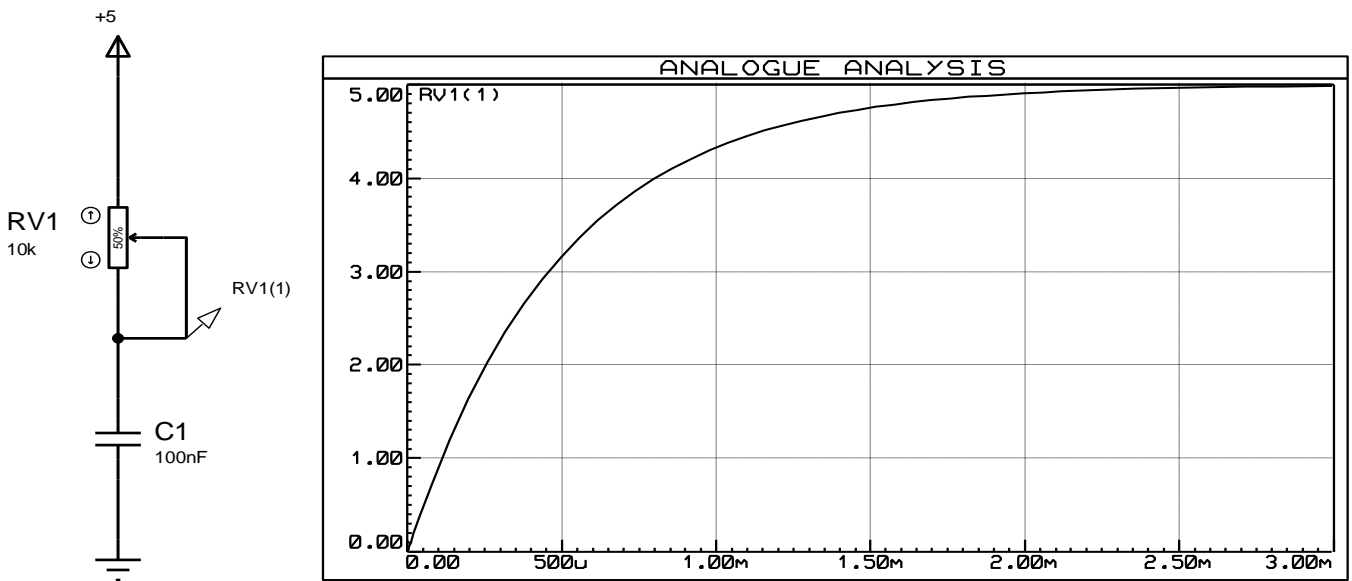


ПРОЕКТИРУЕМ ГЕНЕРАТОР «ПИЛЫ»

Итак, без чего осциллограф не будет таковым, так это без специального генератора, обеспечивающего горизонтальную развёртку луча.

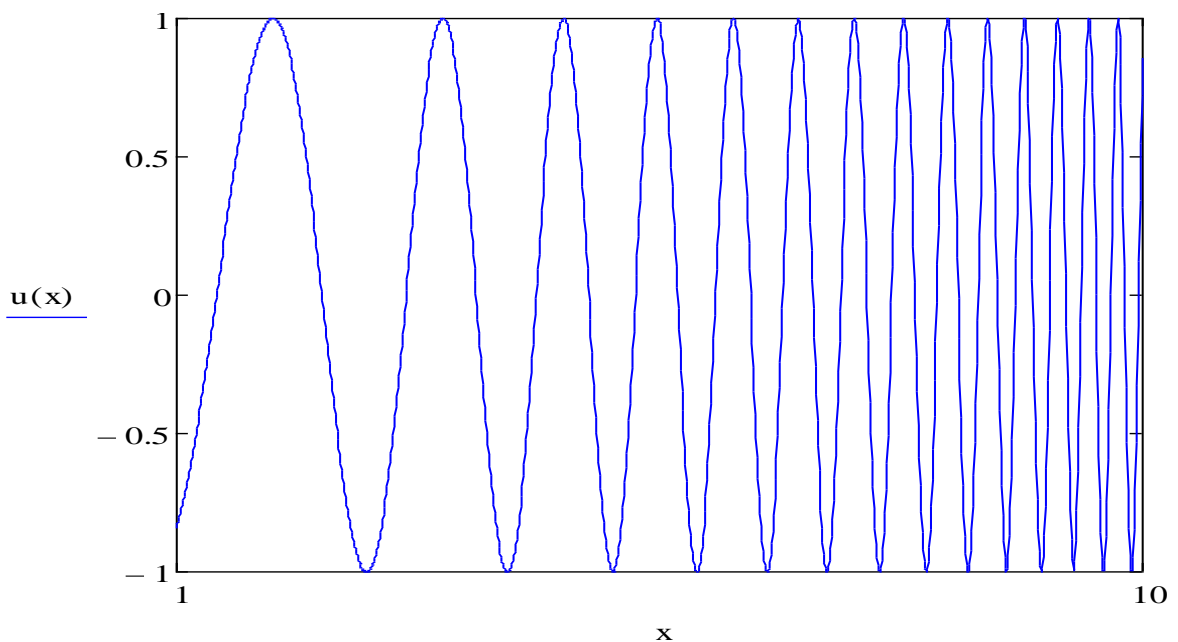
Что из себя он представляет?

Рассмотрим простейшую RC-цепочку, подключенную к источнику тока. Процесс заряда конденсатора будет выглядеть, как показано на рисунке ниже. Это происходит потому, что накопление заряда конденсатора подчиняется экспоненциальному закону (при постоянном сопротивлении и напряжении).



Что будет на экране осциллографа, если такую «пилу» подать на горизонтальную развёртку, а на вертикальную - синусоиду?

Ответ: вот это:



Вывод: Нужно «спрямить» процесс зарядки.

«Спрямить» можно используя электронный стабилизатор.

Их существует 2 типа – стабилизатор напряжения и стабилизатор тока. Какой нам нужен?

Разглядим внимательнее формулу конденсатора из школьного курса физики:

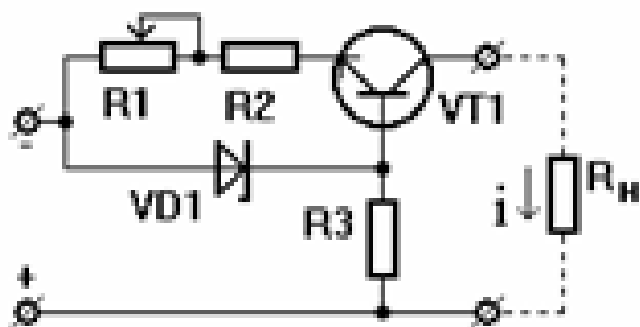
$$C = \frac{q}{U}; \text{ - то же самое будет, если сделать так: } C = \frac{\Delta q}{\Delta U};$$

$$\text{или так } C = \frac{\Delta q/t}{\Delta U/t}.$$

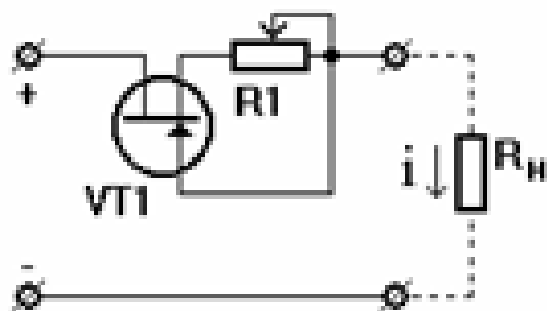
где: $\frac{\Delta q}{t} = I$ – сила зарядного тока.

Отсюда можно сделать вывод, что при $C = const$ и при $\frac{\Delta U}{t} = const$, $\frac{\Delta q}{t} = I$ – тоже должно быть равно $const$.

Следовательно, нам нужен *стабилизатор тока*. Они тоже бывают 2-х основных типов:

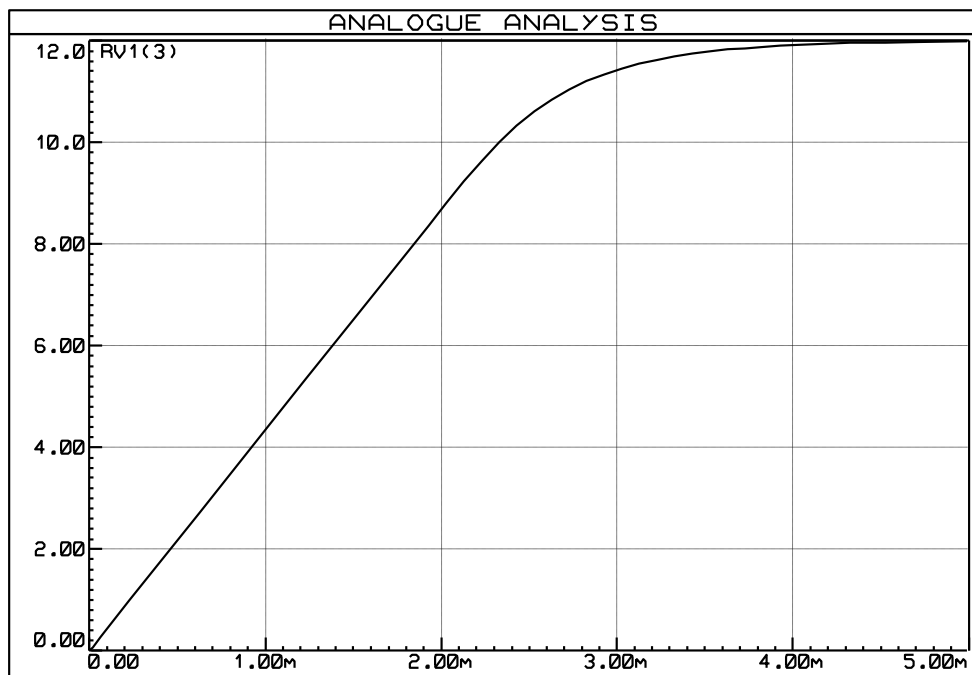
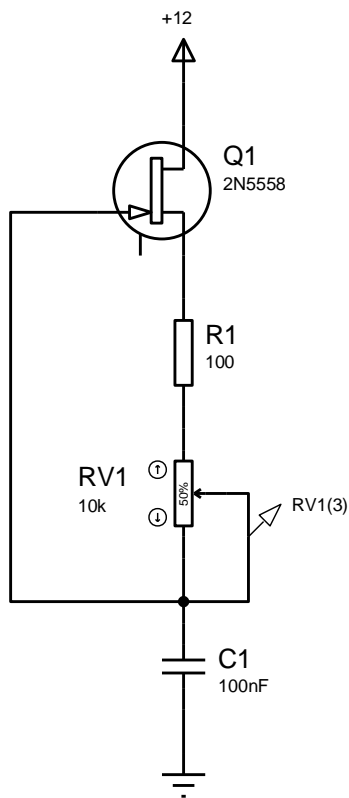


На биполярном транзисторе



На полевом транзисторе

Какой из них выбирать – дело Вашего вкуса. Я пробовал и тот и тот – работают хорошо.



Другое дело 😊.

Я здесь только несколько изменил $U_{пит}$ и номиналы сопротивлений. В пределах 0 ÷ 10 Вольт кривая заряда относительно линейная. Этого будет достаточно.

Едем далее. Нам необходимо устройство, реагирующее на превышение напряжения на конденсаторе выше некоторого уровня. Не поверите – современная электроника уже имеет такое устройство – компаратор.

Тут есть 2 варианта: либо искать подходящий по параметрам компаратор, например, тут: http://gete.ru/page_156.html и затем покупать то что из найденного есть в магазине, а о том, как они работают можно почитать здесь, [ТЫНЦ](#), либо использовать «резервный» вариант.

Я не стал заморачиваться и выбрал второй, «извращенный» вариант: с применением цифровых микросхем (я ведь «трудности люблю...» как в старом анекдоте 😊). Одним из факторов побудившим сделать такой выбор является их невысокая стоимость, простота работы с ними и достаточно хорошие характеристики, да, здесь есть подводные камни – но не собираюсь же я делать супер точный прибор!

На самом деле это не компаратор, а логический элемент с [триггером Шмитта](#) на входе.

Они бывают разные, среди отечественных это: К155ТЛ2, К555ТЛ2, К1554ТЛ2...

Из зарубежных есть серия 74хх14 (74хх19).

Скоростные характеристики у них разные:

- Биполярные ИМС:
 - 74 — «стандартное ТТЛ» семейство, не имеет букв между «74» и номером устройства
 - 74L — с малым потреблением (по сравнению с оригинальным ТТЛ-семейством), очень медленны
 - H — высокоскоростные (до сих пор выпускаются, но в основном заменены S-сериями, использовались в эре компьютеров 1970-х)
 - S — Шоттки (устарели)
 - LS — с малым потреблением (Шоттки)
 - AS — улучшенные (Шоттки)
 - ALS — улучшенные (Шоттки) с малым потреблением
 - F — быстрые (быстрее обычных Шоттки, аналогичны AS)
- КМОП
 - C — КМОП, 4-15V, работают как 4000 серия
 - HC — высокоскоростные КМОП, аналогичны по быстродействию с LS. 12нс
 - HCT — высокоскоростные, совместимы по логическим уровням с биполярными деталями
 - AC — улучшенные КМОП, быстродействие в основном между S и F
 - AHC — улучшенные высокоскоростные КМОП, в три раза быстрее HC
 - ALVC — низкое напряжение питания — 1,65-3,3В
 - AUC — низкое напряжение питания — 0,8-2,7В,
 - FC — быстрые КМОП, быстродействие аналогично с F
 - LCX — КМОП с 3В питающим напряжением и 5В входами
 - LVC — низкое напряжение питания — 1,65-3,3В и 5В входами
 - LVQ — низкое напряжение питания — 3,3В
 - LVX — низкое напряжение питания — 3,3В и 5В входами
 - VHC — очень высокоскоростные КМОП — 'S' быстродействие с КМОП технологией и питанием
 - G — супер-высокие скорости (более 1 ГГц), производятся Potato Semiconductor
- БиКМОП
 - VCT — БиКМОП, совместимы с входными уровнями переключения ТТЛ, используются в буферах
 - AVT — улучшенные БиКМОП, с входными уровнями переключения ТТЛ, быстрее АСТ и ВСТ

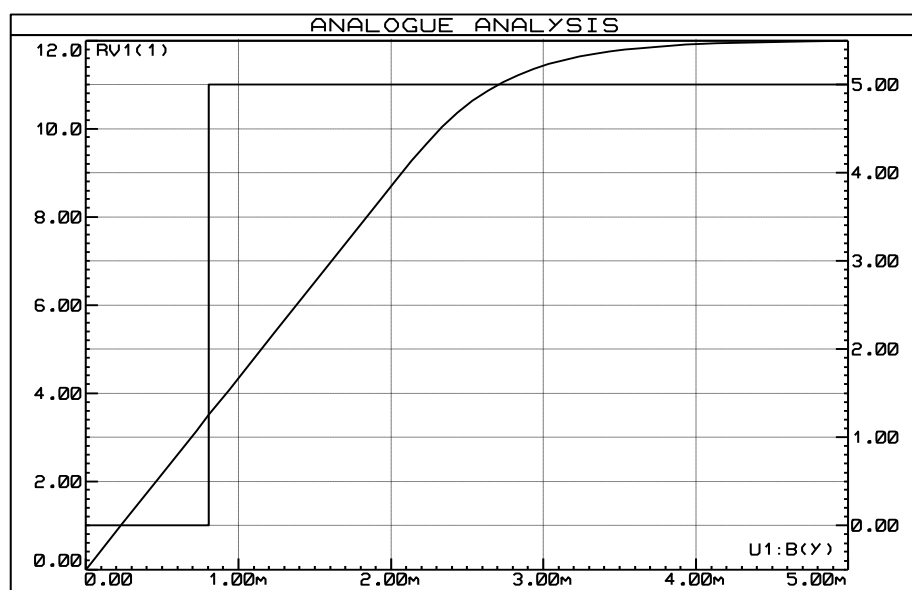
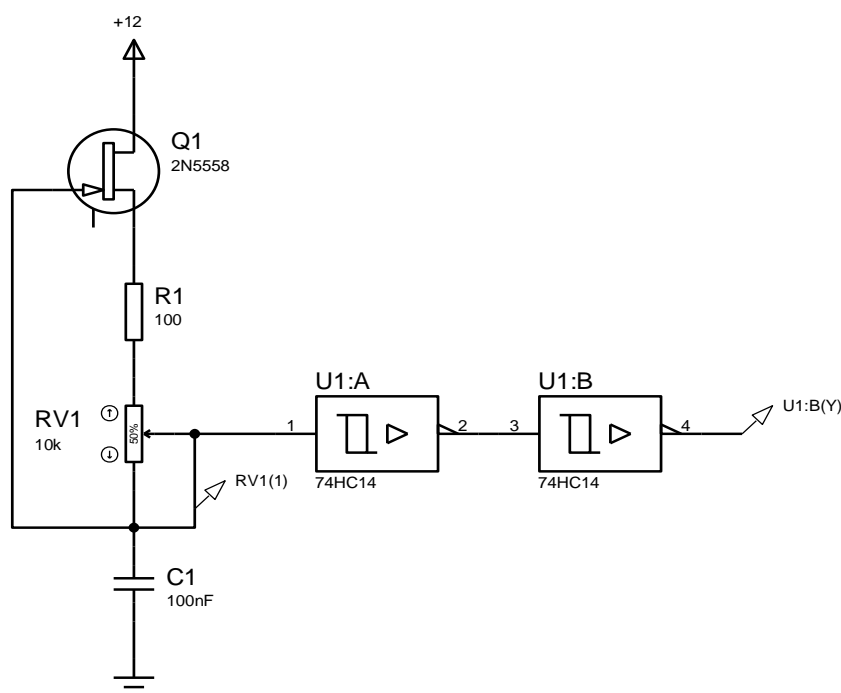
Из всего этого реальнее найти 74LS, 74HC, 74HCT, 74AC, чуть реже 74ALS. Остальные являются трудно доставаемыми, в т. ч. серия 74Lxx – с низким напряжением питания.

Повторюсь – Вы вправе собирать и на нормальном компараторе! Я выбрал другой путь.

Итак, приступим. Поскольку логический элемент с «инверсией», то потребуется соединить 2 таких элемента последовательно, первый из них будет действовать как «компаратор-триггер Шмитта», второй – как стандартный логический элемент. Это обусловлено тем, что в одном корпусе

такой микросхемы таких триггеров, как правило, 4 ÷ 6 и ставить дополнительный обычный, без триггера Шмитта, логический элемент не имеет никакого смысла.

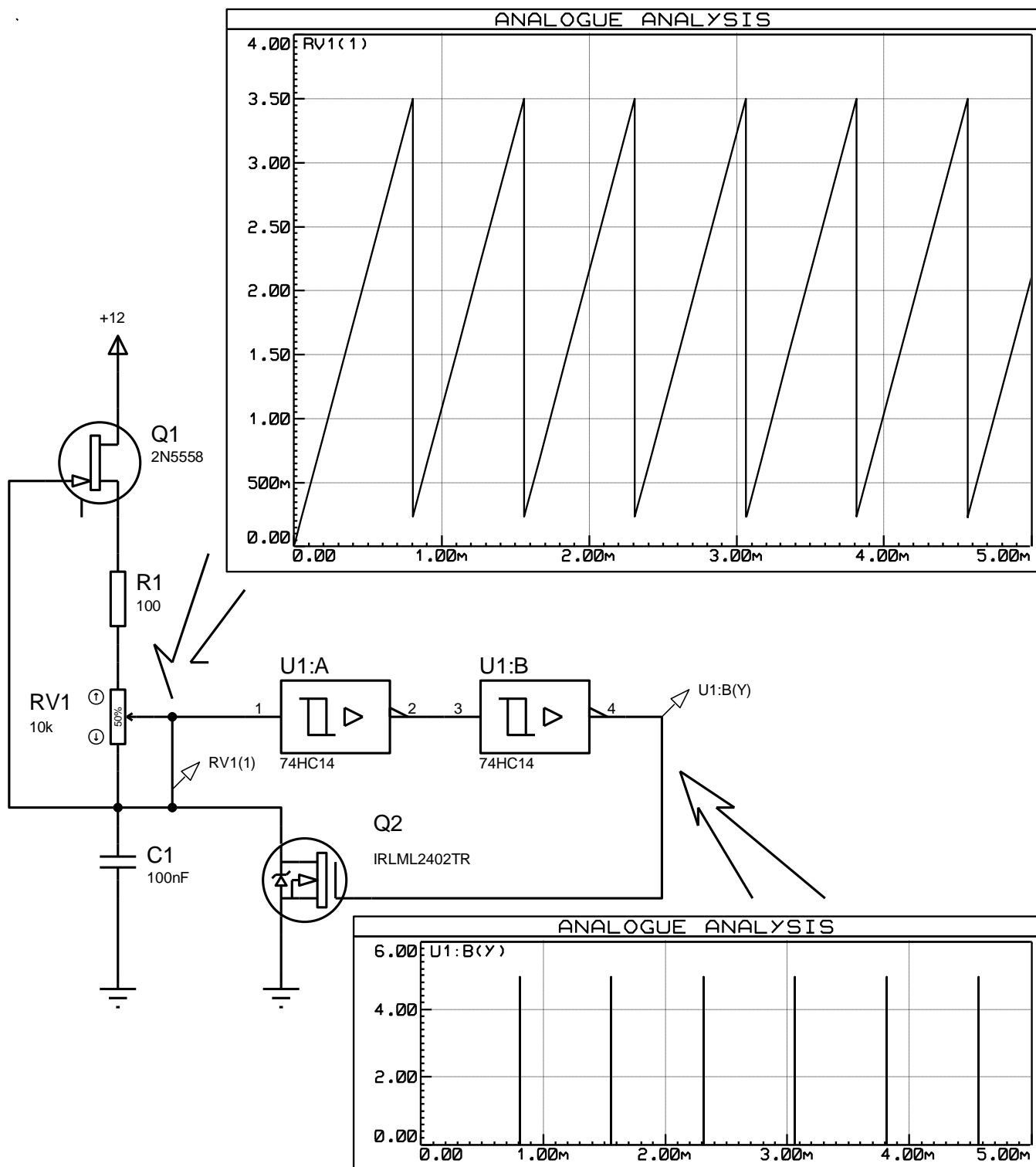
Добавляю их на схему:



На полученной диаграмме видно, что логический элемент переключается при значении входного напряжения примерно **3,48** Вольт.

Итак, получилась схема реагирующая выставлением на своём выходе на превышение определённого напряжения на входе (в нашем случае ~ 3,5 В). На самом деле этот порог будет меняться в зависимости от конкретного экземпляра микросхемы. Теперь нужно **заколебать ток!** 😊

Ну что ж, попробуем. Наверное, единственный вариант как это сделать - это добавить «ключ разрядки». Зашунтируем конденсатор полевым транзистором:



Ну вот, пошла «пила» зубастая... по закоулочкам... 😊 😊 😊

На нижней диаграмме видно как идут импульсы сброса. Это не что иное, как импульсы «обратного хода» - можно использовать для гашения обратного хода луча.

Дело в том, что любой усилитель имеет конечное входное сопротивление, если, конечно, он не содержит на входе полевой транзистор.

На всякий случай (лучше это сделать, поверьте!) лучше поставить на выходе буфер - истоковый повторитель или какой-нибудь ОУ с полевыми транзисторами на входе подходящий по частоте (с запасом раз в 5 ÷ 10).

Вот и всё, поздравляю! У нас получился самый настоящий генератор пилообразного напряжения.

Я бы советовал не «зацикливаться» на цифровой микросхеме, а попробовать всё же на компараторе. Там можно будет регулировать момент переключения.

* *Немного слов об элементах схемы:*

Полевой транзистор, стоящий в схеме стабилизатора тока нужно применять с **управляющим р-п переходом**. Из отечественных, например это КП303. Остальные «полевика» я выбрал из серии IRLML2402, с **изолированным затвором** – как распространённый в SMD корпусе – лучше емкостные характеристики, к тому же переключается этот транзистор при пониженном напряжении на затворе в отличие от обычных (специальные для совмещения с ТТЛ уровнями 5 Вольт).

Ёмкость конденсатора С1 надо будет подобрать, т.к. она будет зависеть от ёмкости логического элемента, ёмкости транзистора. Если конденсаторов планируется несколько, переключаемых галетным переключателем, то он тоже внесёт свой «вклад» в общую ёмкость. Надо стараться минимизировать эти «дополнительные» ёмкости – от этого зависит максимальная частота, развиваемая генератором.

Единственный момент – во всех случаях занижать напряжение питания стабилизатора тока не стоит, старайтесь как можно меньше усиливать этот сигнал – поскольку любой, даже самый продвинутый ОУ, внесёт искажения в «линейность пилы». Лучше амплитуду выбрать такой (в варианте с компаратором это будет возможно), чтобы сразу подавать на вход высоковольтного усилителя горизонтальной развёртки.

Пока всё. Enjoy 😊

С уважением, Chettuser.