

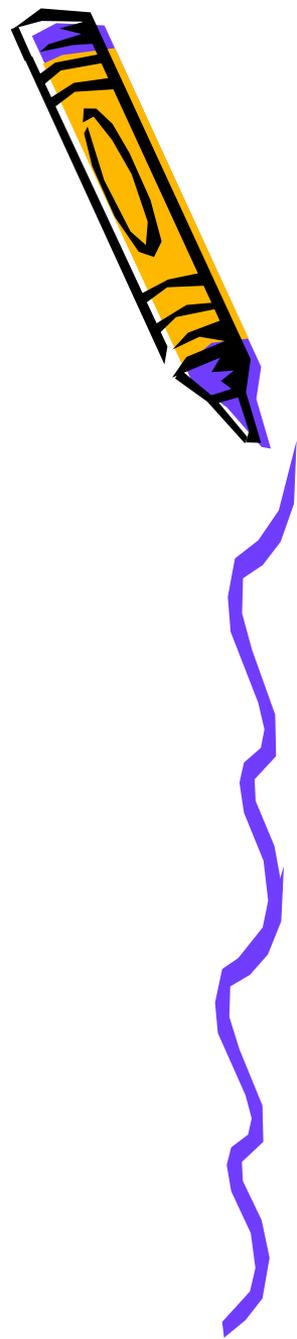
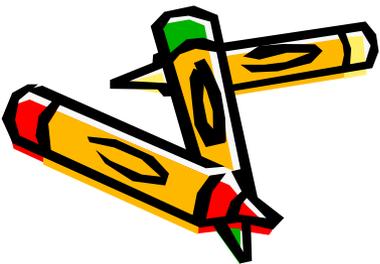
通信接口——外设 LCD

Sun

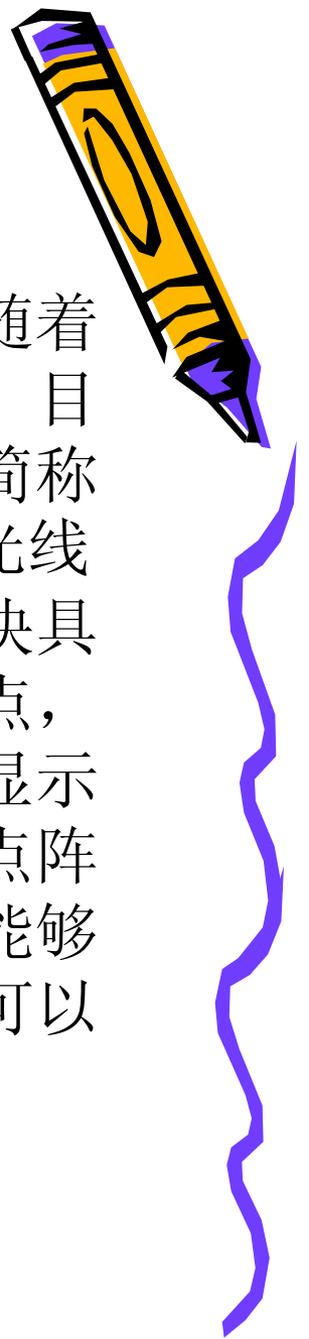
至芯科技 FPGA 培训就业班
SuperCoreLink
www.zxopen.com

主要内容

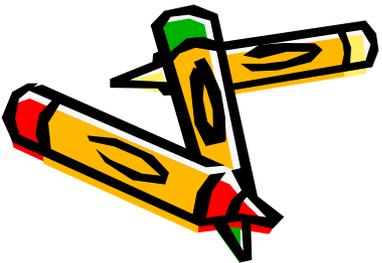
- 显示芯片介绍
- LCD1602管脚
- 显示原理
- 操作指令
- 接口时序
- 设计要求

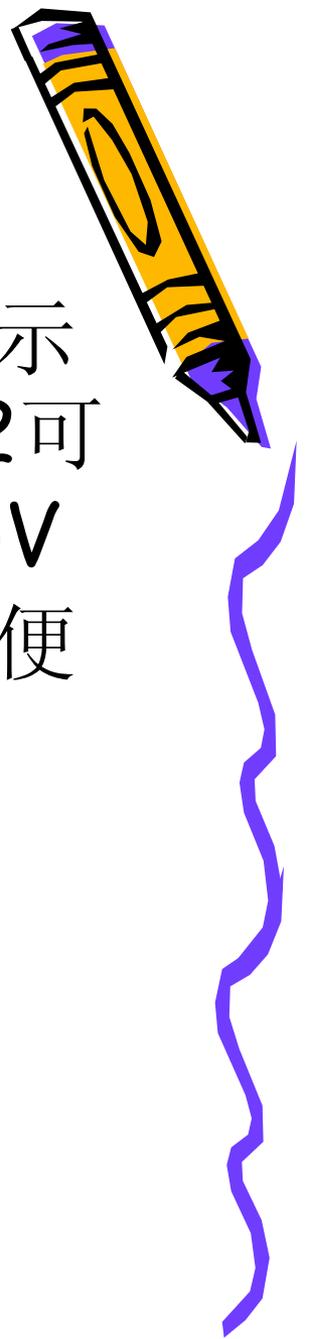


显示芯片介绍

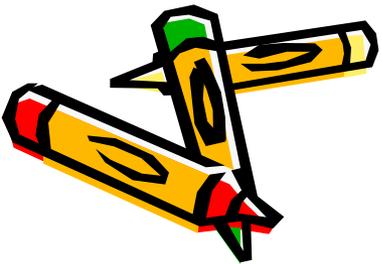


- 在工业控制中，显示器件向来是很重要的一环，随着科技的迅速发展，显示器件的种类也是越来越多，目前主流的显示器件就是液晶显示器，液晶显示器简称LCD显示器，它是利用液晶经过处理后能够改变光线的传输方向的特性实现显示信息的，液晶显示模块具有体积小、功耗低、显示内容丰富超薄轻巧等优点，在单片机应用系统中得到日益广泛的应用。液晶显示器按其功能分为三类：笔端式液晶显示器、字符点阵式液晶显示器、图形点阵式液晶显示器。前两种能够显示数字、字符等，而图形点阵式液晶显示器还可以显示汉字和任意图形。

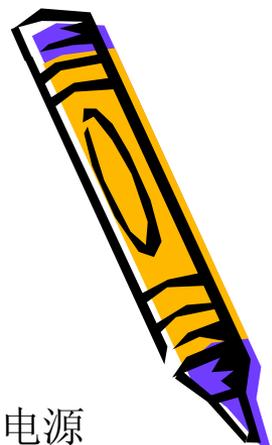




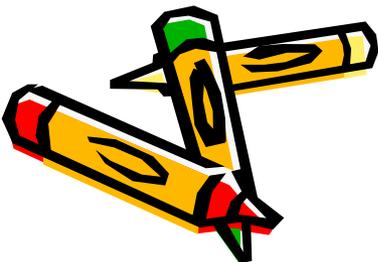
- 本设计选择经济实惠的字符型液晶显示器LCD1602作为显示器件。LCD1602可以显示两行，每行16个字符，采用+5V电源供电，外围电路配置简单，价格便宜，具有很高的性价比。



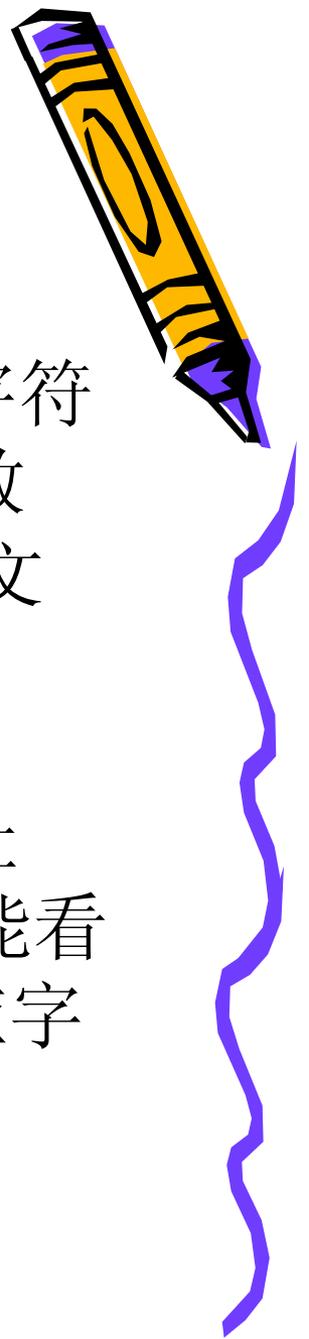
LCD1602管脚



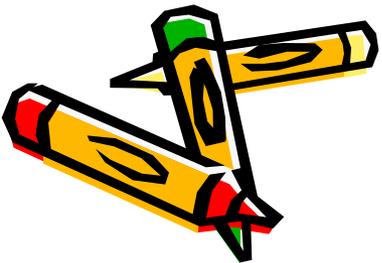
- 第1脚: VSS 为地电源;
- 第2脚: VDD 接5V正电源;
- 第3脚: V_0 为液晶显示器对比度调整端, 接正极电源时对比度最弱, 接地电源时对比度最高, 对比度过高时会产生“鬼影”, 使用时可以通过一个10K的电位器调整对比度;
- 第4脚: RS 为寄存器选择, 高电平时选择数据寄存器, 低电平时选择指令寄存器;
- 第5脚: RW 为读写信号线, 高电平时进行读操作, 低电平时进行写操作。当 RS 和 RW 共同为低电平时可以写入指令或者显示地址, 当 RS 为低电平, RW 为高电平时可以读取忙信号, 当 RS 为高电平 RW 为低电平时可以写入数据;
- 第6脚: E 端为使能端, 当 E 端由高电平跳变成低电平时, 液晶模块执行命令;
- 第7-14脚: $D_0 \sim D_7$ 为8位双向数据线;
- 第15-16脚: 空脚。

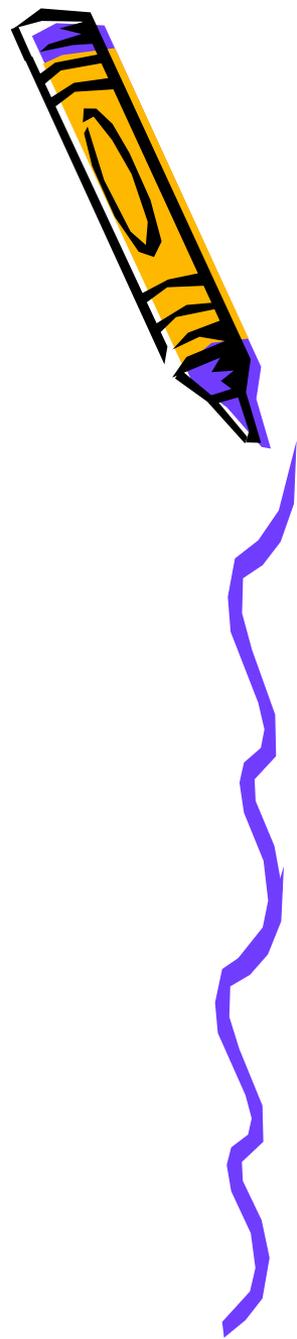


显示原理



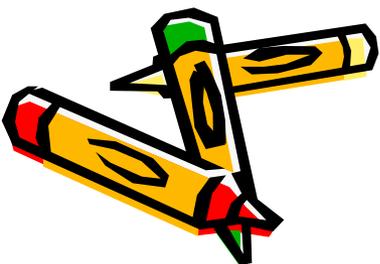
- 1602液晶模块内部的字符发生存储器（**CGROM**）已经存储了**160**个不同的点阵字符图形，如表**1**所示，这些字符有：阿拉伯数字、英文字母的大小写、常用的号、和日文假名等，每一个字符都有一个固定的代码，比如大写的英文字母“**A**”的代码是**0100_0001B**（**41H**），显示时模块把地址**41H**中的点阵字符图形显示出来，我们就能看到字母“**A**”，在编程实时，只需要输入相应字符的地址，液晶屏就会输出相应的字符。





各字符与CGROM地址对应关系如下

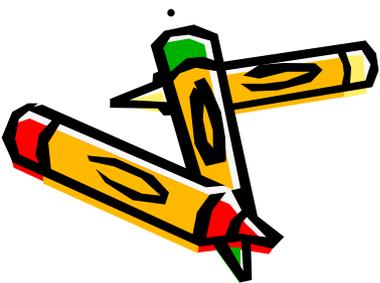
高 位 低 位	0000	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1010	1011	1100	1101	1110	1111
XXXX0000	CGRAM (1)		0	a	P	\	p		-	夕	三	a	P
XXXX0001	(2)	!	1	A	Q	a	q	□	ア	チ	ム	ã	q
XXXX0010	(3)	"	2	B	R	b	r	□	イ	川	メ	ß	ß
XXXX0011	(4)	#	3	C	S	c	s	┘	ウ	ラ	モ	c	∞
XXXX0100	(5)	\$	4	D	T	d	t	\	エ	ト	セ	µ	□
XXXX0101	(6)	%	5	E	U	e	u	ロ	オ	ナ	ユ	B	0
XXXX0110	(7)	&	6	F	V	f	v	テ	カ	ニ	ヨ	P	Σ
XXXX0111	(8)	>	7	G	W	g	w	ア	キ	ズ	ラ	z	x
XXXX1000	(1)	(	8	H	X	h	x	イ	ク	ネ	リ	f	X
XXXX1001	(2)	)	9	I	Y	i	y	ウ	ケ	┘	ル	-1	γ
XXXX1010	(3)	*	:	J	Z	j	z	エ	コ	リ	レ	i	千
XXXX1011	(4)	+	,	K	[	k	[	オ	サ	ヒ	ロ	x	万
XXXX1100	(5)	フ	<	L	¥	l	|	セ	シ	フ	フ	Q	⌒
XXXX1101	(6)	-	=	M	】	m	】	ユ	ス	フ	ソ	モ	+
XXXX1110	(7)	.	>	N	ˆ	n	ˆ	ヨ	セ	ホ	ハ	ñ	
XXXX1111	(8)	/	?	O	-	o	-	ツ	ソ	マ	ロ	õ	

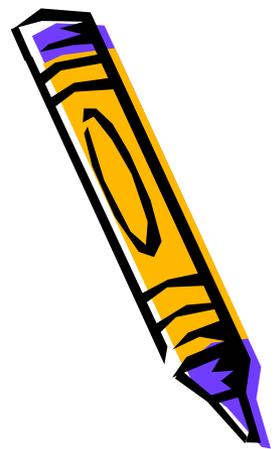


操作指令



- 它的读写操作、屏幕和光标的操作都是通过指令编程来实现的（说明：1为高电平、0为低电平）
-
- 指令1：清显示，指令码01H
- 指令2：光标复位，光标返回到地址00H
- 指令3：输入方式设置，读写数据后ram地址增/减1；画面动/不动
- 指令4：显示开关控制。D：控制整体显示的开与关，高电平表示开显示，低电平表示关显示 C：控制光标的开与关，高电平表示有光标，低电平表示无光标 B：控制光标是否闪烁，高电平闪烁，低电平不闪烁
- 指令5：光标或显示移位 S/C：高电平时移动显示的文字，低电平时移动光标 R/L：文字或光标的移动方向，高电平为右移，低电平为左移
- 指令6：功能设置命令 DL：高电平时为8位总线，低电平时为4位总线 N：低电平时为单行显示，高电平时双行显示 F：低电平时显示5x7的点阵字符，高电平时显示5x10的点阵字符



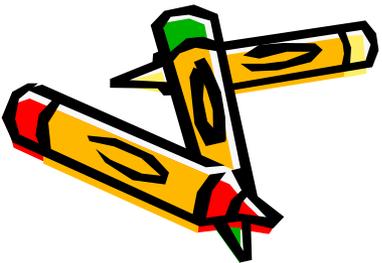


- 指令7: 字符发生器RAM地址设置
- 指令8: DDRAM地址设置
- 指令9:

• CODE: R/W D/I DB7 DB6 DB5 DB4 DB3 DB2 DB1 DB0

H	L	BF	L	ON/OFF	RST	L	L	L	L
---	---	----	---	--------	-----	---	---	---	---

- 功能: 读忙信号标志位(BF)、复位标志位(RST)以及显示状态位(ON/OFF)。
-
- BF=H: 内部正在执行操作; BF=L: 空闲状态。
- RST=H: 正处于复位初始化状态; RST=L: 正常状态。
- ON/OFF=H: 表示显示关闭; ON/OFF=L: 表示显示开。
-





- 写显示数据

- CODE: R/W D/I DB7 DB6 DB5 DB4 DB3 DB2 DB1 DB0

L	H	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
---	---	----	----	----	----	----	----	----	----

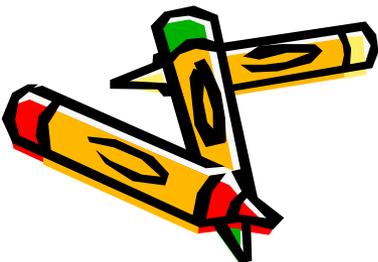
- 功能：写数据到DD RAM，DD RAM是存储图形显示数据的，写指令执行后Y地址计数器自动加1。D7-D0位数据为1表示显示，数据为0表示不显示。写数据到DD RAM前，要先执行“设置页地址”及“设置列地址”命令。

- 读显示数据

- CODE: RS R/W DB7 DB6 DB5 DB4 DB3 DB2 DB1 DB0

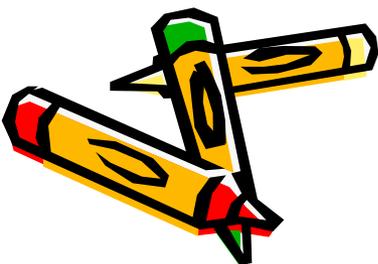
H	H	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
---	---	----	----	----	----	----	----	----	----

- 功能：从DD RAM读数据，读指令执行后Y地址计数器自动加1。从DD RAM读数据前要先执行“设置页地址”及“设置列地址”命令。

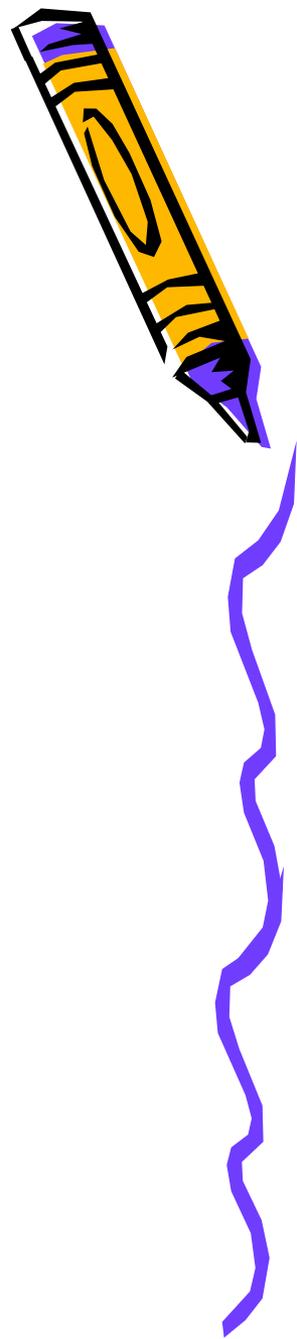


LCD驱动的设计要明确LCD的操作指令

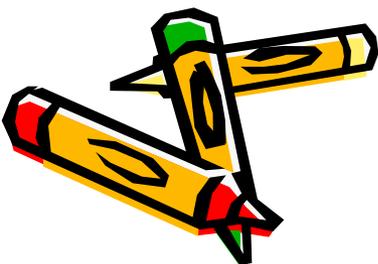
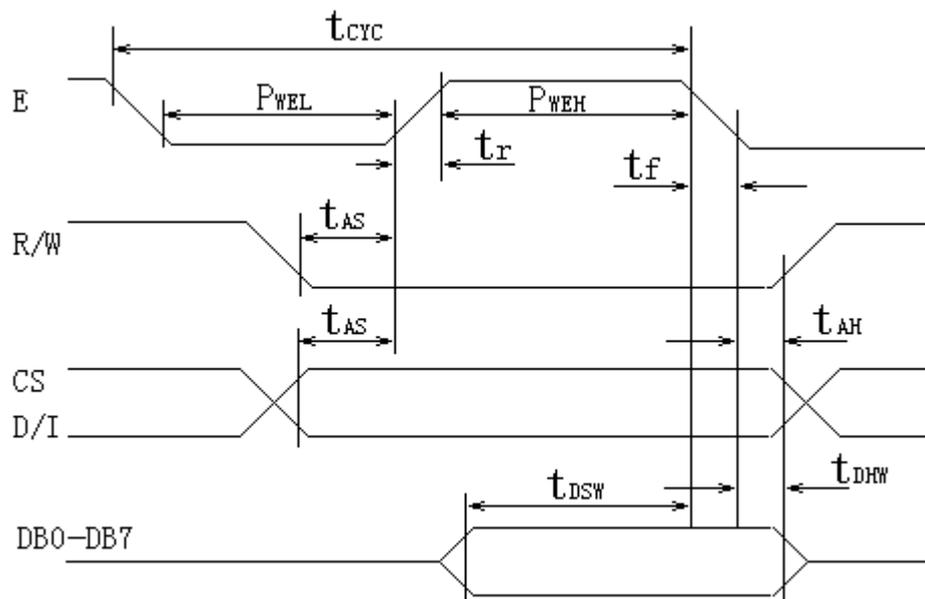
指 令	RS	R/W	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1 清显示	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 光标返回	0	0	0	0	0	0	0	0	1	*
3 置输入模式	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S
4 显示开/关控制	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B
5 光标或字符移位	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*
6 置功能	0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*
7 置字符发生存储器地址	0	0	0	1	字符发生存储器地址(AGG)					
8 置数据存储器地址	0	0	1	显示数据存储器地址(ADD)						
9 读忙标志或地址	0	1	BF	计数器地址(AC)						
10 写数到 CGRAM 或 DDRAM	1	0	要写的数							
11 从 CGRAM 或 DDRAM 读数	1	1	读出的数据							

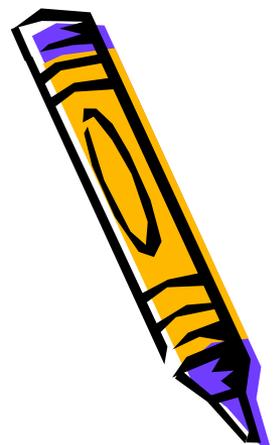


接口时序

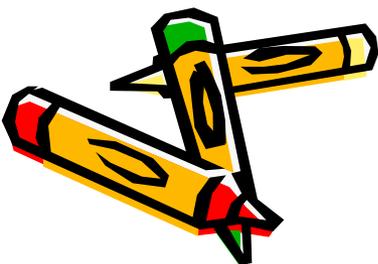
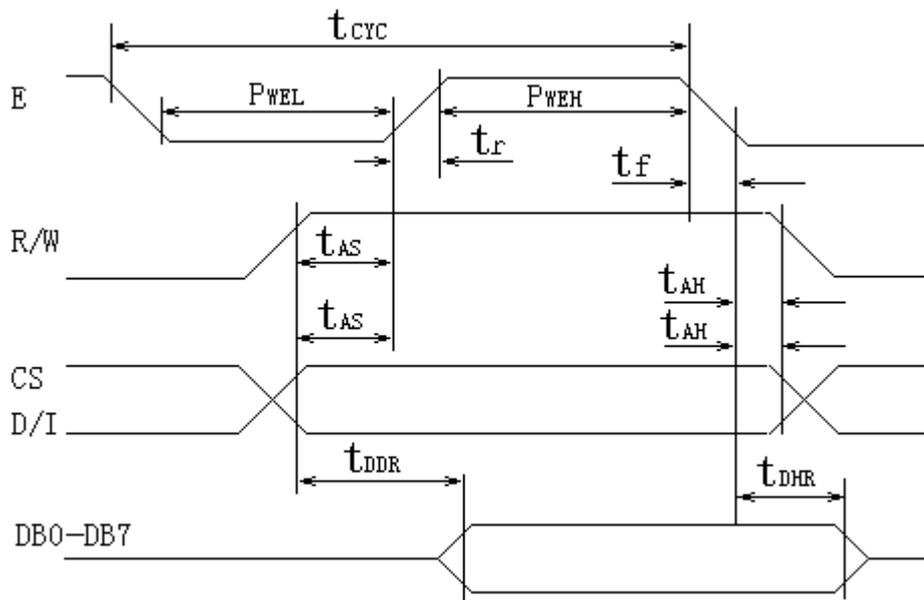


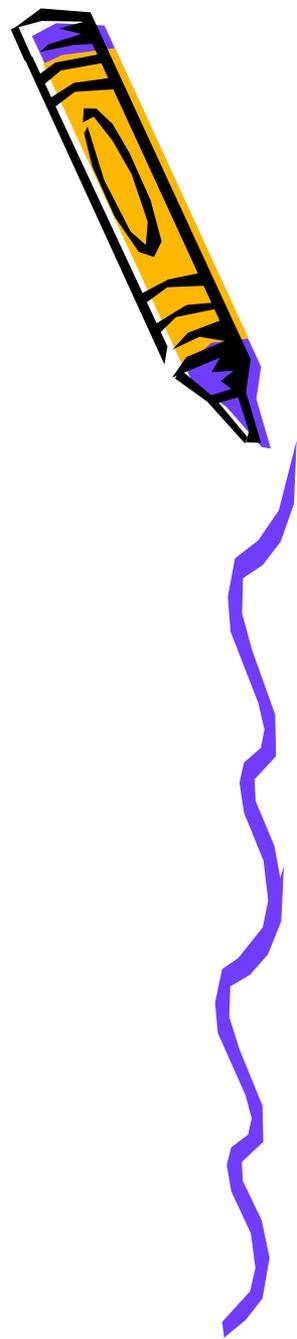
- 写操作时序





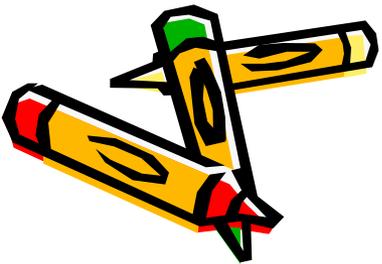
• 读操作时序





时序参数表

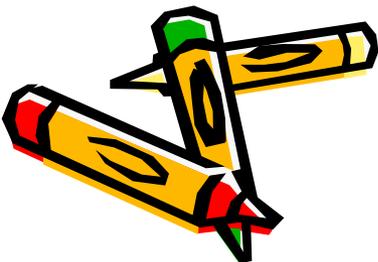
名称	符号	最小值	典型值	最大值	单位
E周期时间	Tcyc	1000			ns
E高电平宽度	Pweh	450			ns
E低电平宽度	Pwel	450			ns
E上升时间	Tr			25	ns
E下降时间	Tf			25	ns
地址建立时间	Tas	140			ns
地址保持时间	taw	10			ns
数据建立时间	Tdsw	200			ns
数据延迟时间	Tddr			320	ns
写数据保持时间	Tdhw	10			ns
读数据保持时间	Tdhr	20			ns

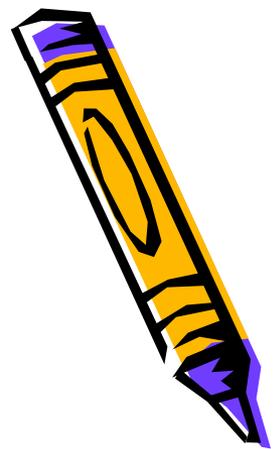


设计要求

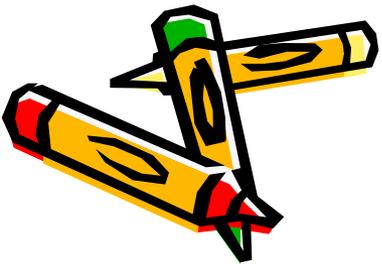
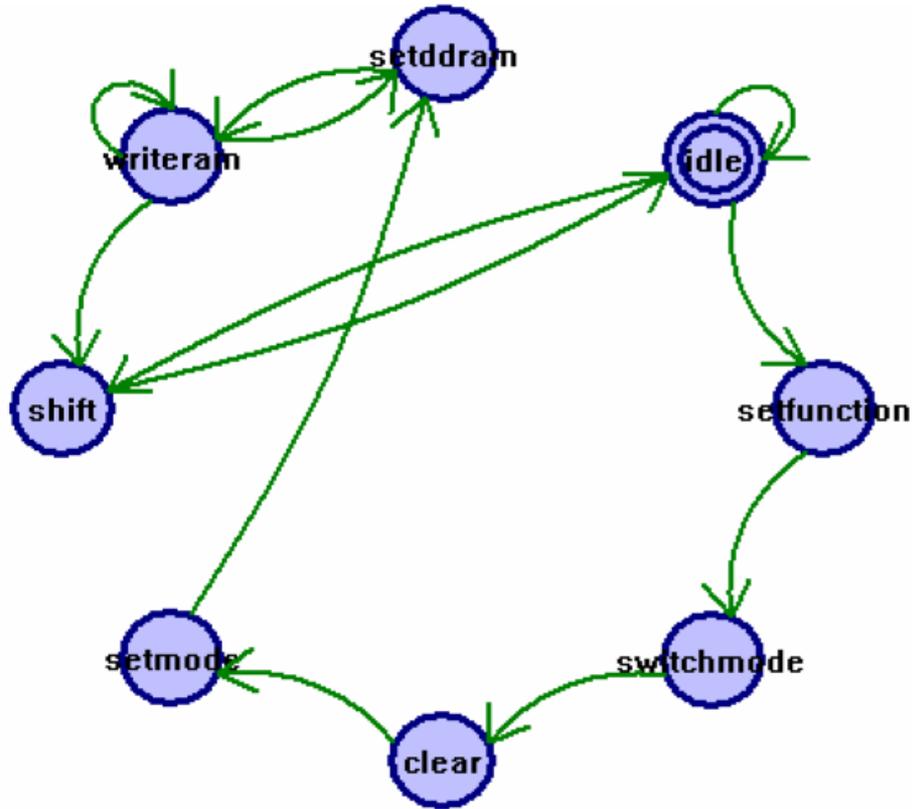


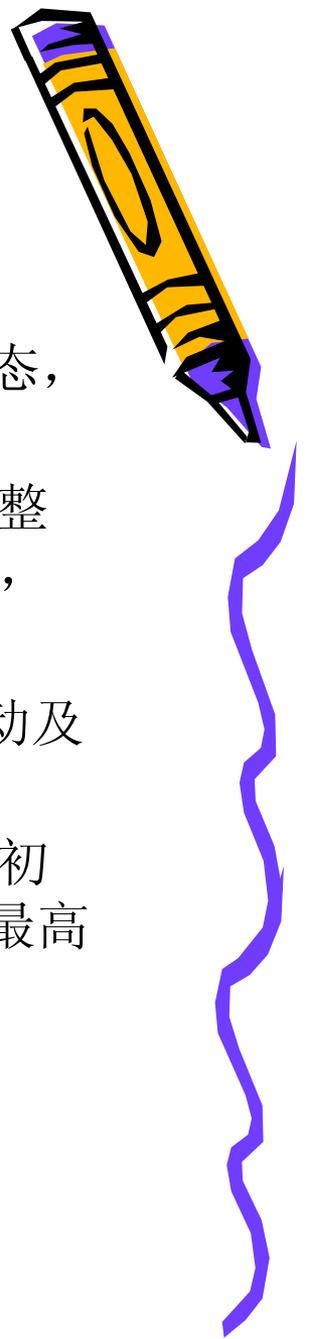
- 在这里要实现的显示功能如下：采用**5*10**点阵，双行显示，第一行显示“**Welcome to here!**”，第二行显示“**zhixin!**”，由于一行只能显示**16**个字符，因此要整屏左移显示。
- 在这里设计的驱动程序主要包含两个模块，一个模块为**char_ram**，该模块的主要功能是根据输入的地址，输出相应字符在**CGRM**（字符存储发生器）中的地址。因为在控制**LCD**显示时，只需用户提供相应字符的地址，就可以显示出该字符。在**char_ram**中，先设置好所有字符对应的地址（依据上表），然后给需要用到的字符定义新的地址用于选择输出。另一个模块为**LCD**的驱动模块**lcd**，该模块用于驱动**lcd**正常工作。**LCD**是一个慢显示器件，因此时钟一定要满足要求，在这里通过**50Mhz**分频得到输入的时钟周期约为**100us**（约**10HZ**），以满足慢显要求。



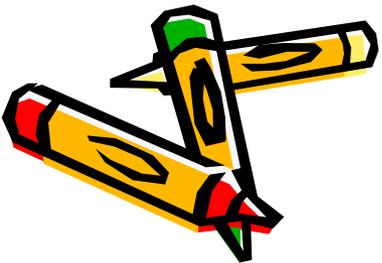


Lcd的驱动模块利用一个状态机来实现，状态图如下





- 过程：
- 上电复位后，系统进入**IDLE**状态，首先进入**setfunction**状态，执行指令**6**
- 经过一个时钟周期进入**SWITCHMODE**，执行指令**4**，设置整体显示的开关、光标显示的开关及光标是否闪烁，设置完毕，
- 进入**CLEAR**状态，执行指令**1**，清屏，执行完毕
- 进入**SETMODE**状态，执行指令**3**，设置文字、光标是否移动及移动方向
- 执行完毕，进入**SETDDRAM**，执行指令**8**，设置**DDRAM**的初始地址，这里先设置第一行显示的初始地址：**10000000**，最高位**1**为保留位，后七位为初始地址





- 执行完毕，进入**writeram**状态，将要显示的字符的地址写入**DDRAM**，这里先显示第一行，显示完毕后，再进入**SETDDRAM**状态，设置第二行的显示的初始地址为：**11000000**
- 执行完毕，进入**SHIFT**状态，执行指令**5**，设定文字向左移动，移动过程中，第二行的字符移到第一行右边
- 此后，一直在**IDLE**态和**SHIFT**状态循环，保持文字一直处于左移显示状态。

