

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) 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).

Svietivosť, ako jednu z troch základných vlastností svetla meriame v jednotkách kandela. Kandela (symbol cd, angl. candela, latinsky candela) je jedna zo siedmich základných jednotiek SI. Je to intenzita svetla (svietivosť) v danom smere zo zdroja, ktorý vyžaruje monochromatické žiarenie s frekvenciou 540×10^{12} Hz a má žiarivú intenzitu (žiarivosť) v tomto smere $1/683 \text{ W}$ na jeden steradián (steradián – priestorový uhol, bezrozmerná jednotka). Vybraná frekvencia je z viditeľného spektra, blízka svetlu zelenej farby. Ľudské oko je na túto frekvenciu najcitlivejšie.

Ďalšou jednotkou, popisujúcou vlastnosti svetla je jednotka *svetelný tok*. Jednotkou svetelného toku je lumen (lm). Je definovaný ako svetelný tok vyžarovaný do priestorového uhla 1 steradián bodovým zdrojom, ktorého svietivosť je vo všetkých smeroch 1 kandela.

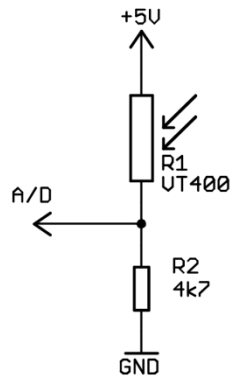
V praxi najpoužívanejšou fotometrickou veličinou je *intenzita osvetlenia*. Intenzita osvetlenia je definovaná ako svetelný tok dopadajúci na určitú plochu. Je teda podielom svetelného toku (v lumenoch) a plochy (v m^2). Jednotkou intenzity osvetlenia je lux (lx, $1 \text{ lx} = 1 \text{ lm} \cdot \text{m}^{-2}$). V krajinách, ktoré nepoužívajú metrický systém je pre intenzitu osvetlenia používaná jednotka foot-candle (fc – $\text{lm} \cdot \text{ft}^2$). Jednotky lux a foot-candle sú kvantitatívne rovnaké. Platí, že $1 \text{ fc} = 10,764 \text{ lx}$.

V nasledujúcej tabuľke je uvedených niekoľko príkladov intenzity osvetlenia:

100 000 lx	jasný slnečný deň
20 000 lx	zamračené počasie v lete
10 000 lx	letný deň v tieni
10 000 lx	operačný sál
1 000 lx	osvetlenie v TV-štúdiu
500 lx	osvetlenie kancelárie
100 lx	osvetlenie chodby
10 lx	osvetlenie ulice
0,25 lx	mesačný svit
0,001 lx	jasná hviezdna obloha
0,0001 lx	zamračená nočná obloha bez cudzieho osvetlenia

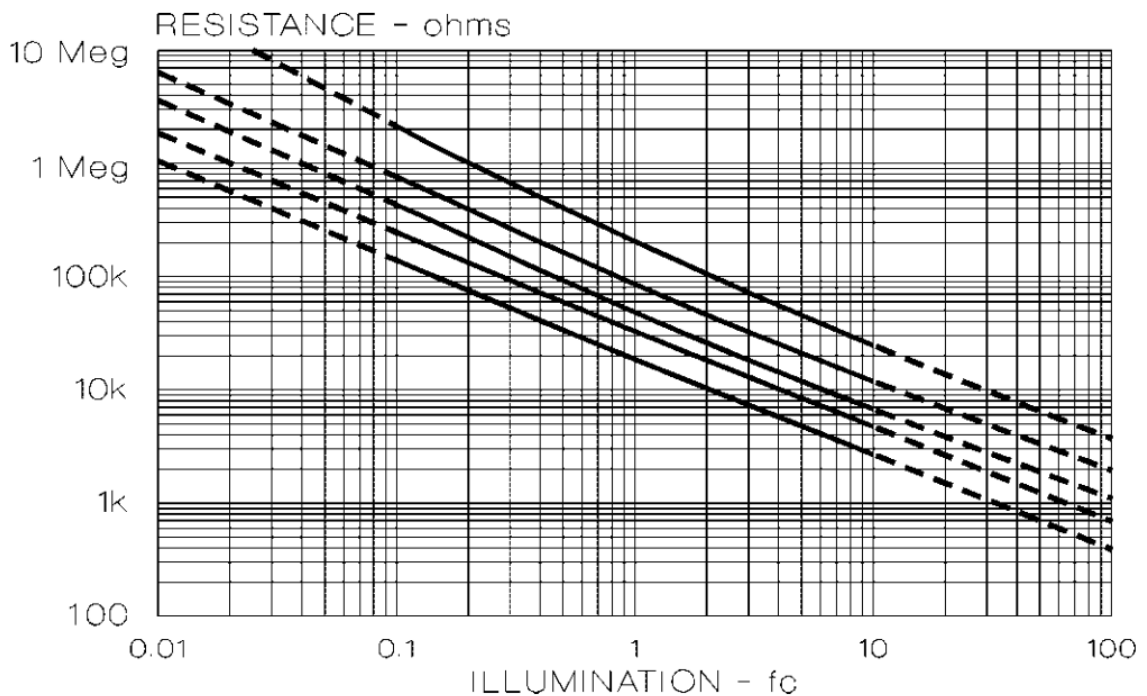
2. Senzor osvetlenia SI02

Senzor osvetlenia SI02 je I²C senzor, základom ktorého je fotorezistor VT43N1. Fotorezistor je zapojený v odporovom deliči (obrázok 1). Svetelný tok dopadajúci na fotorezistor mení jeho odpor, čím sa mení aj výstupné napätie odporového deliča. Toto napätie je privádzané na vstup A/D prevodníka jednočipového mikropočítača ATmega48PA.



Obrázok 1: Zapojenie fotoodporu VT43N1

Mikropočítač v pravidelných časových intervaloch prepočítava namerané napätie na odpor fotorezistora. Závislosť odporu fotorezistora na intenzite osvetlenia je na nasledujúcom obrázku:



Obrázok 2: Informačná závislosť odporu fotorezistora na intenzite osvetlenia pre rôzne materiály fotodetektora

2.1. Fotorezistor

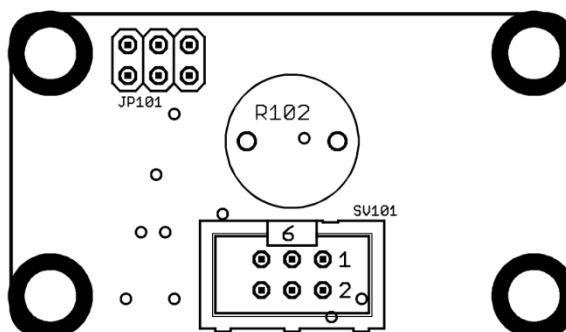
Fotorezistor je pasívna elektronická súčiastka, druh polovodičového fotodetektora. Jeho elektrický odpor klesá s rastúcou intenzitou dopadajúceho svetla (elektrická vodivosť rastie).

Princíp fotorezistoru je založený na vnútornom fotoelektrickom jave: fotorezistor je vyrobený z polovodiča s vysokým elektrickým odporom. Ak fotón svetla dostatočne krátkej vlnovej dĺžky narazí do elektrónu vo valenčnom pásme atómu, odovzdá mu svoju energiu. Elektrón tak získa dostatok energie na prekonanie zakázaného pásma a preskočí z valenčného pásma do vodivostného. Tým opustí svoj atóm a pohybuje sa ako voľný elektrón v priestore kryštálovej mriežky. Na jeho mieste vznikla tzv. diera – voľné miesto s kladným nábojom. Takto vzniknuté voľné elektróny a diery vedú elektrický prúd a znižujú tak elektrický odpor osvetleného fotorezistora.

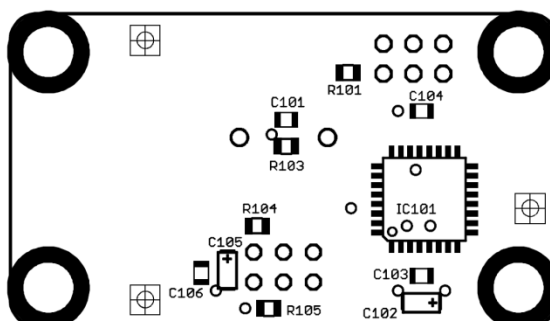
Fotorezistory majú široké využitie pri meraní a regulácii v závislosti od intenzity osvetlenia, napr. v expozimetroch kamier a fotoaparátov, súmrakových spínačoch osvetlenia, regulátoroch jasu displejov a pod. Využívajú sa tiež v obvodoch spätnej väzby v kompresoroch dynamiky, kde v kombinácii s malou osvetľovacou žiarovkou prípadne LED znižujú zisk zosilňovača v závislosti od intenzity signálu.

2.2. Popis SI02

Rozmery plošného spoja SI02 sú 46,5mm x 26,5mm. Montážne otvory s priemerom 4,2mm sú rozmiestnené v rastru 10mm (podľa kovového konštrukčného systému Eitech). Pohľady na obe strany plošného spoja senzora SI02 sú na nasledujúcich obrázkoch:



Obrázok 3: SI02 - Pohľad zhora



Obrázok 4: SI02 - Pohľad zdola

Komunikačným rozhraním senzora SI02 je rozhranie I²C vyvedené spolu so vstupom napájania na 6-pinový konektor MLW06 (SV51).

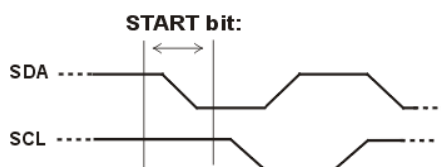
Základné parametre senzora SI02 sú zhrnuté v nasledujúcej tabuľke:

Parameter	Hodnota	Jednotka
Napájacie napätie	5	V
Odber	< 20	mA
Merací rozsah	300 – 10M	Ohm
Pracovná teplota	-40 do 75	°C

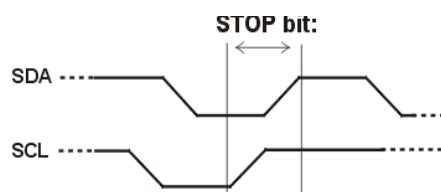
2.3. Komunikačné rozhranie SI02

Na komunikáciu so senzorom SI02 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.

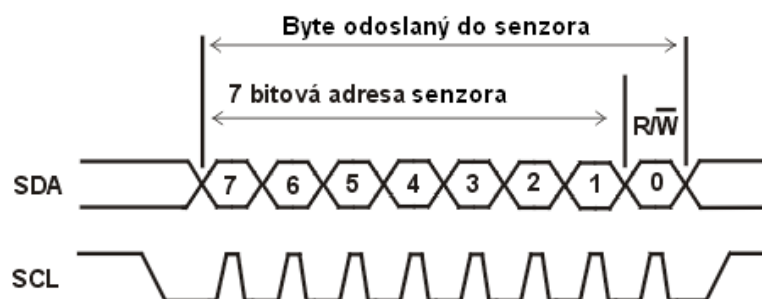
2.3.1. Základné operácie na zbernici



Vysielanie štartovacieho bitu



Vysielanie ukončovacieho bitu



Vysielanie adresy

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.

2.3.2. Adresa senzora a popis registrov

Senzor má prednastavenú adresu C0h

Názov registra	Adresa	Prístup	Popis
UOUT_LO	00h	R	Spodný byte aktuálnej hodnoty napätia
UOUT_HI	01h	R	Horný byte aktuálnej hodnoty napätia
ADR	AAh	W	Nastavenie novej I ² C adresy
ADR_RST	CBh	W	Reset I ² C adresy na prednastavenú

Spojenie horného bajtu a spodného bajtu do 16-bitovej hodnoty:

```
int voltage = UOUT_LO | (UOUT_HI << 8) & 0xFF00;
```

Prepočet aktuálnej hodnoty na napätie a odpor:

$$U_{out} = voltage \cdot 0,0048828$$

$$R = \frac{23500 - U_{out} \cdot 4700}{U_{out}}$$

POZOR: Hodnota napätia pri extrémne nízkom osvetlení môže byť nulová!