



базе Центра Высоких Технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

Статья отправлена: 10.11.2017 г.

© Жуков Е.М., Тетерина И.А., Любимый Н.С.

ЦИТ: ua317-017 DOI: 10.21893/2415-7538.2017-07-1-017

УДК 681.784:612.84

## РАЗРАБОТКА СТРОБОСКОПА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ИНЕРЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЗРЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА

## DEVELOPMENT OF A STROBOSCOPE FOR STUDYING THE INERTIAL PROPERTIES OF THE VISION OF THE HUMAN

к.т.н., доц. Прытков С.В. / c.t.s., as.prof Prytkov S. V.

бакалавр Лапшов М.О. / bachelor Lapshov M.O.

МГУ им. Н. П. Огарева, Саранск, ул. Большевистская, д. 68, 430005

National Research Mordovia State University, Saransk, Bolshevistskaya Str. 68, 430005

*Аннотация.* В работе рассматривается лабораторный стенд, предназначенный для изучения инерционных свойств зрения человека. Стенд можно использовать для определения критической частоты слияния мельканий в случае П — образных световых стимулов и демонстрации эффективной яркости. В статье описывается принцип действия стробоскопа, приводится его структурная схема и листинг программы управления.

*Ключевые слова:* инерция зрения, критическая частота слияния мельканий, закон Табольта, эффективная яркость, стробоскоп, RGB светодиоды, Raspberry Pi 3, язык программирования Python.

Инерция – важное свойство человеческого зрения. Благодаря ей мы можем смотреть кино и мультфильмы, играть в компьютерные игры, изменять яркость светодиодных светильников. Но помимо сугубо полезных её проявлений есть и опасные, такие как стробоскопический эффект на производстве, когда вращающаяся деталь кажется неподвижной. Инерционные свойства зрения безусловно широко освещены в научной, научно-популярной и учебной литературе. Однако, как показывает опыт, студенты чаще всего руководствуются правилом «лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать или прочитать». Цель данной статьи – описать стробоскоп, разработанный сотрудниками и студентами института электроники и светотехники ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарева» для образовательных целей.

Как известно, эффективная яркость – физическая величина, связанная с ощущением яркости объекта  $S$  (рис. 1). При длительном действии яркости  $L$ , эффективная яркость  $L_e$  будет на прямую зависеть от  $L$ , и можно считать, что в данном случае обе величины будут равны  $L_e = L$ . Но эффективная яркость  $L_e$  перестает быть равной яркости  $L$ , как только  $L$  становится величиной, переменной во времени. Здесь уже нарушается однозначная зависимость между действующей в данный момент яркостью и ощущением яркости. Эффективная яркость начинает выполнять функцию количественной характеристики зрительного ощущения [1].

Критической частотой слияния мельканий называют частоту, при которой



наблюдатель перестает видеть мелькания (максимальная и минимальная яркость). В нашей установке осуществлена возможность мгновенного перехода от  $L_{\min}$  до  $L_{\max}$ , с П-образным графиком зависимости действующей яркости от времени.

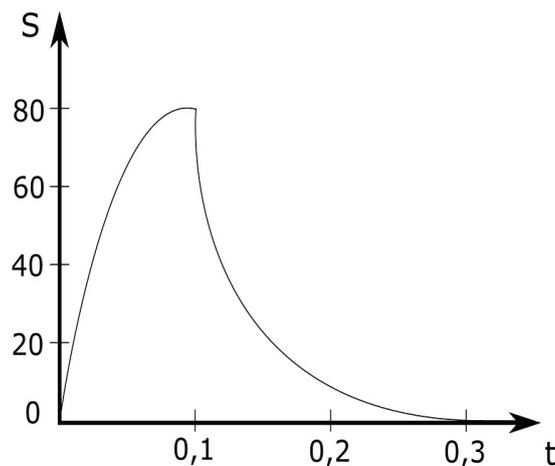


Рис. 1 – зависимость ощущения яркости объекта от времени

Устройство состоит из:

1. Блока генерации импульсов (БГИ) для создания П-образных световых импульсов на базе одноплатного компьютера Raspberry Pi 3.
  2. Блока усиления (БУ) для сопряжения одноплатного компьютера Raspberry Pi с RGB лентой.
  3. Камеры смещения для формирования однородного излучения.
- Структурная схема установки «Strobos» приведена на рисунке 2.

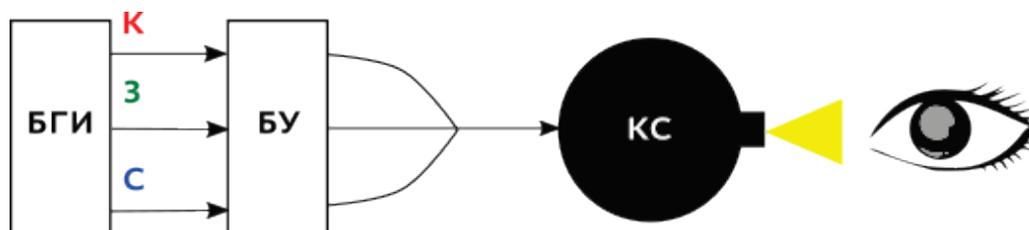


Рис. 2 — Структурная схема установки Strobos

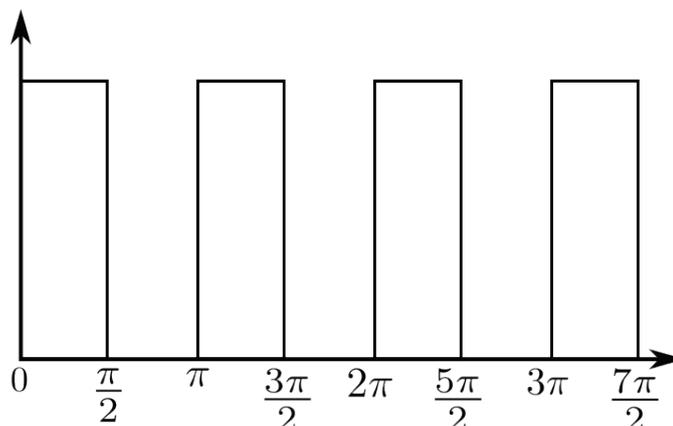


Рис. 3 – П-образные световые импульсы, формируемые БГИ

БГИ генерирует П-образные световые импульсы (рис. 3). Для этого на



одноплатном компьютере Raspberry Pi 3 используется один из портов GPIO, работа которого управляется программой на языке Python. Исходный код программы приведен в листинге 1 [2].

Программа имеет интерфейс командной строки. Ей передаются 2 числа, причём 1-е число — это длительность светового импульса  $\tau_1$ , а 2-е число — это длительность паузы  $\tau_2$ . Период определяется суммой этих двух чисел.

### Листинг 1 — программа управления стробоскопом

```
#!/usr/bin/env python3
# импортируем библиотеку для работы с портами ввода-          # вывода общего
назначения
import RPi.GPIO as GPIO
# импортируем библиотеку для взаимодействия с
# операционной системой
from os import sys
# импортируем библиотеку для работы со временем
import time
# настраиваем порт №18 на вывод
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(18, GPIO.OUT)
# цикл включения-выключения светодиода
try:
    while True:
        GPIO.output(18, True)
        time.sleep(float(sys.argv[1]))
        GPIO.output(18, False)
        time.sleep(float(sys.argv[2]))
except KeyboardInterrupt:
    GPIO.cleanup()
    sys.exit(0)
4.
```

Данная программа позволяет изменять  $\tau_1$  и  $\tau_2$ , и как следствие регулировать в широком диапазоне частоту мельканий

Как известно [1] критическая частота слияния мельканий  $\nu_{кр}$  зависит от многих факторов. Укажем на некоторые из них:

1. Яркость  $L$  наблюдаемой картины;
2. Отношение  $\tau_1$  ко всему периоду  $T$  (коэффициент заполнения):

$$\varphi = \frac{\tau_1}{\tau_1 + \tau_2} \quad (1)$$

3. Глубина модуляции яркости при мельканиях (амплитуда модуляций):

$$a_m = \frac{L_1 - L_2}{L_1 + L_2} \quad (2)$$

где  $L_1$  и  $L_2$  — максимальная и минимальная яркость стимула. В нашем случае  $L_2 = 0$ ,  $a_m = 1$ ;

4. Угловой размер поля зрения;
5. Форма кривой, выражающая повышение и понижение яркости. В нашем случае она является П-образной (см. рисунок 3).

Для нашего случая отношение длительности светового импульса ко всему периоду, обозначенное как  $\varphi$ , составляет 0.5. Согласно работам Портера [3] и



Айваса [4] формула выражающая зависимость  $\nu_{кр}$  при П-образных световых импульсах выглядит следующим образом:

$$\nu_{кр} = 12,4lg a_m L + 39,5 \quad (3)$$

Для данной установки разработаны 2 эксперимента. Суть первого эксперимента заключается в том чтобы сравнить теоретическую критическую частоту слияния  $\nu_{кр}$  определенную по формуле 3 с  $\nu_{кр}$  полученной экспериментально. Используя установку, оператор, увеличивает  $\varphi$  до того момента когда он перестаёт замечать мелькания стимула. После серии испытаний определяется среднее значение  $\nu_{кр}$  и доверительный интервал. Далее студенты сравнивают полученное таким образом значение  $\nu_{кр}$  с теоретическим и делают выводы.

Суть второго эксперимента заключается в том, чтобы показать связь между ощущаемой яркостью модулированного света и коэффициентом заполнения  $\varphi$ . Согласно закону Табольта [3], при  $\nu \geq \nu_{кр}$  эффективную яркость можно определить как:

$$L_3 = \varphi L \quad (4)$$

где  $L$  – яркость с длительностью равной полному периоду  $\tau$ .

В ходе эксперимента студенты изменяют  $\tau_1$  и  $\tau_2$  изменяя, таким образом, коэффициент заполнения  $\varphi$  и наблюдают яркость выходного отверстия, а также измеряют яркость яркомером. После серии испытаний студенты делают выводы о зависимости яркости и ощущения яркости модулированного света от коэффициентом заполнения  $\varphi$ .

В статье были рассмотрены основные понятия характеризующие инерцию зрения, а также описаны принцип действия и конструкция, иллюстрирующего данные понятия, стробоскопа. В заключении заметим, что у стробоскопа есть потенциал для модернизации. Дело в том, что в качестве источника света в нём используется светодиодная RGB — лента, каждым каналом которой можно управлять независимо, а значит открывается возможность для превращения стробоскопа в колориметр [5].

#### Литература:

1. Луизов А.В. Глаз и свет. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1983. 144 с.
2. Лутц М. Изучаем Python, 4-е издание. – Пер. с англ. – СПб.: Символ-Плюс, 2011. 1280 с.
3. Кравков С.В. Глаз и его работа. – М. – Л.: Изд-во ЛН СССР, 1950.
4. Голдовский Е.М. Физические основы кинотехники. М.: Госкиноиздат. 1939.
5. Прытков С.В. Разработка установки аддитивного воспроизведения цвета // XLV Огарёвские чтения. Материалы научной конференции. В 3-х частях.– Саранск: изд-во морд. ун-та, 2017. – с. 405 - 409.

#### Abstract

*In this paper we consider a laboratory bench designed to study the inertial properties of the eye. The bench can be used to determine the critical frequency of flicker fusion in the case of P-*



*shaped light stimuli and demonstrate effective brightness. The laboratory installation is a stroboscope in which the Raspberry Pi 3 single-board computer is involved. The article describes the principle of the strobe operation, its structural chart of the strobe and its management program listing.*

References:

1. Luizov A.V. *Eye and light*. - L.: Energoatomizdat. Leningrad Branch, 1983. 144 pages
2. Lutz M. *We study Python, 4th edition*. - Trans. with English. - St. Petersburg: Symbol-Plus, 2011. 1280 pages
3. Kravkov S.V. *Eye and eye work*. - M. - L.: Publishing house of the USSR, 1950.
4. Goldovsky E.M. *Physical fundamentals of film technology*. Moscow: Goskinoizdat. 1939.
5. Prytkov S.V. *Development of an additive color reproduction setup // XLV Ogaryov Readings. Materials of the scientific conference. In 3 parts*. - Saransk: publishing house of the Mordovian University, 2017. - p. 405 - 409.

Статья отправлена: 02.11.2017 г.

© Прытков С.В.

ЦИТ: ua317-031 DOI: 10.21893/2415-7538.2017-07-1-031

УДК 681.784:86:388

**ПРИМЕНЕНИЕ КОЛОРИМЕТРА «САТУРН» В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИНСТИТУТА ЭЛЕКТРОНИКИ И СВЕТОТЕХНИКИ  
APPLICATION OF COLORIMETER «SATURN» IN EDUCATIONAL  
ACTIVITY OF THE ELECTRONICS AND LIGHTING EQUIPMENT  
INSTITUTE**

к.т.н., доц. Прытков С.В. / c.t.s., as.prof Prytkov S. V.  
студент Русяйкин В.С. / student Rusyaikin V.S.  
студент Кубасов Ю.В. / student Kubasov Y.V.

МГУ им. Н. П. Огарева, Саранск, ул. Большевикская, д. 68, 430005  
National Research Mordovia State University, Saransk, Bolshevistskaya Str. 68, 430005

*Аннотация. В данной работе рассматривается устройство колориметра разработанного сотрудниками и студентами института электроники и светотехники. Приводится структурная схема колориметра. Описываются лабораторные работы, в которых задействован колориметр.*

*Ключевые слова: диффузный излучатель, RGB — светодиоды, светодиоды белого свечения, аддитивное воспроизведение цвета, метамеризм, коррелирования цветовая температура, цветопередача.*

Современное состояние светотехники, электроники и компьютерных технологий открывает широчайшие возможности для создания комфортной цветоцветовой среды, адаптирующейся под вкусы и потребности людей. Но воспользоваться этими возможностями в полном объеме смогут только эрудиты от техники, способные к самостоятельному обучению. Это влечет за собой высокие требования к уровню подготовки инженеров светотехников.

Качественное образование трудно себе представить без хорошей учебно-методической литературы и сопутствующей материально-технической базы. Для решения данной проблемы сотрудниками кафедры светотехники института электроники и светотехники был задуман эксперимент по привлечению студентов к разработке учебных лабораторных стендов.