

# Мультивибратор

**Общие понятия о работе и применение их в электронных таблицах сложения - вычитания и умножения - деления.**



• *Чтобы перейти к следующему слайду, нажмите*

*клавишу "Page Dn" или *

• *Чтобы выйти из режима показа слайдов, нажмите правую кнопку мыши и выберите в контекстном меню "Завершить показ слайдов".*



***Программа создана в кружке  
радиоэлектроники***

***г. Москва, 2001 г.***

- Методическая разработка -  
В.В.Бессонов.***

Мультивибратор - это

релаксационный генератор,



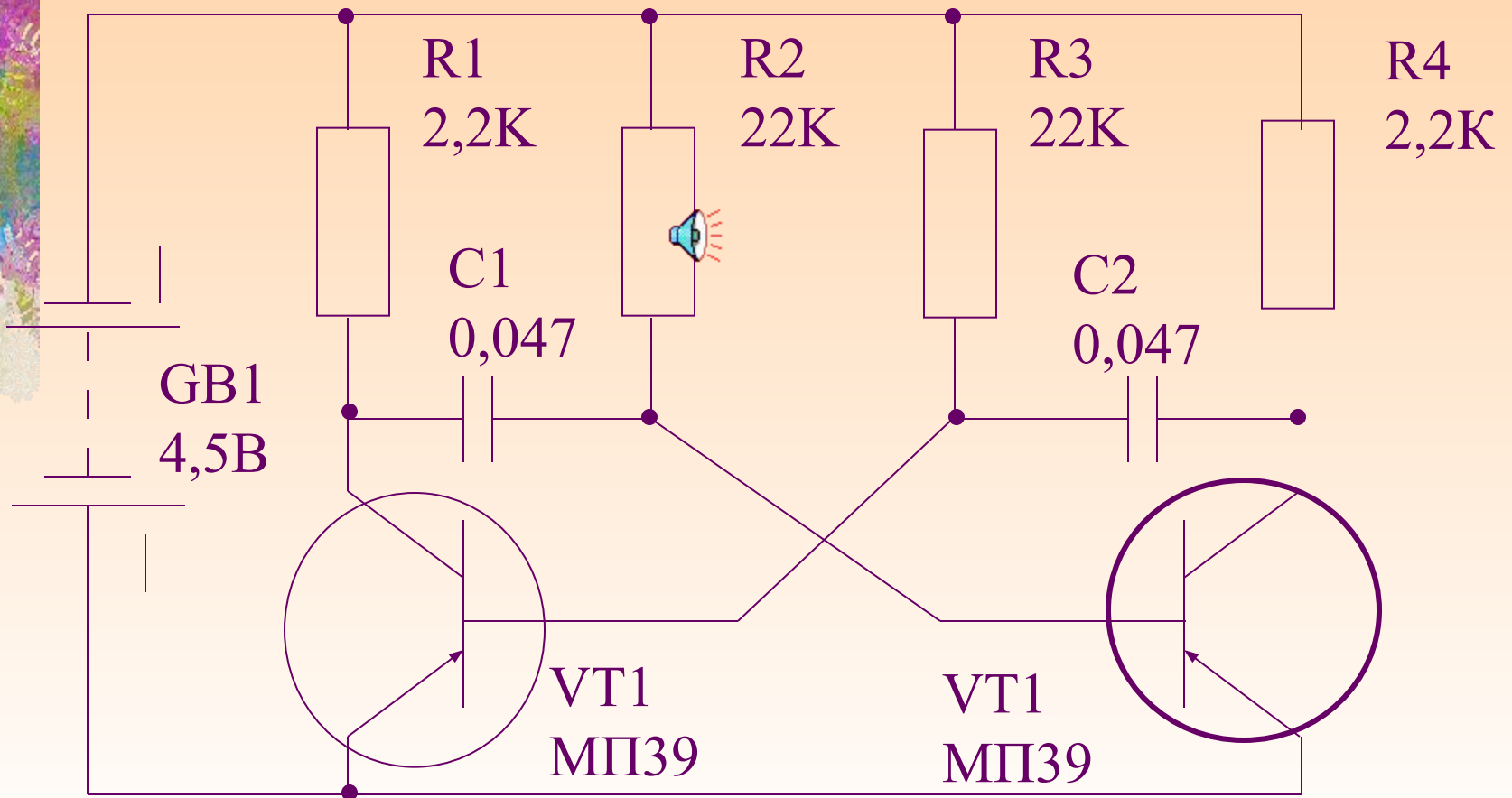
представляющий собой

двухкаскадный усилитель с

ёмкостной связью, выход

которого соединён со входом.

# Принципиальная схема мультивибратора



*Термин “мультивибратор” предложил голландский физик Поль, чтобы подчеркнуть присутствие множества гармоник в спектре генерируемых колебаний, т.е. колебаний, кратных основной частоте.*

*Мультивибратор называют симметричным, если транзисторы VT 1 и VT 2 и сходные элементы каждого усилителя одинаковы, т.е.  $R_{K1} = R_{K2} = R_K$ ;  $R_{B1} = R_{B2} = R_B$ ;  $C1 = C2 = C$ , и несимметричным, если какое -нибудь из этих условий не выполняется.*

*Каждое из состояний квазиравно-  
весия неустойчиво, т.к. отрица-  
тельный потенциал на базе  
закрытого транзистора по мере  
зарядки соответствующего  
конденсатора стремится к  
положительному потенциалу  
источника питания.*

**Транзисторы в мультивибраторе  
работают в ключевом режиме.**

**Мультивибратор имеет 2 состояния  
квазиравновесия (неустойчивых  
равновесий): в одном из них транзис-т  
VT1 открыт (находится в состоянии  
насыщения), а транзистор VT2 закрыт  
(находится в состоянии отсечки), в  
другом, наоборот,  
транзистор VT1 закрыт, а транзис-  
тор VT2 открыт.**



*В тот момент, когда этот потенциал станет положительным, состояние квазиравновесия нарушается, запертый транзистор открывается, открытый закрывается и мультивибратор переходит в новое состояние равновесия.*

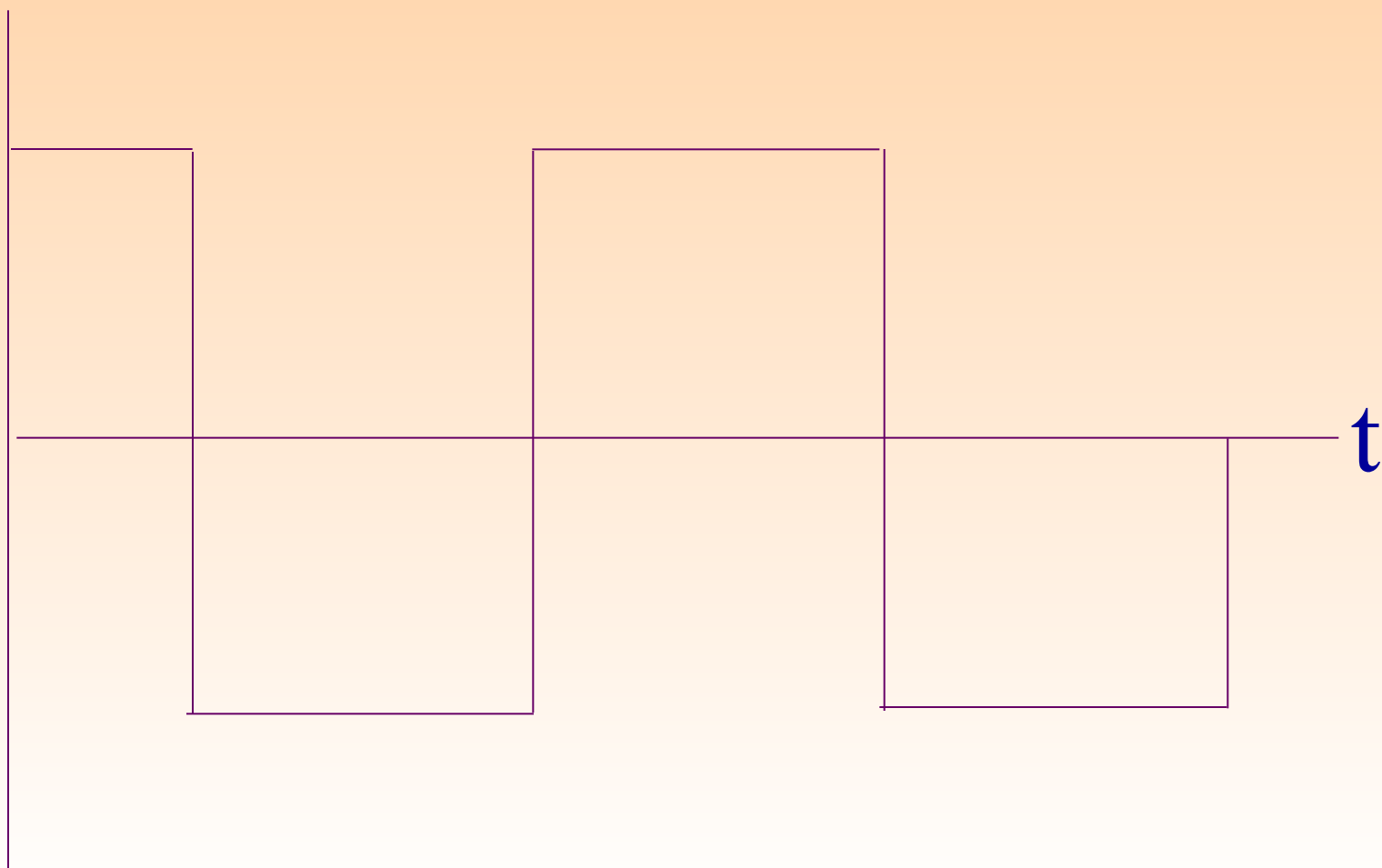
*Временные диаграммы работы мультивибратора приведены в следующем кадре.*

*Симметричный мультивибратор генерирует симметричные импульсы прямоугольной формы.*

*и, В*

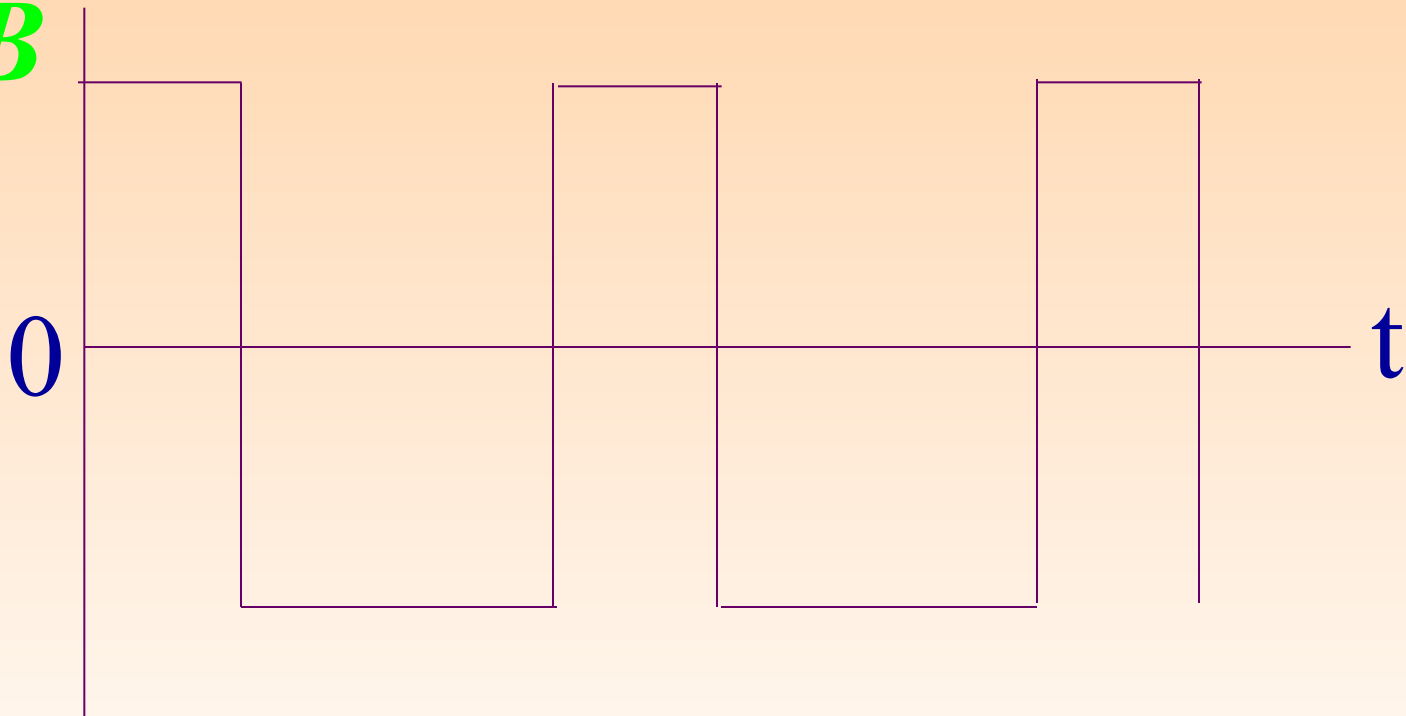
0

t

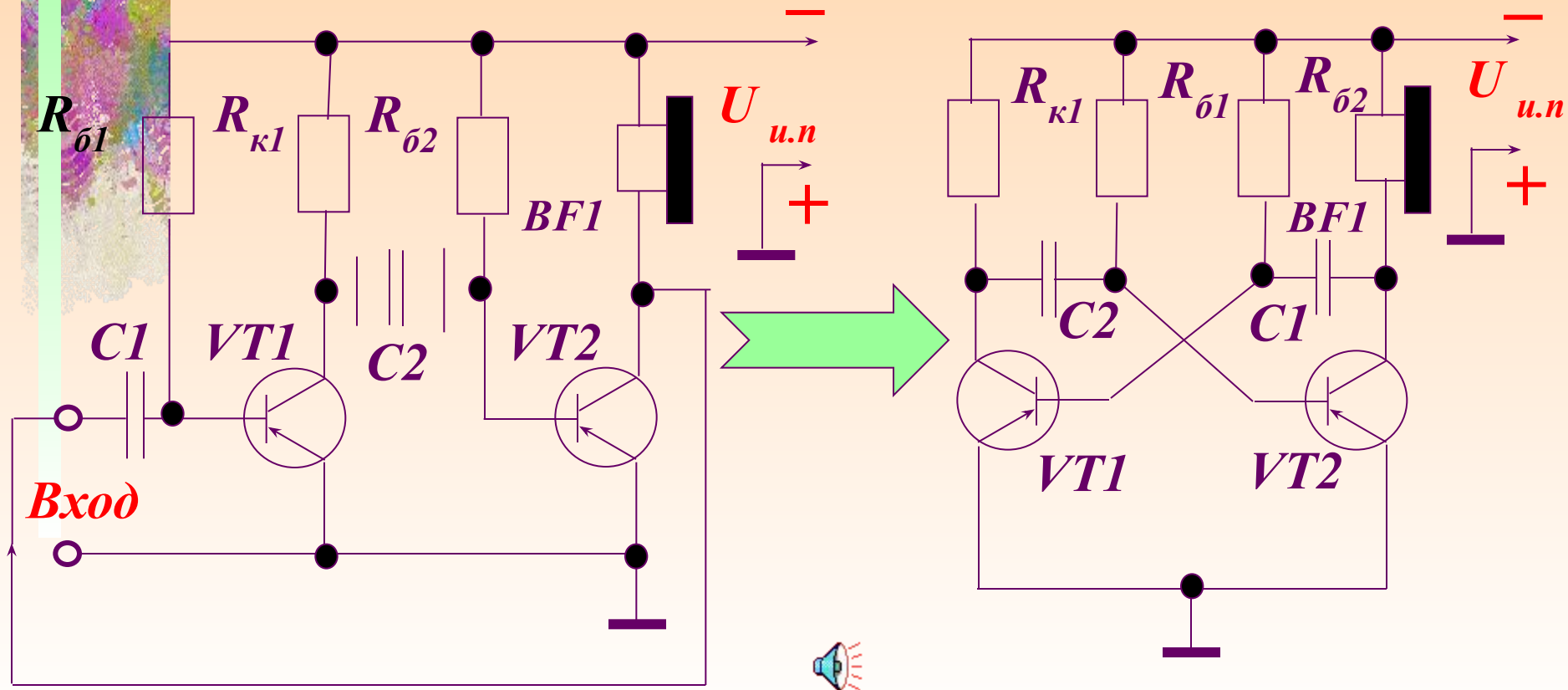


*Несимметричный мультивибратор  
генерирует несимметричные  
колебания.*

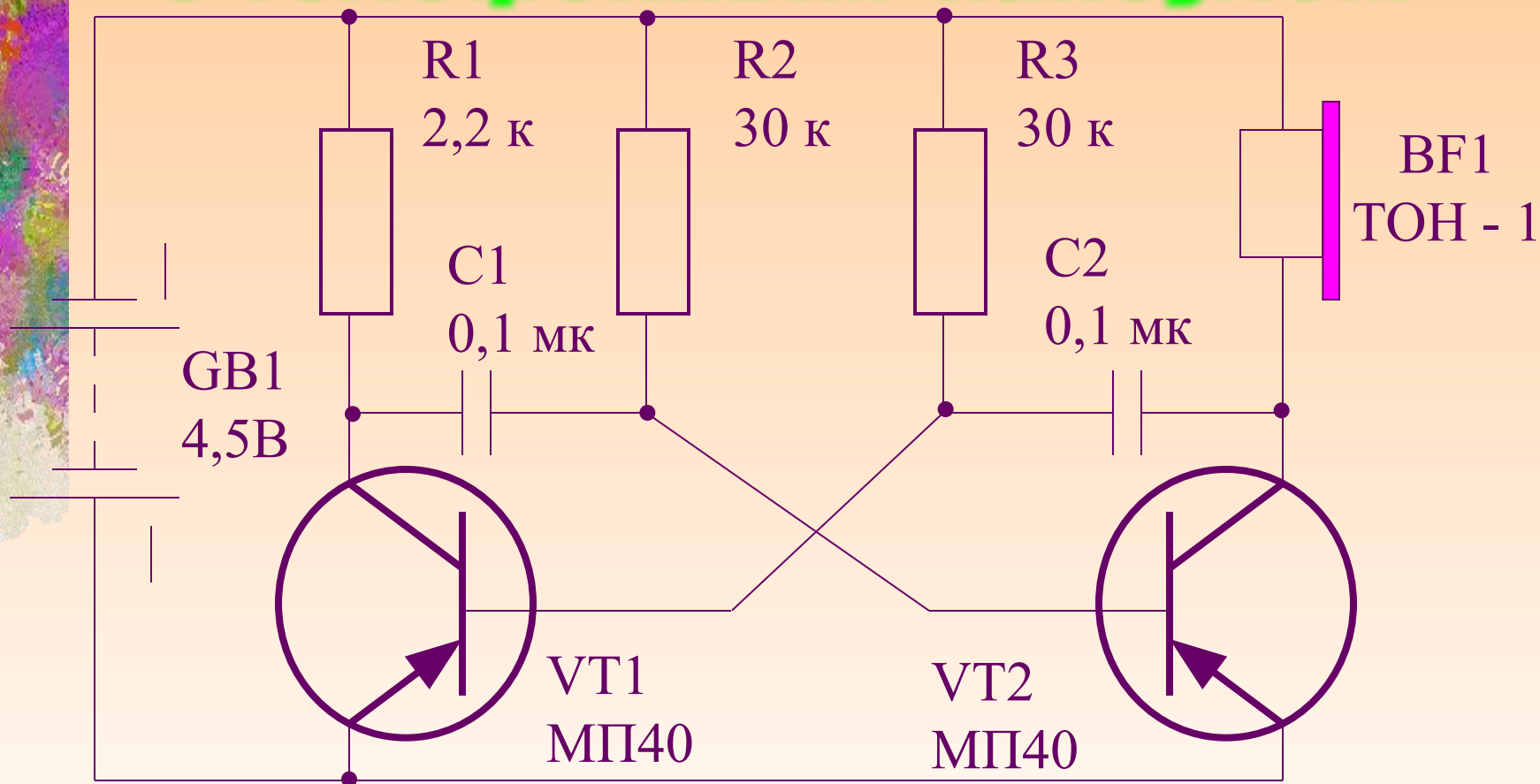
*и, В*



# Двухкаскадный усилитель, охваченный положительной обратной связью, становится мультивибратором



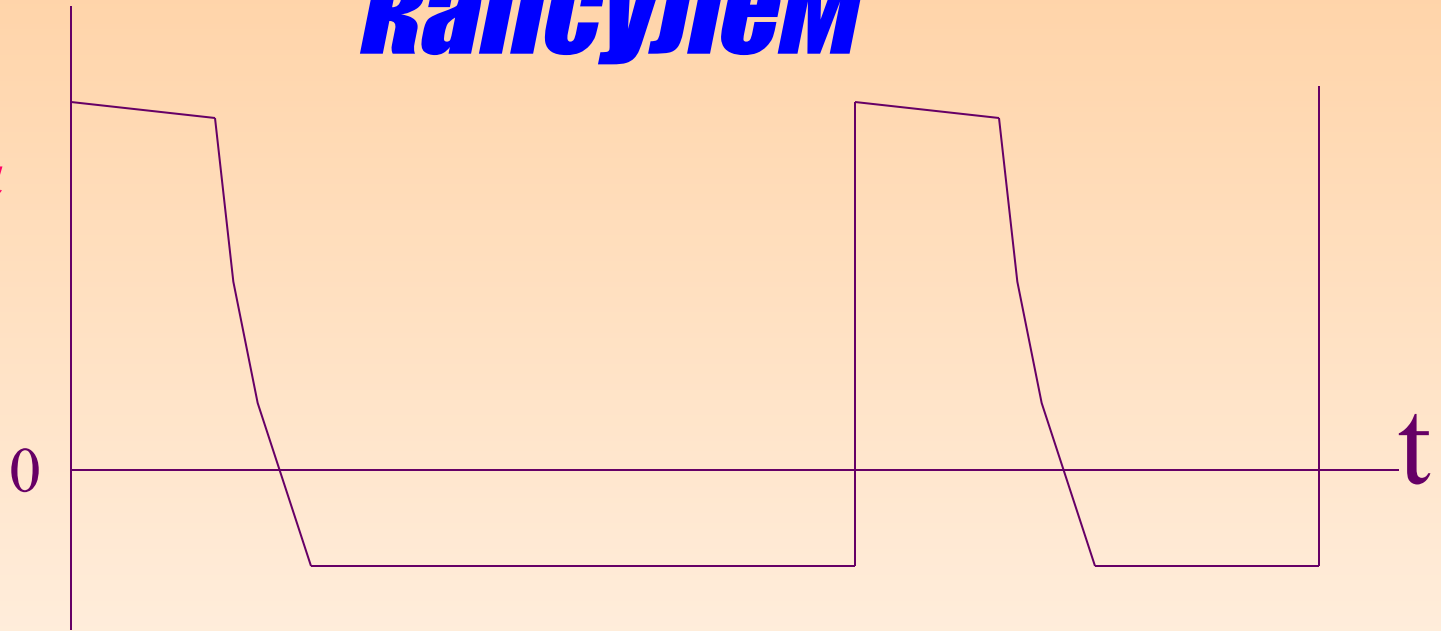
# Схема мультивибратора с телефонным капсулем



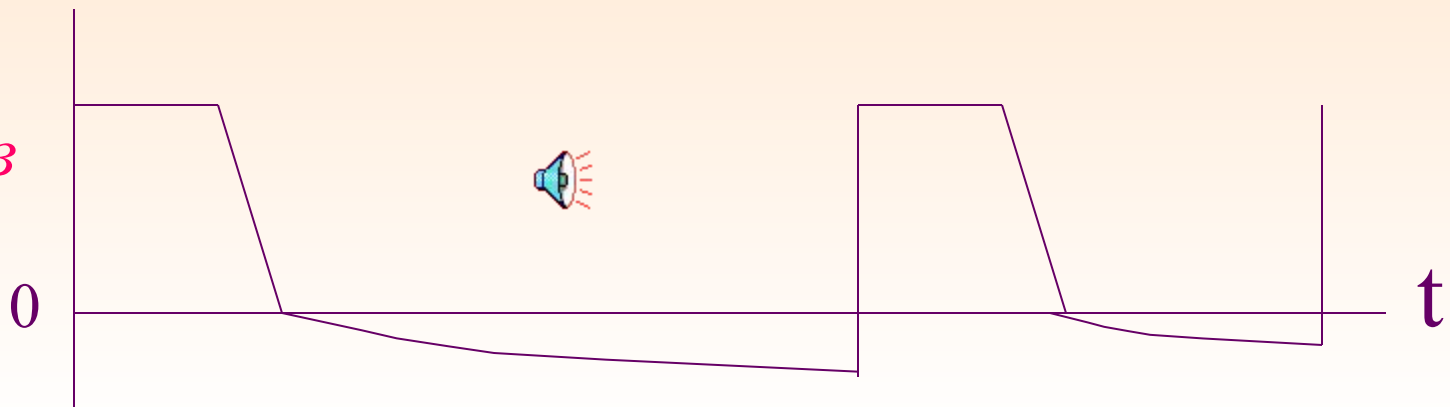
(Осциллограмма напряжений на **коллекторе** и **базе** показана в следующем кадре).

# **Осциллограммы напряжений мультивибратора с телефонным капсулем**

$u_{кол}$




$u_{баз}$



*Мультивибраторы можно  
применить в электронных  
таблицах умножения-деления  
и сложения-вычитания в двух  
вариантах - для звуковой  
индикации и для световой  
индикации.*

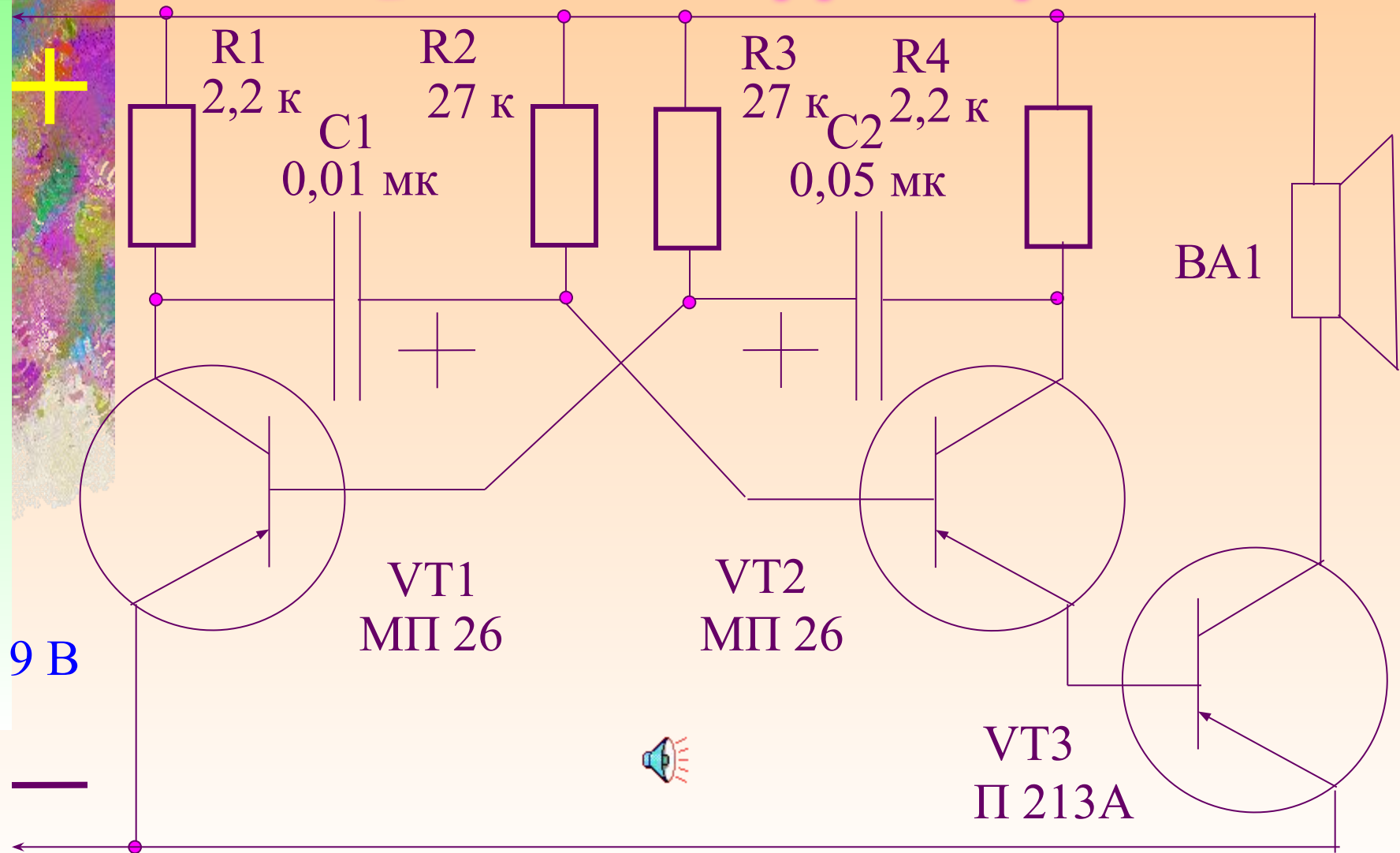


*Чтобы получить громкое  
звучание, необходимо к мульти -  
вибратору подключить  
динамическую головку. Для этого  
в мультивибратор добавлен  
мощный транзистор П213А.*

*(в режиме “Показ слайдов” для  
прослушивания его звучания  
нажмите знак  )*



# Мультивибратор ЗВУКОВОЙ ИНДИКАЦИИ



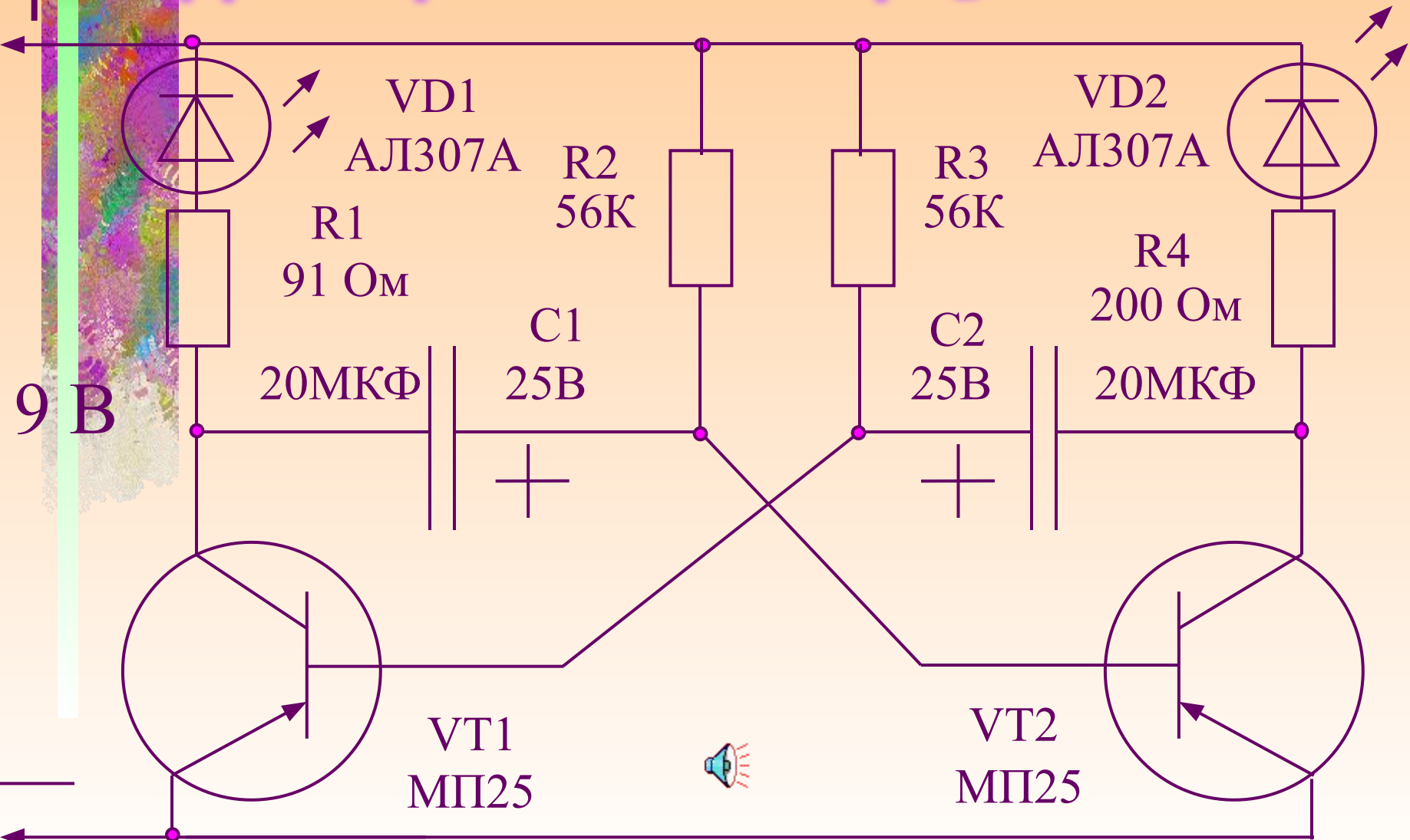
*Такой мультивибратор используется для звуковой индикации в таблицах умножения - деления и сложения - вычитания.*



***В таблице умножения в мультивибратор световой индикации светодиоды включены непосредственно в цепь коллекторов транзисторов, потому что ток коллектора транзистора достаточен для нормальной работы светодиодов.***

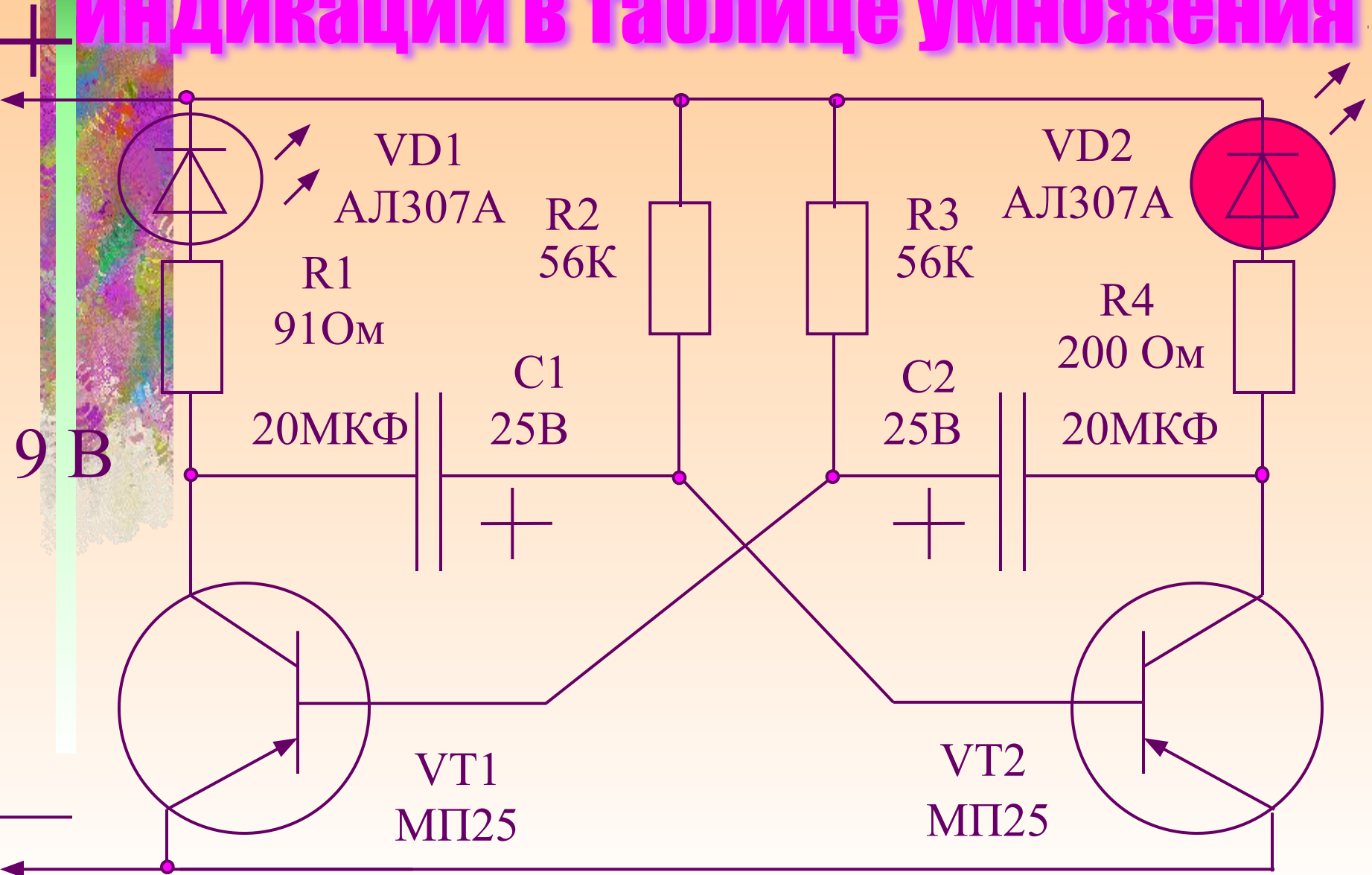
***(смотри следующий кадр)***

# Мультивибратор световой индикации в таблице умножения



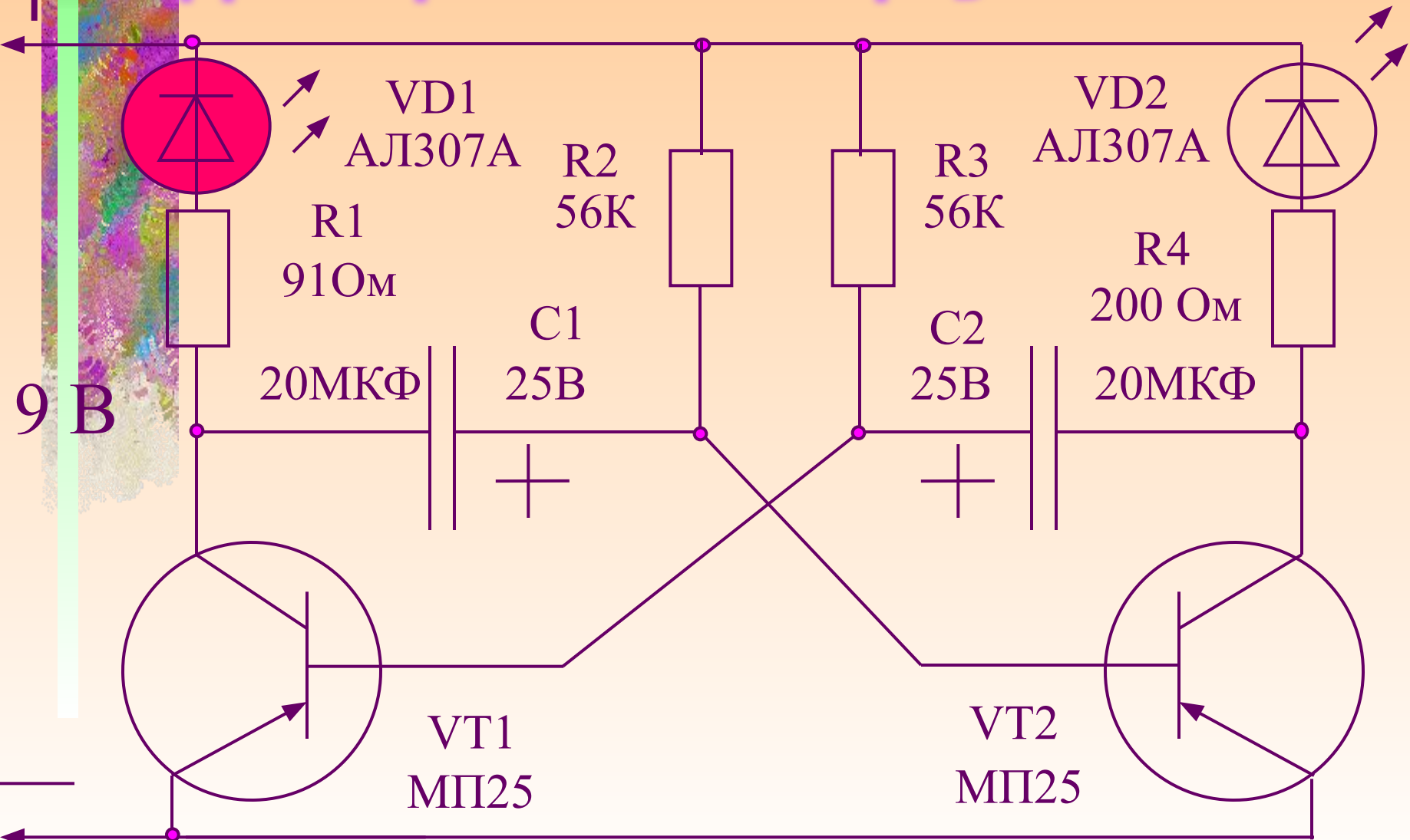
# Мультивибратор световой

## индикации в таблице умножения



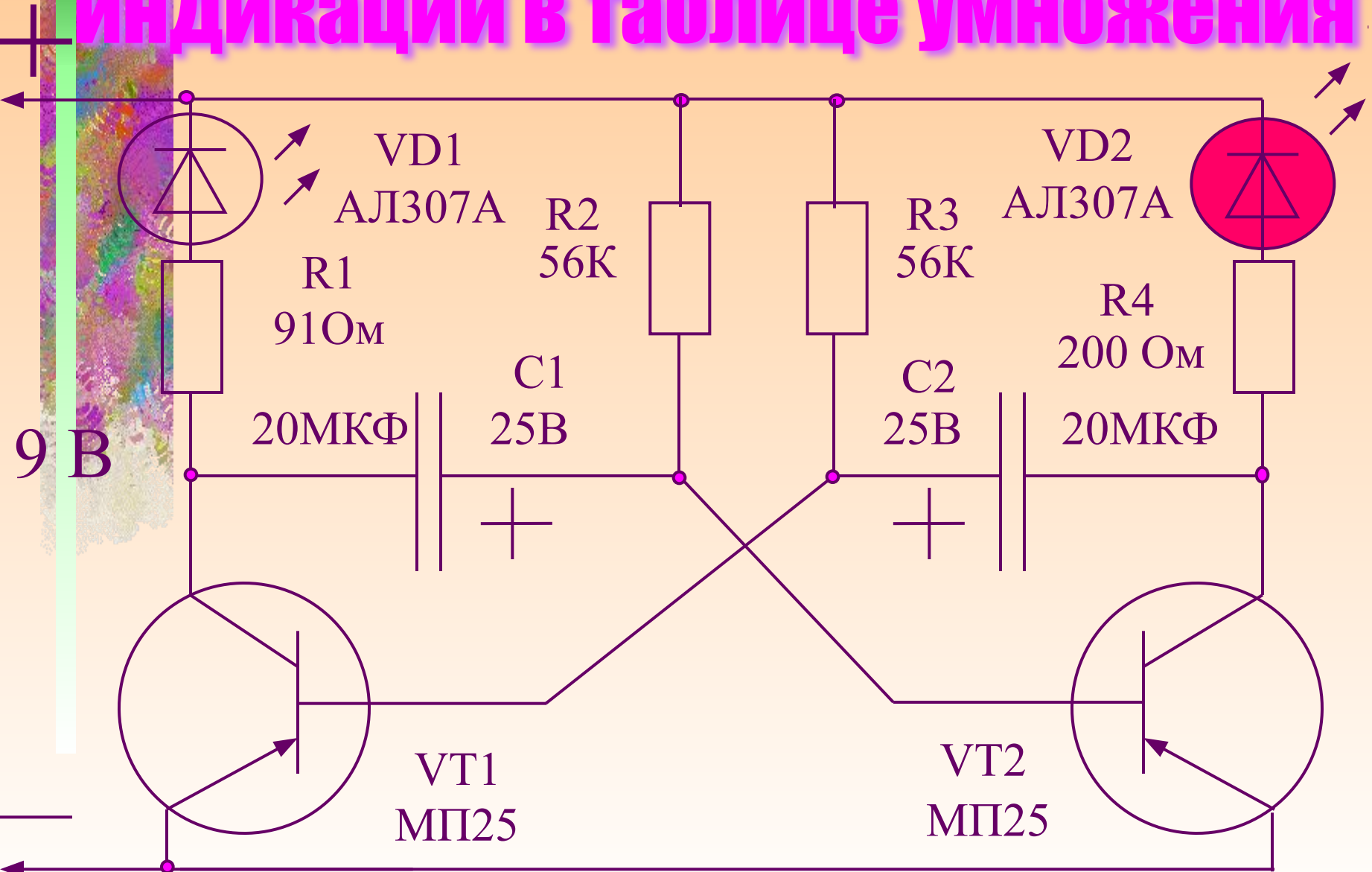
# Мультивибратор световой

## индикации в таблице умножения

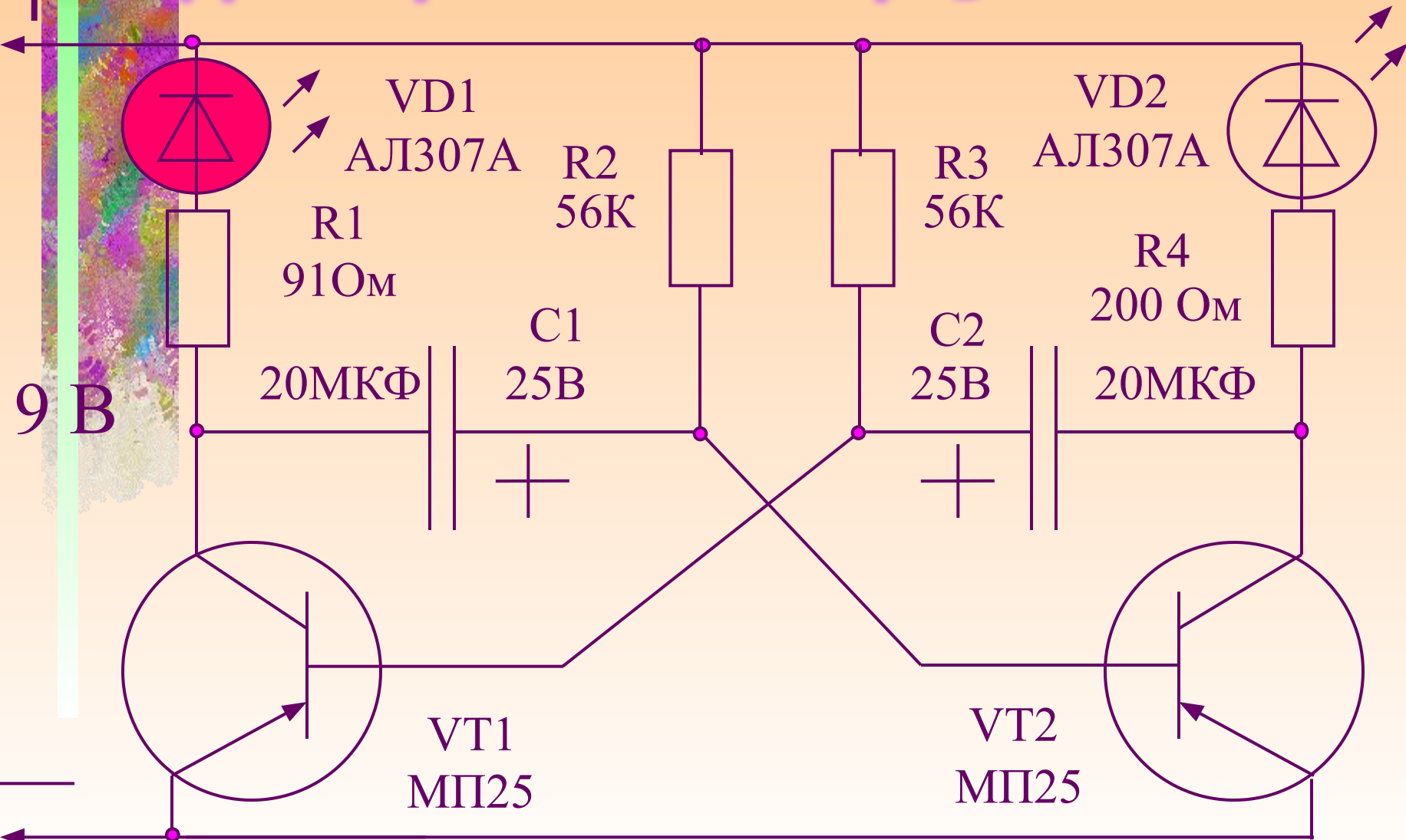


# Мультивибратор световой

## индикации в таблице умножения



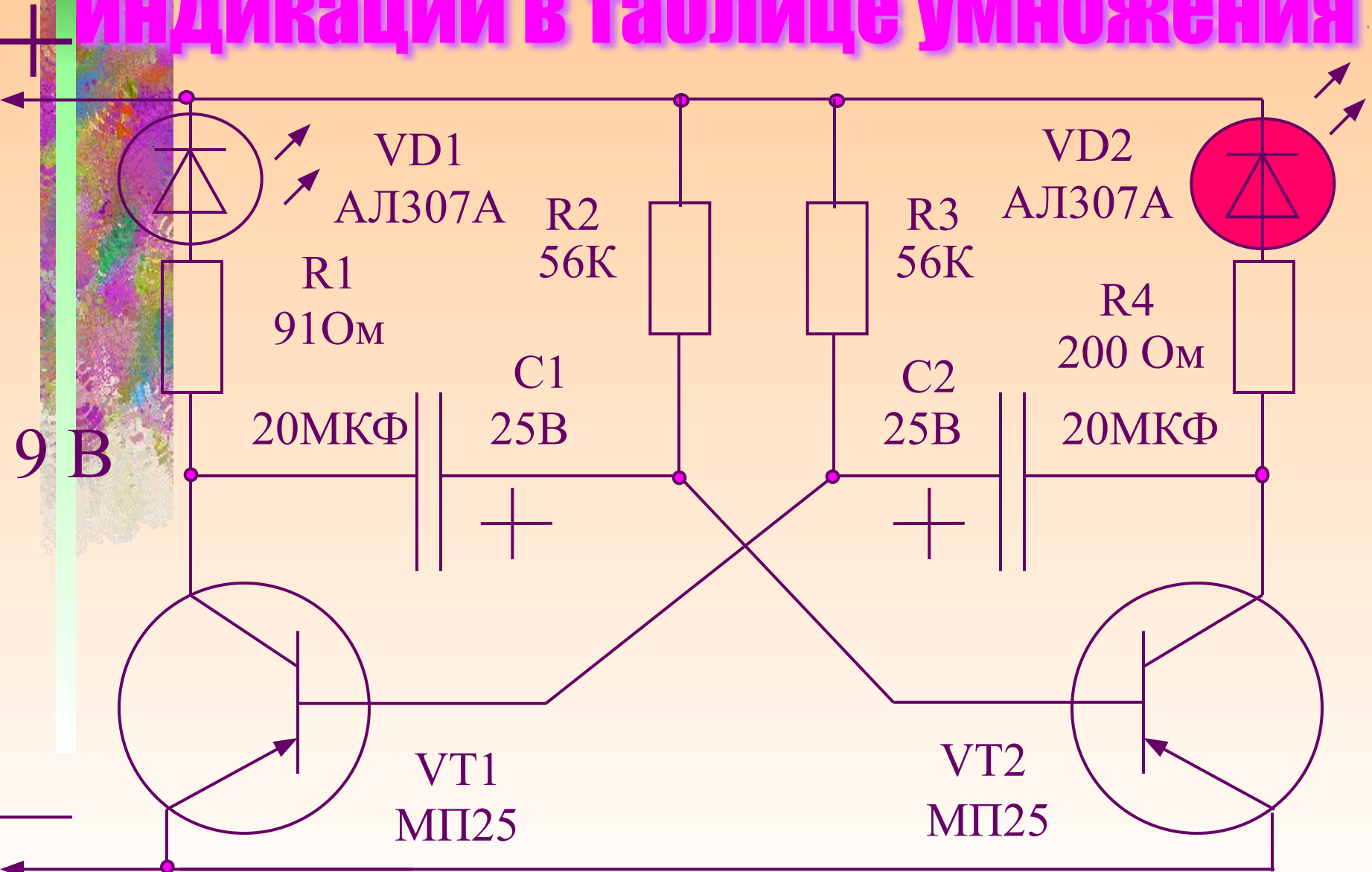
# Мультивибратор световой индикации в таблице умножения



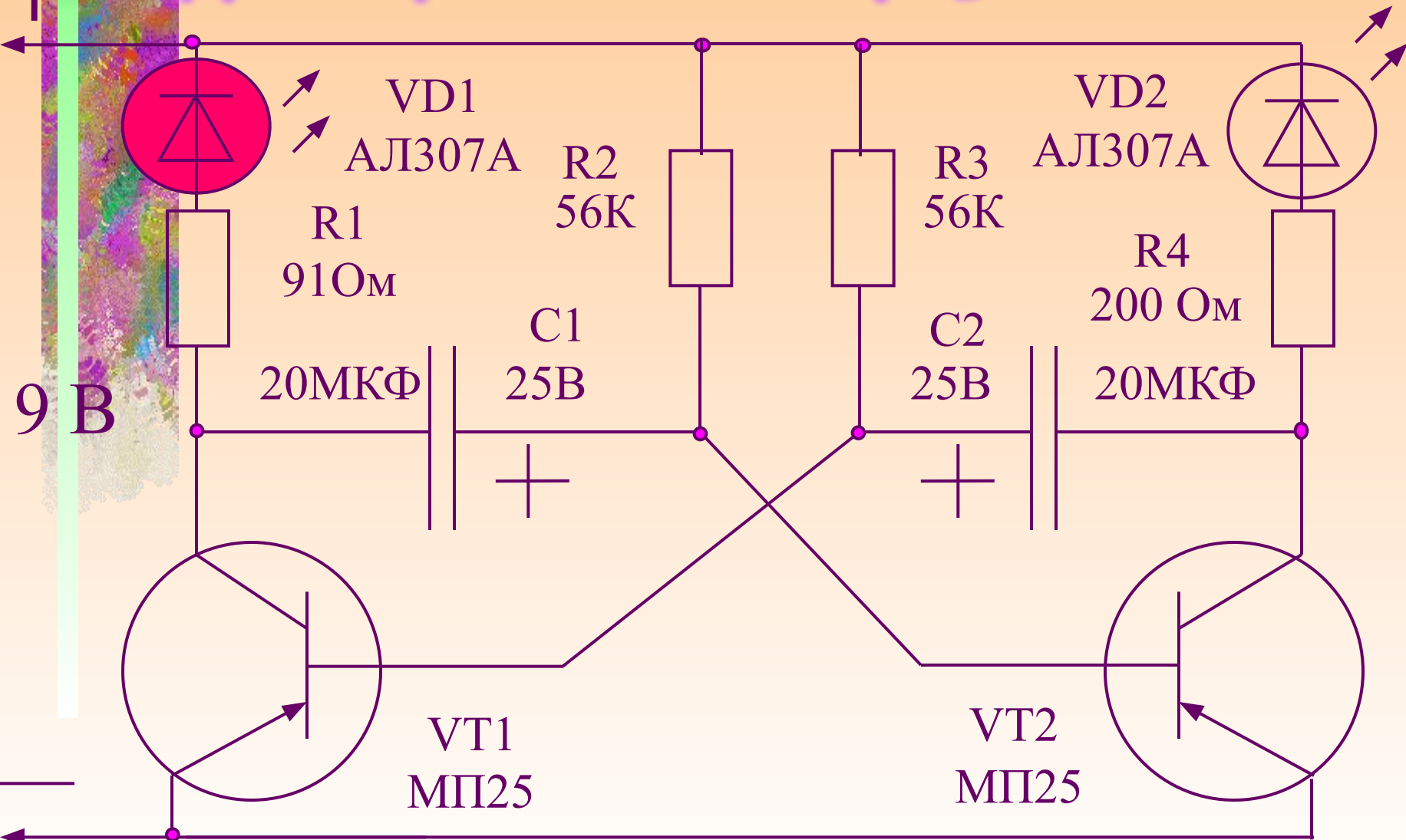


# Мультивибратор световой

## индикации в таблице умножения

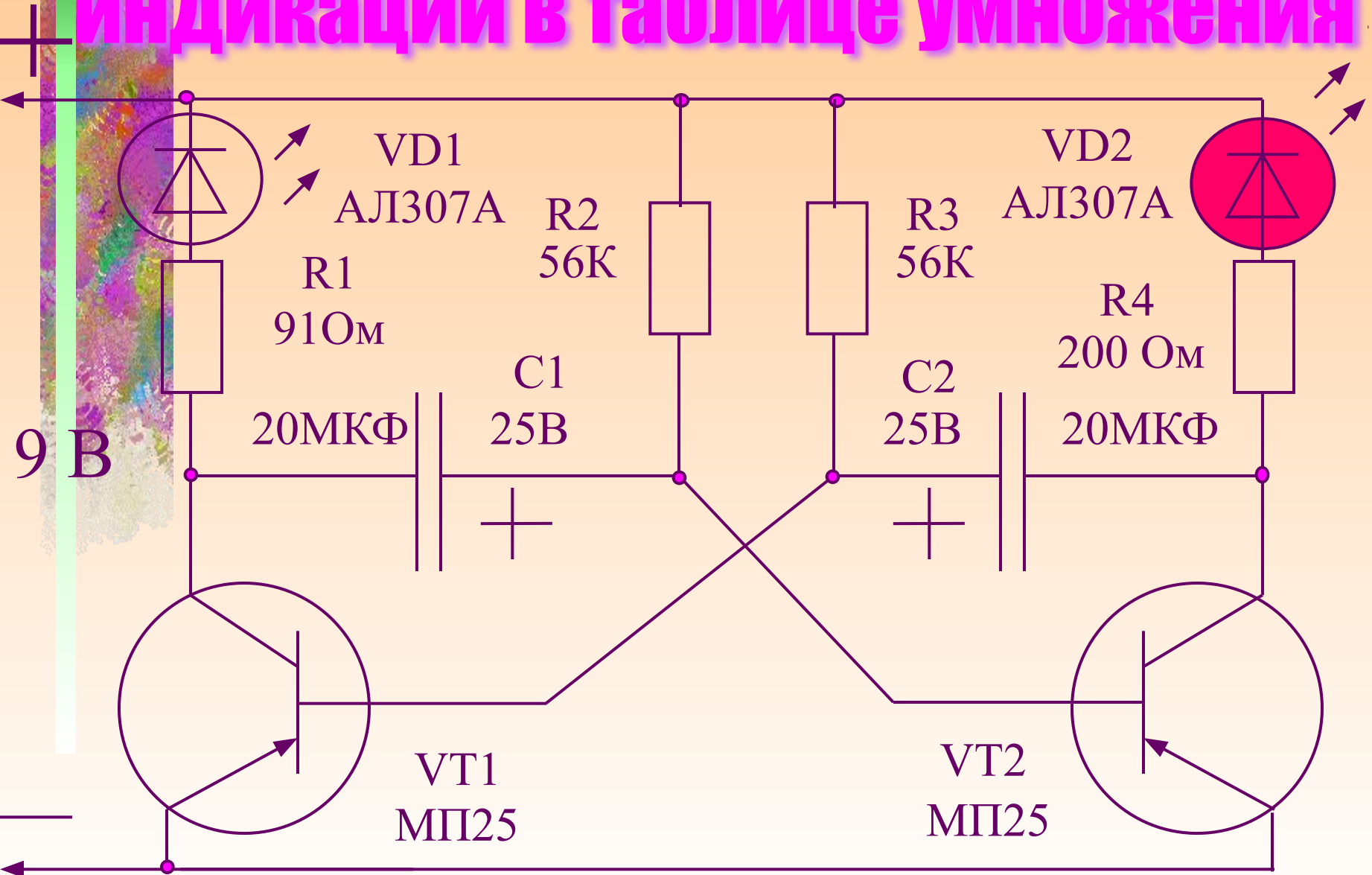


# Мультивибратор световой индикации в таблице умножения



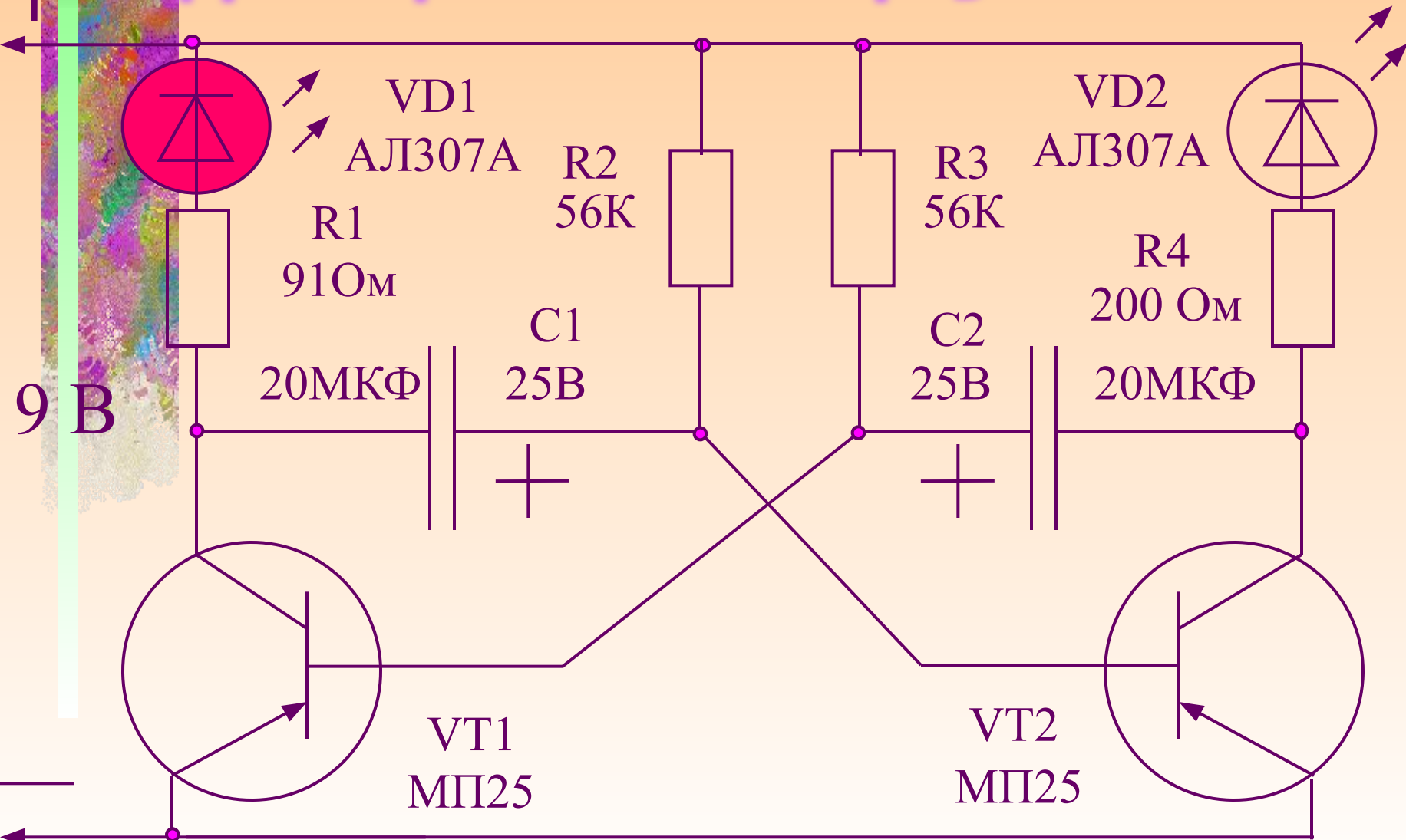
# Мультивибратор световой

## индикации в таблице умножения



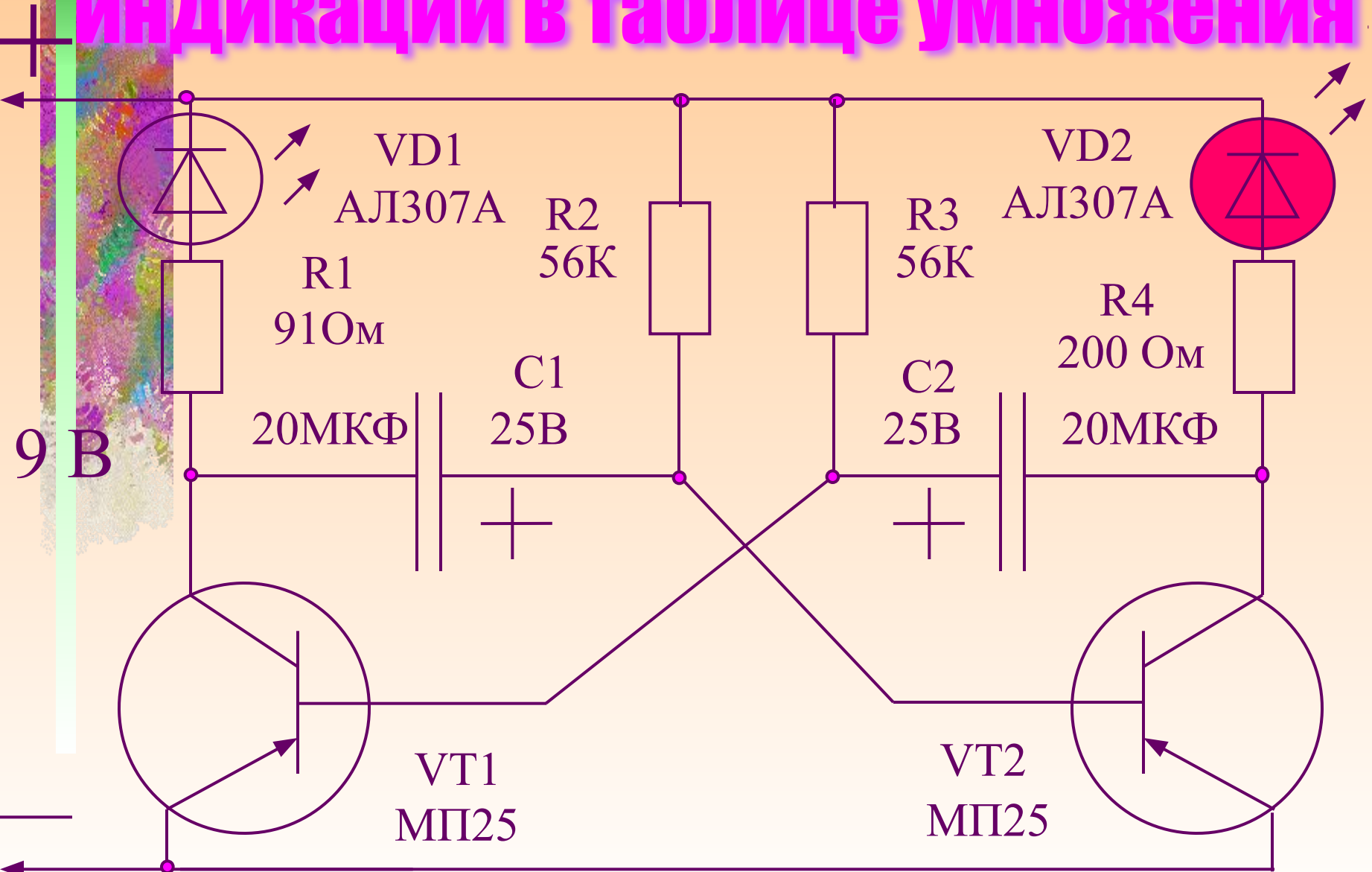
# Мультивибратор световой

## индикации в таблице умножения



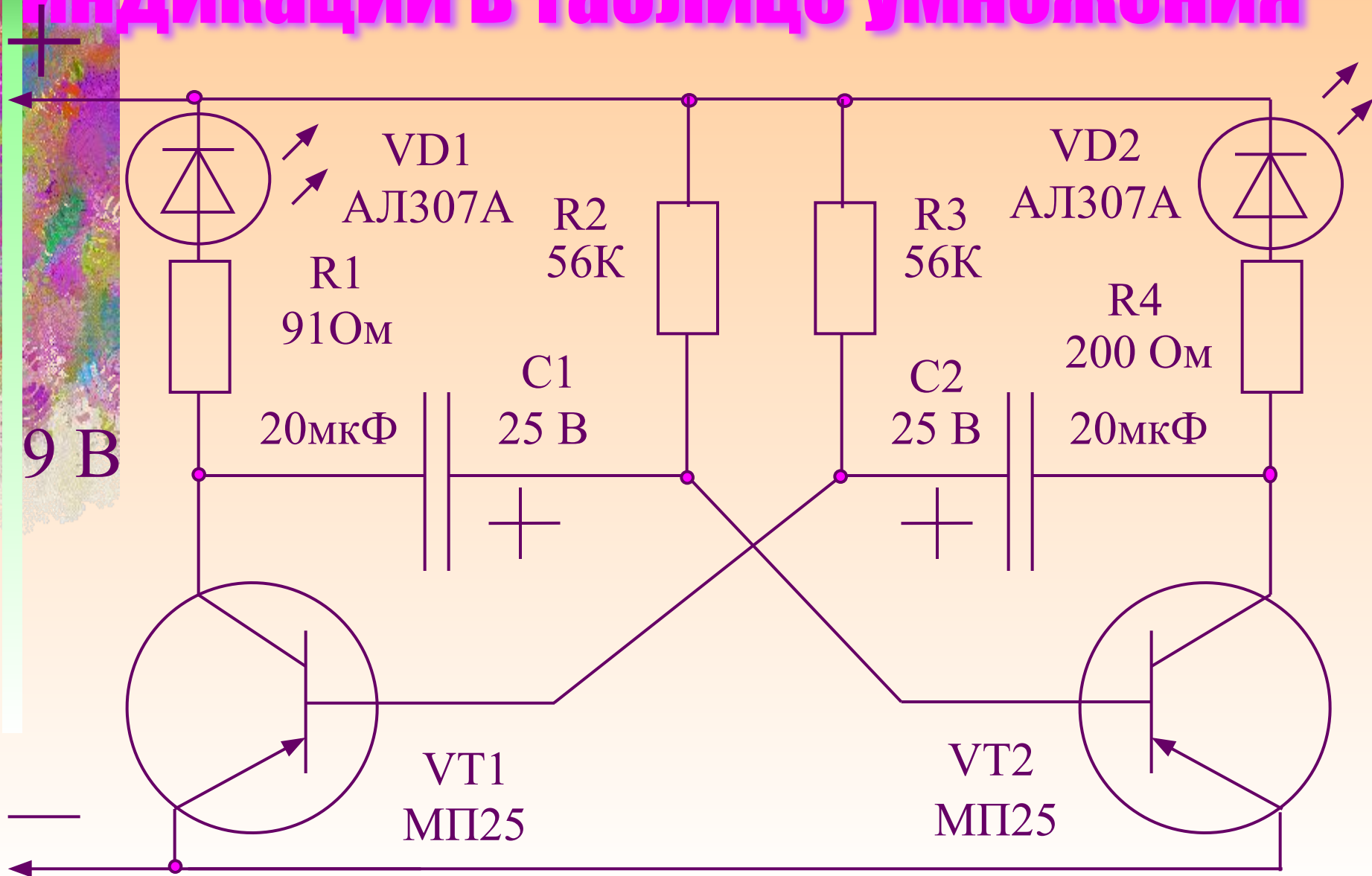
# Мультивибратор световой

## индикации в таблице умножения



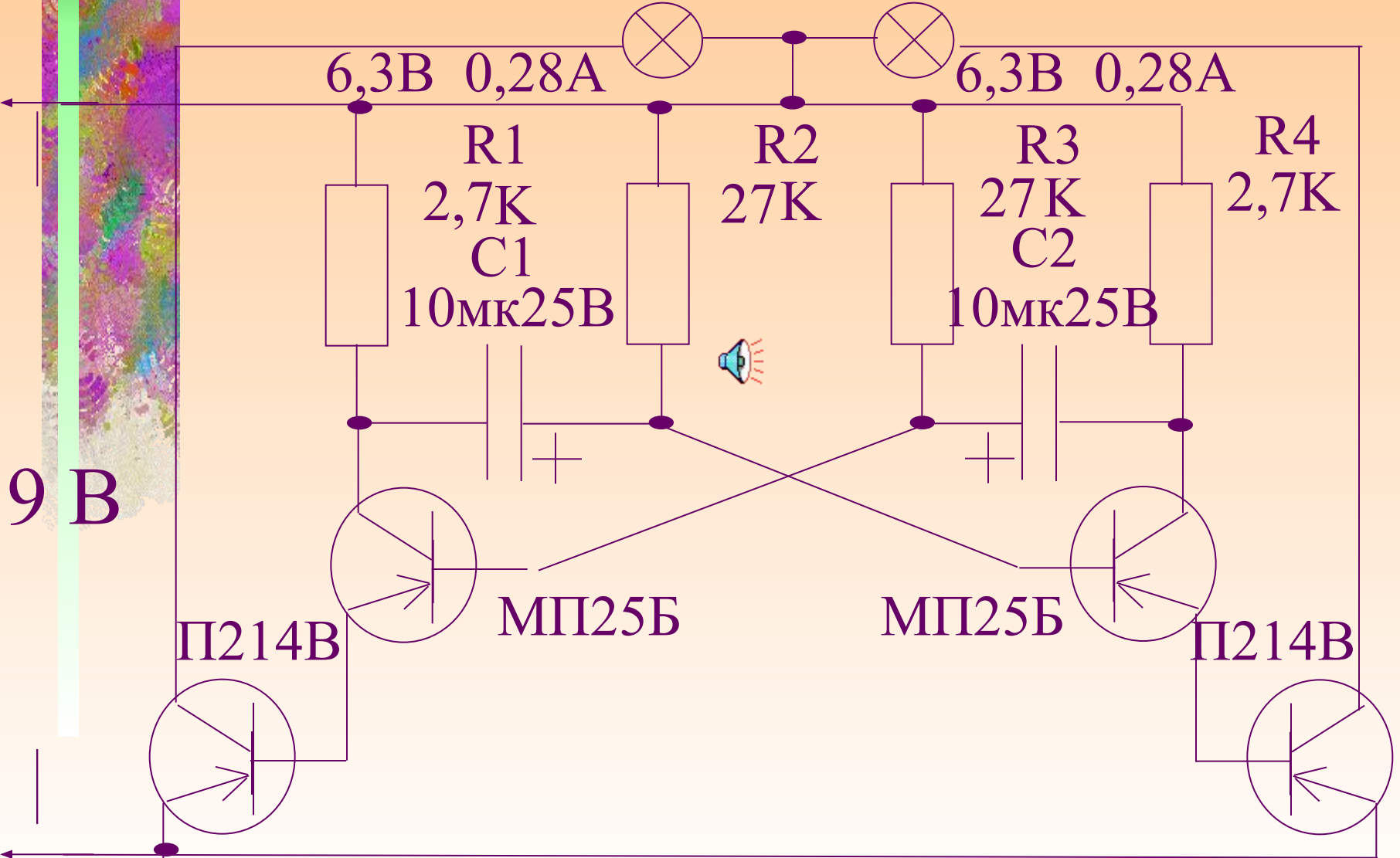
# Мультивибратор световой

## индикации в таблице умножения



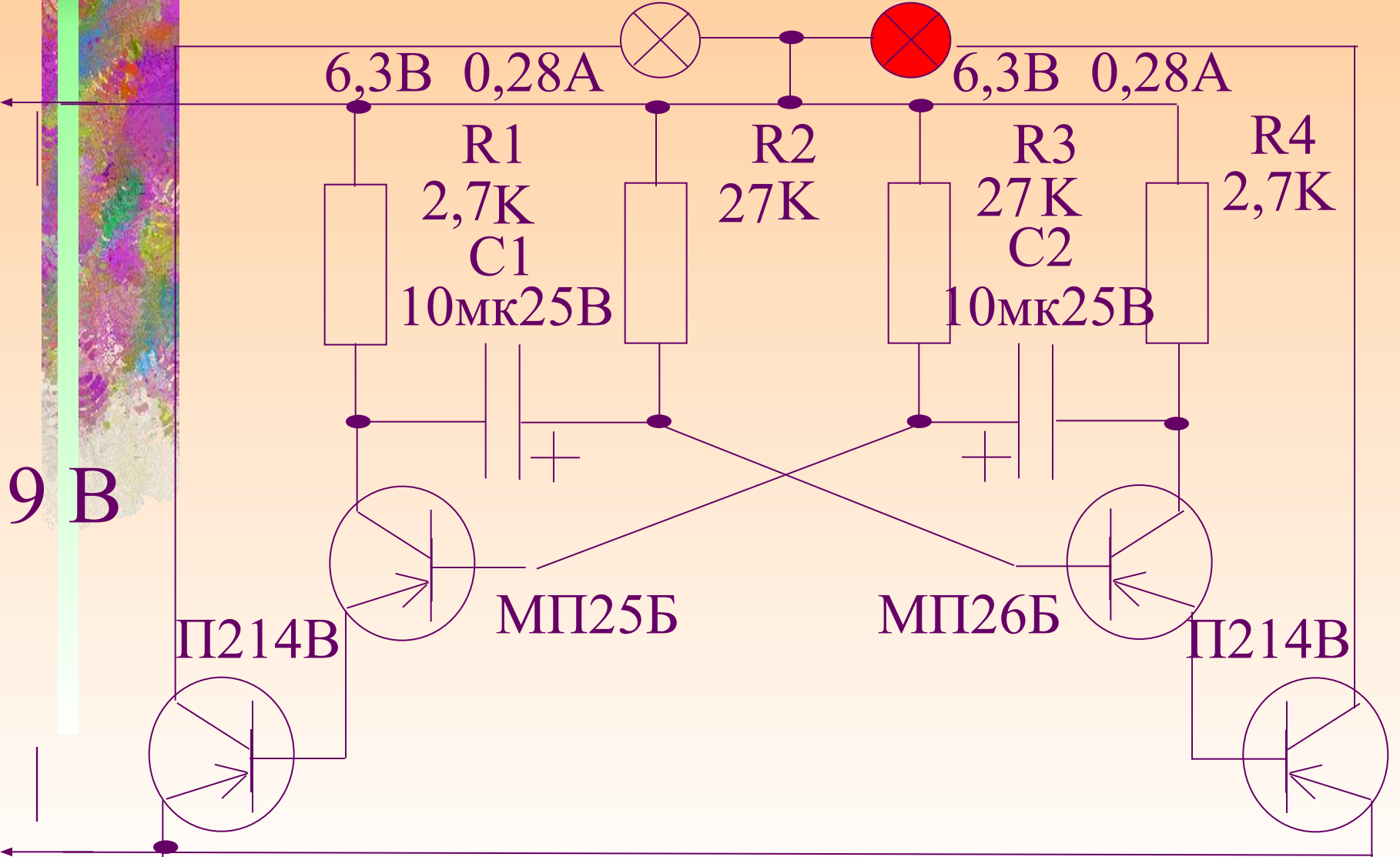
*В таблице сложения для световой индикации используются лампочки накаливания. Для обеспечения нормальной работы мульттивибратора, в его схему добавлен мощный транзистор П214В.*

# Мультивибратор световой индикации в таблице сложения

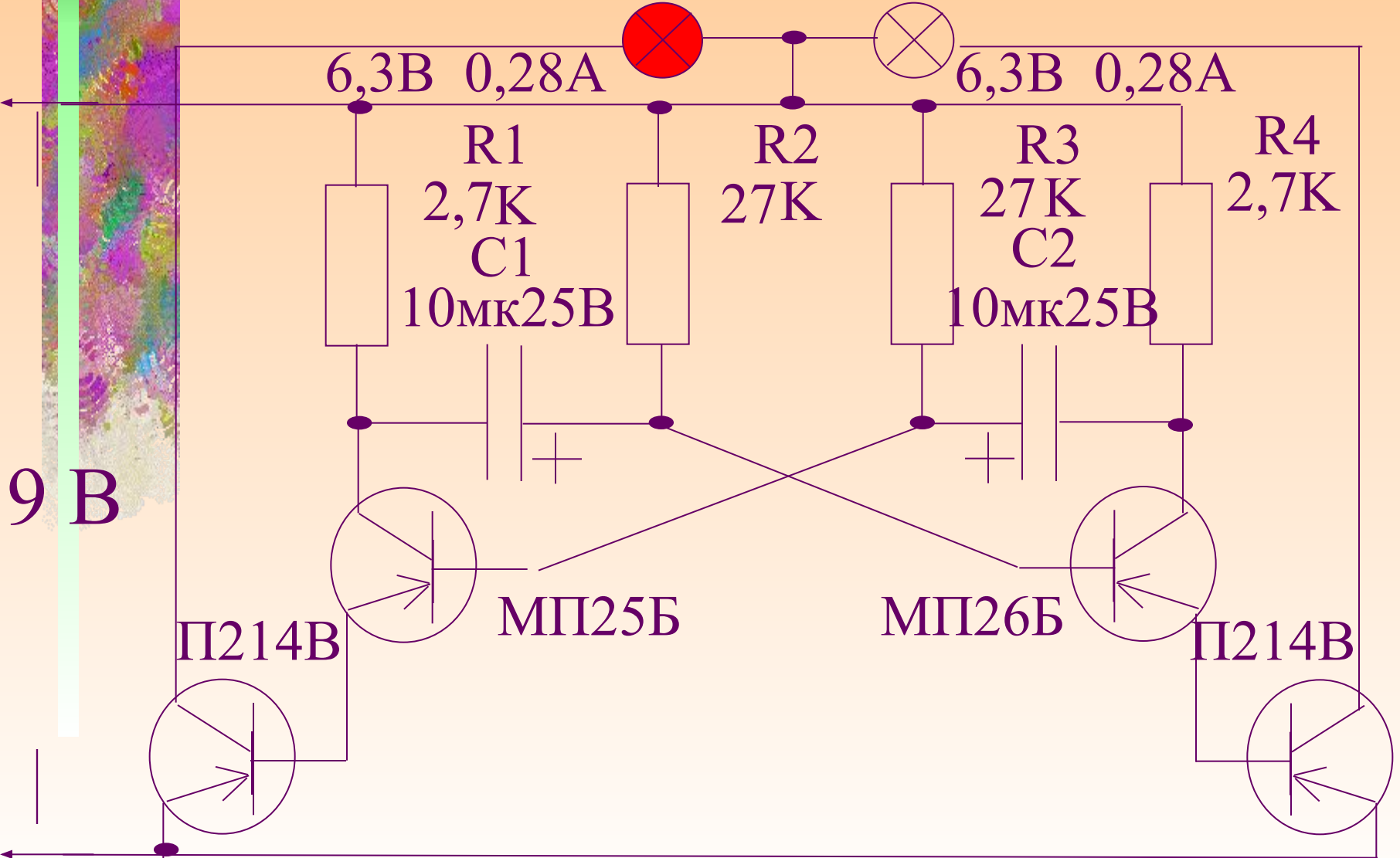




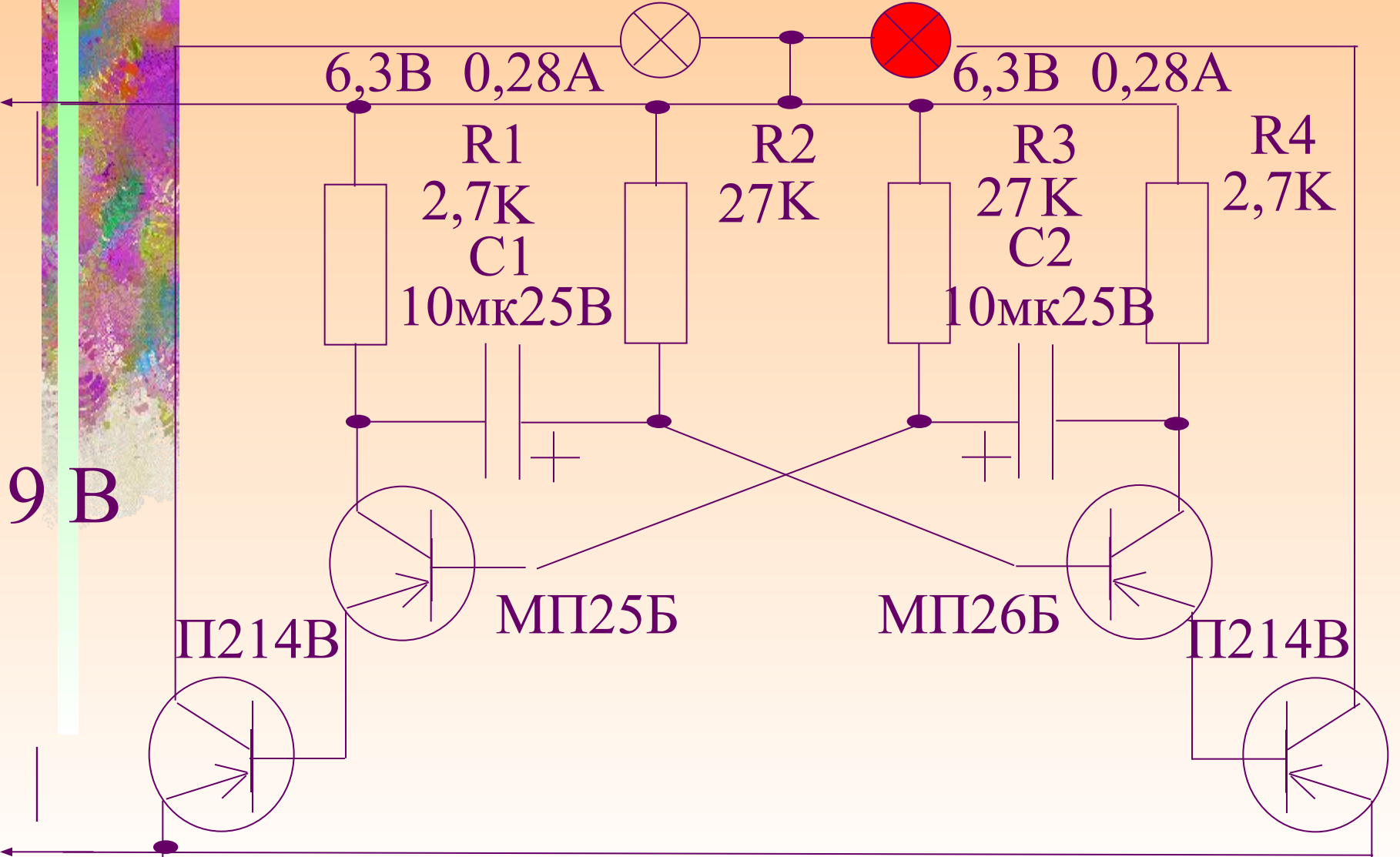
# Мультивибратор световой индикации в таблице сложения



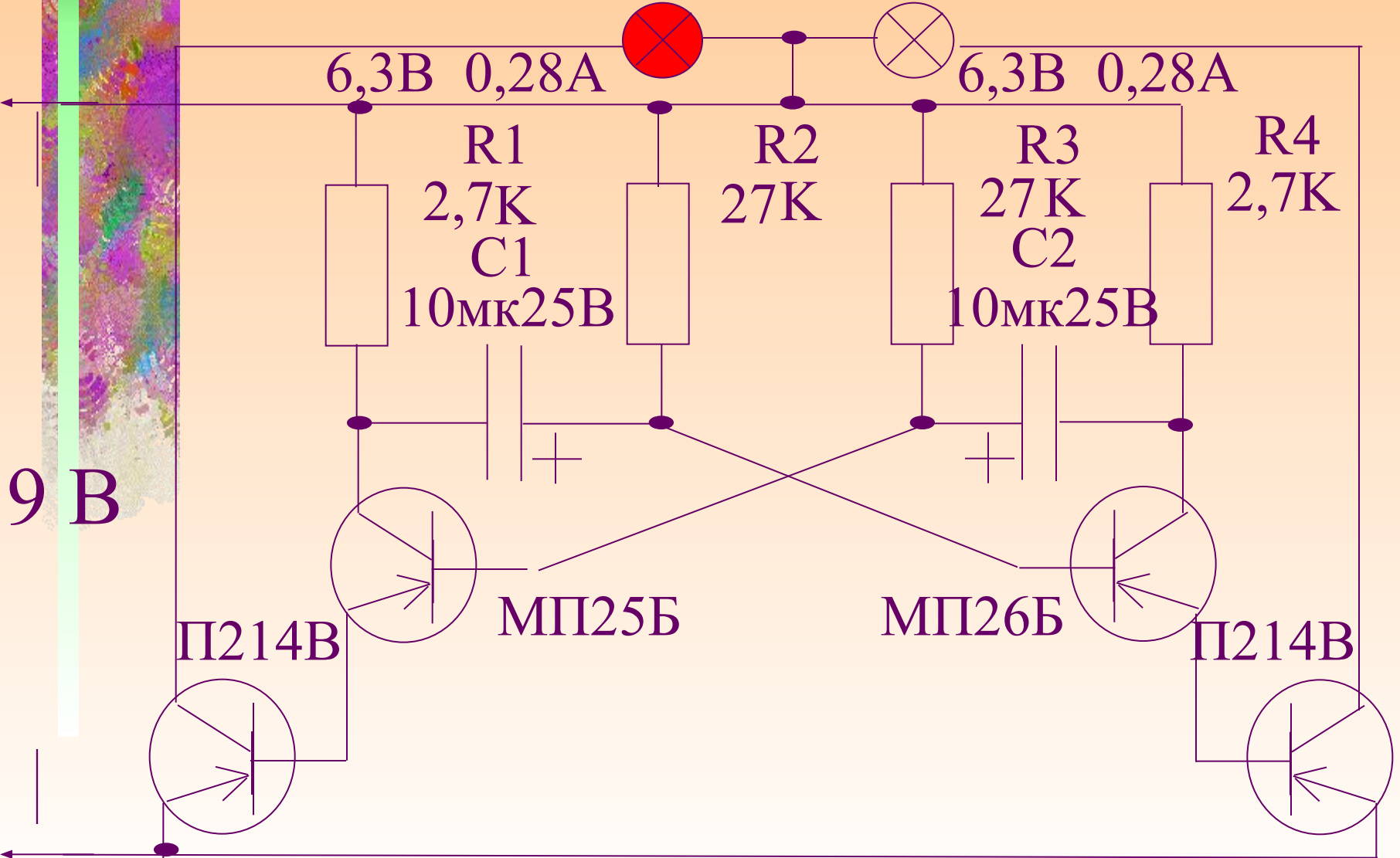
# Мультивибратор световой индикации в таблице сложения



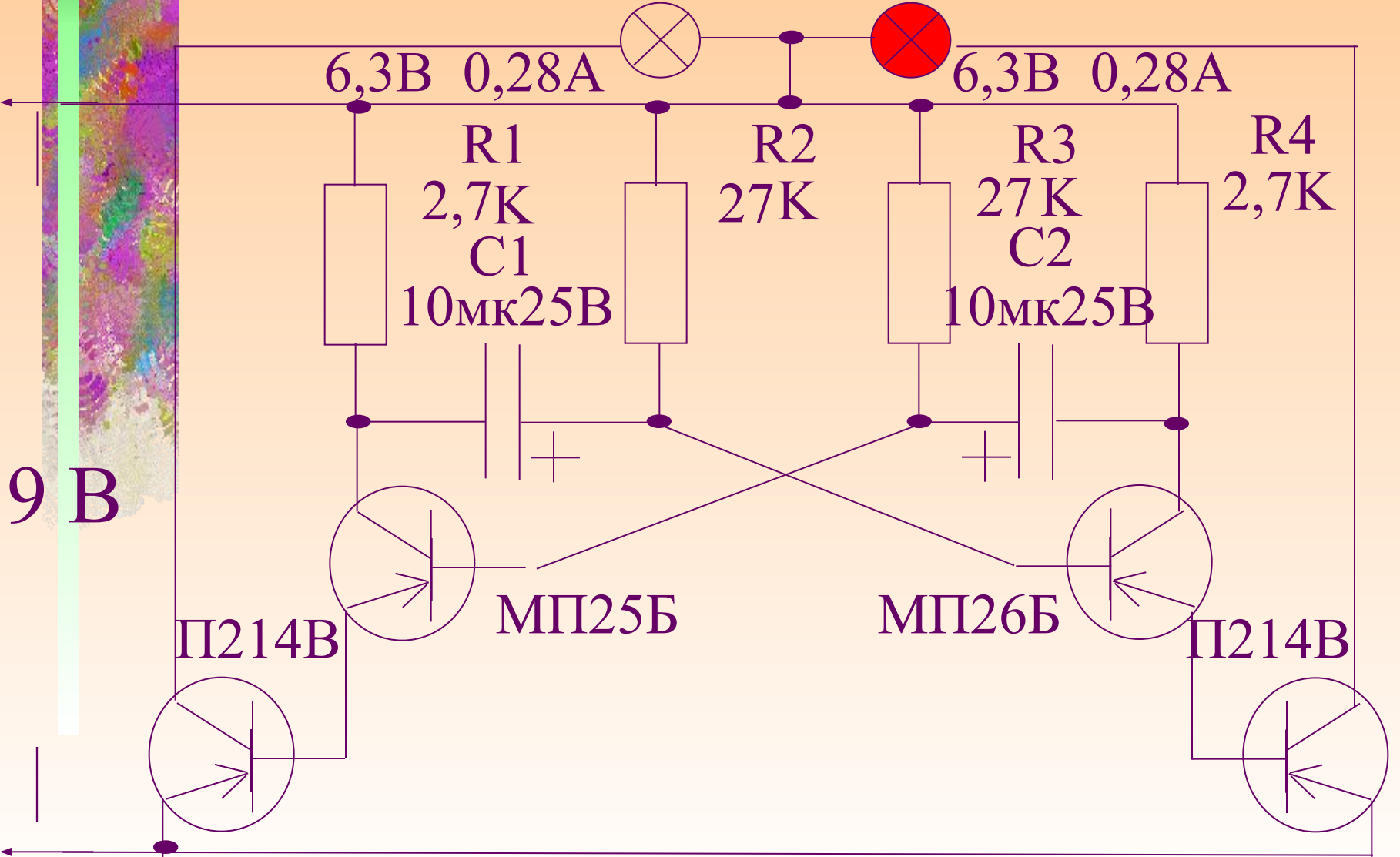
# Мультивибратор световой индикации в таблице сложения



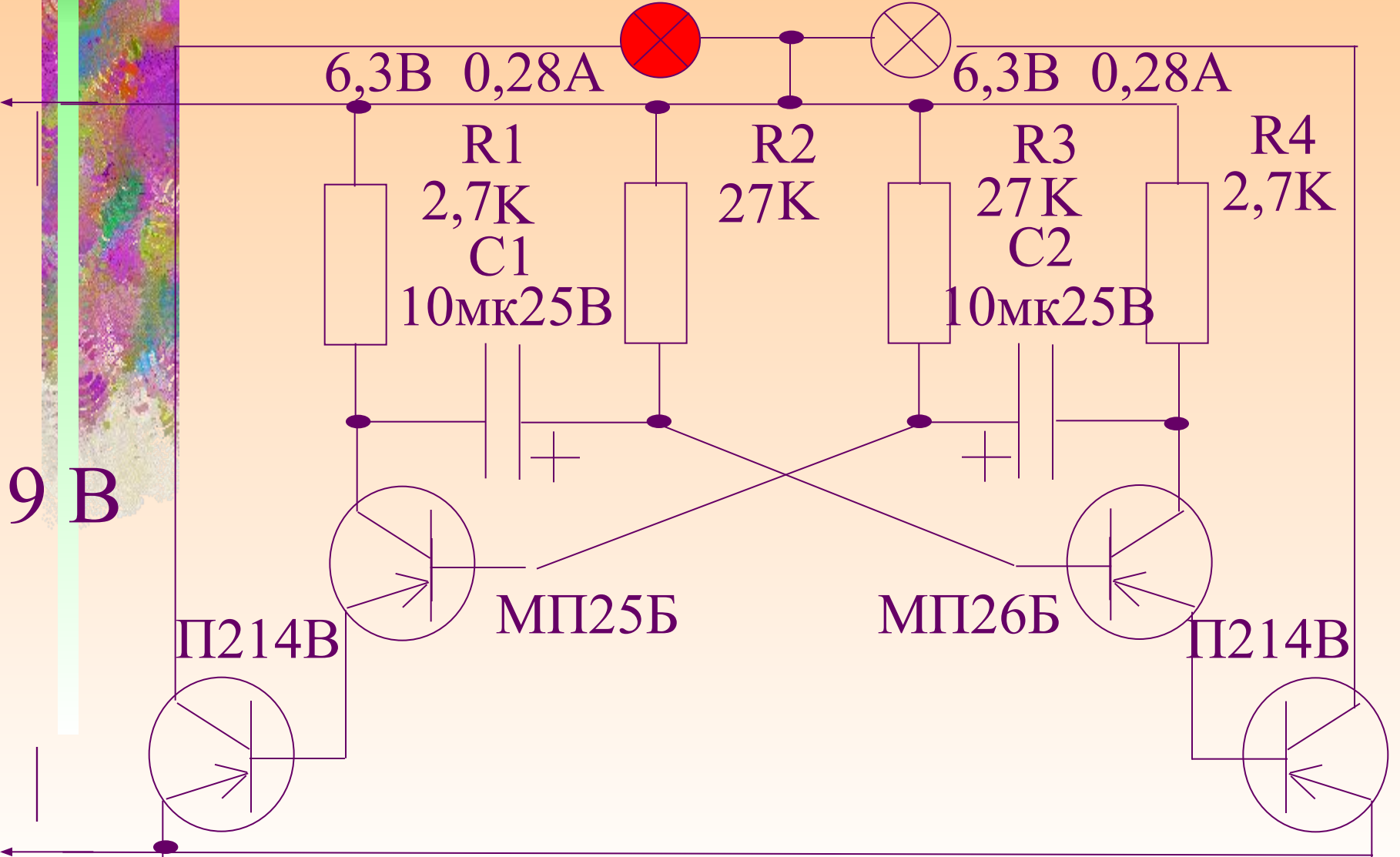
# Мультивибратор световой индикации в таблице сложения



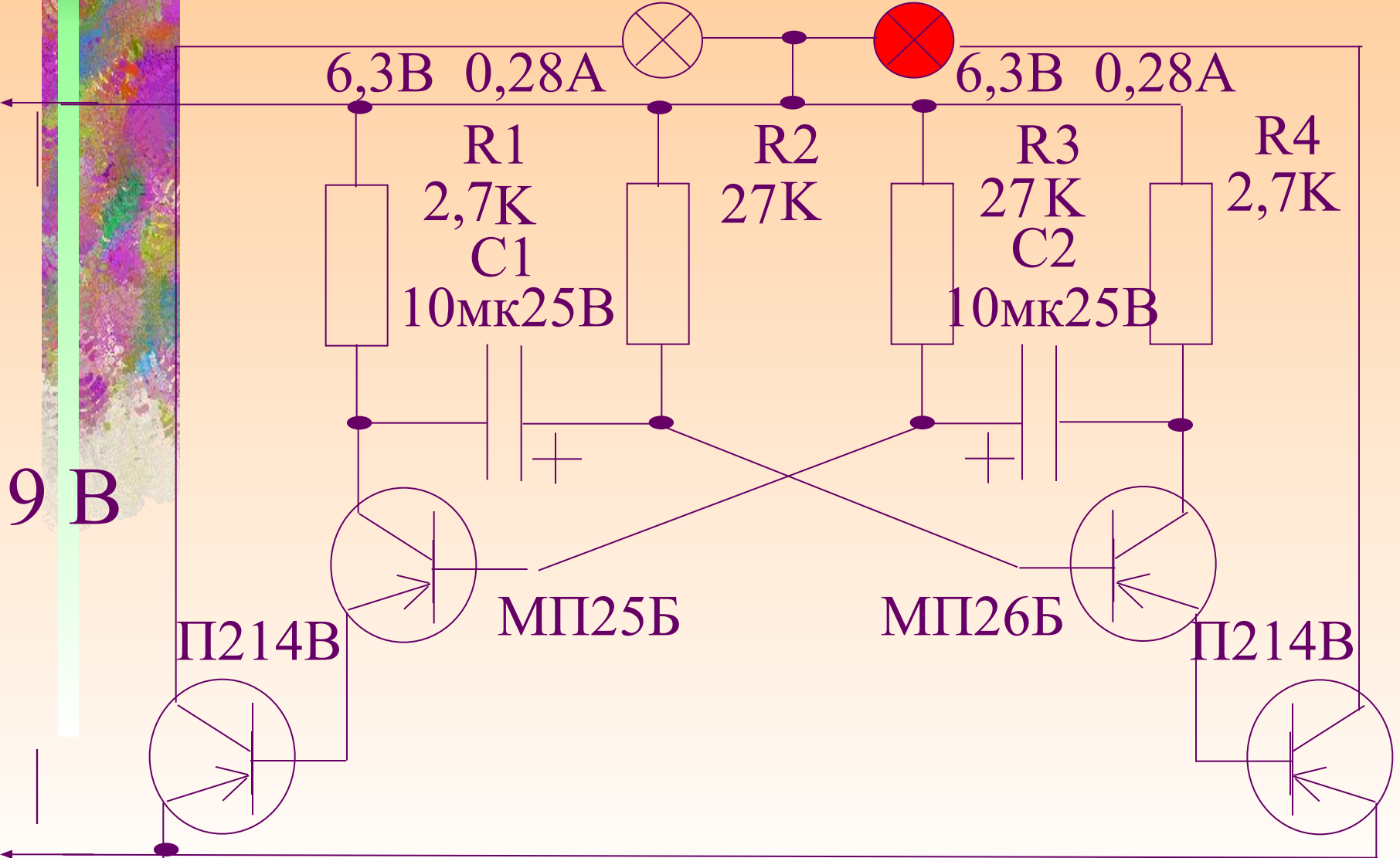
# Мультивибратор световой индикации в таблице сложения



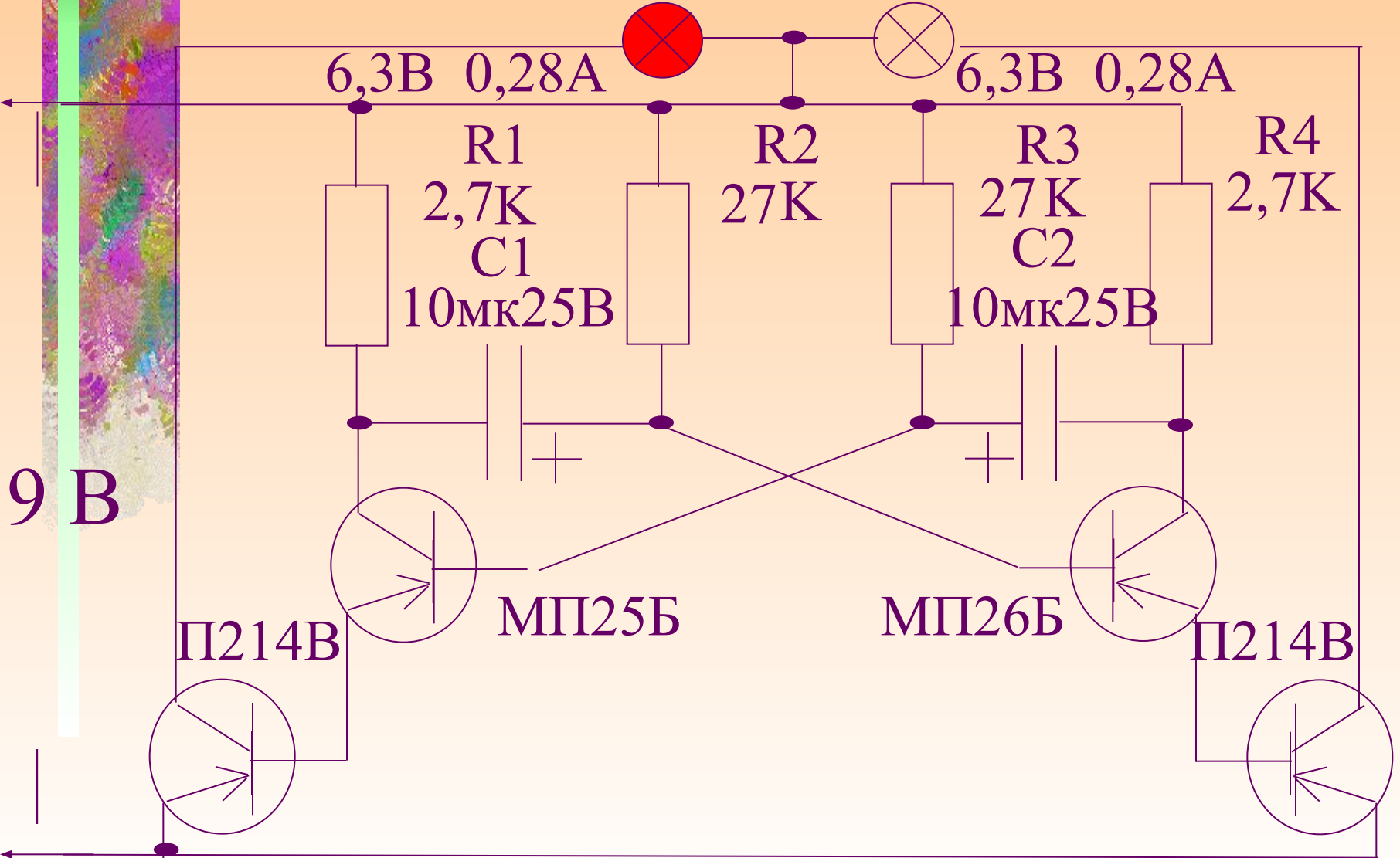
# Мультивибратор световой индикации в таблице сложения



# Мультивибратор световой индикации в таблице сложения



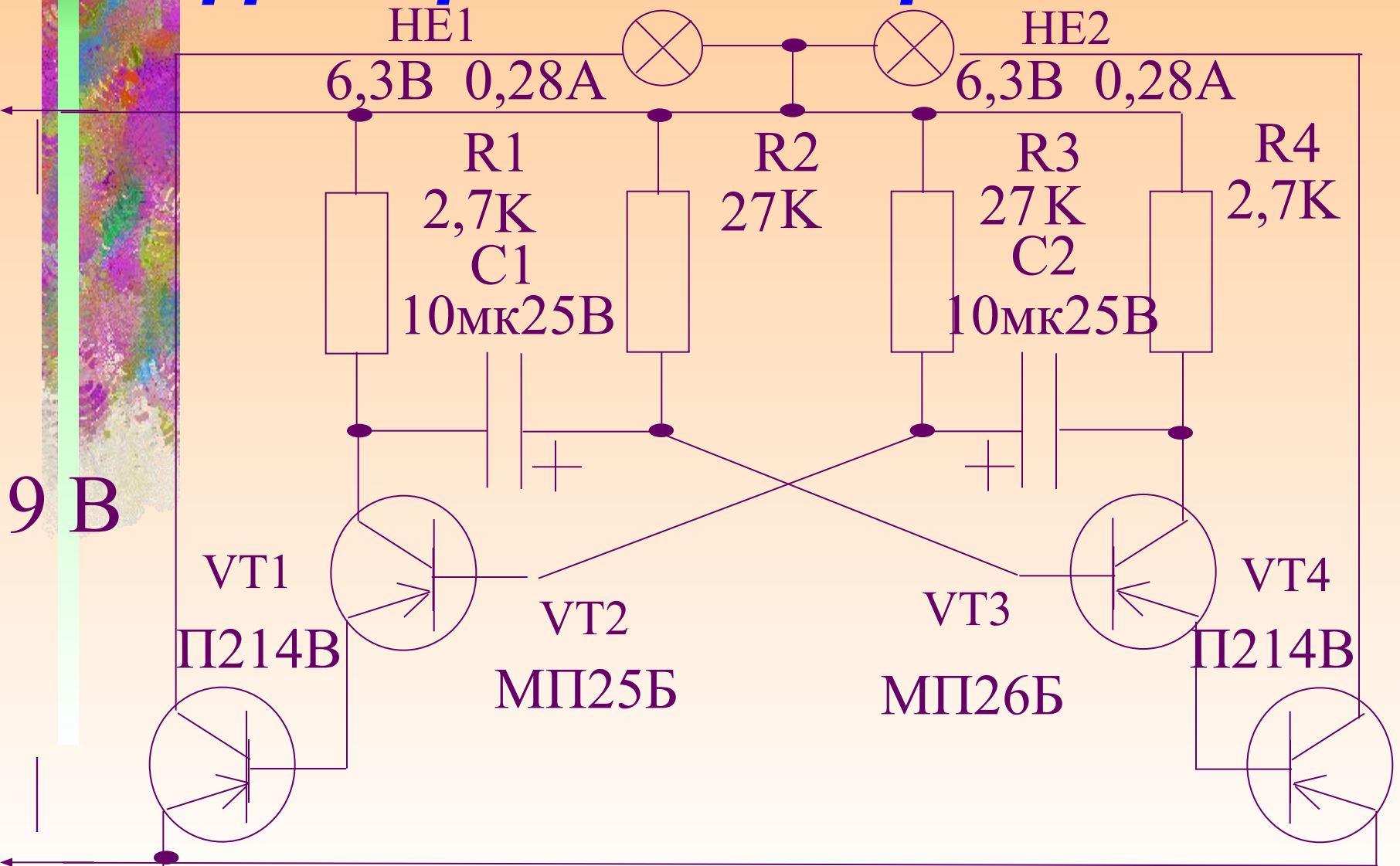
# Мультивибратор световой индикации в таблице сложения





# Мультивибратор световой


## индикации в таблице сложения



*Таблица умножения представляет собой квадратный лист фанеры. С одной стороны фанеры нарисован квадрат, который разбит ещё на 81 квадрат. На верхних и левых квадратах написаны цифры от 2 до 9, а остальные пустые – на них закреплены винтами крючки.*

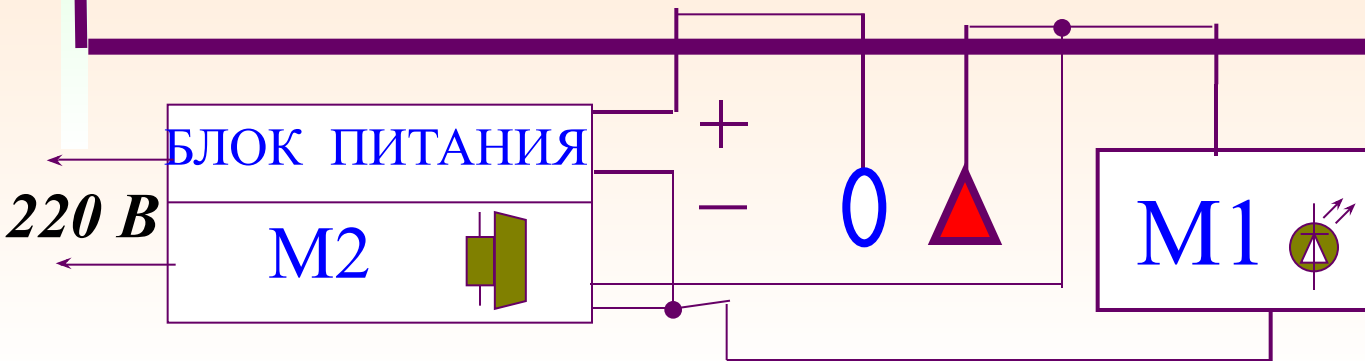
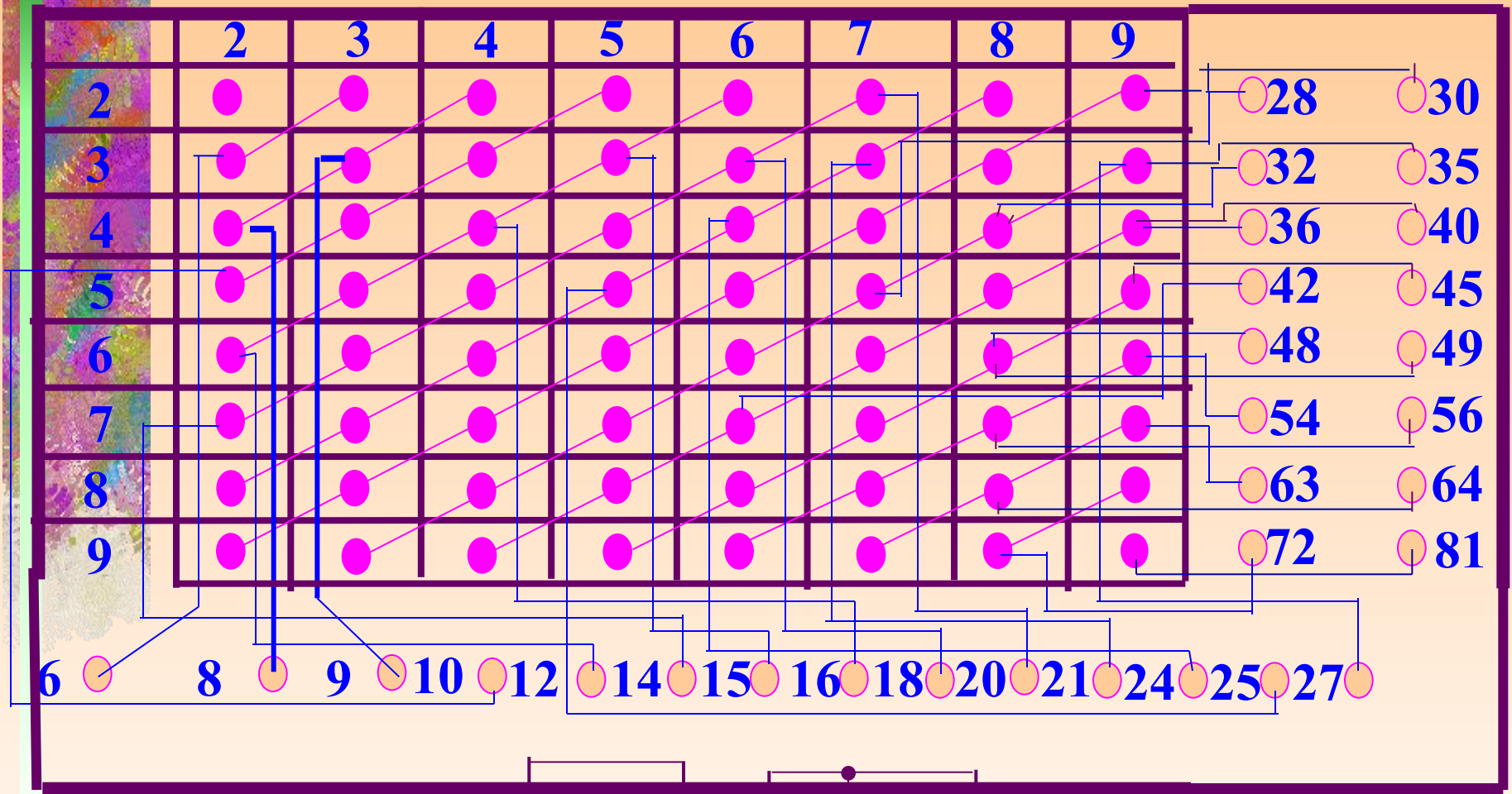
*Для выполнения умножения двух чисел нужно взять провод с наконечником в виде петли и повесить его на крючок на пересечении умножаемых чисел. На свободной части фанеры находятся головки винтов, под каждой из которых написан ответ - результат умножения. Все провода под винтами затянуты гайками и соединены между собой.*

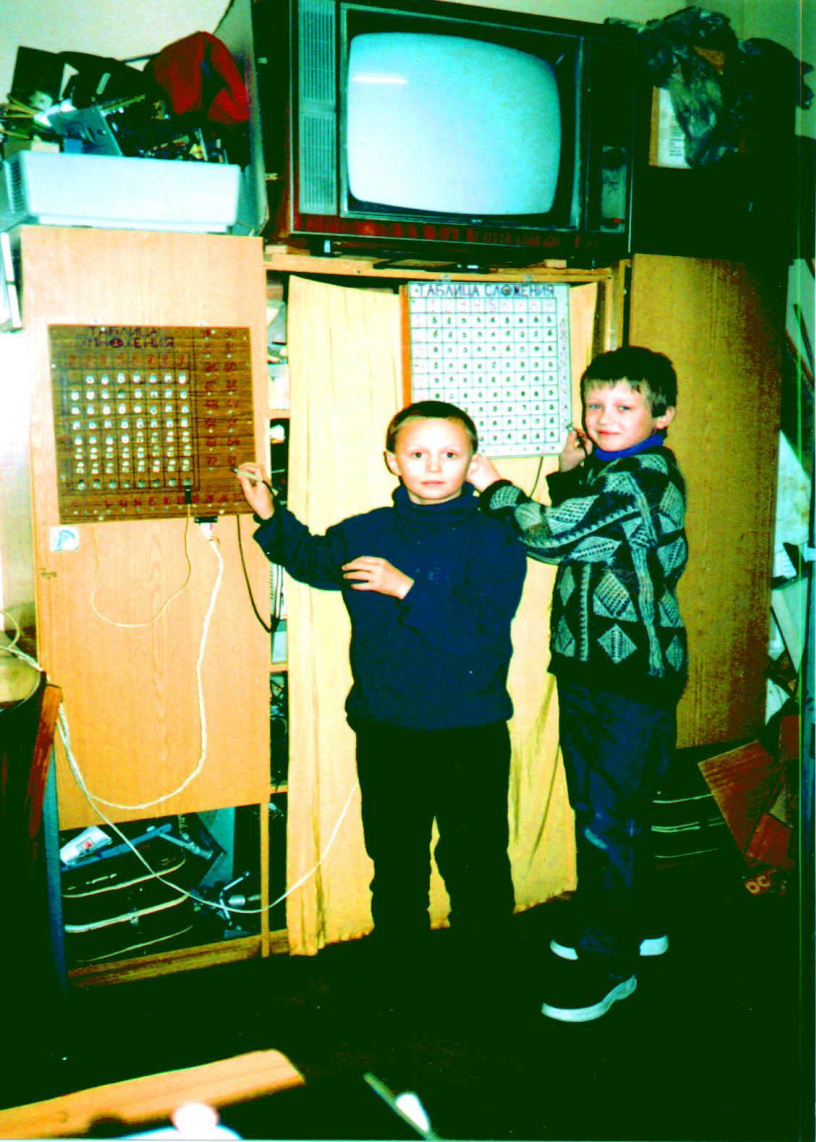
***Сплошным наконечником на втором проводе прикасаются к головкам винтов. Если ответ выбран правильный, то замыкается цепь питания обоих мультивибраторов и они начинают работать.***



***Электрическая схема  
таблицы умножения показана  
в следующем кадре***

# ТАБЛИЦА УМНОЖЕНИЯ





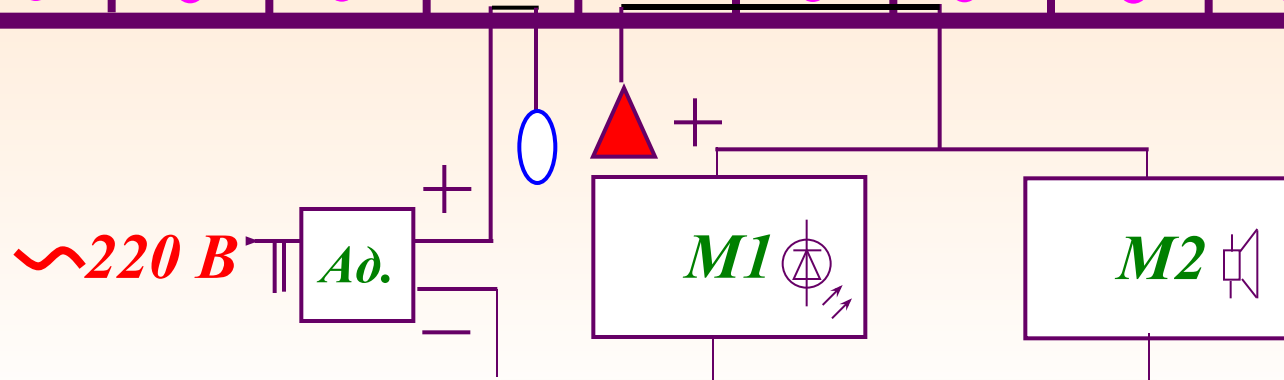
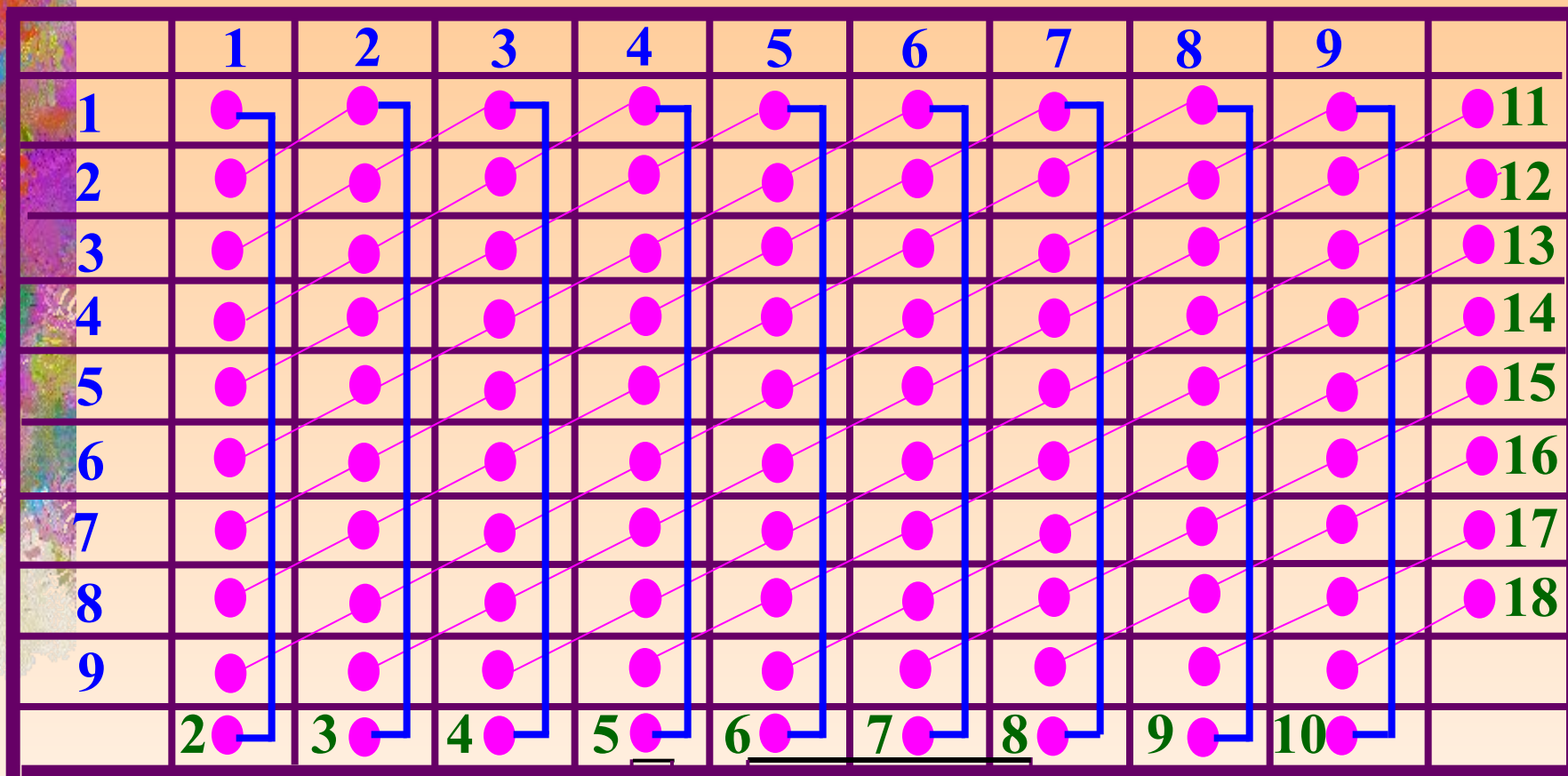
*Ученики 1-го и 3-го  
классов занима -  
ются на таблице  
умножения -  
деления (слева)  
и на таблице*


*сложения - вычитания (справа).*

***Таблица сложения подобна  
таблице умножения и показана  
в следующем кадре.***

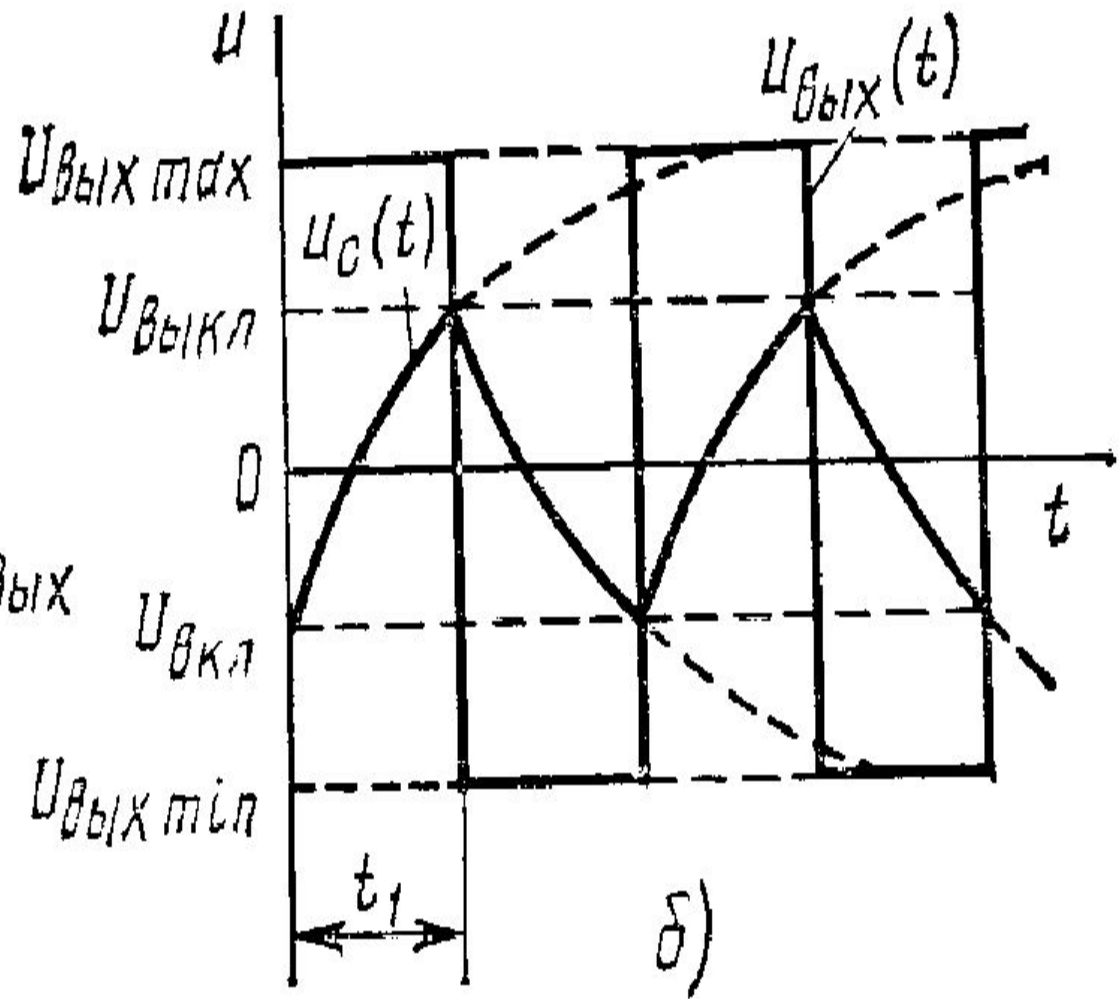
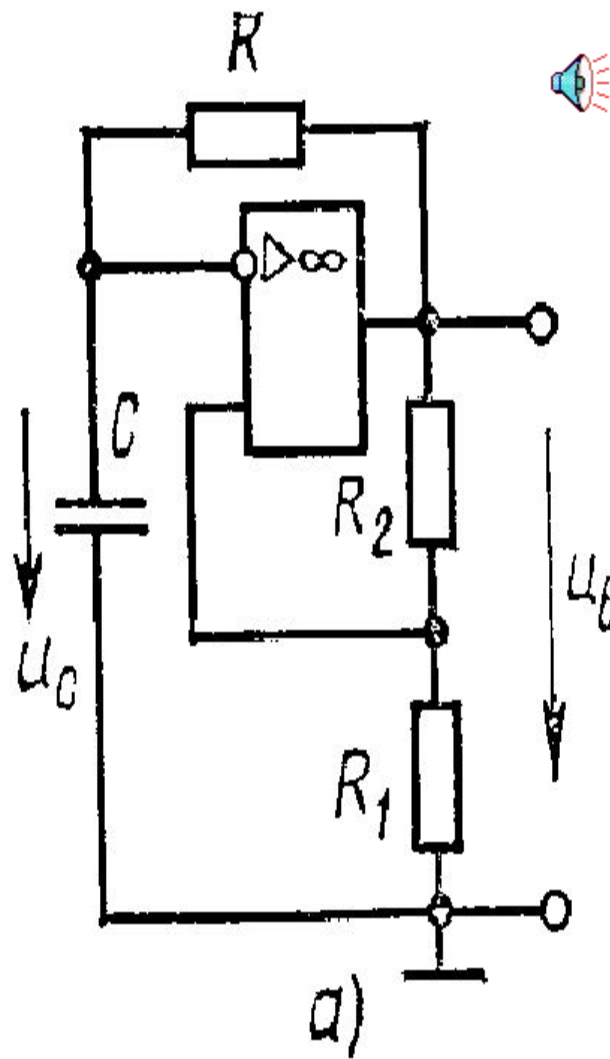


# Таблица сложения





***Мутивибраторы могут собираться также на операционных усилителях и на цифровых микросхемах.***



# Мультивибратор на операционном усилителе

На рис. а) приведена схема мультивибратора, выполненного на основе инвертирующего триггера Шмитта, в котором отрицательная обратная связь осуществляется через фильтр нижних частот в виде  $RC$  - цепи. Допустим, что выходное напряжение мультивибратора равно  $U_{\text{вых max}}$ . Тогда напряжение на инвертирующем входе (равное напряжению  $u_c$  на конденсаторе) отрицательно, а на прямом входе положительно и равно

$$U_+ = [R1/(R1 + R)] \cdot U_{\text{вых max}}$$

Напряжение на конденсаторе  $u_c = u_-$  возрастает, так как конденсатор начинает перезаряжаться через резистор  $R$ , и стремиться к  $U_{\text{вых max}}$  (рис. б). Когда  $u_c$  достигает уровня  $U_{\text{выкл}}$  выключения триггера Шмитта, напряжение  $u_{\text{вых}}$  скачком изменяется до  $U_{\text{вых min}}$ . Так как  $U_{\text{вых max}} = -U_{\text{вых min}}$  то конденсатор  $C$  начинает перезаряжаться от  $U_{\text{выкл}}$  до  $-U_{\text{max}}$  и обратное переключение происходит при  $u_c = U_{\text{вкл}}$ . Затем процесс периодически повторяется.

# *Длительность импульса мультивиб- ратора*

$$t_1 = RC \ln [1 + (2R_1 / R_2)]$$

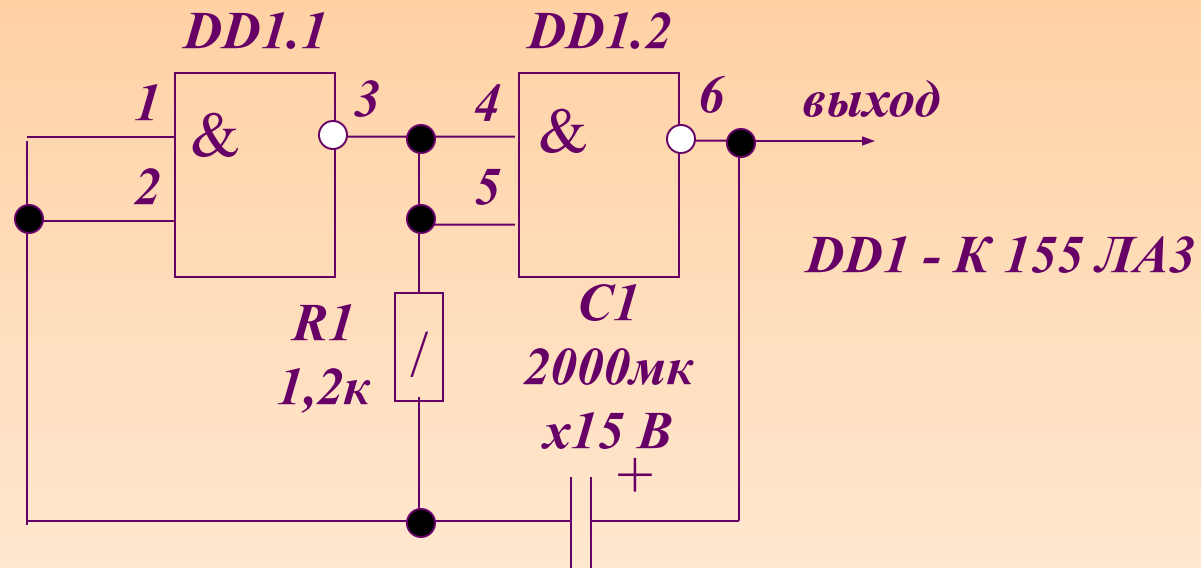
*Здесь  $\ln$ -натуральный логорифм, а период*

$$T = 2t_1 = 2RC \ln [1 + (2R_1 / R_2)].$$

$$\text{При } R_1 = R_2 \quad T \approx 2,2RC$$



# Мультивибратор на цифровых микросхемах



На элементах DD1.1 и DD1.2 собран генератор, вырабатывающий прямоугольные импульсы, которые следуют со сравнительно малой частотой - она зависит от ёмкости конденсатора C1 и сопротивления резистора R1. Импульсы мультивибратора снимаются с выхода 6 элемента DD1.2.

На выходах 6 и 3 имеются прямоугольные импульсы противоположной полярности.

В качестве логических элементов НЕ в схеме могут быть использованы логические элементы ИЛИ-НЕ или И-НЕ с объединенными входами.

Более подробные данные по этой теме можно найти в книгах:

1. В. В. Бессонов «Радиоэлектроника для начинающих (и не только)», М., «Солон-Р», 2001 г.
2. В. Г. Борисов, А. С. Партин «Практикум радиолобителя по цифровой технике», М., «Патриот», 1991 г.



КОНЕЦ