

51 单片机的 LED 点阵屏设计

1 引言

点阵显示是集微电子技术、计算机技术、信息处理于一体的新型显示方式。由于其具有色彩鲜艳，动态范围广，亮度高，寿命长，工作稳定可靠等优点。目前大多数的公交车招牌都是采用固定的板块显示，显示的信息量少，内容固定，修改站点信息比较麻烦，不能快速、便捷的更新站点信息。本文提出一种方案，采用LED点阵显示模块，克服了上述缺点，不仅可以静态的显示公交车站点信息，而且也可以通过动态滚动，从而增加信息显示的容量。为了醒目，还可以产生诸如闪动、滚动等显示效果。

1.1 车内显示器的发展现状

随着电子技术和计算机控制技术在客车上的日益广泛的应用，客车内的路牌显示器也经历了从灯光路牌、翻板式电子模块路牌、CRT 显示、LCD 液晶显示和 LED 点阵显示等几种发展类型；显示信息也从固定内容发展到任意内容的多种显示方式；对显示信息的编辑、修改，也由遥控键盘有线通讯模式发展到用计算机编辑文字，在经专用无线控制器将其发射到各站点的通讯模式。以后的发展趋势是卫星定位系统站点显示器，客车内站牌显示器由天线、卫星定位模块、微处理器、LED 点阵驱动电路、LED 点阵站牌和电可擦写存储器构成。

目前在客车内广泛的显示器由 LED 点阵显示器和 LCD 液晶显示器，还有部分 CRT 显示器，由于CRT 显示器耗电量多、体积较大，且本质量较重，与LED 点阵显示器和 LCD 液晶显示器相比，已处于下风，目前 LED 和 LCD 显示器成为现代人们选择之一，它们各有优缺点。LCD 液晶显示器具有图像清晰、体积小、功耗低等优点，但它的成本高、亮度低、寿命短、可视距离和角度很有限。而LED 显示屏具有亮度高、故障低、能耗少、使用寿命长、显示内容多样、显示方式丰富等优点。

1.2 LED 点阵显示系统

点阵显示是集微电子技术、计算机技术、信息处理于一体的新型显示方式。由于其具有色彩鲜艳，动态范围广，亮度高，寿命长，工作稳定可靠等优点。目前大

多数的公交车招牌都是采用固定的板块显示，显示的信息量少，内容固定，修改站点信息比较麻烦，不能快速、便捷的更新站点信息。本文提出一种方案，采用 LED 点阵显示模块，克服了上述缺点，不仅可以静态的显示公交车站点信息，而且也可以通过动态滚动，从而增加信息显示的容量。为了醒目，还可以产生诸如闪动、滚动等显示效果。

目前 LED 显示屏的种类越来越多，从使用场合及亮度考虑可分为室内与室外屏，从扫描方式可分为动态扫描显示屏和静态扫描显示屏。室外使用的交通诱导屏，通常采用计算机同步控制的静态扫描显示，每个像素由几个高亮 LED 发光管组成，可做成多色或全色。其优点在于播放的内容信息量大，实时性强，且由于采用静态显示，亮度高；其缺点是硬件电路复杂，成本高。室内使用的由 8×8 LED 点阵拼成的显示屏也有同步和异步之分，同步控制显示屏由计算机作为主控器，异步控制显示屏的主控器可采用单片机。单片机控制的单色显示屏由于结构简单，成本低廉，适合作为客车广告屏。

本文介绍的客车广告屏系统是智能交通系统的一部分，它是利用先进的显示、及通信等技术手段，动态地、实时地显示公交车的站点信息，最大限度的提高公交车站牌的信息显示量。本系统采用的 STC89C516RD+ (宏晶科技) 单片机是新一代增强型 8051 单片机标准的制定者，致力于提供满足用户需求的世界级高性能单片机技术，在业内处于领先地位，销售网络覆盖全国。在保证质量的基础上，以极低的价格和完善的服务赢得了用户的长期信赖。在广受欢迎的 STC89C51 全系列单片机的基础上，现全力推出“1 个时钟/机器周期”的单片机，全面提升 8051 单片机性能。用该单片机作为系统的中央控制单元，负责产生和控制扫描信号、读出显示缓冲区的数据送给扫描驱动电路，使 LED 点阵屏按照一定的要求显示。根据设计要求，显示方式要具有掉电存储功能，因此，在单片机外围电路加上 I2C 总线的 EEPROM，利用单片机外部中断功能检测出来所需要的显示方式，并把它存储在该 EEPROM 内，这样，即使断电显示方式也仍然存储在该 EEPROM 里面，单片机再重新读取该 EEPROM 里面的内容，也就是断电前的显示方式。结合 KEIL 软件编程，实现了 PC 机通信、控制界面以及安全措施，从而大大丰富了系统功能，提高了系统的可操作性，使达到交互式与智能化，符合未来交通系统

智能化、网络化的发展方向。利用该系统，可以实现同一站牌不同方向客车站点的静态显示、动态显示和定时显示控制，另外用来应对交通突发事件，作为应急告示，达到疏散交通，保护人们安全的目的。

设计时考虑到系统的扩展加上升级模块，可以实现系统的远程升级；加上公交车到站时间预测模块，可以预测到公交车到站的时间，方便行人；加上网络模块，可以连接互联网，直接通过互联网进行控制，也为以后的智能交通打下基础。

2 LED 点阵显示的理论基础

LED 点阵显示的基础理论包括光电子学、半导体器件、数字电子电路、大规模集成电路、单片机及微机等各个方面，既有硬件又有软件。上述各个领域都有自成体系，本文无法一一尽述，只能以显示屏为主线进行讨论，主要阐述了 LED 器件的应用基础和工作原理，以及 LED 点阵模块的构成和工作原理。

2.1 LED 器件的应用基础

LED 器件种类繁多。早期 LED 产品是单个的发光灯，随着数字化设备的出现，LED 数码管和字符管得到了广泛的应用。

LED 发光灯可以分为单色发光灯、双色发光灯、三色发光灯、面发光灯、闪烁发光灯、电压型发光灯等多种类型。按照发光灯强度又可以分为普通亮度发光灯、高亮度发光灯等。

LED 发光灯的外形由 PN 结、阳极引脚、阴极引脚和环氧树脂封装外壳组成。其核心部分是具有注入复合发光功能的 PN 结。环氧树脂封装外壳除具有保护芯片的作用外，还具有透光聚光的能力，以增强显示效果。

LED 器件通常用砷化镓 (GaAs)、磷化镓 (GaP) 等半导体材料制成。当向 LED 器件施加正向电压时，器件内部的电子与空穴直接复合而产生能量，以光的形式释放出来，产生半导体发光。因此 LED 的驱动就是如何使它的 PN 结处于正偏状态，而且为了控制它的发光强度，还要解决正向电流的调节问题。具体的驱动方法可以分为直流驱动、恒流驱动、脉冲驱动和扫描驱动等[2]。

2.2 LED 点阵模块

显示单元 (Display unit) 由电路及安装结构确定的并具有显示功能的器件组成 LED 显示屏的最小单元, 也叫点阵显示模块。

点阵显示屏是由上万个或几十万个 LED 发光二极管组成, 每个发光二极管称为一个像素。为了取得良好的显示一致性并简化器件结构, 八十年代以来出现了组合型 LED 点阵显示器, 以发光二极管为像素, 它用高亮度发光二极管芯阵列组合后, 环氧树脂和塑模封装而成, 即所谓的点阵模块。点阵模块具有高亮度、功耗低、引脚少、视角大、寿命长、耐湿、耐冷热、耐腐蚀等特点。按照颜色的不同分为单基色、双基色和三基色三类, 可显示红、黄、绿、蓝、橙等颜色。按照点阵规模大小分有 4×4 、 4×8 、 5×7 、 5×8 、 8×8 、 16×16 、 24×24 、 32×32 、 40×40 等。按照像素的直径大小分有 $\varphi 3$ 、 $\varphi 3.75$ 、 $\varphi 5$ 、 $\varphi 10$ 、 $\varphi 20$ 等。

(a) 外部结构

(b) 内部结构

图 1 8×8 点阵结构

图 1 为 8×8 单基色点阵的结构图, 从内部结构可以看出 8×8 点阵共需要 64 个发光二极管, 且每个发光二极管是放置在各行和列的交叉点上。当对应的某一列置高电平, 另一列置低电平时, 则在该行和列的交叉点上相应的二极管就亮。LED 显示屏就是由若干个点阵模块组成的, 它通过一定的控制方式, 就可以显示文字、文本、图形、图像、动画等各种信息, 以及电视、录像信号。

3 方案设计

从前两节的论述中可以看出 LED 点阵显示技术已经相当成熟。实现方案非常多。本文要设计的是客车内 LED 点阵显示屏, 根据客车内的特殊环境, 选择方案时就要考虑公交车的车身尺寸、震动、温度等对显示屏的影响, 以及客车内电源的局限性, 为了节约电能, 采用太阳能电池供电, 就要使显示屏功耗降到最低。

3.1 显示方案

根据论文的设计要求，本文提出了以下几种方案，对比论证，选取较合适的方案。

(1) CRT 监视器设计方案：在站牌出安装一小型彩色监视屏，将站点信息显示在 CRT 监视器上，供行人查阅。站点信息放在存储器内，通过无线广播的方式进行数据更新。这种方案的优点：是成本比较低，可以采用淘汰下来的电视机作为监视器；缺点是：耗电量巨大，CRT 显示器在阳光下的显示效果不理想。

(2) LED 点阵显示屏设计方案：整个站牌由 LED 显示屏构成，站点信息在点阵屏幕上显示，并且可以以静态的方式固定显示站点或者以动态的方式轮流显示所有的站点。系统通过 RS485 或者互联网进行更新、升级。这种方案的优点是：成本相对比较低廉，能及时动态的显示站点信息，显示的信息容量也比较大，便于远程控制和升级。缺点是：受目前 LED 显示技术的限制，对于图像和视频显示的效果不是很理想。

(3) 液晶显示器（或者等离子）设计方案：由液晶（等离子）显示器构成站牌，不但能显示站点信息，还可以显示图象或者视频信息，站点信息经过专用电缆或者互联网络传送。这种方案的优点是能在有限的站牌上显示更多的信息，尤其是图像和视频信息，缺点是成本太高，数据传输量巨大，不适合推广使用。

通过比较上述三种方案，可以发现 LED 点阵显示方案有很大的可行性，而且其系统的升级也比较方便，便于推广使用，适应现代化建设的发展需求。

3.2 控制电路方案

控制电路有两种选择，数字电路控制和 CPLD 控制。

数字电路控制的原理是 LED 点阵显示屏由单片机控制电路和显示驱动电路两大部分组成，一般的单片机控制部分采用 ATMEL 公司的 51 系列单片机，考虑到它的 ROM 相对较小，这里采用增强型的 51 单片机 STC89C516RD+ (宏晶科技) 单片机，显示驱动部分由 16 片 8×8 LED 点阵模块和相应的驱动电路组成，位码扫描信号和段码信号都有单片机提供。

由 CPLD 器件组成的控制电路，具有很高的可靠性和设计灵活性，所实现的显示效果样式较多，但采用可编程逻辑器件 CPLD 的设计成本相对较高。

由于采用由单片机组成的控制电路已能完成设计的要求，且其性价比要优于采用由 CPLD 组成的控制电路。因此，本文采用前者作为控制电路。

3.3 系统框图

整个系统由两大模块组成：主控制单元和辅助控制单元模块。其框图如下所示。

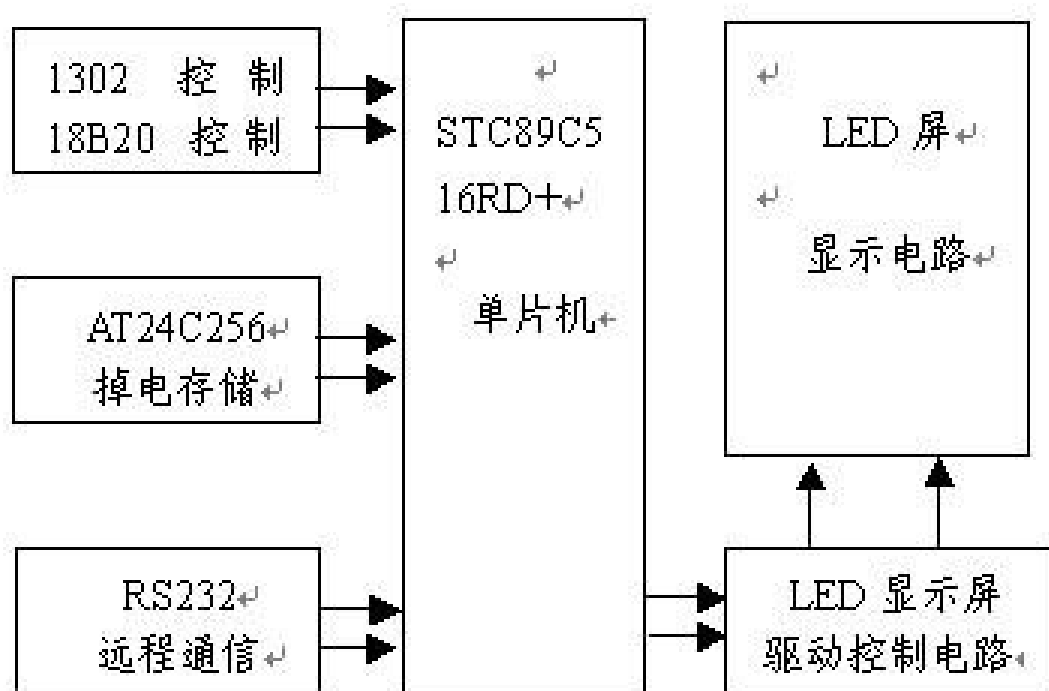


图 2 主控制单元结构框图

图 2 为主控制单元结构框图，它主要完成的功能是 LED 点阵的显示和定时显示控制。DS1302 为时钟芯片，为显示准确的时间； DS18B02 是温度控制芯片，显示车内的温度； AT24C256 是容量为 256Kbit 的 E2ROM，用来保存扫描方式的数据的信息，以及广告信息和更新广告信息等其它待显示的信息。RS232 通信模块用来更新显示信息和升级系统。

4 系统硬件设计

4.1 显示屏驱动显示电路

显示屏分成屏体和控制器两部分，屏体的主要部分是显示阵列以及有行列驱动电

路。根据安装环境的空间以及考虑成本造价，决定使用多大尺寸的显示屏，从而决定了显示模块的数量，这里以 8×8 点阵为例，模块单位为 256 点阵，即需要 16 块点阵模块，如图 4 示。汉字一般是 256 点阵，那么该屏可以一次显示 4 个汉字。

采用扫描方式进行显示时，分成两步，对于每行有一个行驱动器，各行的同名列共用一个列驱动器，由单片机给出行选通信号，从第一行开始依次对各行进行扫描，对于列，根据各列所存数据，确定相应的列驱动器是否将该列与行接通，如果接通，那么该行该列的 LED 将亮，以同样方法进行显示全部各行都扫描一遍之后(一个扫描周期)，再从第一行开始，进行下一个周期的扫描。只要一个扫描周期的时间比人眼 $1/25$ 秒的滞留时间短，就不会感觉出闪烁现象。

显示数据从驱动芯片到显示模块是以并行方式传输的，但显示数据从单片机到驱动芯片是以串行方式传输的，由于串行传输的控制电路简单，设计容易，缺点是串行数据传输需要很长的时间，不过这可以由软件来弥补，也可考虑单片机的控制速度。

显示驱动电路由 74HC595 组成。74HC595 输入端是 8 位串行移位寄存器，输出端是 8 位并行缓存器具有锁存功能。由于 CLK、LOAD 端相连，而数据线分开，这样在同一脉冲下，行列的数据可以同时进行传入，行列数据准备好后，启动 LOAD 信号使所有数据同时输出并锁存，这样的设计较之传统方法提高了 4 倍的速度，占用 I/O 口少，由于 CLK，LOAD 引线较长，为避免线间干扰，在驱动 6 片 74Ls595 之后再加驱动芯片 74L5244 以驱动下一级驱动电路。

行列扫描驱动相当于对发光管脉冲供电，要获得与直流驱动方式相当的发光强度，脉冲驱动电流的平均电流 I_1 与直流电流 I_2 相同，它们与脉冲电流幅值 I_f 的关系为 $I_f = T_{on}/T_h \times I_1$ 是扫描周期， T_{on} 是导通时间，占空比是 $1/16$ ，扫描频率应大于 24HZ， I 取 8mA，那么 $I = 8 \times 16 = 128\text{mA}$ ，发光管压降取 2V，那么每个发光管应串接 50 的电阻。行驱动最大瞬间电流能达到 $128 \times 80 = 10.240\text{A}$ 。

LED 显示屏驱动电路的设计，与所用控制系统相配合，通常分为动态扫描型驱动及静态锁存型驱动两大类。下面就动态扫描型驱动电路的设计为例为进行分析：动态扫描型驱动方式是指显示屏上的 4 行、8 行、16 行等 n 行发光二极管共用一组列驱动寄存器，通过行驱动管的分时工作，使得每行 LED 的点亮时间占总时间

的 $1/n$ ，只要每行的刷新速率大于 50Hz，利用人眼的视觉暂留效应，人们就可以看到一幅完整的文字或画面。常规型驱动电路的设计一般是用串入并出的通用集成电路芯片如 74HC595 或 MC14094 等作为列数据锁存，以 8050 等小功率 NPN 三极管为行驱动，而以达林顿三极管如 TIP127 等作为行扫描管。如动态扫描型驱动方式是指显示屏上的 4 行、8 行、16 行等 n 行发光二极管共用一组列驱动寄存器，通过行驱动管的分时工作，使得每行 LED 的点亮时间占总时间的 $1/n$ ，只要每行的刷新速率大于 50Hz，利用人眼的视觉暂留效应，人们就可以看到一幅完整的文字或画面。常规型驱动电路的设计一般是用串入并出的通用集成电路芯片如 74HC595 或 MC14094 等作为列数据锁存，以 8050 等小功率 NPN

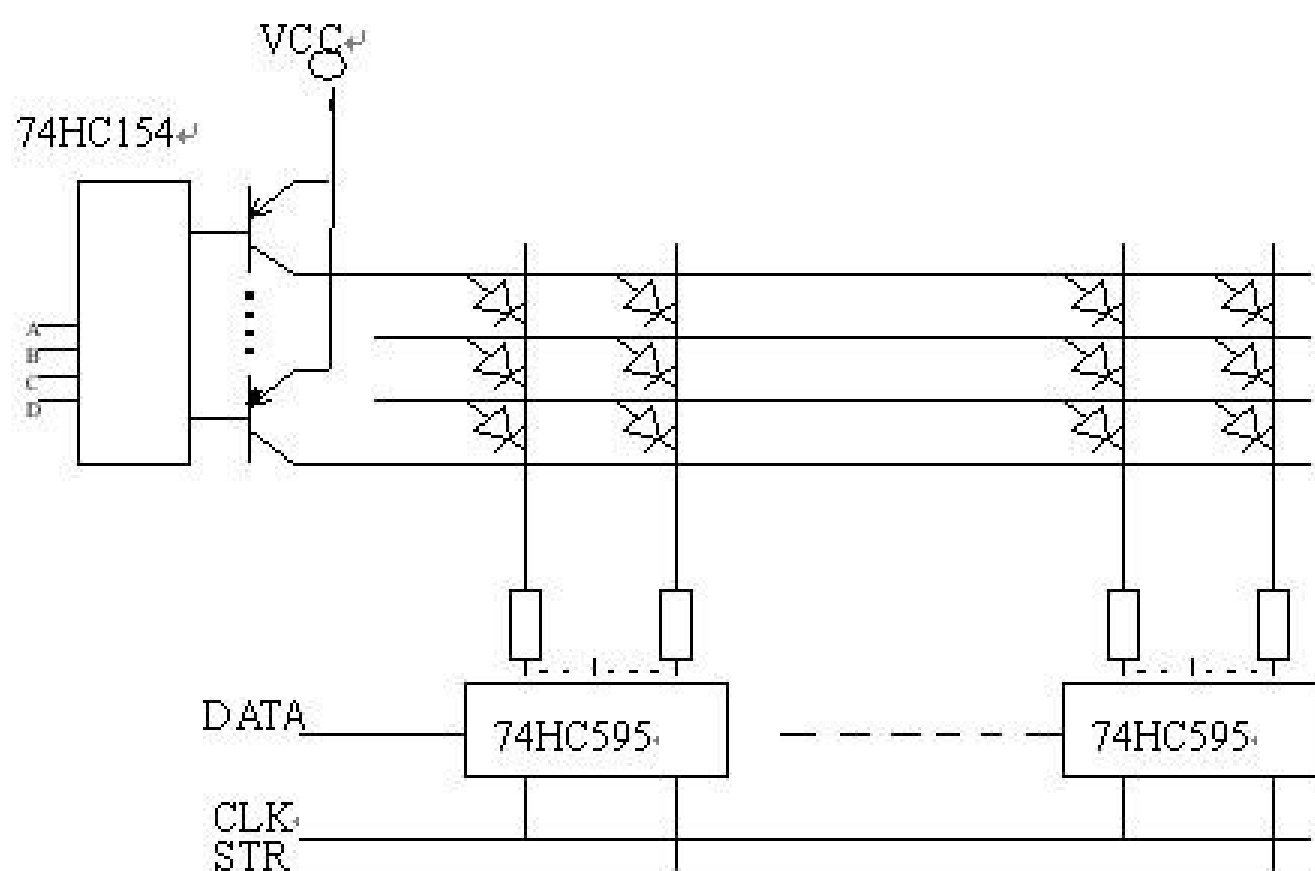


图 3 显示驱动电路

三极管为列驱动，而以达林顿三极管如 TIP127 等作为行扫描管。如以单色点阵、16 行×64 列为一个基本单元，则需用 8 片 74HC595、16 个行扫描管，其工作原理为：将八片 74HC595 级连，共用一个串行时钟 CLK 及数据锁存信号 STR。当第一行需要显示的数据经过 $8 \times 8 = 64$ 个 CLK 时钟后将全部移入 74HC595 中，此时产生一个数据锁存信号 STR，使数据锁存在 74HC595 的后级锁存器中，同时由行扫描控制电路产生信号使第一行扫描管导通，相当于第一行 LED 的正端都接高平，显然第一行 LED 管子的亮、灭取决于 74HC595 中所锁存的信号；在第一行 LED

管子点亮的同时，在 74HC595 中移入第二行需要显示的数据，随后将其锁存，并同时由行扫描控制电路将第一行扫描管关闭而接通第二行，使第二行 LED 管子点亮，以此类推，当第十六行扫描过后再回到第一行，只要扫描速度足够高，就可形成一幅完整的文字或图像，其工作时序见图 4。

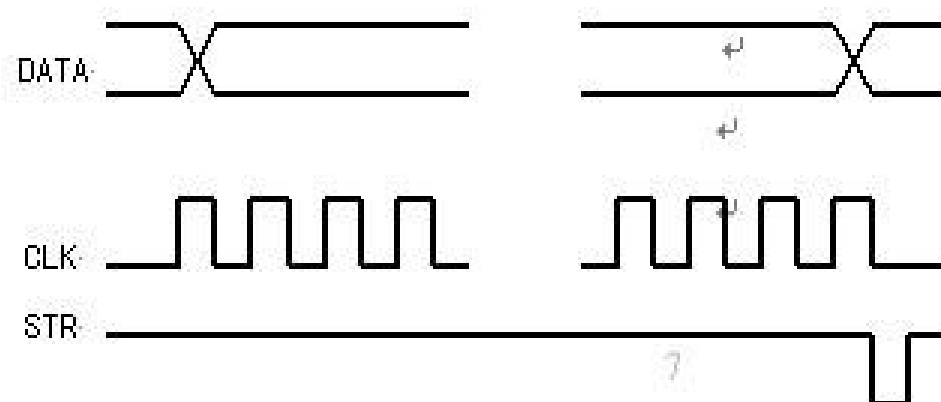


图 4 串行移位工作时序图

4.2 显示屏主控制电路

在控制领域 51 系列、PIC 系列以及 AVR 系列单片机是常用的微型控制器，每个系列都有自己的优缺点，在某些方面都有自己的长处。在具体的设计当中要综合考虑，如单片机的资源是否满足系统要求，系统是否有严格的速度要求，系统对控制器的抗干扰能力，硬件的加密性，外围电路是否简单，是否有比较齐全的成熟的开发、调试工具，如果要生产的话，则还要考虑价格和供货渠道等因素。

4.2.1 控制器的比较及选型

PIC 系列单片机：PIC 单片机采用精简指令使其执行效率大为提高。PIC 系列 8 位 CMOS 单片机具有独特的 RISC 结构，数据总线和指令总线分离的哈佛总线（Harvard）结构，使指令具有单字长的特性，且允许指令码的位数可多于 8 位的数据位数，这与传统的采用 CISC 结构的 8 位单片机相比，可以达到 2:1 的代码压缩，速度提高 4 倍。PIC 有优越开发环境。PIC 在推出一款新型号的同时推出相应的仿真芯片，所有的开发系统由专用的仿真芯片支持，实时性非常好。其引脚具有防瞬态能力，通过限流电阻可以接至 220V 交流电源，可直接与继电器

控制电路相连，无须光电耦合器隔离，给应用带来极大方便。PIC 以保密熔丝来保护代码，用户在烧入代码后熔断熔丝，别人再也无法读出，除非恢复熔丝。目前，PIC 采用熔丝深埋工艺，恢复熔丝的可能性极小。自带看门狗定时器，可以用来提高程序运行的可靠性。

AVR 系列单片机：是一种新型的单片机。运行速度快，一个时钟周期执行一条指令。硬件应用哈佛 (Harvard) 结构，具有预取指令功能，即在执行一条指令时，预先将下一条指令取进来，使得指令可以在一个时钟周期内执行。AVR 单片机是多累加器型，数据处理速度快。超功能精简指令，具有 32 个通用工作寄存器，相当于有 32 条立交桥，可以快速通行。相当多的单片机只有一个累加器，就像一条独木桥，所有事都要通过累加器，速度慢。AVR 单片机系列中有 128B~4KB 的 SRAM 静态随机数据存储器，可灵活使用指令运算、存放数据，中断响应速度快。AVR 像 8051 一样，有多个固定中断向量入口地址，可快速响应中断。高级 C 语言编程效率高。从高级语言 C 代码完成同一任务实例来比较，8 MHz AVR 单片机的速度相当于 224 MHz 的 80C51 单片机，AVR 比 80C51 快 28 倍。AVR 是低功耗单片机，具有休眠省电功能 (Power Down) 及闲置 (Idle) 低功耗功能。一般耗电在 1~2.5 mA；对于典型功耗情况，WDT 关闭时为 100 nA，更适用于电池供电的应用设备。有的器件最低 1.8 V 即可工作。可多次烧写的 Flash，且具有多重密码保护锁死 (Lock) 功能。I/O 口功能强、驱动能力大，具有输入/输出、三态高阻输入，也可设定内部拉高电阻作输入端的功能，以便于应用到各种所需的场合 (多功能 I/O 口)。

51 系列单片机：51 系列是指是兼容 Intel 公司 51 指令集的单片机系列的统名称。这种单片机所包括的硬件资源有：

- (1) 一个 8 位的微处理器；
- (2) 片内数据存储器 RAM，用以存放可以读/写的数据，如运算的中间结果、最终结果以及欲显示的数据等；
- (3) 片内程序存储器 ROM/EPROM，用以存放程序、一些原始数据和表格；
- (4) 四个 8 位并行 I/O 接口 P0~P3，每个口可以用作输入，也可以用作输出；
- (5) 两个 (或三个) 定时器/计数器，每个定时器/计数器都可以设置成计数方式，用以对外部事件进行计数，也可以设置成定时方式，并可以根据计数或定时

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：
<https://d.book118.com/626205103110010125>