

Б.26

И Н С Т И Т У Т ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СОАН С С С Р

И Я Ф 10 - 71

С.Е.Бару, Ю.В.Коршунов, Г.А.Савинов

СХЕМОТЕХНИКА ЭЛЕМЕНТОВ ГИБРИДНО- ИНТЕГРАЛЬНОЙ СЕРИИ 217



Новосибирск

1971

†

СХЕМОТЕХНИКА ЭЛЕМЕНТОВ ГИБРИДНО-ИНТЕГРАЛЬНОЙ СЕРИИ 217

А Н Н О Т А Ц И Я

Кратко изложена схемотехника гибридно-интегральных схем серии 217. Приведены схемы формирователей, генераторов, одновибраторов, счётчиков, элементов задержки и т.д. Даны графики и эмпирические формулы.

1. Прямая линия быстрого действия — элемент задержки распространения сигнала $20-30$ нсек.

2. Односторонний инвертор.

3. Прямая линия сдвига фазы.

4. Выходной коэффициент разделения (до 8).

5. Выходная индуктивная нагрузка, характерная для схем ДТЛ/И/П.

6. Двухтактный триггер (с сбросом и регулируемым входом) с регулируемой задержкой сигнала.

Нормально работающая серия 217 предназначена для работы с логическими сигналами, т.е. $U_{\text{лог}} = 1$ — высокий уровень сигнала, $U_{\text{лог}} = 0$ — низкий уровень (земля).

В этой серии выключено функционирование элементов, работающих с сигналами в аналоговом режиме.

Вместо нулевого уровня сигнала $U_{\text{лог}} = 0$ можно использовать любой другой уровень сигнала, но тогда необходимо изменить логическую функцию, которую выполняет элемент.

Использование гибридно-интегральных (ГИС) и интегральных (ИС) схем в ядерном приборостроении существенно повышает надежность и технологичность аппаратуры.

Достоинства ГИС и ИС очевидны:

1. Увеличение надежности аппаратуры, обусловленное много-ступенчатым контролем каждого компонента схемы во время изготовления. Схемы производятся в едином, тщательно отработанном технологическом процессе. Поэтому сложные логические схемы имеют интенсивность отказов порядка 10^{-7} 1/час. /1/.

2. Значительное уменьшение объема и стоимости монтажных работ, связанное с возможностью широкого применения печатного монтажа. Кроме того, монтируются не дискретные компоненты схем, а уже готовые блокмодули.

3. Практическое отсутствие этапов макетирования и наладки готовой аппаратуры.

Анализ имеющихся в нашем распоряжении данных о ГИС и ИС показал, что наиболее привлекательными для проектирования системы регистрации являются гибридно-интегральные модули (диодно-транзисторная логика - ДТЛ) серии 217, обладающие рядом достоинств:

1. Приемлемое быстродействие - время задержки распространения сигнала 20-30 нсек.

2. Однополярное питание.

3. Потенциальные связи элементов.

4. Высокий коэффициент разветвления (до 6).

5. Высокая помехоустойчивость, характерная для схем ДТЛ/1/.

6. Два типа триггеров (со счетными и отдельными входами) с разветвленной входной логикой.

Нормально модули серии 217 рассчитаны на работу с "положительными" импульсами, т.е. "1" на входе соответствует высокий уровень, и "0" - низкий уровень ("земля").

В этом случае логические функции всех модулей соответствуют указанным в паспортах.

Возможно использование "отрицательных импульсов"; в этом случае логическая функция модуля может быть определена по извест-

ным соотношениям

$$\overline{A} \overline{B} \overline{C} = \overline{A + B + C}$$

$$\overline{A} \overline{B} = \overline{A + B}$$

Например, наиболее употребительный модуль 2ЛБ172 при работе с "положительными" импульсами осуществляет логическую функцию ЗИ - НЕ

$$f(A, B, C) = \overline{A B C}$$

Подавая на вход 2ЛБ172 "отрицательные" импульсы, получим модуль, осуществляющий логическую функцию ИЛИ:

$$f(ABC) = \overline{\overline{A} \overline{B} \overline{C}} = \overline{\overline{A} + \overline{B} + \overline{C}} = A + B + C$$

Особо следует остановиться на характере нагрузочной способности модулей серии 217. В соответствии со структурой ГИС этого типа нагрузка должна включаться между выходом модуля и напряжением питания. В противном случае (включение R_n к "земле") в режиме "1" даже при $R_n = R_k = 1,5$ ком выходной сигнал будет ниже порога уверенного срабатывания последующего элемента (+1,5 в).

В настоящей работе кратко изложена схемотехника элементов серии 217 - включение линий задержки, формирование импульсов из фронтов, построение генераторов, одновибраторов, двоично-десятичных счётчиков и т.п. В приводимых ниже схемах используются модули 2ЛБ172. На рис.1 приведены схема модуля и его условное изображение.

1. ЗАДЕРЖКА

1. Включение линии задержки

Согласование линий задержки при применении их с элементами серии 217 затруднено, т.к. входы элементов - нелинейные сопротивления (диоды). Минимальное рассогласование может быть получено при использовании низкоомных линий задержки (с волновым сопротивлением 600 ом). В этом случае влияние входа модуля, подключенного к согласующему сопротивлению, уменьшается.

Простой способ включения линии задержки показан на рис.2. Графики рис.3 (силовые линии) отражают вполне удовлетворительную картину прохождения и задержки импульса.

Включение эмиттерного повторителя (рис.4) уменьшает отражение на выходе линии задержки (точка 2), улучшает нижний уровень проходящего импульса (точка 3), что увеличивает надежность работы модуля 2. В этом случае к выходу линии задержки можно подключить несколько модулей. Влияние эмиттерного повторителя на форму импульсов в схеме отражено на рис.3 (пунктир).

В схемах рис.2 и рис.4 к первому модулю нельзя подключать напряжение питания "+3 в".

2. Задержка импульса по переднему фронту

С подачей отрицательного импульса на вход схемы (рис.5) триод модуля 1 закрывается; ёмкость C начинает заряжаться до 3-х вольт с постоянной времени

$$\tau = RC, \text{ где}$$

$R \approx 750$ ом (ёмкость C заряжается не только через коллекторное сопротивление модуля 1, но и током входной цепи модуля 2). Поскольку триод модуля 2 открывается, когда напряжение в точке 2 становится равным 1,4 в (см.рис.7), то

$$t_{\text{задержки}} \approx 0,5 \tau \text{ (см.рис.6)}$$

Длительность переднего фронта задержанного импульса можно определить по приближенной формуле

$$t_{\varphi} = \frac{C(n\varphi)}{24} \text{ нсек.}$$

Задний фронт задержанного импульса гораздо короче, т.к. в конце входного импульса ёмкость C быстро разряжается через вновь открывшийся триод модуля 1.

II. ФОРМИРОВАНИЕ ИМПУЛЬСОВ ИЗ ФРОНТОВ

1. Формирование отрицательного импульса из отрицательного фронта

Номинал R_2 (рис.8) выбирается таким, чтобы триод модуля 2 был закрыт ($R_2 \leq 820$ ом). Длительность импульса на выходе схемы сильно зависит от величины R_2, C и, в меньшей степени, от величины R_1 . При уменьшении R_1 растёт скорость заряда ёмкости и первоначально прикладываемое ко входу модуля 2 напряжение (рис.9). Поэтому отсечка импульса более резкая, задний фронт более крутой. Принимая $R_2 = 820$ ом, что обеспечивает уверенное запирающее модуля 2, имеем

$$t_{\text{и вых}} \approx C (\text{пф}) \cdot 10^{-3} \text{ мксек}$$

При $R_1 = 380$ ом задний фронт полученного импульса равен $0,2 t_{\text{и вых}}$. Длительность переднего фронта на порядок меньше.

Пунктиром на графике рис.9 проиллюстрирован случай $R_1 = \infty$.

При повышении температуры $t_{\text{и вых}}$ растёт. В этом отношении схема менее стабильна, чем описанная ниже, которая работает не на отпирание, а на запирающее модуля 2.

2. Формирование положительного импульса из положительного фронта

Номинал R (рис.10) выбирается таким, чтобы триод модуля 2 был открыт ($R > 1,6$ ком). Импульс на выходе схемы появляется в момент открывания триода модуля 1. Когда он закрыт, происходит заряд ёмкости C через коллекторное сопротивление модуля 1. Условием нормальной работы схемы является полный заряд ёмкости C , т.е.

$$t_{\text{заряда}} > 3T$$

где $T = R_k C$; $R_k = 1,5$ ком.

Принимая $R = 3$ ком, имеем:

$$t_{\text{и вых}} \approx 1,5 C (\text{пф}) \cdot 10^{-3} \text{ мксек}$$

Графики на рис.11 иллюстрируют работу вышеописанной схемы.

$$C = 1200 \text{ пф}$$

$$R = 3 \text{ ком}$$

$$t_{\text{и вых}} = 1,7 \text{ мксек.}$$

Задний фронт получаемых импульсов

$$t_{3.ф} \approx 0,1 t_{\text{и вых}}$$

Передний фронт - на порядок короче.

Описанная выше схема имеет более высокую температурную стабильность, чем предыдущая; поэтому, если необходимо получить отрицательный импульс на выходе, целесообразно применить схему рис.10 с выходным инвертором.

3. Формирование отрицательного импульса из положительного фронта (рис.12)

Графики (рис.13), построенные для случая

$$C = 6800 \text{ пф,}$$

$$R_1 = 380 \text{ ом,}$$

$$R_2 = 300 \text{ ом,}$$

поясняют работу схемы. Импульс на выходе схемы появляется в момент, когда в точках 1 и 3 схемы напряжение больше 1,4 в; в остальное время триод модуля 2 закрыт.

Длительность импульса определяется временем разряда ёмкости C через открытый триод модуля 1 и сопротивление R_2

$$T \approx R_2 C$$

$$t_{\text{и вых}} \approx 0,9 T$$

Сопротивление R_2 больше 620 ом брать не рекомендуется, т.к. ухудшаются условия запирающего триода модуля 2.

Если необходимо обеспечить высокую частоту следования импульсов, то R_1 необходимо уменьшить, т.к.

$$t_{увых} = const$$

если ёмкость C успевает полностью зарядиться. Для этого необходимо, чтобы

$$t_{иск} \geq 3 T \text{ заряда,}$$

$$\text{где } T_{заряда} = \left(\frac{R_1 \cdot R_k}{R_1 + R_k} + R_2 \right) C$$

Передний фронт полученного импульса - короткий, задний - затянут.

$$t_{з.ф} \approx 0,2 t_{увых}$$

Схема привлекает высокой температурной стабильностью.

III. МУЛЬТИВИБРАТОРЫ

Приведенный выше материал содержит основные приёмы проектирования схем на модулях 2ЛБ172 серии 217. Поэтому в дальнейшем предлагается менее подробное описание схем.

1. Одновибраторы

В приведенной на рис.14 схеме

$$t_{увых} \approx 0,7 C_{(пф)} \cdot 10^{-3} \text{ мксек}$$

Одновибратор запускается отрицательным фронтом. Если

$t_{увх} > t_{увых}$ (пунктир на рис.15), то длительность выходного импульса увеличивается примерно на 20%.

Уверенный запуск одновибратора происходит при

$$t_{увх} > 20 \text{ нсек.}$$

Одновибратор, собранный по схеме рис.16, имеет более высокую температурную стабильность; импульс на выходе - положительный. Запуск одновибратора - передним фронтом отрицательного импульса.

Недостаток схемы - в ограничении

$$t_{увх} \leq 0,5 t_{увых}$$

т.к. имеется потенциальная связь выхода со входом.

Формула для расчёта ёмкости C :

$$t_{увых} = 2 C_{(пф)} \cdot 10^{-3} \text{ мксек}$$

Оба типа одновибраторов (рис.14 и рис.16) имеют

$$t_{восст} \approx 2 t_{увых}$$

На рис.17 приведена схема одновибратора, отличающегося очень малым временем восстановления. По принципу работы этот одновибратор является триггером, в цепь сброса которого включена ёмкость C . При возбуждении триггера ёмкость C заряжается до +1,4 в, триод модуля 4 открывается, триггер сбрасывается и ёмкость C быстро разряжается через триод модуля 3.

Длительность импульса на выходе одновибратора равна времени заряда ёмкости C . Схема генерирует как положительный, так и отрицательный импульсы с чёткими фронтами; длительность и форма выходных импульсов не зависят от длительности запускающего импульса (рис.18)

$$t_{увхmin} = 20 \text{ нсек}$$

$$t_{восст} = 0,1 t_{увых}$$

Формула для расчёта ёмкости (пф):

$$t_{увых} = 0,5 C \cdot 10^{-3} \text{ мксек.}$$

2. Генератор

Схема генератора приведена на рис.19. Генератор надёжен в работе, четко синхронизируется управляющим сигналом. Диапазон частот достаточно широк:

$$10^{-1} - 10^7 \text{ гц.}$$

Величина ёмкостей C (мкф) и частота импульсов генератора

f (Гц) связаны следующим соотношением:

$$f \cdot C \approx 3 \cdot 10^2$$

На низких частотах дополнительные сопротивления 470 ом, которые уменьшают степень насыщения транзисторов схемы, можно не ставить.

IX. СХЕМЫ ДВОИЧНО-ДЕСЯТИЧНЫХ СЧЕТЧИКОВ

На рис. 20 приведена схема триггера со счетным входом 2ТК171. Справа - его условное изображение.

На рис. 21 приведена схема декады двоично-десятичного счетчика, состоящая только из 4-х триггеров. Код - 1, 2, 4, 8. Максимальная рабочая скорость счета

$$f_{max} = 4 \text{ мгц.}$$

Можно увеличить f_{max} вдвое, если установку четвертого триггера в состояние "1" производить по схеме рис. 22.

Счетчик, в котором применен принцип параллельной подачи счетного импульса на все триггеры, значительно сложнее. Повышение f_{max} в сравнении со схемой рис. 22 незначительно. При работе со статистически распределенными импульсами на входе такого счетчика необходимо включение формирователя счетного импульса с фиксированным мертвым временем. Реализация схемы на печатной плате усложняется из-за наличия дополнительных модулей (управляющие ключи) и усложненных связей. Применение такой схемы целесообразно при создании быстродействующего реверсивного счетчика, т.к. схема реализует прибавление (или вычитание) единицы за время срабатывания одного триггера.

У. СИГНАЛИЗАЦИЯ

В качестве индикаторов рекомендуется использовать миниатюрные лампы накаливания НСМ-9-55 или НСМ-9-20, включаемые непосредственно к выходам модулей 2ЛБ172. Питание индикаторных цепей можно осуществлять нестабилизированным напряжением + 6 в.

Если необходима десятичная индикация двоично-десятичной декады счетчика, обычно используют лампы серии ИН. В качестве

дешифраторов целесообразно применить модули серии 217 2ЛП173. Высоковольтными катодными ключами могут служить триоды П309 (рис. 23).

У1. ПРИМЕНЕНИЕ МОДУЛЕЙ СЕРИИ 217

Имеющийся опыт проектирования аппаратуры регистрации ВЭПП-3 позволяет оценить соотношение применяемых типов модулей серии 217:

Тип модуля	Схемное применение %
2ТК171	100
2ЛБ172	100
2ЛБ171	5
2ЛБ173	30
2ЛР171	10
2ЛП173	10
2НТ171	5
2ТР171	20

Рис. 1

Литература

1. Элементы ЭВМ на полупроводниковых приборах. Проектирование и расчёт "Советское радио". Москва, 1969 г.

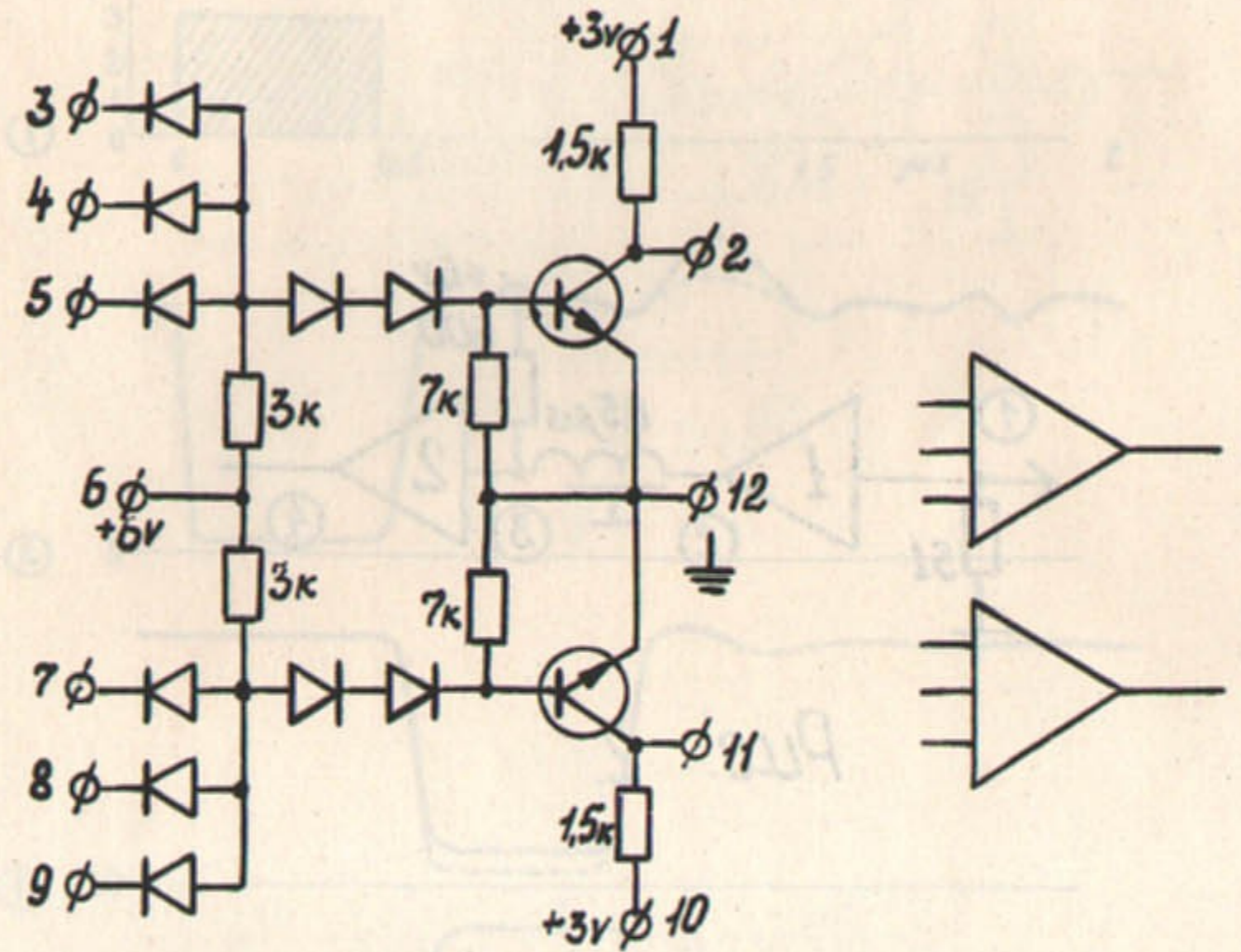


Рис. 1.

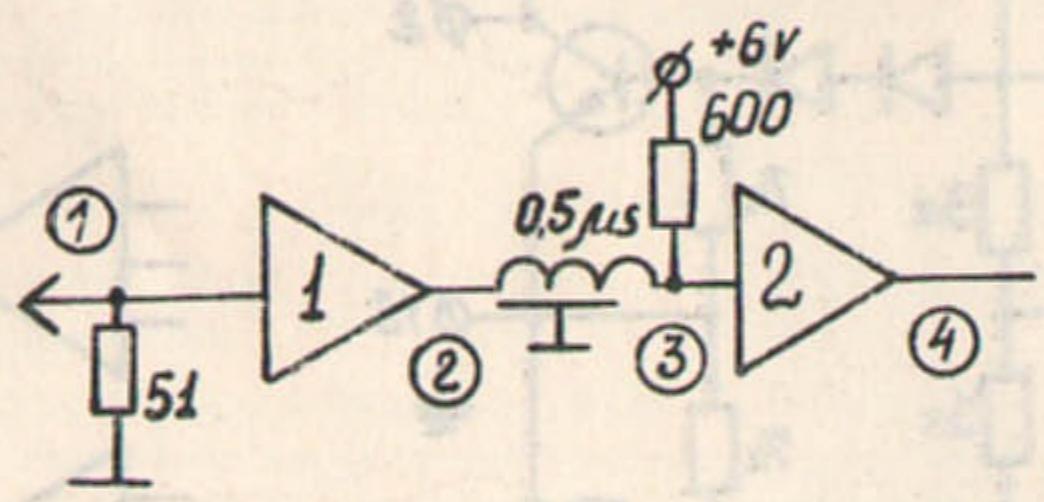


Рис. 2.

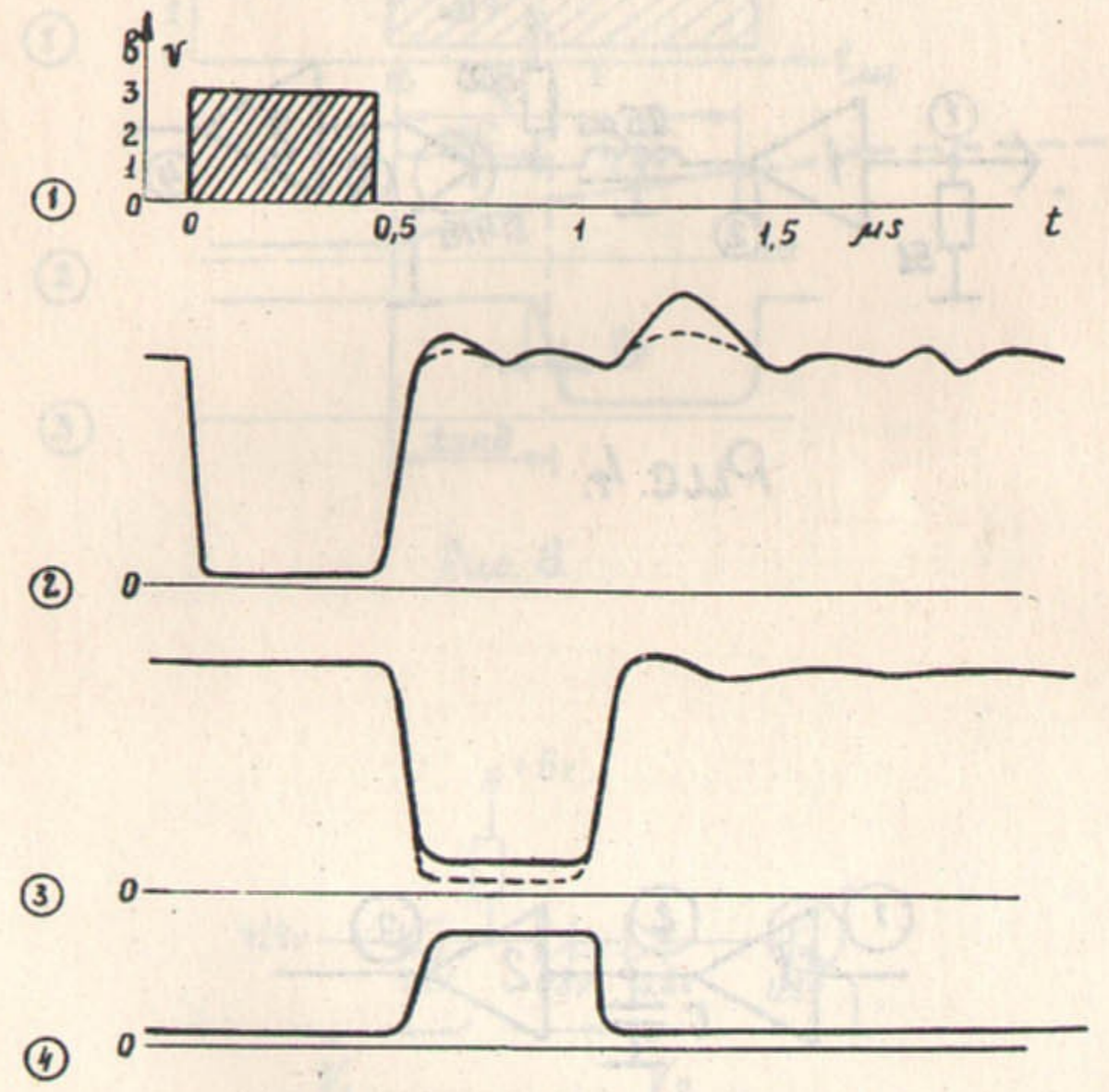


Рис. 3.

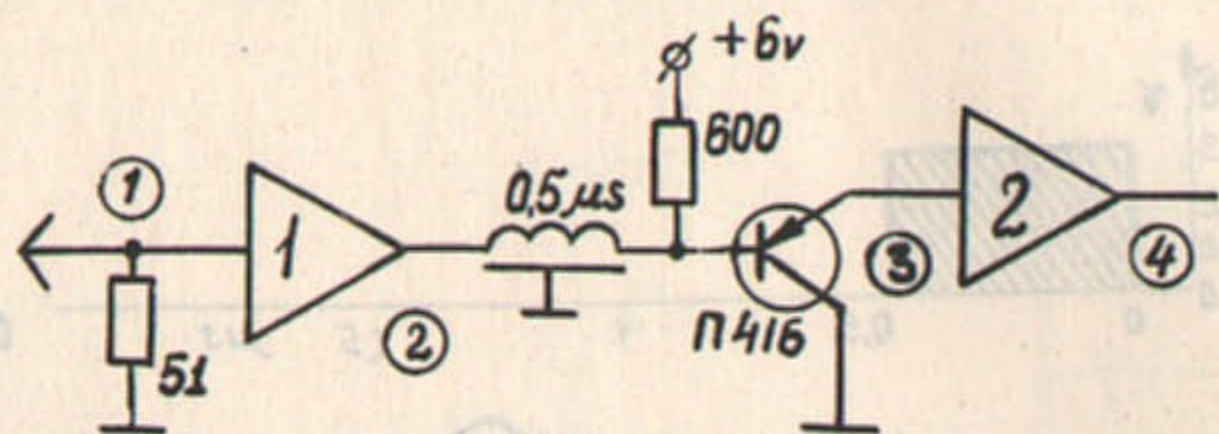


Рис. 4.

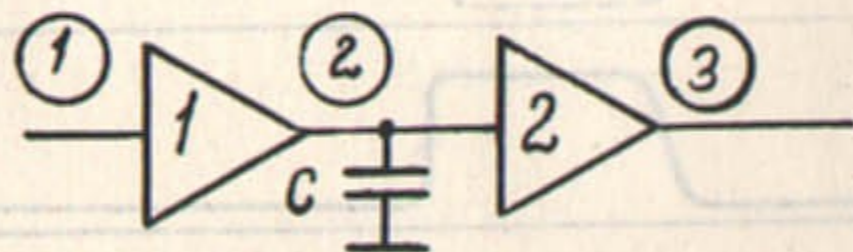


Рис. 5.

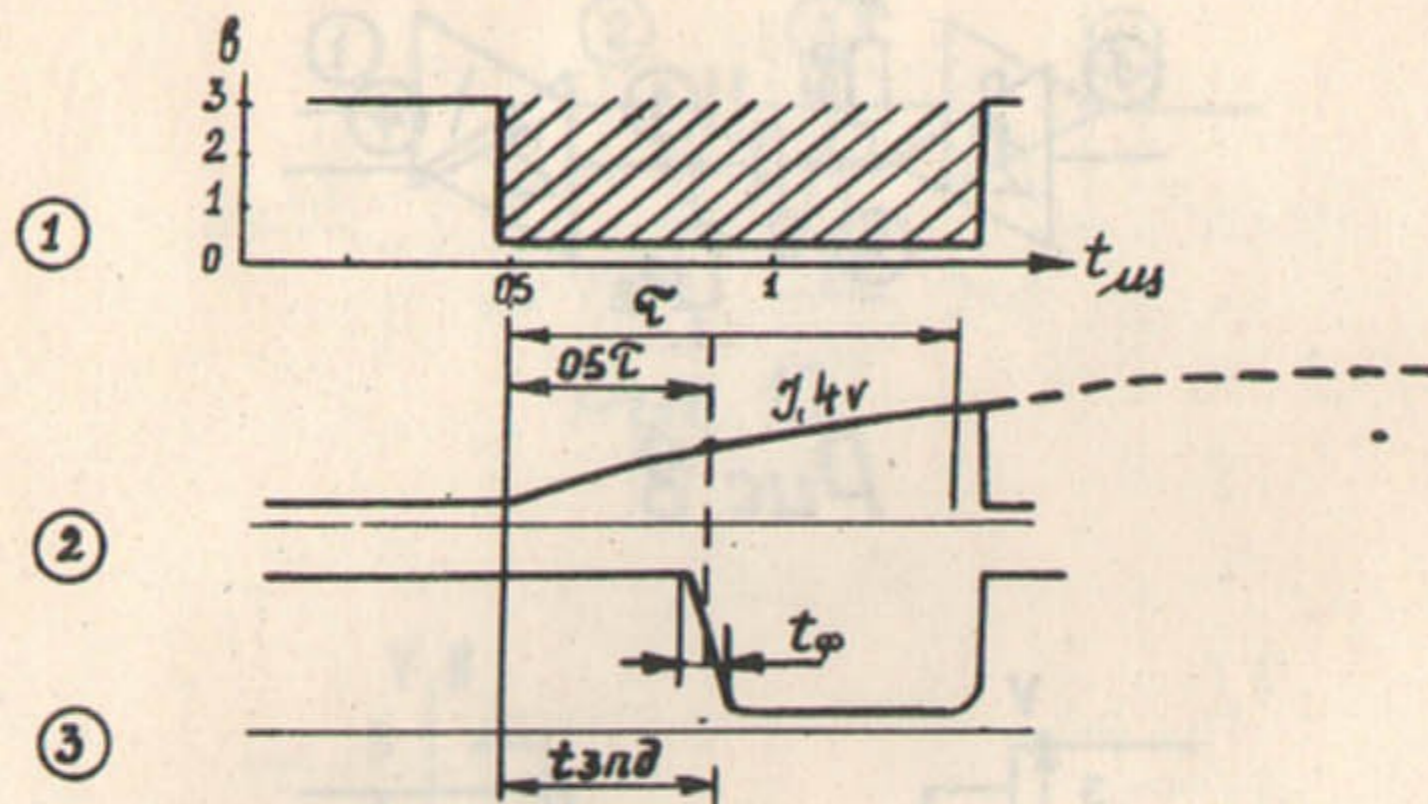


Рис. 6.

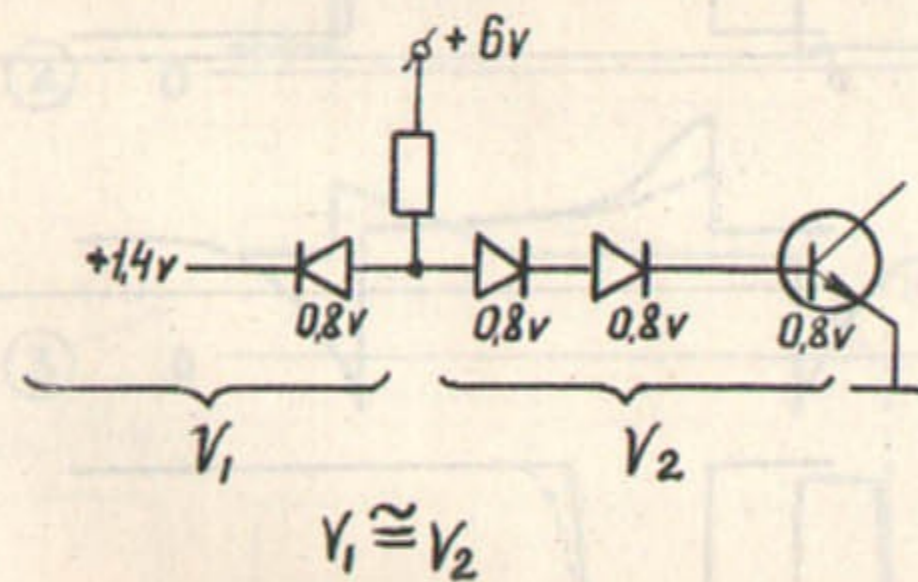


Рис. 7.

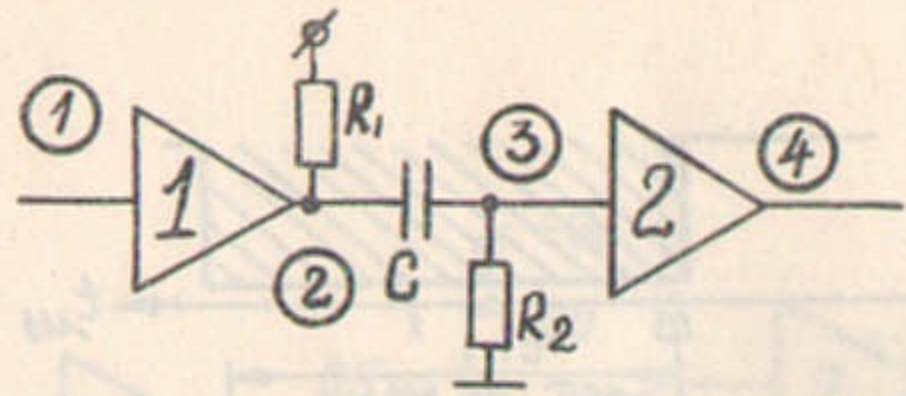


Рис. 8.

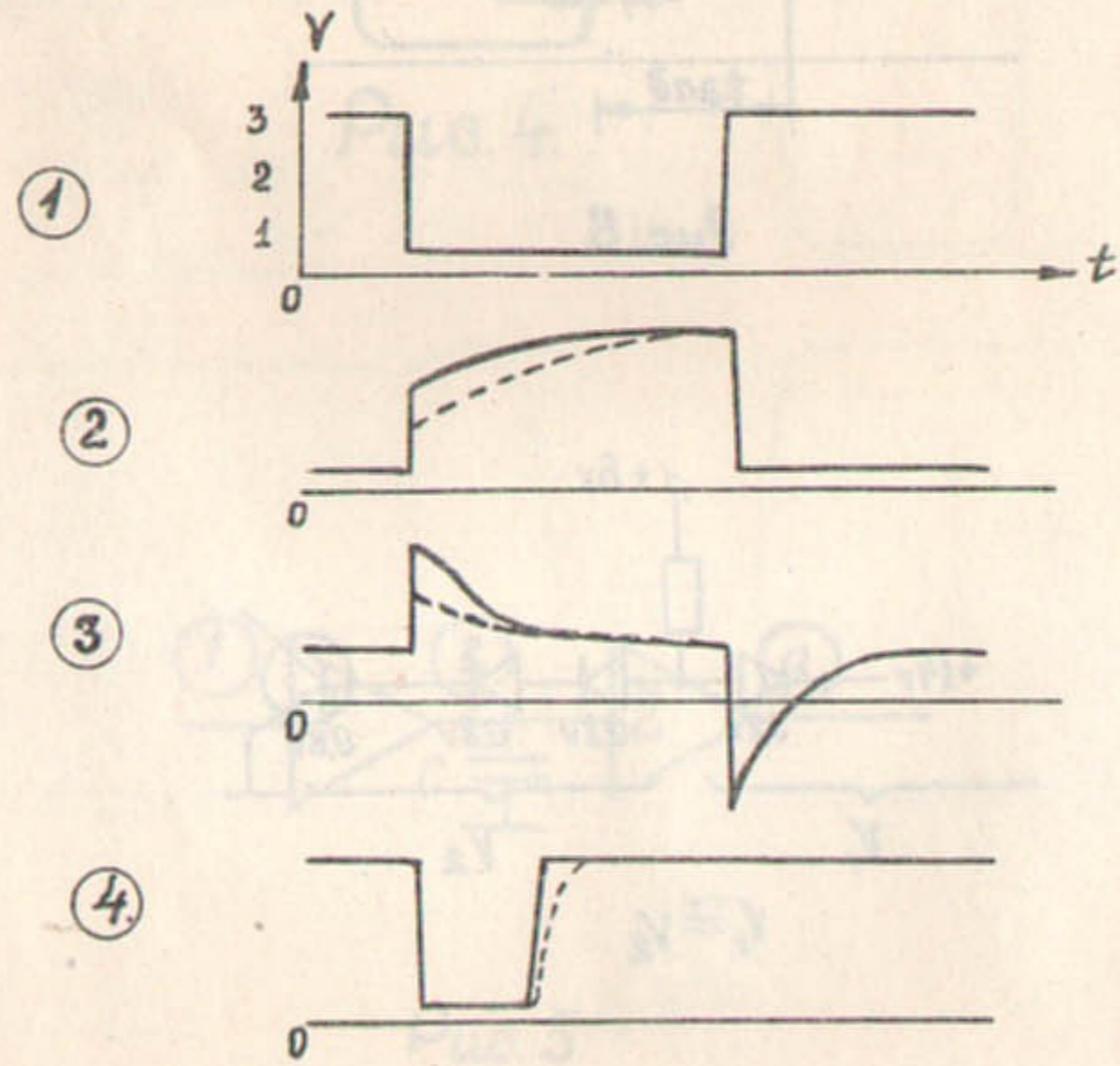


Рис. 9.

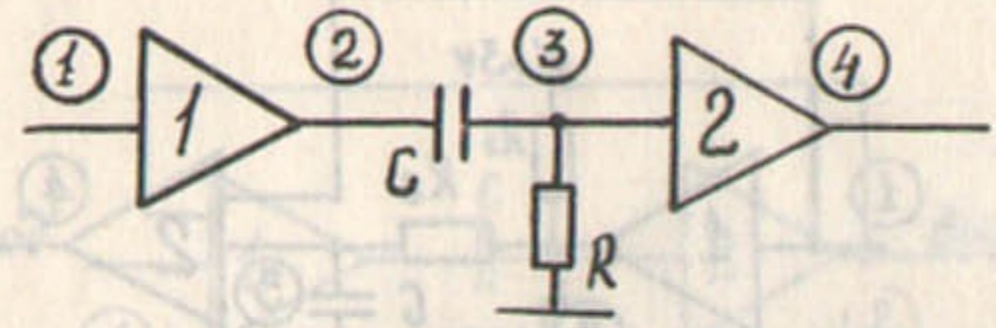


Рис. 10.

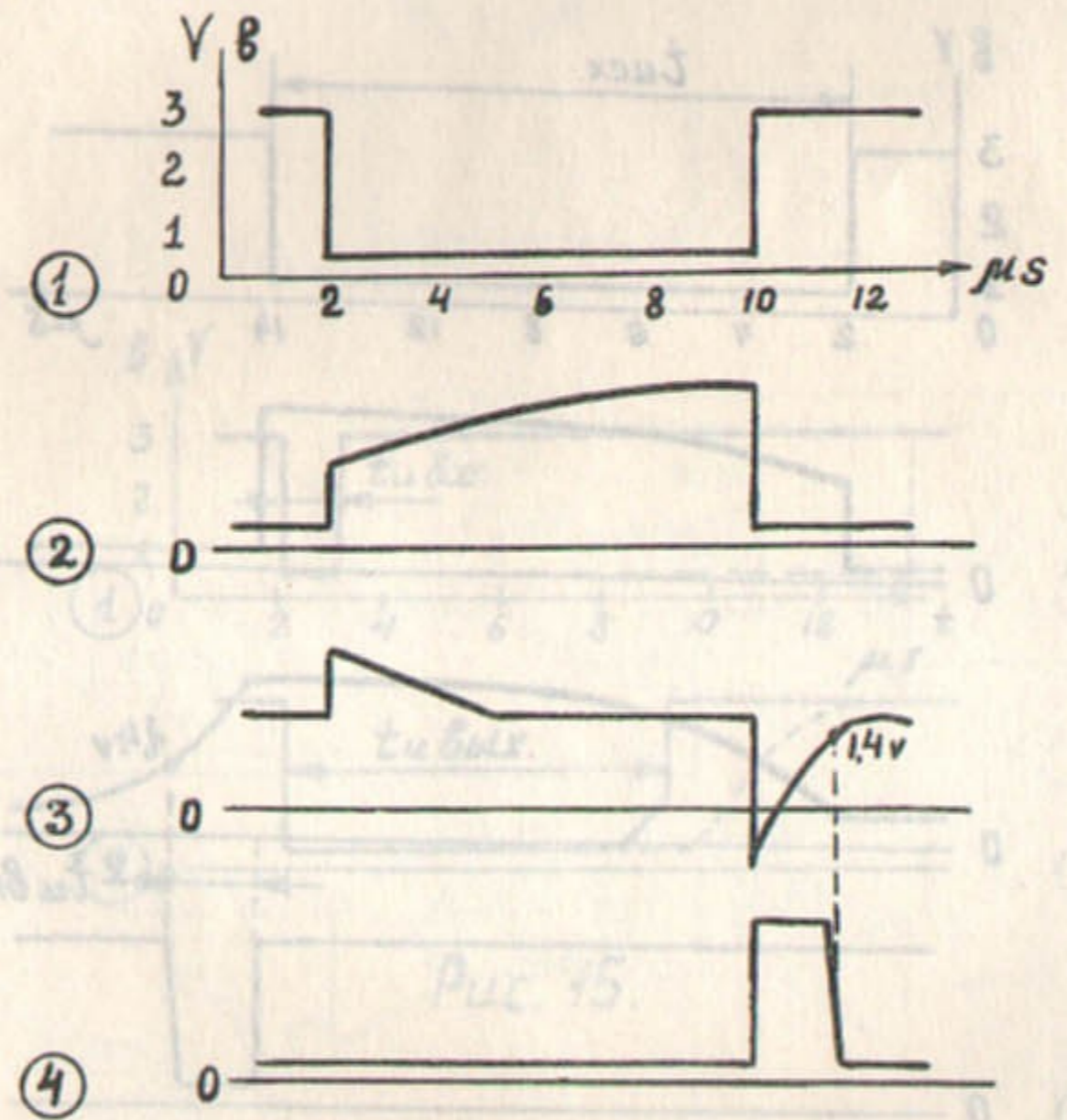


Рис. 11.

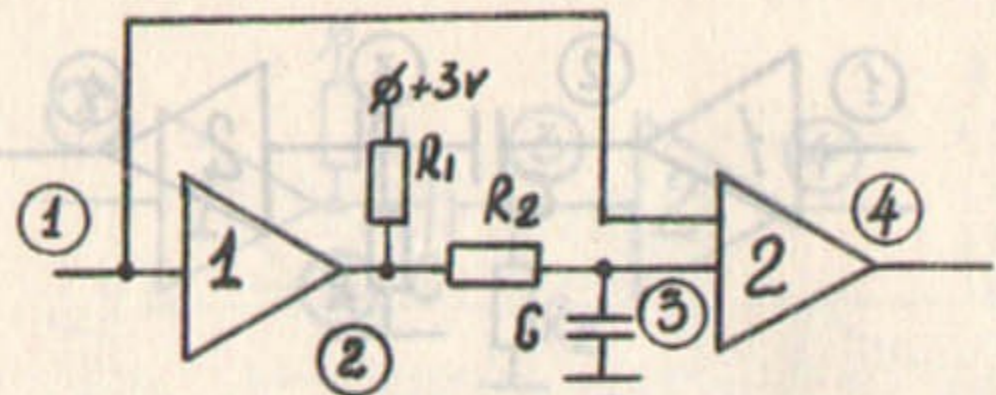


Рис. 12.

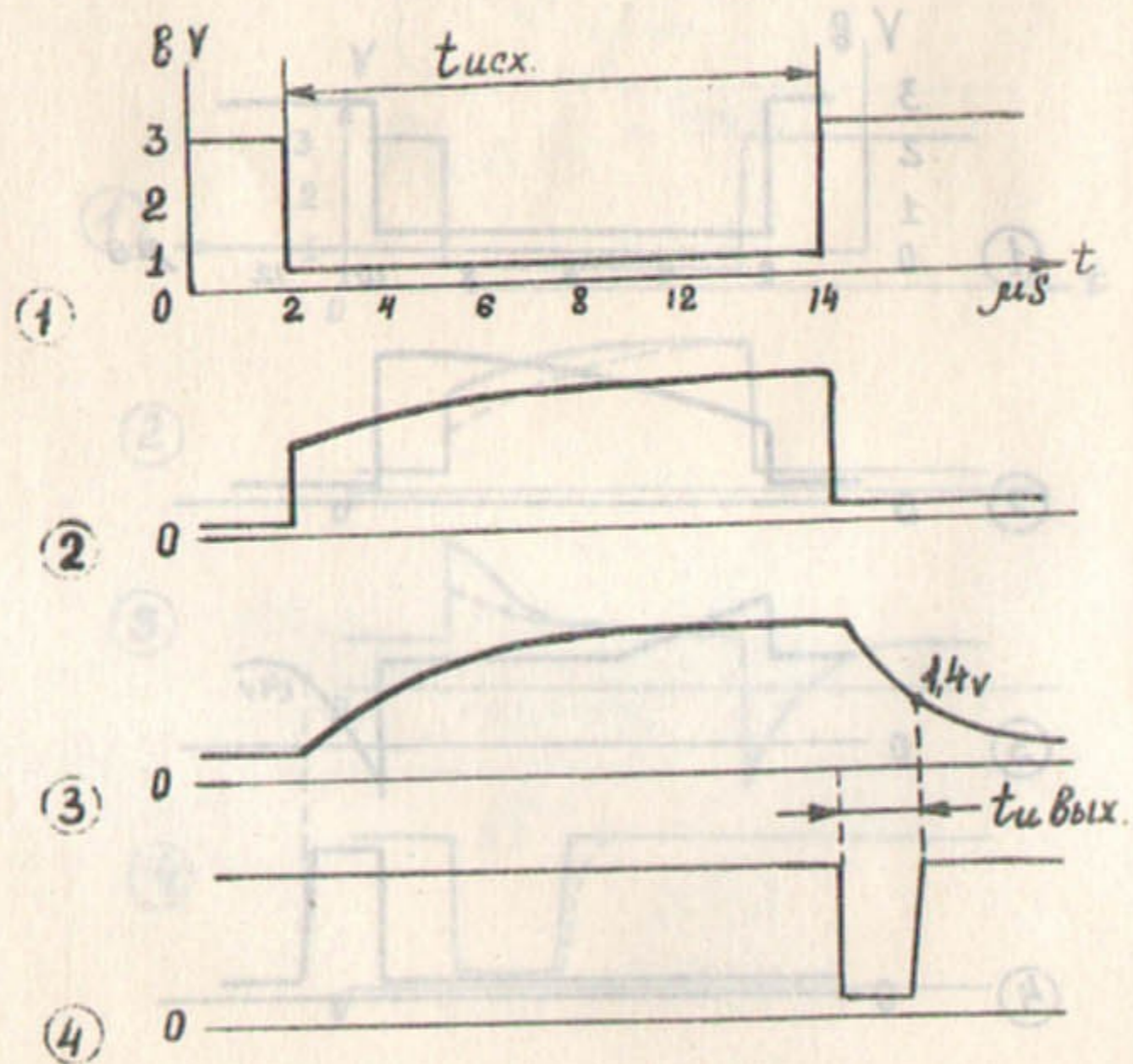


Рис. 13.

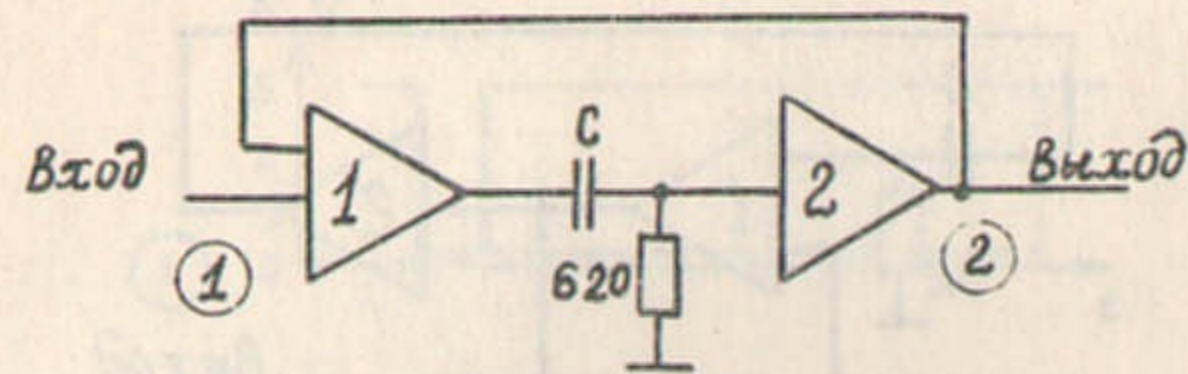


Рис. 14.

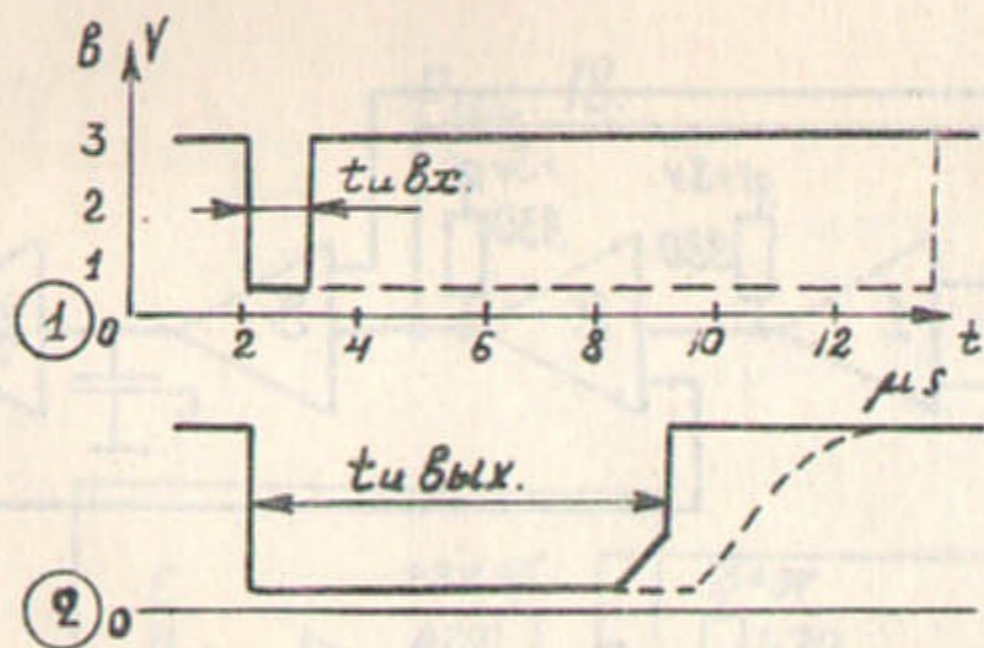


Рис. 15.

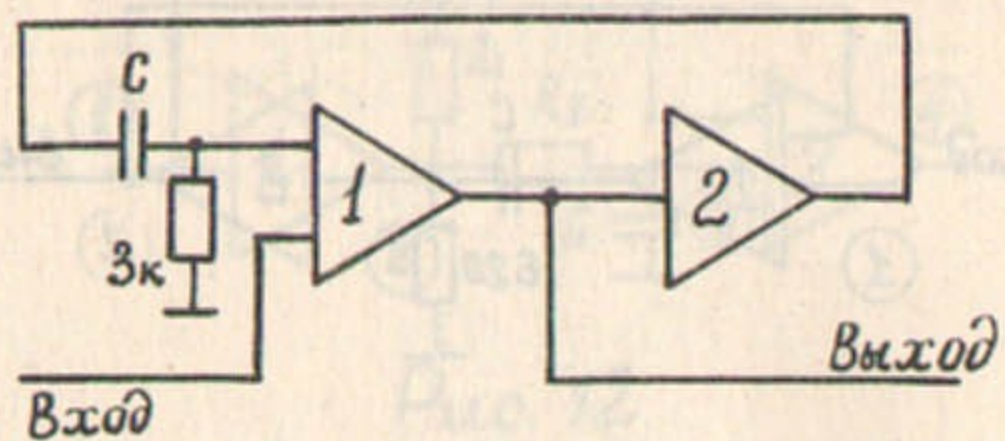


Рис. 16.

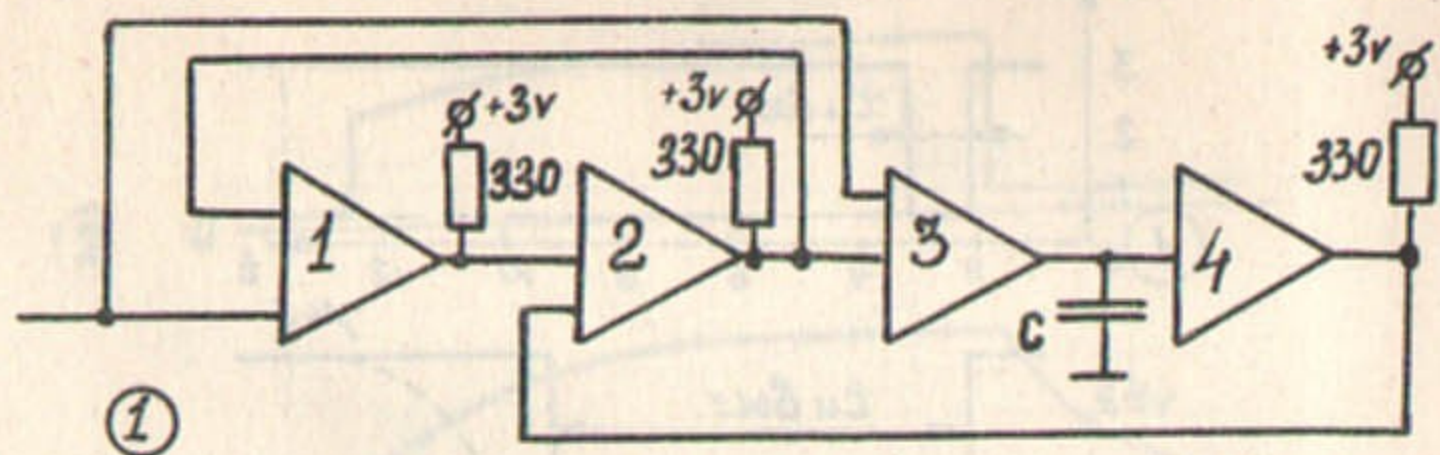


Рис. 17

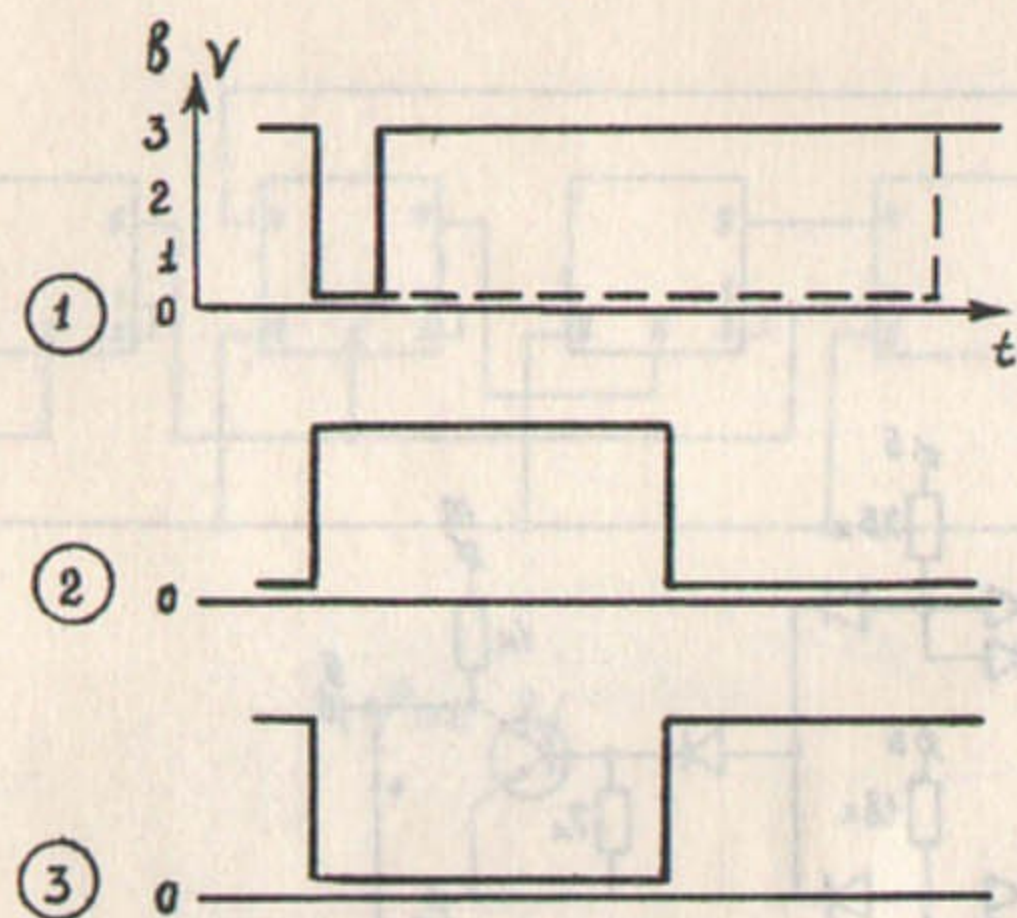


Рис. 18.

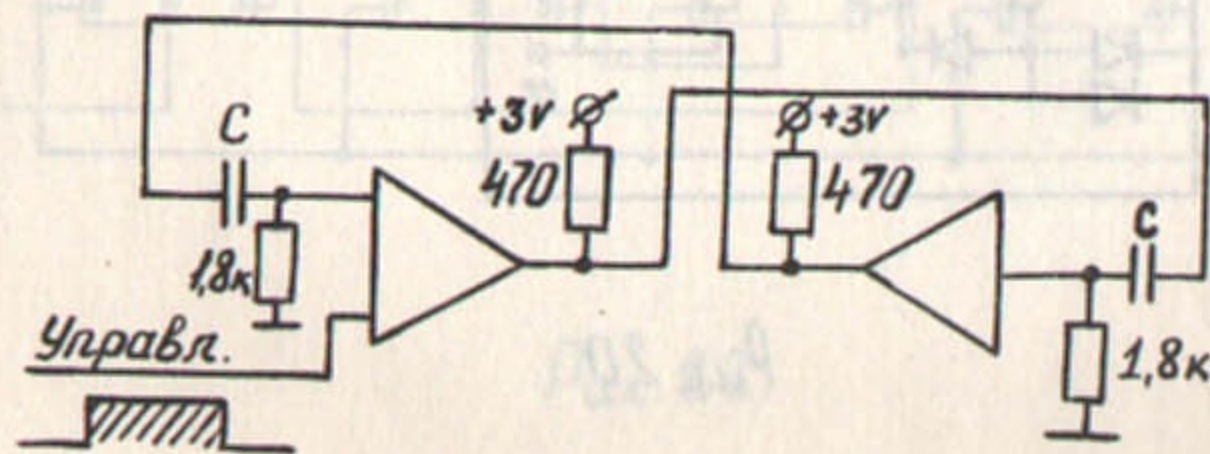


Рис. 19.

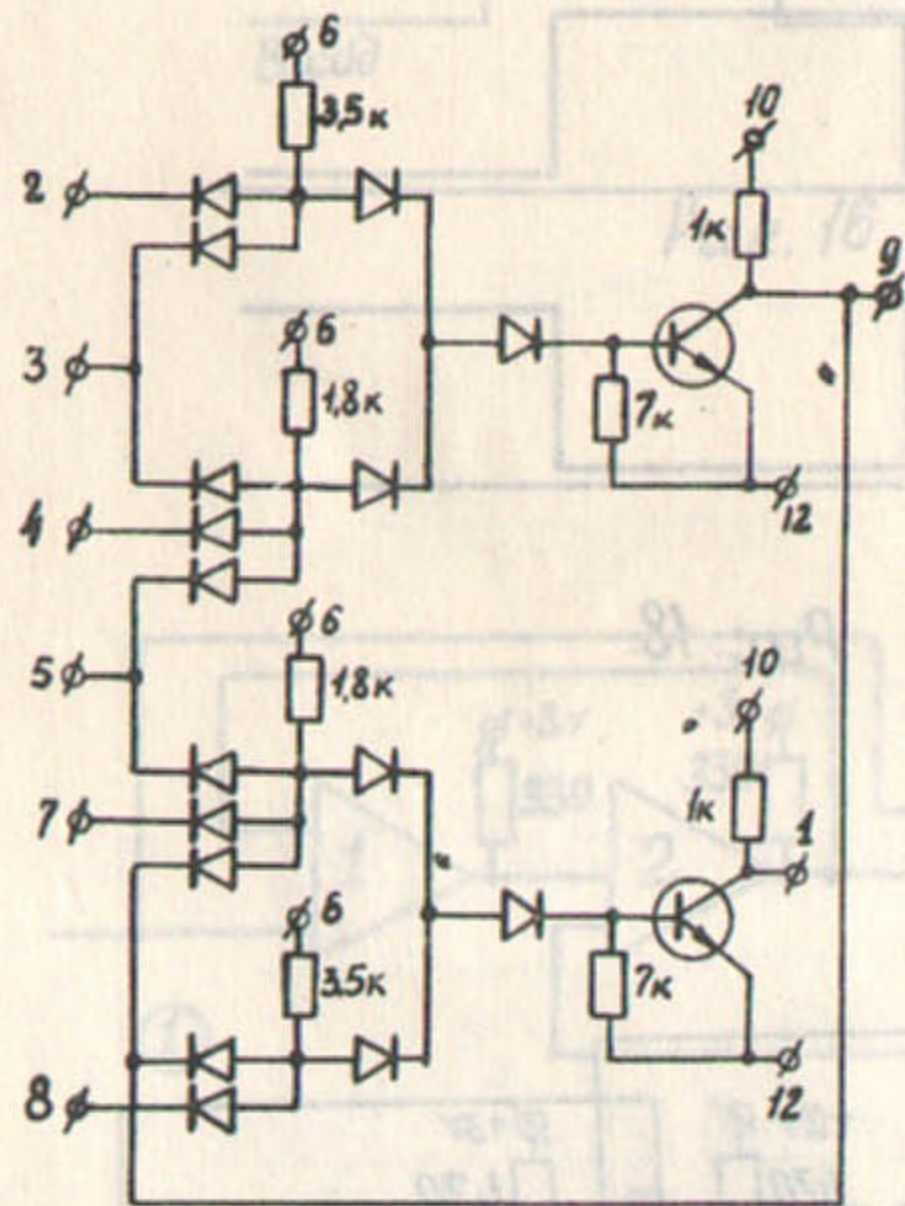


Рис 20.

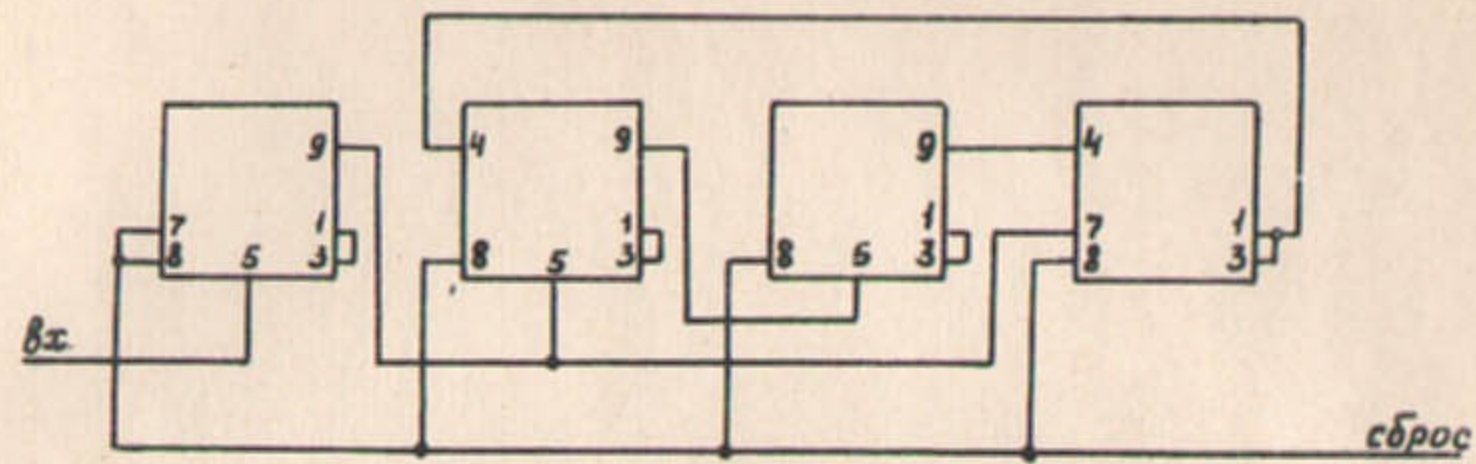
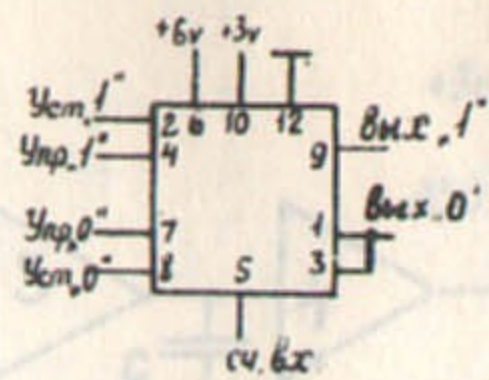


Рис. 21

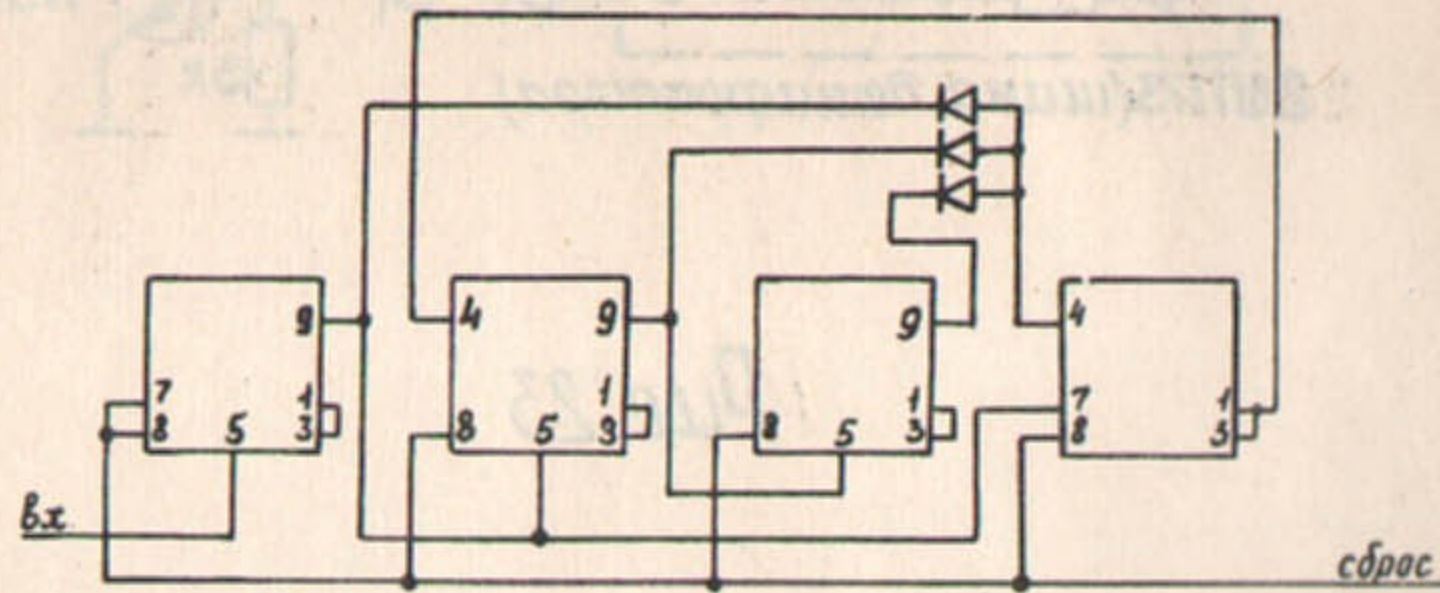


Рис. 22.

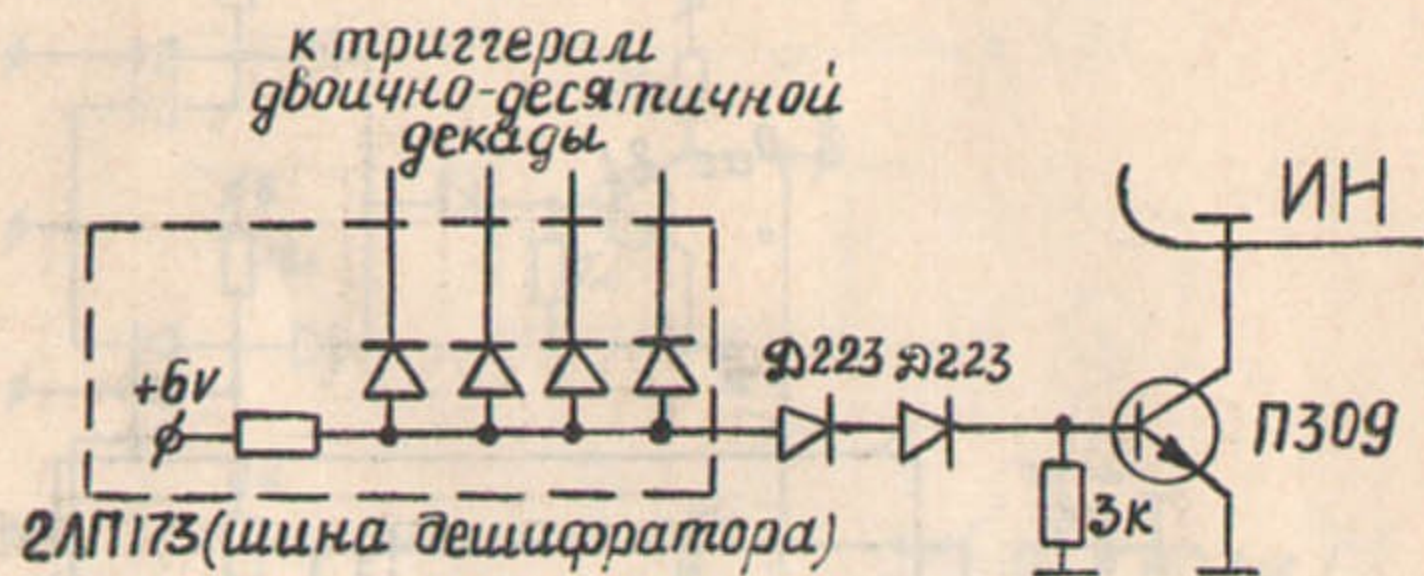


Рис. 23

Удостоверение на право пользования
в научно-исследовательском институте
«Электроника» Министерства
Оборонной промышленности СССР