

# 由 MOVX 指令深入分析 51 单片机总线时序及扩展

周姝颖, 林凡强, 何凌霄, 富饶

(成都理工大学 信息科学与技术学院, 四川 成都 610059)

**摘要:** 分析了 MCS51 单片机访问外部存储器指令 MOVX 的执行过程, 介绍了 51 系列单片机使用的四要素; 分析了 51 单片机在外部扩展、总线时序、地址译码方法重点以及对超过 64 KB 地址空间访问的方法。并以实验室研制的 MCS51 单片机实验仪为例, 分析了外部空间开展的重要性、方法和原理, 给出了单片机系统扩展框图和地址译码表。

**关键词:** 单片机; 总线; 时序; 存储器空间; 译码

中图分类号: TP313

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)20-0004-04

## Deeply analyzing bus sequence and expansion of 51 MCU by command MOVX

Zhou Shuying, Lin Fanqiang, He Lingxiao, Fu Rao

(School of Information Science and Technology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

**Abstract:** This paper analyzes the process of the command "MOVX" that MCS51 accesses its external memory, and introduces the four key elements of the serial of 51 MCU: external expansion of 51MCU, bus sequence, the method of address decoding and the method of accessing address space which beyond 64 KB. Case in MCS51 developed in laboratory, the paper analyzes the importance, method and principle of expanding external space, and shows the block diagram of system expansion of MCU and the character of the address decoding.

**Key words:** MCU; bus; sequence in time; space of memory; decoding

AT89C51 单片机是 ATMEL 公司设计生产的与 MCS51 内核兼容的 51 系列单片机之一, 该系列单片机以其优越的性能和成熟的技术在控制和自动化应用领域占有着较大的市场; 除此以外, 51 单片机有着计算机系统中经典的总线结构, 即: 数据总线、地址总线和控制总线。

在实际应用中, 单片机的 4 个端口中, P0 口通常是作为地址/数据总线复用; P2 口作为高 8 位地址总线, 高 8 位地址线在有多余 I/O 的情况下, 配合外部的组合逻辑电路一起构成外部总线译码使用; P3 口通常作为第二功能使用, 则提供给用户使用的 I/O 仅仅是 P1 口。在多数应用场合下是不能满足要求的, 因此 51 单片机系统就或多或少地需要进行系统扩展。另外, 由于其内部的 RAM 只有 128 B, 在使用 C 语言进行程序设计时显得比较不足, 必要时需进行外部 RAM 扩展, 方法与扩展外部 I/O 相同。实际应用中, 使用总线方法可以较容易地实现 51 单片机外部的 I/O、RAM、LCD、ADC、DAC 等等外设的操作, 以弥补 51 单片机片内外设的不足。

### 1 MCS51 单片机系统的四要素

#### 1.1 51 单片机系统的启动

MCS51 单片机上电正常工作, 需具备以下四点:

(1) 电源。AT89S51 系列单片机的第 40 引脚为  $V_{CC}$ , 外加电压 5 V 工作电压, 另外, 单片机的第 20 引脚是 GND, 须连接到系统的地。

(2) 复位电路。任何处理器都需要在上电时进行自身的复位, 51 单片机也不例外, 上电复位电路是较为简单可靠的电路之一, 不可缺少。复位电路如图 1 所示, 该图为带上电复位及手动复位两种结合, 二极管 D1 在系统瞬间掉电能帮助系统快速放电, 使系统重新复位, 以提高系统的可靠性。

(3) 振荡电路。如图 2 所示, 51 单片机的第 18 脚和第 19 脚为两个外接振荡的引脚, 是内部振荡方式的典型电路, 外接的

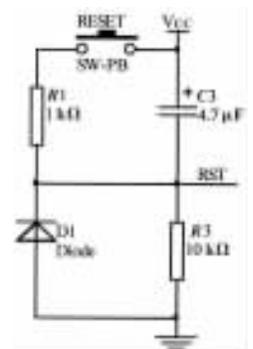


图 1 复位电路

33 pF 电容可以提高振荡的稳定性。

(4)EA。AT89S51 单片机内部有 4 KB 的程序存储器,不需要外部的 ROM 空间,如果不够可以选择 AT89S52 或其他内部存储器更大的单片机,所以接高电平,即:不使用外部 ROM,只使用内部的存储器。

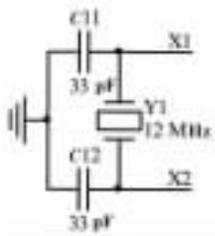


图 2 振荡电路

## 1.2 MCS51 单片机系统的存储器结构

MCS51 单片机的存储器分为片内和片外两个部分,即:内部的 ROM/RAM 和外部的 ROM/RAM,编写程序时必须清楚每一个存储单元的用途和功能,这样才能更好地进行系统存储器资源的分配。51 单片机的另一个特点是外部的 RAM 空间和 I/O 空间共用外部的 64 KB 空间,因为外部总线的地址线为 16 bit,所以能够访问的最大地址空间为 64 KB。51 单片机系统在进行外部扩展时,所有外设的地址都分布在这 64 KB 的地址范围内,对于 RAM 来说,地址是连续的;而对于 LCD、ADC 等等部件,地址是不连续的。

## 1.3 51 单片机的中断系统

AT89S51 单片机为用户提供了可屏蔽中断源有 5 个,分别是:外部中断 0(入口地址为:0003H)、外部中断 1(入口地址为:000BH)、定时器 0(入口地址为:0013H)、定时器 1(入口地址为:001BH)和串行中断(入口地址为:0023H);不可屏蔽中断为复位(入口地址为:0000H)。51 系列单片机的其他型号所提供的中断个数不尽相同,所有的单片机都包括上述这 6 个最基本的中断源,不同公司生产的 51 内核单片机中断源上有略微的区别。

## 1.4 51 单片机的总线结构

由于 51 单片机真正可以作为双向 I/O 口应用的只有 P1 口,假设系统需要扩展外部的键盘,I/O 就所剩无几了。因此,MCS51 单片机应用系统设计都不可避免地需要进行系统的扩展,而 I/O 的扩展则是与系统总线紧密结合的。由于 MCS51 单片机的外部 RAM 和 I/O 口是统一编址的,因此,可以把单片机外部 64 KB RAM 空间的一部分作为扩展外围 I/O 口的地址空间。这样,单片机系统就可以把额外的 RAM 空间用来进行 I/O 空间的扩展,使用总线方式对外设进行访问<sup>[1]</sup>。

本文重点之一是介绍采用具有三态缓冲的 74HC244 芯片和输出带锁存的 74HC573 芯片来扩展一个 4×4 的小键盘,缓冲器和锁存器分别占用外部 I/O 空间中的两个地址。而无论是访问外部的 RAM 空间还是 I/O 空间,在进行汇编语言编程时都是通过 MOVX 指令来实现读写的。在使用 C 语言进行单片机程序设计时,虽然语言改变了,但是 C 语言程序反汇编后,访问外部仍然使用的是 MOVX 指令。因此,分析过程及使用中,都是以汇编语言为例进行扩展设计的。

## 2 MOVX 指令的执行过程

MOVX 指令是 51 单片机访问片外外设的唯一指令,与外部 RAM 或 I/O 空间进行数据的读写或者 ADC 和 DAC 等都需要使用这条指令。MCS51 单片机外部 RAM 的地址空间为 64 KB,地址总线为 16 bit,访问外设可执行 4 条汇编指令:(1)MOVX A,@DPTR;(2)MOVX @DPTR,A;(3)MOVX A,@RI;(4)MOVX @RI,A。其中 DPTR 为 16 bit 地址寄存器,地址高 8 bit 存于 DPH,地址低 8 bit 存于 DPL, $R_i(i=0,1)$ 是 8 bit 寄存器,作为地址指针时仅存低 8 bit 地址<sup>[2]</sup>。

MCS51 执行上述指令时分为两个阶段:首先,是从程序存储器中取出指令代码,并进行译码;然后,执行对外设数据的读写操作。在这两个阶段中,P0 口在指令执行过程中是分时复用口,指令前半周期,低 8 bit 地址由地址锁存允许信号 ALE 控制一个 8 bit 的锁存器输出,接着输出 8 bit 数据至外部数据总线,P2 口在此过程中一直输出高 8 bit 地址。

由上所述,假设使用 R0 和 R1 对外设的进行间接寻址方式的访问,那么可看作是一种页面寻址,将外部的 64 KB 空间分成了 256 页,每一页有 256 B 地址。寄存器 P2 的当前值决定了当前的页地址。MCS51 单片机在复位时,P2 端口寄存器数值为 FFH,若程序运行中没有改变 P2 中的值,则 R0 和 R1 只能对 FF00H~FFFFH 范围的外部的间接寻址,即对第 255 个页面进行访问。往外部空间写 1 B 时序图如图 3 所示。

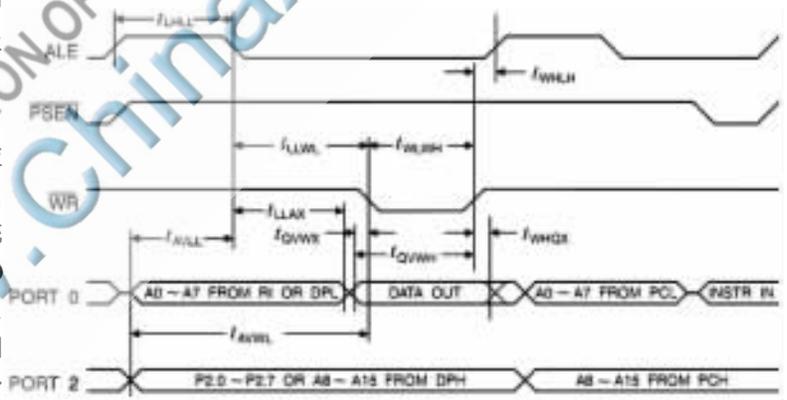


图 3 MCS51 单片机外部写总线时序图

因此,使用 DPTR 作为数据指针或者是 RI,都可以实现对外部 64 KB 空间的访问。而指令都是使用 MOVX,可见 MCS51 单片机系统中,MOVX 指令有着非常重要的作用。

## 3 时序分析及系统扩展

MCS51 单片机的外部总线时序扩展主要包括外部的译码电路、锁存电路等组合逻辑电路,形成整个系统的外部总线,即:数据总线、地址总线、控制总线。

译码电路采用常用的 74 系列 3/8 线译码器 74LS138,该芯片的 A、B、C 分别接地址的最高 3 位,即

软件天地 Software Technology

A13、A14、A15，译码电路如图4所示；138的使能端E3接高电平，E1和E2接的是EN\_138，该信号是由单片机的读写信号经过组合得来的，当系统对外部的总线进行读写时，读/写信号其中一个为低电平，使得EN\_138控制信号输出为一个低电平脉冲信号，此时，3/8线译码器的输出Y0~Y7其中一个也会输出一个低电平脉冲，用此脉冲就可以有效地对外部设备进行片选。逻辑电路如图5所示。

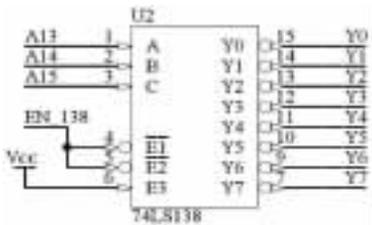


图4 译码电路图

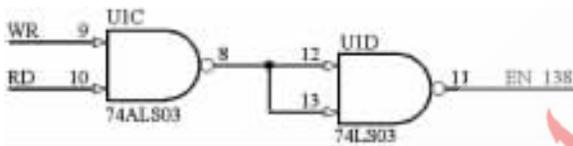


图5 读写信号逻辑电路图

通过这样的组合后就可以在总线上数据有效的时间内，通过74LS138的Y0~Y7控制外设的片选，实现有效的数据读写。尤其是在扩展外部I/O口使用的74系列的逻辑电路芯片时，这个方法尤为重要，因为这类芯片没有外部的读/写信号，只能通过单片机外部的组合逻辑电路输出一个读/写信号宽度的脉冲用以控制此类I/O芯片。若外设信号控制信号为低电平脉冲，则刚好与3/8线译码器的输出匹配，此时直接相连即可；若外设控制信号需要的是高脉冲信号，则必须在3/8线译码器的输出外面再加一级反相器电路，常用的反相器为74LS04。

以写数据往外设为例，得到的时序流程如图6所示。读数据的时序与写数据一致，只是将写信号换成读信号<sup>[2]</sup>。

4 I/O 扩展实例

4.1 行列键盘扩展

如前所述，51单片机供用户使用的I/O只有P1端

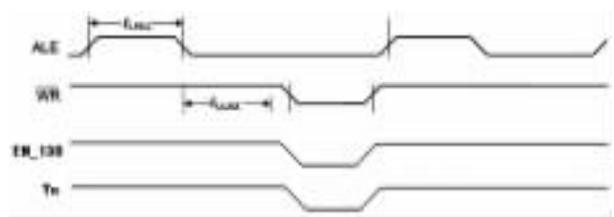


图6 译码时序

口的8个引脚，远不能满足系统的需求，这样就必须通过总线的方法进行外部I/O扩展。在这里需要注意的是，51单片机系统外部I/O空间是和外部的RAM空间共用外部64KB空间的。使用74LS573和74LS244分别进行行列的扩展，其中573锁存行信号，244读回数据，扩展了端口，实现了4x4的矩阵式行列扫描键盘，如图7所示。在此程序略，主要介绍扩展的方法<sup>[3]</sup>。

图8所示为4x4矩阵键盘连接图。



图8 4x4矩阵键盘电气连接图

4.2 大于64KB空间的扩展

MCS51单片机是8位的微控制器，外部地址总线共16bit地址，能访问的空间共为64KB，但是如果系统中所有的外设加起来需要的地址空间超过64KB时(如128KB、256KB的RAM或者需要更多的I/O空间等情况出现)就需要使用P1口或者是P3口不使用的I/O口进行线选法译码或者译码法进行额外的扩展来实现。

这种情况在单片机系统中经常会遇到，本文中介绍一种基于分页原理的扩展方法。51单片机系统虽然只有16条地址总线，在系统需要较大的RAM或I/O空间时，可以将系统中空余的I/O口作为额外的外部地址使用，

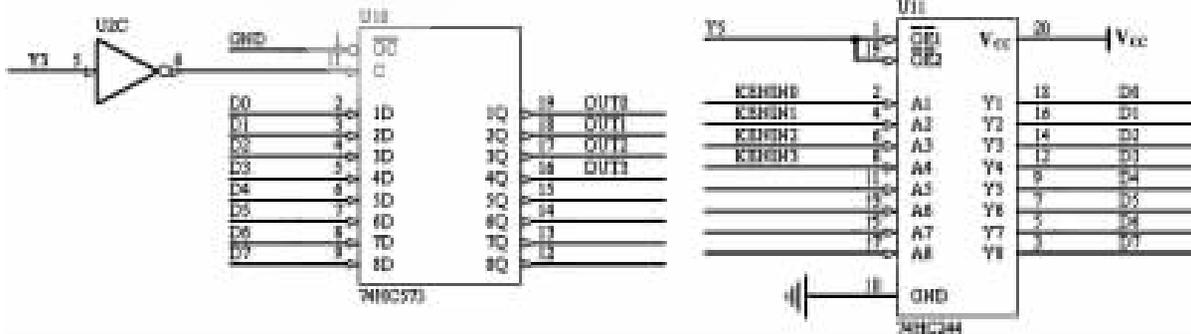


图7 扩展外部I/O实现键盘行列扫描

例如：使用 P1.0 时进行线选法译码时，就可以扩展外部的 128 KB 空间。当 P1.0 为低电平时，选择第 1 个 64 KB 空间；当 P1.0 为高电平时，选择第 2 个 64 KB 空间。

以此类推，假设有更多的空间需求时，还可使用专用译码器进行译码，来进行更多的选择。如此看来，就像其他处理器系统中类似地有着多余 16 条地址线一样。因此，在 MCS51 单片机系统中，实现大于 64 KB 空间的使用是很容易实现的，51 单片机系统是使用非常成熟的系统了，而且，这样的使用可以给设计时提供了更多的选择，最大程度地降低设计成本和系统开发的难度，以及开发周期等<sup>[4]</sup>。

#### 4.3 单片机实验仪实例开发

在单片机实验仪上，使用了总线方式进行扩展的模块单元还有 LCD 显示模块、AD/DA 模块、流水灯模块等部分。

表 1 给出了实验仪上所有的通过总线方式进行外部扩展的单元及其地址和片选信号线，其中，各个模块的访问地址实际上是一个地址的范围，这里只给出一个。没有使用到的地址线默认为 0。

表 1 实验仪扩展总线地址分配

模块名称	地址分配	片选线
ADC0809	地址：4000H A0 A1 A2 选择通道	Y2
DAC0832	地址：8000H	Y4
流水灯	地址：2000H	Y1
键盘行	地址：6000H 列地址：A000H	Y3/Y5
LCD	命令地址：E001H 数据地址：E000H 读状态地址：E003H	Y7

在使用 C 语言进行程序设计时，访问外部的总线也是非常方便的，只需要在程序中包含头文件 absacc.h。该文件定义了访问外部空间的方法，如进行 LCD 的设计

时，定义下面条语句：

```
#define com_lcd XBYTE[0xe001] //命令地址
#define data_lcd XBYTE[0xe000] //数据地址
#define read_lcd XBYTE[0xe003] //读状态地址
```

之后，通过对定义的 3 个地址变量的访问，即可实现对外设的访问，非常方便。因此，在单片机适应的场合，对外设较多的情况之下，只要在速度等要求不高的情况下，采用 51 单片机也是可以实现高效的控制系统<sup>[5]</sup>。

通过上述分析及实际应用设计，可以看出 MOVX 指令在 MCS51 单片机系统中的重要地位，尤其是进行系统扩展时，其地位显得尤为重要。虽然，现在控制系统多采用了 C 语音进行设计，但是万变不离其宗，了解和掌握单片机系统底层的指令系统及其应用方法是非常重要的。只要使用外部总线扩展，本文提到的逻辑扩展方法都是非常可行的，而这些都是建立在对 MOVX 指令的使用和研究上。因此可以说，掌握了 MOVX 指令的使用，就掌握了 MCS51 单片机系统总线及时序扩展的方法。

#### 参考文献

- [1] 何立民. 单片机应用文集[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1992.
- [2] 何立民. 单片机高级教程——应用与设计[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2000.
- [3] 张毅坤. 单片微型计算机原理及应用[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2002.
- [4] 胡汉才. 单片机原理及其接口技术(第 2 版)[M]. 北京: 清华大学出版, 2004.
- [5] 谭浩强. C 程序设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 1996.

(收稿日期: 2013-06-19)

#### 作者简介:

周姝颖, 女, 1992, 本科, 主要研究方向: 通信系统。

# ATS 仿真系统网络化的设计与实现

徐 越, 郭秀清

(同济大学 控制科学与工程系, 上海 201804)

**摘 要:** 网络化的 ATS 仿真系统能够更好地满足在实际应用中的培训和教学需求。以上海地铁 2 号线 ATS(Automatic Train Supervision)仿真系统为例,在系统功能模块化的基础之上,结合 TCP/IP、UDP 协议和 WSAAsyncSelect I/O 模型,在现有单机版 ATS 仿真系统的基础上设计并开发了网络版,使之可以更好地满足系统的实际应用需求。

**关键词:** ATS; 仿真; 网络通信; WSAAsyncSelect

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)20-0008-03

## Design and implementation of the networked ATS simulation system

Xu Yue, Guo Xiuqing

(Department of Control Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 201804, China)

**Abstract:** Networked ATS (Automatic Train Supervision) simulation system can better meet the teaching and training requirements in practical use. Taking the ATS simulation system of line 2 as an example, based on functional modularization in the system, with UDP, TCP protocol and WSAAsyncSelect I/O model, this paper develops a networked version of the existed standalone ATS simulation system to better meet practical use requirements.

**Key words:** ATS; simulation; network communication; WSAAsyncSelect

近年来,轨道交通快速进入高速期,成为带动经济增长的重要因素。列车自动监控系统(ATS)是一种智能化自动监控系统,是否对 ATS 系统正确操作,影响着列车能否安全运行,这对轨道交通运营管理人员的后勤培训提出了很高要求。这些综合性运营专业人员不仅需要熟悉 ATS 系统的工作原理,同时还需要具备实际操作能力。考虑到现场行车安全无法在目前已经投入运营的系统上进行教学培训,开发仿真培训系统就成为解决这一问题的有效途径,因此 ATS 仿真系统应运而生<sup>[1]</sup>。

单机版 ATS 仿真系统是运行于单独一台主机上并且不与其他主机进行通信的 ATS 仿真系统,它可以提供模拟演示和故障模拟等基本功能。但是在实际的培训和教学中,单机版 ATS 仿真系统仍然存在很多局限性,例如教师无法同时对较多的学员进行示范性操作、无法模拟中央 ATS 和集中站 ATS 的拓扑环境等。这就提出了将现有单机版 ATS 仿真系统网络化的需求。网络版 ATS 仿真系统是在单机版 ATS 仿真系统的基础上,进一步构建基于客户端/服务器 C/S (Client/Server) 模型的网络化通信平台,着重研究基于 TCP/IP 协议下运行在多台主机上的 ATS 仿真系统之间的网络通信。

《微型机与应用》2013 年 第 32 卷 第 20 期

### 1 ATS 仿真系统网络版通信模块的总体设计

网络版 ATS 仿真系统间的通信不同于单机版 ATS 仿真系统模块之间的通信,它是基于现有的网络通信协议,采用成熟的网络编程接口实现不同主机、不同进程间的数据传输和交互。通过对 ATS 仿真系统的需求分析,将通信模块的设计分为组件状态同步、客户端的操作命令传输和权限管理三部分进行讨论。

#### 1.1 组件状态同步的分析与设计

站场图上的组件状态同步,即将局域网内服务器上组件状态的实时数据发送到客户端,客户端根据接收到的实时数据更新组件的状态。由于可能同时会有多个客户端需要接收实时数据,如果采用 TCP(Transmission Control Protocol)连接的方式,将消耗很多服务器的资源,导致服务器处理速度变慢,同时也会加重网络的负担。并且客户端并不需要发送数据给服务器,只要保证接收到的数据的完整性即可,不需要为每一个客户端建立一个与服务器的 TCP 连接。所以,综合考虑上述因素,本文采用 UDP(User Datagram Protocol)广播的方案。UDP 广播具有资源消耗少、传输效率高等优点,能够满足这里的实时通信要求。

欢迎网上投稿 [www.pcachina.com](http://www.pcachina.com) 9