

ОПТОЕЛЕКТРОННА ИНФРАЧЕРВЕНА ОХРАНИТЕЛНА ЗАВЕСА

OPTOELECTRONIC INFRARED SAFETY CURTAIN

Draganov Nikola

*Technical university of Gabrovo
Department of Electronics
Laboratory of Sensors technology*

Vasilev Stilyan

*Technical university of Gabrovo
Department of Electronics
Laboratory of Sensors technology*

Abstract

Optoelectronic transducers are widely used in the security and signaling equipment. They are also widely used in labor protection systems in different types of manufacturing centers and factories. There they take care of the safe conduct of the production process.

The report presents a development of an infrared security curtain with application in the industry using hazardous machinery and equipment.

The presented work features an easy and affordable element base and an opportunity for a variety of applications.

Keywords: infrared sensors, infrared barrier, infrared safety curtain.

ВЪВЕДЕНИЕ

С развитието на електрониката и по-специално на сензорната и оптоелектронната техника, настъпва развитие и на сигналоохранителната техника. На базата на различни сензорни механизми се изграждат сензорни устройства, позволяващи детектиране на различни параметри, специфични за конкретните приложения [1]. В същото време в тежката промишленост като металургия, машиностроене, автомобилостроене и други подобни, широко се прилагат охранителни системи, охраняващи операторите по време на изпълнение на технологичните операции.

Изграждат се различни конфигурации на инфрачервени (IR) охранителни системи [3]. Разработват се основно в две области за охрана (фиг.1) – на помещения, зони с висока сигурност, офиси, гаражи, магазини и др. подобни и за безопасност и охрана на труда (фиг. 2) – при режещи машини, преси, поточни линии с роботи, установки с високи напрежения и др. При първите към разработените системи се изисква не само малко време за реакция, но и надеждност на излъчвания и приетия инфрачервен сигнал. Прилага се кодиране и защита на оптичния сигнал и канал с цел предотвратяване на неправомерен достъп [3, 4, 5, 6, 7].



Фиг. 1. Инфрачервена завеса за охрана на достъпа

В случаите, когато инфрачервените завеси се използват за охрана на труда по време на работа с опасни машини, особено внимание се обръща не толкова на кодирането на сигнала, колкото до широчината и плътността на създадената охранителна зона – завеса [1, 3].

С цел уточнение наименованията „завеса“ и „бариера“ не трябва да се възприемат в буквален смисъл. Те показват начините за формиране на инфрачервения сигнал между инфрачервения предавател и инфрачервения приемник. Наименованието „бариера“ се използва когато системата е с един инфрачервен лъч, а „завеса“ с много, най-често десетина инфрачервени лъчи [4].



Фиг. 2. Инфрачервена завеса, осигуряваща безопасност на труда

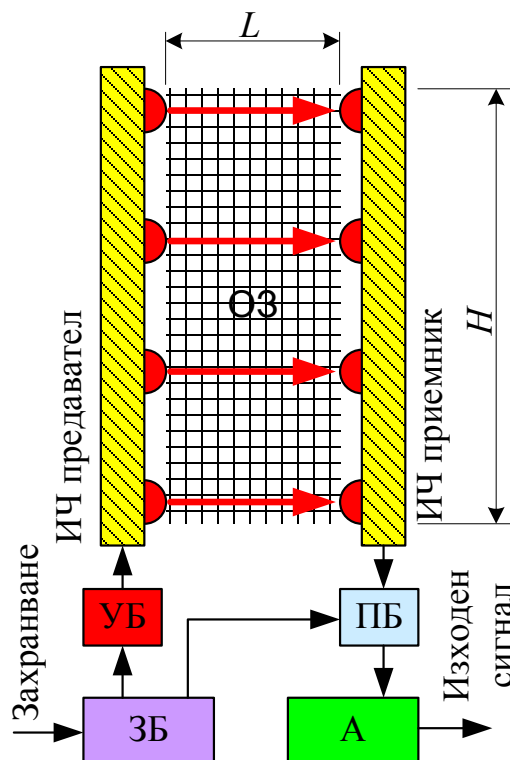
Целта на настоящата статия е да опише една реална примерна разработка на инфрачервена оптоелектронна завеса с приложение в системите за охрана на труда.

ПРЕДСТАВЯНЕ

Блоквата схема на разработената инфрачервена завеса е представена на фиг. 3. Тя се състои от инфрачервен предавател, излъчващ инфрачервени лъчи към инфрачервен фотоприемник, който ги приема и преобразува в електрически сигнал. Предавателят и приемникът са разположени така, че между тях е охраняваната зона ОЗ или т. нар. инфрачервена завеса. Управляващият блок УБ има за цел да формира подходящ електрически сигнал за управление на предавателя, а приемният блок ПБ да формира управляващ сигнал за актуатора А. Коректната работа на устройството се осигурява от стабилния захранващ източник.

Работата на устройството се свежда до генериране на сигнал за сработване на защита от актуаторния блок при попадане на препятствие в ОЗ, без значение в коя част.

Разработената система е с универсално приложение, тъй като позволява разширяване на площта и плътността на ОЗ.

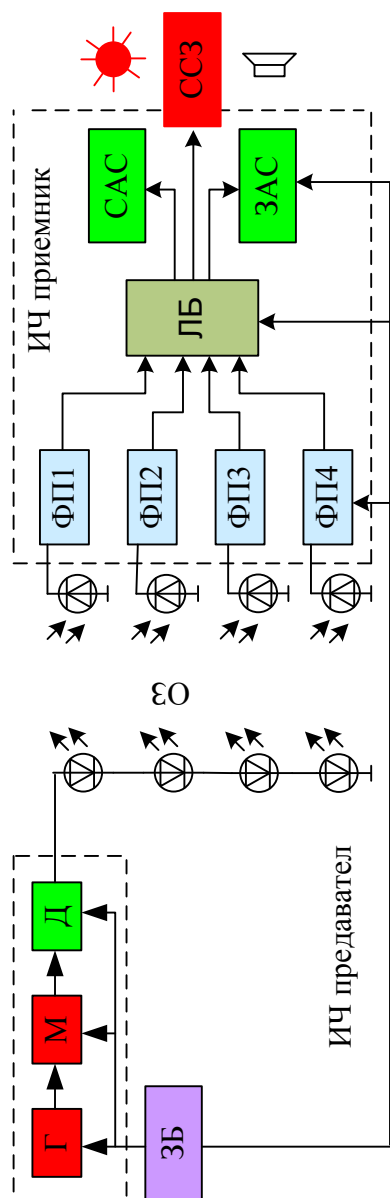


Фиг. 3. Блокова архитектура на инфрачервена завеса за охрана и безопасност на труда

На фиг. 4 е представена пълната блоквата схема на оптоелектронната инфрачервена охранителна система. С цел увеличаване на широчината на ОЗ (разстоянието между предавателя и приемника), излъченият инфрачервен сигнал трябва да бъде модулиран. За тази цел предавателят е изграден от генератор (Г) и модулатор (М). Първият генерира правоъгълни импулси с висока честота, а вторият ги пропуска за определен интервал от време с по-ниска честота. Формират се пакети от импулси, които чрез драйвера Д се предават към инфрачервените светодиоди. Последните са четири, разположени на подходящо разстояние.

Постъпващият ИЧ сигнал във фотоприемниците ФП, се преобразува в постоянно логическо ниво. Формират се четири сигнала, от четирите фотоприемника, независимо един от друг. Сигналите постъпват в логическия блок ЛБ. Той променя своето ниво на изхода само, ако един от ИЧ лъчи, разпространяващи се в ОЗ, бъде прекъснат. Генерираният сигнал от ЛБ се използва за задействане на защитното устройство, как-

то и за светлинна СС и звукова ЗС сигнали-
зация.



Фиг. 4. Блокова схема

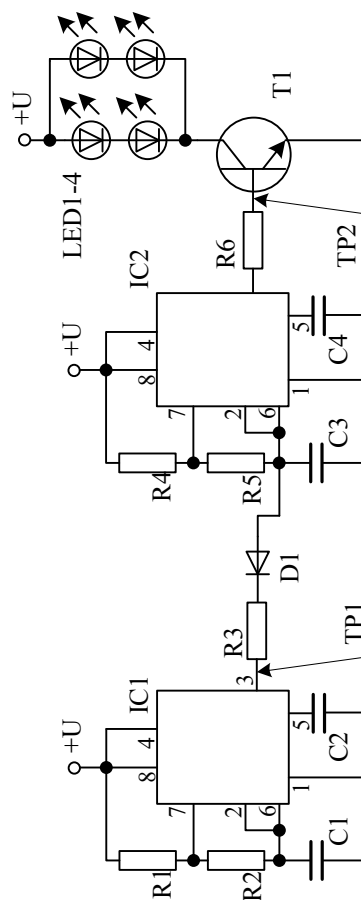
На фиг. 5 и фиг. 6 са представени опростени принципни електрически схеми съответно на предавателя и приемника.

Предавателят е реализиран на базата на специализирана интегрална схема NE555. В случая сигналът от първия генератор управлява работата на втория, като по този начин се получават пакети от импулси с повторение, равно на честотата на сигнала генериран от IC1.

За честотата, генерирана от IC1 (модулатора), може да се запише:

$$f_{oIC1} = \frac{1}{0,69 \cdot (R1 + 2R2) \cdot C1} \quad (1)$$

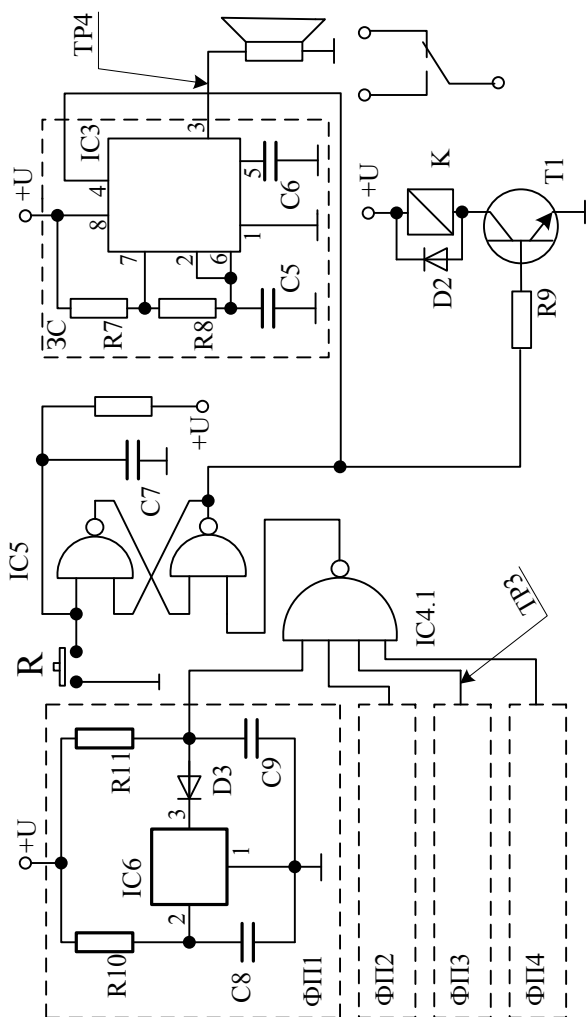
Тъй като от тази честота зависи работата на фотоприемниците, то стойностите на елементите в RC групата трябва да бъдат избрана така, че генерираната честота да бъде в интервала от 700Hz до 800Hz (защо, понататък). Следователно, за честота на модулятора $f_{oIC1} = 709\text{Hz}$ стойностите на елементите са: $R1=R3=4,7\text{k}\Omega$, $R2=100\text{k}\Omega$, а $C1=10\text{nF}$.



Фиг. 5. Опростена принципна електрическа схема на инфрачервен предавател

Аналогично могат да бъдат определени параметрите на генератора. Неговата честота трябва да е $f_{oIC2}=38\text{kHz}$. Стойността е продиктувана от факта, че за фотоприемници се използват интегрални инфрачервени фотоприемници тип TSOP4838. Стойностите на елементите на RC групата на генератора са $R4=4,7\text{k}\Omega$, $R5=20\text{k}\Omega$, $C3=1\text{nF}$.

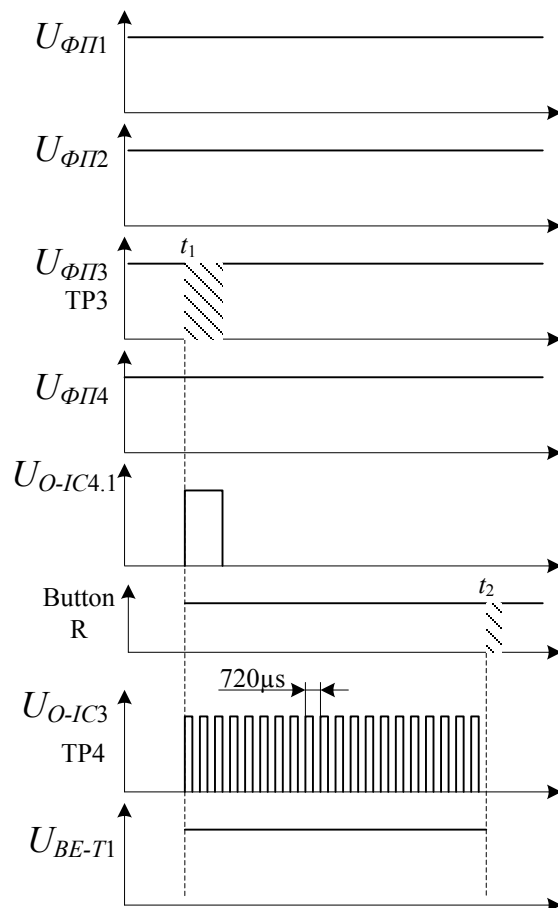
Сигналите на модулятора и генератора са показани на фиг.8.



Фиг. 6. Опростена принципна електрическа схема на четириканален инфрачервен фотоприемник

Приемникът е реализиран на базата на четири еднотипни интегрални фотоприемници, тип TSOP4838 [3]. Всеки от тях работи абсолютно независимо от другите и генерира свой електрически сигнал при облъчване с инфрачервен сигнал с определена дължина на вълната и честота на пулсациите [1, 2]. Последните две условия се осигуряват от инфрачервените светодиоди и генератор-модулаторната група на предавателя. Схемата на включване на всеки интегрален фотоприемник (фиг. 6) (IC6-IC9) е такава, че осигурява високо логическо ниво на изхода при облъчване. Четирите логически сигнала постъпват на входовете на четириходов логически елемент И-НЕ. Последният установява изхода си в състояние „0” само, когато всеки от четирите лъча на светодиодите постъпва към съответния фотоприемник. При прекъсване само един от лъчите, ще се предизвика промяна на

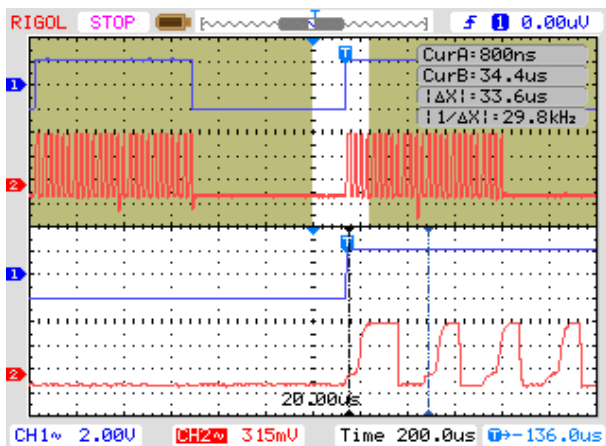
състоянието на съответния вход на логическия елемент в л. „0”, което ще промени изхода му в състояние „1”. Това ниво дава информация за нарушение, като задейства звукова сигнализация ЗС и защита – изключване на съответното съоръжение или машина.



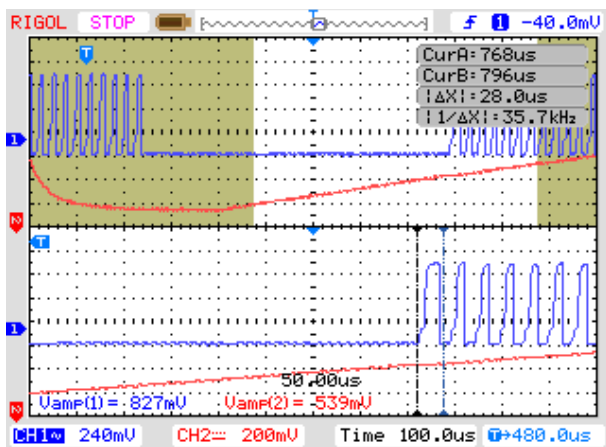
Фиг. 7. Реални времедиаграми, описващи алгоритъма на работа на фотоприемника

На фиг. 7 са представени времедиаграми, описващи начина на работа на устройството. Изобразяването им по този начин е продиктувано от необходимостта от заснемането им с многоканален (в случая минимум 4) осцилографиращ измервателен уред. Представните времедиаграми са пречартани от реално заснетите осцилограми. С t_1 е отбелязан моментът, в който настъпва нарушение – прекъсване на лъч 3 към ФП3. В този момент нивото на неговия изход спада за времето, през което е бил прекъснат лъча и отново се възстановява. Обаче, полученият краткотраен спад предизвиква инвертиране на нивото на изхода на четириходовия елемент. Така от „0” то за кратко пре-

минава в „1” и отново се връща в „0”. Това краткотрайно нулево ниво сработва \overline{RS} тригера и той запуска аварийния сигнал, респективно сигнал за сработване на защита (контролна точка TP4). Едва в момента t_2 , след натискането на бутона R (гледай внимателно фиг. 6 и фиг. 7) тригерът обръща състоянието си и защитният сигнал отпада. Схемата продължава да „следи” за следващо нарушение в ОЗ.



а)



б)

Фиг. 8. Времедиаграми заснети в отделните контролни точки: а) TP1 (канал 1), TP2 (канал 2); б) TP2 (канал 1), TP3 (канал 2); в) TP1 (канал 1), TP4 (канал 2)

Захранващият блок ЗБ е реализиран по класическа схема с мрежов трансформатор, мостов диоден изправител и стабилизатор на напрежение. Той осигурява захранващо напрежение $U=5V\pm 5\%$ и за двете схеми, преобразувано от мрежата $\sim 230V/50Hz$.

Разработеното устройство притежава следните параметри: захранващо напрежение – $230/50Hz$; консумиран ток – $38mA$; дължина и височина на охраняваната зона

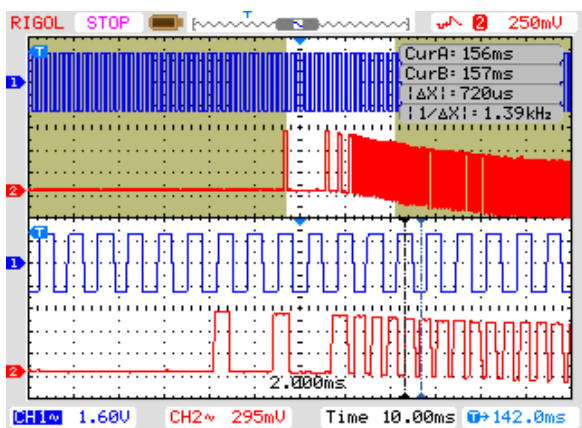
(завесата) съответно: $L=0,3\div 10m$ и $H=1m$; брой на оптоелектронните преобразователни двойки – 4. – Тук възниква моментът, продиктуван от направени коментари, относно невъзможността за достигане на отразените стойности за параметри L и H . – Необходимо е да се отбележи, че повечето съвременни електронни устройства с дистанционно управление възприемат и изпълняват командите от своя IR дистанционен пулт от разстояние до $15-20m$, притежаващи само един светодиода, захранван с 2 батерии по $1,5V!!!$

Описаните параметри на ОЗ – L и H , са постигнати чрез използване на четири групи инфрачервени двойки светодиода-фотоприемник, разположени през $20cm$ на рамка с дължина $1m$. Пред всеки от тях е поставен оптичен полимерен филтър, пропускащ светлина с дължини на вълната от $\lambda=950nm$ до $\lambda=1000nm$ [3]. При разстояние между предавателя и фотоприемника $L<0,3m$ сензорната система проявява мъртва зона, която се дължи на конусовидната диаграма на разпределение на светлинния поток от светодиодите, при което поставянето на препятствие в зона с дължина под $30cm$ не предизвиква реакция на схемата [1, 2, 4].

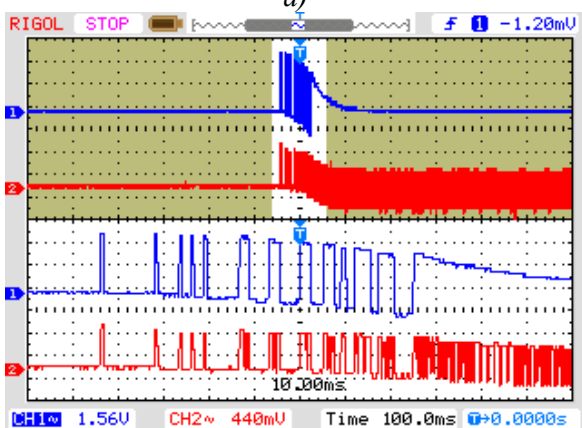
На фиг. 8 и фиг. 9 са представени реални времедиаграми, заснети в отделните контролни точки на двете схеми. Двата налични канала на измервателното устройство и неговите възможности позволяват следенето само на два параметъра, а именно: сигналите на изходите на генераторните схеми в предавателя (фиг. 8а); сигналът от изхода на един от фотоприемниците (ФПЗ–TP3) спрямо предадения модулиран и приет инфрачервен сигнал (TP2) (фиг. 8б) и моментът на формиране на защитния и алармения сигнал при постъпване на нарушение (фиг. 9).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

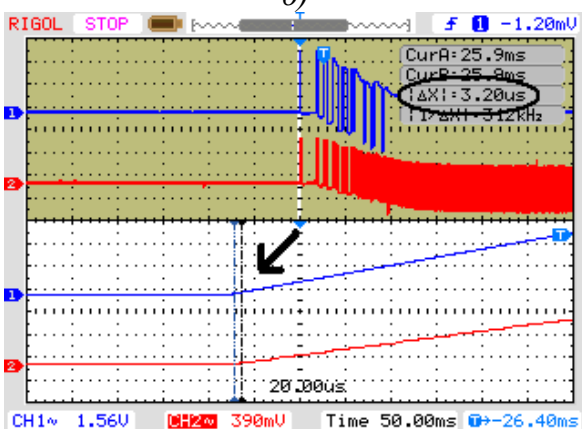
Синтезирано, реализирано и изследвано е схемотехнично решение на оптоелектронна инфрачервена охранителна завеса. Тя е предназначена да осигурява безопасност на труда, ограничавайки достъпа на човека (оператора) до работещо съоръжение, чрез задействане на електрическа защита, изключване или спиране на съоръжението при навлизане в нея.



а)



б)



в)

Фиг. 9. Времедиаграми заснети в отделните контролни точки: а) TP1 (канал 1), TP4 (канал 2); б) TP3 (канал 1), TP4 (канал 2); в) TP3 (канал 1), TP4 (канал 2) времето на реакция на схемата

Разработени и предложени са блокова и принципна електрическа схема, като е описано тяхното функциониране.

Проведени са реални (правилно, не симулационни) експериментални изследвания, доказващи работата и функционалността на устройството, чиито резултати са обработени и визуализирани във времедиаграмите, представени на фиг. 7.

Разработеното реално инфрачервено електронно устройство се захранва със стандартно еднофазно мрежово напрежение $\sim 230\text{V}/50\text{Hz}$, консумацията му и в двата режима – охрана и аларма е 38mA , времето за реакция е $3,2\mu\text{s}$ (фиг. 9в), максимална площ на охраняваната зона – *Secure Area* = $L \times H = (0,3 \div 10)\text{m}^2$, поради наличието на пасивни IR филтри работата на устройството, съответно и параметрите на охраняваната зона, се запазват при дневна светлина и такава от конвенционални светлинни източници.

Разработената оптоелектронна инфрачервена охранителна завеса като схемотехнично решение се характеризира с достъпност на компонентите, лесна изработка и настройка, лесен монтаж пред охраняваното съоръжение, ниска цена и в същото време висока ефективност, сравнима с тази на водещи производители на подобни устройства [6, 7].

Устройството може да се използва в различни производствени предприятия, цехове и работилници, използващи машини и съоръжения, изискващи повишено внимание при работа.

REFERENCE

- [1] Draganov, N., SENSORS. Principles, Structure, Technology, Characteristics, Parameters and Applications. PART 1. Publishing House X-Press, Gabrovo, Bulgaria, 2014, ISBN 978-954-490-435-7
- [2] Draganov, N., SENSORS. Principles, Structure, Technology, Characteristics, Parameters and Applications. PART 3. Publishing House X-Press, Gabrovo, Bulgaria, 2017 ISBN 978-954-490-550-7
- [3] Kolev, I., E. Koleva. Coherent optoelectronics. Avtoprint, Plovdiv, 2008, ISBN 978-954-8932-46-2
- [4] Kolev, I., Ts. Karadzhov, E. Koleva. Optoelektronics. Manual for laboratory exercises. Vasil Aprilov, Gabrovo, 2006, ISBN 954- 683-328-2
- [5] Kolev, I., E. Koleva. Infrared optoelectronics. Vasil Aprilov, Gabrovo, 2008, ISBN 978-954-683-402-7
- [6] SICK Sensor Intelligence, www.sick.com, Products catalogue, Safety light curtains, April 2017
- [7] PILZ, www.pilz.com, Products and solutions, Safety light curtains, April 2017.