

ИЗПОЛЗУВАНЕ НА ИНТЕЛИГЕНТЕН СЕНЗОР ОСВЕТЕНОСТ - ЧЕСТОТА ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА СВЕТЛИННО НИВО

Тодор С. Джамийков, ТУ София, ФЕТТ, Катедра ЕТ, e-mail: tsd@vmei.acad.bg

Марин В. Маринов, ТУ София, ФЕТТ, Катедра ЕТ, e-mail: mbm@vmei.acad.bg

Петър Д. Гугутков, ТУ София, ФЕТТ, Катедра ЕТ, e-mail: pgugi@vmei.acad.bg

Abstract. Illumination measurement based on intelligent light to frequency converter. In practice integrated sensors finds large area of application. In their structure are included primary circuits for signal processing and forming from sensor. In this manner on sensor's output have electric signal in proportion of input impact with high corresponding and large dynamic scope.

Present report examines opportunity of integrated sensor TSL 230 manufactured of Texas Instruments for measuring of illumination into photometry and energetic magnitudes. It is present output sequence of mathematical computation based on catalogue's data. Achieved numeric values are putted into algorithm and software for realized microprocessor device. It is present electric circuit of the device based on microcontroller from i8052 Family.

It is displayed results from functioning of the device and checking authenticity of data in 0.01 – 100 000 lux scope. It is recommended using sensor for illumination measuring of large dynamic scope in industrial environment.

1. Въведение.

Измерването на осветеността е необходимо в много области на науката, промишлеността, изкуството (кино, фотография). То се осъществява посредством чувствителен елемент върху който пада електромагнитния поток и който преобразува този поток в електрически сигнал. Електрическият сигнал се обработва и чрез него се съди за нивата на осветеността върху сензора. Обикновено сензора е оформен като измерителна глава, която се поставя на мястото където ще се измерва осветеността.

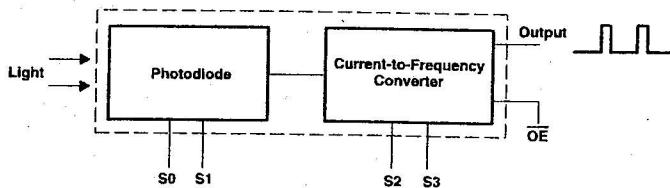
Съвременната микроелектронна промишленост предлага в момента голямо разнообразие интелигентни сензори един вид между които са и тези преобразуващи падашия електромагнитен поток в изходна честота. От една страна вградената първична обработка на сигнала от сензорния елемент и от друга високата определеност и достоверност на изходния сигнал позволяват те да се използват за измерване на съответните физични величини.

В доклада се разглежда възможност за измерване на осветеност на повърхности с помошта на сензора TSL230 на фирмата Texas Instruments и

микропроцесорна система на базата на микроконтролера AT89C52 на фирмата ATTEL.

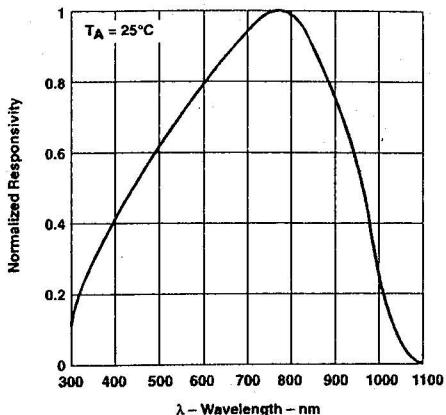
2. Формулиране на проблема.

Оптоелектронните сензори с цифров изход на Texas Instruments (TSL220, TSL230, TSL235, TSL245) са подходящи за немного бързи, но прецизни измервания в широк диапазон на видимият спектър и близката инфрачервена област. На изхода си осигуряват импулсен сигнал с постоянен коефициент на запълване, който се изменя от 0Hz до над 1MHz. Програмируемите преобразуватели на светлина в честота TSL 230, TSL 230A и TSL 230B комбинират конфигурируем силициев фотодиод и преобразувател на ток в честота в монолитна CMOS интегрална схема. Изходът може да бъде импулсна поредица или правоъгълно напрежение (коффициент на запълване 50%) с честота право пропорционална на интензитета на светлината. Чувствителността на устройствата е избираема в 3 диапазона, осигурявайки 2 декади на настройка. Всички входове и изходи са TTL съвместими позволяващи директна двупосочна комуникация с микроконтролер за програмиране и изходен интерфейс. Осигурен е вход за разрешаване на изходите (OE), който ги привежда във високоимпедансно състояние при едновременно свързване на множество схеми към входната линия на микроконтролера. На фигура 1 е показана функционалната схема на сензора. На фигура 2а,б са представени спектралната характеристика и предавателната характеристика в различните режими.

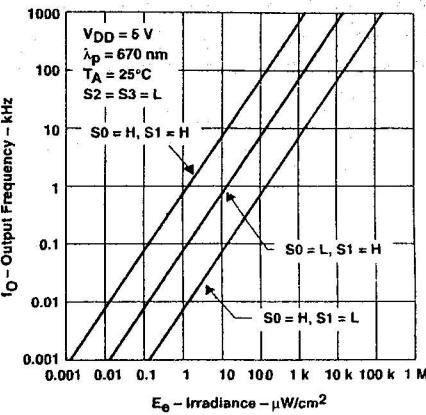


Фиг.1 Функционална схема на сензора.

От характеристиките на сензора се вижда, че изходната честота може директно да се свърже с осветеността на сензора при положение, че потока е монохроматичен и се знае неговата дължина на вълната. В най-общ случай това условие не е изпълнено.



Фиг.2.а Спектрална характеристика



Фиг.2.б Предавателна характеристика на сензора TSL 230.

Проблемът, който е необходимо да се реши, е да се намерят математичните зависимости, които свързват честотата на изходния сигнал на сензора с величината и спектралната пътност на реалния източник създаващ падащата осветеност. Втората стъпка която е необходимо да се направи да се реализира микропроцесорна система с работещ алгоритъм на базата на изведените формули и се провери работоспособността му.

3. Решение на проблема

Изходният сигнал от сензора ще постъпва в микропроцесорна система. В нея ще има програма която ще измерва постъпващата честота. В клетка от паметта на микроконтролера ще се запише число което съответства на входната честота.

Математическата обработка на резултата включва преобразуването му от честота Hz в осветеност $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ или I_x . Има две понятия, които се свързват с измерването на физичните величини, характеризиращи електромагнитното излъчването: **радиометрията** – измерва физични величини, характеризиращи излъчването в целия електромагнитния спектър (радиометричните единици могат да се използват и за измерване на светлинното излъчване, тъй като видимият спектър е част от електромагнитния); **фотометрията** – измерва величините, свързани с видимите за човешкото око излъчвания – т.е. само тази част от електромагнитния спектър, към която е чувствително човешкото око $380 \div 770 \text{ nm}$.

Осветеността E се измерва в $\mu\text{W}/\text{cm}^2$, когато правим измервания за целия спектър, и в I_x (което е Im/m^2), когато измерваме във видимият спектър. Друг параметър, който оказва влияние върху крайният резултат е вида на светлинния

източник. В случая избираме два типа светлинни източника: абсолютно черно тяло с температура 5800К (максимално близка спектрална характеристика до тази на слънчевата светлина) и източник тип А с температура 2856K (спектърът е близък до този на лампа с наеждаема жичка).

Зависимостта която описва спектралното разпределение на електромагнитния поток от така избрани топлинни източници се дава от уравнението на Планк:

$$R(\lambda, T) = \frac{C1 \cdot 10^{12}}{\lambda^5 \left[e^{\left(\frac{C2}{\lambda \cdot T} \right)} - 1 \right]} \left[\frac{\text{watt}}{\text{m}^2 \cdot \mu\text{m}} \right]$$

където $C1=3,744 \cdot 10^{-4} \text{ W}/\mu\text{m}^2$ и $C2=1,439 \cdot 10^4 \text{ } \mu\text{m} \cdot \text{K}$ са константи, T е температурата в Келвини, а λ е дължината на вълната в микрометри.

За по-голяма яснота при извеждането на формулите за пресмятане на резултата, ще дефинираме някои константи, променливи и понятия:

E (осветеност) $\mu\text{W}/\text{m}^2$ или $1x$ – потока лъчение, което пада върху определена повърхност. Мощността на електромагнитното лъчение се измерва във W ват, мощността на светлинното излъчване (електромагнитно лъчение с дължина на вълната от 380 до 770 μm) се измерва в 1m (лумен). Връзката между двете при дължина на вълната 555 μm (за тази стойност човешкото око има максимална чувствителност) се дава със следната зависимост:

1 Watt = 683 lumens, тогава за осветеността на тази дължина на вълната ще имаме $1.\text{W}/\text{m}^2 = 683.1x$, тъй като $1\text{lx} = 1\text{lm}/\text{m}^2$.

S (спектрална чувствителност на фотоприемника) $\text{Hz}/(\mu\text{W}/\text{cm}^2)$ – показва с колко херца се променя изходният сигнал при единица промяна на входната осветеност.

$\text{Max}\{S(\lambda)\}$ (максимална чувствителност на фотоприемника) – от спектралната характеристика на чувствителността фиг. 2.а за сензора TSL230, който предлага фирмата Texas Instruments се вижда, че максималната чувствителност е при 780 nm.

$\eta_{\text{око}}$ (коффициент на използване на окото) – коффициент даваш представа, каква част от падащия електромагнитен поток предизвиква светово усещане. За $T=2856\text{K}$ $\eta_{\text{око}}=0.024$, а за $T=5800\text{K}$ $\eta_{\text{око}}=0.136$.

$\eta_{\text{Фп}}$ (коффициент на използване на фотоприемника) – показва каква част от падащия върху фотоприемника електромагнитен поток, предизвиква полезен изходен сигнал. За $T=2856\text{K}$ $\eta_{\text{Фп}}=0.197$, а за $T=5800\text{K}$ $\eta_{\text{ок}}=0.475$.

$F \text{ Hz}$ – изходната честота на сензора (честотата измерена с контролера).

На базата на направените по-горе дефиниции могат да бъдат изведени следните зависимости:

За сигнала получаван от сензора при облъчване от източник с известна спектрална плътност имаме:

$$F[\text{Hz}] = \max\{S(\lambda)\} \max\{E(\lambda)\} \int_0^{\infty} S(\lambda) E(\lambda) d\lambda$$

където: S, E са чувствителността на сензора и осветеността в относителни единици. Връзката между измерената честота и осветеността на сензора изразена в енергетически величини може да запишем в следния вид:

Практически след измерването на честотата, резултата трябва да се умножи по коефициент определен от техническите характеристики на сензора.

$$E[\mu\text{W/cm}^2] = \frac{1}{\max\{S(\lambda)\}} F[\text{Hz}] = K \cdot F$$

От зададените каталожни данни фиг. 2.а и б, намираме стойността на $\max\{S(\lambda)\}$

$$\max\{S(\lambda)\} = 872,11 \cdot \left[\begin{array}{l} \frac{\text{Hz}}{\mu\text{W}} \\ \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}^2} \end{array} \right]$$

$$K = 1/\max S = 0.00115,$$

Когато е необходимо да се измери осветеност във фотометрични величини, формулата за връзка има вид:

$$E[\text{lx}] = \frac{683 \cdot \eta_{oko}}{\max\{S(\lambda)\} \eta_{\phi_n}} F[\text{Hz}] = A \cdot F$$

В този случай се вижда, че коефициента по който трябва да се умножава измерената честота се изчислява по сложен начин. Предварително трябва да са изчислени коефициентите на използване на окото и сензора за спектралната плътност на потока. Изчислени за предварително избраниите два типа източници коефициентите ще бъдат следните:

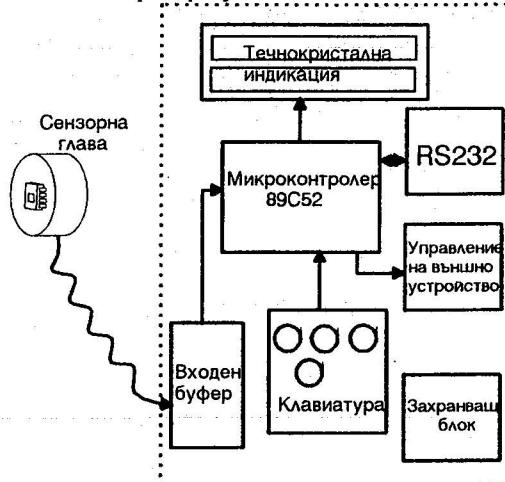
$$\text{За } 2856K - A = 9,54 \cdot 10^{-4}$$

$$\text{За } 5800K - A = 0,00224$$

След определяне на коефициентите те се въвеждат в паметта на контролера и резултата просто се умножава с един от тях в зависимост от това какъв режим на измерване сме избрали.

На базата на изведените зависимости и определени константи е реализирана микропроцесорна система на базата на микроконтролера AT89C52 с блокова схема представена на фигура 3. Съставните части са: микроконтролер, клавиатура състояща се от 4 бутона за избор на режима на работа, течнокристална индикация за изобразяване на резултатите, блок за управление на външно устройство, входен

буфер за предварителна обработка на сигналите от сензорната глава, сензорна глава в която е разположен преобразувателя осветленост-честота и захранващ блок.



Фигура 3 Блокова схема на микропроцесорната система.

4. Заключение.

Предложените последователности от математични действия и определените кофициенти въведени в програмата на микропроцесорен модул дават възможност за измерване на осветленост в енергетични и фотометрични величини с помощта на оптоелектронни сензори с цифров изход. Резултатът, получен след измерването се визуализира на 2x16-редов течнокристален дисплей в различни измервателни единици. Уредът има добър работен обхват – от $0.001\mu\text{W}/\text{cm}^2$ до около $130\text{ mW}/\text{cm}^2$. и от 1 лукс до 100 000 лукса за два вида източници.

Литература

1. Texas Instruments – Light to frequency converters Data Sheet
2. 3. Каракехайов, Едночипови микрокомпютри, Техника, 1998г.
3. Axel Ryer, Light Measurement Handbook, ISBN 0-9658356-9-3, 1997