

《媒体信息处理实践》

照相机实践

LCD

★ 什么LCD

LCD （ Liquid Crystal Display 的简称）液晶显示器。LCD 的构造是在两片平行的玻璃基板当中放置液晶盒，下基板玻璃上设置TFT（薄膜晶体管），上基板玻璃上设置彩色滤光片，通过TFT上的信号与电压改变来控制液晶分子的转动方向，从而达到控制每个像素点偏振光出射与否而达到显示目的。LCD已经替代CRT成为主流，价格也已经下降了很多，并已充分普及。

LCD_类型

★ LCD类型

按照背光源的不同，LCD可以分为CCFL显示器和LED显示器两种。

误区：许多用户认为液晶显示器可以分为LED和LCD，这种认识在某种程度上属于被广告误导了。

市面上所说的LED显示屏并不是真正意义上的LED显示屏，准确的说就是LED背光型液晶显示器，液晶面板依然是传统的LCD显示屏，从某种意义上来说，这多少含有欺诈的性质！韩国三星公司就曾被英国广告协会组织判为违反了该国的广告法，原因就在于其“LED TV”液晶电视有误导消费者之嫌。对于液晶显示器来说，最重要的关键是其液晶面板和背光类型，而市面上的显示器的液晶面板一般采用TFT面板，是一样的，LED和LCD的区别仅仅是它们的背光类型不一样：LED背光和CCFL背光（也就是荧光灯），分别是二极管和冷阴极灯管。

LCD 即 Liquid Crystal Display 的首字母缩写，意为“液态晶体显示器”，即液晶显示器。而 LED 显示器是指液晶显示器（LCD）中的一种，即以 LED（发光二极管）为背光源的液晶显示器（LCD）。可见，LCD 是包括 LED 的。与 LED 显示器相对应的实际上是 CCFL 显示器。

LCD_类型

★ CCFL

指用CCFL（冷阴极荧光灯管）作为背光光源的液晶显示器（LCD）。

CCFL 显示器的优势是色彩表现好，不足在于功耗较高。

★ LED

指用LED（发光二极管）作为背光光源的液晶显示器（LCD），通常意义上指 WLED（白光 LED）。

LED 显示器的优势是体积小、功耗低，因此用 LED 作为背光源，可以在兼顾轻薄的同时达到较高的亮度。其不足主要是色彩表现比 CCFL 显示器差，所以专业绘图 LCD 大都仍采用传统的 CCFL 作为背光光源。

LCD_技术参数

低成本：一般而言，降低成本已成为企业赖以生存的重要法则。纵观 TFT- LCD 的发展历程，不难发现，增大玻璃基板尺寸、减少掩模版数量、提升基台产能和产品良率以及就近采购原材料等方式，是众多 TFT- LCD 生产企业不断努力的方向。

玻璃基板是生产 TFT- LCD 的重要原材料，其成本约占 TFT- LCD 总成本的 15% ~18%，从第一代线（300mm ×400mm）发展到如今的第十代线（2,850mm ×3,050mm），才经历了短短的二十年时间。然而，由于 TFT- LCD 用玻璃基板对化学组成、性能以及生产工艺条件都要求极高，使得全球的 TFT- LCD 用玻璃基板生产技术和市场长期以来都一直被美国康宁、日本旭硝子和电气硝子等少数几家企业所垄断。在市场发展的强烈推动下，我国大陆于 2007 年也开始积极参与到 TFT- LCD 用玻璃基板的研发和生产行列中，在国内已建成多条五代及以上的 TFT- LCD 玻璃基板生产线，并计划于 2011 年下半年启动两条 8.5 代高世代液晶玻璃基板生产线项目。这为我国大陆 TFT- LCD 生产企业上游原材料本地化配套、大幅度降低制造成本提供了重要保障。

TFT 生产技术最为核心的部分是光刻工艺，它既是决定产品品质的重要环节，也是影响产品成本的关键部分。而在光刻工艺中，最受人们关注的就是掩模版，其质量在很大程度上决定了 TFT- LCD 的品质，而其使用数量的减少可有效削减设备投资、缩短生产周期。随着 TFT 结构的变化和生产工艺的改进，其制造过程中使用掩模版的数量也在相应地减少。由此可见，TFT 生产工艺从早期的 8 掩模版或 7 掩模版光刻工艺发展到普遍采用的 5 掩模版或 4 掩模版光刻工艺，大大地缩减了 TFT- LCD 生产周期和生产成本。4 掩模版光刻工艺已成为业界主流。为了不断降低生产成本，人们一直在努力探索如何进一步减少光刻工艺流程中掩模版的使用数量。近年来，一些韩国企业在 3 掩模版光刻工艺的开发上取得了突破性进展，并已宣告实现量产，但由于 3 掩模版工艺技术难度大、良品率也较低，还在进一步的发展和完善中。从长远的发展来看，如果 Inkjet（喷墨）打印技术取得突破，实现无掩模制造才是人们追求的终极目标。

LCD_技术参数

高解析度：

为实现大面积高解析度的液晶显示，通常需要采用低阻抗金属材料、高性能开关元件以及高精细加工技术等手段。在低阻抗金属制作 TFT 总线上，研究和使用的材料是铝。通过围绕解决铝易形成小丘、化学腐蚀以及氧化等问题，先后报道了合金法（如 Al-Cu、Al-Si、Al-Nd 以及 Al-Ti 等）和夹层法（如 Mo/Al/Mo、Cr/Al/Cr 以及 Ti/Al/Ti 等），合金法在工艺上相对比较简单，但材料的电阻率较高。1998 年 5 月，IBM 利用 Al-Nd 合金作为栅电极，开发出 16.3 英寸超高解析度（200ppi）a-Si TFT 显示器，并已实现批量生产。1999 年 4 月，东芝推出的 20.8 英寸 16-SVGA（3,200 × 2,400）a-Si TFT-LCD，可谓是代表了 a-Si TFT-LCD 在高解析度和高容量方面的最高水平。

根据 Display Search 在 2011 年第三季度全球平板显示器的研究调查报告 "Quarterly Worldwide Flat Panel Display Forecast Report" 中指出，在大尺寸液晶面板（>9.1 英寸）中平均每英寸像素（ppi）将从 2010 年的 88ppi，至 2015 年成长到 98ppi。而中小尺寸液晶面板（<9.0 英寸）的 ppi 在同期将从 180ppi 成长到 300ppi。随着智能手机的兴起，手机将会是 ppi 成长最明显的应用产品。

实现高解析度液晶显示的另一重要途径是开发 LT p-Si TFT 技术。已发表的 p-Si TFT-LCD 产品的解析度一般在 200ppi 左右。同 a-Si TFT-LCD 相比，LT p-Si TFT-LCD 具有较小体积的薄膜晶体管及储存电容器，因此，它每一英寸具有更大的穿透区，从而造就了更亮的显示画面，且更省电。当市场需求更高的 ppi 时，低温多晶硅（LTPS）技术就成为制造高分辨率薄膜晶体管液晶显示器的最佳选择。

LCD_技术参数

对比度：

LCD制造时选用的控制IC、滤光片和定向膜等配件，与面板的对比度有关，对一般用户而言，对比度能够达到350：1就足够了，但在专业领域这样的对比度并不能满足用户的需求。相对CRT显示器轻易达到500：1甚至更高的对比度而言，只有高档液晶显示器才能达到如此程度。市场上三星、华硕、LG等一线品牌如今的LCD显示器均可以达到1000：1对比度这一级别，但是由于对比度很难通过仪器准确测量，所以挑的时候还是要自己亲自去看才行。

提示：对比度很重要，可以说是选取液晶的一个比亮点更重要的指标，当你了解到你的客户买的液晶是用来娱乐看影碟，你们就可以强调对比度比无坏点更重要，我们在看流媒体时，一般片源亮度不大，但要看出人物场景的明暗对比，头发丝灰到黑的质感变化，就要靠对比度的高低来显现了，测试软件中的256级灰度测试中在平视时能看清楚更多的小灰格即是对比度好！

LCD_技术参数

亮度：

LCD是一种介于固态与液态之间的物质，本身是不能发光的，需要借助额外的光源才行。因此，灯管数目关系着液晶显示器亮度。最早的液晶显示器只有上下两个灯管，普及型的最低也是四灯，高端的是六灯。四灯管设计分为三种摆放形式：一种是四个边各有一个灯管，但缺点是中间会出现黑影，解决的方法就是由上到下四个灯管平排列的方式，最后一种是“U”型的摆放形式，其实是两灯变相产生的两根灯管。六灯管设计实际使用的是三根灯管，厂商将三根灯管都弯成“U”型，然后平行放置，以达到六根灯管的效果。

提示：亮度也是一个比较重要的指标，越亮的液晶给人很远一看，就从一排液晶墙中脱颖而出，我们在CRT中经常见到的高亮技术（优派叫高亮，飞利浦叫显亮，明基叫锐彩）都是通过加大阴罩管的电流，轰击荧光粉，产生更亮的效果，这样的技术，一般是以牺牲画质，和显示器的寿命来换取的，所有采用此类技术的产品在缺省状态下都是普亮的，总按个钮才能实行，按一下3X亮玩游戏；再按一变成5X亮看影碟，仔细一看都变糊了，要看文本还得老实的回到普通的文本模式，这样的设计其实就是让大家不要常用高亮。LCD显示亮度的原理和CRT不一样，他们是靠面板后面的背光灯管的亮度来实现的。所以灯管要设计的多，发光才会均匀。早期卖液晶时和别人说液晶是三根已是很牛的事了，但当时奇美CRV，就搞出了一个六灯管技术，其实也就是把三管弯成了”U”型，变成了所谓的六根；这样的六灯管设计，加上灯管发光本身就很强，面板就看到很亮，这样的代表作在优派中以VA712为代表；但所有高亮的面板都会有一个致命伤，屏会漏光，这个术语一般人很少提及，编者个人认为他很重要，漏光是指在全黑的屏幕下，液晶不是黑的，而是发白发灰。所以好的液晶不要一味的强调亮度，而是要多强调对比度，优派的VP和VG系列就是不讲亮度，讲对比度的产品！

LCD_技术参数

信号:

响应时间指的是液晶显示器对于输入信号的反应速度，也就是液晶由暗转亮或由亮转暗的反应时间(亮度从10%-->90% 或者90%-->10%的时间)，通常是以毫秒(ms)为单位。要说清这一点我们还要从人眼对动态图像的感知谈起。人眼存在“视觉残留”的现象，高速运动的画面在人脑中会形成短暂的印象。动画片、电影等一直到最新的游戏正是应用了视觉残留的原理，让一系列渐变的图像在人眼前快速连续显示，便形成动态的影像。人能够接受的画面显示速度一般为每秒24张，这也是电影每秒24帧播放速度的由来，如果显示速度低于这一标准，人就会明显感到画面的停顿和不适。按照这一指标计算，每张画面显示的时间需要小于40ms。这样，对于液晶显示器来说，响应时间40ms就成了一道坎，高于40ms的显示器便会出现明显的画面闪烁现象，让人感觉眼花。要是想让图像画面达到不闪的程度，则就最好要达到每秒60帧的速度。

LCD_技术参数

可视角度：

LCD的可视角度是一个让人头疼的问题，当背光源通过偏极片、液晶和取向层之后，输出的光线便具有了方向性。也就是说大多数光都是从屏幕中垂直射出来的，所以从某一个较大的角度观看液晶显示器时，便不能看到原本的颜色，甚至只能看到全白或全黑。为了解决这个问题，制造厂商们也着手开发广角技术，有三种比较流行的技术，分别是：TN+FILM、IPS(IN-PLANE -SWITCHING)和MVA(MULTI-DOMAIN VERTICAL alignment)。

TN+FILM这项技术就是在原有的基础上，增加一层广视角补偿膜。这层补偿膜可以将可视角度增加到150度左右，是一种简单易行的方法，在液晶显示器中大量的应用。不过这种技术并不能改善对比度和响应时间等性能，也许对厂商而言，TN+FILM并不是最佳的解决方案，但它的确是最廉价的解决方法，所以大多数台湾厂商都用这种方法打造15寸液晶显示器。

IPS(IN-PLANE -SWITCHING，板内切换)技术，号称可以让上下左右可视角度达到更大的170度。IPS技术虽然增大了可视角度，但采用两个电极驱动液晶分子，需要消耗更大的电量，这会让液晶显示器的功耗增大。此外致命的是，这种方式驱动液晶分子的响应时间会比较慢。

LCD_技术参数

可视角度：

MVA (MULTI-DOMAIN VERTICAL alignment, 多区域垂直排列) 技术, 原理是增加突出物来形成多个可视区域。液晶分子在静态的时候并不是完全垂直排列, 在施加电压后液晶分子成水平排列, 这样光便可以通过各层。MVA技术将可视角度提高到160度以上, 并且提供比IPS和TN+FILM更短的响应时间。这项技术是富士通公司开发的, 台湾奇美 (在大陆奇丽是奇美的子公司) 和台湾友达获得授权使用此技术。优派的VX2025WM即是此类面板的代表作, 水平, 垂直可视角度均为175度, 基本无视觉死角, 并且还承诺无亮点; 可视角度分为平行和垂直可视角度, 水平角度是以液晶的垂直中轴线为中心, 向左和向右移动, 可以清楚看到影像的角度范围。垂直角度是以显示屏的平行中轴线为中心, 向上和向下移动, 可以清楚看到影像的角度范围。可视角度以“度”为单位, 比较常用的标注形式是直接标出总水平、垂直范围, 如: 150/120度, 最低的可视角度为120/100度 (水平/垂直), 低于这个值则不能接受, 最好能达到150/120度以上。

国内电脑市场各种品牌的纯平显示器之间强烈的竞争, 各个商家都想在纯平这块大蛋糕上分得最大的份额。而当人们像当初搬15英寸显示器一样把纯平买回家后。我们不仅要问: 下一代显示器的热点是什么呢? 矛头直指液晶显示器。液晶显示器具有图像清晰精确、平面显示、厚度薄、重量轻、无辐射、低能耗、工作电压低等优点。

LCD_工作原理

我们很早就知道物质有固态、液态、气态三种型态。液体分子质心的排列虽然不具有任何规律性，但是如果这些分子是长形的(或扁形的)，它们的分子指向就可能具有规律性。于是我们就可将液态又细分为许多型态。分子方向没有规律性的液体我们直接称为液体，而分子具有方向性的液体则称之为“液态晶体”，又简称“液晶”。液晶产品其实对我们来说并不陌生，我们常见到的手机、计算器都是属于液晶产品。液晶是在1888年，由奥地利植物学家莱尼茨尔(Reinitzer)发现的，是一种介于固体与液体之间，具有规则性分子排列的有机化合物。一般最常用的液晶型态为向列型液晶，分子形状为细长棒形，长宽约1nm~10nm，在不同电流电场作用下，液晶分子会做规则旋转90度排列，产生透光度的差别，如此在电源ON/OFF下产生明暗的区别，依此原理控制每个像素，便可构成所需图像。

液晶显示的原理是液晶在不同电压的作用下会呈现不同的光特性。液晶在物理上分成两大类，一类是无源Passive的(也称被动式)，这类液晶本身不发光，需要外部提供光源，根据光源位置，又可以分为反射式和透射式两种。Passive液晶显示的成本较低，但是亮度和对比度不大，而且有效视角较小，彩色无源液晶显示的色饱和度较小，因而颜色不够鲜艳。另一类是有电源的，主要是TFT (Thin Film Transistor)。每个液晶实际上就是一个可以发光的晶体管，所以严格地说不是液晶。液晶显示屏就是由许多液晶排成阵列而构成的，在单色液晶显示屏中，一个液晶就是一个像素，而在彩色液晶显示屏中则每个像素由红绿蓝三个液晶共同构成。同时可以认为每个液晶背后都有个8位的寄存器，寄存器的值决定着三个液晶单元各自的亮度，不过寄存器的值并不直接驱动三个液晶单元的亮度，而是通过一个“调色板”来访问。为每个像素都配备一个物理的寄存器是不现实的，实际上只配备一行的寄存器，这些寄存器轮流连接到每一行像素并装入该行内容，将所有像素行都驱动一遍就显示一个完整的画面(Frame)。

LCD_工作原理

液晶从形状和外观看上去都是一种液体，但它的水晶式分子结构又表现出固体的形态。像磁场中的金属一样，当受到外界电场影响时，其分子会产生精确的有序排列；如对分子的排列加以适当的控制，液晶分子将会允许光线穿透；光线穿透液晶的路径可由构成它的分子排列来决定，这又是固体的一种特征。液晶是一种有机复合物，由长棒状的分子构成。在自然状态下，这些棒状分子的长轴大致平行。液晶屏（Liquid Crystal Display，以下简称LCD）第一个特点是必须将液晶灌入两个列有细槽的平面之间才能正常工作。这两个平面上的槽互相垂直（90度相交），也就是说，若一个平面上的分子南北向排列，则另一平面上的分子东西向排列，而位于两个平面之间的分子被强迫进入一种90度扭转的状态。由于光线顺着分子的排列方向传播，所以光线经过液晶时也被扭转90度。但当液晶上加一个电压时，分子便会重新垂直排列，使光线能直射出去，而不发生任何扭转。LCD的第二个特点是它依赖极化滤光片和光线本身，自然光线是朝四面八方随机发散的，极化滤光片实际是一系列越来越细的平行线。这些线形成一张网，阻断不与这些线平行的所有光线，极化滤光片的线正好与第一个垂直，所以能完全阻断那些已经极化的光线。只有两个滤光片的线完全平行，或者光线本身已扭转转到与第二个极化滤光片相匹配，光线才得以穿透。LCD正是由这样两个相互垂直的极化滤光片构成，所以在正常情况下应该阻断所有试图穿透的光线。但是，由于两个滤光片之间充满了扭曲液晶，所以在光线穿出第一个滤光片后，会被液晶分子扭转90度，最后从第二个滤光片中穿出。另一方面，若为液晶加一个电压，分子又会重新排列并完全平行，使光线不再扭转，所以正好被第二个滤光片挡住。以Synaptics TDDI技术为例，是将触摸控制器和显示驱动器整合到了单一芯片中，这减少了组件数量，简化了设计。ClearPad 4291支持混合多点内嵌式设计，因利用了液晶显示器（LCD）中的已有层，因而无需分立式触控传感器。ClearPad 4191又前进了一步，利用了LCD中已有的电极，因此实现了更加简洁的系统架构。这两款解决方案都使触控屏更薄、显示器更明亮，有助于改进智能手机和平板电脑设计的整体美学效果。对于反射式的TN（扭转向列型 Twisted Nematic）液晶显示器其构造由如下几层组成：极化滤光片、玻璃、相互绝缘又透明的纵横两组电极、液晶体、电极、玻璃、极化滤光片、反射片。

LCD_工作原理

被动矩阵式：

TN-LCD、STN-LCD和DSTN-LCD之间的显示原理基本相同，不同之处是液晶分子的扭曲角度有些差别。下面以典型的TN-LCD为例，向大家介绍其结构及工作原理。

在厚度不到1厘米的TN-LCD液晶显示屏面板中，通常是由两片大玻璃基板，内夹着彩色滤光片、配向膜等制成的夹板，外面再包裹着两片偏光板，它们可决定光通量的最大值与颜色的产生。彩色滤光片是由红、绿、蓝三种颜色构成的滤片，有规律地制作在一块大玻璃基板上。每一个像素是由三种颜色的单元(或称为子像素)所组成。假如有一块面板的分辨率为 1280×1024 ，则它实际拥有 3840×1024 个晶体管及子像素。每个子像素的左上角(灰色矩形)为不透光的薄膜晶体管，彩色滤光片能产生RGB三原色。每个夹层都包含电极和配向膜上形成的沟槽，上下夹层中填充了多层液晶分子(液晶空间不到 $5 \times 10^{-6}\text{m}$)。在同一层内，液晶分子的位置虽不规则，但长轴取向都是平行于偏光板的。另一方面，在不同层之间，液晶分子的长轴沿偏光板平行平面连续扭转90度。其中，邻接偏光板的两层液晶分子长轴的取向，与所邻接的偏光板的偏振光方向一致。在接近上部夹层的液晶分子按照上部沟槽的方向来排列，而下部夹层的液晶分子按照下部沟槽的方向排列。最后再封装成一个液晶盒，并与驱动IC、控制IC与印刷电路板相连接。

LCD_工作原理

被动矩阵式：

在正常情况下光线从上向下照射时，通常只有一个角度的光线能够穿透下来，通过上偏光板导入上部夹层的沟槽中，再通过液晶分子扭转排列的通路从下偏光板穿出，形成一个完整的光线穿透途径。而液晶显示器的夹层贴附了两块偏光板，这两块偏光板的排列和透光角度与上下夹层的沟槽排列相同。当液晶层施加某一电压时，由于受到外界电压的影响，液晶会改变它的初始状态，不再按照正常的方式排列，而变成竖立的状态。因此经过液晶的光会被第二层偏光板吸收而整个结构呈现不透光的状态，结果在显示屏上出现黑色。当液晶层不施任何电压时，液晶是在它的初始状态，会把入射光的方向扭转90度，因此让背光源的入射光能够通过整个结构，结果在显示屏上出现白色。为了达到在面板上的每一个独立像素都能产生你想要的色彩，多个冷阴极灯管必须被使用来当作显示器的背光源。

LCD_工作原理

主动矩阵式：

TFT-LCD液晶显示器的结构与TN-LCD液晶显示器基本相同，只不过将TN-LCD上夹层的电极改为FET晶体管，而下夹层改为共用电极。

TFT-LCD液晶显示器的工作原理与TN-LCD却有许多不同之处。TFT-LCD液晶显示器的显像原理是采用“背透式”照射方式。当光源照射时，先通过下偏光板向上透出，借助液晶分子来传导光线。由于上下夹层的电极改成FET电极和共用电极，在FET电极导通时，液晶分子的排列状态同样会发生改变，也通过遮光和透光来达到显示的目的。但不同的是，由于FET晶体管具有电容效应，能够保持电位状态，先前透光的液晶分子会一直保持这种状态，直到FET电极下一次再加电改变其排列方式为止。

LCD_特点

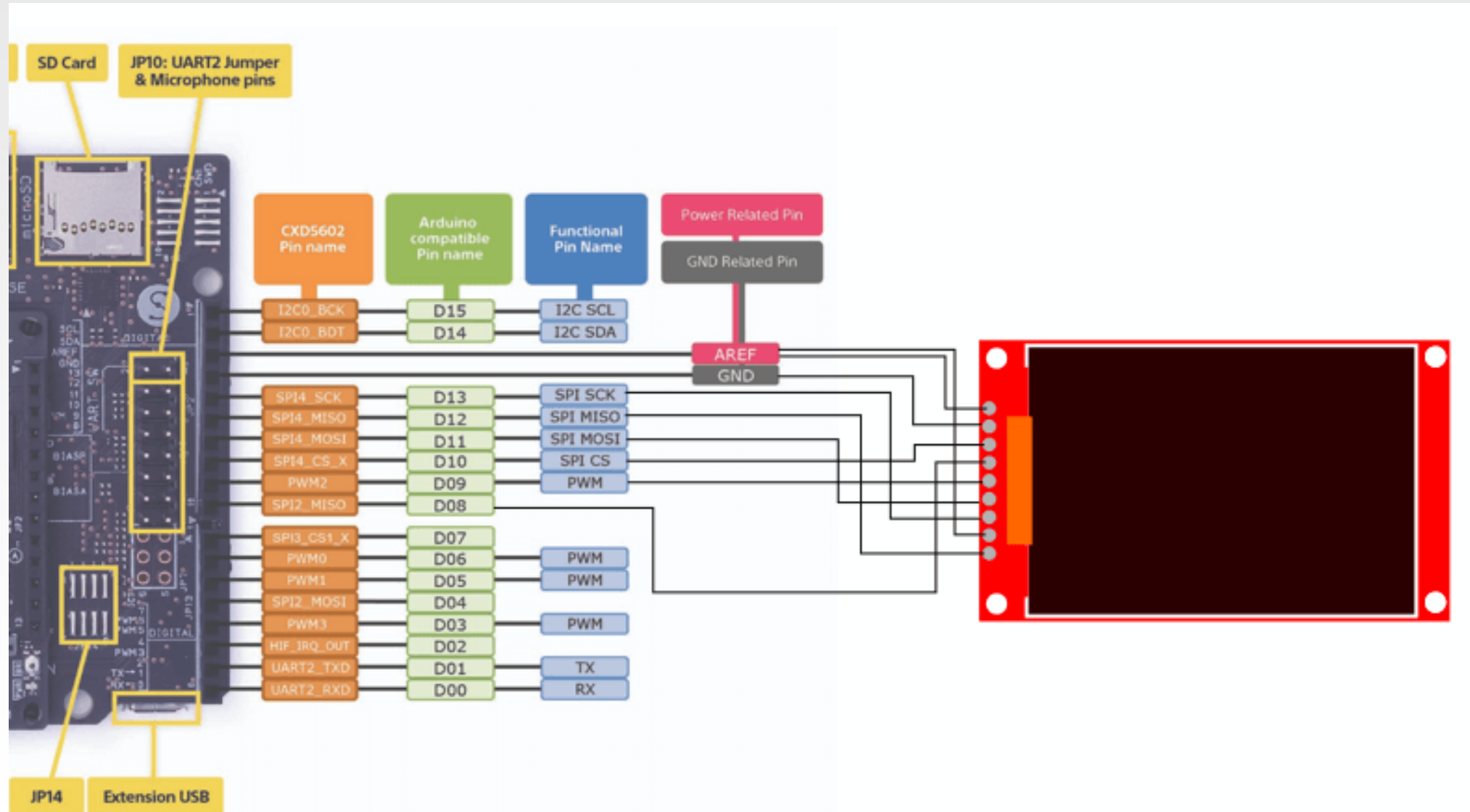
- (1) 低压低功耗
- (2) 外观小巧精致，厚度只有6.5~8mm
- (3) 被动显示型(无眩光，不刺激人眼，不会引起眼睛疲劳)
- (4) 显示信息量大(因为像素可以做得很小)
- (5) 易于彩色化(在色谱上可以非常准确的复现)
- (6) 无电磁辐射(对人体安全，利于信息保密)
- (7) 长寿命(这种器件几乎没有什么劣化问题，因此寿命极长，但是液晶背光寿命有限，不过背光部分可以更换)

LCD_优点

- (1) 由于CRT显示器是靠偏转线圈产生的电磁场来控制电子束的，而由于电子束在屏幕上又不可能绝对定位，所以CRT显示器往往会存在不同程度的几何失真，线性失真情况。而LCD由于其原理问题不会出现任何的几何失真，线性失真，这也是一大优点。
- (2) 与传统CRT相比液晶在环保方面也表现的不错，这是因为LCD内部不存在象CRT那样的高压元器件，所以其不至于出现由于高压导致的x射线超标的情况，所以其辐射指标普遍比CRT要低一些。
- (3) LCD与传统CRT相比最大的优点还是在于耗电量和体积，对于传统17寸CRT来讲，其功耗几乎都在80W以上，而17寸液晶的功耗大多数都在40W上下，这样算下来，液晶在节能方面可谓优势明显。

LCD_连接

LCD 和扩展板连接：下面是与ILI9341 2.2英寸LCD模块的连接示例。



LCD_连接

ILI9341	CXD5602 pin name	Arduino compatible pin name
VCC	3. 3V	3. 3V / IOREF / AREF
GND	GND	GND
CS	SPI4_CS_X	D10
RESET	GPIO	D8
DC/RS	GPIO	D9
SDI/MOSI	SPI4_MOSI	D11
SCK	SPI4_SCK	D13
LED	3. 3V	3. 3V / IOREF / AREF
SDO/MISO	SPI4_MISO	D12

在扩展板的JP1跳线上将I/O端子参考电压设置为3. 3V。

为ILI9341的 VCC 端子提供3. 3V。 连接到Spresense的 3. 3V、IOREF或AREF。此示例始终为ILI9341的 LED 端子提供3. 3V。

与ILI9341通信使用SPI（SPI4）。

RESET 和 DC/RS 引脚使用D8、D9作为GPIO。

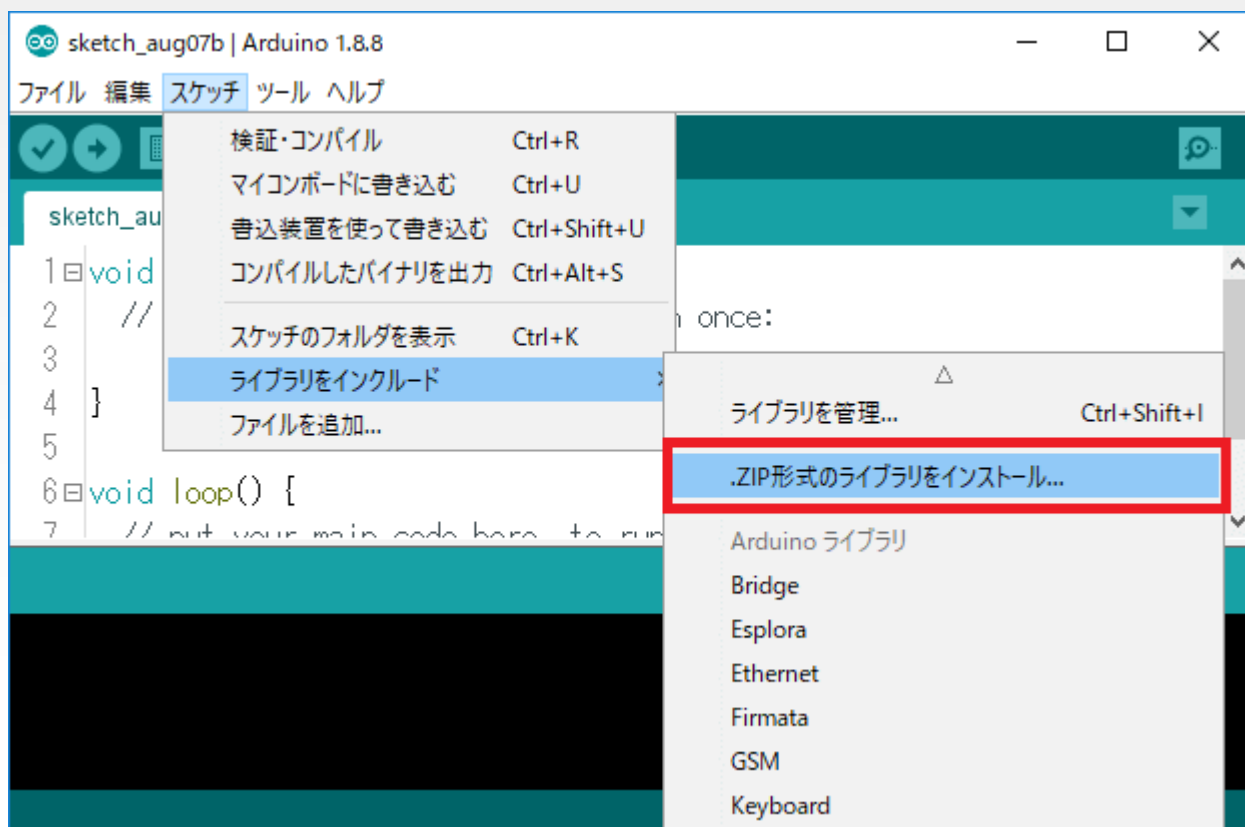
LCD_安装 Adafruit ILI9341 库

1. 下载下面两个库的zip文件。

Adafruit-GFX-Library

Adafruit_ILI9341

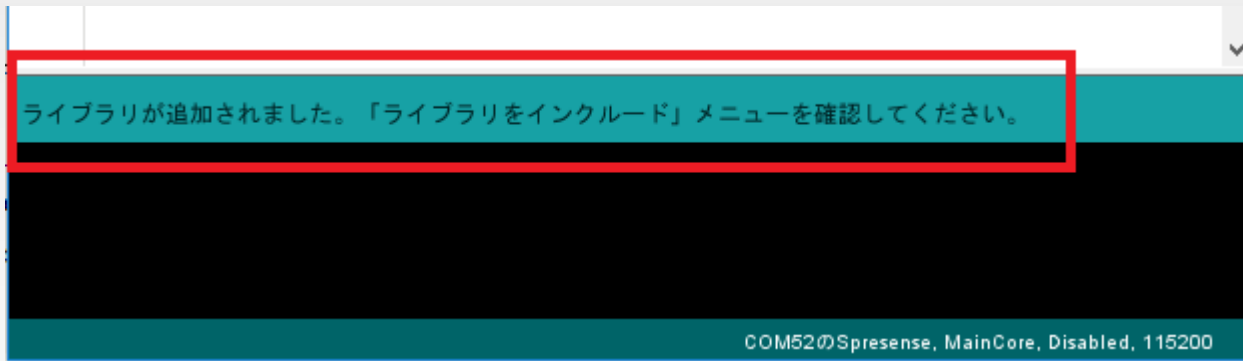
2. 选择Arduino IDE中 Sketch → Include Library → Add .ZIP Library 菜单。



LCD_安装 Adafruit ILI9341 库

3. 使用下载的 zip 文件进行安装。

4. 如果安装成功，将显示以下消息：（请分别安装 Adafruit-GFX-库和 Adafruit_ILI9341）



RGB565

RGB565

RGB565彩色模式，一个像素占两个字节。

其中：

低字节的前5位用来表示B (BLUE)

低字节的后三位+高字节的前三位用来表示G (Green)

高字节的后5位用来表示R (RED)

RGB565是这样算出来的：

10位 RGB 转2进制。R取5位，G取6位，B取5位。

然后结合起来转成16进制即可。

例如：rgb (105, 105, 105) 转成 2 进制：为 01101001 ,
01101001 , 01101001 （高位补一位0）取前 5, 6, 5 位：
01101, 011010, 01101结合起来转成16进制：6b4d

#define	BLACK	0x0000	//	黑色
#define	NAVY	0x000F	//	深蓝色
#define	DGREEN	0x03E0	//	深绿色
#define	DCYAN	0x03EF	//	深青色
#define	MAROON	0x7800	//	深红色
#define	PURPLE	0x780F	//	紫色
#define	OLIVE	0x7BE0	//	橄榄绿
#define	LGRAY	0xC618	//	灰白色
#define	DGRAY	0x7BEF	//	深灰色
#define	BLUE	0x001F	//	蓝色
#define	GREEN	0x07E0	//	绿色
#define	CYAN	0x07FF	//	青色
#define	RED	0xF800	//	红色
#define	MAGENTA	0xF81F	//	品红
#define	YELLOW	0xFFE0	//	黄色
#define	WHITE	0xFFFF	//	白色

LCD拓展

★ LCD初始化？

```
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_ILI9341.h>
#include <math.h>
#define TFT_CS -1
#define TFT_RST 8
#define TFT_DC 9

Adafruit_ILI9341 tft = Adafruit_ILI9341(&SPI, TFT_DC, TFT_CS, TFT_RST);

void setup() {
    Serial.begin(115200);
    tft.begin(40000000);
    tft.setRotation(3);
}
```

LCD拓展

★ LCD填充颜色（Adafruit_ILI9341 tft提供的函数）

```
fillScreen(uint16_t color),
```

->屏幕填充色

LCD拓展

★ LCD描画线

```
drawFastVLine(int16_t x, int16_t y, int16_t h, uint16_t color)
```

->快速画垂直线

```
drawFastHLine(int16_t x, int16_t y, int16_t w, uint16_t color),
```

->快速水平线

```
drawLine(int16_t x0, int16_t y0, int16_t x1, int16_t y1, uint16_t color),
```

->两点画线

LCD拓展

★ LCD描画矩形

```
drawRect(int16_t x, int16_t y, int16_t w, int16_t h, uint16_t color);
```

->画矩形框

```
drawRoundRect(int16_t x0, int16_t y0, int16_t w, int16_t h, int16_t radius, uint16_t color),
```

->画圆角矩形框

```
fillRect(int16_t x, int16_t y, int16_t w, int16_t h, uint16_t color),
```

->画填充矩形

```
fillRoundRect(int16_t x0, int16_t y0, int16_t w, int16_t h, int16_t radius, uint16_t color),
```

->画填充圆角

LCD拓展

★ LCD描画圆形

```
drawCircle(int16_t x0, int16_t y0, int16_t r, uint16_t color),
```

->画圆圈

```
fillCircle(int16_t x0, int16_t y0, int16_t r, uint16_t color),
```

->画填充圆圈

```
drawCircleHelper(int16_t x0, int16_t y0, int16_t r, uint8_t cornername, uint16_t color),
```

->画缺角圆圈

```
fillCircleHelper(int16_t x0, int16_t y0, int16_t r, uint8_t cornername, int16_t delta, uint16_t color),
```

->画填充残圆

LCD拓展

★ LCD描画三角

```
drawTriangle(int16_t x0, int16_t y0, int16_t x1, int16_t y1, int16_t x2, int16_t y2, uint16_t color),
```

->画三角

```
fillTriangle(int16_t x0, int16_t y0, int16_t x1, int16_t y1, int16_t x2, int16_t y2, uint16_t color)
```

->画填充三角

LCD拓展

★ LCD描画字母

```
drawChar(int16_t x, int16_t y, unsigned char c, uint16_t color, uint16_t bg, uint8_t size),
```

->画字母

LCD拓展

★ LCD Write

```
void startWrite(void);  
void writePixel(int16_t x, int16_t y, uint16_t color);  
void writeFillRect(int16_t x, int16_t y, int16_t w, int16_t h, uint16_t color);  
void writeFastVLine(int16_t x, int16_t y, int16_t h, uint16_t color);  
void writeFastHLine(int16_t x, int16_t y, int16_t w, uint16_t color);  
void writeLine(int16_t x0, int16_t y0, int16_t x1, int16_t y1, uint16_t color);  
void endWrite(void);
```

LCD拓展

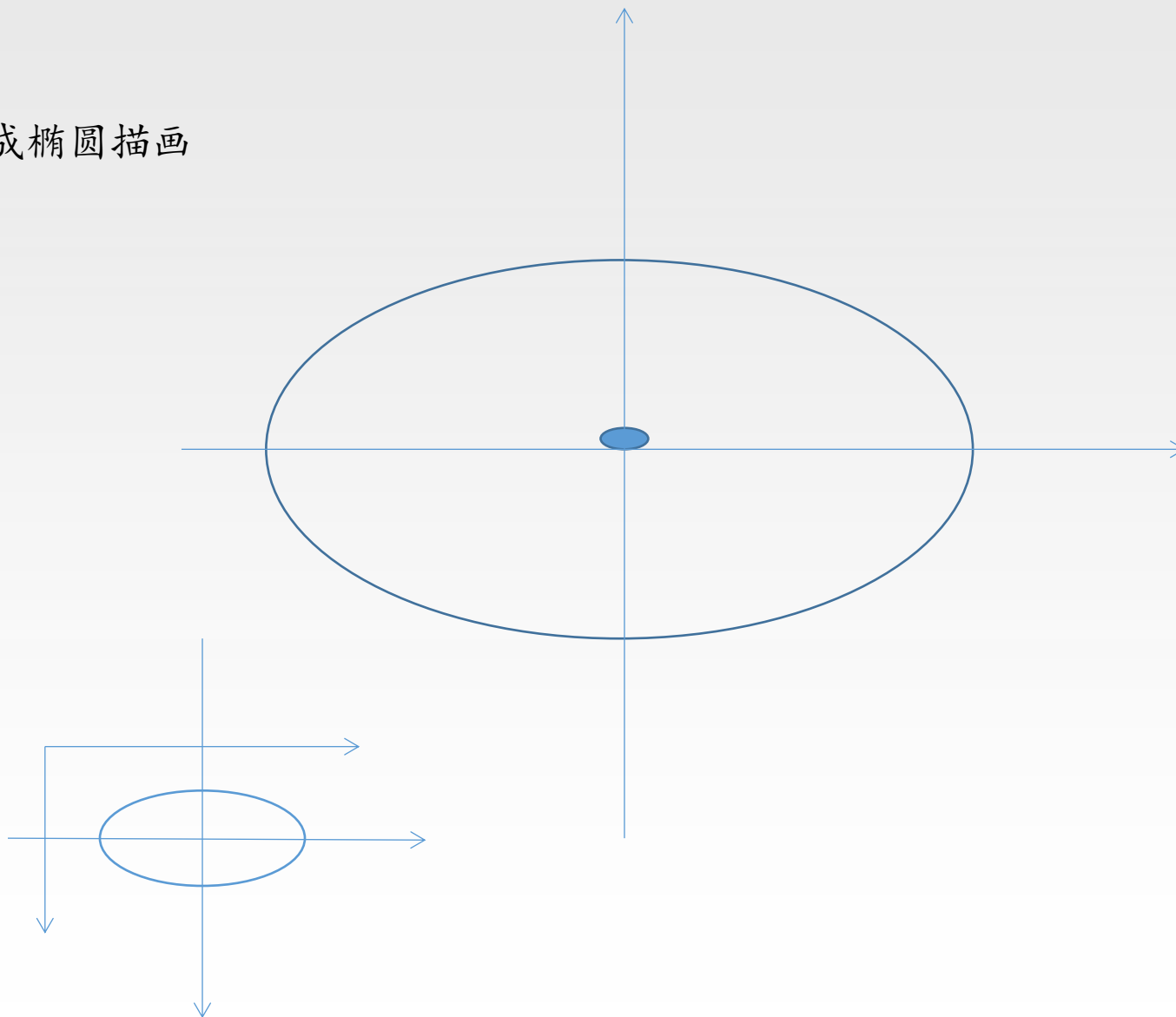
★ LCD描画椭圆？

根据椭圆公式完成椭圆描画

设椭圆 $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$

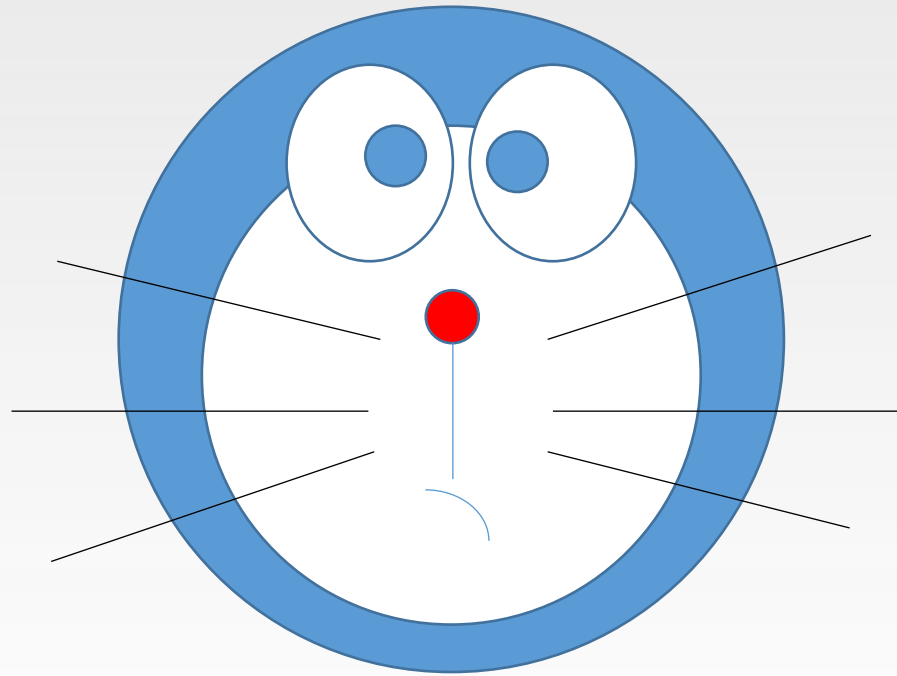
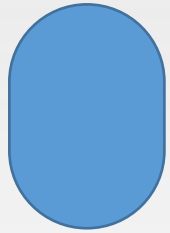
取第一象限内面积有 $y^2 = b^2 - \frac{b^2}{a^2}x^2$

即 $y = \sqrt{b^2 - \frac{b^2}{a^2}x^2} = \frac{b}{a}\sqrt{a^2 - x^2}$



LCD拓展

★ 实践画点什么？



LCD_操作顺序

1. 选择Arduino IDE上 Files → Examples → Examples for Spresense Camera → camera 菜单。

2. 当编辑示例之后，选择 File → Save AS 来保存示例文件。

3. 将以下代码添加到草图

a. 将Adafruit_ILI9341对象的定义添加到示例的开头。

```
#include <SPI.h> #include <Adafruit_GFX.h>
```

```
#include <Adafruit_ILI9341.h>
```

```
#define TFT_CS -1
```

```
#define TFT_RST 8
```

```
#define TFT_DC 9
```

```
Adafruit_ILI9341 tft = Adafruit_ILI9341(&SPI, TFT_DC, TFT_CS, TFT_RST);
```

b.setup()函数中初始化tft。

```
void setup(void) {
```

```
:
```

```
tft.begin(40000000);
```

```
tft.setRotation(3);
```

```
:
```

LCD_操作顺序

c. 通过CamCB()函数，在LCD上绘制预览图片。

```
void CamCB(CamImage img)
{

    /* Check the img instance is available or not. */

    if (img.isAvailable())
    {
        /* If you want RGB565 data, convert image data format to RGB565 */

        img.convertPixelFormat(CAM_IMAGE_PIX_FMT_RGB565);

        tft.drawRGBBitmap(0, 0, (uint16_t *)img.getImgBuff(), 320, 240);
    }
}
```