

高分辨率颜色传感器 TCS230 的原理和应用

作者：合肥工业大学 张松灿 肖本贤

摘 要：TCS230 是美国 TAOS 公司生产的一种可编程彩色光到频率的转换器。论文主要介绍它的原理和应用。该传感器具有分辨率高、可编程的颜色选择与输出定标、单电源供电等特点；输出为数字量，可直接与微处理器连接。文中还介绍色光和白平衡的知识，并用一个实例来介绍 TCS230 识别颜色的过程。

关键词：TCS230 颜色传感器 颜色识别 白平衡调整

引 言

随着现代工业生产向高速化、自动化方向的发展，生产过程中长期以来由人眼起主导作用的颜色识别工作将越来越多地被相应的颜色传感器所替代。例如：图书馆使用颜色区分对文献进行分类，能够极大地提高排架管理和统计等工作；在包装行业，产品包装利用不同的颜色或装璜来表示其不同的性质或用途。目前的颜色传感器通常是在独立的光电二极管上覆盖经过修正的红、绿、蓝滤光片，然后对输出信号进行相应的处理，才能将颜色信号识别出来；有的将两者集合起来，但是输出模拟信号，需要一个 A/D 电路进行采样，对该信号进一步处理，才能进行识别，增加了电路的复杂性，并且存在较大的识别误差，影响了识别的效果。本文介绍美国 TAOS 公司最新推出的颜色传感器 TCS230。它不仅能够实现颜色的识别与检测，与以前的颜色传感器相比，还具有许多优良的新特性。

1、 TCS230 芯片的结构框图与特点

TCS230 是 TAOS (Texas Advanced Optoelectronic Solutions) 公司推出的可编程彩色光到频率的转换器。它把可配置的硅光电二极管与电流频率转换器集成在一个单一的 CMOS 电路上，同时在单一芯片上还集成了红绿蓝 (RGB) 三种滤光器，是业界第一个有数字兼容接口的 RGB 彩色传感器。TCS230 的输出信号是数字量，可以驱动标准的 TTL 或 CMOS 逻辑输入，因此可直接与微处理器或其它逻辑电路相连接。由于输出的是数字量，并且能够实现每个彩色信道 10 位以上的转换精度，因而不需要 A/D 转换电路，使电路变得更简单。图 1 是 TCS230 的引脚封装和功能框图。

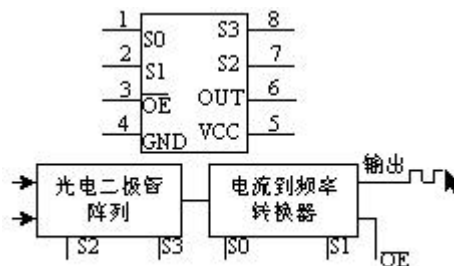


图1 TCS230 的引脚封装和功能框图

图 1 中，TCS230 采用 8 引脚的 SOIC 表面贴装式封装，在单一芯片上集成有 64 个光电二极管。这些二极管共分为四种类型。其中 16 个光电二极管带有红色滤波器，16 个光电二极管带有绿色滤波器，16 个光电二极管带有蓝色滤波器，其余 16 个不带有任何滤波器，可以透过全部的光信息。这些光电二极管在芯片内是交叉排列的，能够最大限度地减少入射光幅射的不均匀性，从而增加颜色识别的精确度；另一方面，相同颜色的 16 个光电二极管是并联连接的，均匀分布在二极管阵列中，可以消除颜色的位置误差。工作时，通过两个可编程的引脚来动态选择所需要的滤波器。该传感器的典型输出频率范围从 2Hz~500kHz，用户

还可以通过两个可编程引脚来选择 100%、20%或 2%的输出比例因子，或电源关断模式。输出比例因子使传感器的输出能够适应不同的测量范围，提高了它的适应能力。例如，当使用低速的频率计数器时，就可以选择小的定标值，使 TCS230 的输出频率和计数器相匹配。

从功能框图可知：当入射光投射到 TCS230 上时，通过光电二极管控制引脚 S2、S3 的不同组合，可以选择不同的滤波器；经过电流到频率转换器后输出不同频率的方波(占空比是 50%)，不同的颜色和光强对应不同频率的方波；还可以通过输出定标控制引脚 S0、S1 选择不同的输出比例因子，对输出频率范围进行调整，以适应不同的需求。

下面简要介绍 TCS230 芯片各个引脚的功能及它的一些组合选项。

S0、S1 用于选择输出比例因子或电源关断模式；S2、S3 用于选择滤波器的类型；OE 是频率输出使能引脚，可以控制输出的状态，当有多个芯片引脚共用微处理器的输入引脚时，也可以作为片选信号；OUT 是频率输出引脚，GND 是芯片的接地引脚，VCC 为芯片提供工作电压。图 2 是 S0、S1 及 S2、S3 的可用组合。

S0	S1	输出频率 定标	S2	S3	滤波器类型
L	L	关断电源	L	L	红色
L	H	2%	L	H	蓝色
H	L	20%	H	L	无
H	H	100%	H	H	绿色

图2 S0、S1 及 S2、S3 的组合选项

2、 TCS230 识别颜色的原理

由上面的介绍可知，这种可编程的彩色光到频率转换器适合于色度计测量应用领域，如彩色打印、医疗诊断、计算机彩色监视器校准以及油漆、纺织品、化妆品和印刷材料的过程控制和色彩配合。本文以 TCS230 在液体颜色识别中的应用为例，介绍它的具体使用。在开始介绍 TCS230 的颜色识别前，先来了解一些光与颜色的知识。

2.1 三原色的感应原理

通常所看到的物体的颜色，实际上是物体表面吸收了照射到它上面的白光(日光)中的一部分有色成分，而反射出的另一部分有色光在人眼中的反应。白色是由各种频率的可见光混合在一起构成的，也就是说白光中包含着各种颜色的色光(如红 R、黄 Y、绿 G、青 V、蓝 B、紫 P)。根据德国物理学家赫姆霍兹(Helinholtz)的三原色理论可知，各种颜色是由不同比例的三原色(红、绿、蓝)混合而成的。

2.2 TCS230 识别颜色的原理

由上面的三原色感应原理可知，如果知道构成各种颜色的三原色的值，就能够知道所测试物体的颜色。对于 TCS230 来说，当选定一个颜色滤波器时，它只允许某种特定的原色通过，阻止其它原色的通过。例如：当选择红色滤波器时，入射光中只有红色可以通过，蓝色和绿色都被阻止，这样就可以得到红色光的光强；同理，选择其它的滤波器，就可以得到蓝色光和绿色光的光强。通过这三个值，就可以分析投射到 TCS230 传感器上的光的颜色。

2.3 白平衡和颜色识别原理

白平衡就是告诉系统什么是白色。从理论上讲，白色是由等量的红色、绿色和蓝色混合而成的；但实际上，白色中的三原色并不完全相等，并且对于 TCS230 的光传感器来说，它对这三种基本色的敏感性是不相同的，导致 TCS230 的 RGB 输出并不相等，因此在测试前必须进行白平衡调整，使得 TCS230 对所检测的“白色”中的三原色是相等的。进行白平衡调

整是为后续的颜色识别作准备。在本装置中，白平衡调整的具体步骤和方法如下：将空的试管放置在传感器的上方，试管的上方放置一个白色的光源，使入射光能够穿过试管照射到 TCS230 上；根据前面所介绍的方法，依次选通红色、绿色和蓝色滤波器，分别测得红色、绿色和蓝色的值，然后就可计算出需要的三个调整参数。

当用 TCS230 识别颜色时，就用这三个参数对所测颜色的 R、G 和 B 进行调整。这里有两种方法来计算调整参数：①依次选通三种颜色的滤波器，然后对 TCS230 的输出脉冲依次进行计数。当计数到 255 时停止计数，分别计算每个通道所用的时间。这些时间对应于实际测试时 TCS230 每种滤波器所采用的时间基准，在这段时间内所测得的脉冲数就是所对应的 R、G 和 B 的值。②设置定时器为一固定时间(例如 10ms)，然后选通三种颜色的滤波器，计算这段时间内 TCS230 的输出脉冲数，计算出一个比例因子，通过这个比例因子可以把这些脉冲数变为 255。在实际测试时，使用同样的时间进行计数，把测得的脉冲数再乘以求得的比例因子，然后就可以得到所对应的 R、G 和 B 的值。

3 、TCS230 的应用

3.1 颜色识别电路

基于上述分析，采用 89C51 和 TCS230 设计了一个医用液体颜色识别装置。该装置具有结构简单、识别精度和效率高的特点，并且能够和上位机通信，以将识别的结果实时传送给上位机。由于是说明 TCS230 的使用情况，下面仅给出其中的 TCS230 识别电路，如图 3 所示。图 3 中用 89C51 的 P1 口的几个引脚来控制 TCS230 的各个控制引脚，而 TCS230 的输出引脚被连接到 89C51 的定时器/计数器 1 的输入端(P3. 5)。设置 89C51 定时器/计数器为相应的工作方式，初始化 89C51 定时器为一个定值，再选择 TCS230 的输出比例因子，并使能输出引脚。实际使用中通过读取 89C51 计数器的值，就可以分别计算出 TCS230 的三种输出频率，进而确定 R、G、B 值及颜色。

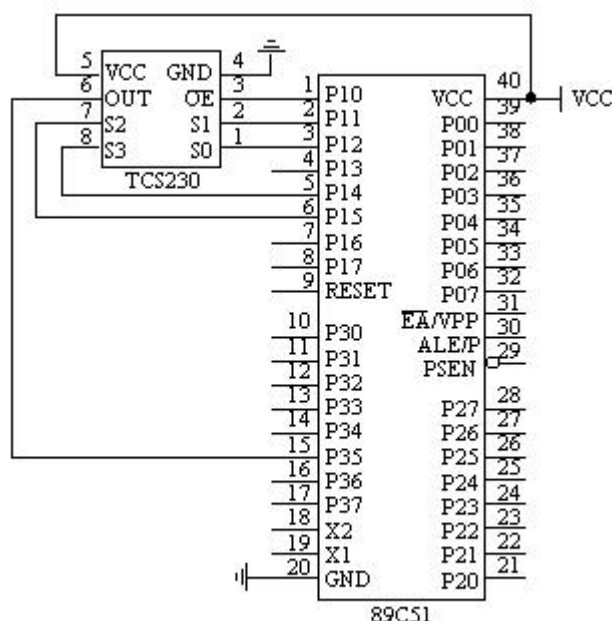


图3 TCS230 颜色识别接口电路

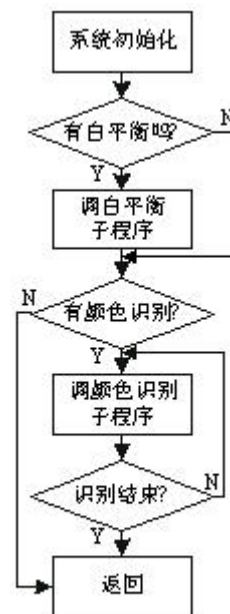


图4 软件流程

现结合上述分析给出相应的软件流程，如图 4 所示。在程序流程中：系统初始化负责设置 89C51 的定时器/计数器的工作方式，选择 TCS230 的输出比例因子，使能输出引脚以及通

信参数的设置。初始化完成后，检测是否需要进行白平衡调整。如有，调用白平衡子程序；否则，转到下一步，检测是否需要进行颜色识别。如没有，返回；如需要颜色识别，调用颜色识别子程序，直到颜色识别完毕。

4、应用中需要注意的问题

- ① 颜色识别时要避免外界光线的干扰，否则会影响颜色识别的结果，最好把传感器、光源等放置在一个密闭、无反射的箱子中进行测试；
- ② 对光源没有特殊的要求，但是光源发出的光要尽量集中，否则会造成传感器之间的相互干扰；
- ③ 当第一次使用 TCS230 时，或 TCS230 识别模块重启、更换光源等情况时，都需要进行白平衡调整。

结 语：

文章从 TCS230 的结构特点出发，介绍了色光理论和颜色识别的知识，还介绍了白平衡的原理和进行调整的方法。结合一个具体的应用，给出了相应的硬件设计电路和软件流程图。该传感器和文中介绍的方法对进行其它的颜色识别，也有很大的帮助。