

ATK-MD0350 模块用户手册

高性能 3.5'TFTLCD 电阻电容触摸屏

正点原子

广州市星翼电子科技有限公司

修订历史

版本	日期	原因
V1.0	2022/06/25	第一次发布
V1.1	2023/12/07	添加 32PinFPC 座子的描述
V1.2	2025/3/5	增加对电容屏的支持

目 录

1, 特性参数.....	1
2, 使用说明.....	2
2.1 模块引脚说明.....	2
2.2 模块 LCD 接口时序介绍.....	4
2.4 模块 LCD 驱动介绍.....	6
2.5 模块触摸屏介绍.....	9
2.5.1 电阻式触摸屏介绍.....	9
2.5.2 电容式触摸屏简介.....	11
2.5.3 GT1151 简介.....	12
3, 结构尺寸.....	15
4, 其他	16

1, 特性参数

ATK-MD0350 模块是正点原子推出的一款高性能 3.5" TFTLCD 电阻或电容触摸屏模块。该模块的 LCD 分辨率为 320*480 像素, 支持 16 位真彩显示, 模块采用 NT35310 或 ST7796 作为 LCD 的驱动芯片, 这两款芯片自带 RAM, 无需外加驱动器或存储器, 因此大部分的外接主控都能够轻易地驱动该模块, 同时 ATK-MD0350 模块还支持触摸, 分为电容触摸屏和电阻触摸屏, 电阻触摸屏具有精度高、抗干扰能力强、稳定性好等特点, 但不支持多点触摸。电容触摸屏支持 5 点同时触摸, 具有非常好的操控效果。

ATK-MD0350 模块的各项基本参数, 如下表所示:

项目	说明
通信接口	LCD: Intel 8080-16 位并口 触摸: SPI (电阻) IIC (电容)
颜色格式	RGB565
颜色深度	16 位
LCD 驱动芯片	NT35310、ST7796
LCD 分辨率	320*480
屏幕尺寸	3.5"
触摸屏类型	电阻触摸、电容触摸
触摸采样芯片	HR2046 (电阻屏)、GT1151 (电容屏)
触摸点数	电阻触摸屏仅支持单点触摸, 电容触摸屏最多支持 5 点触摸
工作温度	-20°C~70°C
存储温度	-30°C~80°C
模块尺寸	56.4mm*97.4mm

表 1.1 ATK-MD0350 模块基本参数

ATK-MD0350 模块的各项电气参数, 如下表所示:

项目	说明
电源电压	LCD 背光: 5V 其他: 3.3V
IO 口电平 ¹	3.3V
功耗	LCD 背光关闭: 37mA LCD 背光最大亮度: 119mA

表 1.2 ATK-MD0350 模块电气参数

注 1: ATK-MD0350 模块的 IO 电压为 3.3V, 如需外接 5V 系统, 建议串接 100 欧姆左右的电阻, 作限流处理。

2, 使用说明

2.1 模块引脚说明

ATK-MD0350 模块可以通过两种方式：2*17 的排针（2.54mm 间距）或 32Pin FPC 座子同外部相连接，如下图所示。



图 2.1.1 ATK-MD0350 模块背面展示

对于正点原子 STM32 开发板，该模块可直接插在开发板上的 TFTLCD 接口(即屏幕排座)；对于正点原子 M100 和 M144 小系统板，该模块也可通过 32Pin FPC 线连接到小系统板上的 TFTLCD 接口(即 32Pin FPC 座)。正点原子大部分的 STM32 开发板，我们都提供了本模块相应的例程，用户可以直接在这些开发板上，对模块进行测试。

ATK-MD0350 模块的外观，如下图所示：

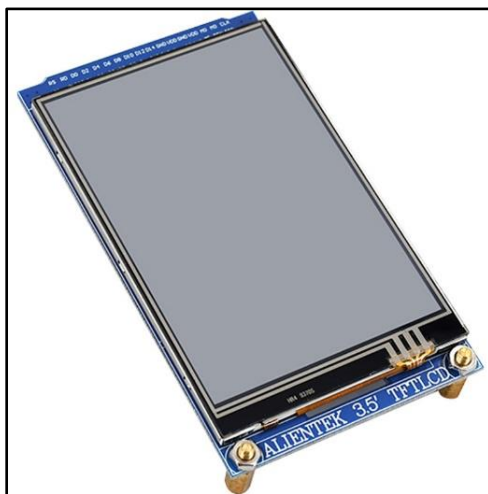


图 2.1.2 ATK-MD0350 电阻触摸屏实物图



图 2.1.3 ATK-MD0350 电容触摸屏实物图

ATK-MD0350 模块的原理图，如下图所示：

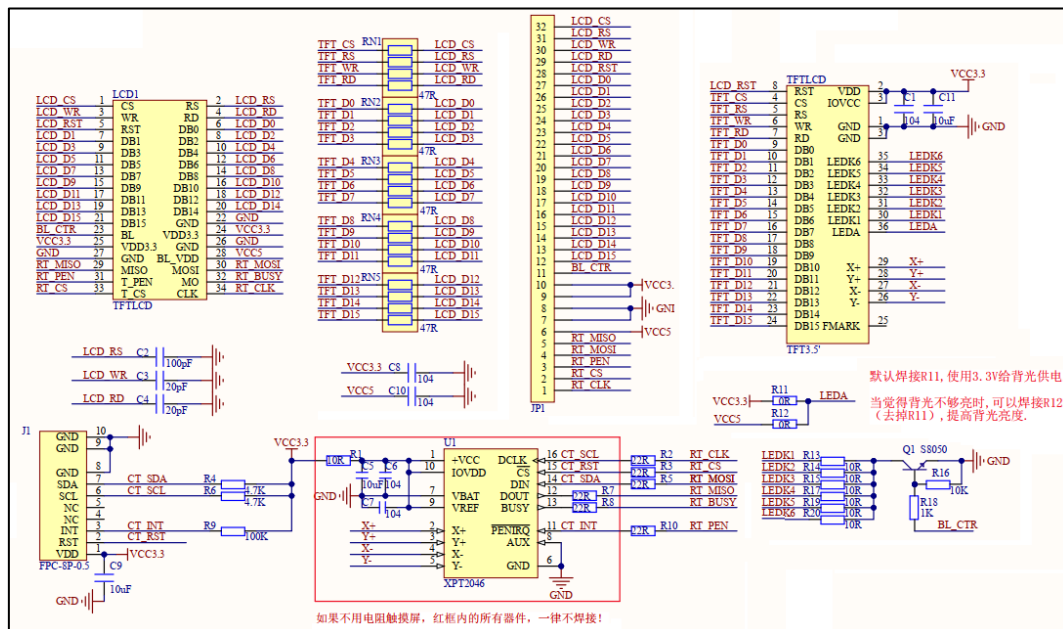


图 2.1.4 ATK-MD0350 模块原理图

ATK-MD0350 模块通过 2*17 的排针（2.54mm 间距）同外部电路连接，各引脚的详细描述，如下表所示：

序号	名称	说明
1	CS	LCD 片选信号（低电平有效）
2	RS	命令、数据控制信号（0：命令；1：数据）
3	WR	写使能信号（低电平有效）
4	RD	读使能信号（低电平有效）
5	RST	复位信号（低电平有效）
6~21	D0~D15	双向数据总线
22,26,27	GND	电源地
23	BL	LCD 背光控制信号（0：关闭 LCD 背光；1：开启 LCD 背光）
24,25	VDD	主电源供电（3.3V）
28	V5	LCD 背光供电（5V）

29	MI	电阻触摸屏：SPI 通讯 MISO 信号 电容触摸屏：未连接
30	MO	电阻触摸屏：SPI 通讯 MOSI 信号 电容触摸屏：IIC 通讯数据信号
31	PEN	触摸中断信号（0：有触摸；1：无触摸）
32	NC	未连接
33	TCS	电阻触摸屏：SPI 通讯片选信号（低电平有效） 电容触摸屏：复位信号
34	CLK	电阻触摸屏：SPI 通讯时钟信号 电容触摸屏：IIC 通讯时钟信号

表 2.1.1 ATK-MD0350 模块引脚说明（2*17 排针）

ATK-MD0350 模块通过 32PinFPC 座子同外部电路连接，各引脚的详细描述，如下表所示：

序号	名称	说明
1	CLK	电阻触摸屏：SPI 通讯时钟信号 电容触摸屏：IIC 通讯时钟信号
2	TCS	电阻触摸屏：SPI 通讯片选信号（低电平有效） 电容触摸屏：复位信号
3	PEN	触摸中断信号（0：有触摸；1：无触摸）
4	MO	电阻触摸屏：SPI 通讯 MOSI 信号 电容触摸屏：IIC 通讯数据信号
5	MI	电阻触摸屏：SPI 通讯 MISO 信号 电容触摸屏：未连接
6	V5	LCD 背光供电（5V）
7,8	GND	电源地
9,10	VDD	主电源供电（3.3V）
11	BL	LCD 背光控制信号（0：关闭 LCD 背光；1：开启 LCD 背光）
12~27	D0~D15	双向数据总线
28	RST	复位信号（低电平有效）
29	RD	读使能信号（低电平有效）
30	WR	写使能信号（低电平有效）
31	RS	命令、数据控制信号（0：命令；1：数据）
32	CS	LCD 片选信号（低电平有效）

表 2.1.2 ATK-MD0350 模块引脚说明（32PinFPC 座子）

2.2 模块 LCD 接口时序介绍

ATK-MD0350 模块的 LCD 驱动芯片为 NT35310 或 ST7796，我们以 NT35310 为例，介绍 LCD 的接口时序，ATK-MD0350 模块采用 16 位 8080 并口总线接口进行通讯，其读写时序图，如下图所示：

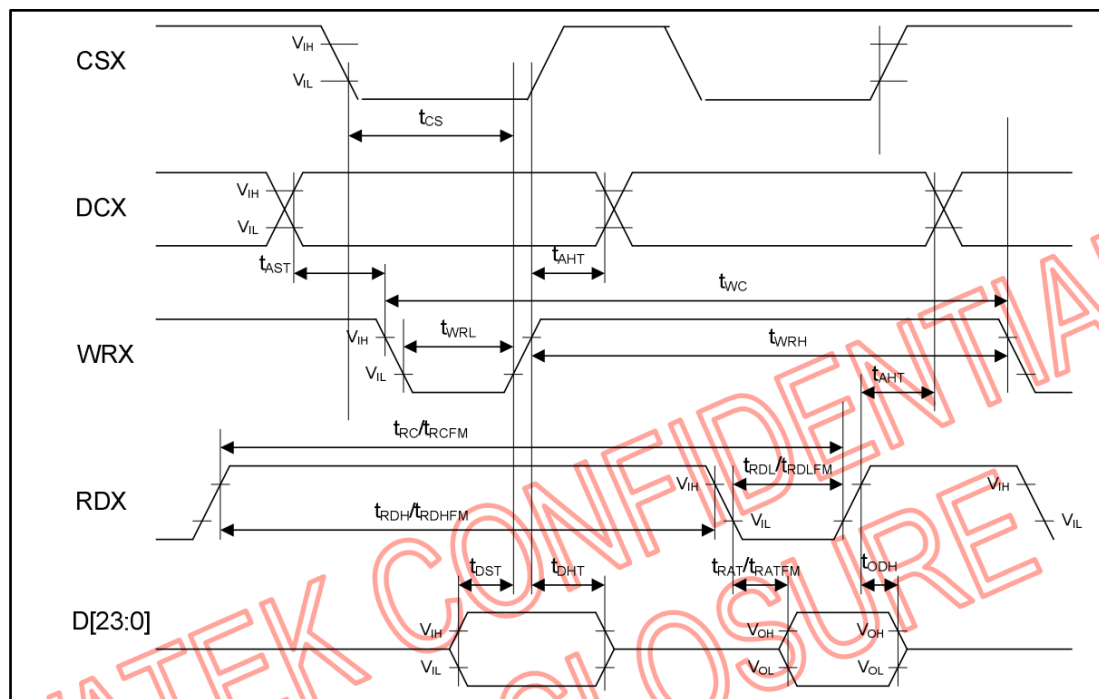


图 2.2.1 16 位 8080 接口读写时序图

上图中各个时间参数，如下图所示：

Item	Symbol	Timing Diagram	Min	Typ	Max	Unit
Write cycle time	tWC	Figure 7.3.1	40	-	-	ns
Read cycle time	tRC	Figure 7.3.1	160	-	-	ns
Write control pulse "Low" duration	tWRL	Figure 7.3.1	19	-	-	ns
Read control pulse "Low" duration	tRDL	Figure 7.3.1	45	-	-	ns
Write control pulse "High" duration	tWRH	Figure 7.3.1	19	-	-	ns
Read control pulse "High" duration	tRDH	Figure 7.3.1	90	-	-	ns
Write setup time (DCX to CSX, WRX)	tAST	Figure 7.3.1	0	-	-	ns
Read setup time (DCX to CSX, RDX)	tAST	Figure 7.3.1	10	-	-	ns
Address hold time	tAHT	Figure 7.3.1	2	-	-	ns
Write data setup time	tDST	Figure 7.3.1	15	-	-	ns
Write data hold time	tDHT	Figure 7.3.1	10	-	-	ns
Read data access time	tRAT	Figure 7.3.1	-	-	40	ns
Read data hold time	tODH	Figure 7.3.1	5	-	-	ns
Chip select setup time	tCS	Figure 7.3.1	15	-	-	ns

图 2.2.2 16 位 8080 接口寄存器访问时序时间参数

Item	Symbol	Timing Diagram	Min.	Typ.	Max.	Unit
Write cycle time	tWC	Figure 7.3.1	40	-	-	ns
Read cycle time	tRCFM	Figure 7.3.1	400	-	-	ns
Write low-level pulse width	tWRL	Figure 7.3.1	19	-	-	ns
Read low-level pulse width	tRDLFM	Figure 7.3.1	150	-	-	ns
Write high-level pulse width	tWRH	Figure 7.3.1	19	-	-	ns
Read high-level pulse width	tRDHFM	Figure 7.3.1	250	-	-	ns
Write setup time (DCX to CSX, WRX)	tAST	Figure 7.3.1	0	-	-	ns
Read setup time (DCX to CSX, RDX)	tAST	Figure 7.3.1	10	-	-	ns
Address hold time	tAHT	Figure 7.3.1	2	-	-	ns
Write data setup time	tDST	Figure 7.3.1	10	-	-	ns
Write data hold time	tDHT	Figure 7.3.1	10	-	-	ns
Read data delay time	tRATFM	Figure 7.3.1	-	-	150	ns
Read data hold time	tODH	Figure 7.3.1	5	-	-	ns
Chip select setup time	tCS	Figure 7.3.1	15	-	-	ns

图 2.2.3 16 位 8080 接口数据访问时序时间参数

从上表可以看出, NT35310 LCD 驱动芯片数据写周期(Write cycle time)最快可达 40ns, 因此理论上最快可以每秒刷新 2500W 个像素(RGB565), 即 ATK-MD0350 模块理论上最快刷屏速度为每秒 162 帧, 反观 NT35310 LCD 驱动芯片的数据读周期(Read cycle time)就比较慢, 最快也要 400ns。

关于 NT35310 LCD 驱动芯片更详细地读写时序介绍, 请查看《NT35310Draft SPEC V0.pdf》, 对于 ST7796 的 LCD 驱动芯片, 请查看《ST7796U_SPEC_V1.0.pdf》。

2.4 模块 LCD 驱动介绍

驱动 ATK-MD0350 模块的 LCD, 实际上就是驱动 NT35310 或 ST7796 LCD 驱动芯片, 这里以 NT35310 驱动方法为例。

NT35310 LCD 驱动芯片自带显存, 其显存的总大小为 345600 (320*480*18/8) 字节, 即最大可驱动 18 位数据(262K 色)的 320*480 分辨率的 LCD。ATK-MD0350 模块采用 16 位数据(65K 色)的模式驱动 320*480 分辨率的 LCD, NT35310 LCD 驱动芯片采用 RGB565 的数据格式存储 16 位的颜色数据, 此时 NT35310 的显存、RGB565 格式的颜色数据、NT35310 的数据线和 MCU 的数据线的对应关系, 如下表所示:

RGB565	R[4]	R[3]	R[2]	R[1]	R[0]	-	G[5]	G[4]	G[3]	G[2]	G[1]	G[0]	B[4]	B[3]	B[2]	B[1]	B[0]	-
NT35310 显存	B17	B16	B15	B14	B13	B12	B11	B10	B9	B8	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
NT35310 数据线	DB15	DB14	DB13	DB12	DB11	-	DB10	DB9	DB8	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0	-
MCU 数据线	D15	D14	D13	D12	D11	-	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	-

表 2.4.1 16 位数据与显存等的对应关系

从上图中可以看出, NT35310 在 16 位数据模式下, 18 位显存中的 B0 和 B12 并没有用到, 对外连接的数据线中, 也只使用了 DB0~DB15 这 16 跟数据线与 MCU 的 D0~D15 连接实现 16 位颜色数据的传输。

这样一来, MCU 的 16 位数据就被用来传输一个颜色数据中的 RGB, 其中高 5 比特用于表示红色, 低 5 比特用于表示蓝色, 中间的 6 比特用于表示绿色。数据的数值越大, 对应的颜色就越深。另外, 值得一提的是, NT35310 的所有指令都是 8 比特的(高 8 比特

保留), 且指令的参数中处理读写显存的指令参数位 16 比特, 其余指令的参数也都是 8 比特的。

NT35310 LCD 驱动芯片的指令有很多, 具体可以查看 NT35310 的数据手册《NT35310Draft SPEC V0.pdf》, 本文仅介绍几个常用的指令, 分别为 0xD4、0x36、0x2A、0x2B、0x2C 和 0x2E。

1. 指令 0xD4

该指令用于读 ID4, 如下表所示:

顺序	各比特位描述									HEX
	D15~D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
指令	XX	1	1	0	1	0	1	0	0	0xD4
参数 1	XX	X	X	X	X	X	X	X	X	X
参数 2	XX	0	0	0	0	0	0	0	1	0x01
参数 3	XX	0	1	0	1	0	0	1	1	0x53
参数 4	XX	0	0	0	1	0	0	0	0	0x10

表 2.4.2 指令 0xD4 描述

从上表中可以看出, 指令 0xD4 可以读出 4 个参数, 其中参数 3 和参数 4 是固定的 0x53 和 0x10, 即 NT35310 的芯片名称, 通过该指令可以判断 LCD 使用的是什型号 LCD 驱动芯片, 以及验证与 NT35310 的通讯是否正常。

2. 指令 0x36

该指令用于存储访问控制, 通过该指令可以控制 NT35310 的显存读写方向, 如下表所示:

顺序	各比特位描述									HEX
	D15~D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
指令	XX	0	0	1	1	0	1	1	0	0x36
参数	XX	MY	MX	MV	ML	BGR	MH	0	0	0x00

表 2.4.3 指令 0x36 描述

从上表中可以看出, 指令 0x36 可以传入 1 个参数, 这里主要关注参数的 MY、MX 和 MV 位, 通过这三个位, 就能够设置 NT35310 的显存读写方向, 以实现设置 LCD 显示内容的方向, 这三个位的描述, 如下表所示:

MY	MX	MV	LCD 扫描方向
0	0	0	从左到右, 从上到下
1	0	0	从左到右, 从下到上
0	1	0	从右到左, 从上到下
1	1	0	从右到左, 从下到上
0	0	1	从上到下, 从左到右
1	0	1	从上到下, 从右到左
0	1	1	从下到上, 从左到右
1	1	1	从下到上, 从右到左

表 2.4.4 MY、MX、MV 与 LCD 扫描方向关系

3. 指令 0x2A

该指令用于设置列地址, 通过该指令可以设置外部 MCU 访问 NT35310 显存的列范围, 当外部 MCU 需要连续读写 NT35310 显存时, 可以大大地提高效率, 如下表所示:

顺序	各比特位描述	HEX
----	--------	-----

	D15~D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
指令	XX	0	0	1	0	1	0	1	0	0x2A
参数 1	XX	SC15	SC14	SC13	SC12	SC11	SC10	SC9	SC8	SC
参数 2	XX	SC7	SC6	SC5	SC4	SC3	SC2	SC1	SC0	
参数 3	XX	EC15	EC14	EC13	EC12	EC11	EC10	EC9	EC8	EC
参数 4	XX	EC7	EC6	EC5	EC4	EC3	EC2	EC1	EC0	

表 2.4.5 指令 0x2A 描述

从上表可以看出，指令 0x2A 可以传入 4 个参数，这 4 个参数组成 SC 和 EC，其中 SC 为外部 MCU 访问 NT35310 显存的起始列地址，EC 为外部 MCU 访问 NT35310 显存的结束列地址，在连续访问 NT35310 显存的时候，显存的读写指针在水平方向上自增就会受到起始列地址和结束列地址的限制。

4. 指令 0x2B

该指令用于设置页地址，通过该指令可以设置外部 MCU 访问 NT35310 显存的页范围，当外部 MCU 需要连续读写 NT35310 显存时，可以大大地提高效率，如下表所示：

顺序	各比特位描述									HEX
	D15~D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
指令	XX	0	0	1	0	1	0	1	1	0x2B
参数 1	XX	SP15	SP14	SP13	SP12	SP11	SP10	SP9	SP8	SP
参数 2	XX	SP7	SP6	SP5	SP4	SP3	SP2	SP1	SP0	
参数 3	XX	EP15	EP14	EP13	EP12	EP11	EP10	EP9	EP8	EP
参数 4	XX	EP7	EP6	EP5	EP4	EP3	EP2	EP1	EP0	

表 2.4.6 指令 0x2B 描述

从上表可以看出，指令 0x2B 可以传入 4 个参数，这 4 个参数组成 SP 和 EP，其中 SP 为外部 MCU 访问 NT35310 显存的起始页地址，EP 为外部 MCU 访问 NT35310 显存的结束页地址，在连续访问 NT35310 显存的时候，显存的读写指针在垂直方向上自增就会受到起始页地址和结束页地址的限制。

通过指令 0x2A 和指令 0x2B，就能够设置一个矩形区域，当外部 MCU 连续读写 NT35310 显存的时候，显存指针就会在这区域内自增，这样就不用每操作一个显存中的颜色数据都设置一次地址，大大地提高了效率。

5. 指令 0x2C

该指令为开始写显存指令，如下表所示：

顺序	各比特位描述									HEX
	D15~D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
指令	XX	0	0	1	0	1	1	0	0	0x2C
参数 1	D1[15:0]									D1
.....
参数 n	Dn[15:0]									Dn

表 2.4.7 指令 0x2C 描述

从上表可以看出，指令 0x2C 支持连续写 NT35310 显存，且数据的有效位宽位 16 比特，跟在该指令后的参数就是要写入 NT35310 显存的数据，NT35310 会根据指令 0x36 设置的扫描方向、指令 0x2A 设置的始末列地址和指令 0x2B 设置的始末页地址，自动地将参数写入显存。

6. 指令 0x2E

该指令为开始读显存指令，如下表所示（该指令的描述在 NT35310 的数据手册中的描述

有误，请以本文介绍为准)：

顺序	各比特位描述																HEX
	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
指令	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	1	0	1	1	1	0	0x2E
参数 1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Dummy
参数 2	R1[4:0]					0	0	0	G1[5:0]					0	0	R1G1	
参数 3	B1[4:0]					0	0	0	R2[4:0]					0	0	0	B1R2
参数 4	G2[5:0]						0	0	B2[4:0]					0	0	0	G2B2
参数 5	R3[4:0]					0	0	0	G3[5:0]					0	0	0	R3G3
参数 n	按以上规律输出																

表 2.4.8 指令 0x2E 描述

从上表中可以看出，指令 0x2E 支持连续读 NT35310 显存，且数据的有效位宽位 16 比特，跟在指令 0x2E 后的第一个参数是无效数据，随后的每一个 16 比特数据都包含了一个颜色数据中 RGB 三个分量的其中两个分量数据，例如：参数 2 为 R1G1，随后按规律以此类推为 B1R2→G2B2→R3G3→B3R4→G4B4→R5G5……，以此类推。

2.5 模块触摸屏介绍

ATK-MD0350 模块分为电阻触摸屏和电容触摸屏，这两种触摸的原理是不同的，下面我们分别进行介绍：

2.5.1 电阻式触摸屏介绍

电阻触摸屏的主要部分是一块与显示器表面非常贴合的电阻薄膜，是一种多层的复合薄膜，其具体的结构，图下图所示：

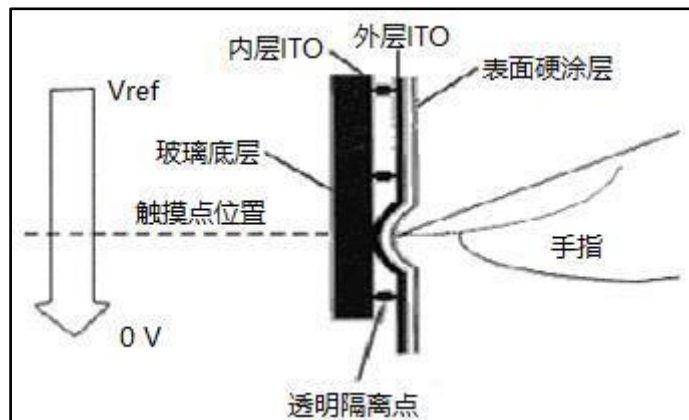


图 2.5.1.1 电阻触摸屏多层符合薄膜结构

如上图所示，薄膜的表面是表面硬涂层，主要是一层表面硬化处理、光滑放擦的塑料层。玻璃底层用于支撑上面的结构，主要是玻璃或者塑料平板。透明隔离点用来分离外层 ITO 和内层 ITO。ITO 层是电阻触摸屏的关键结构，是涂有铟锡金属氧化物的导电层。除了上图展示的结构外，还有一层 PET 层，PET 层是聚酯薄膜，处于外层 ITO 和表面硬涂层之间，很薄很有弹性，触摸时向下弯曲，是的 ITO 层接触。

当手指触摸屏幕时，两个 ITO 层在触摸点位置会相互接触，从而引起电阻的变化，在 X 和 Y 两个方向上产生电信号，然后送到触摸屏控制器，如下如所示：

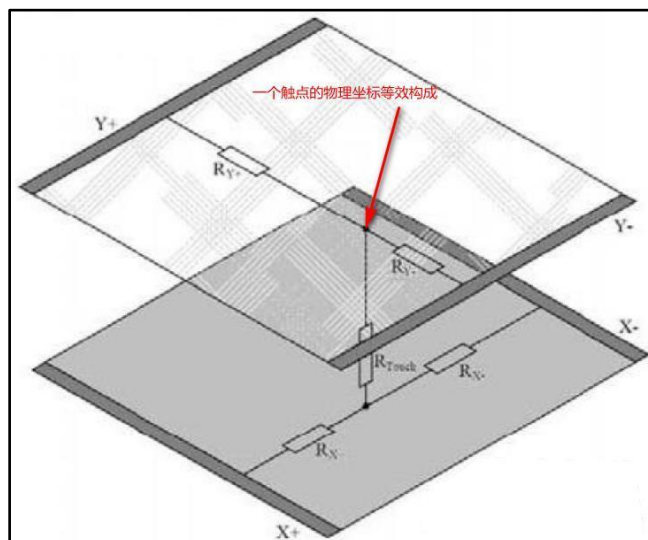


图 2.5.1.2 电阻式触摸屏的接触点坐标结构

如上图所示，触摸屏控制器检测到接触点，并采样转换出这一接触点在 X 和 Y 方向上的电压对应的数字量。

电阻触摸屏有精度高、价格便宜、抗感干扰能力强和稳定性好等有点，同时也有容易被划伤、透光性不好、不支持多点触摸等缺点。

通过上文的介绍可知，电阻触摸屏一般都需要一个 ADC 来将 X 和 Y 方向上的电压转换为数字量，实际上大多是由一个电阻触摸屏控制器来完成。ATK-MD0350 模块采用四线式电阻触摸屏，使用的电阻触摸屏控制器为 HR2046。

HR2046 是一款四线式触摸屏控制器，使用 SPI 通讯接口，内含 12 位分辨率 125KHz 转换速率逐步逼近型 ADC，支持 1.5V~5.25V 的低电压 IO 接口。HR2046 能够通过两次 A/D 转换（一次 X 方向和一次 Y 方向），确定屏幕触摸点的位置，除此之外，还能够测量加在触摸屏上的压力。HR2046 内部自带 2.5V 参考电压，可以用作辅助输入、温度测量和电池监测等，其中电池监测的电压范围可以从 0V 到 6V。HR2046 在 2.7V 的经典工作状态下，关闭参考电压，功耗可小于 0.75mW。

HR2046 的驱动方法也很简单，其 SPI 通讯的时序图，如下图所示：

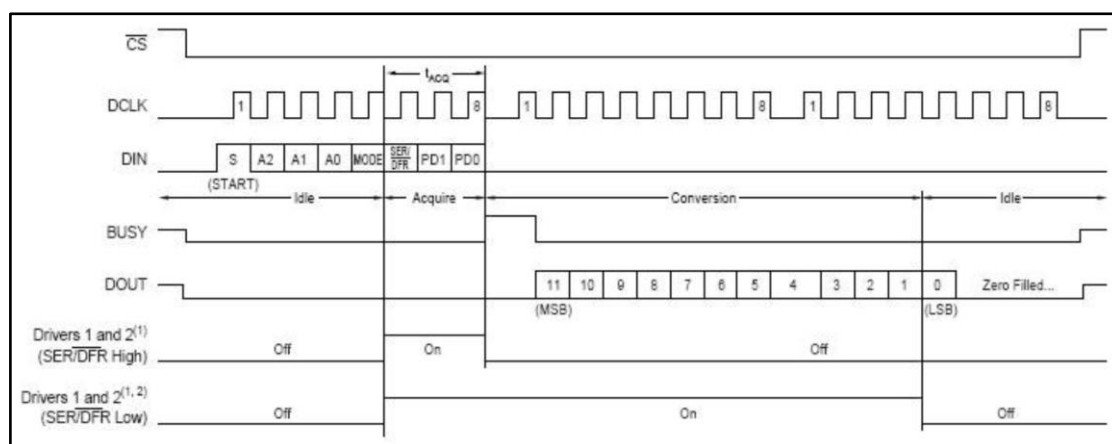


图 2.5.1.3 HR2046 SPI 通讯时序图

从上图可以看出，HR2046 的驱动方式很简单：拉低片选→发送控制字→清除 BUSY→读取 16 位数据（高 12 位数据位有效的 AD 值）→拉高片选。而这一整个流程的重点就在于控制字，控制字的描述，如下图所示：

Bit7(MSB)	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0(LSB)
S	A2	A1	A0	MODE	SER/DFR	PD1	PD0

表 3 控制字中控制位的顺序

Bit	名称	描述
7	S	Start bit. Control byte starts with first high bit on DIN. A new control byte can start every 15th clock cycle in 12-bit conversion mode or every 11th clock cycle in 8-bit conversion mode (see Figure 13).
6-4	A2-A0	Channel Select bits. Along with the SER/DFR bit, these bits control the setting of the multiplexer input, touch drivers switches, and reference inputs (see Tables I and II).
3	MODE	12-Bit/8-Bit Conversion Select bit. This bit controls the number of bits for the next conversion: 12-bits(low) or 8-bits (high).
2	SER/DFR	Single-Ended/Differential Reference Select bit. Along with bits A2-A0, this bit controls the setting of the multiplexer input, touch driver switches, and reference inputs (see Tables I and II).
1-0	PD1-PD0	Power-Down Mode Select bits. Refer to Table V for details.

图 2.5.1.4 HR2046 控制字描述

从上图中可以看出, Bit7 位开始位, 置 1 即可。Bit3 提供了不同的精度, 清 0 选择较高的 12 位分辨率。Bit2 用于选择测量的模式, 为了达到最佳性能, 清 0 选择性能更优的差分模式。Bit1 和 Bit0 是与功耗相关的, 清 0 即可。最后就是 Bit6~Bit4, 用于选择测量的通道, 如下图所示:

A2	A1	A0	+REF	-REF	Y-	X+	Y+	Y-POSITION	X-POSITION	Z ₁ -POSITION	Z ₂ -POSITION	DRIVERS ON
0	0	1	Y+	Y-		+IN		Measure		Measure	Measure	Y+, Y-
0	1	1	Y+	X-		+IN						Y+, X-
1	0	0	Y+	X-	+IN							Y+, X-
1	0	1	X+	X-			+IN		Measure			X+, X-

图 2.5.1.5 差分模式输入配置

从上图可知, 当测量 Y 方向时, Bit6~Bit4 应配置为 001; 当检测 X 方向时, Bit6~Bit4 应配置为 101, 结合控制字的其他位可以得出, 获取 X 方向的 AD 值使用控制字 0xD0, 获取 Y 方向的 AD 值使用控制字 0x90。

关于 HR2046 的其他功能, 请参考 HR2046 的数据手册《HR2046.pdf》。

2.5.2 电容式触摸屏简介

现在几乎所有智能手机和平板电脑都是采用电容式触摸屏, 电容式触摸屏是利用人体感应进行出点检测控制的, 不需要直接接触, 仅需轻微接触, 便可通过检测感应电流来定位触摸的位置信息。

正点原子 ATK-MD0350 模块有电容式触摸屏版本, 下面简单地介绍一些电容式触摸屏的原理。

电容式触摸屏主要分为两种, 分别为: 表面电容式电容触摸屏和投射式电容触摸屏。

1. 表面电容式电容触摸屏

表面电容式电容触摸屏技术是利用 ITO (铟锡氧化物, 一种透明的导电材料) 导电膜, 通过电场感应方式检测屏幕表面的触摸信息, 但是表面电容式电容触摸屏有一些局限性, 它一次只能检测一个触摸点信息。

2. 投射式电容触摸屏

投射式电容触摸屏传感器利用触摸屏电极发射出静电场, 一般用于投射式电容触摸屏的电容类型有两种, 分别为自我电容和交互电容。

a. 自我电容

自我电容又称绝对电容, 是最广为采用的一种方法, 自我电容通常是指扫描电极与地构成的电容。在玻璃表面有用 ITO 制成的横向与纵向的扫描电极, 这些电极和地之间就构成

一个电容的两极。当用手或触摸笔触摸的时候就会并联一个电容到电路中去，从而使在该条扫描线上的总体的电容量有所改变。在扫描的时候，控制 IC 依次扫描纵向和横向电极，并根据扫描前后的电容变化来确定触摸点坐标位置。笔记本电脑触摸输入板就是采用的这种方式，笔记本电脑的输入板采用 X/Y 的传感电极阵列形成一个传感格子，当手指靠近触摸输入板时，在手指和传感电极之间产生一个小量电荷。采用特定的运算法则处理来自行、列传感器的信号来确定手指的位置。

b. 交互电容

交互电容又叫做跨越电容，它是在玻璃表面的横向和纵向的 ITO 电极的交叉处形成电容。交互电容的扫描方式就是扫描每个交叉处的电容变化，来判定触摸点的位置。当触摸的时候就会影响到相邻电极的耦合，从而改变交叉处的电容量，交互电容的扫描方法可以侦测到每个交叉点的电容值和触摸后电容变化，因而它需要的扫描时间与自我电容的扫描方式相比要长一些，需要扫描检测 X/Y 根电极。目前智能手机和平板电脑等的触摸屏，都是采用交互电容技术。

正点原子 ATK-MD0350 模块的电容触摸屏采用的是投射式电容触摸屏（交互电容类型），下面仅以投射式电容触摸屏作介绍。

投射式电容触摸屏采用纵横两列电极组成感应矩阵来感应触摸。以两个交叉电极的电极矩阵，即 X 轴电极和 Y 轴电极，来检测每一个感应单元的电容变化，如下图所示：

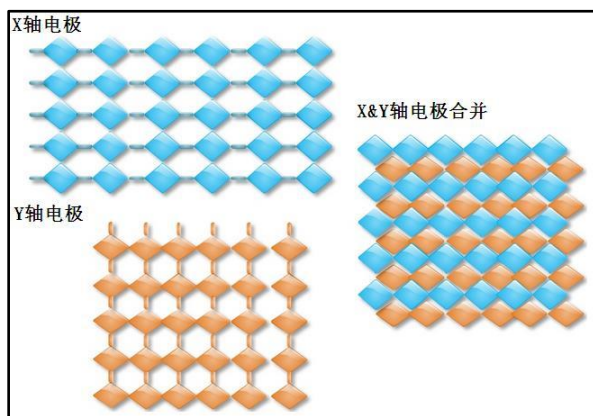


图 2.5.2.1 投射式电容触摸屏电极矩阵示意图

上图中的电极实际上是透明的，绘制出颜色是为了方便理解。上图中 X、Y 轴的透明电极电容精度、分辨率与 X、Y 轴的通道数有关，通道数越多，精度也就越高。

投射式电容触摸屏具有手感好、无需校准、支持多点触摸和透光性好等的优点，但同时投射式电容触摸屏也有成本高、精度不高和抗干扰能力差等的缺点。电容式触摸屏对工作环境的要求是比较高的，在潮湿、多尘、高低温环境下，都是不适合使用电容式触摸屏的。

电容式触摸屏一般需要一个驱动 IC 来检测电容触摸，ATK-MD0350 模块电容触摸版的电容式触摸屏采用 GT1151 作为其驱动 IC。

2.5.3 GT1151 简介

GT1151 是深圳汇顶科技研发的一颗电容式触摸屏驱动 IC，支持 120Hz 的触点扫描频率、最高支持 10 点触摸，并具有 16 个驱动通道和 29 个感应通道，适合 5"~6" 电容触摸屏使用。

GT1151 通过 IIC 与外部 MCU 进行通讯，在实际使用时需与外部 MCU 通过 4 根线进行连接（不含地线），分别为：SDA、SCL、RST、INT，其中 SDA 和 SCL 就是 GT1151 与外部 MCU 进行 IIC 通讯时使用的数据线和时钟线。GT1151 的 IIC 通讯地址为 0x14（7 位地址，8 位地址为 0x28 或 0x29），首先看下 GT1151Q 的上电时序，如下图所示：

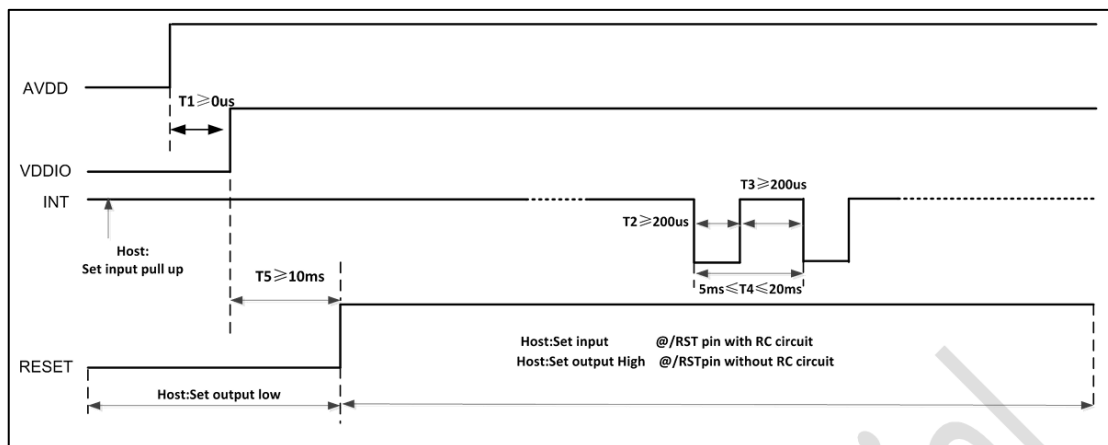


图 2.5.3.1 GT1151 的上电时序

GT1151 上电需要控制 AVDD、INT、RESET 等引脚，首先 INT 引脚设置为输入上拉，复位引脚设置为输入下拉，且需要 VDDIO 拉高 10ms 后完成拉高，再通过 INT 响应后即可完成上电操作，GT1151 的寄存器描述可以查看 GT1151 的编程指南《GT1151Q 编程指南.pdf》，本文仅介绍几个常用的寄存器。

1. 实时命令寄存器 0x8040

通过往该寄存器写入不同的值，可以实时控制或读取 GT1151 的状态，如往该寄存器写入 0x00 时，可以读取坐标状态，该寄存器写入 0x05，可以进行关屏操作。

2. 产品 ID 寄存器 0x8140~0x8143

GT1151 的 PID 以 ASCII 码的格式存储在 0x8140~0x8143 这四个寄存器中，通过读取这四个寄存器，便可以此读取到“1”、“1”、“5”和“8”，组合起来便是 GT1151 的 PID：1158。

3. 状态寄存器 0x814E

该寄存器的各比特位描述，如下表所示：

寄存器	bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0
0x814E	缓冲状态	大点检测	保留	按键情况	有效触摸点个数			

表 2.5.3.1 状态寄存器 0x814E 各比特位描述

对于该寄存器，一般关心 bit0~bit3 和 bit7 即可。bit7 用于表示触摸点数据缓冲的状态，当 GT1151 检测到有效触摸点的时候，就会自动将 bit7 置 1，因此通过 bit7 就能够判断屏幕是否被触摸；bit0~bit3 用于表示有效的触摸点个数，范围是 0~10，可以以此判断屏幕上有多少个触摸点，bit4: HaveKey，1 表示有按键，0 表示无按键（已经松键）。

需要注意的是，在读取完该寄存器后，如果 bit7 有效，那么必须回写 0，将 bit7 清 0，否则 GT1151 将不会输出下一次的数据。

4. 触摸点信息寄存器

触摸点信息寄存器可分为 10 组（最大 10 个触摸点），每组有 7 个寄存器，每组触摸点信息寄存器间有个寄存器是保留位，即每个触摸点寄存器偏移 8 个地址即可，下面仅描述第一个触摸点寄存器，如下表所示：

寄存器	描述	寄存器	描述
0x814F	Touch Sta (bit7)，保留位 (bit4~bit6) track_id (bit0~bit3)		
0x8150	第一个触摸点的 X 坐标（低 8 位）	0x8151	第一个触摸点的 X 坐标（高 8 位）
0x8152	第一个触摸点的 Y 坐标（低 8 位）	0x8153	第一个触摸点的 Y 坐标（高 8 位）
0x8154	第一个触摸点的尺寸（宽度）	0x8155	第一个触摸点的尺寸（高度）

表 2.5.3.2 触摸点信息寄存器描述

因为单个触摸点的信息的 8 个寄存器是连续的，并且 GT1151 支持寄存器地址自增，因此在编程时，可以以某个触摸点对应第二个寄存器的地址开始，连续读取 6 字节数据，便可得到该触摸点的坐标以及尺寸信息。

3，结构尺寸

ATK-MD0350 模块的尺寸结构，如下图所示：

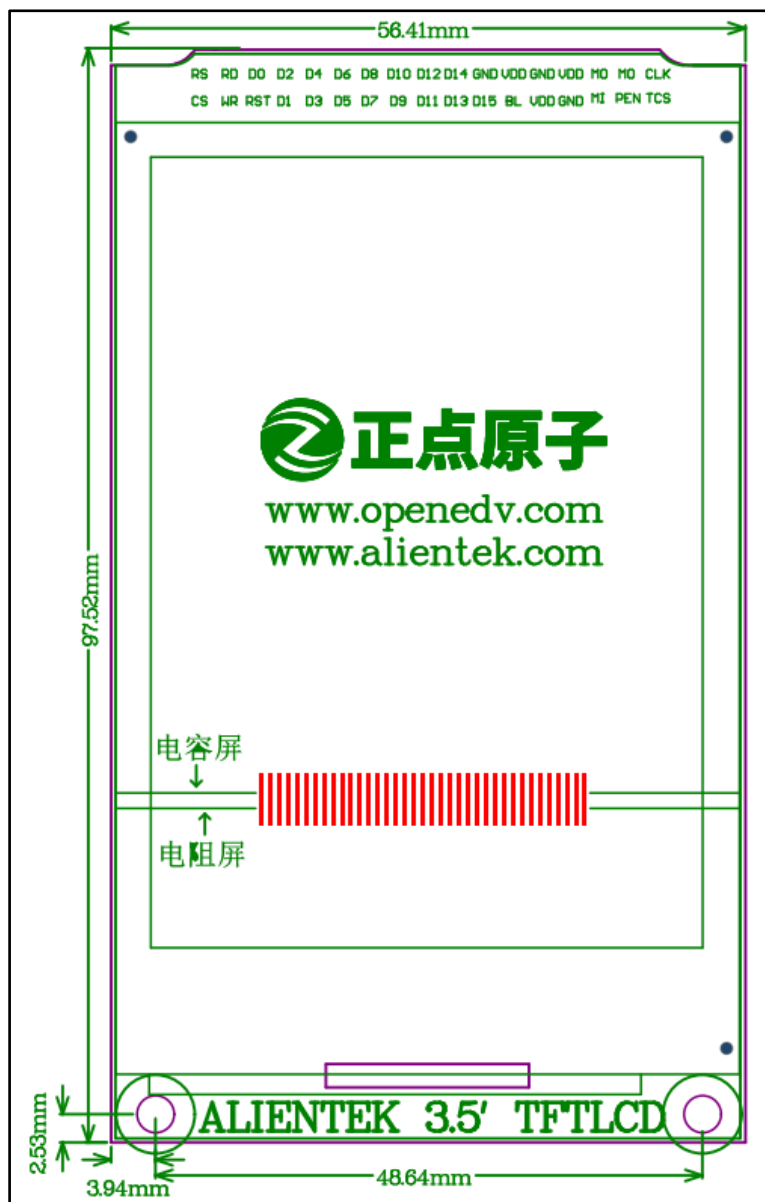


图 3.1 ATK-MD0350 模块尺寸图

4, 其他

1、购买地址:

天猫: <https://zhengdianyuanzi.tmall.com>

淘宝: <https://openedv.taobao.com>

2、资料下载

模块资料下载地址: <http://www.openedv.com/docs/modules/lcd/3.5-TFT LCD-320480.html>

3、技术支持

公司网址: www.alientek.com

技术论坛: <http://www.openedv.com/forum.php>

在线教学: www.yuanzige.com

B 站视频: <https://space.bilibili.com/394620890>

传真: 020-36773971

电话: 020-38271790

