

1. Teoretický základ

Svetlo je elektromagnetické žiarenie, ktoré je vďaka svojej vlnovej dĺžke viditeľné okom, alebo všeobecnejšie elektromagnetické vlnenie od infračerveného po ultrafialové. Tri základné vlastnosti svetla (a elektromagnetického vlnenia vôbec) sú svietivosť (amplitúda), farba (frekvencia/vlnová dĺžka) a polarizácia (uhol vlnenia). Kvôli dualite častice a vlnenia má svetlo vlastnosti ako vlnenia, tak aj častice. Viditeľné svetlo je časť elektromagnetického spektra s frekvenciou $7,5 \times 10^{14}$ Hz až $3,8 \times 10^{14}$ Hz, kde rýchlosť (c), frekvencia (f), a vlnová dĺžka (λ) zachovávajú vzťah:

$$c = f \lambda$$

a rýchlosť svetla vo vákuu c je konštanta ($299\,792\,458 \text{ ms}^{-1}$). Vlnová dĺžka viditeľného svetla vo vákuu, je teda 380 nm (fialová zložka) až 780 nm (červená zložka).

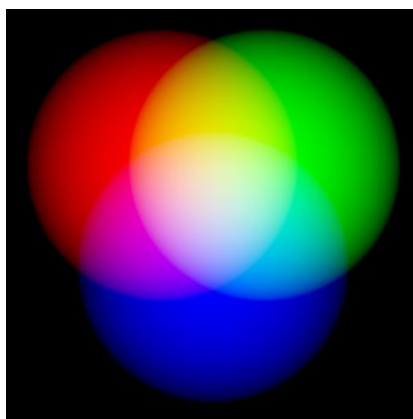
Farba je viditeľná oblasť elektromagnetického žiarenia s vlnovými dĺžkami približne 380-780 nm. Zdola tento interval ohraničuje ultrafialové a zhora infračervené svetlo. Vlnová dĺžka je rozhodujúcou charakteristikou pre výsledný vnem farby. Farebnosť predmetov vnímame vďaka odrazu svetla. Ak má predmet červenú farbu, jeho povrch pohltí všetko svetlo okrem vlnovej dĺžky červeného svetla. Červené svetlo naopak odrazil. Biele svetlo je tvorené rovnako početným zastúpením všetkých zložiek svetla. Vďaka tomu získame rozkladom bieleho svetla prostredníctvom skleneného hranola celé farebné spektrum. Bielu farbu teda bude mať predmet, ktorý nepohltí výraznejšie žiadnu vlnovú dĺžku a zároveň väčšinu svetla odrazí. Čierny objekt naopak väčšinu svetla pohltí. Vlnové dĺžky niektorých farieb sú uvedené v nasledujúcej tabuľke:

<i>Vlnová dĺžka (nm)</i>	<i>Farba</i>
380-420	fialová
420-450	modrofialová
450-480	modrá
480-510	modrozelená
510-550	zelená
550-570	žltozelená
570-590	žltá
590-600	oranžová
600-630	oranžovočervená
630-750	červená
750-780	tmavočervená

Farebný model opisuje základné farby a schémy miešania týchto základných farieb do výslednej farby. Farba je v prírode daná zmesou svetla rôznych vlnových dĺžok a rôzne farebné modely sa snažia napodobniť farbu čo najvernejšie. V praxi sa používajú modely, u ktorých je zvolený vhodný kompromis medzi presnosťou farebného dojmu a zložitou konkrétnym modelom. Sú to modely ako HSB a HLS, RGB, CMY(K), YUV, CIE a ďalšie.

Farebný model RGB je najčastejšie využívané kódovanie farby bodu obrázka. Empiricky sa zistilo, že takmer všetky farby sa dajú vytvoriť zmiešaním ľubovoľných troch nezávislých farieb (t. j. že pomocou zmiešania dvoch nedostaneme tretiu). Najvýhodnejšie pre výrobu svetelných lúčov

(aditívny farebný systém) bolo použitie farieb červená (Red), zelená (Green), modrá (Blue). Aby sme vedeli vytvoriť 1,5 milióna farieb stačí, ak každú z týchto farieb rozdelíme na 115 odtieňov, ktorých zmiešaním v rôznych pomeroch vzniknú všetky farby. Kvôli uchovaniu v pamäti počítača, je však výhodnejšie použiť až 256 odtieňov každej farby (8 bitov), čo nám umožní vytvoriť až 16 777 216 rôznych farieb. Pri takomto kódovaní je každá farba zakódovaná 24 bitmi, čo sú tri pamäťové miesta počítača. Pričom 255 0 0 je sýta červená farba, 0 255 0 je sýta zelená farba, 0 0 255 je sýta modrá farba, 0 00 je čierna farba a 255 255255 je biela farba. Na nasledujúcom obrázku je znázornené miešanie farieb zo základných farieb RGB:

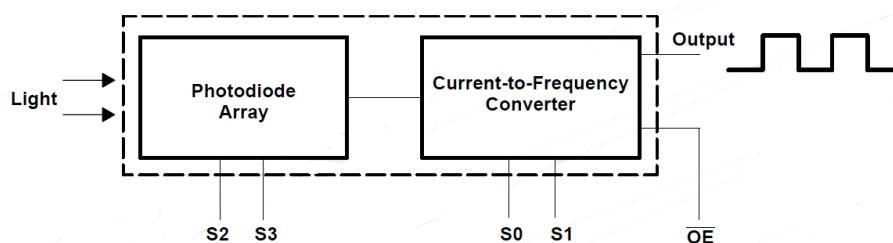


Obrázok 1: Aditívne RGB kruhy

2. RGB senzor SI04

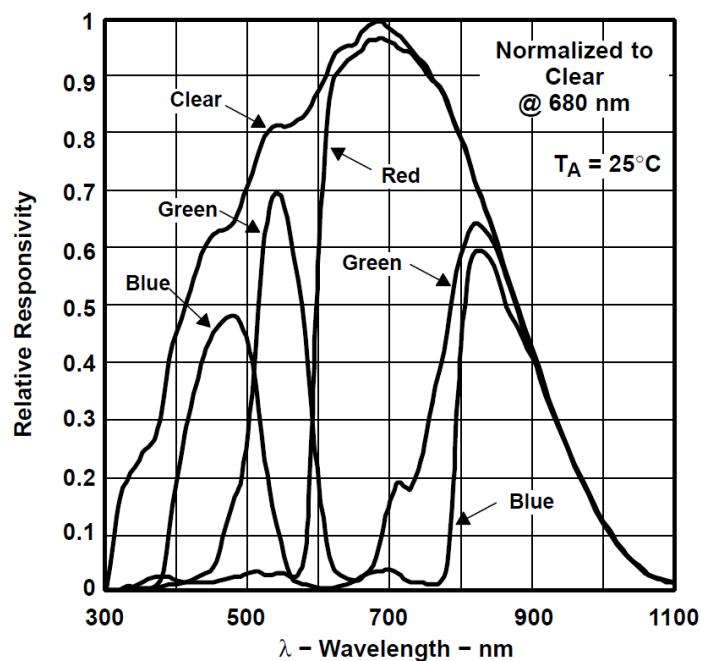
RGB senzor SI04 je I²C senzor schopný rozpoznať farbu svetla odrazeného od objektu. Základom SI04 je integrovaný prevodník intenzity osvetlenia na frekvenciu TAOS TCS230D. Prevodník je kvôli dosiahnutiu lepších výsledkov merania doplnený o optiku, ktorá sústreďuje odrazené svetlo priamo na čip prevodníka. Taktiež je doplnený o dve biele LED, ktoré osvetľujú snímanú plochu.

TCS230D je tvorený poľom fotodiód a prevodníkom I/f (prúd/frekvencia). Pole fotodiód je rozdelené na štyri skupiny po 16 kusov. Jedna skupina obsahuje fotodiódy s modrým filtrom, druhá so zeleným filtrom, tretia s červeným filtrom a štvrtá skupina nemá farebný filter. Fotodiódy v jednotlivých blokoch sú zapojené paralelne. Zmenou intenzity dopadajúceho svetla príslušnej farby sa mení prúd pretekajúci blokom fotodiód. Veľkosť prúdu pretekajúceho blokom fotodiód ovplyvňuje výstupnú frekvenciu TCS230D. v jednom momente môže byť aktívny len jeden blok fotodiód. To, ktorý blok je aktívny určuje logická úroveň na vstupoch S2 a S3. Bloková schéma prevodníka TCS230D je na nasledujúcom obrázku:



Obrázok 2: Bloková schéma TCS230D

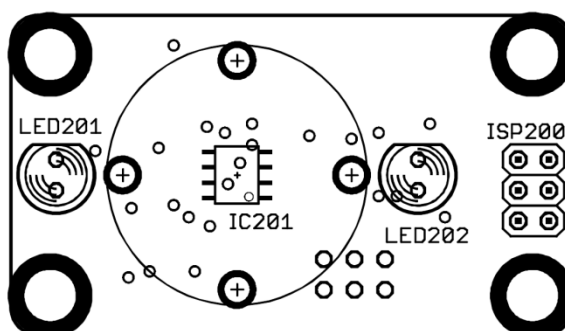
Frekvenčný výstup prevodníka TCS230D je pripojený k vstupu jednočipového mikropočítača ATmega48PA (AVR), ktorý túto frekvenciu meria a prepočítava na jednotlivé zložky modelu RGB. AVR riadi aj prepínanie blokov fotodiód, a komunikuje s nadradeným systémom prostredníctvom rozhrania I²C. Prepočet nameranej frekvencie na jednotlivé zložky RGB robí AVR podľa technickej dokumentácie výrobcu (graf na obrázku 3), a podľa internej kalibrácie, ktorú je potrebné vykonať pred každým meraním.



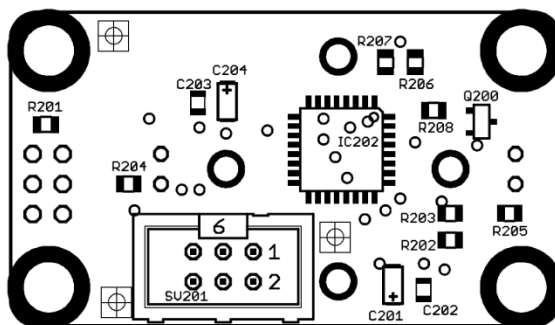
Obrázok 3: Závislosť relatívnej odpovede na vlnovej dĺžke

2.1. Popis SI04

Rozmery plošného spoja SI04 sú 46,5mm x 26,5mm. Montážne otvory s priemerom 4,2mm sú rozmiestnené v rastrí 10mm (podľa kovového konštrukčného systému Eitech). Pohľady na obe strany plošného spoja senzora SI04 sú na nasledujúcich obrázkoch:



Obrázok 4: SI04 - Pohľad zhora



Obrázok 5: SI04 - Pohľad zdola

Komunikačným rozhraním senzora SI04 je rozhranie I²C vyvedené spolu so vstupom napájania na 6-pinový konektor MLW06 (SV201).

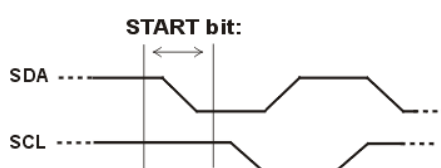
Základné parametre senzora SI04 sú zhrnuté v nasledujúcej tabuľke:

Parameter	Hodnota	Jednotka
Napájacie napätie	5	V
Odber	<30	mA
Merací rozsah	0-255 (R, G, B)	-
Pracovná teplota	-40 do 75	°C

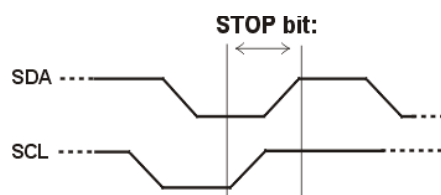
2.1. Komunikačné rozhranie SI04

Na komunikáciu so senzorom SI04 sa používa sériová zbernica I²C. Komunikácia prebieha medzi nadradeným zariadením (master) a podriadeným zariadením (slave). Komunikáciu riadi master počas odosielania (operácia zápisu) aj počas prijímania (operácia čítania) dát. Master je zodpovedný za generovanie hodinového pulzu (clock) na pine SCL. Pin SDA je ovládaný oboma zariadeniami podľa potreby.

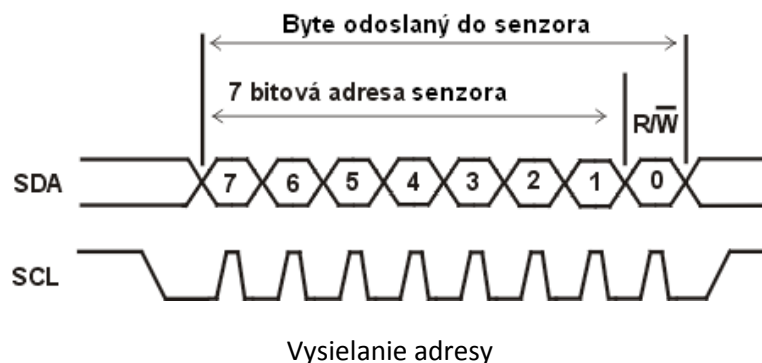
2.1.1. Základné operácie na zbernici



Vysielanie štartovacieho bitu



Vysielanie ukončovacieho bitu

**Operácia zápisu:**

Komunikácia sa začína štartovacím bitom START. Nasleduje 7-bitová adresa ADR spolu s bitom \overline{W} ktorý nastavuje smer toku dát smerom do senzora (zápis). Ak adresa korešponduje s adresou senzora, senzor odpovedá ACK bitom. Následne master zariadenie odošle 8-bitové slovo DATA, ktoré je po úspešnom prijatí potvrdené ACK bitom. Takým spôsobom môže byť odoslaný ľubovoľný počet dát. Operácia je ukončená odoslaním ukončovacieho bitu STOP.

Operácia čítania:

Komunikácia sa začína štartovacím bitom START. Nasleduje 7-bitová adresa ADR spolu s bitom R ktorý nastavuje smer toku dát smerom zo senzora (čítanie). Ak adresa korešponduje s adresou senzora, senzor odpovedá ACK bitom. Následne slave zariadenie odošle 8-bitové slovo DATA, ktoré je po úspešnom prijatí potvrdené ACK bitom. Takým spôsobom môže byť prijatý ľubovoľný počet dát. Operácia je ukončená odoslaním zamietnutia NACK a ukončovacieho bitu STOP.

Operácia čítania s adresou interného registra:

Komunikácia sa začína rovnako ako zápis, kde ako dáta je odoslaná adresa interného registra REG potvrdená senzorom. Následne master odošle opakovaný štart RS (repeated start) a komunikácia pokračuje rovnako ako počas čítania.

2.1.2. Adresa senzora a popis registrov

Senzor má prednastavenú adresu D0h

Názov registra	Adresa	Prístup	Popis
VAL_R	00h	R	Aktuálna hodnota červenej farby
VAL_G	01h	R	Aktuálna hodnota zelenej farby
VAL_B	02h	R	Aktuálna hodnota modrej farby
VAL_A	03h	R	Aktuálna hodnota okolitého osvetlenia
CTRL	55h	W	Špeciálny 16-bitový register, nastavenie senzora
ADR	AAh	W	Nastavenie novej I ² C adresy
ADR_RST	CBh	W	Reset I ² C adresy na prednastavenú

Register CTRL vyžaduje zápis dvoch bajtov:

AAh	LED zapnutá (1), vypnutá (0)	Ulož aktuálne kalibračné hodnoty (1), bez zmeny (0)
-----	------------------------------	---