

Ц. 848

А-613

4/1-65

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

2056



П.Амбро, В.Д.Июкин, В.Н.Капустина, Н.С.Мороз

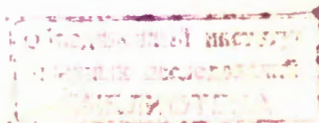
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ЦИФРОВАЯ ЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА  
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ  
СЕРЕДИНЫ ТРЕКОВ НА ФОТОГРАФИЯХ  
С ПУЗЫРЬКОВЫХ КАМЕР

1965

П.Амбро, В.Д.Ишкин, В.Н.Капустина, Н.С.Мороз

ЦИФРОВАЯ ЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА  
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ  
СЕРЕДИНЫ ТРЕКОВ НА ФОТОГРАФИЯХ  
С ПУЗЫРЬКОВЫХ КАМЕР



3228/2 нр.

### Общее описание устройства

Блок-схема автоматического устройства дана на рис. 1. Фотопленка закрепляется на подвижном измерительном столе, снабженном фиксирующим и фильмопротяжным механизмами. Кадр сканируется бегущим световым пучком в виде щели, получаемым при вращении барабана, на цилиндрической поверхности которого по винтовой линии с шагом 1 мм расположены 29 щелей под наклонами  $\pm 45^\circ$  относительно образующей. Движение стола и барабана осуществляется синхронно. За время одного оборота барабана стол перемещается на 1 мм в направлении  $Y$ , т.е. точно на величину шага винтовой линии, равную щели. Основные узлы оптического устройства показаны на рис. 2.

На пути светового пучка установлена разделительная призма. Один пучок, сканирующий кадр, проходит через фотопленку на фотоумножитель трекового сигнала. При совпадении световой щели с треком этот фотоумножитель вырабатывает трековый сигнал. Второй пучок через 20-микронную щель и амплитудную решетку проектируется на фотоумножитель сигнала решетки (ФЭУ "Y"). Сигнал решетки позволяет произвести отсчет по координате "Y".

Таким образом, одна из координат трека ("Y") может быть определена при пересечении трека световым пучком. Другая координата определяется при помощи оптико-электронного датчика (решетка "X"), установленного на измерительном столе. Информация от фотоумножителей и датчика поступает в цифровое устройство.

Для измерения на сканирующем автомате необходимо иметь маску измеряемого события. Для событий, отобранных при просмотре, определяются грубые координаты с точностью 100 - 200 мк (по 3 точки на каждом луче) для построения маски. Эти координаты и другая служебная информация (паспорт события) заносится на перфоленту. Перед измерением событий перфолента вводится в вычислительную машину. На основании этих данных машина рассчитывает маску события и в процессе сканирования передает ее вместе с другими командами в буферную память автомата, обеспечивая определение координат измеряемого события. Буферная память служит для двух целей: она хранит измеренные координаты треков, поступающие из логического цифрового устройства и координаты маски, переданные из вычислительной машины.

В дальнейшем координаты маски используются для управления работой цифровой логики, а координаты треков передаются в вычислительную машину. Передача координат измеряемых треков в вычислительную машину и передача из вычислительной машины координат маски производится после каждого оборота барабана в так

называемый "темный период". Счетная машина производит фильтрацию поступающей информации, приводя ее к виду, удобному для дальнейшей обработки, которая производится на другой, более быстродействующей вычислительной машине.

#### Исходные данные для цифровой логической схемы

Исходными данными при разработке цифровой логической схемы были следующие:

1. Кадр размером 100x100 мм измеряется в течение 10 сек при сканировании в одном направлении.
2. Амплитудная решетка имеет шаг 25 мк.
3. Ширина трека на пленке 15-250 мк, середина трека определяется с точностью  $\pm 3$  мк, трековый сигнал может быть асимметричен.
4. Минимальное расстояние между концом трекового сигнала и началом следующего, подлежащего измерению, должно быть меньше 5 мк.
5. Из-за неравномерности освещения камеры трековый сигнал с фотоумножителя может иметь низкочастотные компоненты с границей пропускания 10 кГц, в то время как скорость сканирования равна 30 мк/мксек при средней амплитуде трекового сигнала.
6. Из-за неравномерности ширины щели почти синусоидальный сигнал отсчета "Y" может иметь максимальные изменения амплитуды в 30%.
7. Компонента белого шума на выходах обих фотоумножителей не должна превышать средний трековый сигнал больше чем на 5%.
8. Частота сигнала отсчета "Y" может изменяться из-за механических и оптических причин на  $\pm 10\%$ . Максимальная скорость изменений  $\pm 3\%$  / мксек.

#### Описание цифровой логики

Блок-схема цифровой логики приведена на рис. 3.

Отличие настоящего устройства от ранее сделанных (1,2) состоит в разрешающей способности схемы. Такая разрешающая способность достигается благодаря применению двух идентичных измерительных каналов, которые для поступающей информации переключаются поочередно с помощью сигналов, сформированных дифференцированным трековым сигналом.

Высокая точность амплитудной решетки позволяет использовать электронный интерполятор, который разделяет один период решетки на 16 частей, что для данной системы соответствует  $\frac{25 \text{ мк}}{16} = 1,6$  мк. Для поддержания необходимой точности

используется схема автоматического управления частотой интерполяционного генератора в зависимости от изменения частоты и фазы сигнала решетки. Если трековый сигнал превышает минимально возможный амплитудный уровень, тогда через логическую схему импульсы интерполяционного генератора начинают заполнять интерполяционный счетчик. Пока имеется трековый сигнал, считается только каждый второй импульс, и таким образом будет получена информация о середине трека. После окончания сигнала трека считается каждый импульс до прихода первого сигнала решетки, относительно которого фиксируется середина трека. Принцип определения центра трека показан на рис. 4.

Рассмотрим более подробно работу схемы. Временные диаграммы, иллюстрирующие работу логики, приведены на рис. 5.

Триггер управления интерполяционным генератором (далее—триггер УИГ) запускается первой схемой совпадения, которая срабатывает, когда на вход ее одновременно поступают три сигнала: сигнал трека, сигнал маски и сигнал переключения каналов. Сигнал переключения каналов формируется триггером, срабатывающим после каждого трекового сигнала. Для запуска интерполяционного счетчика используются две схемы совпадений. Первая схема срабатывает от сигнала триггера УИГ, интерполяционного и трекового сигналов, запуская интерполяционный счетчик с дополнительным пересчетом на два. После окончания трекового сигнала срабатывает вторая схема, которая переключает интерполяционный счетчик на обычный пересчет до прихода первого сигнала решетки, не совпадающего с трековым. Этот сигнал решетки переключает триггер УИГ и через линию задержки, необходимую для установления переходных процессов в счетчике, поступает на схему совпадений, которая обеспечивает считывание информации с интерполяционного счетчика избранного канала в буферную память. Этот же сигнал решетки через вторую линию задержки сбрасывает интерполяционный счетчик на нуль. В интерполяционном счетчике производится анализ ширины трека. Если заполнение счетчика больше чем четыре разряда, то информация в буферную память не передается, а считается помехой. На основании показаний интерполяционного счетчика и счетчика решетки вычислительная машина определяет точные координаты " Y ".

#### Описание принципиальных схем

Усилитель трекового сигнала и формирующая схема (рис. 6). В исходных данных было отмечено, что трековый сигнал накладывается на низкочастотные компоненты. Спектр этих шумов перекрывает частично нужный спектр. Простая дифференцирующая схема и схема восстановления постоянной составляющей искажают длинные сигналы или пропускают нежелательные сигналы. Для того, чтобы устранить это, переключением  $T_{16}$  постоянная времени дифференцирующей цепи увеличивается в 1000 раз, когда проходит сигнал трека. Амплитудный порог устанавливается с

помощью P1. На выходе формирующей цепи стоит  $T_{14}$ ;  $T_5$  является усилителем мощности,  $T_{17}$  и  $T_{18}$  генерируют сигналы, служащие для переключения каналов.

Схема совпадений (рис. 7). В схеме совпадений времена нарастания и спада импульса больше чем 10 нсек в прямом и обратном каналах.

Триггеры и эмиттерные повторители (см. рис. 8,9). Все триггерные ячейки в логических схемах сделаны быстрыми и имеют граничную частоту больше 20 МГц (Л4). Триггерные ячейки во всех случаях связаны с эмиттерными повторителями, которые включают схемы "и" для считывания. Во время считывания каждая схема выдает импульс в зависимости от содержащейся информации с выхода "0" или "1". Счетчики с быстрым переносом (рис. 10) состоят из тех же блоков, но к ним добавляются схемы управления (рис. 11). Время переноса для 12 разрядов меньше 300 нсек. Так как частота решетчатого сигнала равна 1 МГц  $\pm$  10%, длительность сигнала считывания должна быть равна 0,5 мксек; такая длительность оказывается достаточной для деблокировки интерполяционного счетчика.

Точно такие же блоки были использованы в интерполяционном счетчике, но первая триггерная ячейка здесь более быстрая (25 МГц), и имеется схема, разделяющая вход "положение" с выходом "ширина".

#### Интерполяционный генератор и схема автоматического контроля частоты

Для интерполяционного генератора была выбрана схема мультивибратора на туннельном диоде, т.к. она проста по конструкции, имеет хорошие частотные возможности и формирует короткий импульс. Генератор запускает цифровую логику и счетчик с коэффициентом 16. Этот счетчик запускает счетчик "Y" решетчатого сигнала и фазовый детектор, корректирующий частоту генератора в соответствии с частотой решетчатого сигнала, имеющейся в данный момент. Для хорошей фазовой синхронизации в пределах широкой полосы частот применены токовые усилители в схеме смещения туннельного диода (см. рис. 12).

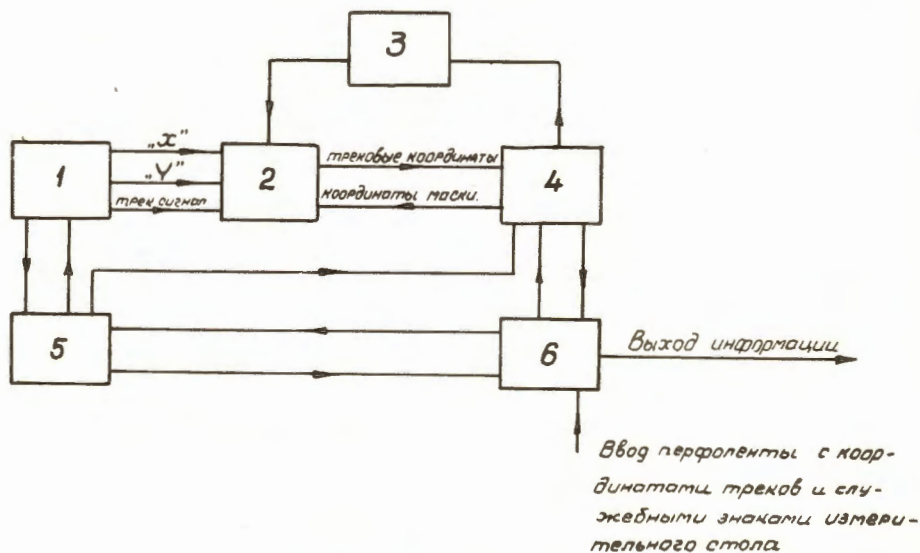
В заключение авторы считают необходимым отметить, что в данной работе принимал участие сотрудник ЦЕРНа Ф.Брианде. Авторы благодарны Ю.А.Каржавину за постоянное внимание к работе, Л.А.Урмановой за помощь в подготовке материала к печати и Чжан Пэ-чжу за участие в настройке пересчетных схем.

#### Л и т е р а т у р а

1. P.V.C.Hough and R.W.Powell. Nuovo Cimento, Serie X, Vol. 18, 1184-1191 p., August 1960.
2. E.Carita, M.Masetti and U.Zanotti. Centro Nazionale Analisi Fotogrammi. Report 549, 29-th July, Bologna, 1964.

3. I.M.Blair. Instruments and Methodes, Vol, 27, , 93-103 p., 1963.  
 4. Б.А. Зеленов, И.Ф. Колпаков, Н.С. Мороз. Декадный пересчетный прибор на транзисторах на 12 Мгц. Препринт ОИЯИ, Р-1310, Дубна, 1963.

Рукопись поступила в издательский отдел  
 9 марта 1965 г.



1. Механические и оптические части.
2. Цифровая логика для определения центра координат трекков
3. Генератор сигнала маски.
4. Буферная память
5. Контрольная логика
6. Вычислительная машина "Минск"

Рис. 1. Блок-схема автоматического устройства.

- 1 Ртутная лампа.
- 2 Вращающийся барабан.
- 3 Оптическая щель.
- 4 Разделительная призма.
- 5 20 $\mu$  щель.
- 6 Решетка „Y“
- 7 Фотоумножитель „Y“
- 8 Фильмопротяжный механизм
- 9 Фотоумножитель.
- 10 Датчик координат „X“.
- 11 Полупрозрачное зеркало.

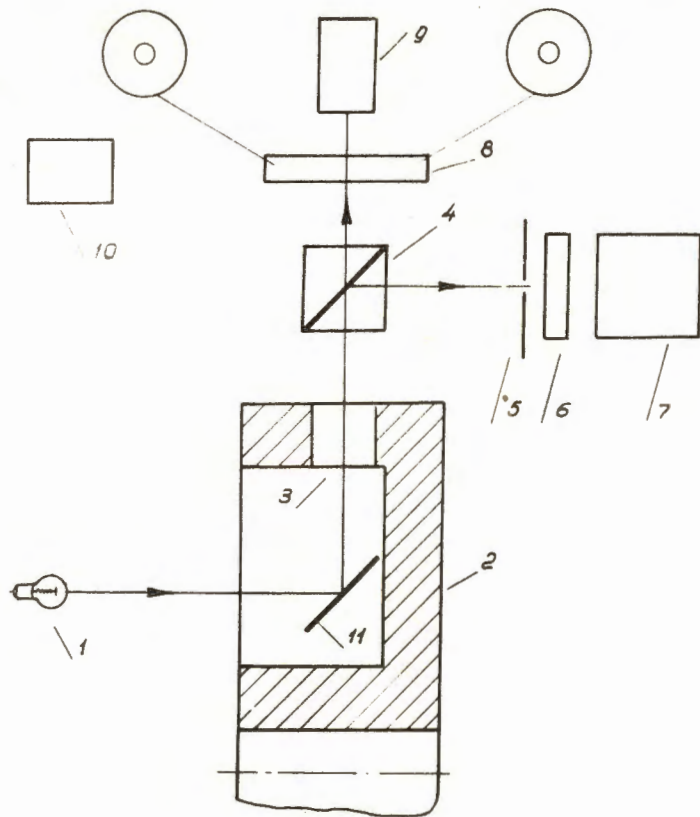


Рис. 2. Основные узлы оптического устройства.



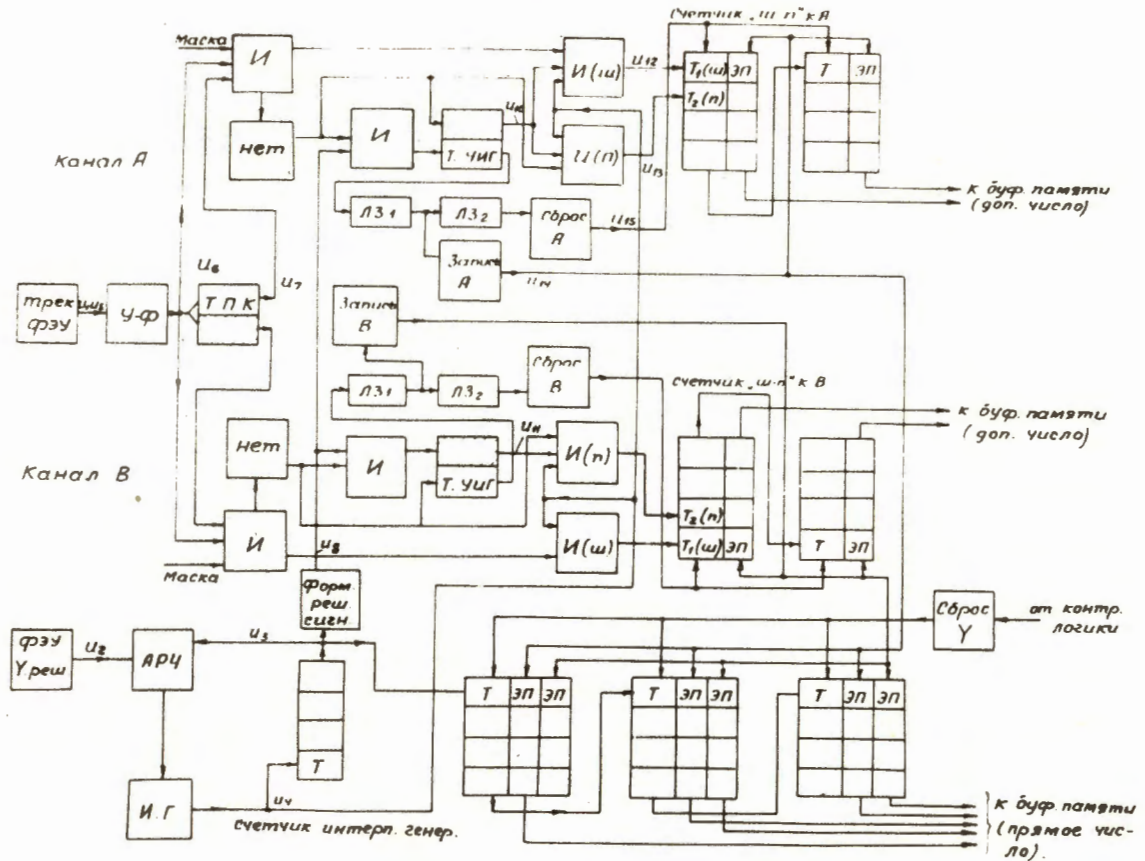


Рис. 3. Блок-схема цифровой логики.



- $Y_T$  - истинная координата центра трека.
- $Y'_T$  - координата центра трека, вводимая в буферную память
- $y_n$  - фиксируемый решетчатый сигнал
- $I$  - максимальная скорость интерполяционного счетчика (25)
- $Ш$  - число импульсов, поступающих на вход первого триггера счетчика "ширина - положение", соответств. ширине трека.
- $\frac{Ш}{2}$  - число импульсов на выходе первого триггера счетчика "ширина - положение".
- $П$  - число импульсов, соответствующих расстоянию от конца трека до начала фиксируемого решетчатого сигнала.

Рис. 4. Принцип определения центра трека.

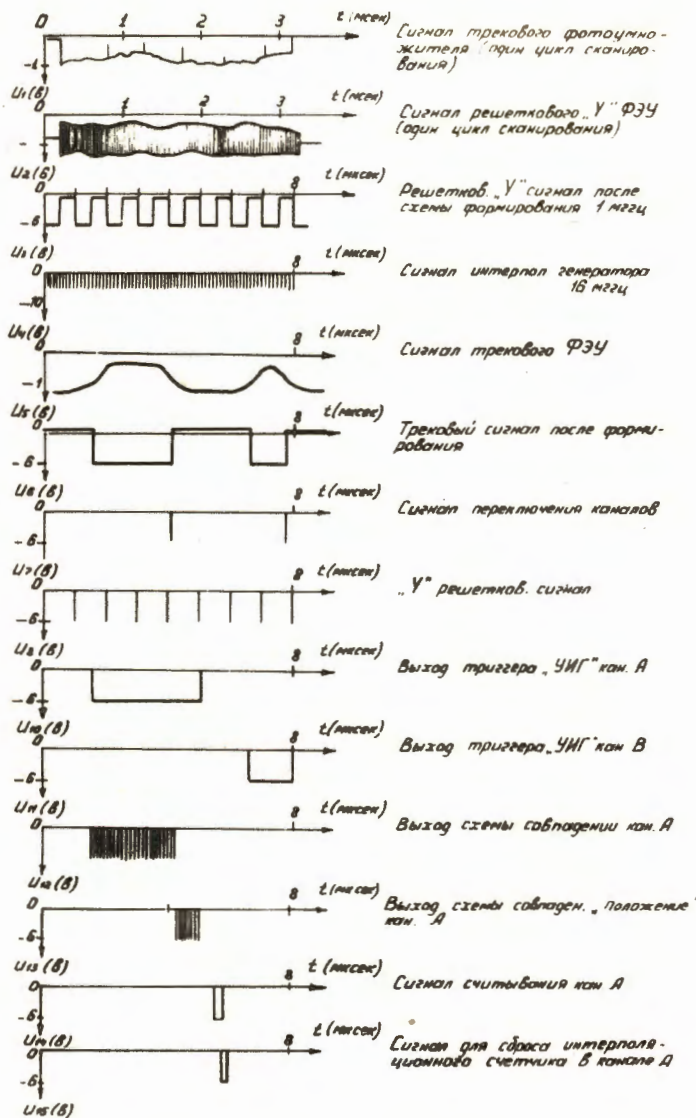


Рис. 5. Временные диаграммы, иллюстрирующие работу логики.

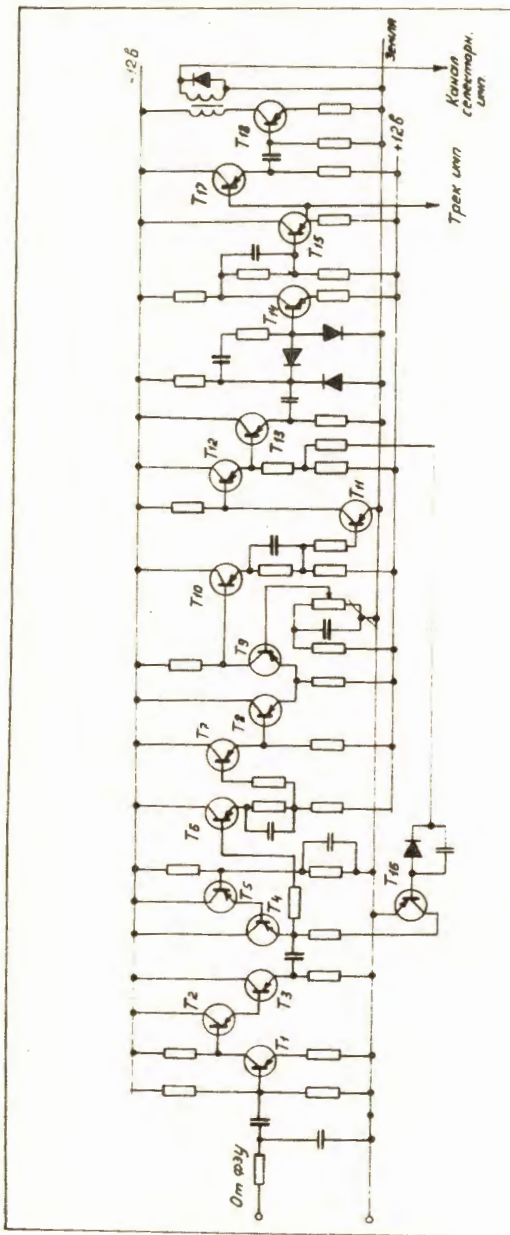


Рис. 6. Усилитель трекового сигнала и формирующая схема.

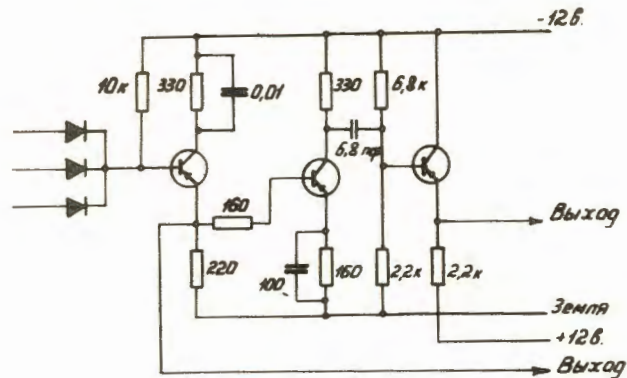


Рис. 7. Схема совпадений.

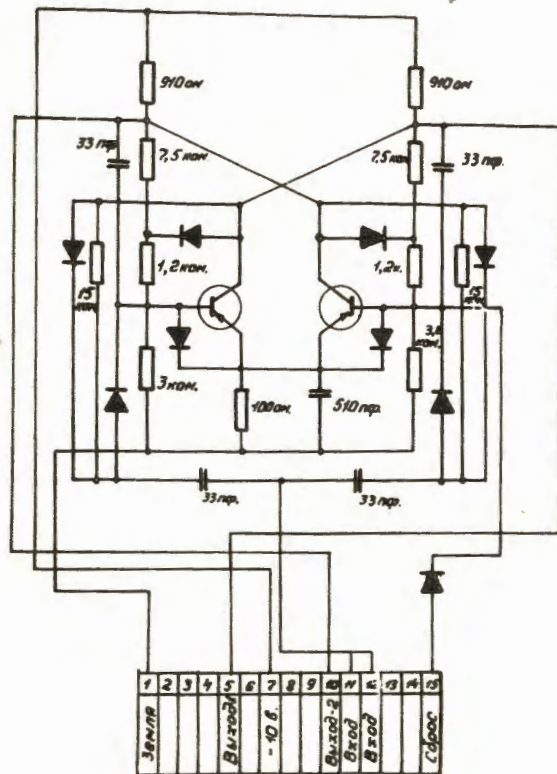


Рис. 8. Триггер.

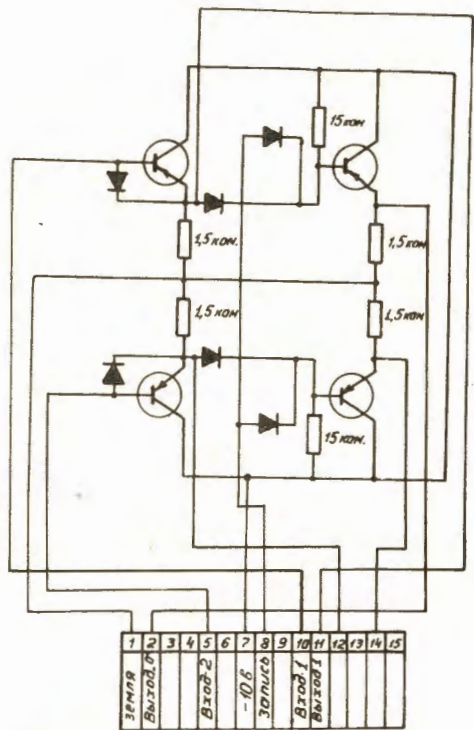


Рис. 9. Схемы "И" для считывания и эмиттерные повторители.

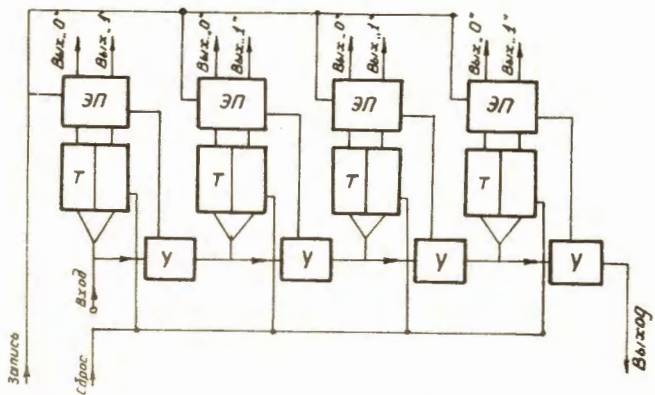


Рис. 10. Блок-схема счетчика с быстрым переключением.

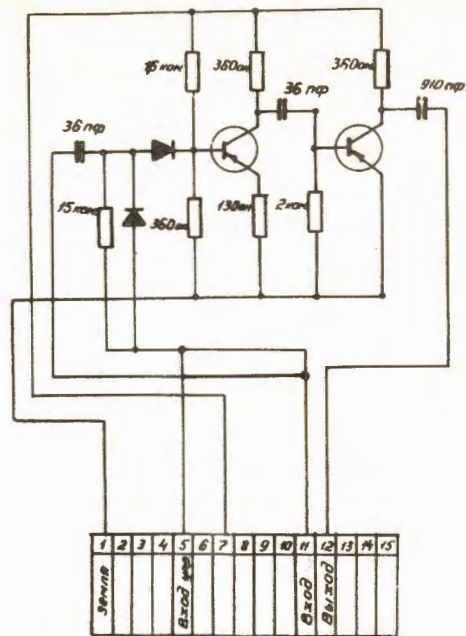


Рис. 11. Схема управления и усилитель.

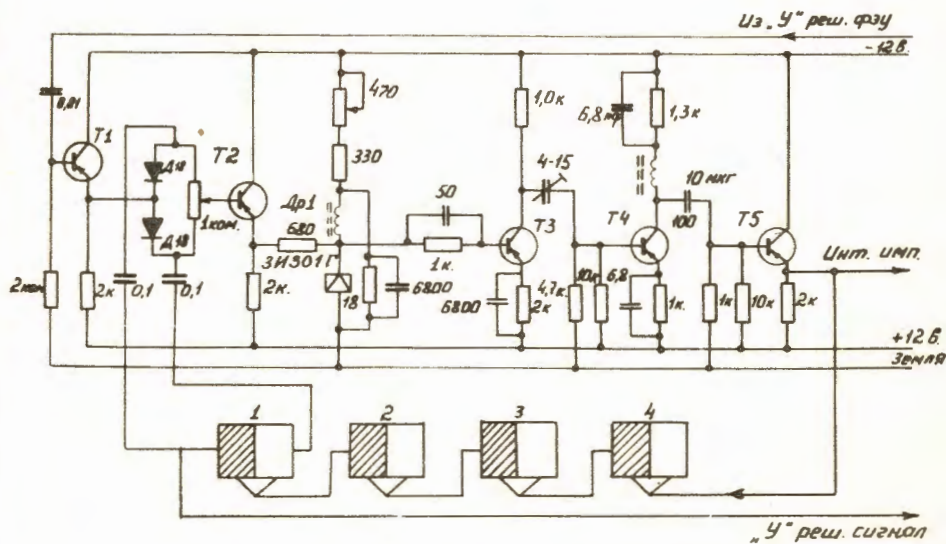


Рис. 12. Интерполяционный генератор и схема автоматического контроля частоты.