عنوان مقاله: سنسور رنگ

شبنم عزیزیان
دانشگاه آز د شهرری
برق و الکترونیک

فاطمه رجبی مقدم
دانشگاه آزاد شهر ری
برق و الکترونیک

نرگس ربیعی
دانشگاه آزاد شهرری
برق والکترونیک
Email :Nasim _ Rabii @ yahoo.co.in

چکیده:

دراین مقاله سعی بر این است که شناخت مختصری از سنسور رنگ بوجود آوریم برای این منظور ابتدا در مورد طیف نور توضیحاتی ارئه شده به سپس بررسی ساختار داخلی و فیزیکی سنسور پرداخته ایم. بعد سیستم کار این سنسور که به صورت کدهای دیجیتال در خروجی سریال جهت پروسس عمل می کند را شرح داده ایم.

کلمات کلیدی

ADC: Analog – Digital - converter
Sensor: حسگر
Pixel: پیکسل
Chip: چیپ

مقدمه :

هدف اصلی از بررسی ها و تعاریفی که دراین مقاله ارائهٔ می شود. بازشناسی رنگ ها توسط ابزاری بغیر از چشم انسان می باشد یعنی بغیر از چشم انسان ابزارهای دیگری هم وجود دارند که می‌توانند رنگ ها را دریافت کرده و حس کنند پس لازمهٔ ارتباط سخت افزار با دنیای قابل دیدن یک چشم حساس به نور مرئی یا رنگ می باشد که در اصطلاح فیزیک به آن سنسور نوری گفته می شود. این سنسورها در نور غیر مرئی یا طول موج هایی غیر از طول موج‌های مورد نظر برای نورهای مرئی حساس هستند مانند سنسورهای حساس به نور زیر قرمز (Infrared) یا ماوراء بنفش (ultra violet) که برای گیرنده های تلویزیونی واره دور کاربرد دارند.

سنسورهای رنگی ساخته شده در صنعت، کار تشخیص رنگ را بر عهده دارند و تقریباً تمام طیف نور مرئی را تشخیص می دهند. این سنسورها بهترین انتخاب برای کاربردهای مقیاس کوچک با عملکرد بالا هستند.

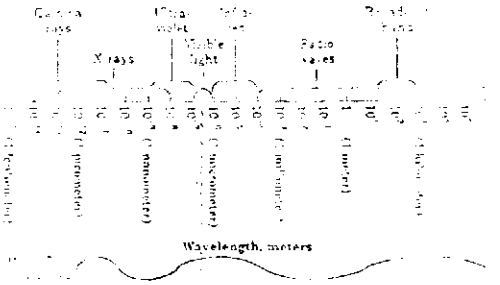
مورد استفاده سنسور رنگ در صنعت مدرن بسیار زیاد است که ازآن جمله می توان به کاربرد آن درخطوط تولید، کنترل کیفیت(Q.C)،ماهوارها، روباتیک، پزشکی، صنایع غذایی ، اتومبیل سازی، و بطور کلی در اتوماسیون سیستمها وسیستمهای اتوماتیک اشاره کرد.

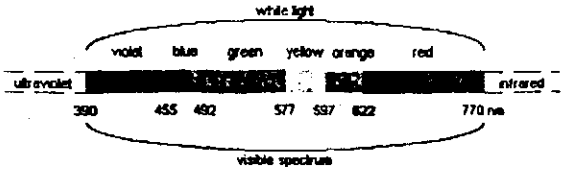
بازارهای بسیاری نیاز به کنترل رنگ از طریق یک سنسور را دارند به عنوان مثال درصنعت، کدهای رنگی پیرینت شده همانند خطوط روی مقاومتها بایستی آشکار شوند تا اجازه عملکرد بالای ذخیره اتوماتیک را به مقاومت بدهند. خیلی از شرکتهای آلمانی در صنعت غذایی (Tetra) جهت کنترل رنگی از Color Sensor استفاده می کنند.

شرح مقاله

بخش ۱: طیف نوری و رنگها

نور زمانی به وجود می آید که الکترون از تراز بالا تر به ترازهای پایین تر آن نزول کند و انرژی بصورت فوتون آزاد شود اگر بعضی از این تابش های انرژی طول موجی تقریباً بین ۴۰۰ الی ۷۰۰ نانومتر ($10^{-9}m$) داشته باشند، آنگاه در قسمت مرئی طیف الکترومغناطیس قرار می گیرند و دراین صورت چشم انسان قابلیت دریافت و تشخیص آنها را به عنوان یک رنگ خواهد داشت نوری که انسان می بیند قسمت بسیار کوچکی از طیف الکترومغناطیس است این طیف شامل امواج مایکروویو، ماورا بنفش (U.V) زیر قرمز (IR) و امواج رادیویی می باشد امواج مایکرویو اشعه X ، امواج ماوراء بنفش (با طول موج کوتاهتر) و امواج زیر قرمز رادیویی (با طول موج بلندتر) در کناره های طیف نور مرئی قرار گفته اند همچنین سه رنگ آبی (Blue) سبز (Green) قرمز(Red) که به رنگهای اصلی جمع شده معروفند به ترتیب دراین طیف مرئی الکترومغناطیس قرار گرفته اند.و طیف وسیع تولید رنگ را دارا می‌باشد بهمین دلیل انتخاب مناسبی برای سیستمهای ویدئویی هستند و چون وسایل ودستگاههای نمایشگر باید قادر به تولید رنگ‌های اصلی می باشند. این سه رنگ را به عنوان سه رنگ اصلی انتخاب نموده اند.





طیف الکترومغناطیس نور و نور مرئی

بخش ۲: چگونگی دیدن رنگها

چشم انسان دارای سه نوع سلول حساس به رنگ است که آنها را سلولهای مخروطی می نامند. هریک از این سلولها به بخشی از طیف نور مرئی حساس هستند برای مثال اگر نور قرمز به چشم برسد، تنها سلولهای مخروطی حساس به نور قرمز تحریک می شوند و در نتیجه مارنگ قرمز را مشاهده می کنیم و اگر نور زرد وارد چشم شود هم سلولهای مخروطی حساس به نور قرمز هم سلولهای مخروطی حساس به نور سبز را تحریک می کند و چشم با آمیختن هر دو اثر رنگ را تشخیص می دهد. پس به این ترتیب چشم قادر به تشخیص تمام رنگها می باشد.

بخش ۳: معرفی سنسور رنگ

سه نوع سنسور رنگ شبیه چشم انسان مسئولیت تشخیص رنگ را بر عهده دارند. این سنسورهای رنگی نمایانگر یک طرح کوچک فیلترهایی با کیفیت بالا و خواندن هم زمان سه سطح رنگی می باشند.

سنسور فوق یکی از انواع سنسورهای JEN Color ساخت کارخانه MAZET آلمان واز نوع سنسورهای سه عنصری (3 element color sensor) بوده که قابلیت شناسایی رنگ ها را به تفکیک رنگهای قرمز و سبزو آبی دارا می باشد. سنسور مربوط از ۳×۱۹ فتودیود Pin سیلیکونی که به صورت حلقه وار روی چیپ قرار گرفته اند تشکیل شده برای جلوگیری از ایجاد تداخل در بین فتودیودها، هر سکتوری از قسمت دیگر جدا شده. برای شناسایی هر رنگی، درهر کدام از این فتودیودها فیلتر مربوط به طول موج رنگ مربوطه در نظر گرفته شده است.

فیلترهای رنگی با کیفیت بالای تداخلی دارای این خصوصیات می باشد:

۱. بصورت micro-structure روی چیپ قرار گرفته اند.
۲. قدرت انتقال سیگنال بسیار بالایی دارند.
۳. سطح آن ها سخت می باشد.
۴. پایداری حرارتی بالایی دارند.
۵. فیلترها دارای شیب زیادی هستند.

آرایه های فتودیودهای Pin سیلیکونی:

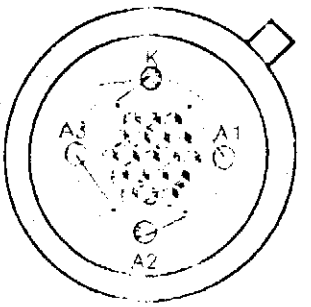
۱. ناحیه طول موج 450 mm-750 mm
۲. جریان گرفته شده از هر سکتور کمتر از 50 PA به ازای 5V ولتاژ معکوس
۳. ظرفیت خازن هر سکتور 50 PF به ازای 5V ولتاژ معکوس
۴. ماکزیمم ولتاژ معکوس 30 V
۵. زمان صعود (tr) کمتر 1ns

این قطعه در انواع پیکج های Tos –sMD –so8 با فیلتر IR ارائه شده است. و دارای چهار پایه می باشد که شامل سه پایه آند که هر کدام مربوط به یک رنگ قرمز، سبز و آبی و یک پایه کاتد مشترک می باشد.

PIN-CONFIGURATION

(Top view)

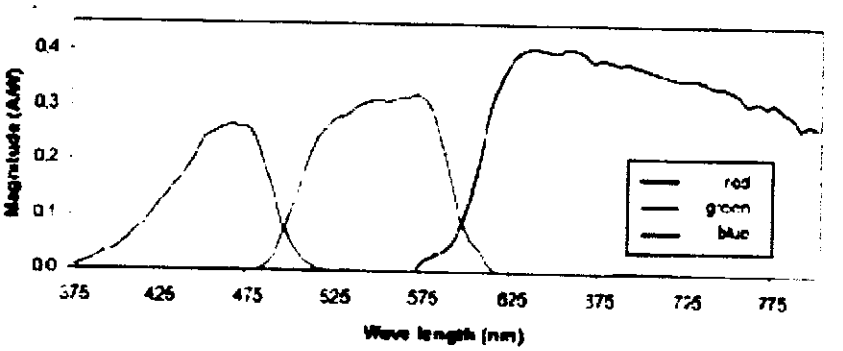
PIN-.	description
A1	red
A2	blue
A3	green
A4	common cathode



TOS outline

سنسور Mcsibt به همراه آرایش پینها

این سنسور قابلیت تشخیص رنگ آبی از طول موج حدود 400 nm الی 510 nm و سبز از طول موج حدود 440 nm الی 610 nm و نهایتاً قرمز از طول موج حدود 590 nm الی 750 nm را دارا می باشد. (با توجه به این که قطعه مورد نظر از نوع Irblocked –Tos می‌باشد. طول موج زیر قرمز را حذف می کند)



Typical spectral sensitivity of the 3-element color sensor

ازخصوصیات این سنسور داشتن خروجیهای رنگ بصورت جریان برای هریک از رنگهای اصلی B,G,R می باشد.

در سنسورهای رنگی فیلتر های تداخلی انتگرالی باابعاد کوچک وجود دارند که روی یک لایه پوشیده شده از سرب قرار می گیرند رنگ شیمیایی این فیلترها(در سنسورهای رنگی) سبب جذب تمام نور موثر طیف آبی وسبز وقرمز شده لایه های مصنوعی این فیلترهای تداخلی هر شکستگی طول موج نور زیاد را با رنگ های شیمیایی مقایسه می‌کند ونهایتاً این مشخصات ارسالی را به کمک اثرهای تداخلی تنظیم و سازگار می نماید.

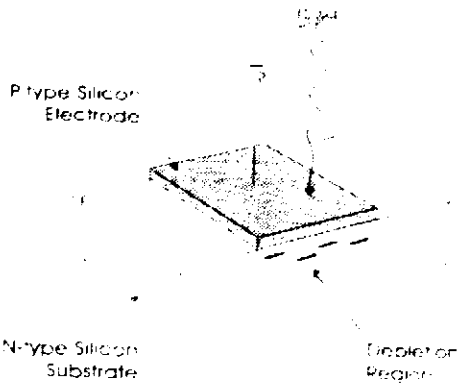
دراین سنسورهای رنگی پردازش می تواند روی تمام صفحه اتصال انجام شود این صفحه می‌تواند سه یا چهار اینچ باشد.

سنسورهای رنگی ساخته شده بر پایه تکنولوژی دیودهای Pin سیلیکونی بافیلترهای تداخلی RGB از یک لتز بسیار کوچک (microlens) و یک میکرو کنترلر تصویری (imagingmicrolens) پوشیده شده اند.

بخش ۴: ساختار فیزیکی:

سنسورهای رنگی شامل آرایه های دو بعدی (ماتریس) از سلول های تصویری می باشند که عملیات استخراج نور ذخیره واسکنیگ (Scaning) را انجام می دهد جنس این سلولها از مواد نیمه هادی وطراحی آن به صورتی است که تشکیل یک خازن بدهد.برای تولید این سلول ها از ترکیب با یاس معکوس P-N استفاده می شود دراین تکنولوژی ساخت دیودی با اتصال P-N (reverse- biased) مورد استفاده قرار می گیرد.

وقتی یک ولتاژ مثبت بر روی الکترود هادی کنار بستر القاء می شود یک ناحیه تخلیه در بستر در کنار الکترود ایجاد می شود به این منبع تخلیه چاه پتانسیلی نیز گفته می‌شود حال وقتی نور به ناحیه تخلیه برسد الکترونهای بستر باحفره‌ها ترکیب مجدد می شوند ولی درناحیه تخلیه الکترونهای آزاد خواهیم داشت بنابراین یک شارژ منفی از ناحیه تخلیه بوجود می آید که نمایانگر تابش نور بر بستر می‌باشد برای اینکه نور به آسانی به محل تخلیه برسد الکترودهای از جنس پلی سیلیکون می باشد.

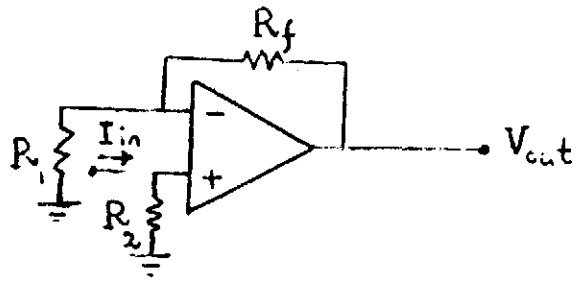


P-N Junction Sensing Cell

بخش۵: مدار کاربردی

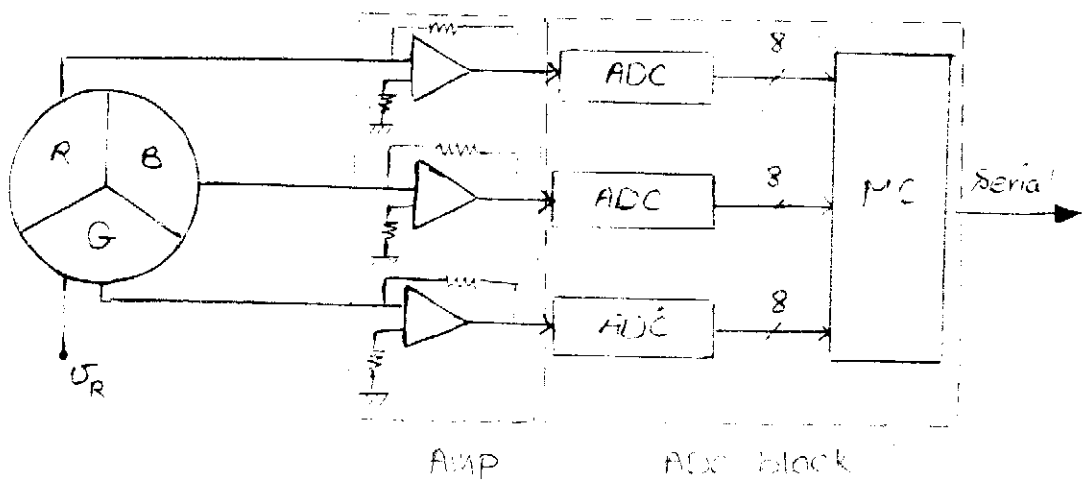
همانطور که قبلاً اشاره شد خروجی سنسور به صورت جریان می باشد برای افزایش دامنه این خروجی از یک مبدل جریان به ولتاژ استفاده می کنیم این تبدیل را به همراه تقویت ولتاژ می توان توسط یک OP-AMP که به صورت غیر تفاضلی بسته می شود انجام داد.

$$\left.\begin{aligned} V(-) &= R_2 I_{in} \\ V_{out} &= (Rf / R_1 + 1) \times V(+) \end{aligned}\right\} \Rightarrow V_{out} = R_2 (\frac{Rf}{R_1} + 1) I_{in}$$

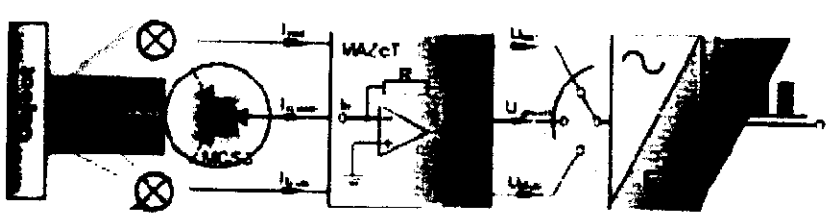


چون هیچ جریانی دارد OP-AMP نمی شود پس تمام جریان از مقاومت R2 می گذرد وچون جریان سنسور نباید از چند (PA) بیشتر باشد پس مقاومت R2 باید به اندازه کافی بزرگ باشد (در حد چند M Ω)مقدار R1.RF را جهت تقویت طوری انتخاب می کنیم که برای ماکزیمم مقدار ورودی (+)V ماکزیمم خروجی یعنی چیزی درحدود 5V برای راه اندازی ADC ها داشته باشیم این تقویت ولتاژ جهت توسعه دادن (expand) خروجی سنسور و دقت بیشتر در تشخیص رنگ می باشد تا ADC دقیق تر عمل می کند.

برای پردازش کامپیوتری باید ولتاژهای خروجی OP-AMP به کدهای دیجیتال تبدیل می شوند این عملیات توسط ADC انجام می شود. بلوک ADC مورد استفاده باید دارای سه گیت ورودی آنالوگ باشد تا بتواند خروجیها را به صورت سریال تحویل دهد این بلوک را می توان توسط یک آی سی مبدل آنالوگ به دیجیتال سه ورودی و یک خروجی سریال یا سه عدد آی سی مبدل A/D و یک میکرو کنترلر که وظیفه تبدیل آنالوگ به سریال بر عهده دارد انجام داد. روش دوم از نظر اقتصادی مقرون به صرفه تر می باشد مطابق شکل زیر



ADC ها خروجی مسطح ولتاژ تقویت شده توسط واحد تقویت کنندگی که مبین سطح رنگ مورد نظر می باشد را به صورت کدهای 8 بیتی با سطح ولتاژ منطقی. 0 بعنوان صفر منطقی و 5 بعنوان یکی منطقی تولید کرده و به صورت پارالل(موازی) در خروجی خودتحویل می دهند چون این کدها باید جهت پروسس نهایی وارد کامپیوتر شوند، لذا از یک واحد جهت تبدیل کدها از پارالل به سریال استفاده می شود. این واحد می تواند جزو همان آی سی A/D می‌باشد یا اینکه می توان از یک میکرو کنترلر جهت کنترل بهتر ونیز نمونه گیریهای بیشتر استفاده کرد.



Basic construction and components of an MCS3 based color detection system

لازم به ذکر است که بغیر از عملیات تبدیل پارالل به سریال توسط میکروکنترلر ، عملیات دیگری نیز جهت سنکرون شدن با کامپیوتر،نمونه گیری از کدها و تولید میانگین منطقی جهت استفاده و کنترل کلی پروسه انجام می دهد. حال کدها آمادهٔ ارسال به کامپیوتر از طریق پورت سریال می باشند ولی مشکلی که دیده می شود تفاوت سطح منطقی مدار طراحی شده با پورت سریال کامپیوتر می باشد. این اصلاحیه توسط آی سی RS 232 انجام می شود که سطح ولتاژ 500 ولت را که نمایانگر صفرویک منطقی می باشد را به (۱۰+) و(۱۰-) ولت با منطق سریال تبدیل می کند. کدهای مورد نظرجهت پروسس نهایی و به اصطلاح تشخیص رنگ از طریق پورت سریال وارد کامپیوتر می شوند. در کامپیوتر می توان توسط نرم افزارکدهای مورد نظر را که به صورت سریال Bit 3×8 می باشند و هر بایت نمایانگر یک رنگ می باشد را شناسایی نمود و از ترکیب آنها رنگ اصلی حس شده توسط سنسور را بازسازی نمود. اساس تشکیل تصویر نیز به همین صورت می باشد. یعنی برای هر پیکسل ،رنگ مورد نظر با مقدار روشنایی آن به نمایشگر ارسال شده و نمایشگر با کنار هم قرار دادن منطقی آنها،تصویر را تولید می‌کند.

سپاسگزاری :

باتشکر از دوست واستاد عزیزمان جناب آقای مهندس آلن آوانسیان که اگر کمک های ایشان نبـود گردآوری این مقاله میسر نمی شد.

وهمچنین از استاد ارجمندمان جناب آقای مهندس هنریار به خاطر راهنمائیهایشان کمال تشکر را داریم.

مراجع:

web sites:

http:// www . MAZET.de
http:// www.LASER componets.com
http:// www.isgchips .com
http:// www .robotroom. com
http:// www.canon.com
http:// www.IEEE.org

Book:

Luther ,Arch,C., Video Camera Technoligy, Artech House, Norwood ,MA, 1998.