

四位微计算机的功能及其应用

第八讲 四位微计算机的开发工具

温州电子技术研究所 缪晓胜

一、四位机开发系统概述

微机应用系统在运行时,按照事先编制的程序,由CPU控制,指挥协调整机各部分的动作。微机化的特点在于,一方面系统的功能在相当程度体现于软件上;另一方面这种功能的实现是软硬件协同“工作”的结果,即软件的正确性必须在整机联调过程中才能最后予以确认。因此,在微机应用系统开发过程中,软件编制和整机联调是两个主要的环节。

随着微机应用领域的迅速扩大,微机开发手段和工具的发展也日趋重要。各种微机开发系统纷纷应运而生,它们在开发过程的各个阶段都能给设计者提供有力的帮助,完成以下工作:

- 软件编制:程序的输入及记录(存在磁盘、磁带或纸带上)、编辑、链接、编译(高级语言书写的程序)、汇编(用汇编语言书写的程序)。
- 软件调试:在开发系统上脱机调试或在其它机上模拟。
- 整机仿真联调:利用开发系统的资源通过仿真器对被开发的应用系统作实时仿真调试。

一台完整的开发系统至少包括:

(1) 主计算机(Host computer)

它可以是一般通用计算机(如日本冲电气公司的四位机OLMS-40、65系列的开发系统是在采用CP/M操作系统的通用PC机上配备各种交叉软件构成的);也可以是专用的开发系统(如日立公司的H68SD5系统可开发该公司所有的四位机和八位机)。

在主计算机上必须配备各种开发用的软件。

(2) 对于硬件实时调试所必不可少的仿真器(Emulator)

利用主计算机的资源进行脱机调试或模拟调试只能找出程序逻辑上的错误。而在实时控制和处理模拟量的场合中,一般都有较强的定时时序要求,必须让系统在真实环境中运行,才能发现并排除错误。因此,每个微机品种都提供了相应的仿真器。因其使用时直

接联在应用系统电路板上,又称之为联机仿真器或在线仿真器(In Circuit Emulator,缩写为ICE)。

仿真器中一般含有相应的微机芯片,用以取代应用系统中的CPU。在主机的控制下,利用仿真器可完成以下主要工作:

- (1) 程序的实时分段运行,从任意地址开始至任意地址停止。
- (2) 实时单拍操作。
- (3) 断点及跟踪功能。可跟踪保留多达256拍的信息,包括地址、数据、I/O状态等。断点符合时,能自动停机并检查所跟踪的各种数据。
- (4) 对被开发系统内部CPU寄存器、状态、RAM、I/O内容等进行读写。

仿真器和主计算机联机使用,构成了完整的开发系统。开发不同品种的微机,只要更换相应的仿真器即可。仿真器往往还可以和调试器(Debugger)配合联机使用,作为一种廉价的开发工具利于普及推广。调试器一般为便携式或单板型(Debugging board),上面配有键盘、数码管等基本外设,以进行必需的监控操作。

四位机作为微机中的专用型低档机种,其开发系统相应地具有一些特点:

(1) 作为书写程序的语言,一般是使用汇编语言。目前尚未见到用PL/M、FORTRAN、PASCAL等高级语言编程的四位机。

(2) 由于程序较短,调试工作相对来说较易。为了降低成本,往往在仿真器中去掉跟踪部分,因而不具备跟踪功能。

(3) 目前四位机均是单片的,其ROM做在里面。在开发过程中需用开发系统或仿真器中的RAM或EPROM来取代ROM进行调试。因此一般都提供了内部不含ROM的开发片或仿真片(Evaluation chip),有外接式和背插式(Piggy back)二种。前者引脚多于原片,引出相应的地址线和数据线。后者的引脚和原片一样多,但从片背上引出一个插座,可把EPROM

直接插入运行。目前背插式的开发片正在增多。

(4) 功能齐全的开发系统价格都很昂贵, 这不利于四位机的推广普及。因此, 各厂家还推出了一些简易型的综合开发装置(一般称之为“Kit”), 如日立公司的H40EVALUATION KIT、电气公司的EVAKIT-7500等。H40是单板结构, 用6802作CPU, HD44850E(80脚)作仿真片。6K字节RAM用以存储目标程序。一个100脚的板缘插座把四位机的各种I/O信号直接连至应用系统。其操作控制方式有二种: 一种是使用附带的袖珍式控制台(比一般计算器稍大一点); 一种是使用通用的TTY(电传打字机)或TYPUTER。它能提供包括汇编、文本编辑、联机调试等在内的所有基本功能。汇编/文本编辑程序和监控程序各为4K字节, 固化在EPROM中, 使用很方便。但考虑节省成本, 不用CRT等高价外设, 而是采用14位8段荧光管作显示器。因而在汇编和编辑时, 英文字母的表示受到限制, 如M用“m”来表示。这是不足之处。

上述这样一个完整的开发装置价格仅2000美元左右, 对广大应用开发者很有吸引力。

二、国产四位机开发工具研制情况

为了推进国产四位机的应用工作, 不少单位研制了各种四位机开发工具。按其功能来分, 大致有以下几类:

1. 汇编程序

北京市计算机软件中心在BCM-III通用微机上(在CP/M操作系统支持下), 编制了DG0040的交叉汇编程序ASMF。配合该机原有的系统软件文本编辑程序ED, 可完成DG0040软件编制阶段的各种工作。

用文本编辑程序ED可以在BCM-III微机系统上方便地输入以汇编语言格式书写的四位机源程序并进行编辑和修改。送入的源程序可以文件形式存入磁盘, 也可打印出来以供分析、检查和阅读。

源程序输入完毕后启动ASMF汇编程序。BCM-III机立即将汇编语言书写的源程序汇编成一个用四位机机器代码形式表示的目标程序文件和一个可以显示和打印的程序清单文件。汇编过程中将自动找出错误的指令并予以显示。

源程序、目标程序和程序清单的文件名分别为 $\times\times\times\cdot D40$, $\times\times\times\cdot COM$, $\times\times\times\cdot PRT$ 。

程序清单每行包括的内容是: 源程序行号、指令码、清单行号、标号汇编符号、解释部分。

其中解释部分自动给出每条指令的实际操作内容, 这样使程序员阅读分析十分方便。

汇编好的目标程序可用下面所介绍的调试程序予

以模拟调试或直接写入EPROM。在写入前必须先进行DG0040所特有的地址转换工作, 即把顺序计数寻址方式转换成异或计数寻址方式。

温州市电子技术研究所也在PS-80机(和TRS-80兼容)上编制了在TRSDOS操作系统支持下的DG0040和COP420系列的编辑/汇编程序ASM040/CMD和ASM400/CMD。这些Z80机器码程序融合编辑程序和交叉汇编程序于一体。在一个文件中同时具备插入、删除、检索、修改等编辑功能和从源程序产生四位机目的码的汇编功能。在汇编过程中给出语法错误等信息时, 即可直接用编辑命令进行修改后再行汇编, 无需反复地调用编辑程序和汇编程序分别进行修改和汇编。可以用行号自动增量方式以四位机汇编语言形式输入源文本。其中间结果及最终文件均可进行显示或用打印机进行硬拷贝, 也可以用W命令记入磁盘或磁带保存, 或用L命令从存储介质上调入内存进行追加、修改及汇编。汇编的结果以: 目的地址、目的码、源程序行号、标号、汇编符号、注释的格式予以显示或打印。

该汇编程序除能对规定的汇编符号进行处理外, 还具有对设定地址、分页、定义字节等一系列错误进行处理, 给出相应的警告信息以便重行编辑修改的能力。

2. 模拟程序

所谓“模拟”, 就是在其它较高级的计算机上运行四位机的程序。由于二机的指令系统不一样, 实际上是对四位机的每一条指令编制一段相应的程序来解释执行, 以在功能上做到完全一样, 从而来验证四位机程序的正确性。

模拟的主机有采用180小型计算机的(如湖南邵阳电子技术研究所), 有用通用微机系统的(如北京市计算机软件中心、苏州电子所), 有用单板机的(4435厂、苏州电子所), 也有用灵巧机的(邵阳电子所)。

北京市计算机软件中心研制的四位机模拟调试程序(称为DBG40·COM), 也是在BCM-III机上实现的。该程序功能较完善, 通过各种键盘命令的控制, 能方便自如地对目标程序进行各种调试工作。

在BCM-III主机内存中开辟三个区, 分别用来模拟四位机的程序指令、RAM及寄存器标志位。由于每条四位机程序指令用一个Z80系程序来解释执行, 所以程序区每条指令占用三字节(即一条调用指令)。RAM、寄存器等均用单字节表示。总共提供了10种调试命令:

(1) 以机器码形式或以汇编符号形式显示任一区间的四位机程序。

(2) 以16进制码显示四位机的RAM内容。

(3) 以机器码或汇编符号二种方式直接修改四位机的程序。

(4) 直接修改四位机的寄存器和标志位。

(5) 设断点或不设断点执行四位机程序。设断点后执行到断点自动停机,并显示各寄存器和标志位当前状态以及下条指令的地址与内容。

(6) 跟踪命令。打入该命令后可显示四位机程序执行过程中每一条的状态。

(7) 对四位机程序的地址作转换和反转。

模拟程序的主要缺点是无法作实时调试、不能监视观察I/O端口的状态。

3. 实时仿真工具

实时联机调试是开发中最后的也是最重要的一环,国内各地研制的四位机开发工具也以此为最多。其中大部分是简易型的,其设计思想是在Z-80单板机上增加一个简单的接口电路,包括公用RAM区(2K~8K)和一组三态门双向开关,其构成如图8-1所示。

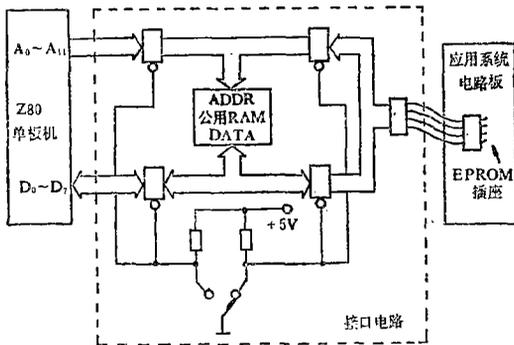


图8-1 EPROM仿真示意图

当三态开关切换至左边时,公用RAM区的地址线及数据线都接至Z-80单板机,成为Z-80的存储器。通过键盘,可将四位机程序送入RAM区或予以修改。当开关切换至右边时,RAM区通过电缆及插进应用电路EPROM插座的插头连至四位机应用系统,公用RAM区成为被开发系统的程序存储器(EPROM)。所以这种方式称之为“EPROM仿真”。除可利用单板机的送数、编程、磁带机转储等原有功能外,尚可编写专用监控程序,以对公用RAM区四位机程序作地址转换、插入、成块上移、下移或搬家等工作。也可将四位机基本程序(包括测试程序)编成子程序库存在EPROM中供编程时随时调用。这些功能提供了最基本的调试手段,是一种简易方便的调试工具。

三、WDK通用开发装置

功能比较齐全的四位机实时仿真开发装置已有几

种推出,这里介绍温州市电子技术研究所研制的WDK四位机通用开发装置,它能开发DG0040、DG420(即COP420)等四位机以及八位单片机MCS-48系列。

1. WDK开发装置的设计思想

(1) 主-从方式工作:这种普及型的带监控功能的仿真器,从结构上分有两种不同的类型。一种是监控用的主机和被开发应用系统的从机使用同一个CPU芯片。这样节约了一个CPU,在电路上也简化一些。但是当从机执行时,CPU被占用,主机无法进行监控显示。更重要的是主机进行监控所用的键盘显示、I/O控制电路及监控程序所需的状态变量不可避免地占用了CPU的一些资源,例如I/O通道、内部RAM、堆栈级数等,因而限制了应用系统的某些功能,使用户感到不便。而且要开发一个新的机种时,由于CPU不一样,硬件要彻底改动,等于从头设计,工作量很大。

第二种方法是主机和从机分开,使用二个CPU。主机只对从机的工作状态进行监控,不占用从机的任何资源。因此用户在设计应用系统时可以不考虑开发系统的影响,即不受任何限制。作为理想的仿真功能,是应该取消这种限制的。主-从机分离后在开发新的机种时也比较方便,硬件变动很少。

基于以上考虑,该机采用主-从方式工作。主机选用8035;从机可以是DG0040、COP420或8035、8039等,直接使用应用系统板内的CPU。

(2) 通过EPROM插座的联机方式:开发系统仿真器和应用系统的连接,也有不同的方式。一般是将联机仿真器(ICE)插头直接插至应用系统的CPU插座上,即取代其CPU的功能。

对于单片机来说,由于应用系统一般不很复杂,所有的存储器资源已由仿真板提供,只需引出I/O线即可。如上述日立公司H40仿真板那样。

对于DG0040来说,由于地址线和数据线已引出,实际上应属于开发片一类的四位机。目前在仪表、测试、控制、专用计算等方面应用较多,往往需对功能加以扩充。这些各异的功能难以用仿真板完全包含通用。再者考虑到该机的兼容性,也不可能将三种从机的CPU及接口电路全都容纳在板上。合理而有效的办法是通过EPROM的联机方式,即从仿真板上引出一个带24脚插头的电缆,插在应用系统的EPROM插座上。此外还从仿真板上分别引出三组信号线,用以实现主机对从机的控制和主-从机之间的数据传送。

2. WDK开发装置的构成及主要功能

该机由主机和仿真器二部分构成,设计在一块大板上。主机部分包括:

- 由8035单片机、8D地址锁存器74LS373及2732EPROM构成的8035基本系统;
- 6位LED数码管及32个单键组成的键盘作为人机通讯工具;
- 2个EPROM编程插座, 分别用以对2716和2732编程;
- 1个PROM读入插座, 用以输入固化的待调试的程序;
- 打印机接口及录音机接口。

仿真器部分由2片6116构成4K RAM体, 作为从机的程序存储区。由二组三态缓冲器开关控制地址和数据的传送方向, 数据在从机方向是只能读出, 而在主机方向则可读可写。地址锁存器用以锁存从机的程序执行地址, 从而可通过选通门送至主机显示及作断点比较。单拍产生电路在时序寄存器和地址保持器的配合下完成四位机的单拍功能。LINK寄存器则实现主-从机之间的信息通讯。仿真器的结构框图如图8-2所示。

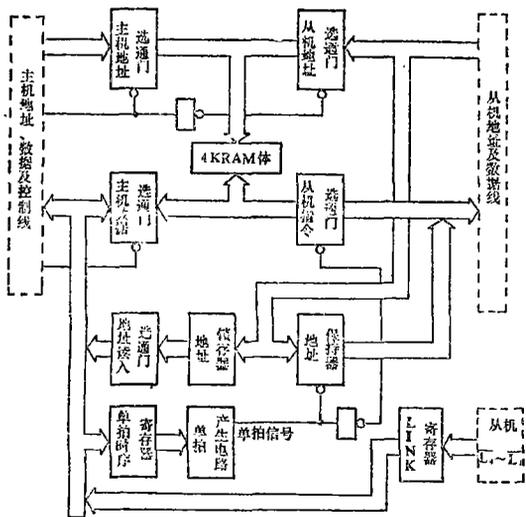


图8-2 仿真器结构框图

该机的主要功能如下:

• 可对被开发的应用系统程序进行实时联机调试。程序存储区为4K字节, 可由键盘打入, 从PROM中装入或从录音机中输入程序。可从任意地址开始执行程序, 分段运行或跨越运行。在调试过程中可任意修改程序。DG0010机的地址转换及转移指令中操作数(即地址)的转换由软件自动完成, 对使用者是“透明”的, 即操作员键入的程序数据和开发系统显示的数据均按常规加1计数地址方式工作。不必考虑DG0010移位或计数地址方式所引起的地址转换,

因而省却了不少麻烦。

• 可设一个断点, 设断点后程序执行到断点自动停机并显示断点地址及累加器ACC内容, 执行后断点自动清除。

• 具有单拍操作功能。DG0010机在下述情况下能自动多拍执行: (1)遇到双字节或三字节指令时能自动执行二拍或三拍。(2)在LB xy或LAM指令连续出现时, 能自动连续执行。(2)在跳步指令条件符合时, 能自动再执行一条空操作指令。以上多拍功能保证了和实际运行时完全一致的正确结果。对COP402机也能根据指令要求自动双拍或多拍执行。

• 可对DG0010或COP402CPU中的累加器A、各种寄存器及内部RAM体中的任一单元进行检查或改写。

• 具有EPROM编程功能, 可把调试后的程序直接写入2716或2732。

• 带有打印机接口, 配上微型针打后可打印出四位机程序清单或内部RAM内容。

• 带有录音机接口, 可转储或输入程序。

3. 单拍功能的实现

众所周知, 单拍操作在微机开发工作中是十分重要的一个功能, 是找出程序中细微差错的有效办法。因此, 各种微机芯片特别是开发片中往往内含单拍控制电路, 在SS(单拍)、HALT(暂停)等信号线控制下, 实现单拍启停操作。但四位机为了尽量利用引脚作为I/O线, 所以多数不提供单拍控制端, 内部也不含单拍电路, 而将此任务留给开发装置来完成。

以DG0010为例(DJS-020, COP402亦类似), 其内部电路, 包括程序计数器PC在内, 都是采用准静态MOS触发器形式。触发器的自保、置数是在时钟脉冲 ϕ_1 、 ϕ_2 的同步下完成的, 如把时钟挂起则显然会破坏所有状态。而程序计数器PC, 由于程序执行的连续性无需自保功能, 只能处于计数、转移、转子、返主这四种工作方式之一, PC的内容每一拍都要刷新改变。在时钟不中断、计算机保持正常工作的条件下要实现单拍启停操作, 必须满足两个要求: (1)不能破坏机内当前所有状态; (2)要记住下一拍指令的地址。为满足第(1)点, 在单拍后停机时要强迫执行空操作NOP指令或负内转移JMP指令。为同时满足第(2)点, 设置了一个地址保持器电路, 在时钟脉冲 ϕ_1 和单拍时序电路同步下, 将下拍地址PL部分6位锁存在保持器内, 保持器的高二位接成“10”电平。停机后, 在单拍电路控制下, 由地址保持器提供从机的指令, 即一条负内转移指令JMP。这样, 在停机期间PL部分和PS、PU部分均保持不变, 在下次单拍时能按原有次序继续执行下一条指令, 从而实现了单拍操

作。

在DG0040中有不少双字节和三字节指令，这些指令的前一拍或前二拍所产生的状态是后一拍执行的条件。这些状态仅保持一拍或二拍的时间，因此双字节和三字节指令必须一次连续执行。众多的跳步指令也是如此。所谓单拍，实际上是单拍、双拍或三拍。DG0040的指令周期是和时钟 ϕ_2 的前沿同步的。因此，单拍同步电路的作用是产生和 ϕ_2 前沿同步的一拍至三拍宽度的脉冲。其原理图及波形图如图8-3所示。

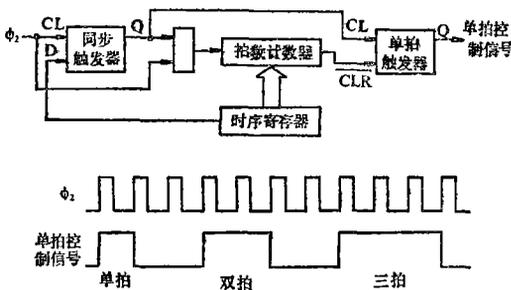


图8-3 单拍产生电路及单拍信号波形

单拍电路工作过程：首先由主机检查程序存储器当前指令的内容，判别其拍数，往时序寄存器送相应数值。时序寄存器的输出端控制拍数计数器各触发器的预置(PR)及清除端(CLR)，从而给计数器预置相应的值。之后，往时序寄存器送第二组数值，置位同步触发器的D端，在 ϕ_2 前沿作用下使触发器翻转，继而打开单拍控制触发器，送出单拍控制信号。同时，在 ϕ_2 同步下，由与门送出计数信号，使计数器计数。计完1至3拍相应值后，计数器最末位翻转，清除单拍控制触发器，关闭单拍控制信号。

对于DG0040的LB_{xy}和LAM这两条指令，由于连续执行时其功能不同，而且拍数不受限制(连续几十条也可以)，因此无法用硬件电路完成。该机中用软件技术实现，即把该连续指令结束后的下一条指令用一条“原地踏步”的JMP指令来代替。然后启动

从机执行，把连续的LB_{xy}或LAX指令一次执行完毕，到JMP指令处停止，再替换原指令。因此，该机的单拍功能是完善的，和实时连续执行时的效果完全一样。

4. 从机CPU中数据的检查与修改

在程序调试的过程中，经常需要检查四位机内部的各种信息，包括RAM单元和各种寄存器的内容。例如，在调试一段运算程序时，最好是先给RAM中的运算数据区预置一组数值，然后启动执行该运算程序，再检查运算后的结果数值。显然，这种检查修改的能力对加快调试工作是必不可少的。

在WDK机中主-从机间通过EPROM连接，被开发的四位机位于从机中，数据(即指令)的传输方向是单向的，由主机送至从机。因此从机信息的输出必须通过增设的寄存器来完成，这就是LINK寄存器的作用。

要使从机送出或修改数据，必须让其执行一段相应的程序，这项工作由专门的LINK子程序来完成。该子程序把完成检查修改工作所必需的某段四位机程序指令替换进当前的程序存储区，然后启动从机执行；并从LINK寄存器读回从机送出的数据，最后恢复程序存储区的原有程序，以不影响程序的正常执行。

这里还要说明两点：

(1) 从机信息的送出要通过输出端口(如DG0040机为 $L_4 \sim L_1$)，因此在LINK程序执行过程中输出端口的状态会有瞬时的变化。但LINK程序在开头先读入从机该输出端口的内容(也通过LINK寄存器)予以保存，在最后执行一段程序予以自动恢复，从而不会影响以后的工作。

(2) DG0040的RAM地址BS、BU、BL是无法保存记忆的。因此在对RAM作读写操作后，RAM地址指向正被读写的单元，无法恢复原有内容。这是由于四位机本身指令功能所受到的限制，任何外加的仿真电路是无能为力的。

(全文完)

(上接第41页)

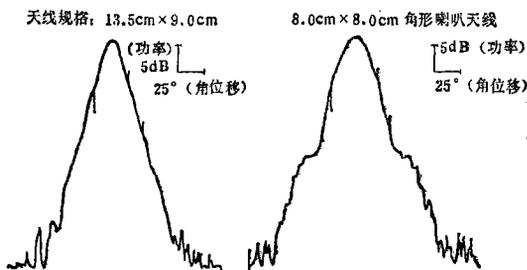


图5 天线方向图实测结果

线方向图自动测量系统，测得的天线方向图如图5所示。图中垂直方向为功率，5dB/厘米；水平方向为角位移，25°/厘米，天线增益的测量误差为1dB(指功率)左右，与上述理想分析值相似。在大动态范围内其测量误差为1dB已令人满意了。这说明程控式对数检波器的确具有动态范围大，精度高特点，而且成本低制作方便，故它可以广泛应用于材料、光辐射微波天线测量等大动态范围的场合。

(参考文献略)