

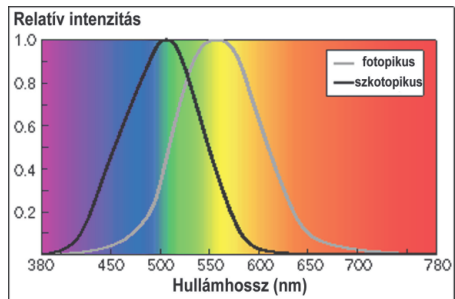


**A** látható fény érzékelése nemcsak az IoT világ (okos-város, okos-otthon applikációk) számára fontos feladat, de számos egyéb mindennapi projektben szükséges ilyen szenzorokat elhelyezni. Ilyenek az alkonykapcsolók, az LCD TV háttérvilágításának szabályozói vagy akár egyes riasztórendszerek szabotázsvédelmi megoldásai is. A kereskedelemben kapható különböző működési elvű érzékelők nagyon eltérően viselkednek, amennyiben valóban jól működő „fényérzékelőre” van szükség, akkor olyan eszközt kell választani, ami valóban az emberi szem érzékelési spektrumában, és annak érzékenységet megközelítve detektál. Írásunkban áttekintjük a különböző foto-detektorok működési alapelvét, megvizsgáljuk, hogy melyik változatokat érdemes használni és kitérünk a félvezető alapú ALS szenzor mikrokontrolleres rendszerhez való illesztési kérdéseire is.

## A látható fény érzékelésének fizikai alapjai

A fotometria a fény, mint az emberi szem által érzékelhető spektrumú elektromágneses hullám jellemzőinek mérésére alkalmazott tudomány. Az emberi szem olyan érzékszerv, mely eltérően reagál különböző hullámhosszokra és erősen szubjektív módon érzékel különböző embereknél. Ahhoz, hogy az alkalmazott mérés- és érzékeléstechnikai eljárások számára egységes fotometriai szabályrendszer legyen biztosítható, nemzetközi szabványokban foglalták össze az eljárásokat. A fotometria alkalmazása tulajdonképpen a receptorok hullámhossztól függő, eltérő érzékenységét hivatott kiküszöbölni.

A fenti szabványok nemzetközi megegyezések szerint kétféle fénymérési eljárást írnak elő, az úgynevezett  $V(\lambda)$  és a  $V'(\lambda)$  láthatósági függvény szerinti



1 | Az emberi szem spektrális érzékenysége

mérést, melyek az ún. láthatósági tényező spektrális eloszlását reprezentálják. Előbbi az emberi szem normál napközbeni fényviszonyokhoz adaptálódott fotopikus, utóbbi az alacsony megvilágításhoz tartozó szkotopikus látásra vonatkozó relatív érzékelést írja le. A két véglet között a közepes megvilágításra (alkonyat) a mezopikus fotometria eljárásrendszere biztosít átmenetet. Az alkalmazandó fényérzékelőknek a fenti körülményekhez adaptálódott emberi szemhez hasonló érzékenységgel kell rendelkezni, így  $V(\lambda)$  és a  $V'(\lambda)$  fotometrikus szenzorokat kell használni.

A fotopikus érzékelés az 555 nm-es hullámhosszú elektromágneses sugárzásra a legérzékenyebbek, azonban az érzékelni kívánt fény forrásai a látható spektrum egészén vagy annak egy részén sugároznak. Sokkal kisebb energia szükséges az emberi szem számára a sárga-zöld spektrumban keltett ugyanolyan érzethez, mint a kék és a vörös tartományokban. A gyakorlatban egy „fehér” fényforrás fényerőssége felfogható az adott hullámhosszon kibocsátott energia és az emberi szem ezen a hullámhosszon értelmezett érzékenységének szorzataként. Ezeknek az értékeknek a zöld-sárga tartománybeli láthatósághoz viszonyított értékét spektrális fényhatásfokként fogadjuk fel, melynek hullámhossz szerinti eloszlását reprezentálja a relatív intenzitást leíró

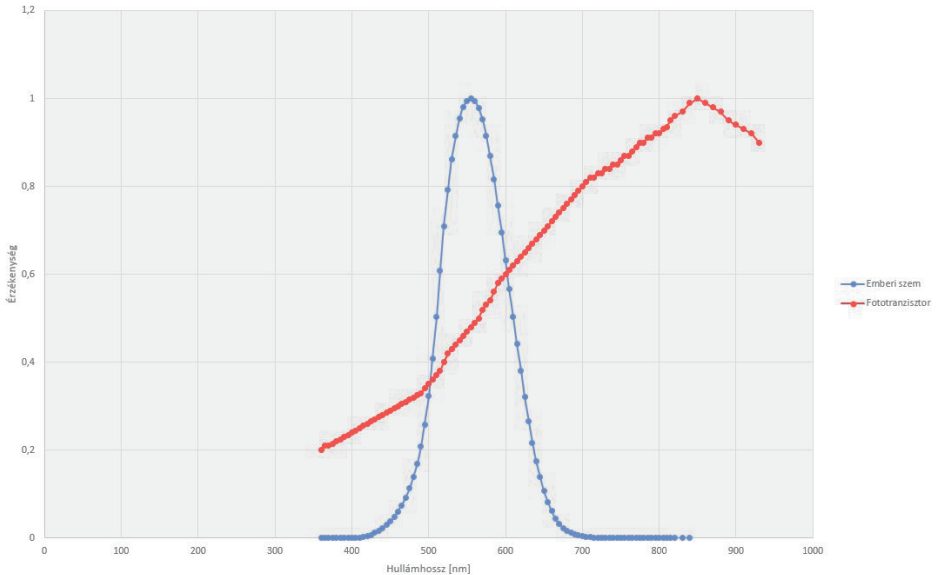
fotopikus  $V(\lambda)$  és szkotopikus  $V'(\lambda)$  láthatósági függvény, melyeket nagy számú emberen végzett vizsgálatok eredményeinek átlagolásával határoztak meg. Ezen függvények felhasználásával kapcsolat teremthető az emberi szem által, és a mérhető fizikai mennyiségek (energia kibocsátás) alapján érzékelt fényerősség között, így a láthatósági függvények alapján működő szenzorok jól reprezentálják a valóságos fényérzetet.

Miért is fontos ezen ismeretek figyelembevételre az érzékelő kiválasztásához?

Amennyiben a látható fény tartományán működő szenzorra van szükségünk, akkor ennek a szenzornak a maximális érzékenysége szerencsés, ha nagyjából egybeesik az emberi szem fotopikus láthatósági görbéjének maximumával. Ekkor tudjuk legkisebb energiavesztéssel érzékelni a fény jelenlétét. Hogy a fentieket megértsük vegyünk egy speciális példát: a feladat egy egyszerű alkonyatkapcsoló tervezése, amelyhez kézenfekvő megoldás lehet egy fototranzisztor vagy fotodióda választása szenzorként.

A 2. ábrán látható, hogy az ilyen szenzorok spektrális érzékenységének maximuma messze a szem érzékenységi maximumához tartozó 550 nm felett valahol a 850 nm hullámhosszon van, az

Az emberi szem spektrális érzékenysége és a félvezető alapú szenzor érzékenysége



2] Az emberi szem spektrális érzékenysége összevetve egy félvezető alapú szenzor spektrális érzékenység görbéjével (fototranzisztor)

infravörös tartományban, ahol az emberi szem már nem érzékel fényt. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy az ilyen szenzor, bár a látható fény tartományában is érzékel, sajnos az infravörös fényre is reagálni fog. Alkonyatkapcsoló esetén ez a megoldás bizony nyári estéken, amikor a napközben felmelegedett tárgyak, az aszfalt, a falak jelentős infravörös tartománybeli sugárzást bocsátanak ki, hamis adatot küld a vezérlés felé.

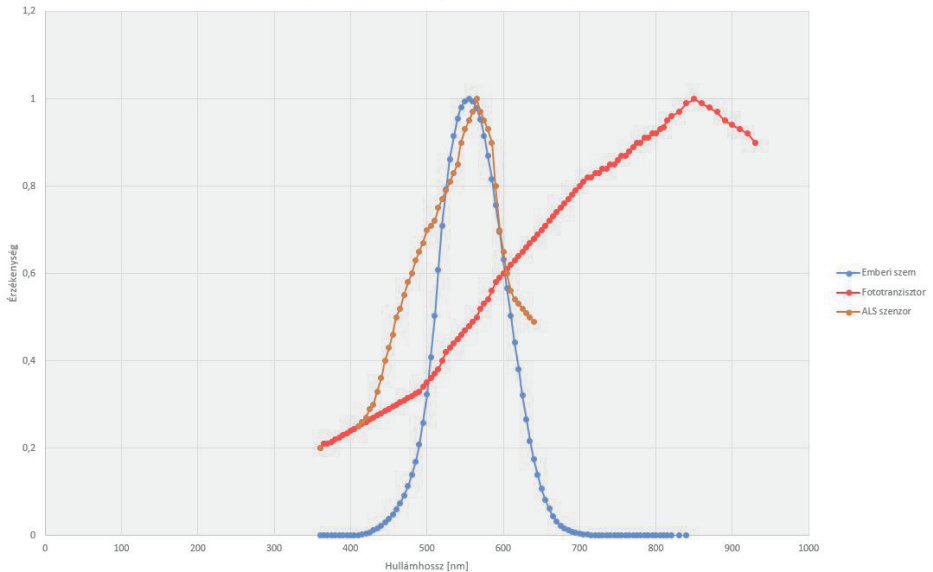
Azt fogja jelenteni a mikrokontroller számára, hogy nem szükséges a lámpákat bekapcsolni, hiszen verőfényes napsütés van. Nagyon fontos, hogy olyan

szenzort válasszunk, aminek spektrális érzékenységi maximuma a szemhez hasonló.

Ilyen kézenfekvő választás lenne a fotoellenállás (LDR), aminek egyik alapanyaga a CdS viszont sajnos veszélyes anyag, így a komponens nem felel meg az RoHS elvárásainak.

A komponensgyártók megoldása a problémára a félvezető alapú megoldások továbbfejlesztése és a fototranzisztor speciális infraszűrő bevonattal való ellátása, ami a komponens maximális érzékenységét eltolja a látható tartomány irányába.

Az emberi szem spektrális érzékenysége és a félvezető alapú szenzor érzékenysége



3] Az emberi szem spektrális érzékenysége összevetve a bevonattal rendelkező ALS és a bevonat nélküli félvezető alapú szenzor spektrális érzékenység görbéjével (fototranzisztor)

A 3. ábrán látható összehasonlításban ez jól megfigyelhető.

Az így előállított félvezető alapú látható fény szenzorok az úgynevezett ALS (Ambient Light Sensor) szenzorok, melyek teljes mértékben megfelelnek az RoHS előírásainak és funkcionalitásukban közelítik az LDR megoldásokét.

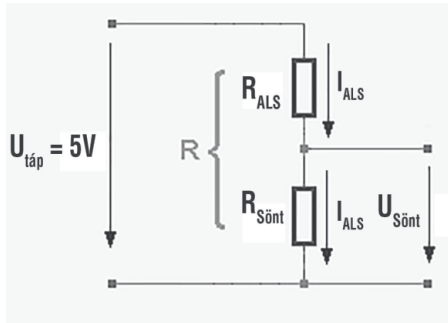
Az Everlight kínálatában szereplő ALS szenzorok közül szeretnék kiemelni két megoldást, az egyik egy analóg szenzor (ALS-PDIC15-21C/L230/TR8), a másik pedig egy digitális I2C buszos változat (ALS-DPIC17-78C/L749/TR8).

### **Analóg, felületszerelt láthatófény szenzor: ALS-PDIC15-21C/L230/TR8**

Az eszköz a fényerősség az emberi szem érzékelési spektrumában érzékelhető változására arányos, lineáris áramerősség változással válaszol. 2.5V - 5.5V közötti feszültséggel táplálható. A miniatűr SMD eszköz (3.2mm\*1.5mm\*1.05mm) egy fotodiódát és egy erősítő IC-t tartalmazó chipből áll IR szűrő bevonattal.

Az analóg kimenettel rendelkező szenzor mikrokontrollerhez való illesztését úgy oldhatjuk meg egyszerűen, hogy egy

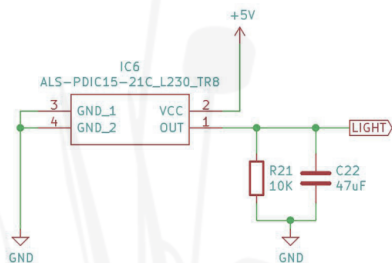
sorosan kapcsolt, azaz az ALS szenzor kimeneti áramával terhelt söntellenálláson eső feszültséget mérünk a 4. ábra szerinti elvi elrendezésben.



4) Ellenállásos osztó áramkör

Az  $U_{Sönt}$  mérését a mikrokontroller egyik analóg bemenetén elhelyezkedő belső A/D átalakító végzi, a fényerősség az  $I_{ALS}$  áram meghatározása után ( $I_{ALS} = U_{Sönt} / R_{Sönt}$ ) számítható. Ebből a fényerő - mért áram jelleggörbe alapján számítható a Lux érték.

Az illesztést és az  $I_{ALS} \sim EV$  (Lux) összefüggést az 5. ábra mutatja.

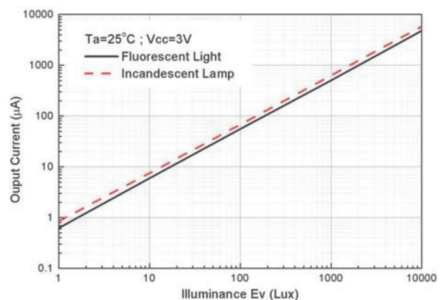


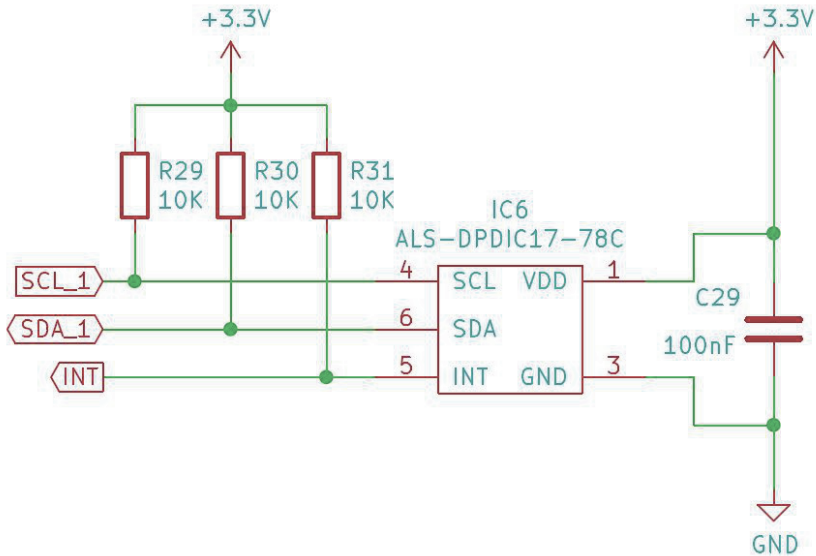
5) Az analóg ALS illesztése mikrokontrollerhez, valamint a mért áramerősség és a fényerő lineáris kapcsolata

## Digitális I<sup>2</sup>C interfésszel ellátott láthatófény szenzor: ALS-DPIC17-78C/L749/TR8A

A speciális IR szűrő bevonattal ellátott fotodióda biztosítja, hogy ez az eszköz is csak az emberi szem által érzékelhető fénytartományban működjön. A beépített 16 bites - I<sup>2</sup>C interfészen keresztül elérhető - A/D átalakítóval történő mintavételezés 0.0033Lux/lépés felbontást tesz lehetővé, a beépített alsó és felső határértékekhez rendelt megszakítás (interrupt) jelekkel egyszerűen vezérelhető az alkalmazott mikrokontroller. A maximálisan érzékelhető fényerősség 83000Lux. A kétcsatornás kimenet (emberi szem és tiszta fény) kiváló érzékelést tesz lehetővé különböző fényviszonyok között.

A mikrokontrollerhez I<sup>2</sup>C buszon keresztül csatlakoztathatjuk a szenzort és az INT (interrupt) kimenet figyelésével a beállított határértékekhez tartozó





6| A digitális ALS szenzor illesztése mikrokontrollerhez

fényviszonyok mellett különböző szoftver rutinok futtathatók (pl. fényerő emelése, csökkentése valamely impulzus szélesség modulációval ellátott digitális kimeneten keresztül).

A beépített erősítő programozható erősítéssel (x1, x4, x8, x32, X96) és az A/D konverter pedig programozható integrálási idővel (A/D mintavételezések száma) rendelkezik, melyeket belső regisztereken keresztül állíthatunk.

Ez alapján a fényerősség a következőképp számítható:

Ha a  $CH0/CH1 < 0.42$ ,  $Lux = (CH0/PGA\_ALS) * [64 / (ALSCONV + 1)] * K1$

Ha  $0.42 < CH0/CH1 < 0.61$ ,  $Lux = (CH0/PGA\_ALS) * [64 / (ALSCONV + 1)] * K2$

Ha  $CH0/CH1 > 0.61$ ,  $Lux = (CH0/PGA\_ALS) * [64 / (ALSCONV + 1)] * K3$

ahol

- CH0 CH1 az egyes kimeneti csatornák mért értékei CH0\_DATA és CH1\_DATA olvasható regiszterek (LB, HB) értékei,

- PGA\_ALS regiszter: a programozható erősítés mértéke (1X..96X)

- ALSCONV regiszter: Ennek a regiszternek az értéke mutatja meg, hogy az ADC mennyi ideig van

mintavételezésben és atározza meg a CH és CH1 csatornák felbontását.

•0x00: Maximális kimeneti lépésszám 1023, TALS = 5.513ms (default)

•0x01: Maximális kimeneti lépésszám 2047, TALS = 8.138ms

•0xff: Maximális kimeneti lépésszám 65535, TALS = 674.888ms

▪ A szenzorra jellemző kalibrációs állandók :  $K1 = 0.41$ ,  $K2=0.57$ ,  $K3 = 1.58$

Mi, az Endrich Bauelemente Vertriebs GmbH-nál készek vagyunk arra, hogy technikai és kereskedelmi oldalról is támogassuk vevőink különféle szenzort igénylő alkalmazásfejlesztését. Évtizedes tapasztalatunk a területen és a mögöttünk álló beszállítók professzionalitása a biztosíték, hogy sikeresen tudjunk együttműködni akár orvos elektronikai, általános ipari, háztartási elektronikai vagy autóiipari területen is.