

人机界面中的LCD控制驱动与接口设计

引言

液晶显示，稳定可靠、成本低、功耗小、[控制驱动](#)方便、接口简单易用、模块化结构紧凑，在嵌入式系统中作为人机界面获得了广泛的应用。近年来，国内许多厂商，如紫晶、冀雅、晶华、信利、蓬远等已经能够满足各种定制液晶显示的需求；很多著名半导体厂商，如Hitachi、Seiko Epson、Toshiba、Holtek、Solomon、Samsung等相继推出了许多控制驱动器件。本文以现有的控制驱动器件和液晶显示器如何构成各种结构紧凑、成本低廉、简单易用、性能优良的嵌入式人机界面的设计进行综合阐述。

1 液晶显示及其控制驱动与接口概述

液晶显示LCD(Liquid Crystal Display)，是利用液晶材料在电场作用下发生位置变化而遮蔽/通透光线的性能制作成的一种重要平板显示器件。通常使用的LCD器件有TN型(Twist Nematic，扭曲向列型液晶)、STN型(Super TN，超扭曲向列型液晶)和TFT型(Thin Fi

lm Transistor，薄膜晶体管型液晶)。TN、STN、TFT型液晶，性能依次增强，制作成本也随之增加。TN和STN型常用作单色LCD。STN型可以设计成单色多级灰度LCD和伪彩色LCD，TFT型常用作真彩色LCD。TN和STN型LCD，不能做成大面积LCD，其颜色数在218种以下。218种颜色以下的称为伪色彩，218种及其以上颜色的称为真彩色。TFT型可以实现大面积LCD真彩显示，其像素点可以做成0.3mm左右。TFT-LCD技术日趋成熟，长期困扰的难题已获解决：视角达170°，亮度达500cd/m²(500尼特)，显示器尺寸达101.6cm(40in)，变化速度达60帧/s。[1~3]

进行LCD设计主要是LCD的控制/驱动和与外界接口设计。控制主要是通过接口与外界通信、管理内/外显示RAM，控制驱动器，分配显示数据；驱动主要是根据控制器要求，驱动LCD进行显示。控制器还常含有内部ASCII字符库，或可外扩的大容量汉字库。小规模LCD设计，常选用一体化控制/驱动器；中大规模的LCD设计，常选用若干个控制器、驱动器，并外扩适当的显示RAM、自制字符RAM或ROM字库。控制与驱动器大多采用低压低功耗器件。与外界接口主要用于LCD控制，通常是可连接单片机MCU的8/16位PPI并口或若干控制线的SPI串口。显示RAM除部分Samsung器件需用自刷新动态SDRAM外，大多公司器件都用静态SRAM。嵌入式人机界面中常用的LCD类型及其典型控制/驱动器件与接口如下：

段式LCD，如HT1621(控/驱)、128点显示、4线SPI接口；

字符型LCD，如HD44780U(控/驱)、2行×8字符显示、4/8位PPI接口；

单色点阵 LCD，如 SED1520(控/驱)、61 段×16 行点阵显示、8 位 PPI 接口，又如 T6963C(控)+T6A39(列驱)+T6A40(行驱)、640×64 点双屏显示、8 位 PPI 接口；

灰度点阵 LCD，如 HD66421(控/驱)、160×100 点单色 4 级灰度显示、8 位 PPI 接口；

伪彩点阵 LCD，如 SSD1780(控/驱)、104RGB×80 点显示、8 位 PPI 或 3/4 线 SPI 接口；

真彩点阵 LCD，如 HD66772(控/源驱)+HD66774(栅驱)、176RGB×240 点显示、8/9/16/18 位 PPI 接口、6/16/18 动画接口、同步串行接口；

视频变换 LCD，如 HD66840(CRT-RGB→CD-RGB)、720×512 点显示、单色/8 级灰度/8 级彩色、4 位 PPI 接口。

控制驱动器件的供电电路、驱动的偏压电路、背光电路、振荡电路等构成 LCD 控制驱动的基本电路。它是 LCD 显示的基础。

LCD 与其控制驱动、接口、基本电路一起构成 LCM(Liquid Crystal Module, LCD 模块)。常规嵌入式系统设计，多使用现成的 LCM 做人机界面；现代嵌入式系统设计，常把 LCD 及其控制驱动器件、基本电路直接做入系统。整体考虑，既结构紧凑，又降低成本，并且有利于减少功耗、实现产品小型化。

控制 LCD 显示，常采用单片机 MCU，通过 LCD 部分的 PPI 或 SPI 接口，按照 LCD 控制器的若干条的协议指令执行。MCU 的 LCD 程序一般包括初始化程序、管理程序和数据传输程序。大多数 LCD 控制驱动器厂商都随器件提供有汇编或 C 语言的例程资料，十分方便程序编制。

0 2 常见LCD的控制驱动与接口设计

2.1 段式 LCD 的控制驱动与接口设计

段式LCD用于显示段形数字或固定形状的符号，广泛用作计数、计时、状态指示等。普遍使用的控制驱动器件是Holtek的HT1621，它内含与LCD显示点一一对应的显存、振荡电路，低压低功耗，4 线串行MCU连接，8 条控制/传输指令，可进行 32 段×4 行=128 点控制显示，显示对比度可外部调整，可编程选择偏压、占空比等驱动性能。HT1621 控制驱动LCD 及其MCU接口如图 1 所示。[4]



图1 段式LCD的控制驱动与接口

2.2 字符型LCD的控制驱动与接口设计

字符型 LCD 用于显示 5×8 等点阵字符，广泛用作工业测量仪表仪器。常用的控制驱动器件有：Hitachi 的 HD4478

0U、Novatek 的 NT3881D、Samsung 的 KS0066、Sunplus 的 SPLC78A01 等。HD44780U 使用最普遍。它内嵌与 LCD 显示点一一对应的显存 SRAM、ASCII 码等的字符库 CGROM 和自制字符存储器 CGRAM，可显示 1~2 行每行 8 个 5×8 点阵字符或相应规模的 5×10 点阵字符，其内振荡电路附加外部阻容 RC 可直接构成振荡器。HD44780U 具有可直接连接 68XX MCU 的 4/8 位 PPI 接口，9 条控制/传输指令，显示对比度可外部调整。HD44780U 连接 80XX MCU 时有直接连接和间接连接两种方式：直接连接需外部逻辑变换接口控制信号，而无需特别操作程序；间接连接将控制信号接在 MCU 的 I/O 口上，需特别编制访问程序。HD44780U 控制驱动 LCD 及其与 80XX MCU 的接口如图 2 所示。[5]

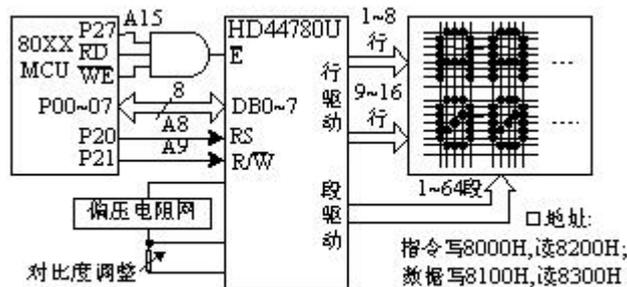


图2 字符型LCD及其控制驱动与接口

2.3 单色点阵型 LCD 的控制驱动与接口设计

单色点阵型 LCD 用作图形或图形文本混合显示，广泛用于移动通信、工业监视、PDA 产品中。小面积 LCD 常采用单片集成控制驱动器件，如 Seiko Epson 的 SED1520，可实现 61 列×16 行点阵显示；中等面积 LCD 常采用单片控制/列驱动器与单片行驱动器，如 Hitachi 的 HD61202U(控/列驱)、HD61203(行驱)，可实现 64×64 点阵显示；较大面积 LCD 常采用“控制器+显存+列驱动器+行驱动器”形式，如 Toshiba 的 T6963C(控)、T5565(显

存)、T6A39(列驱)、T6A40(行驱)，可实现 640×128 点阵显示。这些驱动器常需 12~18V 负电源实现偏置与调整对比度。控制器件大多可以外接阻容 RC 构成振荡器或外接振荡器或外引时钟。显存中的每一位与 LCD 显示点一一对应。需要文字显示时，简单字符可直接使用集成在控制器内的 ASCII 字库，汉字或自制字符显示可在控制器外扩展大容量的字库 CGROM 或自制字库 CGRAM。控制接口通常是 8 位 PPI 的 68XX 或 80XX MCU 接口(与 MCU 的连接也存在直接连接和间接连接两种形式)，7~13 条控制/传输指令，可实现点线圆等绘图功能。控制器 T6963C、HD61830、SED1335 等可以实现单双屏 LCD 控制。这是适应移动通信显示的结果，实质上是平分显存并分别对应两个 LCD 屏。编制传输数据程序时，要注意结合显存的特点适当变换数据形式，如 SED1520 显存中的 8 位数据是反竖排的，HD61202 显存中的数据是竖排的。图 3 是 Seiko Epson 的 SED1335 控制器，外扩显存 SRAM、自制字库 SGRAM、大容量汉字库 CGROM，与列驱动器 SED1606、行驱动器 SED1635 组成的 LCD 及其 80XX MCU 接口的构成框图，可以实现 640×56 单色点阵 LCD 显示。[6]

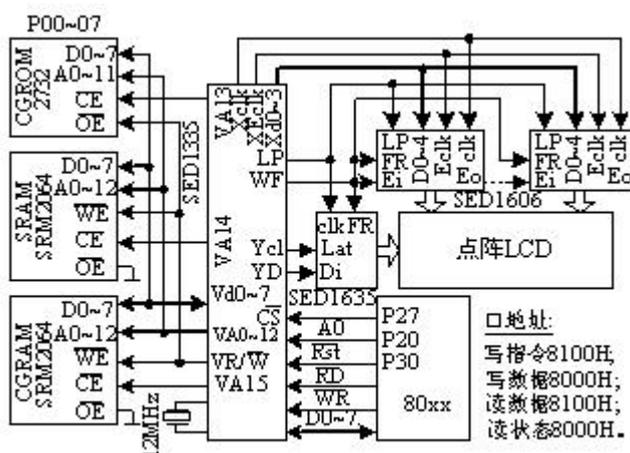


图3 单色点阵型LCD及其控制驱动与接口

2.4 灰度点阵型LCD的控制驱动与接口设计

小型测控系统和低成本手持设备中大量使用灰度点阵型 LCD。这种 LCD 使用的控制器的显存中每 n 位对应一个 LCD 显示点，整个 LCD 实现的灰度等级就是 2n。Hitachi 的 HD66421 就是一款常用的经济型灰度点阵 LCD 控制驱动器。单片 HD66421 外加少许阻容器件即可实现 22 级 160 列×100 行点的 LCD 灰度显示，并列使用 HD66421 可实现更大面积的 LCD 显示。HD66421 嵌有 160×100×2 位显存，具有 8 位 PPI 接口，可直接连接 80XX MCU，8 条控制/传输指令，可编程变化驱动特性及其调整灰度类型。HD66421 需外接一个电阻 R 构成体系振荡电路，需负电源实现偏压。HD66421 是高度集成器件，322 脚封装，线路板 PCB 设计上有难度，应足够重视。HD66421 控制驱动灰度点阵 LCD 及其与 80XX MCU 的接口如图 4 所示。[7]

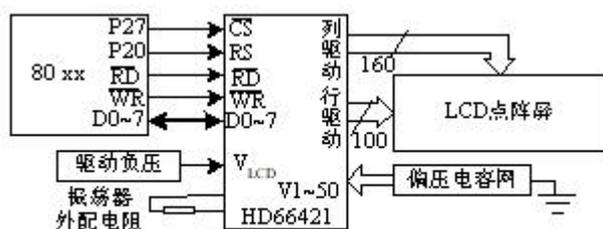


图4 灰度点阵型LCD控制驱动及其接口

2.5 伪彩点阵型 LCD 的控制驱动与接口设计

彩色 LCD 显示基于红 R、绿 G、蓝 B 三基色叠加原理，每个 LCD 像素点由三个 RGB 子像素点构成，分别由三个 RGB 色段驱动。彩色 LCD 显示需要更大的显存，每个色段有 2^n 种颜色，就需占用 n 位显存。彩色 LCD 显示是 LCD 升级换代的必然结果。伪彩显示常使用廉价的 STN 型 LCD，多用于移动通信、PDA 等产品中。Solomon Systech 的 SSD1780 是一款典型的单片高度集成的伪彩点阵型 LCD 控制驱动器件。其内含 $312 \times 81 \times 4$ 位的图形数据显存 GDDRAM、477kHz 的振荡电路、集成偏压电路和 DC-DC 电路；具有 8 位 PPI 接口(可直接连接 80/68XX MCU)与 3/4 线 SPI 串行接口，36 条控制/传输指令。外加几个电容器件，SSD1780 就可控制驱动 $104\text{RGB} \times 81$ 点彩色 STN 型 LCD，展示 $2^{3n}=4096$ 种颜色。SSD1780 是 627 脚封装，线路板 PCB 设计难度更大，须认真对待。SSD1780 控制驱动伪彩 STN 型点阵 LCD 及其与 80XX MCU 的接口如图 5 所示。[8]

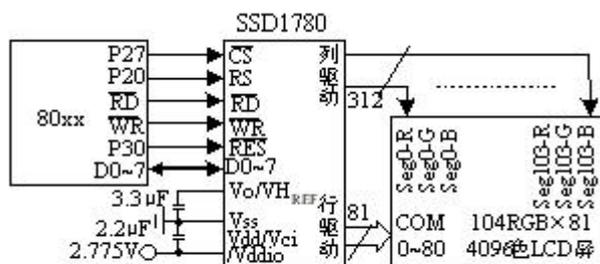


图5 伪彩STN型点阵LCD控制驱动及其接口

2.6 真彩点阵型 LCD 的控制驱动与接口设计

现代高档PDA、家电、显示墙等越来越多地应用了真彩点阵LCD显示技术。LCD真彩显示的颜色种数在 218 以上，与伪彩显示相比，需要更大的显存和更高的控制驱动技术，且需达到高速动画。LCD真彩显示使用TFT型LCD，主动点阵显示，需要采用源极驱动器(source driver)和栅极驱动器(gate driver)去控制LCD场效应晶体管FET的源极与栅极。源极

驱动器接收显示数据驱动LCD列显示，也称为数据驱动器(data driver)，栅极驱动器控制逐行扫描。Hitachi的HD66772系列真彩LCD控制驱动器，是嵌入式人机界面设计中表现丰富多彩世界的理想选择，可以实现176RGB×240点218色高速动画TFT点阵显示。该系列器件包括HD66772、HD66774、HD66775和HD667P01。HD66772是内嵌95KB显存的控制器与176RGB段的源极驱动器，HD66774是内含驱动电源的240行栅极驱动器，HD66775仅是120行栅极驱动器，HD667P01是驱动电源器件，HD66772具有与80XX MCU直接连接的8/16位PPI接口、6/16/18位动画接口和同步串行接口。使用HD66772系列器件，控制驱动176RGB×240点TFT型LCD真彩显示，有两种方案：①1片HD66772+1片HD66774；②1片HD66772+2片HD66775+1片HD667P01。前者结构紧凑，后者比较经济。图6给出了前一方案的LCD控制驱动连接与16位MCU接口的框图。

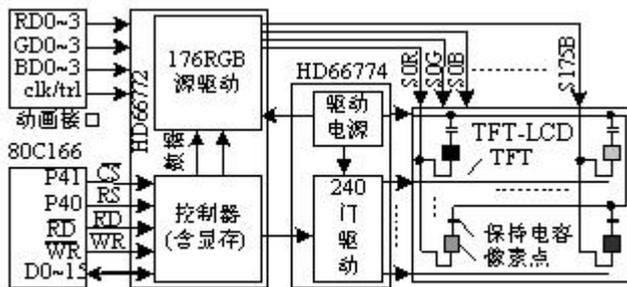


图6 真彩点阵型LCD控制驱动及其接口

2.7 视频变换LCD的控制驱动与接口设计

在工业控制与嵌入式控制系统中，有很多LCD视频驱动设计。这种设计，常常需要选取专用器件，变换视频信号，控制驱动LCD，进行动画显示，以实现产品的兼容性并扩大产品性能。Hitachi的HD66840F就是这样的一款典型器件。它可以方便地从计算机的视频接口中取出CRT信号通过视频变换直接驱动黑白或彩色LCD，使CRT型显示器上的显示内容同时出现在LCD屏上。HD66840F可以控制驱动最大720×512点LCD，做到单色、8级灰度或8级彩色显示。HD66840F具有4位受控接口，可以直接连接8位MCU实现视频显示环境设置。使用HD66840F，需要外扩8位的RGB显示缓存SRAM。图7说明了使用HD66840F外扩显示缓存HM6264，在8位80XX MCU控制下，变换CRT信号，控制驱动HD66772彩色点阵LCD动画显示的设计框图。

&nb

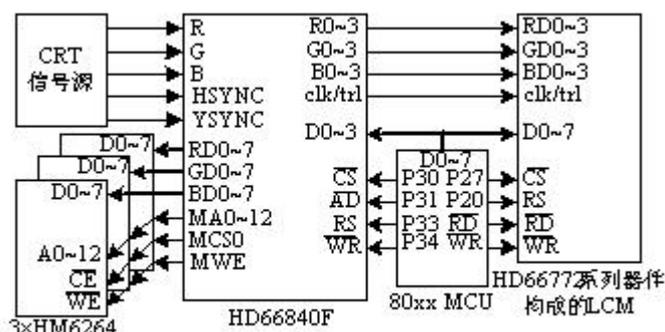


图7 视频变换型LCD控制驱动及其接口

sp;

3 LCD控制驱动的基础电路设计[4~ 8]

3.1 基本电源电路的设计

LCD 控制驱动器件的基本电源电压一般在 1.8~5.5V，现代嵌入式系统设计讲求低压微耗，多使用 1.8V、2.5V、3.0V 或 3.3V 器件。上文所述所有器件工作状态功耗都在几至几十 mW 以下，都可以工作在 1.8~3.6V 的电压范围内。选用并设计功率适当与电压稳定的电源电路十分重要。很多半导体厂商生产各种类型的系列低功耗高性能电源器件，如 Torex 的 XC6203 系列、Richtek 的 RT9168/A 系列电压调整器，AME 的 AME8800 系列、AME8811 系列降压器，On Semiconductor 的 NCP1400A 系列、Maxim 的 MAX1795 系列升压器，等等。这些器件，提供的输出电压可以是 1.5~5V 间的任一值， $\pm 1.2\% \sim \pm 2.5\%$ 的精度，最大输出电流在 100~500mA。选用这些器件，外配几支阻容感器件或肖基特二极管件，就可设计出适合 LCD 控制驱动器件的基本电源电路。图 8 是为 HD66421 设计的电源供给电路，非常简洁。

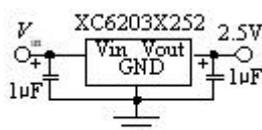


图8 2.5V 电源供应电路

3.2 驱动器偏压电路设计

图形点阵 LCD 驱动器常常需要驱动偏置网络和负电源实现偏压。偏置网络可以按驱动器厂商推荐的阻容值配置，负电源可以选取适当的负压器件实现。常用负电源产生的办法有：采用 79 系列三端集成稳压器，如使用 LM7918 可得到 -18V 负压源；采用 DC-DC IC 制作，如 Maxim 的 MAX749、MAX680、MAX1860/1861，Motorola 的 MC34063A 等。图 9 是

用 MC34063A 设计的-12V 负电源电路。

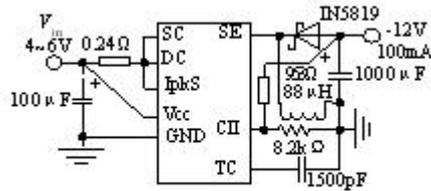


图9 -12V 负电源供应电路

3.3 背光电路设计

LCD背光，通常有LED、EL(场致发光)和CCFL(冷阴极灯)等背光形式。字符型或中小点阵LCD，多使用LED或EL背光，LED以黄色(红绿色调)为主，一般为4.2V驱动；EL以黄绿色(红绿白色调)为主，一般为1W、400~800Hz、70~120V的交流驱动。中大点阵STN型与TFT型LCD，多为白色(红绿蓝色调)CCFL背光，一般为25kHz~100kHz、300V以上交流驱动。EL与CCFL背光电路，可用IC器件搭建，也可用成品模块。IC器件搭建背光电路，如IMP的IMP525/562/803，配合少许阻容感器件，构成EL背光电路，如图10所示；Maxim的MAX1635配合变压器构成EL背光电路；Maxim的MAX1610、Linear的1182或TI的Vcc3972与变压器搭建CCEL背光电路。成品背光模块，如森宝的VET-N1210-01 CCEL模块、精电逢远的PYE系列EL/CCEL模块。用IC器件搭建背光电路，可以紧凑设计结构并降低成本，常常在嵌入式系统设计中采用。

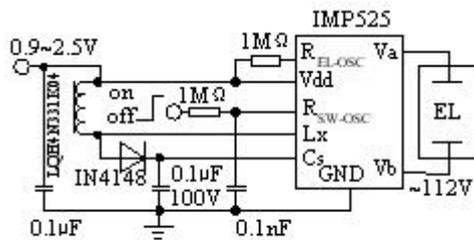


图10 IMP525 构成的EL 背光电路

3.4 振荡电路设计

大多数LCD控制驱动器，即具有内部振荡器又可外接振荡器或外引时钟，应用时择其一即可，非常方便设计。为简化外围电路设计，经常选用控制驱动器的内部振荡器作为时钟源。这种情况下，不少控制驱动器常常要求外接一些阻容RC器件，按照器件指南的说明配置即可。

结 语

以上详细阐述了LCD控制驱动及其MCU接口设计的特征和常见各种类型的具体设计，并说明了其基础电路设计。把这些规律应用在嵌入式人机界面设计中，一定能够制造出结构更加紧凑、性能更加稳定可靠、成本更加低廉的LCD界面来。

参考文献

- 1.美好数码. 液晶知识[EB/OL]. <http://www.goodview-digital.com/chinese/knowledge.htm>, 2004
- 2.国际光电产业资讯. TFT-LCD技术简介[EB/OL]. <http://www.optoelectro.com/translate/display/display20.htm>, 2004
- 3.Samaung Co. TFT-LCD Electronic Aspects[EB/OL]. http://www.samsung.com/us/Products/Semiconductor/TFTLCD/techleader/electronic_aspects /electronic_aspects.htm, 2004
- 4.Holtek Co. HT1621 (RAM Mapping 32×4 LCD Controller for I/O MCU)[EB/OL] . <http://www.holtek.com.cn/pdf/consumer/1621v140.pdf>, July 1997
- 5.Hitachi Co. HD44780U(Dot Matrix Liquid Crystal Display Controller/Driver)[Z]: Rev0.0 . Sep 1999
- 6.S-MOS Systems Co. SED1330F/1335F/1336F (LCD Controller ICs) Technical Manual[Z] : Version 0.4 . Sep 1995
- 7.Hitachi Co. HD66421(RAM-Provided 160 Channel 4-Level Grey Scale Driver for Dot Matrix Graphics LCD)[Z] : Rev1.1E . Feb 1999
- 8.杨金泉. 彩色液晶显示驱动控制器SSD1780 及其应用 . 今日电子. <http://www.epc.com.cn/2003/0011/yy1.htm>, 2003