

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Н. П. ОГАРЁВА»

ОСНОВЫ ТЕЛЕВИДЕНИЯ И ВИДЕОТЕХНИКИ. ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОВ СМЕЩЕНИЯ ЦВЕТОВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

САРАНСК
ИЗДАТЕЛЬСТВО МОРДОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
2014

УДК 535.6.07

Составители: *В. И. Королев, М. В. Логунов, Д. В. Пьянзин*

Рецензент: кандидат физико-математических наук, доцент *В. А. Маргулис*

Основы телевидения и видеотехники. Изучение законов смешения цветов : метод. указания / сост.: В. И. Королев, М. В. Логунов, Д. В. Пьянзин. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2014. – 20 с.

В методических указаниях приведены сведения, поясняющие методы смешения цветов в телевидении. Рассмотрены цветовая диаграмма цветности, а также системы *RGB* и *XYZ*. Текстовый материал дополнен описанием лабораторного стенда и заданиями для практического выполнения по изучению законов смешения цветов.

Предназначено для студентов специальностей «Радиотехника» и «Радиоэлектронные системы и комплексы» очной и вечерней форм обучения, а также для студентов других специальностей, связанных с электронной техникой.

Учебное издание

**ОСНОВЫ ТЕЛЕВИДЕНИЯ И ВИДЕОТЕХНИКИ
ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОВ СМЕШЕНИЯ ЦВЕТОВ**

Методические указания

Составители: **Королев Валерий Иванович**
Логунов Михаил Владимирович
Пьянзин Денис Васильевич

*Печатается в авторской редакции
в соответствии с представленным оригинал-макетом*

Подписано в печать 14.11.14. Формат 60×84 ¹/₁₆. Усл. печ. л. 1,16.
Тираж 100 экз. Заказ № .

Издательство Мордовского университета
Типография Издательства Мордовского университета
430005, г. Саранск, ул. Советская, 24

© Королев В. И., Логунов М. В., Пьянзин Д. В., 2014
(составление)

© Оформление. Издательство
Мордовского университета, 2014

ПРЕДИСЛОВИЕ

Одним из первых опыты по разложению солнечного света с помощью стеклянной призмы провел И. Ньютон. Он показал, что белый цвет получается из смешения различных цветов солнечного спектра, например, его можно получить, если сложить голубовато-зеленый и красный. Точно так же желтый вместе с голубым цветом дает белый. Ньютон назвал два цвета, дающие при сложении белый, дополнительными цветами.

В 1807 году Томас Юнг обнаружил, что белый и все другие цвета видимого спектра можно получить, комбинируя три цвета – красный, зеленый и синий. Эти цвета были названы первичными. Ни один из первичных цветов не может быть получен никакой комбинацией других цветов.

Таким образом, физиологические основы цветового зрения основаны на трехкомпонентной теории, согласно которой мы допускаем существование в нашем зрительном анализаторе трех видов «аппаратов», каждый из которых чувствителен к определенному участку видимого спектра – коротковолновому, средневолновому, длинноволновому.

Для телевидения большой интерес представляет метод аддитивного образования цветов, при котором происходит смешение (сложение) световых потоков от нескольких источников.

На кафедре радиотехники ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарева» разработан лабораторный стенд и методические указания для изучения принципов смешения цветов на базе индикаторных *RGB* светодиодов, которые позволяют моделировать работу монитора цветного телевизора.

Разработанные методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Основы телевидения и видеотехники».

1. Основы колориметрии. Цветовое уравнение

Наука об измерении и количественном выражении цвета называется колориметрией. Как известно, цвет характеризуется тремя параметрами – светлотой, цветовым тоном и насыщенностью.

Светлота определяется количественной характеристикой цвета – его яркостью, т. е. светлота равна отношению светового потока, отраженного или пропущенного телом, к световому потоку, падающему на тело.

Цветовой тон это свойство цвета, позволяющее обозначить его как красный, зеленый, синий и т. д.

Насыщенность цвета – степень «разбавленности» данного цвета белым. Чем больше белого цвета в данном цвете, тем меньше его насыщенность. Насыщенность максимальна для чистых спектральных цветов и равна нулю для белого цвета.

Для телевидения большой интерес представляет метод аддитивного образования цветов, при котором происходит смешение (сложение) световых потоков от нескольких источников. Различают три способа смешения цветов – локальный, пространственный и бинокулярный.

Локальное смешение может быть одновременным (оптическим), когда на одну поверхность проецируется два или несколько излучений, вызывающих каждый в отдельности ощущение разных цветов, и последовательным, когда аналогичные излучения воздействуют на глаз последовательно, одно за другим.

При пространственном смешении участки, окрашиваемые смешиваемыми цветами, имеют достаточно маленькие размеры, и глаз воспринимает их как единое целое. Примером этому могут служить мелкие цветные штрихи, мозаика и др.

Бинокулярным смешением называют смешение двух или нескольких цветов путем раздельного раздражения левого и правого глаза разными цветами, в результате чего возникает ощущение нового цвета.

Возможно одновременное и последовательное сложение цветов. При одновременном сложении смешиваемые световые потоки предъявляются наблюдателю одновременно, а при последовательном – один за другим, но с частотой, выше критической, чтобы не были заметны мерцания.

Возьмем простейший фотометр, в качестве которого будем использовать белую призму (рис. 1) [1]. На левую грань призмы подадим излучение (произвольного спектрального состава), которое необходимо исследовать. На правую грань направим излучение от трех источников, например красного, зеленого и синего. Изменяя интенсивность излучения по величине, можно уравнивать по яркости и цветности обе грани призмы. Это колориметрическое равенство, определяющее связь исследуемого цвета и трех его компонент F_k , F_3 и F_c описывается уравнением, называемым цветовым уравнением:

$$F = F_k + F_3 + F_c \quad (1)$$

или

$$F = r'R + g'G + b'B, \quad (2)$$

где F – излучение произвольного спектрального состава; R, G, B – единичные значения компонент цвета, соответствующих красному (R), зеленому (G) и синему (B) цветам; r', g', b' – координаты цвета, указывающие, какое количество единичных значений каждой компоненты цвета взято для получения колориметрического равенства излучения, соответствующих единице цветов R, G, B .

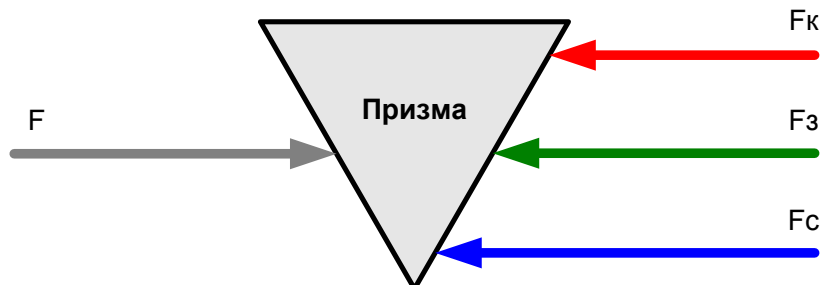


Рис. 1. Эксперимент с простейшим фотометром

Уравнять по яркости и цветности одну грань призмы, освещаемую однородным излучением, с другой гранью, освещаемую выбранными излучениями, не всегда возможно. Если излучение F «разбавить» одним из основных цветов, например красным, мы получим равенство цветовых ощущений от левой и правой граней призмы (рис. 2). В связи с этим можно записать

$$F + r'R = g'G + b'B,$$

$$F = -r'R + g'G + b'B. \quad (3)$$

Как видно из уравнения, для однородных излучений в цветовое уравнение должен входить отрицательный член.

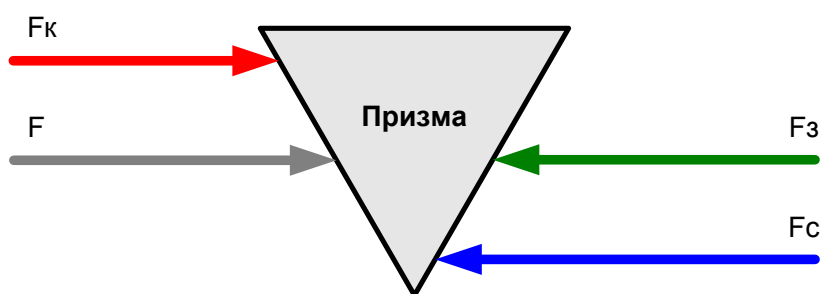


Рис. 2. Второй вариант эксперимента с фотометром

Если $F_{ед}$ – единичное количество исследуемого цвета F в системе основных цветов, то можно записать следующее выражение:

$$F = mF_{ед}, \quad (4)$$

где $m = r' + g' + b'$ называется цветовым модулем цвета F .

Для качественной характеристики цвета пользуются относительными величинами – координатами цветности:

$$r = \frac{r'}{r' + g' + b'} ; g = \frac{g'}{r' + g' + b'} ; b = \frac{b'}{r' + g' + b'} . \quad (5)$$

Очевидно, что $r + g + b = 1$.

Уравнения (5) перепишем в следующем виде:

$$r = \frac{r'}{m} ; g = \frac{g'}{m} ; b = \frac{b'}{m} . \quad (6)$$

Подставив выражение (6) в (2), получим

$$F = \frac{r'}{m}R + \frac{g'}{m}G + \frac{b'}{m}B \quad (7)$$

или

$$F = rR + gG + bB. \quad (8)$$

Таким образом, координаты цветности определяют относительную величину основных цветов в составе единичного количества цвета.

2. Диаграмма цветности. Цветовые системы RGB и XYZ

Цвет как результат сложения трех основных цветов R , G и B представляет собой трехмерную величину. Эта величина может быть изображена вектором OP в цветовом пространстве, имеющем три измерения (рис. 3, а) [3, 4]. В нем каждому цвету соответствует определенная точка, и можно считать, что каждой точке соответствует определенный цвет. Начало координат O системы представляет собой цвет с нулевым количеством основных цветов, т. е. черный.

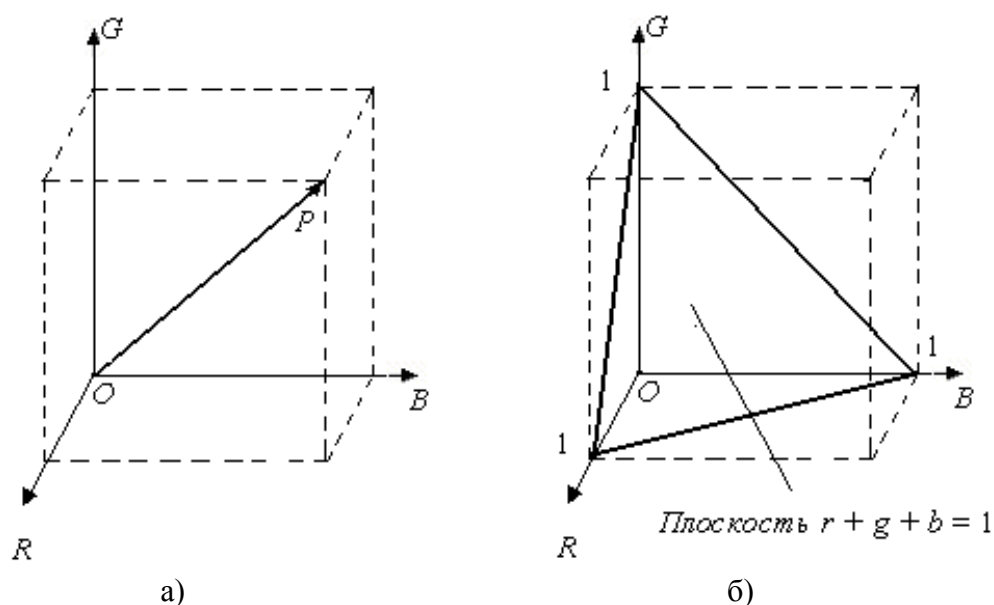


Рис. 3. Цветовое пространство

Длина вектора OP показывает яркость цвета, а его положение – цветность, т. е. цветовой тон и насыщенность. Все цвета, лежащие на прямой, проходящей через начало координат, имеют одну и ту же цветность и различаются лишь по яркости. Все векторы в цветовом пространстве выходят из точки нулевой яркости, соответствующей черному цвету. Поскольку сумма координат цветности равна единице, то достаточно знать две из них, третью можно найти из уравнения $r + g + b = 1$.

Геометрически все цветности можно представить точками на плоскости в цветовом пространстве, для которой справедливо $r + g + b = 1$ (рис. 3, б).

В цветовом пространстве все цвета (концы цветовых векторов), отвечающие условию $r + g + b = 1$, лежат в плоскости называемой единичной. Координатные плоскости, пересекаясь с единичной плоскостью, образуют в ней цветовой равнобедренный треугольник RGB . Впервые цветовой треугольник предложил британский физик Джеймс Клерк Максвелл. Внутри этого треугольника размещаются все цветовые тона и все градации насыщенности, которые можно получить из основных цветов. Точка F , расположенная внутри этого треугольника, представляет некоторый цвет.

Для пояснения вышесказанного представим устройство в виде равнобедренного треугольника, в вершинах которого расположены три источника цвета – красный, зеленый и синий (рис. 4).

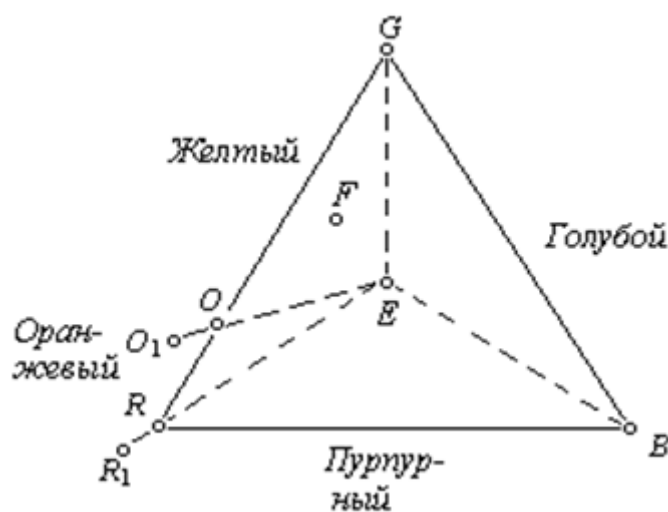


Рис. 4. Равнобедренный треугольник с тремя источниками цвета

Если включить только один источник (например R), то по мере удаления от этого источника интенсивность излучаемого им света будет естественно ослабевать и в точках G и B снизится до нуля (для этого треугольник R, G, B должен быть достаточно большим). Это условие справедливо и для источников G и B .

Для проведения опытов, иллюстрирующих законы сложения цветов, воспользуемся пустотелым белым матовым шаром, который будет индикатором I .

Первый опыт. Включим источник красного цвета R и расположим индикатор I вблизи данного источника. Индикатор окрасится в красный цвет. По мере удаления его от R по линии RG (или RB) шар, оставаясь красным, будет темнеть и в точке G (или B) станет черным.

Второй опыт. Включим два источника цвета R и G . Очевидно, что вблизи источников шар I будет либо красным, либо зеленым. В промежуточных положениях на линии RG цвет шара будет меняться. При движении от источника R к источнику G цвет шара будет плавно переходить от красного к оранжевому, от оранжевого к желтому, от желтого к зеленому. Таким образом, оранжевый и желтый цвет можно получить сложением (смесью) двух цветов – красного и зеленого, причем оранжевый цвет отличается от желтого большим количеством красного.

Третий опыт. Шар I помещен между двумя источниками света B и G на линии BG . При перемещении шара от B к G его цвет будет плавно изменяться от синего к сине-зеленому (голубому) и от голубого к зеленому.

Четвертый опыт. Перемещаясь по линии BR между источниками света B и R , шар I будет последовательно окрашиваться в синий, фиолетовый, пурпурный и красный цвета.

Пятый опыт. Включив все три источника света, можно внутри треугольника RGB найти такую точку E , в которой шар будет белым. Таким образом, белый цвет (или свет) может быть получен сложением в определенных количествах трех основных цветов: красного, зеленого и синего.

Шестой опыт. При перемещении шара по линии RE его красный цвет не будет изменяться. Будет изменяться только насыщенность красного цвета, то есть разбавленность красного белым цветом. В точке R шар будет насыщен красным. По мере приближения к точке E шар будет «выцветать», переходя в оттенки розового. В точке E насыщенность упадет до нуля и шар станет белым. Такая же картина имеет место и для других цветов. Например, двигаясь по OE , шар не будет изменять оранжевого цвета. Будет изменяться только насыщенность. Реальные источники не имеют 100 % насыщенности.

Поскольку увеличение насыщенности происходит по прямой ER , а точка R не имеет 100 % насыщенности, то такая насыщенность достигается где-то в точке R_1 отстоящей от точки E далее, чем точка R . Точка R_1 соответствует источнику монохроматического цвета. Точно так же обстоит дело и с неосновными цветами. Например, точка со 100% насыщенностью оранжевого монохроматического цвета находится в точке O_1 , отстоящей от точки E далее, чем O .

Соединив все монохроматические точки сплошной кривой, получим так называемый цветовой локус или линию спектральных цветов, крайние точки которой соответствуют координатам цветности однородных излучений с длинами волн 0,7 и 0,38 мкм. Эти точки локуса соединяются прямой (пунктирной) линией соответствующей пурпурным цветам, которые можно получить искусственным путем, смешивая в различных пропорциях красный и фиолетовый цвета (рис. 5).

Цветовой треугольник, в вершинах которого лежат основные цвета, целиком лежит внутри области, ограниченной локусом. То, что вогнутой стороной локус обращен к области реальных цветов, говорит о невозможности выбирать реальные цвета, при которых мы не имели бы отрицательных координат цветности. Линия спектральных цветов в длинноволновой области 0,55 – 0,70 мкм почти прямолинейна. Все цвета, лежащие внутри цветового треугольника, имеют положительные координаты цветности, а у цветов, лежащих вне этого треугольника, одна из координат цветности отрицательна.

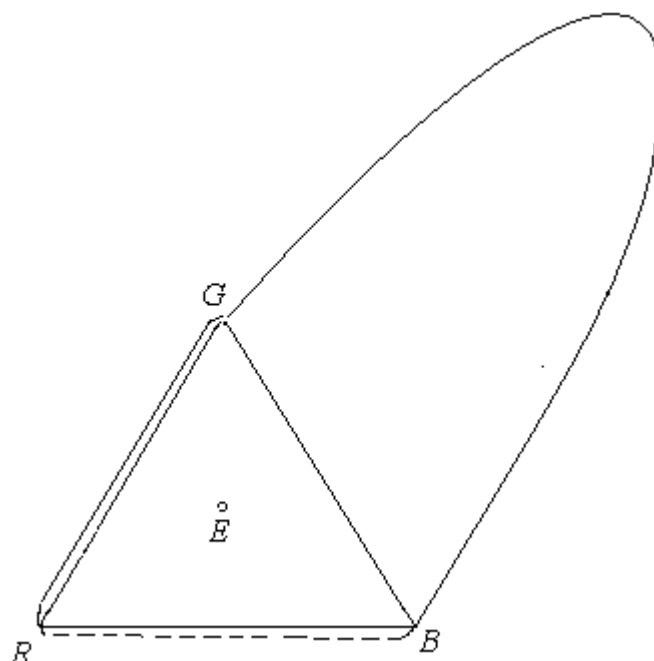


Рис. 5. Линия спектральных цветов (цветовой локус)

Необходимо отметить следующее:

- цветности всех реальных цветов находятся внутри спектрального локуса и определяются значениями величин r , g , b ;
- равноэнергетический белый цвет E находится в центре тяжести треугольника RGB ;
- дополнительные цвета лежат на пересечении прямой, проходящей через точку E , с кривой спектральных цветов;
- цветность смеси двух цветов отображается точкой, лежащей на прямой, соединяющей смешиваемые цвета;
- цветность смеси трех цветов отображается точкой внутри треугольника, вершины которого образованы смешиваемыми цветами;
- цветовой тон любого цвета в цветовой плоскости определяется длиной волны, соответствующей пересечению кривой спектральных цветов с прямой, проведенной через точку E и точку, отображающую цветность заданного цвета.

Для нахождения координат цветности по положению точки внутри равностороннего RGB треугольника удобно пользоваться равномерной сеткой, нанесенной внутри треугольника, линии которой параллельны его сторонам (рис. 6). Пользуясь сеткой, легко определить, что координаты цветности равноинтенсивного цвета E (точка E) следующие: $r = 1/3$; $g = 1/3$; $b = 1/3$, а в точке Ц : $r = 0,2$; $g = 0,5$; $b = 0,3$. Впервые в истории цветовой график на плоскости составил британский физик Джеймс Клерк Максвелл.

В 1931 г. международная осветительная комиссия (МОК) для измерения цвета утвердила цветовую систему RGB , в которой за основные цвета в качестве основных (единичных) цветов R , G , B были выбраны монохроматические излучения с длинами волн: $\lambda = 700$ нм, $\lambda = 546,1$ нм и $\lambda = 435,8$ нм.

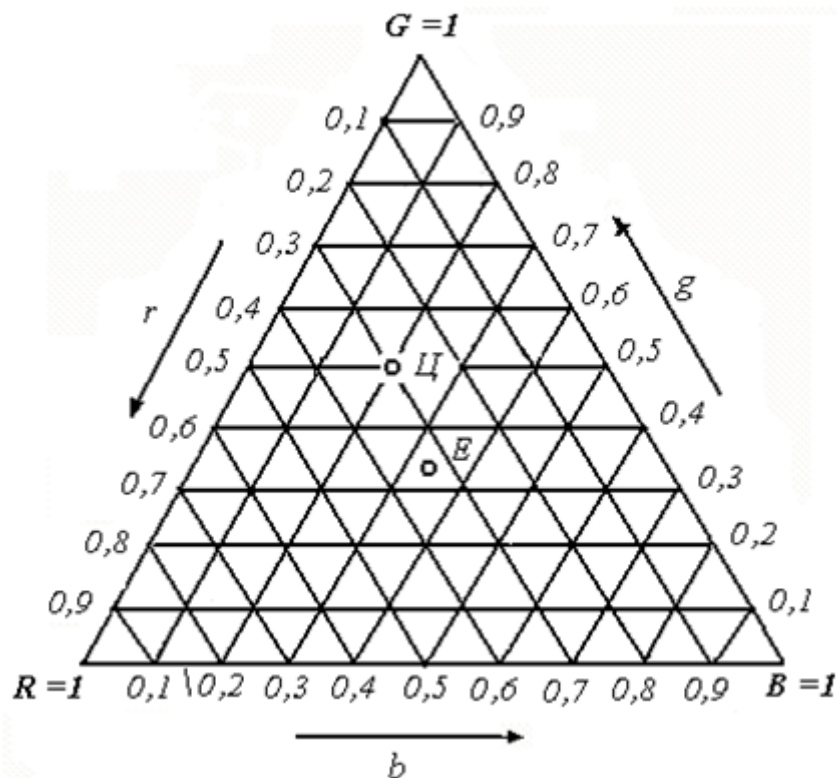


Рис. 6. Треугольник RGB с равномерной сеткой

В качестве равностимульного цвета в системе RGB принят равноэнергетический белый цвет, получаемый смешением основных цветов и обозначаемый буквой E . Для этого цвета $r' = g' = b'$ – координаты цвета E в этой системе, что соответствует равенству координат цветности $r = g = b = 1/3$.

Относительные яркости цветов R , G и B при получении цвета E отвечают условию $L_R : L_G : L_B = 1 : 4,5907 : 0,0601$ и приняты за единичные количества этих цветов.

В системе RGB приняты величины основных цветов $R = 683$ лм ; $G = 3135$ лм ; $B = 41$ лм. Такой выбор величин основных цветов дает точку цветности излучения белого равно энергетического источника в центре треугольника и ее координаты цветности $r = g = b = 1/3$.

Система RGB удобна тем, что ее параметры можно определить экспериментально, так как основные цвета R , B и G являются реальными. Недостаток системы – наличие отрицательных координат цветности для большой группы спектральных цветов, что затрудняет расчеты, поэтому в 1931 году МОК была принята еще одна система основных цветов XYZ .

В системе XYZ за основные цвета приняты нереальные цвета, координаты цветностей которых лежат вне области реальных цветов. Основные требования, которым отвечает эта цветовая система, следующие:

- 1) координаты цветностей всех реальных цветов лежат внутри цветового треугольника;
- 2) количественную сторону цвета определяет одна компонента цвета;
- 3) световой поток единичного вектора $Y = 683$ лм, а световые потоки единичных цветов $X = Z = 0$;

4) координаты цветности белого равно энергетического источника E удовлетворяют равенству $x = y = z = 1/3$;

5) для возможно наибольшего числа цветов одна из удельных координат равна нулю или настолько мала по отношению к другим, что ей можно пренебречь;

6) высокая точность оценки цвета обеспечивается при невысокой точности расчета координат цветов.

Реально несуществующие основные цвета системы XYZ выражены через основные цвета системы RGB следующими выражениями:

$$\begin{aligned} X &= 0,4184 R - 0,0912 G + 0,0009 B, \\ Y &= - 0,1587 R + 0,2524 G - 0,0025 B, \\ Z &= - 0,828 R + 0,0157 G + 0,1786 B. \end{aligned} \quad (9)$$

Подставив в эти уравнения численные значения основных цветов системы RGB , получим численные значения основных цветов системы XYZ . Цветовое уравнение в этой системе по аналогии с (2) имеет вид:

$$F = m F' = x' X + y' Y + z' Z, \quad (10)$$

где F – цвет излучения, количественная и качественная характеристика описывается этим уравнением; X, Y, Z – единичные значения компонент цвета системы; x', y', z' – координаты цвета; $x'X, y'Y, z'Z$ – компоненты цвета.

Так же как и в системе RGB , для характеристики цветности используются координаты цветности:

$$x = \frac{x'}{m}; \quad y = \frac{y'}{m}; \quad z = \frac{z'}{m}, \quad (11)$$

где $m = x' + y' + z'$.

Очевидно, что сумма координат цветности удовлетворяет условию

$$x + y + z = 1.$$

Цветовая диаграмма системы XYZ в прямоугольных координатах (x, y) показана на рис. 7. Цветовой график, утвержденный МОК и названный XYZ дан в виде прямоугольной системы координат (x, y) , где x, y, z – координаты цветности в системе XYZ , причем $x + y + z = 1$. Благодаря этому locus спектральных цветов полностью находится внутри цветового треугольника, и все значения координат цветности будут положительны. Треугольник является равнобедренным, в вершинах которого находятся основные цвета X, Y и Z . Положение любой точки на нем, характеризующей определенную цветность, задается двумя координатами x и y .

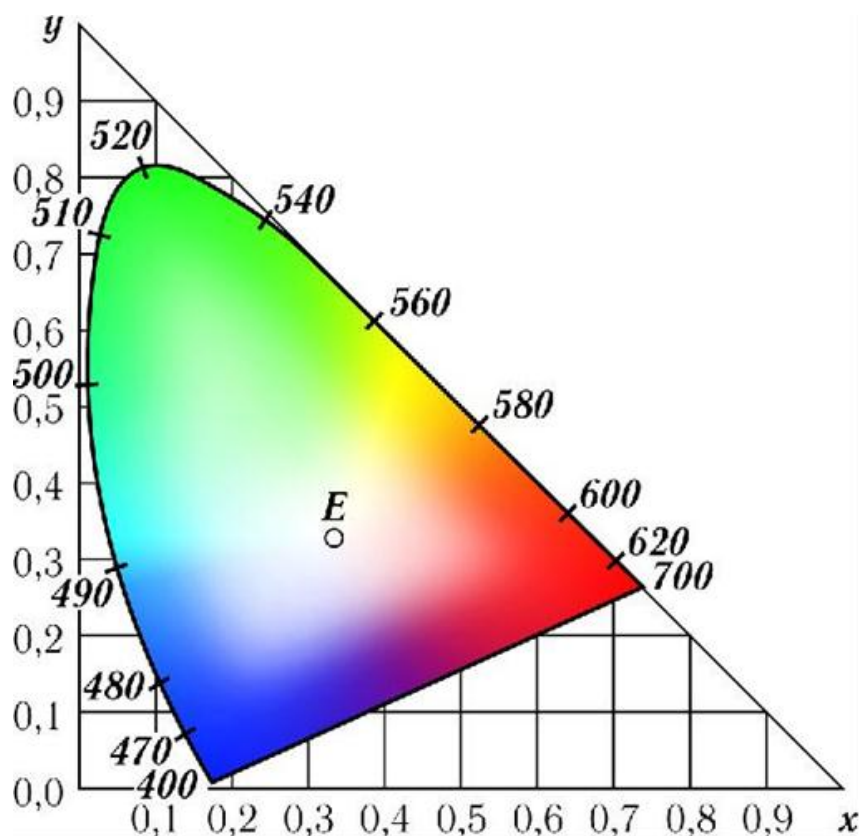


Рис. 7. Цветовая диаграмма системы XYZ

3. Описание лабораторного стенда

Структурная схема лабораторного стенда, приведенная на рис. 8, включает в себя следующие функциональные узлы:

- блок *RGB* светодиодов;
- генераторы импульсов с изменяющейся частотой и длительностью;
- блок управления, позволяющий менять скважность импульсов.

В качестве *RGB* светодиодов используются шесть индикаторных светодиодов. Генератор импульсов представляет собой ШИМ-контроллер, позволяющий изменять скважность импульсной последовательности. Блок управления представляет собой набор переменных сопротивлений, подключенных к ШИМ-контроллеру и обеспечивающих в ручном режиме изменение параметров импульсов.

В таблице 1 приведены технические данные на разработку лабораторного стенда.

Таблица 1

Технические данные на разработку

№ п/п	Параметры	Значения
1.	Напряжение питания, В	10
2.	Ток потребления не более, мА	600
3.	Количество каналов управления, шт.	3
4.	Частота импульсов управления, Гц	30 – 1000
5.	Скважность импульсов управления, %	0 – 100
6.	Тип применяемых светодиодов	<i>RGB</i> (индикаторные)
7.	Количество светодиодов, шт.	6



Рис. 8. Структурная схема лабораторного стенда

Принципиальная схема лабораторного стенда приведена на рис. 9.

Лабораторный стенд представляет собой три генератора импульсов. Каждый из генераторов питает 6 светодиодов: первый – красные; второй – зеленые; третий – синие (каналы являются идентичными). Изменяя длительность импульсов с помощью потенциометров R_6 , R_{11} и R_{17} , меняется среднее значение тока через соответствующие светодиоды, тем самым получают различные оттенки цветов.

Базовым узлом лабораторного стенда являются генераторы импульсов с переменной скважностью. В качестве микросхемы управления использовался ШИМ генератор на базе драйвера $TL494$ (рис. 10) фирмы *Texas Instrument*. Она выпускается рядом зарубежных фирм под разными наименованиями. Например, фирма *SHARP* (Япония) выпускает микросхему $IR3M02$, фирма *FAIRCHILD* (США) – и $A494$, фирма *SAMSUNG* (Корея) – $KA7500$, фирма *FUJITSU* (Япония) – $MB3759$ и т. д. Все эти микросхемы являются полными аналогами отечественной микросхемы $KP1114EY4$.

Микросхема специально разработана для управления силовой частью импульсных блоков питания и содержит в своем составе функциональные узлы, приведенные на рис. 11.

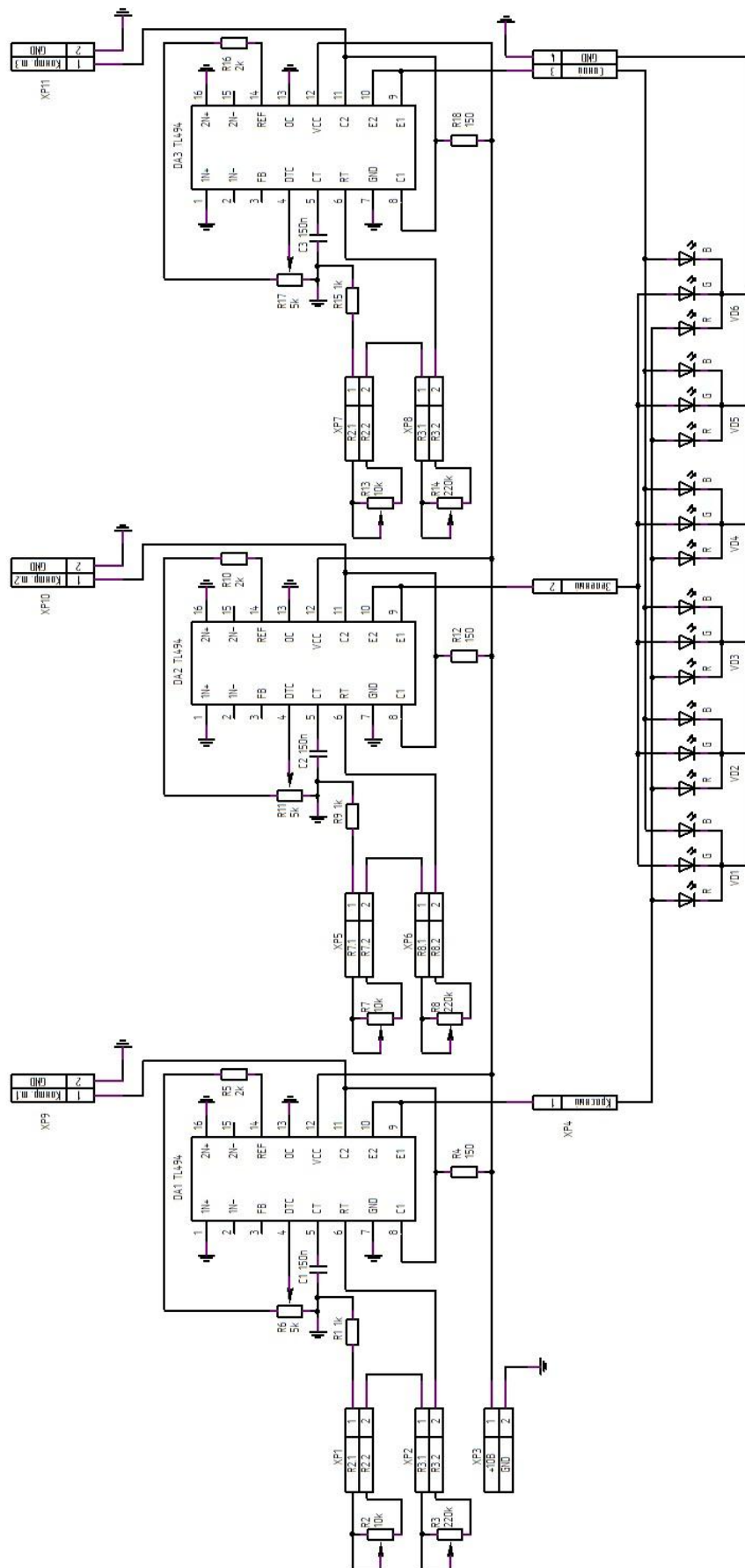


Рис. 9. Принципиальная схема лабораторного стенда

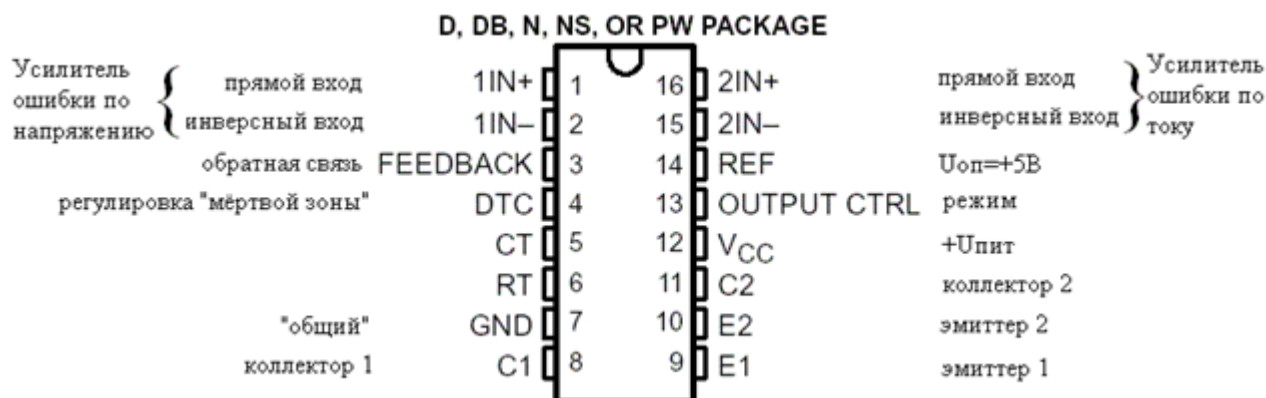


Рис. 10. Цоколевка микросхемы управления

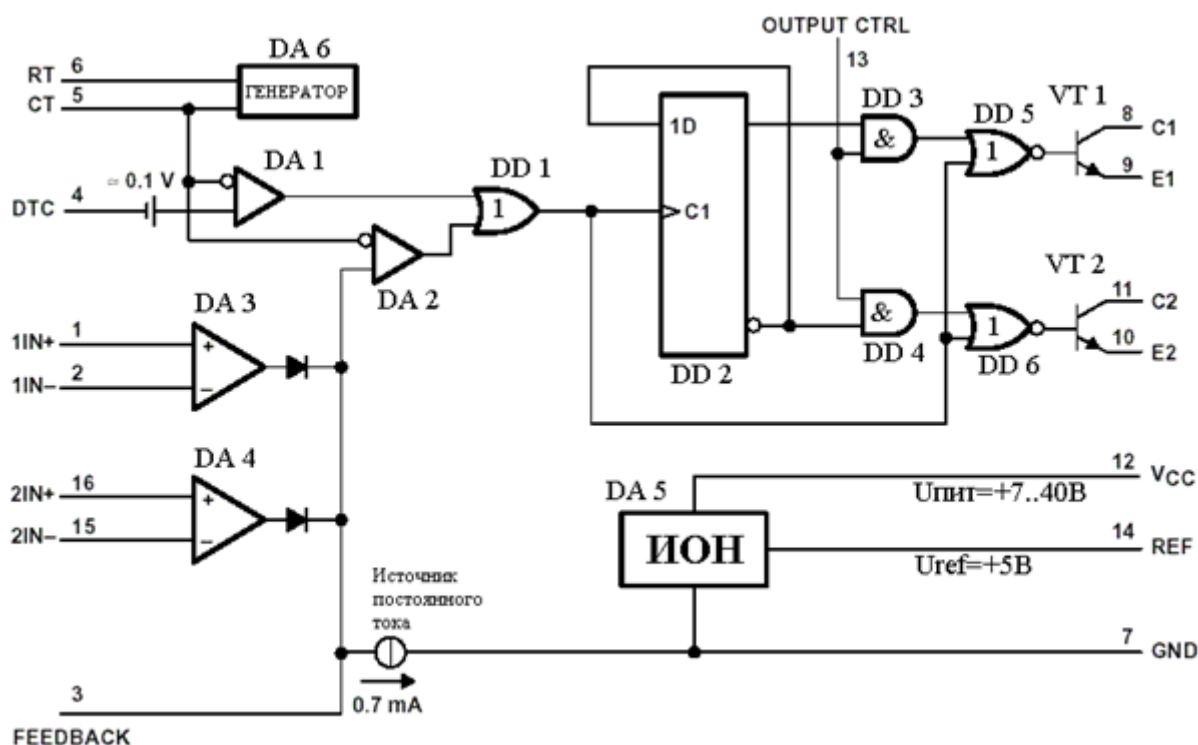


Рис. 11. Функциональные узлы микросхемы управления

Функциональные узлы микросхемы:

- генератор пилообразного напряжения *DA6*; частота определяется номиналами резистора и конденсатора, подключенных к 5-му и 6-му выводам;
- источник опорного стабилизированного напряжения *DA5* ($U_{ref}=+5В$) с внешним выходом (вывод 14);
- компаратор «мертвой зоны» *DA1*;
- компаратор ШИМ *DA2*;
- усилитель ошибки по напряжению *DA3*;
- усилитель ошибки по сигналу ограничения тока *DA4*;
- два выходных транзистора *VT1* и *VT2* с открытыми коллекторами и эмиттерами;
- динамический двухтактный *D*-триггер в режиме деления частоты на 2 – *DD2*;
- вспомогательные логические элементы *DD1* – *DD7*;

- источник постоянного напряжения с номиналом 0,1 В (*DA7*);
- источник постоянного тока с номиналом 0,7 мА (*DA8*).

Схема управления будет запускаться, т. е. на 8 и 11 выводах появятся последовательности импульсов в том случае, если на вывод 12 подать любое питающее напряжение, уровень которого находится в диапазоне от +7 до +40 В.

Внешний вид лабораторного стенда приведен на рис. 12.

4. Методика выполнения лабораторной работы

1. Изучите основы колориметрии, цветовое уравнение, цветовые системы *RGB* и *XYZ*. Получите допуск к выполнению лабораторной работы.

2. Изучение работы генератора импульсов на базе микросхемы *TL494*.

2.1. Подключите первый канал осциллографа к контрольной точке 1 (канал «красного») и включите лабораторный стенд.

2.2. Переведите потенциометр R_6 в среднее положение и установите с помощью потенциометров R_2 и R_3 значение частоты импульсного напряжения 100 Гц.

2.3. Сохраните с помощью интерфейса *USB* осциллографа временную диаграмму импульсного напряжения $U_{\text{имп}}$ в контрольной точке 1 и рассчитайте среднее значение тока $I_{\text{ср}}$ в цепи R светодиодов *VD1* – *VD6*.

2.4. Переведите потенциометр R_6 в крайнее левое положение и выполните пункт 2.3.

2.5. Переведите потенциометр R_6 в крайнее правое положение и выполните пункт 2.3. Сделайте выводы о связи среднего значения тока и яркости светодиодов.

3. Изучение смещения цветов с помощью *RGB* светодиодов.

3.1. Переведите потенциометры R_{11} и R_{17} в среднее положение.

3.2. Установите частоту импульсного напряжения в каналах *G* и *B*, равную 100 Гц. Для этого подключите первый канал осциллографа к контрольной точке 2, а второй – к контрольной точке 3 и с помощью потенциометров R_7 , R_8 (для *G*) и R_{13} , R_{14} (для *B*) установите требуемое значение частоты. Сохраните с помощью интерфейса *USB* осциллографа временные диаграммы напряжения и рассчитайте среднее значение токов в каждом канале.

3.3. Установите с помощью потенциометра R_6 максимальное значение среднего тока в канале *R* и нулевые значения тока в каналах *G* и *B* потенциометрами R_{11} и R_{17} .

3.4. Увеличивая плавно среднее значение тока в канале *G* потенциометром R_{11} , наблюдайте с помощью светодиодов смещение красного и зеленого цветов.

3.5. Установите потенциометром R_6 нулевое значение тока в канале *R* и получите чисто зеленый цвет.

3.6. Увеличивая плавно среднее значение тока в канале *B* потенциометром R_{17} , наблюдайте с помощью светодиодов смещение синего и зеленого цветов.

3.7. Установите потенциометром R_{11} нулевое значение тока в канале *G* и получите чисто синий цвет.

3.8. Увеличивая плавно среднее значение тока в канале *R* потенциометром R_6 , наблюдайте с помощью светодиодов смещение синего и красного цветов.

3.9. Заполните таблицу 2.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА "ИЗУЧЕНИЕ СМЕШЕНИЯ ЦВЕТОВ"

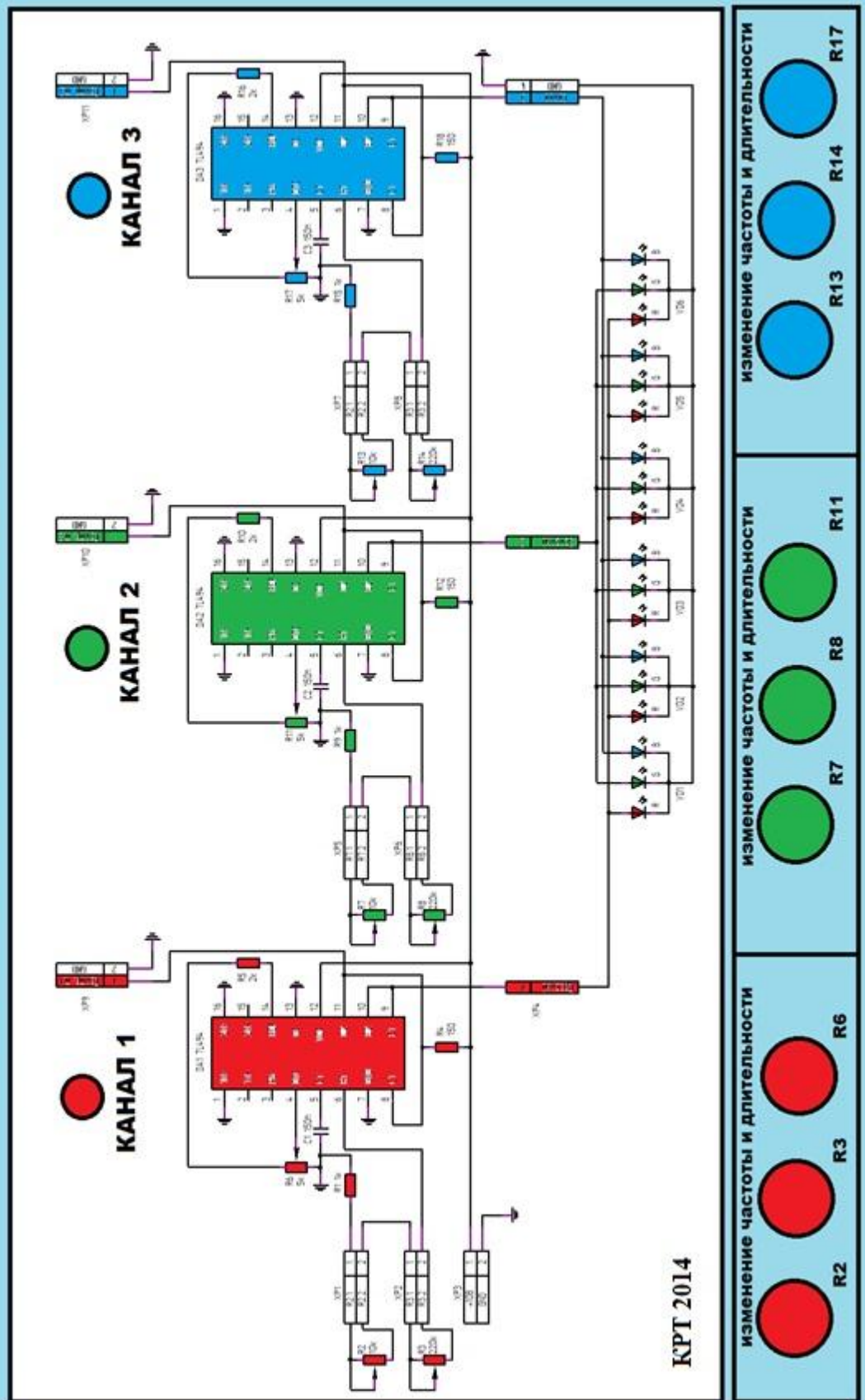


Рис. 12. Внешний вид лабораторного стенда

Таблица 2

Название канала	Среднее значение тока $I_{ср}$, [мА] для каждого цвета							
	Белый	Желтый	Голубой	Зеленый	Пурпурный	Красный	Синий	Черный
<i>R</i> (красный)								
<i>G</i> (зеленый)								
<i>B</i> (синий)								

3.10. По результатам, полученным в п. 3, сделайте выводы о формировании различных цветов с помощью трех основных.

Контрольные вопросы

1. Роль опытов И. Ньютона и Т. Юнга в формировании теории цветового зрения.
2. Что такое колориметрия? Основные характеристики цвета.
3. Запишите цветовое уравнение и дайте ему характеристику.
4. Что представляет собой цветовая система *RGB*? Понятие цветового локуса.
5. Цветовая система *XYZ*. Переход от системы *RGB* к *XYZ*.
6. Охарактеризуйте цветовую диаграмму системы *XYZ*.
7. Поясните принцип работы лабораторного стенда.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Быков Р. Е. Основы телевидения и видеотехники : учеб. для вузов / Р. Е. Быков. – М. : Горячая линия – телеком, 2006. – 299 с.
2. Гуторов М. М. Основы светотехники и источников света / М. М. Гуторов. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 384 с.
3. Телевидение : учеб. для вузов / В. Е. Джакония, А. А. Гоголь, Я. В. Друзин [и др.] ; под ред. В. Е. Джаконии. – М. : Горячая линия – телеком, 2002. – 640 с.
4. Крыжановский В. Д. Телевидение цветное и черно-белое : учеб. пособие / В. Д. Крыжановский, Ю. В. Костыков. – М. : Связь, 1980. – 338 с.
5. Саруханов В. А. Азбука телевидения : учеб. пособие для вузов / В. А. Саруханов. – М. : Аспект Пресс, 2003. – 224 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	3
1. Основы колориметрии. Цветовые уравнения	4
2. Диаграмма цветности. Цветовые системы <i>RGB</i> и <i>XYZ</i>	6
3. Описание лабораторного стенда	12
4. Методика выполнения лабораторной работы	16
Библиографический список.....	19