



单片机存储单元数据烧写、读取和擦除仿真

袁越阳, 周超伦, 周 理

(湖南城市学院 机电工程学院, 益阳 413099)

摘要: 单片机技术的应用是现代诸多智能终端电子产品的主要技术之一, 与其相关的课程是大部分高校工科类学生必修课程之一。为辅助学生对单片机存储单元数据的烧写、读取和擦除的工作原理及过程的理解, 采用 CD4520 同步加计数器、74HC154 4 线-16 线译码器和开关矩阵电路等器件, 研究设计基于 Proteus 的实验电路模型。通过仿真实验, 展现了数据在存储器中的烧写、读取和擦除的工作原理及过程。

关键词: 单片机; Proteus 仿真; 电路模型; 存储器

中图分类号: TP368

文献标志码: A

DOI: [10.12179/1672-4550.20200128](https://doi.org/10.12179/1672-4550.20200128)

The Simulation of Programming, Reading and Erasing the Data in the Memory Units of SCM

YUAN Yueyang, ZHOU Chaolun, ZHOU Li

(School of Mechanical and Electrical Engineering, Hunan City University, Yiyang 413099, China)

Abstract: The application of single chip microcomputer (SCM) is one of the main technologies in smart terminal electronics of modern society, and relevant courses present compulsory ones of university students in engineering. In order to improve students' understanding of the operating principle and the process of programming, reading and erasing the data in the memory units of a SCM, this paper adopts CD4520 (synchronous counter), 74HC154 (a 4-line to 16-line decoder), and a switch matrix circuit to design a model of experimental circuit based on Proteus. The simulation experiment demonstrates the operating principle and the process of programming, reading and erasing the the data in the memory units of a SCM.

Key words: signal chip microcomputer; simulating in Proteus; circuit model; memory units

单片机是利用大规模集成电路技术把中央处理单元(CPU)和存储器(RAM 和 ROM)及输入输出等电路集成在一块芯片上, 构成一个微型的计算机系统^[1]。随着大数据、人工智能、智能制造时代的到来, 单片机应用技术更是作为智能终端设备和工具的不可或缺的基础技术之一^[2-3]。

单片机原理及应用与其相关课程的培养目标是培养具有单片机硬件设计、单片机程序设计、单片机系统调试和设计的应用型人才, 是一门实践性很强的应用性课程^[4-6]。为了辅助学习者对单片机的学习, 传统的单片机原理及应用及相关课程的教学和学习主要是基于一些开发板进行编写程序和进行实验, 借此, 让学习者能够检验其所编写的程序是否正确^[7-8]。但鉴于单片机内部微观

结构, 单片机存储空间的程序代码的烧写、读取和擦除过程, 难以通过观察和测试来进行描述。

为此, 本文基于常用的 Proteus 电子仿真软件, 研究设计仿真电路模型, 模拟单片机存储单元中数据的烧写、读取和擦除的工作原理及过程。通过实验操作, 使得数据被烧写、读取和擦除的过程清晰明了, 便于理解。

1 电路模型

单片机的基本组成包括时钟、处理器、控制器、存储器和输入输出等, 其基本工作过程可以被描述为: 在一个机器周期内, 按照时钟节拍, 根据程序计数器 PC(Program Counter)生成的地址访问程序存储器, 取出指令, 再经过指令译码、执行

收稿日期: 2020-03-20; 修回日期: 2020-06-01

基金项目: 教育部产学研合作协同育人项目(201801129092); 国家级湖南省大学生创新创业训练计划项目(S201911527026); 湖南省普通高等学校教学改革研究项目(2019473)。

作者简介: 袁越阳(1973-), 男, 博士, 高级工程师, 主要从事电子技术应用、嵌入式单片机应用等方面的研究。

等流程^[1]。据此,在 Proteus 的 ISIS 7 Professional 设计环境下,设计如图 1 所示的实验电路模型来模拟仿真访问单片机存储器和数据存取的过程。

图 1 中所示电路模型,主要包括 CD4520 同步加计数器 U_1 、74HC154 4-16 线译码器 U_2 、7SEG-BCD-RED 共阳极七段数码管 U_3 和模拟存储器等。其中,模拟存储器采用由二极管与开关串联后组成的 16×8 行列矩阵电路来模拟一个 16 字节的存储空间。矩阵电路的每行通过串接一个电阻与电源 VCC 相连,所串接电阻作为 U_2 每行输出的上拉电阻,起限流和隔离作用。矩阵电路的每列另一端作为输出端与 U_3 的 8 个输入端相连,即

P_{00} 、 P_{01} 、 P_{02} 、 P_{03} 、 P_{04} 、 P_{05} 、 P_{06} 、 P_{07} 分别与数码管 U_3 的“a、b、c、d、e、f、g、h”端口相连。矩阵电路的每行依次被命名为地址 $A_{00} \sim A_{15}$,并依次与 U_2 的输出口 $Y_0 \sim Y_F$ 相连。 U_2 的输入端口 A、B、C 和 D 分别与 U_1 的输出端口 Q_0 、 Q_1 、 Q_2 和 Q_3 相连。 U_2 的选通端口 E_1 和 E_2 接地使 U_2 处于工作状态。 U_1 的输入端 CLK 为时钟脉冲的输入端,使能端 E 上拉到 VCC 和复位段 MR 接地使 U_1 处于工作输出状态。为了便于观察实验过程,增强实验的可操作性,时钟脉冲的产生方式采用由按下和弹起按钮 K_1 的方式,每按下和弹起一次输入一个脉冲。

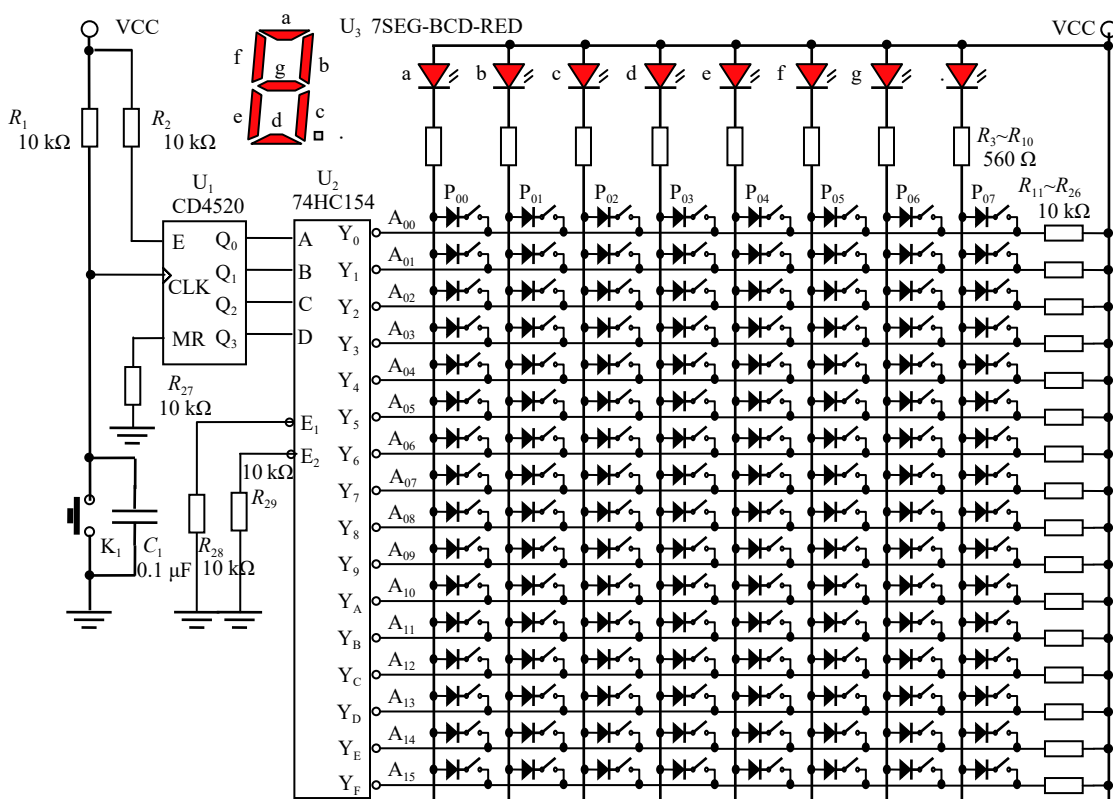


图 1 电路模型

2 实验过程

单片机对存储器的操作主要包括数据的烧写、读取和擦除。据此,运行所设计的仿真实验教学模型,模拟把目标数据烧写到存储区、读取数据和擦除存储区的过程。

2.1 模拟数据烧写

单片机程序的目标数据烧写过程是通过采用特制的烧写工具把数据逐一写入每一个存储单元的过程。对于常见的熔丝结构的存储器而言,数据烧写的过程是在大电流的作用下熔断存储单元

的熔丝的过程^[9-11]。在此,为了明白数据的烧写过程,通过手动置位矩阵电路中每行的开关状态来实现模拟程序的目标数据被烧写到存储单元的过程,即设置矩阵电路中开关闭合和断开的过程,或相当于存储器每一位对应的熔丝烧断与否的过程,即被置“1”或置“0”的过程。

在此,假设有一段 16 字节的很简短程序代码:

```
11 000 000 11 111 001 10 100 100 10 110 000
10 011 001 10 010 010 10 000 010 11 011 000
10 000 000 10 010 000 10 001 000 10 000 011
11 000 110 10 100 001 10 000 110 10 001 110
```

将以上代码烧写到 16 字节的存储空间,则设置模型中 16×8 行列矩阵电路中的开关如表 1 所示。写完后的模型中矩阵电路的开关状态如图 2 所示。

2.2 模拟数据读取

当单片机上电或复位后,在时钟脉冲的驱动下,单片机将从起始地址(如 51 系列单片机的起始地址 $0x0000$)开始读取已经烧写在存储空间的目标代码^[1]。在此,基于所设计的电路模型,通过 K_1 按钮来产生“时钟”脉冲信号,在该“时钟”脉冲信号的驱动下,程序将从 A_{00} 开始执行。

模型仿真单片机读取存储空间的具体过程如图 3 所示:每输入一个脉冲(按下和弹起一次按钮 K_1),计数器 U_1 计数一次,并将对应编码从 Q_0 、 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 输出到 4-16 线译码器 U_2 输入端 A、B、C、D。译码器 U_2 根据输入编码,选 $Y_0 \sim Y_F$ 中与编码相对应序数的输出口(该输出口被置低电位“0”),也即选定对应存储地址(矩阵电路对应的行序数)。当选定矩阵中某行后,该行开关状态决定了矩阵电路的每列连线(数据线) $P_{00} \sim P_{07}$ 的状

态。 $P_{00} \sim P_{07}$ 的状态作为数据输出到七段译码器 U_3 的输入端,并显示与该行开关状态相对应的数码。

表 1 矩阵电路中开关的设置状态表

矩阵行序 (地址)	矩阵列序及开关置位状态								对应显示 字符
	P_{07}	P_{06}	P_{05}	P_{04}	P_{03}	P_{02}	P_{01}	P_{00}	
A_{00}	1	1	0	0	0	0	0	0	“0”
A_{01}	1	1	1	1	1	0	0	1	“1”
A_{02}	1	0	1	0	0	1	0	0	“2”
A_{03}	1	0	1	1	0	0	0	0	“3”
A_{04}	1	0	0	1	1	0	0	1	“4”
A_{05}	1	0	0	1	0	0	1	0	“5”
A_{06}	1	0	0	0	0	0	1	0	“6”
A_{07}	1	1	0	1	1	0	0	0	“7”
A_{08}	1	0	0	0	0	0	0	0	“8”
A_{09}	1	0	0	1	0	0	0	0	“9”
A_{10}	1	0	0	0	1	0	0	0	“A”
A_{11}	1	0	0	0	0	0	1	1	“b”
A_{12}	1	1	0	0	0	1	1	0	“C”
A_{13}	1	0	1	0	0	0	0	1	“d”
A_{14}	1	0	0	0	0	1	1	0	“E”
A_{15}	1	0	0	0	1	1	1	0	“F”

注: 0 表示开关闭合, 1 表示开关断开

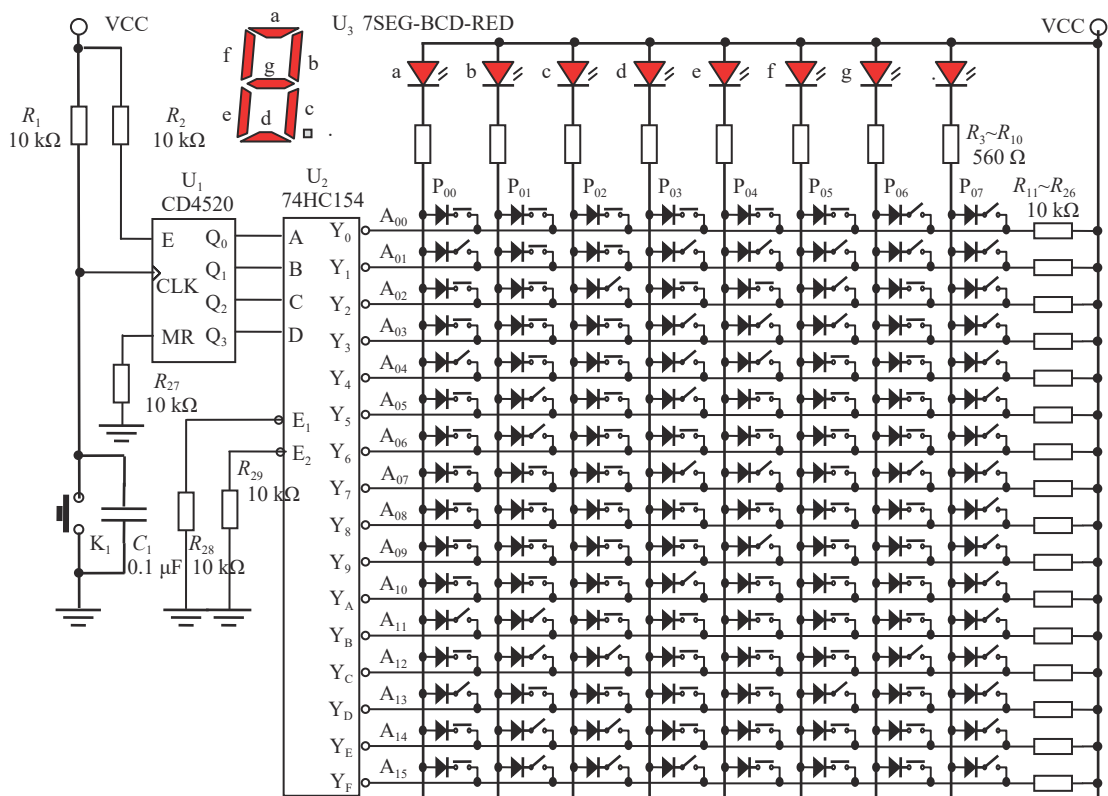


图 2 烧入数据后的电路模型

如图 4 所示,按照表 1 所示的矩阵开关状态,从 A_{00} 地址开始到 A_{15} 地址结束,仿真实验依次输出显示在数码管 U_3 上的数据依次为 16 个 BCD 码“0”“1”“2”...“F”。当首次上电时, A_{00}

地址线被选定,数据线 P_{00} 、 P_{01} 、 P_{02} 、 P_{03} 、 P_{04} 、 P_{05} 对应的开关处于闭合状态, P_{06} 、 P_{07} 对应的开关处于断开状态,此时输出对应的 BCD 码为“0”;当按下弹起按钮 K_1 后,产生一个脉冲信号, A_{01}

地址线被选定, 数据线 P_{01} 、 P_{02} 对应的开关处于闭合状态, P_{03} 、 P_{04} 、 P_{05} 、 P_{06} 、 P_{07} 对应开关处于断开状态, 此时输出对应的 BCD 码为“1”; 依次类推, 直到最后 A_{15} 地址线被选定时, 数据线 P_{00} 、 P_{04} 、 P_{05} 、 P_{06} 对应的开关处于闭合状态, P_{01} 、 P_{02} 、 P_{03} 、 P_{07} 对应的开关处于断开状态, 此时输出对应的 BCD 码为“F”。

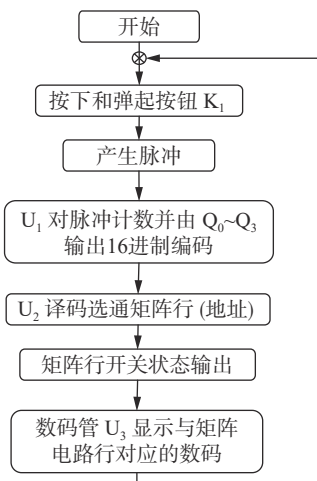


图 3 仿真操作过程

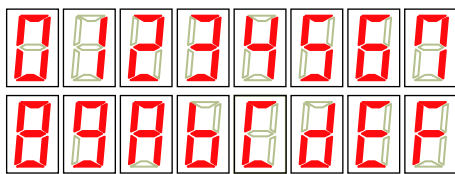


图 4 仿真输出显示

2.3 模拟数据擦除

单片机程序擦除的过程就是在特殊条件下使存储器中的每个存储单元恢复到原始状态(全部置“1”或置“0”)的过程^[12]。如电可擦除存储器 EEPROM^[13-14], 其存储单元中也利用了叠栅 MOS 管, 擦除时需要在控制栅上施加反向的高压脉冲通过施加反向高压脉冲等方式。基于所设计电路模型, 通过手动方式断开矩阵电路中的所有开关, 也即模型中矩阵电路中所有开关被置“1”的过程就是模拟单片机存储空间被擦除的过程。被擦除后, 模型中矩阵电路开关恢复为如图 1 所示初始状态, 即所有开关处于断开状态。存储空间被擦除后, 再继续输入“时钟脉冲”仿真运行, 则不再有字符显示在数码管上。

3 结束语

运用计数器、解码器等分立元器件, 研究设计了模拟单片机数据被烧写、读取和擦除的电路模型, 并基于 Proteus 进行了仿真实验。通过动手

操作, 数码显示, 展现了单片机处理储存单元中的数据的基本工作原理及过程。

基于该模型, 接下来将进一步引导学生展开设计和扩展功能, 如假设存储器中的数据代表指令, 将 8 位数据设置操作码、数据码等, 模拟单片机执行指令, 实现一些诸如加法、移位等运算功能。

参考文献

- [1] 付华, 徐耀松, 肖艳军. 单片机原理及应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2017.
- [2] 何小庆. 全球嵌入式技术与IoT产业回顾与展望[J]. 电子产品世界, 2019, 26(4): 7-10.
- [3] KANG H S, LEE J Y, CHOI S S, et al. Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions[J]. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 2016, 3(1): 111-128.
- [4] 王志强, 管恩京, 巩秀钢, 等. 高校的混合式CDIO教学——以“高校单片机原理”课程为例[J]. *现代教育技术*, 2016, 26(9): 113-119.
- [5] 金国华, 毕胜, 翟朝霞, 等. 单片机课程实践教学模式的改革与构建[J]. *实验科学与技术*, 2015, 13(6): 80-83.
- [6] BOLANAKIS D E. A survey of research in microcontroller education[J]. *Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 2019, 14(2): 50-57.
- [7] DOLINAY J, DOSTÁLEK P, VAŠEK V. ARM-based microcontroller platform for teaching microcontroller programming[J]. *International Journal of Education and Information Technologies*, 2016, 10: 113-119.
- [8] 秦晓梅, 巢明, 谢梦琦, 等. 远程实体操控单片机实验平台建设[J]. *实验科学与技术*, 2019, 17(4): 87-91.
- [9] 王万章. 可写入只读存储器—PROM[J]. *工学学报*, 1977(3): 83-93.
- [10] CHIU Y Y, LIN I C, CHANG K C, et al. Transconductance distribution in program/erase cycling of NAND flash memory devices: a statistical investigation[J]. *IEEE Transactions on Electron Devices*, 2019, 66(3): 1255-1261.
- [11] 任涛, 刘志弘, 朱钧, 等. 一种EEPROM存储单元的读出电流检测电路[J]. *清华大学学报(自然科学版)*, 2004, 44(4): 551-553.
- [12] 郭云格, 陈明宇, 蒋德钧. 通过差值和压缩减少SSD的擦除次数[J]. *计算机科学与探索*, 2019, 13(1): 45-55.
- [13] GRITSENKO V A, NASYROV K A, GRITSENKO D V, et al. Modeling of a EEPROM device based on silicon quantum dots embedded in high-k dielectrics[J]. *Microelectronic Engineering*, 2005, 81(2-4): 530-534.
- [14] 李振国, 何洋, 胡毅, 等. 一种EEPROM中高压产生电路的设计与实现[J]. *电子技术应用*, 2017, 43(10): 23-25.