

Одновибраторы используются для получения прямоугольных импульсов напряжения большой длительности (от десятков микросекунд до сотен миллисекунд), в качестве устройств задержки, делителей частоты и для других целей.

Одновибратор обладает одним устойчивым состоянием, в котором может находиться сколь угодно долго, пока к нему не будет приложено внешнее напряжение, переводящее его в квазиустойчивое состояние. Переход из квазиустойчивого состояния в устойчивое осуществляется в одновибраторе самостоятельно.

Одновибраторы на дискретных элементах. Одновибратор можно получить из автоколебательного мультивибратора, если одно из его квазиустойчивых состояний превратить в устойчивое. На рис. 11.5, а показана схема

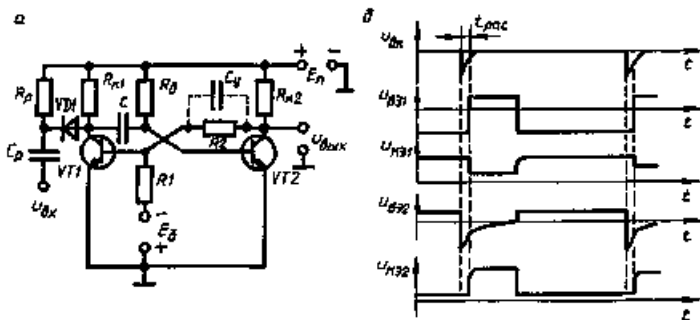


Рис. 11.5. Схема одновибратора на БТ с коллекторно-базовыми связями (а) и графики напряжений на электродах транзисторов (б)

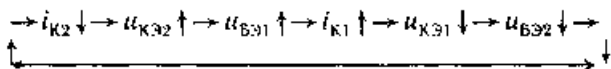
одновибратора с коллекторно-базовыми связями, а на рис. 11,5, б временные диаграммы напряжений, поясняющие его работу.

Резисторы R_1 , R_2 и $R_{к2}$ выбираются такими, что напряжение между базой и эмиттером транзистора VT_1 оказывается отрицательным. Поэтому в исходном состоянии этот транзистор закрыт. На базу транзистора VT_2 через резистор R_6 подается положительное напряжение. Транзистор VT_2 вследствие этого открыт и насыщен.

Входной отрицательный импульс через разделительную цепь $C_p R_p$ и отсекающий диод VDJ подается на базу транзистора VT_2 . Ввиду накопленных в базе зарядов неосновных носителей транзистор VT_2 не может сразу закрыться,

и начинается процесс рассасывания неосновных носителей. Через время $t_{\text{рас}}$ транзистор $VT2$ окажется на границе режима насыщения и под действием отрицательного входного импульса, приложенного к базе $VT2$, коллекторный ток транзистора $VT2$ начнет уменьшаться, а коллекторное напряжение $u_{\text{кэ}2}$ — увеличиваться. Увеличение напряжения $u_{\text{кэ}2}$ через делитель $R2R1$ передается на базу транзистора $VT1$. Чтобы увеличить коэффициент передачи делителя, не нарушая исходного состояния, резистор $R2$ можно шунтировать конденсатором C_y небольшой емкости, который называется ускоряющим.

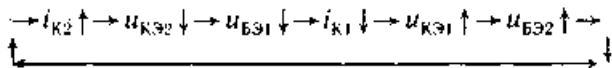
Под действием ПОС, приводящей к лавинообразному процессу изменений токов и напряжений транзисторов:



транзистор $VT2$ запирается, а транзистор V отпирается и переходит в режим насыщения. Наступает квазиустойчивое состояние равновесия.

После отпирания транзистора $VT1$ конденсатор C оказывается включенным между базой и эмиттером транзистора $VT2$, причем $u_{\text{бэ}2} = -u_C$. Начинается перезарядка конденсатора C по цепи: $+E_n \rightarrow R_6 \rightarrow C \rightarrow VT1 \rightarrow -E_n$. Перезарядка сопровождается уменьшением отрицательного напряжения на конденсаторе и на базе транзистора $VT2$. При этом напряжение $u_{\text{кэ}1} \approx 0$, а $u_{\text{кэ}2} \approx E_n - (E_n + E_0)R_{\text{к}2}/(R1 + R2 + R_{\text{к}2})$.

Как только напряжение на конденсаторе достигнет нулевого уровня, рабочая точка, характеризующая режим транзистора $VT2$, окажется на границе с активной областью. При дальнейшем увеличении напряжения u_C рабочая точка перейдет в активную область и замкнется цепь положительной ОС:



Транзистор $VT1$ закроется; а $VT2$ откроется и будет находиться в режиме насыщения. Начнется зарядка конденсатора C по цепи: $+E_n \rightarrow R_{\text{к}1} \rightarrow C \rightarrow VT2 \rightarrow -E_n$. После зарядки конденсатора C мультивибратор будет находиться в устойчивом состоянии до прихода следующего входного (запускающего) импульса, т. е. в режиме ожидания. Поэтому мультивибратор часто называют ждущим мультивибратором.

Длительность формируемого одновибратором импульса определяется постоянной времени цепи перезарядки конденсатора C и может быть приближенно определена по формуле

$$t_{\text{и}} \approx 0,7 R_0 C. \quad (11.4)$$

Недостатком рассмотренного одновибратора является использование в нем двух источников $E_{\text{п}}$ и $E_{\text{б}}$. Поэтому чаще применяется одновибратор с эмиттерной связью (рис. 11.6), в котором имеется только один источник

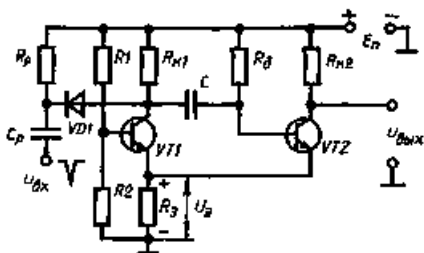


Рис. 11.6. Схема одновибратора на БТ с эмиттерной связью

питания $E_{\text{п}}$. Роль источника $E_{\text{б}}$, обеспечивающего запуск транзистора $VT1$ в исходном состоянии, выполняет напряжение $U_{\text{э}}$ на резисторе R_3 , создаваемое эмиттерным током открытого и насыщенного транзистора $VT2$. Ток базы насыщенного транзистора $VT2$ определяется сопротивлением резистора $R_{\text{б}}$, а ток коллектора — сопротивлением резистора $R_{\text{к2}}$. Сопротивления резисторов $R1, R2$ и R_3 рассчитываются таким образом, чтобы в исходном состоянии напряжение $u_{\text{бэ}}$ транзистора $VT1$ было отрицательным, т. е.

$$u_{\text{бэ1}} = E_{\text{п}} R2 / (R1 + R2) - U_{\text{э}} < 0, \quad (11.5)$$

где $U_{\text{э}} = I_{\text{э2 нас}} R_3$; $I_{\text{э2 нас}}$ — эмиттерный ток транзистора $VT2$ в режиме насыщения.

Одновибраторы на логических элементах. На рис. 11.7, а представлена схема одновибратора на логических элементах И — НЕ.

В исходном состоянии на входе ЛЭ1 действует напряжение высокого уровня — логическая единица. Напряжение на входах ЛЭ2 равно напряжению на резисторе R , которое создается на нем входным током ЛЭ2. Так как $I_{\text{вх}} R < u_{\text{пор}}^0$, то можно считать, что на входах ЛЭ2 имеется логический ноль, а на выходе — логическая единица, ко-

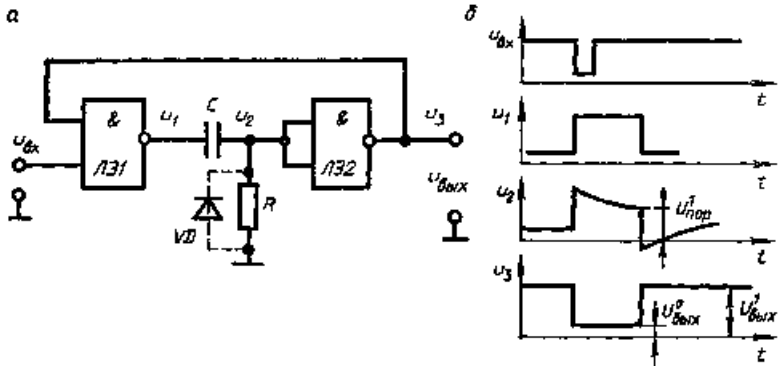
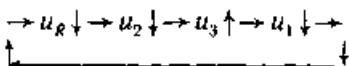


Рис. 11.7. Схема одновибратора на логических элементах (а) и графики изменений напряжений на входах и выходах ЛЭ (б)

торая передается на второй вход ЛЭ1. Таким образом, на каждом входе ЛЭ1 имеется логическая единица. Следовательно, ЛЭ1 открыт и напряжение на его выходе соответствует логическому нулю. Напряжение на конденсаторе C также близко к нулю.

При поступлении на вход отрицательного импульса, соответствующего логическому нулю, на выходе ЛЭ1 устанавливается логическая единица, соответствующая напряжению высокого уровня. Начинается зарядка конденсатора C . Ток зарядки протекает от выхода ЛЭ1 через конденсатор C и резистор R . На резисторе создается положительное напряжение $u_R = i_{C \text{ зар}} R > U_{пор}^1$, которое в виде логической единицы поступает на входы ЛЭ2 и открывает его. На выходе ЛЭ2 образуется низкое напряжение (логический нуль), которое передается на второй вход ЛЭ1 и поддерживает его в закрытом состоянии после прекращения действия входного импульса.

По мере зарядки конденсатора C напряжение u_R на резисторе R уменьшается. При $u_R < U_{пор}^1$ дальнейшее уменьшение u_R будет сопровождаться увеличением напряжения U_3 на выходе ЛЭ2 и на втором входе ЛЭ1. Начнет действовать положительная ОС, которую можно представить следующей символической записью:



При $u_3 > U_{пор}^1$ на обоих входах ЛЭ1 будет логическая единица, ЛЭ1 откроется и на его выходе напряжение уменьшится до логического нуля. Начнется разрядка

конденсатора C через выходное сопротивление ЛЭ1 и диод VD . Напряжение u_2 на входах ЛЭ2 станет меньше порогового $U_{пор}$ и ЛЭ2 закроется. В таком состоянии устройство будет находиться до прихода следующего запускающего импульса.

Графики напряжений на входах и выходах логических элементов показаны на рис. 11.7, б. Они построены без учета задержек при переключениях одновибратора.

Одновибраторы на операционных усилителях. Принципиальная схема одновибратора на ОУ (рис. 11.8, а)

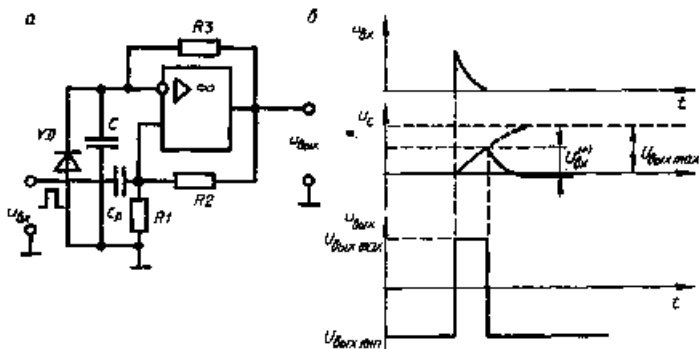


Рис. 11.8. Схема одновибратора на ОУ (а) и графики напряжений на конденсаторе, входе и выходе одновибратора (б)

отличается от схемы мультивибратора на ОУ (рис. 1 14, а) наличием диода VD , подключенного параллельно конденсатору C . При указанном на схеме направлении включения диода в исходном состоянии на выходе устанавливается минимальный (отрицательный) уровень напряжения $U_{вых min}$.

Диод VD , образуя с резистором R_3 делитель выходного напряжения, оказывается включенным в прямом направлении, поэтому падение напряжения на нем близко к нулю и $u_C = u_{вх}^{(-)} \approx 0$. Напряжение на неинвертирующем входе равно $u_{вх}^{(+)} = U_{вых min} R_1 / (R_1 + R_2)$.

Графики напряжений, поясняющие работу одновибратора, приведены на рис. 11.8, б.

При поступлении на вход импульса положительной полярности с амплитудой, превышающей значение $U_{вых min} R_1 / (R_1 + R_2)$, напряжение на неинвертирующем входе становится положительным. Под действием $u_{вх}^{(+)} > > 0$ напряжение на выходе также становится положительным и, поступая на неинвертирующий вход через

делитель $R1R2$, лавинообразно нарастает до максимального значения $U_{\text{вых макс}}$. Напряжение на неинвертирующем входе принимает значение

$$u_{\text{вх}}^{(+)} = U_{\text{вых макс}} R1 / (R1 + R2).$$

Под действием напряжения $U_{\text{вых макс}}$ конденсатор C начинает заряжаться через резистор $R3$. Диод VD включается в обратном направлении и на процесс зарядки влияния не оказывает. Пока $u_C < u_{\text{вх}}^{(+)}$, напряжение $u_{\text{вых}} = U_{\text{вых макс}}$. При приближении u_C к $u_{\text{вх}}^{(+)}$ ОУ выходит из режима насыщения и при $u_C > u_{\text{вх}}^{(+)}$, под действием положительной ОС, осуществляемой через делитель $R1R2$, происходит второе «опрокидывание», в результате которого на выходе устанавливается минимальное напряжение $U_{\text{вых мин}}$. Конденсатор начинает разряжаться через резистор $R3$ и $R_{\text{вых}}$ ОУ. При достижении напряжения на конденсаторе нулевого уровня диод открывается и процесс разрядки конденсатора заканчивается.

Таким образом, на выходе одновибратора на ОУ формируется положительный импульс с крутыми фронтами, длительность которого можно рассчитать по формуле

$$t_{\text{и}} \approx C R3 \ln(1 + R1/R2). \quad (11.6)$$

Если изменить направление включения диода, то изменится полярность выходного импульса. При этом запуск одновибратора должен производиться входными импульсами отрицательной полярности.