视系统中，将行、场消隐脉冲合在一起称为复合消隐信号。

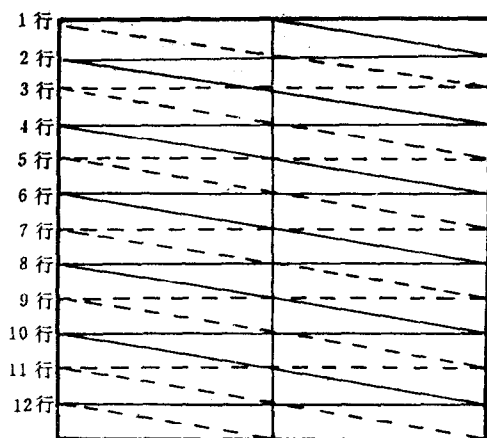


图 1-5 隔行扫描光栅示意图

电视信号的传输过程实质上是收、发两端电子束有规律的扫描运动，在电子束运动过程中，收发两端同步工作是必要的。所谓同步，就是指发送端和接收端对应像素点的扫描规律完全一样。实际上，只有收发两端的行、场扫描同时起始，也同时换行与换场，即严格地保持一致，才能使收端产生稳定清晰的图像。为保证收端与发端处于同步状态工作，在发送端每行正程结束时发送一个行同步脉冲（脉冲宽度为 $4.7 \mu\text{s}$ ），每场结束时加入一个场同步脉冲（脉冲宽度为 $2.5 \mu\text{s}$ ）。在接收端，只有当行场同步脉冲到达后才开始逆程期，这样就能保证收端处于同步状态工作。在电视系统中，将行、场同步信号合在一起称之为复合同步信号。

实际上，在场同步脉冲持续期的 2.5H 时间内，行扫描电路也必须保持为同步状态，但考虑到两场的转换过程，在场同步脉冲期间加入槽脉冲，而在场同步脉冲的前后 2.5H 时间内还设置了前后均衡脉冲。

复合同步信号，消隐脉冲及图像信号的波形关系如图 1-6 所示，将这种信号称为黑白全电视信号，而彩色全电视信号的波形要比这种波形复杂得多，这里不多介绍，请参阅电视原理方面的资料。

电视游戏机电路中，没有采用隔行扫描技术，而是采用逐行扫描方式，两个场同步信号间的间隔完全一致。因此，行、场复合同步信号形成电路相对隔行扫描而言较为简单。大型游戏机电脑板中图像信号的形成，与我国 PAL 制电视标准不同，它由 NTSC 制的电

视标准确定。

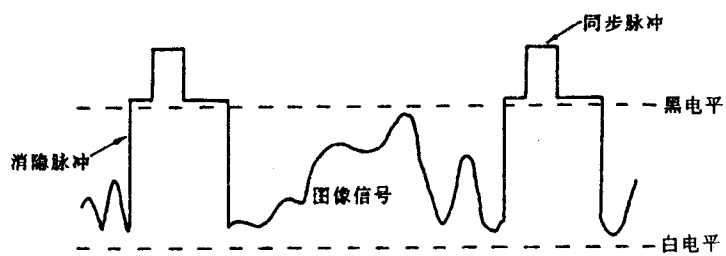


图 1-6

第二章 可编程逻辑器件

七十年代初期,微处理器的出现使人类进入了电子科技的新时代,继之而来的是微处理器广泛地应用到人民生活的各个领域,如工业控制、智能仪器仪表、家用电器等。在七十年代电子界另一引人注目的事件就是可编程逻辑器件——PLD (Programmable Logic Device) 的出现,被称为是“冲击硅谷的第三次浪潮”。PLD 器件的发展经历了可编程只读存储器——PROM,可编程逻辑阵列——PLA (Programmable Logic Array),可编程阵列逻辑——PAL (Programmable Array Logic) 及 1985 年以后出现的通用逻辑阵列——GAL (Generic Array Logic)。其典型代表性产品 PAL 和 GAL 器件正风靡欧美电子市场,应用范围日益广泛。

有关可编程只读存储器的内容在其它书中有详细介绍,本章主要说明 PLA、PAL 及 GAL 等器件的工作原理。

第一节 可编程逻辑阵列——PLA

只读存储器 (ROM) 是计算机和其它数字电路装置中最常用的半导体存储器之一。ROM 中存储的信息一般是固定不变的,使用时只能从 ROM 中读出已存入的固定信息,不能重新写入信息。近年来,ROM 制造成本不断降低,人们不仅用 ROM 存储信息,也利用它来实现组合逻辑函数等。

只读存储器由地址译码器,存储矩阵和输出缓冲器等组成。地址译码器对输入地址线 (n 条) 进行译码,共有 2^n 条输出线 (又称为字线)。每条字线连接存储矩阵的一个存储单元。

存储矩阵是存储器的核心,它由许多存储单元组成,每个存储单元又由若干位 (m 位) 可存储一位二进制数据的基本存储单元组成,通常又将每个存储单元的 m 位二进制数据称为一个字,则整个存储器的存储容量为 $2^n \times m$ 位。

图 2-1 是 4×4 双极性晶体管组成的 ROM 结构示意图,每个晶体管都以射极输出的方式工作,凡与译码器输出线有耦合的位为逻辑 1,否则为逻辑 0。图中每条位线上各存储单元的晶体管是并联,因此,位线输出与各字线之间是逻辑或的关系,位输出线逻辑表达式为:

$$D0 = W0 + W2 + W3$$

$$D1 = W0 + W2$$

$$D2 = W0 + W3$$

$$D3 = W0 + W1 + W2$$

将各字线所代表的输入变量组合代入上述逻辑表达式中,则:

$$D0 = \overline{A1}A0 + A1\overline{A0} + A1A0$$

$$D1 = \overline{A1}A0 + A1\overline{A0}$$

$$D2 = \overline{A1}A0 + A1A0$$

$$D3 = \overline{A1}A0 + \overline{A1}A0 + A1\overline{A0}$$

因此，从组合逻辑电路的观点看，ROM 输出由两部分组成：一是包含各输入变量的组成的积项，它由若干与门组成；另一部分为求和项，由若干或门组成。因此，可将 ROM 视为一个与-或逻辑系统。

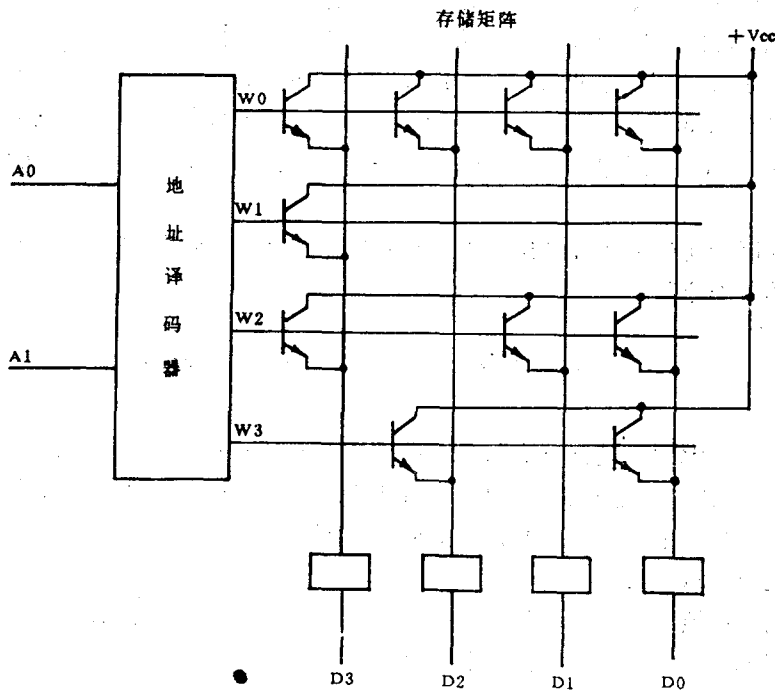


图 2-1 ROM 结构示意图

一、PLA 器件内部逻辑电路

可编程逻辑器件就是采用 ROM 的上述结构来实现随机逻辑编程的，其内部电路由与阵列和或阵列两部分组成，与阵列的输出作为或阵列的输入端。图 2-2 所示电路是一个 4 输入 4 输出的逻辑电路内部结构图。图中行线与列线交叉点上有“×”号表示两线相接，无“×”号表示两线不相接。PLA 器件在出厂时，图中交叉点由二极管、三极管或熔断丝相接。图中无“×”号的交叉点在用户使用时利用电脉冲来编程，即无“×”号处的二极管、三极管或熔断丝已处于开路状态。

图 2-2 所示电路有 4 个输入变量 $A3 \sim A0$ ，每个变量都以原变量及反变量作为输出。输出信号有 4 个为 $D3 \sim D0$ ，其输出结果受与、或门阵列结点的连接状态控制。

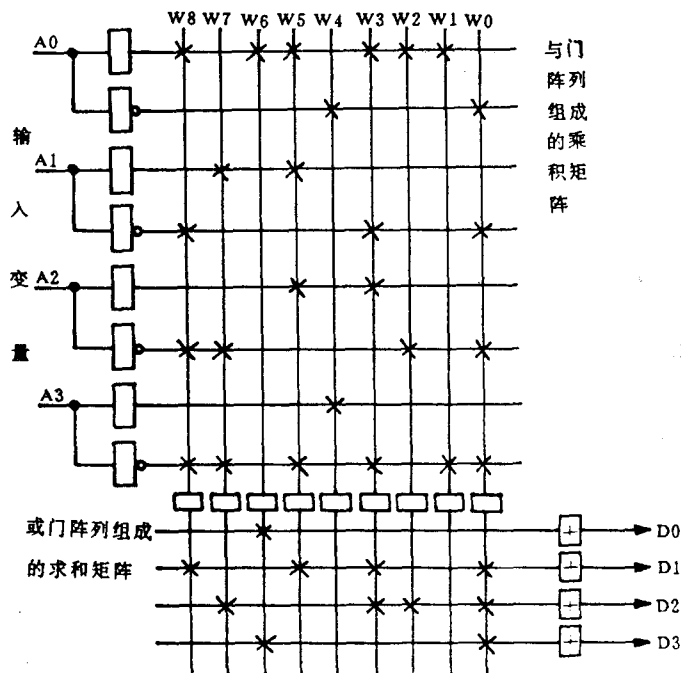


图 2-2

以 D1 为例说明具体过程：从或门输出可见

$$D1 = W8 + W5 + W3 + W0$$

$$W_i \text{ 与自变量关系为: } W0 = \overline{A3}A2A1A0 \quad W3 = \overline{A3}A2\overline{A1}A0 \\ W5 = \overline{A3}A2A1A0 \quad W8 = \overline{A3}A2A1A0$$

$$\text{则: } D1 = \overline{A3}A2A1A0 + \overline{A3}A2A1A0 + \overline{A3}A2A1A0 + \overline{A3}A2A1A0$$

从 D1 的表达式中可以看出，在 PLA 器件编程后，输出变量 D1 与输入变量 A3~A0 (可以是原变量或反变量的形式) 有一个确定的对应关系，完成了四组合逻辑电路的功能。

PLA 器件与或阵列均可编程，由用户将与门阵列及或门阵列的熔丝图交给厂方，工厂在制定过程中用掩膜工艺制成。也有一种 PLA 产品与 PROM 类似的编程方式，即现场可编程逻辑器件——FPLA，由用户一次性编程写入。FPLA 与、或阵列皆可编程的特性给电路设计带来了方便，但由于支持 FPLA 器件编程工具的限制，实际中较少使用。

二、PLD 器件的电路表示方法

在进一步讨论各种其它 PLD 器件之前，我们先简单描述这种器件的逻辑规则。图 2-3 是一个 PLD 输入缓冲器，它的两个输出与输入变量之间的逻辑关系见图中真值表。