

7166

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



Экз. чит. зала

13 - 716

С.Г.Басиладзе, В.Т.Лачала

ОДНОВИБРАТОРЫ НА ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМАХ  
С ЭМИТТЕРНОЙ СВЯЗЬЮ

(Обзор)

**1973**

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

13 - 7166

С.Г.Басиладзе, В.Т.Лачала

**ОДНОВИБРАТОРЫ НА ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМАХ  
С ЭМИТТЕРНОЙ СВЯЗЬЮ**

(Обзор)

**Научно-техническая  
библиотека  
ОИЯИ**

В электронике физического эксперимента одними из важнейших являются устройства, задающие при приходе запускающего сигнала требуемые интервалы времени, - одновибраторы.

В связи с развитием микроэлектроники одновибраторы стали выполняться, как правило, на интегральных схемах, причем в наносекундном диапазоне они реализуются на интегральных схемах с эмиттерной связью. Можно предложить следующую систему отличительных характеристик быстрых одновибраторов.

1. Одновибраторы различаются по типу времязадающего элемента и способу его включения.

1/ Наиболее распространено включение элемента задержки /далее у схем индекс 3 /

а/ на основе последовательно включенных интегральных схем /с/,

б/ на кабеле задержки /к/,

в/ с использованием интегрирующей RC -цепочки /и/.

Достоинством кабельных задержек является хорошее отношение времени задержки к фронту импульса на выходе, что обеспечивает большую стабильность времени выдержки /  $t$  выд. / и удобство формирования коротких интервалов. К достоинствам задержек на интегрирующих RC -цепочках следует отнести существенно больший диапазон возможных времен выдержек /  $\partial t$  выд. / и доступность их плавной регулировки. Задержка на последо-

вательно включенных логических элементах сильно изменяется в зависимости от питающего напряжения и температуры /см. ниже/. Кроме того, практически она применима только для малых  $t_{\text{выд}}$ .

Элемент задержки может быть включен между входами интегральных схем, и в этом случае сигнал по нему идет в прямом направлении /схема тогда имеет индекс, например,  $3k^{\text{II}}$  /, либо он может быть включен между выходом одновибратора и его входом, т.е. сигнал распространяется в обратном направлении /тогда -  $3k^{\text{O}}$  /.

2/ Времязадающие емкости (Е) могут замыкать обратную связь между выходами и входами интегральных схем по аналогии с традиционным одновибратором с эмиттерной связью /1/.

II. Одновибраторы различаются по виду запуска.

1/ Потенциальный запуск /П/ - перепадом напряжения; возможны два случая:

а/ схемы, в которых лимитирована /л/ сверху длительность фронта запускающего перепада напряжения;

б/ схемы, которые могут работать с произвольной /п/ длительностью фронта.

2/ Импульсный запуск /И/ - от сигнала конечной длительности. В таких схемах, кроме ограничения на длительность входного сигнала снизу ( $t_{\text{вх}}$ ) мин., существует ограничение и сверху - ( $t_{\text{вх}}$ ) макс.

3/ Наиболее универсальными /У/ с точки зрения запуска являются потенциально-импульсные схемы, формирующие заданный временной интервал вне зависимости от длительности входного сигнала, т.е. производящие как укорочение, так и удлинение импульсов. Они также разделяются на две группы, "л" и "п", аналогично п.п. II-1а и II-1б.

III. Для работы с импульсами, статистически распределенными во времени, важными являются величина и тип мертвого времени /логика срабатывания от вторичных сигналов/.

1/ Наиболее распространены одновибраторы с блокировкой входа на время выдержки /Б/, т.е. нечувствительные к вторичным запускающим импульсам, пришедшим в

интервал выдержки. Для таких одновибраторов удобнее пользоваться понятием времени восстановления ( $t_{\text{восст}}$ ), причем по его величине описываемые одновибраторы можно разделить на:

а/ схемы со средней /с/ величиной  $t_{\text{восст}}$ , обычно оно равно  $1-3/t_{\text{выд}}$ .

б/ схемы с малым /м/ временем восстановления, у которых  $0,5-1/t_{\text{выд}}$ ,

в/ схемы с нулевым /н/ временем восстановления. Понятие времени восстановления применимо и к схемам класса II-1, если его отсчитывать от момента окончания входного сигнала.

2/ При приходе вторичного импульса одновибратор может продлить выходной сигнал на интервал  $t_{\text{выд}}$  от момента прихода вторичного сигнала. Такие одновибраторы необходимы в каналах антисовпадений (А) /2/.

Стоит упомянуть также о следующих двух возможных типах одновибраторов, не реализованных до настоящего времени на интегральных схемах.

3/ Если при приходе вторичного импульса одновибратор прерывает выходной сигнал, а затем формирует заданный временной интервал, то его удобно использовать для ликвидации просчетов в каналах совпадений (С) /3/.

4/ Наиболее сложным с точки зрения логики работы является одновибратор, "запоминающий" положение вторичного входного импульса во времени, затем по окончании  $t_{\text{выд}}$  после первого импульса дающий короткое прерывание и формирующий далее такой временной интервал, что расстояние между его окончанием и вторичным входным импульсом равно  $t_{\text{выд}}$ . Такие одновибраторы удобно применять в блоках задержки /3/.

В работе /4/ опубликована схема с прерыванием выходного сигнала и сохранением временной информации о начале первого импульса и окончании последнего /после времени выдержки/. Длительность интервалов прерывания может изменяться в широких пределах, поэтому схема является лишь промежуточной между ОС и ОЗ.

Для сравнения одновибраторов важны также такие количественные характеристики, как сложность /число корпусов ИС/ и потребляемая мощность. Наконец, пред-

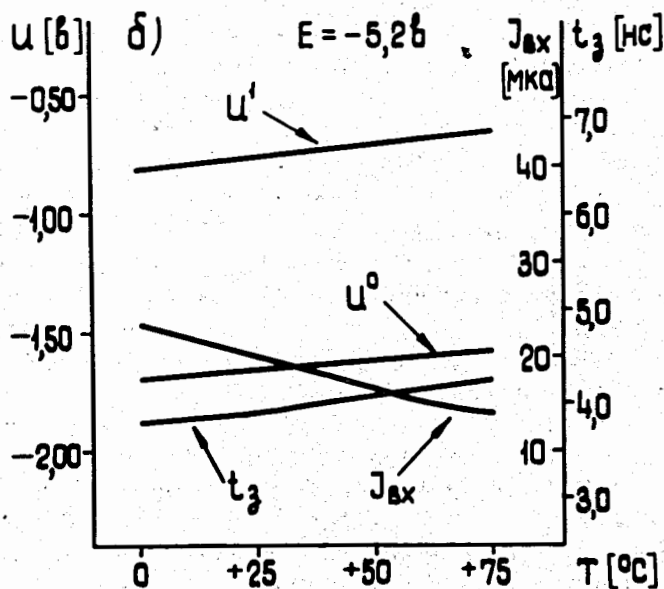
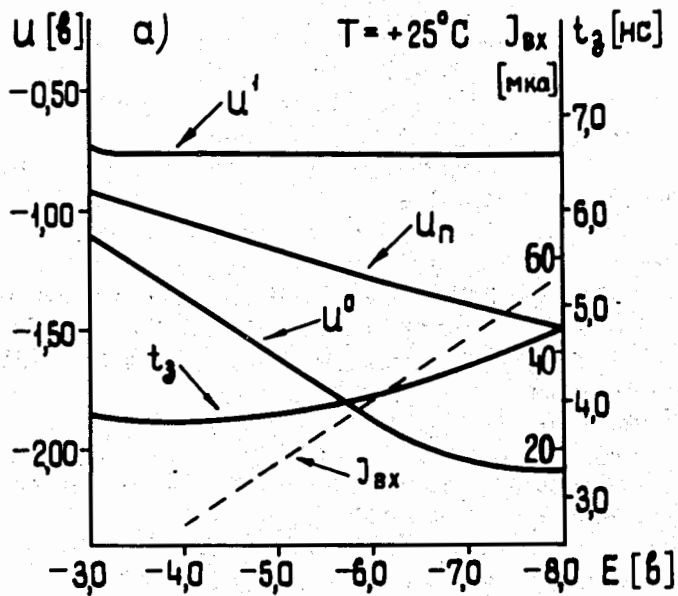


Рис. 1. Зависимость логических уровней ( $U^0, U^1$ ), порога срабатывания ( $U_n$ ), входного тока ( $I_{вх}$ ) и задержки распространения ( $t_з$ ) : а/ от напряжения питания, б/ от температуры.

ставляют интерес способы повышения чувствительности одновибраторов.

В настоящей работе рассматриваются существующие схемы одновибраторов на интегральных схемах с эмиттерной связью<sup>/4-16/</sup> с точки зрения отличительных признаков, изложенных выше. Для того, чтобы дать читателю возможность количественно проанализировать стабильность времени выдержки по температуре и питанию, на рис. 1а,б приведены графики соответствующих зависимостей<sup>/5/</sup> для нулевого ( $U^0$ ) и единичного ( $U^1$ ) логических уровней, порога срабатывания ( $U_n$ ), входного тока ( $I_{вх}$ ) и задержки распространения ( $t_з$ ) интегральных схем серии MECL II.

Схема<sup>/6/</sup>, показанная на рис. 2а, работает по принципу задержки на кабеле с прямым распространением сигнала. Она является типичным примером времязадающего устройства с потенциальным запуском. На рис. 2б приве-

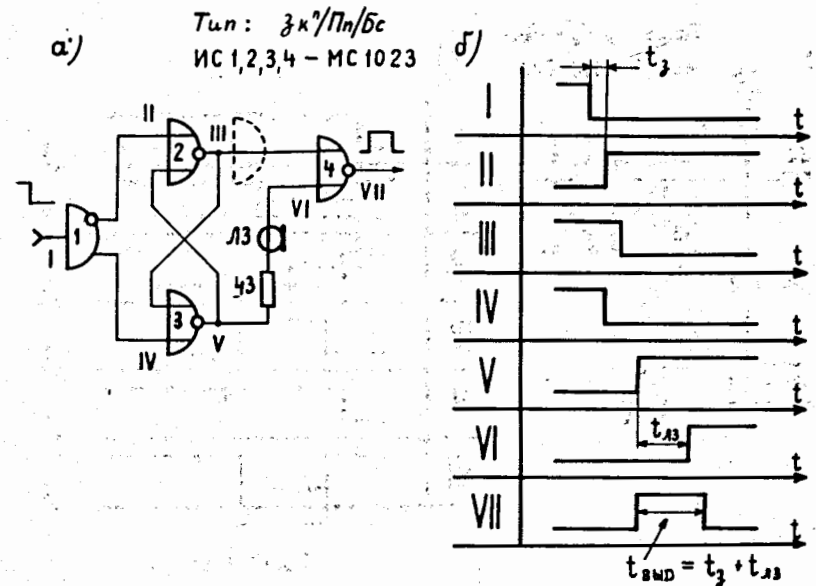


Рис. 2. Одновибратор<sup>/6/</sup> с временем восстановления, равным времени выдержки: а/ принципиальная схема, б/ временная диаграмма.

дены временные диаграммы ее работы. Для упрощения пренебрегаем фронтами импульсов, а задержки выключения и включения элементов считаем равными. На элементах 1-3 собран триггер Шмитта, обостряющий перепады входного сигнала. Время восстановления схемы равно времени выдержки. Указанные особенности схемы в виде индексов приведены на рис. 2а. Цепь, укорачивающая перепад, собрана в данном случае на кабеле задержки, но естественно может быть реализована с помощью задержек других типов. Как видно из рис. 2б, во время выдержки в качестве слагаемого входит нестабильная величина  $t_3$ , для ее компенсации можно использовать схему логического повторения на входе элемента 4 /на рис. 2а - пунктиром/.

Схема <sup>/7/</sup>, изображенная на рис. 3а, б, может работать в двух режимах - потенциальном и импульсном. Во втором случае она представляет из себя RS-триггер, причем входной импульс подается на вход установки триггера,

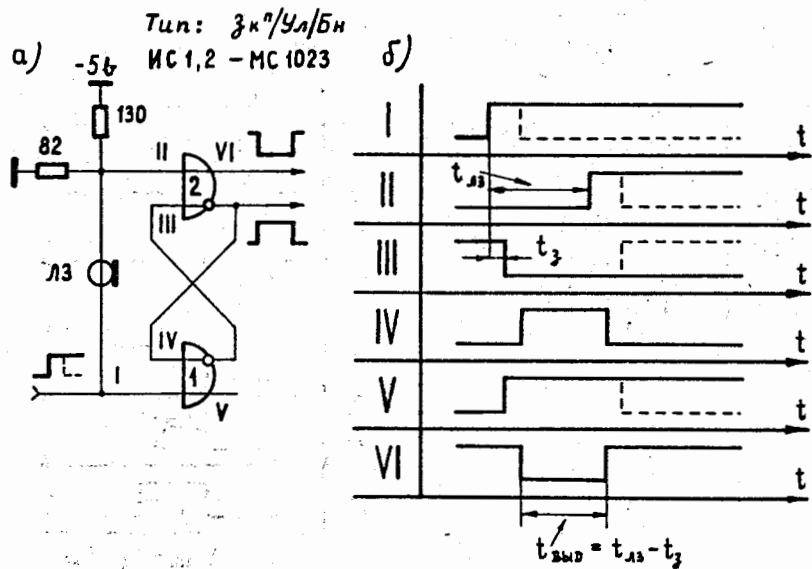


Рис. 3. Одновибратор <sup>/7/</sup> с нулевым временем восстановления: а/ принципиальная схема, б/ временная диаграмма.

а на вход сброса он попадает через линию задержки. К достоинствам ее относятся простота и нулевое время восстановления /с выхода VI /, к недостаткам - зависимость  $t_{\text{выд}}$  от  $t_3$ , так же, как в первой схеме.

В работе <sup>/8/</sup> описана схема с линией задержки и несколькими дискретными элементами, работающая по принципу учетверения временной длины линии. В этой схеме время восстановления также равно нулю.

Среди схем с линией задержки в цепи обратной связи наиболее характерна приведенная на рис. 4а, б <sup>/5/</sup>. Ее

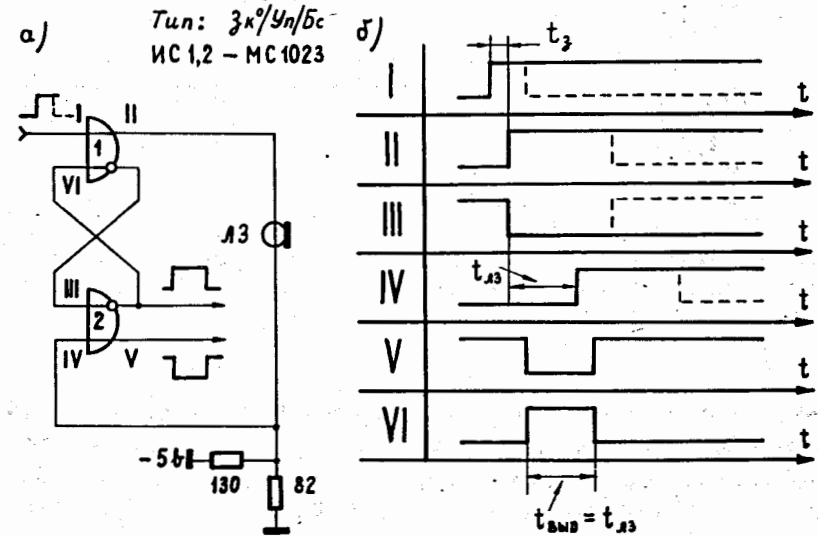


Рис. 4. Одновибратор <sup>/5/</sup> с повышенной стабильностью времени выдержки: а/ принципиальная схема, б/ временная диаграмма.

достоинства - высокая стабильность времени выдержки и универсальный запуск без ограничений на длительность фронтов, поскольку от переднего фронта перепада напряжения схема срабатывает как RS-триггер, формируя фронт импульса в линию задержки. Время восстановления схемы равно времени выдержки, для его сокращения необходимо включить цепь укорочения импульса сброса перед линией задержки. Логическим эквивалентом этого одновибратора является схема <sup>/9/</sup>, показанная на

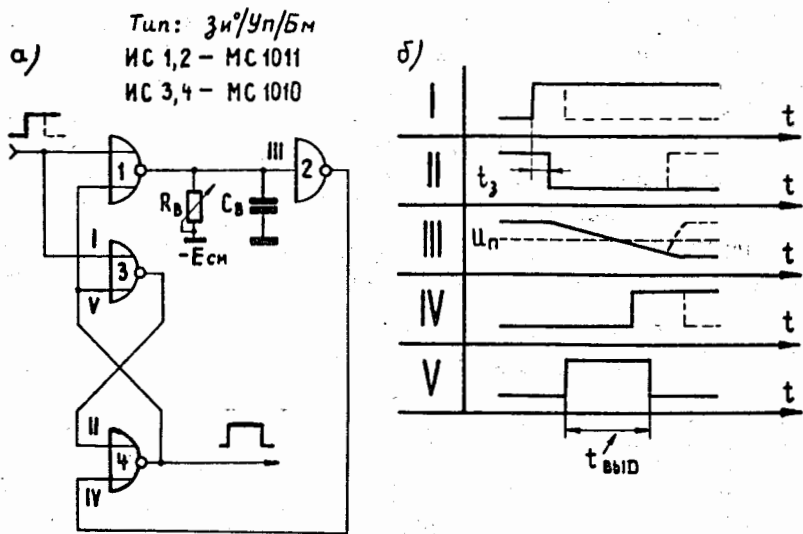


Рис. 5. Одновибратор<sup>/9/</sup> потенциально-импульсного типа с интегрирующей RC-цепью: а/ принципиальная схема, б/ временная диаграмма.

рис. 5а,б. Схема отличается типом использованных логических элементов и вытекающей отсюда необходимостью согласовать фазы заряда емкости  $C_B$  и сигнала остановки - IV. Заряд  $C_B$  через  $R$  производится при запертом выходном эмиттерном повторителе первого элемента, что дает возможность электронной регулировки  $t_{\text{выд}}$ . Восстановление потенциала на  $C_B$  происходит через эмиттерный повторитель первого элемента, поэтому время восстановления схемы невелико.

Схема из работы<sup>/10/</sup> /рис. 6а,б/ отличается от двух предыдущих тем, что сигнал обратной связи снимается не с элемента, куда приходит входной сигнал, а с противоположного плеча перекрестно соединенных логических элементов /1 и 2/. В результате она не может работать в потенциальном режиме из-за многократных срабатываний.

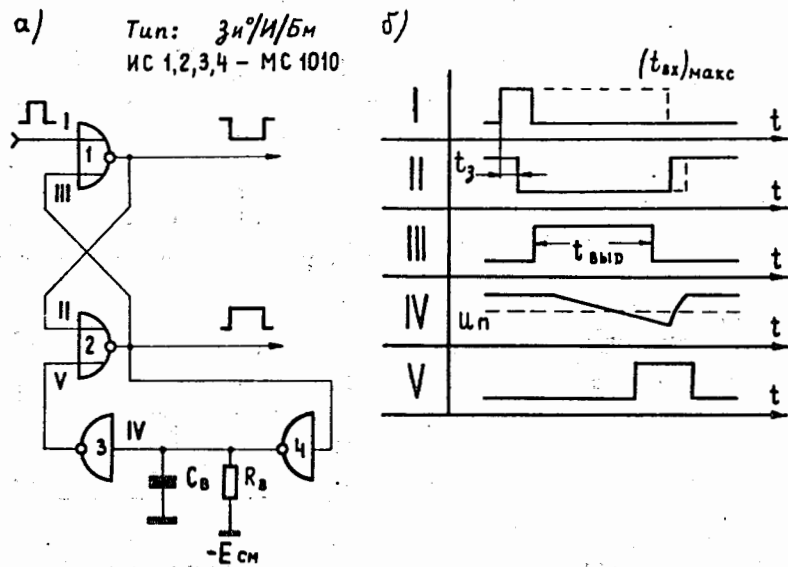


Рис. 6. Одновибратор<sup>/10/</sup> импульсного типа с интегрирующей RC-цепью: а/ принципиальная схема, б/ временная диаграмма.

Перейдем теперь к схемам одновибраторов с емкостной положительной обратной связью. Классическим одновибратором на транзисторах с эмиттерной связью является схема<sup>/11,12/</sup> на дифференциальном приемнике /рис. 7а,б/. Способ запуска схемы - импульсный, т.к. при длинном входном сигнале схема продлит выходной импульс /на рис. 7б - штрих-пунктир/. Заряд и разряд вреязающей емкости производится через сопротивление  $R_B$ , поэтому время восстановления схемы примерно равно времени выдержки. Схема может срабатывать как от положительных, так и от отрицательных сигналов. Если режимный ток выходного эмиттерного повторителя недостаточно велик, то при отрицательном перепаде выходного импульса этот транзистор может закрыться /нагрузкой его является  $R_B$  /, и в дальнейшем скорость изменения напряжения на выходе будет определяться зарядкой  $C_B$  режимным током.

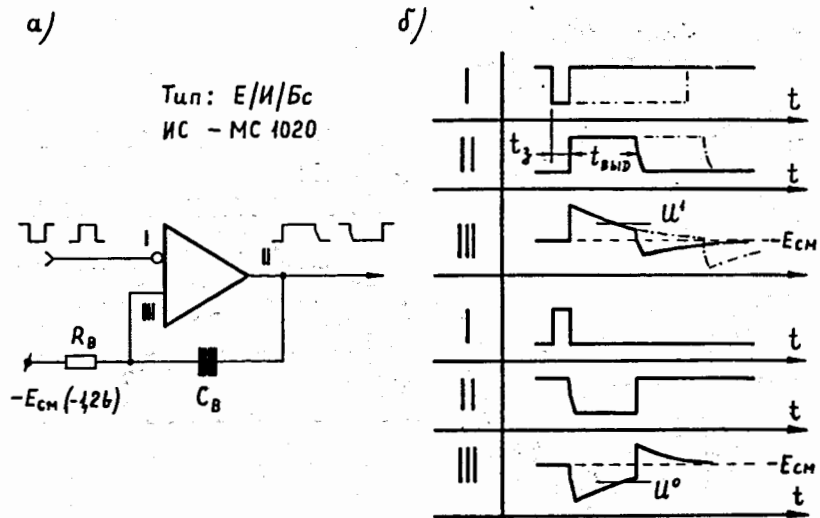


Рис. 7. Одновибратор на дифференциальном приемнике<sup>11,12/</sup>  
а/ принципиальная схема, б/ временная диаграмма.

Положительная емкостная обратная связь реализуется и на элементе ИЛИ, например, так, как в схеме<sup>10/</sup>, показанной на рис. 8а,б. Особенностью этой схемы является применение двух диодов для сокращения времени восстановления. Диоды фиксируют также потенциал, соответствующий логическому "0" при изменении тока через  $R_B$ , поэтому в схеме доступна электронная регулировка  $t_{\text{выд}}$ . При использовании элементов ИЛИ-НЕ необходим дополнительный инвертор - рис. 9а,б<sup>8/</sup>. Наличие инвертированного выхода дает возможность использовать его режимный потенциал - 0,8в и сократить один диод, служащий для быстрого восстановления одновибратора. Емкость, замыкающая обратную связь, может быть эквивалентом задержки, например, как в схеме<sup>13/</sup>, изображенной на рис. 10а,б. По логике работы схема идентична с одновибратором, приведенным на рис. 7а. Сократить время восстановления в такого рода схемах можно включив между ее выходами кремниевый  $n-p-n$  транзистор<sup>14/</sup> на рис. 10а - пунктиром/.

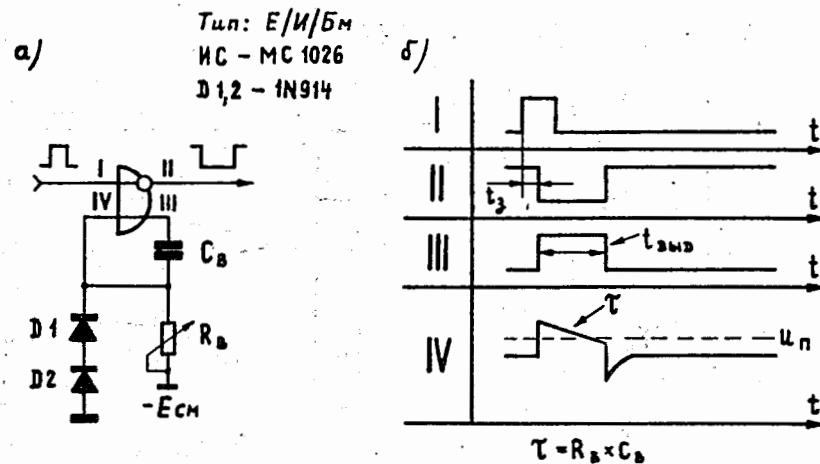


Рис. 8. Одновибратор<sup>10/</sup> на элементе "ИЛИ" с малым временем восстановления: а/ принципиальная схема, б/ временная диаграмма.

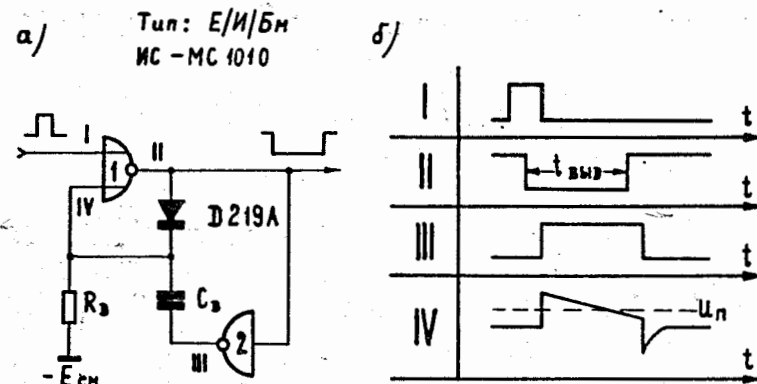


Рис. 9. Одновибратор<sup>8/</sup> на элементах "ИЛИ-НЕ" с малым временем восстановления: а/ принципиальная схема, б/ временная диаграмма.



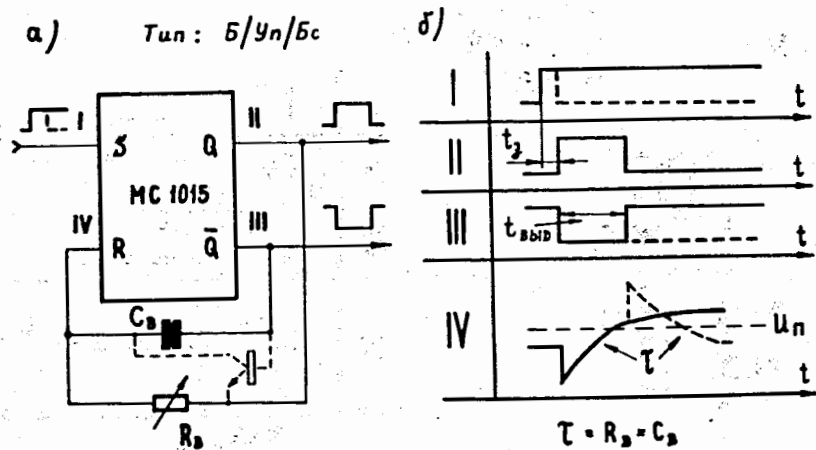


Рис. 10. Одновибратор <sup>/13/</sup> с использованием RS - триггера: а/ принципиальная схема, б/ временная диаграмма.

Все описанные выше схемы не запускались от вторичных входных сигналов. На рис. 11а,б дается схема <sup>/15/</sup>, продлевающая /при малых величинах  $C_B$ / выходной сигнал.

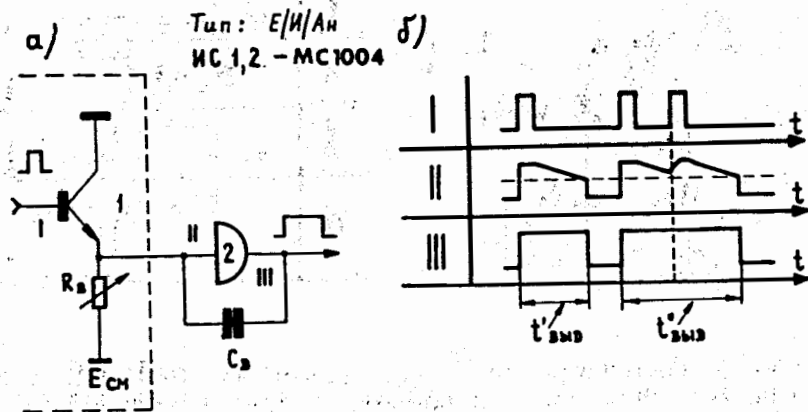


Рис. 11. Одновибратор <sup>/15/</sup> с продлением выходного сигнала от вторичного входного импульса: а/ принципиальная схема, б/ временная диаграмма.

Происходит это благодаря заряду  $C_B$  через выходные повторители элементов 2 и 1 во время действия вторичного входного сигнала. Если емкость  $C_B$  достаточно большой величины, то она не успеет подзарядиться от короткого импульса и схема перестанет реагировать на вторичный входной сигнал. Практически при  $t_{\text{выд}}$  до 90 нсек по выходу схема работает как ОА, а при  $t_{\text{выд}}$  выше 500 нсек - как ОБ для входных импульсов ~ 10 нсек.

Способы повышения чувствительности одновибраторов. В ряде случаев ставится задача повышения чувствительности одновибратора. Для этих целей используются одновибраторы на основе дифференциальных приемников. Регулируя потенциал  $E$  во входной дифференциальной паре, рис. 7а, можно добиться величины порога  $70 \div 100 \text{ мВ}$ .

Дальнейшее повышение чувствительности достигается введением нелинейности в цепи обратной связи - рис. 12а,б <sup>/16/</sup>. Сопротивление 82 ом с выхода II и эмиттерный переход транзистора представляют собой нелинейный делитель. Схема резко переходит в регенеративный режим,

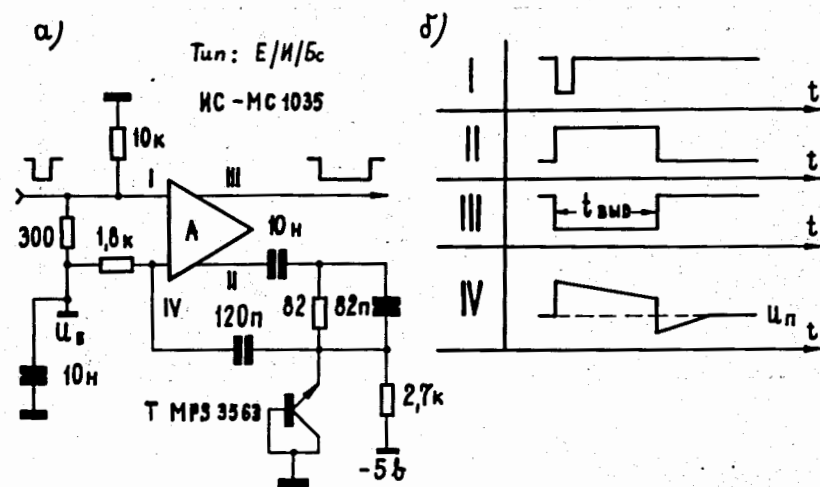


Рис. 12. Одновибратор <sup>/16/</sup> с повышенной чувствительностью: а/ принципиальная схема, б/ временная диаграмма.

когда по мере закрывания транзистора коэффициент обратной связи станет равным 1. При помощи подстройки режимного тока авторам удалось достичь чувствительности 3 мВ. Из-за низкого быстродействия параллельного делителя /ограничителя/ схема может работать с импульсами не короче 70 нсек.

Оценки количественных характеристик описанных одновибраторов приведены в таблице 1. При оценках учитывались задержки, типичные для элементов серии К138<sup>17/</sup>, минимальная задержка, даваемая интегрирующей цепочкой, считалась равной 3 нсек.

Таблица. Основные характеристики описанных одновибраторов.

№ Л.	Полярн. вх. сигнала	$\partial t_{вх}$ , нсек	$t_{зав}$ , нсек	Полярн. вых. сигнала	$\partial t_{вых}$ , нсек	$t_m$ , (тип)	Число корпусов	$P_{потр}$ , мВт
6	-	$t_{вых} \div \infty$	8	+, (-)	$3 \div 100$	$t_{дх} + t_{дэ}$	1,25	210
7	+	$6 \div \infty$	6	+, -	$3 \div 100$	$t_{вых}$	1,0	170
5	+	$6 \div \infty$	6	+, -	$3 \div 100$	$2 t_{вых}$	1,0	170
9	+	$5 \div \infty$	$5^*(2,5^-)$	+, (-)	$6 \div > 10^3$	$\sim 1,2 t_{вых}$	1,0	170
10	+	$5 \div t_{вых}$	$5^*(2,5^-)$	+, (-)	$11 \div > 10^3$	$\sim 1,2 t_{вых}$	1,0	170
11	- (+)	$3 \div t_{вых}$	2	+, (-)	$6 \div > 10^3$	$\sim 2 t_{вых}$	0,25	30
10	+	$3 \div t_{вых}$	3	-	$6 \div > 10^3$	$\sim 1,3 t_{вых}$	0,5	85
8	+	$5 \div t_{вых}$	2,5	-	$8 \div > 10^3$	$\sim 1,3 t_{вых}$	0,5	85
13	+	$4 \div \infty$	3,5	+, -	$6 \div > 10^3$	$\sim 2 t_{вых}$	1,0	80
15	+	4	2,5	+	$4 \div 90$	$\sim t_{дх} (A)$	0,25	38

Схемы с линией задержки имеют преимущество по минимально возможной длительности импульса. Схемы с емкостной обратной связью более просты и могут запускаться от более короткого сигнала.

В заключение укажем, что описанные выше способы построения одновибраторов применимы и при создании одновибраторов на интегральных схемах других типов, например, TTL-логики, правда, определенные трудности вызывают габариты линий задержек и проблема их согласования со входами интегральных схем.

### Литература

1. И.П. Степаненко. Основы теории транзисторов и транзисторных схем. Изд. "Энергия", Москва, 1967.
2. EGG Nuclear Instrumentation System Catalog. Mod. T120/N, USA, Salem, 1969.
3. С.Г. Басиладзе. Препринт ОИЯИ, P13-5732, Дубна, 1971.
4. R.F. Althaus and L.W. Nagel. IEE Trans, NS19, No. 1, 520 (1972).
5. MECL Integrated Circuits Data Book, Motorola, 1971.
6. A. Barna et al. Nucl. Instr. and Methods, 75 (2), 223 (1969).
7. J.F. Boutler et al. Nucl. Instr. and Methods, 77 (1), 163 (1970).
8. Ю.Б. Бушнин, А.Ф. Дунайцев, В.А. Сенько. Модули формирования наносекундных импульсов с применением интегральных микросхем. Препринт ИФВЭ, 72-49, Серпухов, 1972.
9. J.C. Tarle and H. Verweij. Nucl. Instr. and Methods, 102 (1), 131 (1972).
10. M.R. Maier and P. Sperr. Nucl. Instr. and Methods, 87 (1), 13 (1970).
11. J.L. Pellegrin. SLAC-TH-70-22 (1970).
12. G. Amato et al. Proc. Int. Conf. on Inst. for High Energy Phys., Dubna, D-5805 (1970), p. 257.
13. R.D. Barton and M.E. King. Nucl. Instr. and Methods, 97 (2), 359 (1971).
14. I.J. Taylor and T.H. Becker. Nucl. Instr. and Methods, 99 (2), 387 (1972).
15. В.А. Арефьев, С.Г. Басиладзе. Препринт ОИЯИ, P13-6594, Дубна, 1972.
16. J.C. Tarle and H. Verweij. Nucl. Instr. and Methods, 78 (1), 93 (1970).
17. К.А. Валиев и др. Электронная промышленность, №7, 56-59 /1972/.

Рукопись поступила в издательский отдел  
18 мая 1973 года.