

Тема: Триггеры на биполярных
транзисторах.
Генераторы линейно-изменяющегося
напряжения

ПЛАН

- 1 Триггеры
- 2 Генераторы линейно-изменяющегося напряжения



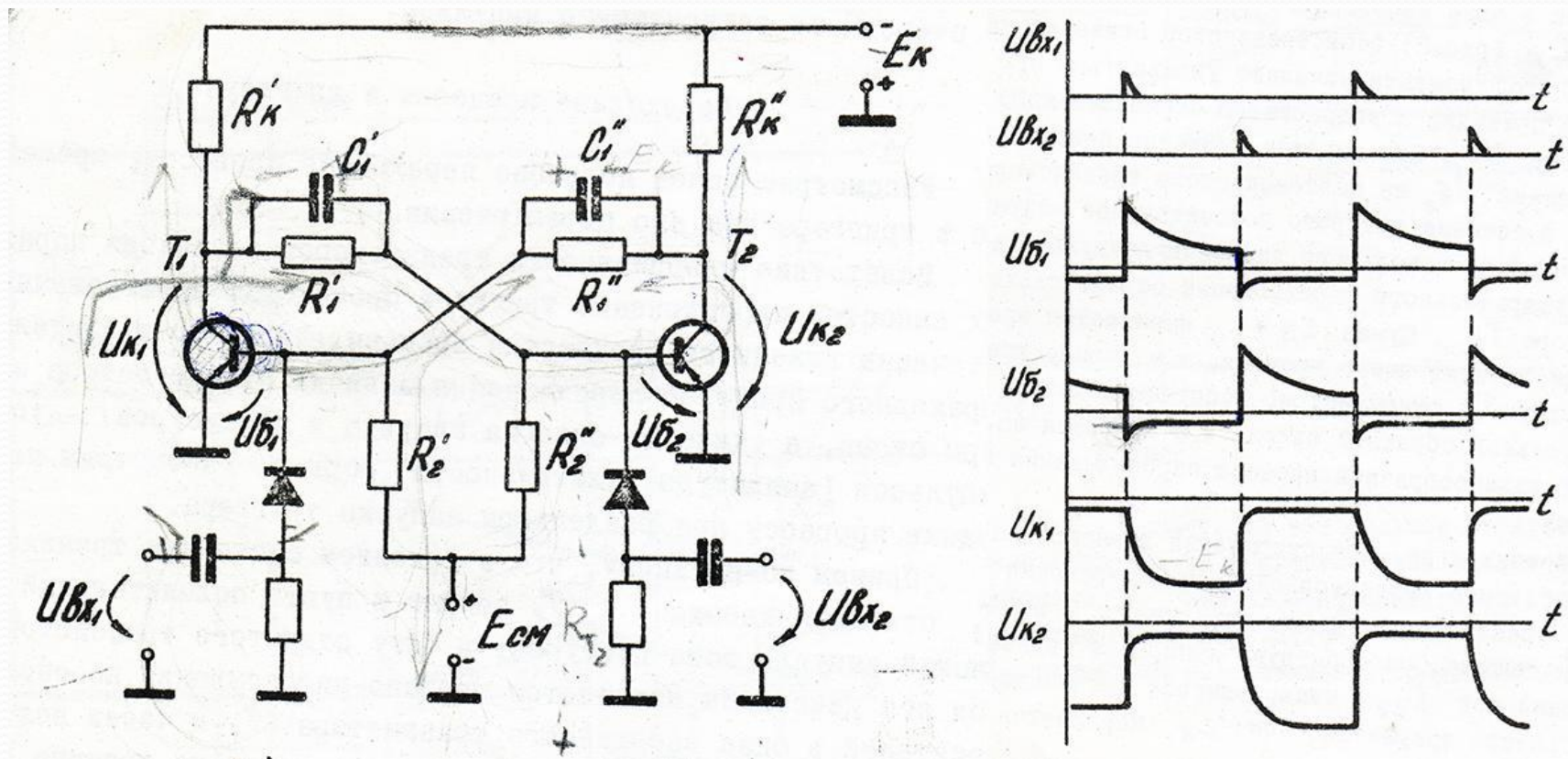
● 1 Триггеры

- Электронный триггер - устройство с двумя устойчивыми состояниями предназначенное для хранения одного бита информации.
- **Триггером называется спусковое устройство имеющее два электрических состояния устойчивого равновесия, способное скачком переходить из одного состояния в другое при воздействии на вход триггера управляющего сигнала.**

Классификация триггеров



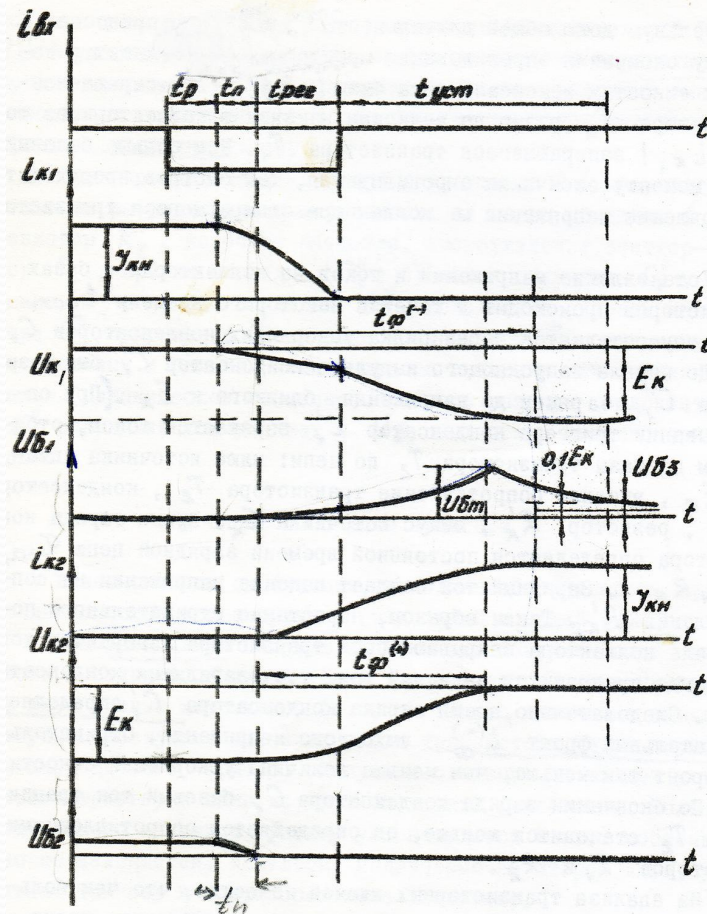
Схема и диаграмма работы симметричного триггера



Принцип работы симметричного триггера


- В каждом из состояний устойчивого равновесия один из транзисторов открыт (в режиме насыщения), другой закрыт (в режиме отсечки).
- Пусть транзистор T_1 открыт, а T_2 закрыт. При этом потенциал на коллекторе транзистора T_1 близок к нулю; а на коллекторе T_2 близок к $-E_k$. Из базы транзистора T_1 через резистор R_1 отбирается ток, удерживающий этот **транзистор в состоянии насыщения**.
- Транзистор T_2 закрыт, так как на его базе образуется положительное напряжение смещения за счет источника $E_{см}$. Конденсатор C' практически разряжен, а C'' заряжен до напряжения близкого к E_k . В связи с тем, что коэффициент усиления по току транзисторов, находящихся в режиме отсечки и насыщения, равен нулю, общее усиление в петле обратной связи также равно нулю. Этим обеспечивается устойчивость описанного состояния.
- Переход триггера из одного устойчивого состояния в другое (т.е. его переключение или опрокидывание) осуществляется путем воздействия внешнего запускающего импульса на базы или коллекторы транзисторов. (Подробнее о запуске триггера см. ниже.) При этом параметры запускающего сигнала должны обеспечивать вывод транзисторов в активный режим работы, когда восстанавливается усиление по току у транзисторов и в течение времени опрокидывания действует положительная обратная связь между ключами.
- После опрокидывания на коллекторе транзистора T_1 устанавливается отрицательный потенциал, близкий к $-E_k$, а на коллекторе T_2 потенциал, близкий к нулю. Конденсатор C' заряжается, а C'' разряжается, и на базе транзистора T_1 устанавливается положительный потенциал, примерно равный $E_{см}$, а на базе T_2 небольшой отрицательный потенциал (см. диаграмму). Новое устойчивое состояние триггера сохраняется до прихода очередного запускающего импульса.

Переходные процессы в триггере



- Примем по-прежнему, что в исходном состоянии транзистор T_1 открыт и насыщен, а T_2 закрыт и пусть положительный запускающий импульс тока поступает в базу открытого транзистора. Под его действием начинается процесс рассасывания неосновных носителей в базе насыщенного транзистора и через некоторое время t_p (рис.2) этот транзистор окажется на границе насыщения. С этого момента начинает уменьшаться его коллекторный ток, что приводит к возрастанию отрицательного напряжения на коллекторе $U_{к1}$. Это вызовет снижение положительного напряжения смещения $U_{б2}$ на базе закрытого транзистора T_2 . Время t_n , в течение которого положительное напряжение смещения уменьшается от начального значения до нуля, называется временем предварительного формирования отрицательного фронта на коллекторе T_1 . Сумма $t_p + t_n$ называется временем подготовки. По истечении этого времени, т.е. после достижения $U_{б2} = 0$, транзистор T_2 открывается, восстанавливается усиление в петле положительной обратной связи, и в триггере за время $t_{рег}$ происходит лавинообразный процесс опрокидывания (регенеративный процесс).

- Действительно, при открывании транзистора T_2 появляется ток i_{k2} в его коллекторной цепи. Приращение этого тока идет в базу транзистора T_1 и, складываясь с входным запирающим импульсом тока способствует запираению транзистора T_1 . Коллекторный ток i_{k1} запирающегося транзистора T_1 уменьшается. Обратное приращение тока i_{k1} передается в базу открывающегося транзистора T_2 вызывает его еще большее отпирание в т.д. Лавинообразный процесс заканчивается закрыванием транзистора T_1 и открыванием T_2 . При этом положительная обратная связь между каскадами снова обрывается.
- Длительность $t_{рег}$ интервала опрокидывания составляет значительную долю общей длительности переходного процесса. К моменту окончания опрокидывания при достаточно больших ускоряющих емкостях изменение тока базы $|\Delta i_{б2}|$ в отпирающемся транзисторе T_2 равно по величине изменению коллекторного тока $|\Delta i_{k1}|$ запирающегося транзистора T_1 . Чем больше базовый ток к моменту окончания опрокидывания, тем быстрее происходит установление напряжения на коллекторе отпирающегося транзистора.
- Установление напряжений и токов на коллекторах и базах транзисторов происходит в течение некоторого времени $t_{уст}$ когда осуществляется перезарядка ускоряющих конденсаторов C_1 .
- До начала запускающего импульса конденсатор C_1' заряжен, а C_1'' разряжен до напряжения близкого E_k . При опрокидывании триггера конденсатор C_1' заряжается током, отбираемым из базы транзистора T_2 по цепи: плюс источника питания E_k , входное сопротивление транзистора T_2 , конденсатор C_1' резистор R_k' минус источника E_k . Время заряда конденсатора определяется постоянной времени зарядной цепи $t_{зар} = C_1' R_k'$. Зарядный ток создает падение напряжения на сопротивлении R_k' . Таким образом, нарастание отрицательного потенциала коллектора закрывающегося транзистора завершится тогда, когда прекратится зарядный ток, т.е. зарядится конденсатор C_1' . Следовательно, время заряда конденсатора C_1' определяет отрицательный фронт $t_{ф}^{(-)}$ выходного напряжения. Отрицательный фронт тем меньше, чем меньше величина ускоряющей емкости. По окончании заряда конденсатора C_1' базовый ток транзистора T_2 становится меньше, он определяется сопротивлениями резисторов R_1 и R_2 .
- Из анализа транзисторных ключей известно, что чем большим базовым током включается **транзистор**, тем быстрее время его включения, т.е. короче положительный фронт $t_{ф}^{(+)}$ (для транзисторов p-n-p типа). Очевидно также, что по мере заряда конденсатора C_1' зарядный ток уменьшается. Следовательно, если емкость ускоряющего конденсатора мала, то конденсатор успеет зарядиться до окончания опрокидывания триггера. Тогда базовый ток отпирающегося транзистора заметно уменьшится еще до окончания отпирания транзистора, и фронт нарастания коллекторного тока и коллекторного напряжения (положительный фронт $t_{ф}^{(+)}$) увеличится. Таким образом, для уменьшения отрицательного фронта выходного напряжения нужно уменьшать емкость ускоряющих конденсаторов, а для уменьшения положительного фронта - увеличивать ее.
- При опрокидывании триггера конденсатор C_1'' получает возможность разрядиться по двум цепям:
 - а) левая обкладка C_1'' , резистор R_2' , источник смещения, сопротивление эмиттер-коллектор T_2 , правая обкладка C_1'' ;
 - б) левая обкладка C_1'' , сопротивление R_1'' , правая обкладка C_1'' . Вследствие разряда конденсатора C_1'' , напряжение $U_{б1}$ на базе транзистора T_1 оказывается положительным и большим стационарного значения напряжения запираения (динамическое смещение). По мере разряда конденсатора C_1'' разрядный ток убывает и $U_{б1}$ стремится к стационарному значению.

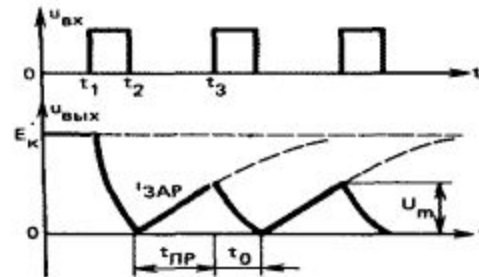
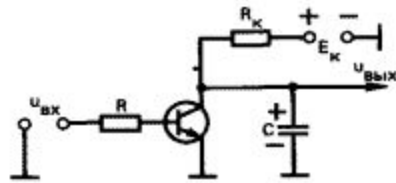


● 2 Генераторы линейно-
изменяющегося
напряжения

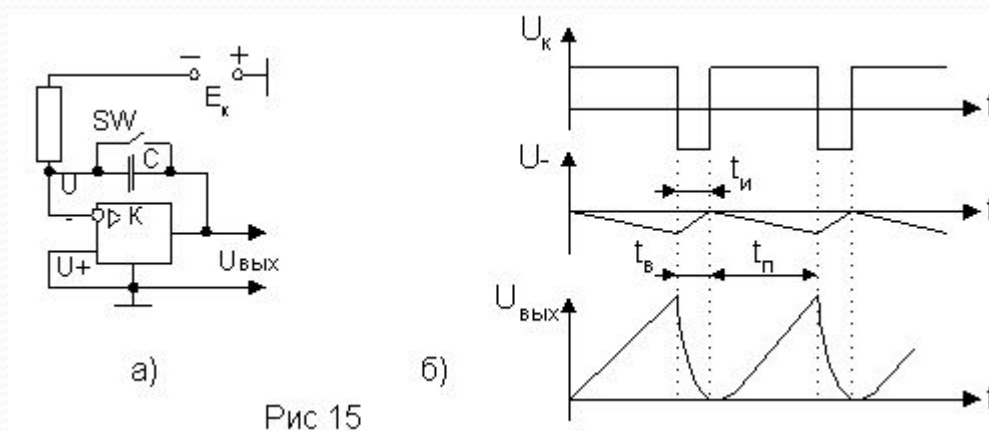
- Генераторы линейно изменяющегося напряжения (ГЛИН) представляют собой электронные устройства, напряжение на выходе которых в течение некоторого времени изменяется по линейному закону.

- Часто такое напряжение меняется периодически.
- Если напряжение изменяется от меньшего значения к большему (по абсолютному значению), то его называют *линейно нарастающим*, если от большего значения к меньшему, то - *линейно падающим*.
- Периодически изменяющееся напряжение называют пилообразным.

Простейший ГЛИН



ГЛИН С ООС



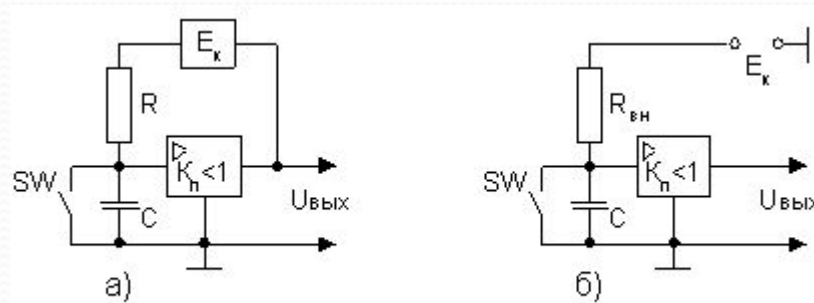


Рис 16

- При введении положительной обратной связи через резистор на его верхнем выводе должна действовать сумма напряжений источника питания E_k и $U_{\text{вых}}$. Заменяв R на $R_{\text{вн}}$ (рис. 16, б), получим схему простого ГЛИН, к выходу которого подключен неинвертирующий усилитель с $K_n < 1$. Для такой схемы коэффициент нелинейности получается минимальным при $K_n > 1$

ГЛИН С ПОС

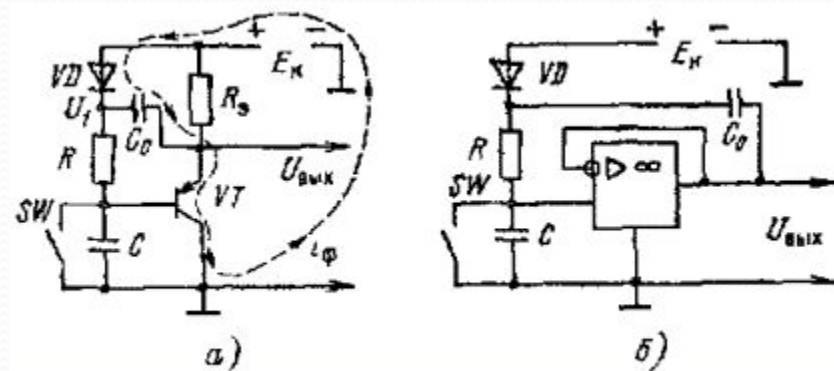


Рис. 17.