# 一文读懂 YUV 的采样与格式

[](https://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MzI3NzYwNTg2Nw==&mid=2247488115&idx=1&sn=24377f9b41f377efb9323d416299b699&chksm=eb62eef7dc1567e1206fca5cafd91ea53f5fb10117f2d56d1683b94d51248e3223a63e5cdc71&scene=126&sessionid=1740980454&subscene=7&clicktime=1740987846&enterid=1740987846&key=daf9bdc5abc4e8d0e73a68aa49ec79dbc2bac10b86677e6e445da2767d8262b20421a090e7189d4d4349928cea40dbdeab506edff11ad5c7d77e9bee134426ec3a5f8349d5d2fe8ad1b047e0d0c9f76c1cd0ee222f824ff67f45c228f95a8efd3dafd37d5390525217033b945e5cda1f0e380c37429923c7975f018d34733496&ascene=0&uin=MTUyOTQ3MTAxMA==&devicetype=Windows+11+x64&version=63090c2d&lang=zh_CN&exportkey=n_ChQIAhIQW8IVTSfy9gkceZxmge3ReBLmAQIE97dBBAEAAAAAAFktOrMDS0gAAAAOpnltbLcz9gKNyK89dVj0yNMGHWEDDXhlQrkrUTdt07EsMKFOtpb/pfH2YL+7G+OFZury3/Hx+YMZClsm0mIb8izNmtbXrCt9q4CDgiRQxiPXXngnYxqRx6hcnXLSnEMoXpwADXkXNp2O+9B3CpUvPDJHCu0NgFQgprNjJY6fBUuvROEqYr+O3281sc0Is2jqg5Y0TvHY0D+ZVJcOzXNSDhfFhbCUFOsaMmMnX8CiBaNGmlQGyMaIeBkmxN/VnyPI19CqPLLMGzc4P0kDAXzi&acctmode=0&pass_ticket=EMKWoilunITZInlxndDdudS3tOvFah1xxNslhWHFJacTmB+dn0rYrXTbycSFIJoZ&wx_header=1&fasttmpl_type=0&fasttmpl_fullversion=7622559-zh_CN-zip&fasttmpl_flag=1)

**[音视频开发进阶](https://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MzI3NzYwNTg2Nw==&mid=2247488115&idx=1&sn=24377f9b41f377efb9323d416299b699&chksm=eb62eef7dc1567e1206fca5cafd91ea53f5fb10117f2d56d1683b94d51248e3223a63e5cdc71&scene=126&sessionid=1740980454&subscene=7&clicktime=1740987846&enterid=1740987846&key=daf9bdc5abc4e8d0e73a68aa49ec79dbc2bac10b86677e6e445da2767d8262b20421a090e7189d4d4349928cea40dbdeab506edff11ad5c7d77e9bee134426ec3a5f8349d5d2fe8ad1b047e0d0c9f76c1cd0ee222f824ff67f45c228f95a8efd3dafd37d5390525217033b945e5cda1f0e380c37429923c7975f018d34733496&ascene=0&uin=MTUyOTQ3MTAxMA==&devicetype=Windows+11+x64&version=63090c2d&lang=zh_CN&exportkey=n_ChQIAhIQW8IVTSfy9gkceZxmge3ReBLmAQIE97dBBAEAAAAAAFktOrMDS0gAAAAOpnltbLcz9gKNyK89dVj0yNMGHWEDDXhlQrkrUTdt07EsMKFOtpb/pfH2YL+7G+OFZury3/Hx+YMZClsm0mIb8izNmtbXrCt9q4CDgiRQxiPXXngnYxqRx6hcnXLSnEMoXpwADXkXNp2O+9B3CpUvPDJHCu0NgFQgprNjJY6fBUuvROEqYr+O3281sc0Is2jqg5Y0TvHY0D+ZVJcOzXNSDhfFhbCUFOsaMmMnX8CiBaNGmlQGyMaIeBkmxN/VnyPI19CqPLLMGzc4P0kDAXzi&acctmode=0&pass_ticket=EMKWoilunITZInlxndDdudS3tOvFah1xxNslhWHFJacTmB+dn0rYrXTbycSFIJoZ&wx_header=1&fasttmpl_type=0&fasttmpl_fullversion=7622559-zh_CN-zip&fasttmpl_flag=1)**[.](https://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MzI3NzYwNTg2Nw==&mid=2247488115&idx=1&sn=24377f9b41f377efb9323d416299b699&chksm=eb62eef7dc1567e1206fca5cafd91ea53f5fb10117f2d56d1683b94d51248e3223a63e5cdc71&scene=126&sessionid=1740980454&subscene=7&clicktime=1740987846&enterid=1740987846&key=daf9bdc5abc4e8d0e73a68aa49ec79dbc2bac10b86677e6e445da2767d8262b20421a090e7189d4d4349928cea40dbdeab506edff11ad5c7d77e9bee134426ec3a5f8349d5d2fe8ad1b047e0d0c9f76c1cd0ee222f824ff67f45c228f95a8efd3dafd37d5390525217033b945e5cda1f0e380c37429923c7975f018d34733496&ascene=0&uin=MTUyOTQ3MTAxMA==&devicetype=Windows+11+x64&version=63090c2d&lang=zh_CN&exportkey=n_ChQIAhIQW8IVTSfy9gkceZxmge3ReBLmAQIE97dBBAEAAAAAAFktOrMDS0gAAAAOpnltbLcz9gKNyK89dVj0yNMGHWEDDXhlQrkrUTdt07EsMKFOtpb/pfH2YL+7G+OFZury3/Hx+YMZClsm0mIb8izNmtbXrCt9q4CDgiRQxiPXXngnYxqRx6hcnXLSnEMoXpwADXkXNp2O+9B3CpUvPDJHCu0NgFQgprNjJY6fBUuvROEqYr+O3281sc0Is2jqg5Y0TvHY0D+ZVJcOzXNSDhfFhbCUFOsaMmMnX8CiBaNGmlQGyMaIeBkmxN/VnyPI19CqPLLMGzc4P0kDAXzi&acctmode=0&pass_ticket=EMKWoilunITZInlxndDdudS3tOvFah1xxNslhWHFJacTmB+dn0rYrXTbycSFIJoZ&wx_header=1&fasttmpl_type=0&fasttmpl_fullversion=7622559-zh_CN-zip&fasttmpl_flag=1)

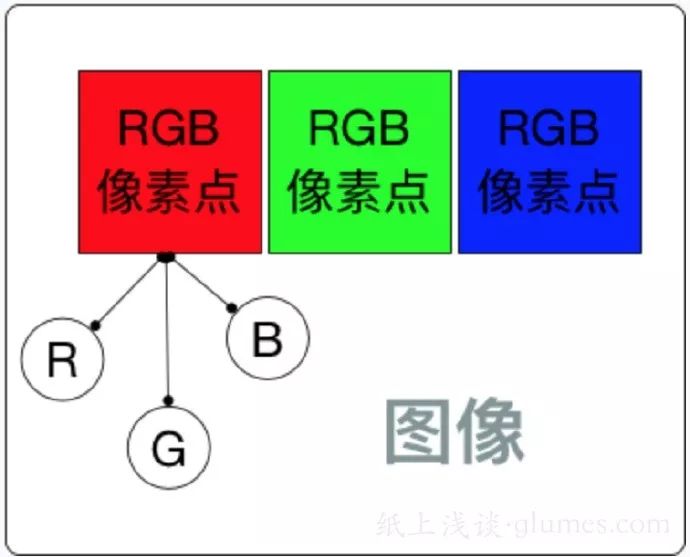
[多媒体开发工程师，分享客户端开发、图形图像渲染、音视频等相关内容，与你一同技术成长进阶~~~](https://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MzI3NzYwNTg2Nw==&mid=2247488115&idx=1&sn=24377f9b41f377efb9323d416299b699&chksm=eb62eef7dc1567e1206fca5cafd91ea53f5fb10117f2d56d1683b94d51248e3223a63e5cdc71&scene=126&sessionid=1740980454&subscene=7&clicktime=1740987846&enterid=1740987846&key=daf9bdc5abc4e8d0e73a68aa49ec79dbc2bac10b86677e6e445da2767d8262b20421a090e7189d4d4349928cea40dbdeab506edff11ad5c7d77e9bee134426ec3a5f8349d5d2fe8ad1b047e0d0c9f76c1cd0ee222f824ff67f45c228f95a8efd3dafd37d5390525217033b945e5cda1f0e380c37429923c7975f018d34733496&ascene=0&uin=MTUyOTQ3MTAxMA==&devicetype=Windows+11+x64&version=63090c2d&lang=zh_CN&exportkey=n_ChQIAhIQW8IVTSfy9gkceZxmge3ReBLmAQIE97dBBAEAAAAAAFktOrMDS0gAAAAOpnltbLcz9gKNyK89dVj0yNMGHWEDDXhlQrkrUTdt07EsMKFOtpb/pfH2YL+7G+OFZury3/Hx+YMZClsm0mIb8izNmtbXrCt9q4CDgiRQxiPXXngnYxqRx6hcnXLSnEMoXpwADXkXNp2O+9B3CpUvPDJHCu0NgFQgprNjJY6fBUuvROEqYr+O3281sc0Is2jqg5Y0TvHY0D+ZVJcOzXNSDhfFhbCUFOsaMmMnX8CiBaNGmlQGyMaIeBkmxN/VnyPI19CqPLLMGzc4P0kDAXzi&acctmode=0&pass_ticket=EMKWoilunITZInlxndDdudS3tOvFah1xxNslhWHFJacTmB+dn0rYrXTbycSFIJoZ&wx_header=1&fasttmpl_type=0&fasttmpl_fullversion=7622559-zh_CN-zip&fasttmpl_flag=1)

YUV 是一种颜色编码方法，和它等同的还有 RGB 颜色编码方法。

## **RGB 颜色编码**

RGB 三个字母分别代表了 红（Red）、绿（Green）、蓝（Blue），这三种颜色称为 **三原色**，将它们以不同的比例相加，可以产生多种多样的颜色。

在图像显示中，一张 1280 \* 720 大小的图片，就代表着它有 1280 \* 720 个像素点。其中每一个像素点的颜色显示都采用 RGB 编码方法，将 RGB 分别取不同的值，就会展示不同的颜色。



RGB 图像中，每个像素点都有红、绿、蓝三个原色，其中每种原色都占用 8 bit，也就是一个字节，那么一个像素点也就占用 24 bit，也就是三个字节。

一张 1280 \* 720 大小的图片，就占用 1280 \* 720 \* 3 / 1024 / 1024 = 2.63 MB 存储空间。

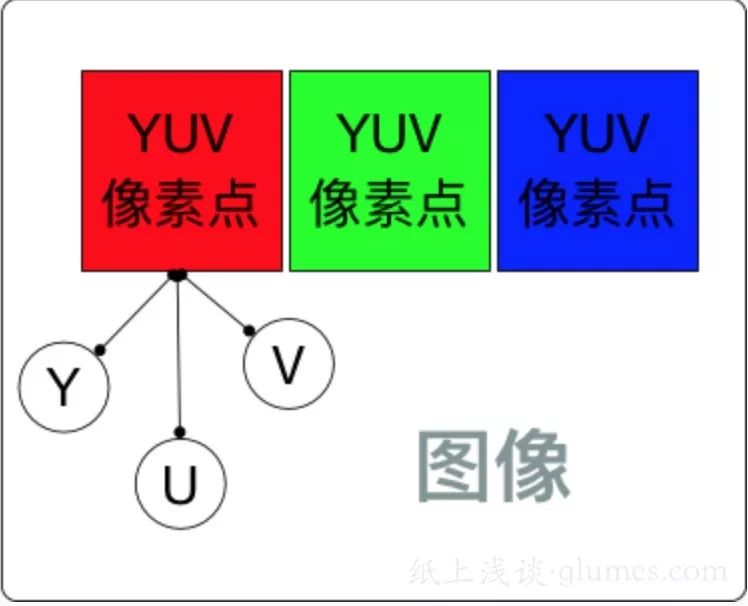
## **YUV 颜色编码**

YUV 颜色编码采用的是 **明亮度** 和 **色度** 来指定像素的颜色。

其中，Y 表示明亮度（Luminance、Luma），而 U 和 V 表示色度（Chrominance、Chroma）。

而色度又定义了颜色的两个方面：色调和饱和度。

使用 YUV 颜色编码表示一幅图像，它应该下面这样的：



和 RGB 表示图像类似，每个像素点都包含 Y、U、V 分量。但是它的 Y 和 UV 分量是可以分离的，如果没有 UV 分量一样可以显示完整的图像，只不过是黑白的。

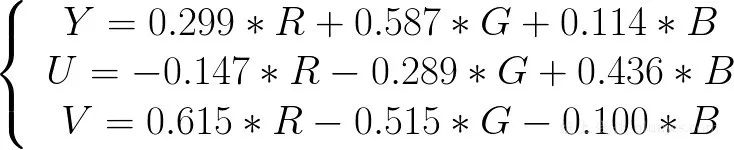
对于 YUV 图像来说，并不是每个像素点都需要包含了 Y、U、V 三个分量，根据不同的采样格式，可以每个 Y 分量都对应自己的 UV 分量，也可以几个 Y 分量共用 UV 分量。

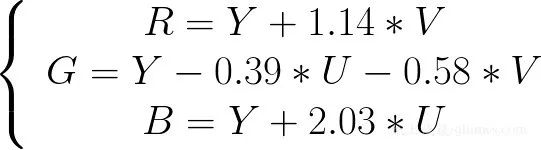
### **RGB 到 YUV 的转换**

对于**图像显示器来说，它是通过 RGB 模型来显示图像的**，而在**传输图像数据时**又是**使用 YUV 模型**，这是因为 YUV 模型可以节省带宽。**因此就需要采集图像时将 RGB 模型转换到 YUV 模型**，**显示时再将 YUV 模型转换为 RGB 模型**。

**RGB 到 YUV 的转换，就是将图像所有像素点的 R、G、B 分量转换到 Y、U、V 分量**。

有如下公式进行转换：





此时的转换结束后，每个像素点都有完整的 Y、U、V 分量。而之前提到 Y 和 UV 分量是可以分离的，接下来通过不同的采样方式，可以将图像的 Y、U、V 分量重新组合。

接下来的不同采样格式都是在一张图像所有像素的 RGB 转换到 YUV 基础上进行的。

## **YUV 采样格式**

YUV 图像的主流采样方式有如下三种：

YUV 4:4:4 采样

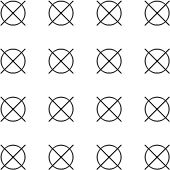
YUV 4:2:2 采样

YUV 4:2:0 采样

### **YUV 4:4:4 采样**

YUV 4:4:4 采样，意味着 Y、U、V 三个分量的采样比例相同，因此在生成的图像里，每个像素的三个分量信息完整，都是 8 bit，也就是一个字节。

如下图所示：



其中，Y 分量用叉表示，UV 分量用圆圈表示。

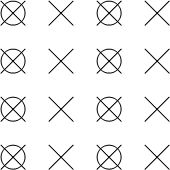
举个例子 ：  
  
假如图像像素为：[Y0 U0 V0]、[Y1 U1 V1]、[Y2 U2 V2]、[Y3 U3 V3]  
  
那么采样的码流为：Y0 U0 V0 Y1 U1 V1 Y2 U2 V2 Y3 U3 V3   
  
最后映射出的像素点依旧为 [Y0 U0 V0]、[Y1 U1 V1]、[Y2 U2 V2]、[Y3 U3 V3]

可以看到这种采样方式的图像和 RGB 颜色模型的图像大小是一样，并没有达到节省带宽的目的，当将 RGB 图像转换为 YUV 图像时，也是先转换为 YUV 4:4:4 采样的图像。

### **YUV 4:2:2 采样**

YUV 4:2:2 采样，意味着 UV 分量是 Y 分量采样的一半，Y 分量和 UV 分量按照 2 : 1 的比例采样。如果水平方向有 10 个像素点，那么采样了 10 个 Y 分量，而只采样了 5 个 UV 分量。

如下图所示：



其中，Y 分量用叉表示，UV 分量用圆圈表示。

 举个例子 ：  
  
 假如图像像素为：[Y0 U0 V0]、[Y1 U1 V1]、[Y2 U2 V2]、[Y3 U3 V3]  
  
 那么采样的码流为：Y0 U0 Y1 V1 Y2 U2 Y3 V3   
  
 其中，每采样过一个像素点，都会采样其 Y 分量，而 U、V 分量就会间隔一个采集一个。  
  
 最后映射出的像素点为 [Y0 U0 V1]、[Y1 U0 V1]、[Y2 U2 V3]、[Y3 U2 V3]

采样的码流映射为像素点，还是要满足每个像素点有 Y、U、V 三个分量。但是可以看到，第一和第二像素点公用了 U0、V1 分量，第三和第四个像素点公用了 U2、V3 分量，这样就节省了图像空间。

一张 1280 \* 720 大小的图片，在 YUV 4:2:2 采样时的大小为：

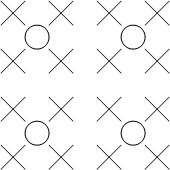
（1280 \* 720 \* 8 + 1280 \* 720 \* 0.5 \* 8 \* 2）/ 8 / 1024 / 1024 = 1.76 MB 。

可以看到 YUV 4:2:2 采样的图像比 RGB 模型图像节省了三分之一的存储空间，在传输时占用的带宽也会随之减少。

### **YUV 4:2:0 采样**

YUV 4:2:0 采样，并不是指只采样 U 分量而不采样 V 分量。而是指，在每一行扫描时，只扫描一种色度分量（U 或者 V），和 Y 分量按照 2 : 1 的方式采样。比如，第一行扫描时，YU 按照 2 : 1 的方式采样，那么第二行扫描时，YV 分量按照 2:1 的方式采样。对于每个色度分量来说，它的水平方向和竖直方向的采样和 Y 分量相比都是 2:1 。

如下图所示：



其中，Y 分量用叉表示，UV 分量用圆圈表示。

假设第一行扫描了 U 分量，第二行扫描了 V 分量，那么需要扫描两行才能够组成完整的 UV 分量。

举个例子 ：  
  
假设图像像素为：  
  
[Y0 U0 V0]、[Y1 U1 V1]、 [Y2 U2 V2]、 [Y3 U3 V3]  
[Y5 U5 V5]、[Y6 U6 V6]、 [Y7 U7 V7] 、[Y8 U8 V8]  
  
那么采样的码流为：Y0 U0 Y1 Y2 U2 Y3 Y5 V5 Y6 Y7 V7 Y8  
  
其中，每采样过一个像素点，都会采样其 Y 分量，而 U、V 分量就会间隔一行按照 2 : 1 进行采样。  
  
最后映射出的像素点为：  
  
[Y0 U0 V5]、[Y1 U0 V5]、[Y2 U2 V7]、[Y3 U2 V7]  
[Y5 U0 V5]、[Y6 U0 V6]、[Y7 U2 V7]、[Y8 U2 V8]

从映射出的像素点中可以看到，四个 Y 分量是共用了一套 UV 分量，而且是按照 2\*2 的小方格的形式分布的，相比 YUV 4:2:2 采样中两个 Y 分量共用一套 UV 分量，这样更能够节省空间。

一张 1280 \* 720 大小的图片，在 YUV 4:2:0 采样时的大小为：

（1280 \* 720 \* 8 + 1280 \* 720 \* 0.25 \* 8 \* 2）/ 8 / 1024 / 1024 = 1.32 MB 。

可以看到 YUV 4:2:0 采样的图像比 RGB 模型图像节省了一半的存储空间，因此它也是比较主流的采样方式。

## **YUV 存储格式**

说完了采样，接下来就是如何把采样的数据存储起来。

YUV 的存储格式，有两种：

planar  平面格式

指先连续存储所有像素点的 Y 分量，然后存储 U 分量，最后是 V 分量。

packed  打包模式

指每个像素点的 Y、U、V 分量是连续交替存储的。

根据采样方式和存储格式的不同，就有了多种 YUV 格式。这些格式主要是基于 YUV 4:2:2 和 YUV 4:2:0 采样。

常见的基于 YUV 4:2:2 采样的格式如下表：

| **YUV 4:2:2 采样** |
| --- |
| YUYV 格式 |
| UYVY 格式 |
| YUV 422P 格式 |

常见的基于 YUV 4:2:0 采样的格式如下表：

|  | **YUV 4:2:0 采样** | **YUV 4:2:0 采样** |
| --- | --- | --- |
| YUV 420P 类型 | YV12 格式 | YU12 格式 |
| YUV 420SP 类型 | NV12 格式 | NV21 格式 |

更多的 YUV 格式信息参考这里：YUV pixel formats

### **基于 YUV 4:2:2  采样的格式**

YUV 4:2:2 采样规定了 Y 和 UV 分量按照 2: 1 的比例采样，两个 Y 分量公用一组 UV 分量。

### **YUYV 格式**

YUYV 格式是采用打包格式进行存储的，指每个像素点都采用 Y 分量，但是每隔一个像素采样它的 UV 分量，排列顺序如下：

Y0 UO Y1 V0  Y2 U2 Y3 V2

Y0 和 Y1 公用 U0 V0 分量，Y2 和 Y3 公用 U2 V2 分量….



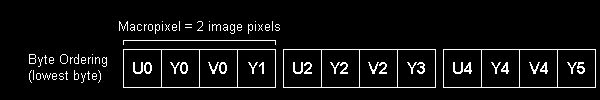
### **UYVY 格式**

UYVY 格式也是采用打包格式进行存储，它的顺序和 YUYV 相反，先采用 U 分量再采样 Y 分量，排列顺序如下：

U0 Y0 V0 Y1 U2 Y2 V2 Y3

Y0 和 Y1 公用 U0 V0 分量，Y2 和 Y3 公用 U2 V2 分量….

根据 UV 和 Y 的顺序还有其他格式，比如，YVYU 格式，VYUY 格式等等，原理大致一样了。



### **YUV 422P 格式**

YUV 422P 格式，又叫做 I422，采用的是平面格式进行存储，先存储所有的 Y 分量，再存储所有的 U 分量，再存储所有的 V 分量。

## **基于 YUV 4:2:0  采样的格式**

基于 YUV 4:2:0 采样的格式主要有 YUV 420P 和 YUV 420SP 两种类型，每个类型又对应其他具体格式。

YUV 420P 类型

YU12 格式

YV12 格式

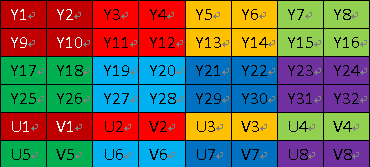
YUV 420SP 类型

NV12 格式

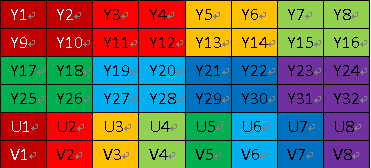
NV21 格式

YUV 420P 和 YUV 420SP 都是基于  Planar 平面模式 进行存储的，先存储所有的 Y 分量后， YUV420P 类型就会先存储所有的 U 分量或者 V 分量，而 YUV420SP 则是按照 UV 或者 VU 的交替顺序进行存储了，具体查看看下图：

YUV420SP 的格式：



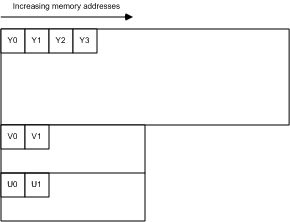
YUV420P 的格式：



### **YU12 和 YV12 格式**

YU12 和 YV12 格式都属于 YUV 420P 类型，即先存储 Y 分量，再存储 U、V 分量，区别在于：YU12 是先 Y 再 U 后 V，而 YV12 是先 Y 再 V 后 U 。

YV 12 的存储格式如下图所示：

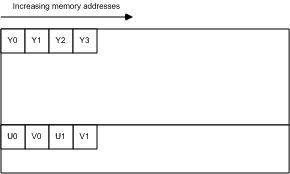


YU 12 又称作 I420 格式，它的存储格式就是把 V 和 U 反过来了。

### **NV12 和 NV21 格式**

NV12 和 NV21 格式都属于 YUV420SP 类型。它也是先存储了 Y 分量，但接下来并不是再存储所有的 U 或者 V 分量，而是把 UV 分量交替连续存储。

NV12 是 IOS 中有的模式，它的存储顺序是先存 Y 分量，再 UV 进行交替存储。



NV21 是 安卓 中有的模式，它的存储顺序是先存 Y 分量，在 VU 交替存储。

## **小结**

以上就是关于 YUV 的知识总结，你有看明白了嘛？

## **参考**

## <https://blog.csdn.net/grow_mature/article/details/9004548>

<http://www.cnblogs.com/azraelly/archive/2013/01/01/2841269.html>

<https://blog.csdn.net/MrJonathan/article/details/17718761>

<https://blog.csdn.net/wudebao5220150/article/details/13295603>

<https://msdn.microsoft.com/zh-cn/library/ms867704.aspx>

<https://www.fourcc.org/yuv.php>