



遥控彩色电视机 原理与维修 (第二版)

李雄杰 编



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
URL: <http://www.phei.com.cn>

遥控彩色电视机原理与维修 (第二版)

李雄杰 编

电子工业出版社

Publishing House of Electronic Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以微处理机结构与工作原理及彩色电视接收技术为基础知识,详细介绍了三洋 A3 单片机芯、东芝 TA 两片机芯、日立 CPT2157、松下 2185(D25)、松下 M25C、松下 25GF12G/10R 彩色电视机的电路结构、工作原理和常见故障检修方法,并提供了重要测试点数据、故障检修实例及维修后的调整方法。

该书内容丰富多彩,理论性强,实用性好。本书既可以供电视机设计、生产、维修的技术人员参阅,也可以用作大中专院校电视机课程教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,翻版必究。

图书在版编目(CIP)数据

遥控彩色电视机原理与维修/李雄杰编. - 2 版. - 北京:电子工业出版社,1998

I. 遥… II. 李… III. 彩色电视-电视接收机-维修 IV. TN949.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 30482 号

书 名: 遥控彩色电视机原理与维修(第二版)

编 者: 李雄杰

责任编辑: 周晓燕

排版制作: 电子工业出版社计算机排版室

印 刷 者: 北京李史山胶印厂

装 订 者:

出版发行: 电子工业出版社 URL: <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 25.5 插页: 2 页 字数: 646 千字

版 次: 1999 年 3 月第 2 版 1999 年 11 月第 2 次印刷

书 号: ISBN 7-5053-4993-7
TN·1210

定 价: 32.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页、所附磁盘或光盘有问题者,请向购买书店调换。

若书店售缺,请与本社发行部联系调换。电话 68279077

前 言

从非遥控彩电到遥控彩电,这是彩电发展史上的一个飞跃。彩电遥控装置不仅方便了用户调整与使用,而且使彩色电视机的功能多样化。目前,彩电遥控技术已达到了尽善尽美的程度,使用遥控器不仅可以实现频道切换、音量大小控制、彩色浓淡控制、待机等一般性操作,也可以实现 TV/AV 切换、彩色制式切换、画中画控制、I²C 总线调整等多功能操作。

为帮助广大读者掌握好彩色电视机的遥控技术,编者曾在 1993 年编写了《遥控彩色电视机原理与维修》一书,该书曾深受读者喜爱。这次应电子工业出版社要求,对《遥控彩色电视机原理与维修》进行了大量增删与修改,并再次出版。保留内容有:第一章的微处理机结构与原理简介,第四至七章的松下 2185、日立 CPT2157、东芝 TA 两片机芯、松下 M25C 彩色电视机。第二章内容由原来的彩电遥控基本原理改为彩色电视接收技术基础,这样可以使本书作为教材使用。

第三章内容由原来的索尼 KV-1882CH 彩电改为三洋 A3 单片机芯彩电,因为三洋 A3 单片机芯彩电目前比较流行。另外,又增加了第八章内容,该章介绍了松下 TC-25GF12G/10R 彩色电视机,该机代表着彩电最新技术水平。

本书各章内容独立,可供各类读者选读。本书在编写过程中力求做到深入浅出,图文并茂,理论性与实用性相结合。

编者在修改本书过程中尽了很大努力,但由于水平有限,书中缺点与错误仍然难免,敬请读者批评指正。

编 者 一九九七年十一月

目 录

第一章 微处理机结构与原理简介	(1)
第一节 彩电红外遥控概述	(1)
一、遥控彩电结构框图	(1)
二、遥控彩电微处理机的特点	(2)
第二节 二进制数与编码	(3)
一、二进制数	(3)
二、原码、反码和补码	(4)
三、二进制编码	(7)
四、二进制数据的传送	(8)
第三节 基本逻辑部件	(9)
一、逻辑运算	(9)
二、门电路	(10)
三、触发器	(12)
四、寄存器	(13)
五、计数器	(14)
六、译码器	(15)
七、加法器	(17)
第四节 微处理机基本结构与工作原理	(18)
一、微处理机的基本结构	(18)
二、存储器	(19)
三、运算器	(20)
四、总线	(21)
五、控制器	(22)
六、I/O 接口电路与 I/O 设备	(27)
七、整机工作原理	(27)
第五节 彩电典型微处理机芯片介绍	(29)
一、M50436-560SP 结构与功能特点	(29)
二、M50436-560SP 引脚功能	(29)
第二章 彩色电视机技术基础	(33)
第一节 色度学与视觉基础	(33)
一、光与彩色	(33)
二、彩色三要素	(33)
三、视觉特性	(33)
四、三基色原理	(34)
第二节 彩色电视信号编码	(35)
一、图像的三基色分解与复原	(35)

二、兼容制及其要求	(36)
三、NTSC 制编码	(39)
四、PAL 制编码	(44)
五、SECAM 制编码	(47)
六、世界各国电视广播制式	(50)
第三节 彩色电视信号解码	(50)
一、彩色电视机整机电路组成	(52)
二、亮度通道	(53)
三、色度通道	(58)
四、基色矩阵与激励电路	(69)
五、NTSC、SECAM 制色度通道	(72)
第四节 彩色显像管	(76)
一、彩色显像管的结构	(77)
二、色纯度、会聚及枕形校正	(80)
三、彩色显像管技术参数	(83)
第三章 三洋 A3 单片机芯遥控彩色电视机	(85)
第一节 A3 机芯性能特点及电路组成	(85)
一、A3 机芯彩电性能特点	(85)
二、A3 机芯 NEC2186 彩电整机电路组成	(85)
第二节 A3 机芯彩电接收电路	(87)
一、图像中频通道与伴音通道	(87)
二、亮度通道	(91)
三、色度通道	(94)
第三节 扫描电路与开关电源	(100)
一、扫描小信号处理电路	(100)
二、场扫描输出电路	(100)
三、行扫描输出电路	(101)
四、开关电源	(102)
第四节 A3 机芯彩电控制电路	(105)
一、M34300N4 引脚功能	(105)
二、调谐选台控制电路	(106)
三、屏幕字符显示控制	(108)
四、供电与复位电路	(109)
第五节 A3 机芯彩电故障检修	(109)
一、开关电源故障检修	(109)
二、扫描电路故障检修	(111)
三、信号通道故障检修	(112)
四、控制电路故障检修	(114)
第四章 松下 2185、松下 D25 遥控彩色电视机	(116)
第一节 TC-2185 接收电路	(116)

一、电子波段开关与高频调谐器	(116)
二、视中频/伴音中频通道	(117)
三、亮度/色度通道	(121)
四、基色放大与显像管电路	(126)
第二节 开关电源、扫描与保护电路	(127)
一、场扫描电路	(127)
二、行扫描电路	(128)
三、扫描保护电路	(130)
四、整流滤波与消磁电路	(131)
五、开关电源电路	(132)
六、备用控制及备用电源电路	(133)
第三节 TC-2185 控制电路	(134)
一、节目存储器 MN12C25D	(134)
二、键扫描电路	(135)
三、复位电路与电源接通判别	(136)
四、音量、亮度、彩色控制	(137)
五、字符显示电路	(138)
六、静噪电路	(139)
七、调谐控制电路	(140)
八、IC1102 各引脚功能说明	(141)
九、遥控发射器	(142)
第四节 TC-2185 故障检修	(143)
一、TC-2185 集成块引脚电阻值	(143)
二、TC-2185 主要波形	(145)
三、TC-2185 故障检修流程	(145)
四、TC-2185 故障检修实例	(148)
第五节 松下 TC-D25C 遥控彩色电视机	(151)
一、TC-D25C 规格及与 TC-2185 的异同点	(152)
二、TC-D25C 视频、音频输入接口电路	(153)
三、光栅水平枕形失真校正电路	(155)
四、TC-D25C 彩电的维修	(158)
第五章 日立 CPT2157SF/DU 遥控彩色电视机	(160)
第一节 CPT2157 接收电路	(160)
一、电子波段开关与高频调谐器	(160)
二、图像中放与伴音通道	(164)
三、解码电路	(168)
第二节 扫描电路、开关电源、保护电路	(172)
一、行、场振荡电路	(172)
二、场输出电路	(174)
三、行输出电路	(175)

四、开关电源	(176)
五、保护电路	(177)
六、CPT2157SF/DU 彩色显像管	(178)
第三节 CPT2157 控制电路	(178)
一、节目存储器(EAROM)	(179)
二、字符发生器 M50450-023P	(180)
三、键盘矩阵电路	(181)
四、音量、亮度、色饱和度控制	(182)
五、自动关机电路	(183)
六、复位电路与电源接通判断	(184)
七、微处理机功能分析	(184)
八、红外遥控信号发射器	(186)
九、红外遥控接收器	(187)
第四节 CPT2157 检修方法	(188)
一、遥控彩电的检修特点与思路	(188)
二、遥控发射器与接收器的检修	(189)
三、控制系统的检修	(191)
四、CPT2157 各集成块数据	(192)
第六章 东芝 TA 两片机芯遥控彩色电视机	(196)
第一节 东芝 TA 两片机芯接收电路	(196)
一、高频调谐器	(196)
二、图像与伴音通道	(197)
三、高频头、视中频、伴音的故障检修	(200)
四、TA7698AP 色度通道	(202)
五、TA7698AP 亮度通道	(204)
六、色度、亮度通道的故障检修	(206)
第二节 扫描与开关电源电路	(209)
一、TA7698AP 行振荡电路	(209)
二、行输出及高压电路	(210)
三、行扫描电路故障检修	(211)
四、TA7698AP 场振荡电路	(212)
五、场输出电路	(212)
六、场扫描电路故障检修	(214)
七、开关电源电路	(214)
八、开关电源的故障检修	(216)
第三节 μ PD1937C/ μ PC1362C 遥控原理与检修	(217)
一、频道预置电路	(217)
二、预置台指示电路	(217)
三、遥控发射器(μ PD1986)	(218)
四、遥控接收器(μ PC1373H)	(220)

五、遥控译码器(μ PD1937C)	(221)
六、电源及伴音控制	(223)
七、电子选台(μ PC1362C)	(224)
八、遥控电路的故障检修	(227)
第四节 M50436-560SP 遥控原理与检修	(229)
一、红外遥控发射与接收	(229)
二、调谐、音量、彩色、亮度控制	(232)
三、屏幕字符显示电路	(236)
四、电源控制与复位电路	(238)
五、微处理机 M50436-560SP 引脚功能	(239)
第五节 M494 遥控原理与检修	(240)
一、红外遥控发射与接收	(241)
二、面板键控与显示电路	(244)
三、模拟量控制及电源控制	(245)
四、手动调谐控制电路	(247)
五、控制电路故障分析与检修	(248)
六、东芝 TA 两片机芯彩电维修后的调整	(250)
第七章 松下 TC-M25C 遥控多制式接收彩色电视机	(255)
第一节 M25C 多制式接收概述	(255)
一、主要技术规格	(255)
二、M25C 多制式接收与切换框图	(256)
三、M25C 集成电路功能与型号	(259)
第二节 M25C 控制电路	(259)
一、BM5069 各引脚功能与键盘矩阵	(259)
二、屏幕字符显示电路	(261)
三、调谐控制与 AFT 控制电路	(262)
四、节目存储器 M58655P	(265)
五、关机控制、复位及电源接通判别	(266)
六、模拟量控制	(267)
七、遥控输入及 AV/TV 切换控制	(268)
八、彩色制式切换控制	(269)
九、遥控发射器电路	(272)
第三节 M25C 伴音通道与制式切换	(273)
一、中频特性曲线切换	(273)
二、视频检波后的伴音中频切换	(275)
三、鉴频伴音中频切换	(277)
四、TV/AV 伴音切换电路	(278)
五、静音与静噪控制电路	(279)
六、音量、音调、平衡控制及单声道/立体声切换	(280)
七、伴音功放电路	(281)

第四节 M25C 视频/色度通道	(281)
一、特殊录像磁带信号输入与切换	(282)
二、AV1/AV2/TV 选择切换	(283)
三、色度、亮度分离电路	(284)
四、4.43/3.58MHz 选择切换	(286)
五、亮度信号处理电路	(287)
六、四制式解码器 TA8653N	(288)
七、基色激励放大电路	(292)
第五节 M25C 扫描电路	(293)
一、同步分离电路	(293)
二、行振荡电路	(295)
三、行输出电路	(296)
四、水平枕形失真校正电路	(297)
五、高压电路及保护电路	(299)
六、场扫描小信号电路	(300)
七、场输出电路	(301)
八、50/60 Hz 切换控制电路	(302)
第六节 M25C 开关电源电路	(303)
一、交流输入与消磁电路	(304)
二、可控硅桥式/倍压整流自动切换电路	(304)
三、主电源电路	(306)
四、副电源电路	(310)
第七节 M25C 故障检修	(311)
一、M25C 供电系统	(311)
二、M25C 故障分析与检修流程	(312)
三、M25C 集成块数据	(321)
四、M25C 故障检修实例	(323)
第八章 松下 TC-25GF12G/10R 三超画王彩色电视机	(327)
第一节 主要性能、技术参数与电路组成	(327)
一、主要性能	(327)
二、主要技术参数	(329)
三、电路组成	(330)
第二节 TC-25GF12G/10R 控制电路	(332)
一、微处理机 MN1874033TWY	(332)
二、I ² C 总线控制	(334)
三、存储器与复位电路	(336)
四、红外遥控发射器	(338)
第三节 TC-25GF12G/10R 图像通道	(339)
一、频率合成调谐选台电路	(339)
二、视中频/声中频处理电路	(339)

三、TV/AV 切换、Y/C 分离电路及噪声检测	(345)
四、P/N/S 切换、图像降噪及扫描速度调制	(349)
五、视频/色度/偏转 TA8880 电路	(353)
六、基带延时、白平衡及基色激励电路	(357)
第四节 TC-25GF12G/10R 伴音通道	(360)
一、NICAM(丽音)处理电路	(360)
二、音频处理器	(364)
三、超重低音处理	(367)
四、伴音功率放大电路	(368)
第五节 TC-25GF12G/10R 扫描通道	(369)
一、行扫描输出级电路	(369)
二、图像几何校正电路	(371)
三、场扫描输出级电路	(373)
第六节 TC-25GF12G/10R 电源电路	(375)
一、遥控电源、待机控制及 LED 显示	(375)
二、桥式/倍压整流自动切换电路	(377)
三、主开关电源电路	(378)
四、保护电路	(380)
五、常见故障检修	(381)
第七节 机芯拆装、调整及数据测量	(382)
一、机芯拆装	(382)
二、P ² C 总线调整	(385)
三、维修后的调整	(389)
四、TC-25GF12G/10R 集成块数据	(394)

第一章 微处理机结构与原理简介

第一节 彩电红外遥控概述

遥控功能是最近几年在彩色电视机上增加的新型功能。它采用数字技术、微处理机技术和脉冲编码调制的红外发射、接收技术,对彩色电视机的调谐、频道切换、音量调整、对比度或亮度调整、色饱和度调整等动作实现一定范围内的远距离控制,给用户带来了极大的方便。

红外遥控彩色电视机产生于 70 年代,但迅速发展是从 80 年代才开始的。微处理机技术是实现彩色电视机红外遥控的基础。在 70 年代,用微处理机来操纵锁相环频率合成控制方式,实现了调谐选台这个彩电主要功能。但由于其电路较为复杂,所用集成芯片较多,而且唯独调谐需要 PPL 回路来进行频率锁相,而音量、对比度、亮度、色饱和度调整不需要锁相。因此,从 80 年代起,电压合成方式逐渐形成红外遥控的主流。电压合成方式是由微处理机根据控制信号产生调谐二进制数码脉冲,经数/模变换器转换成调宽脉冲,再由低通滤波器滤成 $0\sim 30\text{V}$ 直流调谐电压,加到高频头若干只变容二极管两端,从而改变接收频率达到调谐选台的目的。电压合成方式还能用于音量、对比度、亮度、色饱和度的控制。由于电压合成方式简化了电路,统一了控制操作方式,所以目前市场上出现的红外遥控彩色电视机均采用了电压合成方式。

一、遥控彩电结构框图

遥控彩色电视机结构框图如图 1-1 所示,它与非遥控彩色电视机的主要区别是增加了遥控部分电路,其他接收电路与非遥控彩色电视机相同,如高频头、公共通道、亮度通道、色度通道、伴音通道、扫描电路均与非遥控彩色电视机相同,仅仅是电台调谐、频道预置切换、音量、亮度(对比度)、色饱和度控制由原来手动调节变成遥控调节。

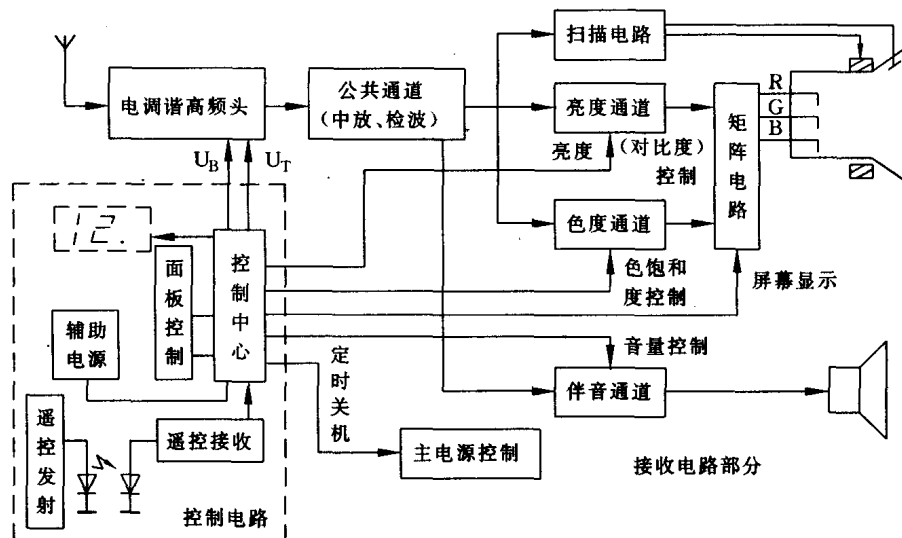


图 1-1 遥控彩色电视机组组成框图

控制电路以控制中心为主体,控制中心又以微处理机为核心,包括节目存储器、数/模变换器、屏幕字符发生器等一块至数块集成电路组成。控制中心产生多种控制信号输出,这些控制信号的数量与种类体现了遥控电路的功能强弱。

控制中心有两种工作方式,下面分别予以介绍。

1. 面板控制

面板控制即由彩色电视机机壳面板上的各种功能键来控制,如音量增、音量减、彩色增、彩色减、复位、调谐搜索等功能键。当按下面板上某功能键,其产生的控制信号由导线直接送到控制中心。由于这些控制信号均为二进制编码,微处理机在预定程序的控制下,首先对二进制控制信号进行解码,并根据解码结果调用运行相应程序,程序运行的结果使微处理机发出控制信号。微处理机发出的控制信号是一些有一定规则的脉冲串或正负电平。例如电源控制,则只需发出一个持续的正极性高电平或负极性低电平,就可以使主电源(开关电源)控制管正常工作,从而接通主电源电路使整机工作。对于音量、亮度(对比度)、色饱和度控制,这些脉冲串还必须经控制中心的数/模变换电路,把脉冲数字信号变换成模拟直流信号,再去相应的通道控制集成块内部某放大管的增益,达到调整音量、亮度(对比度)、色饱和度的目的。控制中心还要发出控制信号以实现预置频道切换,这包括改变频段的开关电压(BL、BH、BU)和电调谐高频头变容二极管的调谐电压。此外,用于屏幕显示的彩条及字符信息也由控制中心输出。总之,产生一切控制信号的任务都是由以微处理机为核心的控制中心来完成的。

2. 遥控控制

面板控制是“有线”控制,遥控控制是“无线”控制。它是通过与彩色电视机分离的红外遥控发射器来进行各种功能控制。红外遥控发射器上有许多功能按键,当按下某键就对应地产生了二进制编码信号,并把这个二进制编码信号调制在约 38kHz 的高频信号上,再加入到红外线发光二极管上,这样就将电信号转换成一连串红外光脉冲信号。红外光波长介于红光和微波之间,约为 940nm(毫微米),有几米的发射距离。该红外光线被装在电视机面板上的红外光接收二极管接收又重新还原成电信号,再由接收电路解调、放大、整形送到控制中心,进行类似于面板控制的同样控制过程。

另外,控制中心均设有辅助电源电路,当利用遥控发射器进行自动关机时,由于主电源停止工作而使信号接收通道、扫描电路也停止工作。此时辅助电源对控制电路供电,以保证控制中心在自动开机期间仍然能随时接收控制信号,如自动开机。

在目前市场上流行的大屏幕多制式彩电中,由于电视机的功能不断增加,所以微处理机的控制内容也增加很多,如 TV/AV 切换控制、PAL/NTSC/SECAM 彩色制式切换控制、环绕立体声控制、画中画控制等等。

二、遥控彩电微处理机的特点

我们知道,计算机的核心部件是控制器和运算器。控制器+运算器称为中央处理器,简称 CPU (Central Processing Unit),把中央处理器集成在一个芯片上称为微处理器 (Microprocessor)。遥控彩色电视机中使用的微处理器与普通的微处理器又有所不同,它是一个专用的微处理器,主要具有下列特点:

(1) 专用性强。专为控制彩色电视机的微处理器芯片不单单由控制器、运算器组成,还包括存储器 ROM 和 RAM 及一些输入/输出接口电路,用于屏幕显示的字符信息及各种控制程序在工厂制造时就写入到 ROM 中,有些厂家还把数/模变换器也与它做在一起,这实际上构

成微处理机。

(2) 体积小、简便、经济。微处理机在遥控彩电中仅仅是一个控制部件,把它安装在彩色电视机印刷线路板上,要求它的体积越小越简单越好。其价格也必须足够低才能打开市场,为广大消费者所吸引。

目前,市场上遥控彩电专用微处理器型号众多,1990 年我国选定东芝(TMP47C433AN 五块 IC)、飞利浦(PCA84C640 四块 IC)、三菱(M50436-560SP 四块 IC)三种遥控系统进行国产化开发生产。对较先进的频率合成式遥控器,作为技术发展的方向,要加快开发生产。

第二节 二进制数与编码

要掌握遥控彩色电视机的控制原理,就必须学点电子计算机方面的知识。在微处理机中,所有信息均用二进制来表示。因此,学点二进制方面的知识是必须的。

一、二进制数

微处理机是按照二进制数进行运算的,这是因为采用二进制数可使设备简化,容易用电气元件来实现。二进制数最基本的规则是“逢二进一”。二进制数与十进制数对照表如表 1-1。

表 1-1 二进制数、十进制数对照表

十进制	二进制	十进制	二进制	十进制	二进制	十进制	二进制
0	0	4	100	8	1000	12	1100
1	1	5	101	9	1001	13	1101
2	10	6	110	10	1010	14	1110
3	11	7	111	11	1011	15	1111

1. 二进制数与十进制数之间的转换

如果要把二进制数转换成十进制数,只要把二进制数小数点前的第 n 位乘以 2^{n-1} ,把小数点后的第 m 位乘以 2^{-m} ,然后把各位相乘之积加起来即可。例如:

$$(110)_2 = 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = 4 + 2 + 0 = 6$$

$$(101.11)_2 = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = 4 + 0 + 1 + 0.5 + 0.25 = 5.75$$

其他进位制数转换成十进制数的方法与上同。如八进制数转换成十进制,只要把各位分别乘以 8 的各次乘方,然后相加即可。

如果要把十进制数转换成二进制数,则对整数部分采用“除 2 取余”法,就是把整数部分一次又一次地被 2 除,得到的余数(第一个余数为最低位)就是二进制表示的整数。但对小数部分采用“乘 2 取整”法,就是把小数部分一次又一次地被 2 乘,得到的整数(第一个整数为高位小数)就是二进制表示的小数。最后两种处理结果加起来即可。例如 $5.25 = (101.01)_2$,其处理过程为:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{整数部分(除 2 取余法)} & & \\
 2 \overline{) 5} & (1 & \text{低位} \\
 \underline{2} & (0 & \\
 2 \overline{) 1} & (1 & \text{高位} \\
 \underline{0} & &
 \end{array}$$

小数部分(乘 2 取整法)

$$\begin{array}{rcl}
 & 0.25 & \\
 \text{高位} & \times 2 & \\
 \hline
 & 0.50 & \\
 & \times 2 & \\
 \hline
 \text{低位} & 1.00 &
 \end{array}$$

十进制数转换成其他进位制数的方法与上同。如十进制数转换成八进制数,整数部分采用除 8 取余法,小数部分采用乘 8 取整法。

在微处理器中,数是以二进制表示和运算的,但二进制数书写起来太长,易出错,故通常用八进制和十六进制来书写。目前微处理器通用的字长为 8 位,这正好可以用两位十六进制数表示,故十六进制应用十分普遍。为了区别不同进制数,我们用 Q 表示八进制数,用 H 表示十六进制数,用 B 表示二进制数,相互对照如表 1-2 所示。

表 1-2 十进制、八进制、十六进制数对照表

十进制	八进制	十六进制	十进制	八进制	十六进制	十进制	八进制	十六进制	十进制	八进制	十六进制
0	0Q	0H	4	4Q	4H	8	10Q	8H	12	14Q	CH
1	1Q	1H	5	5Q	5H	9	11Q	9H	13	15Q	DH
2	2Q	2H	6	6Q	6H	10	12Q	AH	14	16Q	EH
3	3Q	3H	7	7Q	7H	11	13Q	BH	15	17Q	FH

2. 八进制数与二进制数之间的转换

由于 $8=2^3$,故一位八进制数相当于 3 位二进制数。八进制数与二进制数之间的相互转换是十分方便的。

若需将一个八进制数转换成二进制数,只要将每位八进制数用 3 位二进制数表示即可。例如:

$476Q=100111110B$
 $0.532Q=0.101011010B$

若需将一个二进制整数转换成八进制数,则只要从最低位开始,每 3 位分为一组,不足 3 位的以 0 补足,然后将每组二进制数分别用相应的八进制数表示即可。如:

$010,111,000,101B=2705Q$

若需将一个二进制小数转换成八进制小数,则只要从最高位开始,每 3 位分为一组,不足 3 位以 0 补足,然后把每一组二进制数分别用相应的八进制数表示即可。如:

$0.100,101,011,110B=0.4536Q$

3. 十六进制数与二进制数之间相互转换

由于 $16=2^4$,故一位十六进制相当于 4 位二进制数,与八进制数相类似,十六进制数与二进制数之间的相互转换也是十分简便的。

首先,对于一个十六进制数,不论其整数部分还是其小数部分,只要把一位十进制数用相应的 4 位二进制数代替,即可转换成十六进数。如:

$EFB.3DH=111011111011.00111101B$

其次,对于一个二进制数,将其整数部分由小数点开始向左,每 4 位一组,最后不足 4 位的前面补 0;小数部分由小数点开始向右,每 4 位一组,最后不足 4 位的后面补 0,然后再把每组 4 位二进制数用相应的十六进制代替,即可转换成十六进制数。如:

$11111100.010111B=FC.5CH$

二、原码、反码和补码

由于计算机中只有 0 和 1 两种数码,不但数的大小用二进制来表示,而且数的正、负号也只能用 0 或 1 来表示。通常用 0 表示正号,用 1 表示负号,如:

设: $X_1 = +1011001$ $X_2 = -1011001$

则 X_1 和 X_2 在计算机中表示为:

$X_1: 01011001$ $X_2: 11011001$

这样, 数的符号在计算机中也数码化。我们把一个数在机器中的表示形式, 叫做机器数, 而这个数的本身叫做真值。

即然一个数的数值与符号全部数码化了, 符号位与数值位都是数码, 那么在对数据进行运算操作时, 符号应如何处理呢? 是否也同数值位一起参加运算操作呢? 为了解决这一问题, 就产生了把符号位和数值位一起编码的各种方法, 这就是原码、反码和补码表示法。

(1) 原码: 原码表示法是一种简单的机器数表示法。其符号位用 0 表示正号; 用 1 表示负号。数值部分用一般二进制形式表示。

如 $X_1 = +1101010$

$X_2 = -1101010$

则它们的原码表示为:

$[X_1]_{\text{原}} = [+1101010]_{\text{原}} = 01101010$

$[X_2]_{\text{原}} = [-1101010]_{\text{原}} = 11101010$

(2) 反码: 反码的表示法是, 对于正数, 反码与原码相同; 对于负数, 则除了符号位仍为 1 以外, 其他各位取反, 即 0 换成 1, 1 换成 0。

如 $X_1 = +1011010$

$X_2 = -1011010$

则它们的反码表示为:

$[X_1]_{\text{反}} = [+1011010]_{\text{反}} = 01011010 = [X_1]_{\text{原}}$

$[X_2]_{\text{反}} = [-1011010]_{\text{反}} = 10100101$

(3) 补码: 补码的表示法是, 对于正数, 其补码与原码相同; 对于负数, 其补码等于它的反码在最低位加 1。

如 $X_1 = +1100110$

$X_2 = -1100110$

则它们的补码表示为:

$[X_1]_{\text{补}} = [+1100110]_{\text{补}} = 01100110 = [X_1]_{\text{原}}$

$[X_2]_{\text{补}}$ 求法如下:

$[X_2]_{\text{原}} = [-1100110]_{\text{原}} = 11100110$

$[X_2]_{\text{反}} = 10011001$

$[X_2]_{\text{补}} = 10011010$

(4) 补码的运算: 数用补码表示的主要目的是减法运算也可以用加法运算来实现, 这样可以简化微处理机的运算器结构。数用补码表示时, 其符号位也可以一同进行运算, 所得结果也为补码形式, 即符号位为 0 表示正数, 结果为正数的补码形式; 符号位为 1 表示负数, 结果为负数的补码形式。如果将补码形式的结果再一次求补, 就还原成结果的原码形式。

例 1: $18 + 15 = 33$

解: $[18]_{\text{补}} = [18]_{\text{原}} = 00010010$

$[15]_{\text{补}} = [15]_{\text{原}} = 00001111$

$$\begin{array}{r}
 00010010 [18]_{\text{补}} \\
 + 00001111 [15]_{\text{补}} \\
 \hline
 00100001 [33]_{\text{补}} \\
 00100001 [33]_{\text{原}}
 \end{array}$$

例 2: $-18-15=(-18)+(-15)=-33$

解 $[-18]_{\text{原}}=10010010$

$[-15]_{\text{原}}=10001111$

$[-18]_{\text{补}}=11101110$

$[-15]_{\text{补}}=11110001$

$$\begin{array}{r}
 11101110 [-18]_{\text{补}} \\
 + 11110001 [-15]_{\text{补}} \\
 \hline
 111011111 [-33]_{\text{补}}
 \end{array}$$

↑

符号位的进位, 丢掉

$10100001 [-33]_{\text{原}}$

例 3: $18-15=18+(-15)=3$

解: $00010010 [18]_{\text{补}}$

$$\begin{array}{r}
 + 11110001 [-15]_{\text{补}} \\
 \hline
 100000011 [3]_{\text{补}}
 \end{array}$$

↑

符号位的进位, 丢掉

$00000011 [3]_{\text{原}}$

例 4: $15-18=15+(-18)=-3$

解: $00001111 [15]_{\text{补}}$

$$\begin{array}{r}
 + 11101110 [-18]_{\text{补}} \\
 \hline
 11111101 [-3]_{\text{补}} \\
 10000011 [-3]_{\text{原}}
 \end{array}$$

综上所述, 对于补码的加、减法运算可用下面一般公式表示:

$$[X_1]_{\text{补}} + [\pm X_2]_{\text{补}} = [X_1 \pm X_2]_{\text{补}}$$

另外, 对于减法运算(例 3 和例 4), 要判断结果是正数还是负数, 必须看减数变补与被减数相加时, 有无进位。有进位表示相减无借位, 结果为正; 无进位表示相减有借位, 结果为负。

以上介绍的是带符号数的运算, 对于不带负号数其运算方法也一样, 所谓不带负号, 是指参加运算的操作数 X_1 和 X_2 都为正数, 且整个字长的各位都用来表示数值的大小。当两个不带符号数相加时, 直接将两数相加即可, 做减法时, 仍用减数变补与被减数相加来实现。由于没有符号位, 减法结果的正负以最高位有无进位来判别。

例 5: $129-79=50$

解: $10000001 [129]_{\text{补}}$

$$\begin{array}{r}
 + 10110001 [-79]_{\text{补}} \\
 \hline
 100110010 [50]_{\text{补}}
 \end{array}$$

↑