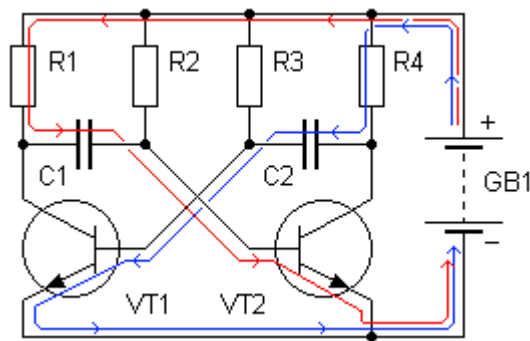


Как работает мультивибратор?

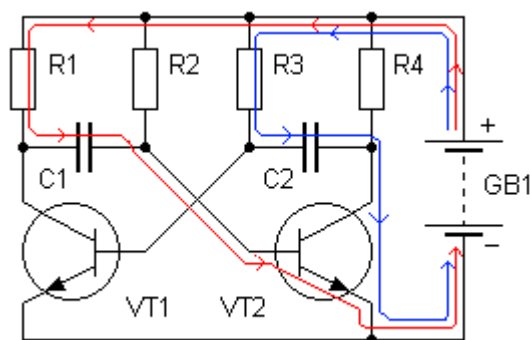


В начальный момент подачи питания конденсаторы C1 и C2 разряжены, поэтому их сопротивление току мало. Малое сопротивление конденсаторов приводит к тому, что происходит «быстрое» открывание транзисторов, вызванное протеканием тока:

— VT2 по пути (показано красным цветом): «+ источника питания > резистор R1 > малое сопротивление разряженного C1 > базово-эмиттерный переход VT2 > — источника питания»;

— VT1 по пути (показано синим цветом): «+ источника питания > резистор R4 > малое сопротивление разряженного C2 > базово-эмиттерный переход VT1 > — источника питания».

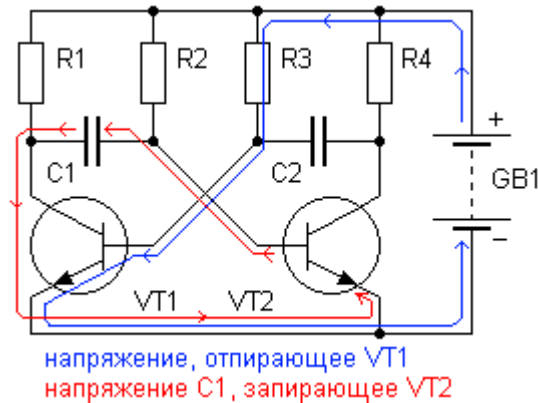
Это является «неустановившимся» режимом работы мультивибратора. Длится он в течение очень малого времени, определяемого лишь быстродействием транзисторов. А двух абсолютно одинаковых по параметрам транзисторов, не существует. Какой транзистор откроется быстрее, тот и останется открытым — «победителем». Предположим, что на нашей схеме это оказался VT2. Тогда, через малое сопротивление разряженного конденсатора C2 и малое сопротивление коллекторно-эмиттерного перехода VT2, база транзистора VT1 окажется замкнута на эмиттер VT1. В результате транзистор VT1 будет вынужден закрыться — «стать побеждённым».



быстрый заряд C1 медленный заряд C2

Поскольку транзистор VT1 закрыт, происходит «быстрый» заряд конденсатора C1 по пути: «+ источника питания > резистор R1 > малое сопротивление разряженного C1 > базово-эмиттерный переход VT2 > — источника питания». Этот заряд происходит почти до напряжения источника питания.

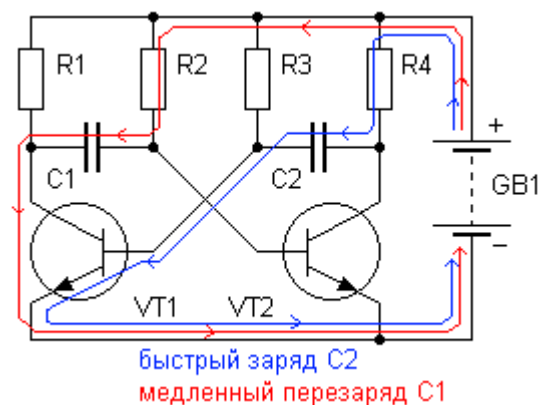
Одновременно происходит заряд конденсатора C2 током обратной полярности по пути: «+ источника питания > резистор R3 > малое сопротивление разряженного C2 > коллекторно-эмиттерный переход VT2 > — источника питания». Длительность заряда определяется номиналами R3 и C2. Они и определяют время, при котором VT1 находится в закрытом состоянии.



Когда конденсатор C2 зарядится до напряжения приблизительно равным напряжению 0,7-1,0 вольт, его сопротивление увеличится и транзистор VT1 откроется напряжением приложенным по пути: «+ источника питания > резистор R3 > базово-эмиттерный переход VT1 > — источника питания». При этом, напряжение заряженного конденсатора C1, через открытый коллекторно-эмиттерный переход VT1 окажется приложенным к эмиттерно-базовому переходу транзистора VT2 обратной полярностью. В результате VT2 закроется, а ток, который ранее проходил через открытый коллекторно-эмиттерный переход VT2 побегит по цепи: «+ источника питания > резистор R4 > малое сопротивление C2 > базово-эмиттерный переход VT1 > — источника питания». По этой цепи произойдет быстрый перезаряд конденсатора C2. С этого момента начинается «установившийся» режим автогенерации.

Работа симметричного мультивибратора в «установившемся» режиме генерации

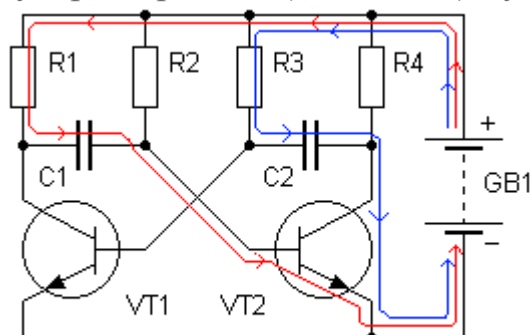
Начинается первый полупериод работы (колебания) мультивибратора.



При открытом транзисторе VT1 и закрытом VT2, как я только что написал, происходит быстрый перезаряд конденсатора C2 (от напряжения 0,7...1,0

вольта одной полярности, до напряжения источника питания противоположной полярности) по цепи: «+ источника питания > резистор R4 > малое сопротивление C2 > базово-эмиттерный переход VT1 > — источника питания». Кроме того, происходит медленный перезаряд конденсатора C1 (от напряжения источника питания одной полярности, до напряжения 0,7...1,0 вольта противоположной полярности) по цепи: «+ источника питания > резистор R2 > правая обкладка C1 > левая обкладка C1 > коллекторно-эмиттерный переход транзистора VT1 > — источника питания».

Когда, в результате перезаряда C1, напряжение на базе VT2 достигнет значения +0,6 вольта относительно эмиттера VT2, транзистор откроется. Поэтому, напряжение заряженного конденсатора C2, через открытый коллекторно-эмиттерный переход VT2 окажется приложенным к эмиттерно-базовому переходу транзистора VT1 обратной полярностью. VT1 закроется. Начинается второй полупериод работы (колебания) мультивибратора.



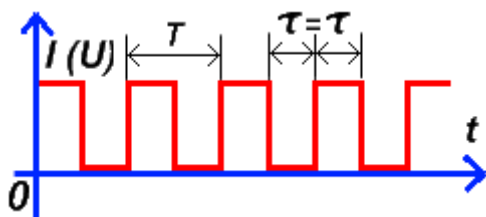
быстрый перезаряд C1
медленный перезаряд C2

При открытом транзисторе VT2 и закрытом VT1 происходит быстрый перезаряд конденсатора C1 (от напряжения 0,7...1,0 вольта одной полярности, до напряжения источника питания противоположной полярности) по цепи: «+ источника питания > резистор R1 > малое сопротивление C1 > базово-эмиттерный переход VT2 > — источника питания». Кроме того, происходит медленный перезаряд конденсатора C2 (от напряжения источника питания одной полярности, до напряжения 0,7...1,0 вольта противоположной полярности) по цепи: «правая обкладка C2 > коллекторно-эмиттерный переход транзистора VT2 > — источника питания > + источника питания > резистор R3 > левая обкладка C2». Когда напряжение на базе VT1 достигнет значения +0,6 вольта относительно эмиттера VT1, транзистор откроется. Поэтому, напряжение заряженного конденсатора C1, через открытый коллекторно-эмиттерный переход VT1 окажется приложенным к эмиттерно-базовому переходу транзистора VT2 обратной полярностью. VT2 закроется. На этом, второй полупериод колебания мультивибратора заканчивается, и снова начинается первый полупериод.

Процесс повторяется до момента отключения мультивибратора от источника питания.

На что влияют номиналы коллекторных резисторов? Я встречал в некоторых бездарных интернетовских статьях, что номиналы коллекторных резисторов незначительно, но влияют на частоту мультивибратора. Всё это полная чушь!

При правильном расчёте мультивибратора, отклонение значений этих резисторов более чем в пять раз от расчётного, не изменит частоты мультивибратора. Главное, чтобы их сопротивление было меньше базовых резисторов, потому, что коллекторные резисторы обеспечивают быстрый заряд конденсаторов. Но зато, номиналы коллекторных резисторов являются главными для расчёта потребляемой мощности от источника питания, значение которой не должно превышать мощность транзисторов. Если разобраться, то при правильном подключении они даже на выходную мощность мультивибратора прямого влияния не оказывают. А вот длительность между переключениями (частота мультивибратора) определяется «медленным» перезарядом конденсаторов. Время перезаряда определяется номиналами RC цепочек – базовых резисторов и конденсаторов (R_2C_1 и R_3C_2).



Мультивибратор, хоть и называется симметричным, это относится только к схемотехнике его построения, а вырабатывать он может как симметричные, так и не симметричные по длительности выходные импульсы. Длительность импульса (высокого уровня) на коллекторе VT1 определяется номиналами R_3 и C_2 , а длительность импульса (высокого уровня) на коллекторе VT2 определяется номиналами R_2 и C_1 .

Длительность перезаряда конденсаторов определяется простой формулой, где $T_{\text{ау}}$ – длительность импульса в секундах, R – сопротивление резистора в Омах, C – ёмкость конденсатора в Фарадах:

$$\tau_u = RC$$

Таким образом, если вы уже не забыли написанное в этой статье на пару абзацев ранее:

$$\tau_1 = R_3C_2 \quad \tau_2 = R_2C_1$$

При равенстве $R_2=R_3$ и $C_1=C_2$, на выходах мультивибратора будет «меандр» — прямоугольные импульсы с длительностью равной паузам между импульсами, который вы видите на рисунке.

Полный период колебания мультивибратора – T равен сумме длительностей импульса и паузы:

$$T = \tau_1 + \tau_2$$

Частота колебаний F (Гц) связана с периодом T (сек) через соотношение:

$$F = 1 / T$$