

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ СССР
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

И Ф В Э 85-155
ОНФ

А.А.Денисенко, И.В.Котов, А.А.Лебедев,
С.А.Медведь, Ю.В.Михайлов, А.В.Шукин

МОДУЛЬ ЗАДЕРЖКИ И РЕГИСТРАЦИИ
НАНОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ
НА БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИХ
ЗАПОМИНАЮЩИХ УСТРОЙСТВАХ

Серпухов 1985

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ СССР
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

И Ф В Э 85-155
ОНФ

А.А.Денисенко, И.В.Котов, А.А.Лебедев,
С.А.Медведь, Ю.В.Михайлов, А.В.Щукин

МОДУЛЬ ЗАДЕРЖКИ И РЕГИСТРАЦИИ
НАНОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ
НА БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИХ
ЗАПОМИНАЮЩИХ УСТРОЙСТВАХ

Направлено в ПТЭ

Серпухов 1985

Аннотация

Денисенко А.А., Котов И.В., Лебедев А.А. и др. Модуль задержки и регистрации наносекундных импульсов на быстродействующих запоминающих устройствах: Препринт ИФВЭ 85-155. - Серпухов, 1985. - 18 с., 6 рис., библиогр.: 7.

Приводится описание и рассматриваются основные параметры модуля задержки и регистрации наносекундных импульсов ДД-00 на основе 100-МГц микросхем запоминающих устройств с произвольной выборкой. Такие модули могут быть использованы для регистрации сигналов ФЭУ и для оцифровки информации с пропорциональных и дрейфовых детекторов.

Abstract

Denisenko A.A., Kotov I.V., Lebedev A.A. et al. RAM-Based Delay and Detection Modules for Nanosecond Pulses: IHEP Preprint 85-155. - Serpukhov, 1985. - p. 18, figs. 6, refs.: 7.

Main parameters of the MECL RAM-based delay and detection module DD-00 for nanosecond pulses is described and its main parameters are considered. Such modules can be used for PMS' signal detection and for digitization of the data from proportional and drift detectors.

"... это очарование, заключенное в самом процессе создания сложных, загадочных объектов, состоящих из взаимосвязанных подвижных частей, и наблюдения за тем, как они работают в запутанных циклах, сохраняя верность принципам, заложенным в них с самого начала"/1/.

Фредерик П. Брукс мл.

ВВЕДЕНИЕ

В комплексе меченых нейтрино для регистрации заряженных частиц предполагается использовать сцинтилляционные годоскопы размером $4 \times 4 \text{ м}^2$. Каждая сцинтилляционная плоскость состоит из 512 элементов, просматриваемых ФЭУ-84-3. Общее количество каналов $5 \cdot 10^3$. В экспериментах предполагается использовать вторичные пучки с интенсивностью 10^7 – 10^9 част./с. Для регистрации сигналов ФЭУ разработан модуль задержки и регистрации наносекундных импульсов ДД-00 на основе 100 МГц микросхем запоминающих устройств с произвольной выборкой (ЗУПВ).

В традиционной электронике сигнал ФЭУ через кабельную линию задержки поступает на дискриминатор с фиксированным порогом и затем по стробирующему сигналу запоминается в регистре. Кабельная задержка дорога, занимает большой объем, ухудшает характеристики сигнала. Поэтому в системах с большим количеством каналов между дискриминатором и регистром в качестве элемента задержки часто используется одновибратор^{/2/}. Но одновибратор вносит в канал регистрации "мертвое" время. В нашем случае при большом количестве каналов регистрации и необходимости работы на интенсивном пучке эти методы использовать невозможно.

В описываемом модуле сигналы ФЭУ поступают на входы микросхем ЗУПВ и записываются в ячейки, адреса которых переключаются каждые 10 нс. ЗУПВ (емкость 32 бита на один канал)

позволяют регистрировать по каждому каналу сигналы в интервале 320 нс с шагом 10 нс, а в общем случае – в интервале 32τ с шагом $\tau \geq 10$ нс. Всего в модуле ДД-00 содержится 32 канала регистрации.

Подробнее принцип работы модуля рассмотрен в разд. 1, принципиальная схема описана в разд. 2, конкретные схемные решения обсуждаются в разд. 3, результаты испытаний даны в разд. 4, в заключении обсуждаются возможные применения и кратко суммируются полученные результаты.

1. ПРИНЦИП РАБОТЫ

Упрощенная структурная схема модуля приведена на рис. 1. Рассмотрим два режима работы: запись информации и ее чтение. Режимы переключаются триггером Т по сигналам СТАРТ и СТОП. В режиме записи, включаемом в произвольный момент времени сигналом СТАРТ, на ЗУПЕ подается сигнал разрешения записи РЗ, и состояние на входе ЗУПВ записывается в ту ячейку, адрес которой подается на ЗУПВ через мультиплексор адреса МА от счетчика адреса СА. Счетчик СА считает импульсы 100 МГц генератора Г. Таким образом, переключение адреса ЗУПВ происходит каждые 10 нс, и при емкости ЗУПВ 32 ячейки можно иметь "историю" логических сигналов на входе ЗУПВ за 320 нс.

Описанная схема является, по сути дела, цифровым осциллографом. Похожие устройства используются в экспериментах на встречных пучках^{3,4/}. Там регистрируются оцифрованные аналоговые сигналы, а не логические, как в нашем случае. Но не в этом заключается главное отличие описываемой схемы. Поскольку мы точно знаем момент возможного появления исследуемого логического сигнала на входе ЗУПВ относительно сигнала СТОП, то нам не нужна вся "история" за 320 нс, предшествующих сигналу СТОП. Мы можем выбрать только одну единственную ячейку ЗУПВ, в которую была произведена запись за фиксированное и известное время до прихода импульса СТОП. Для этого в режиме чтения, включаемом сигналом СТОП, генератор Г останавливается, запись в ЗУПВ прекращается, а адрес на ЗУПВ подается через МА от сумматора Σ , складывающего показания остановленного счетчика СА с константой Δ , характеризующей время между исследуемым сигналом и сигналом СТОП. Содержимое выбранной ячейки ЗУПВ подается на шину данных Д. Таким образом, наша схема является не цифровым осциллографом, а цифровой задержкой. Впрочем, меняя величину Δ в режиме чтения, можно получить и всю 320-нс "историю".

Важное следствие – конечная частота переключения адресов в режиме записи – накладывает некоторые ограничения на длитель-

ность регистрируемых сигналов. Сигналы, имеющие длительность < 10 нс (меньшую, чем шаг временной развертки τ), регистрируются не всегда, а 100%-ная эффективность регистрации обеспечивается при длительности ≥ 20 нс (больше 2τ). Заметим, что типичный отклик используемого в сцинтилляционных годоскопах ФЭУ-84 на прохождение через сцинтиллятор минимально ионизирующей частицы имеет передний фронт 6-10 нс и задний фронт 20-30 нс. Усилитель-дискриминатор преобразует его в импульс с длительностью ~ 30 нс, что обеспечивает 100%-ную эффективность регистрации.

2. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА

Полностью принципиальная схема дана в приложении, и прежде всего, дорогой читатель, не надо искать на ней триггера, управляемого сигналами СТАРТ и СТОП, а также удивляться наличию целых кусков схемы, не рассмотренных в предыдущем разделе. Но начнем все по порядку. Парафазные ECL-сигналы от сцинтилляционных годоскопов (или то, во что они превратились после соединительного кабеля) через 64-контактный разъем типа DIN 41612 поступают на дифференциальные приемники с линии R1-R8 (микросхемы K500ЛП115/5/). Приемники восстанавливают уровни сигналов на выходе до величин, близких к идеальному значению. Далее каждый сигнал поступает на входы двух микросхем M1 и M2 (K500PY145*), образующих ЗУПВ с конфигурацией 16+16=32 бит на один канал. Поле адреса ЗУПВ - 5 бит. Младший бит адреса используется для выборки одной из микросхем M1 и M2, а старшие четыре бита являются адресом 16 ячеек, содержащихся в выбранной микросхеме. В режиме записи состояние младшего бита адреса определяется триггером адреса T₁. Старшие биты адреса подаются через мультиплексоры A1/M, A2/M (K500TM173) от счетчика адреса CNTR (K500IE136). В режиме чтения сигналы выборки микросхем подаются от контроллера через мультиплексор CS/M (K500TM173), а старшие биты адреса подаются через мультиплексоры от сумматоров PROM₁, PROM₂ (K500PE149), выполненных на ПЗУ, складывающих показания остановленных счетчика и триггера адреса с константой Δ , характеризующей время между исследуемым сигналом и сигналом СТОП.

Обратим внимание на два момента. Во-первых, для выработки сигнала СТОП могут быть использованы те же самые сигналы от годоскопов, которые записались в ЗУПВ. Для этого в модуле предусмотрено быстрое "ИЛИ" (схемы OR (K500ЛМ109)) по 1÷16 и 17÷32 каналам. Во-вторых, взаимные временные флуктуации импуль-

*Описание всех указываемых микросхем можно найти в^{5/}.

сов от детекторов и неконтролируемый разброс задержек в каналах регистрации приводят к тому, что момент возможного появления исследуемого сигнала мы знаем неточно, но возможность логического суммирования сигналов из соседних ячеек ЗУПВ при чтении позволяет это автоматически учесть. Так, например, основным режимом чтения при работе с годоскопами является чтение информации, записанной в 20-нс окне около предполагаемого момента регистрации сигналов.

Для организации чтения, кроме сигналов адресации к ЗУПВ CS и Δ, используются сигналы READ, A0, A1, управляющие выходными мультиплексорами MUX (K500КП174). Назначение этих сигналов: READ – персональный сигнал выборки данного модуля (аналог сигнала N в КАМАК); A0, A1 – сигналы, позволяющие мультиплексировать на шины D0–D15 магистрали быстрой передачи данных состояние 1–16 каналов (A0=0, A1=0), 17–32 каналов (A0=1, A1=0) или состояние триггера и счетчика адреса (A0=0, A1=1).

Модуль ДД-00 состоит из 61 микросхемы, размещенной на одной печатной плате. Размеры печатной платы 233,4x220 мм² (Европлата) выбраны в соответствии с рекомендацией ГОСТ 26.204-83. Модуль потребляет от источника –5В 3А и от источника –2В 1,5А.

3. СХЕМНЫЕ РЕШЕНИЯ

Рассмотрим здесь лишь несколько основных моментов: решение приемного каскада и где и какая требуется временная синхронизация.

Детекторы станции мечения и домики с электроникой разнесены на ~40 м, следовательно, необходимы достаточно длинные соединительные кабели. Поэтому была изучена возможность использования длинного телефонного кабеля ТСВ-41x2x0,5 для передачи парафазных ECL-сигналов. Форма сигнала после прохождения через 70-м кабель показана на рис. 2. Рассматривалось три варианта приемного каскада, к которым предъявлялись два основных требования. Во-первых, сигнал, имеющий длительность 20 нс на выходе передатчика, должен преобразовываться в импульс приблизительно такой же длительности на выходе приемника, и, во-вторых, на выходе приемника должно устанавливаться определенное состояние, когда связь приемника с детектором разорвана. Стандартный вариант для межблочных соединений фирмы Le Groy^{6/} успешно использовался при работе с коротким соединительным кабелем (рис. 3а). Однако сигналы, показанные на рис. 2, ниже порога срабатывания такой схемы. Был опробован и оказался работоспособным вариант рис. 3б, имеющий низкий порог срабатывания, но четыре сопротивления на один канал делают его малопривлекательным с точки зрения серийного производства. В итоге остановились на варианте,

в котором используются два источника опорного напряжения и минимальное число сопротивлений (рис. 3в).

Тщательной временной синхронизации требуют две группы сигналов: CS и A (адрес), обеспечивающие работу памяти в режиме записи, и сигналы STOP и Generator в момент переключения с записи на чтение. Правильная синхронизация сигналов CS и A, показанная на временной диаграмме рис. 4, обеспечивается подбором задержки в цепочке триггеров T_1, T_2 . Последовательность сигналов STOP и Generator в момент переключения с записи на чтение должна быть следующей: сначала останавливается генератор и лишь через ≥ 10 нс посылается сигнал STOP, иначе счетчик CNTR, установленный сигналом STOP в состояние, разрешающее его сброс, может быть сброшен тем импульсом генератора, который в момент прихода сигнала STOP находился где-то на пути $G \rightarrow T_1 \rightarrow CNTR$.

4. ТЕСТОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Основным результатом тестовых измерений явилось измерение эффективности модуля в зависимости от длительности регистрируемого импульса в режиме однократной выборки из памяти по фиксированному относительному адресу. Схема измерений приведена на рис. 5. Для имитации пока еще не существующего детектора использовался 32-канальный генератор парафазных ECL-импульсов регулируемой длительности. Информация из модуля ДД-00 передавалась через адаптер на магистраль СУММА. Адаптер также являлся источником управляющих сигналов и питания для ДД-00. Один шаг измерений выглядел следующим образом. По запускающему сигналу тестовым генератором генерировалась заданная комбинация импульсов. Этот же сигнал, пройдя через управляемую задержку, поступал на вход блока обслуживания прерываний, который вырабатывал прерывание для контроллера связи с ЭВМ и сигнал STOP на все время обслуживания этого прерывания. Программа, обслуживающая прерывание, читала информацию из ДД-00, задавала комбинацию импульсов, устанавливала величину управляемой задержки и, сбросив сигнал STOP, переходила в состояние ожидания нового прерывания. Интервал между сбросом сигнала STOP и следующим запускающим импульсом являлся псевдослучайной величиной. Эта "асинхронность" проверялась по распределению срабатываний ячеек памяти, которое было достаточно равномерным. Таким образом имитировался приход сигналов от детектора в произвольный момент времени.

Мы получили характеристику, аналогичную кривой "задержанных" совпадений для классической схемы регистрации. Измеренные зависимости эффективности от длительности импульса при различных значениях величины управляемой задержки приведены на рис. 6. Как и ожидалось, импульсы длительностью ≥ 20 нс регистрируются со 100%-ной эффективностью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработан модуль задержки и регистрации наносекундных импульсов ДД-00 на основе 100-МГц запоминающих устройств. На его базе создается система электроники на $5 \cdot 10^3$ каналов для регистрации сигналов со сцинтилляционных годоскопов станции измерения. В системе содержится 160 модулей ДД-00, размещаемых в 10 каркасах "Евромеханики". Несколько первых серийных образцов ДД-00 настроены и показали хорошую работоспособность.

Такие модули могут быть использованы не только для регистрации сигналов ФЭУ, но и для оцифровки сигналов с пропорциональных и дрейфовых детекторов [7]. Причем обеспечивается координатная точность ~ 1 мм.

В заключение авторы выражают благодарность С.П.Денисову за постоянное внимание и поддержку работы, Р.С.Шувалову и Р.Н.Краснокутскому за обсуждение и критические замечания.

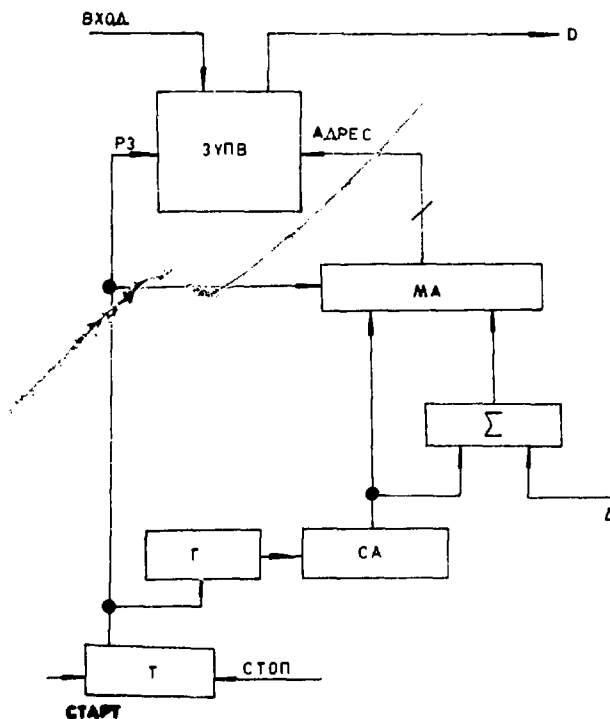


Рис. 1. Упрощенная структурная схема модуля задержки и регистрации наносекундных сигналов.

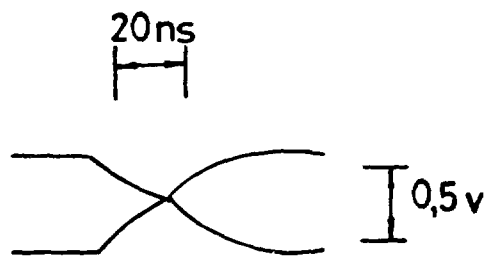


Рис. 2. Форма паразитных ECL-сигналов после прохождения через 70-м кабель.

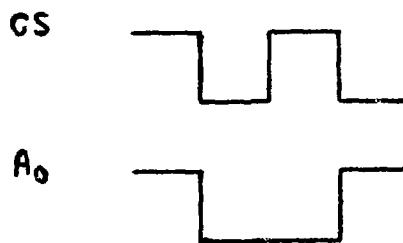


Рис. 4. Временная синхронизация сигналов CS и A.

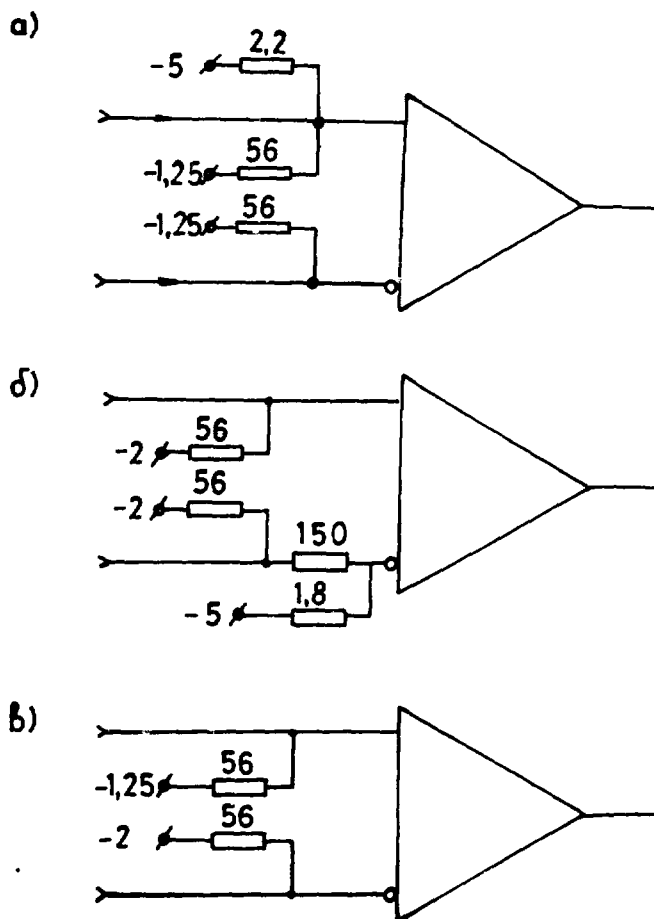


Рис. 3. Три варианта приемного каскада: а) - вариант фирмы Ie Groy/6/; б) - с низким порогом срабатывания; в) - с двумя источниками опорного напряжения.

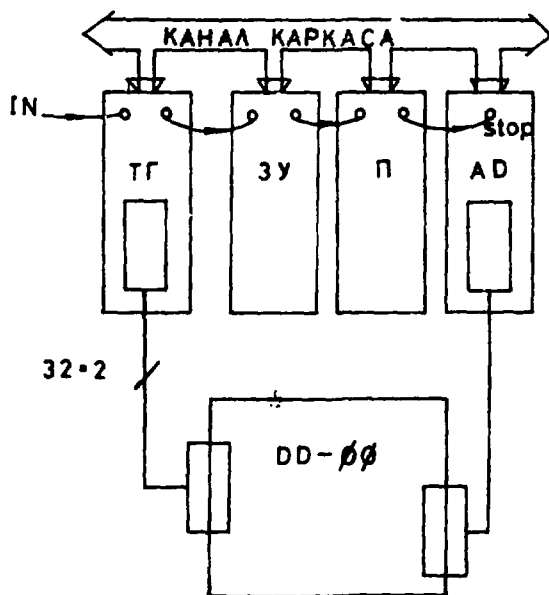


Рис. 5. Схема измерения эффективности модуля DD-00. ТГ - тестовый генератор; ЗУ - задержка управляемая; П - блок обслуживания прерываний; АД - адаптер.

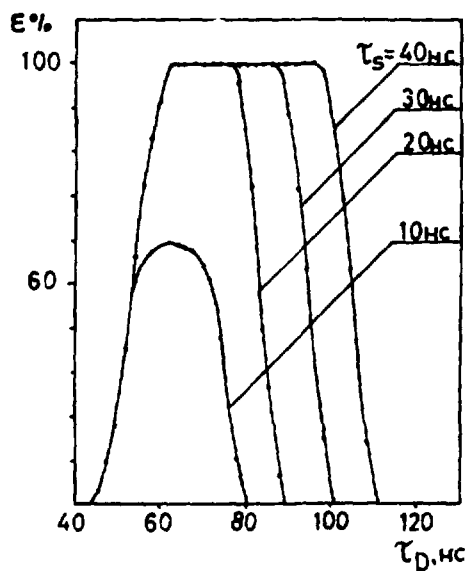


Рис. 6. Кривые задержанных совпадений при различных длительностях регистрируемых сигналов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брукс Ф.П. Как проектируются и создаются программные комплексы. - М.: Наука, 1979.
2. Батарин В.А., Буланов Н.П., Вишневский А.В. и др. - Препринт ОИЯИ 13-84-833, Дубна, 1984.
3. Galvetti M. et al. - IEEE Transactions on Nuclear Science, 1983, v. NS-30, N1, p.71.
4. Farr W., Heuer R. - D., Wagner A. - IEEE Transactions on Nuclear Science, 1983, v.NS-30, N1, p.95.
5. Интегральные схемы. Справочник. - М.: Радио и связь, 1984.
6. Le Groy ECLine Standard. CERN COURIER, 1982, v. 22, N1, p. 42.
7. Краснокутский Р.Н., Медведь С.А., Михайлов Ю.В. и др. Использование заднего фронта импульса дрейфовой трубки для улучшения временного разрешения. - Препринт ИФВЭ 85-157, Серпухов, 1985.

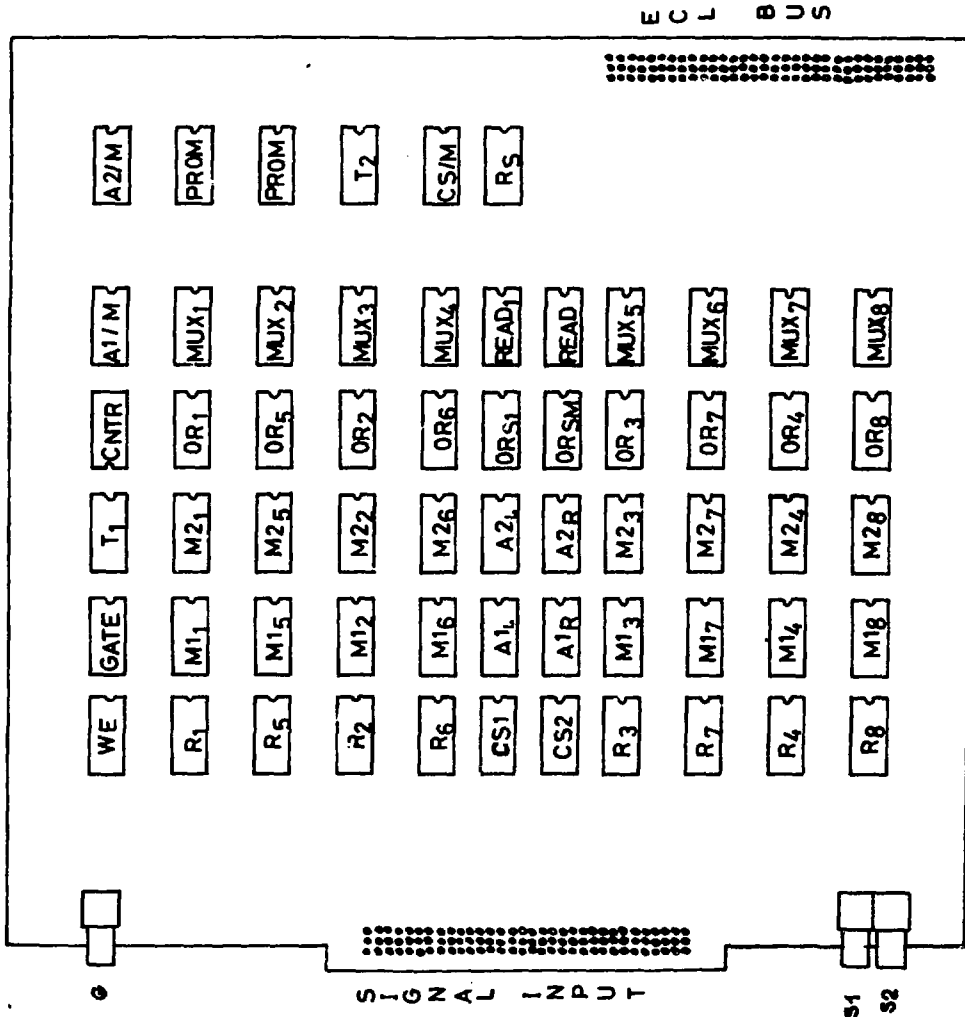
Рукопись поступила 20 июня 1985 года.

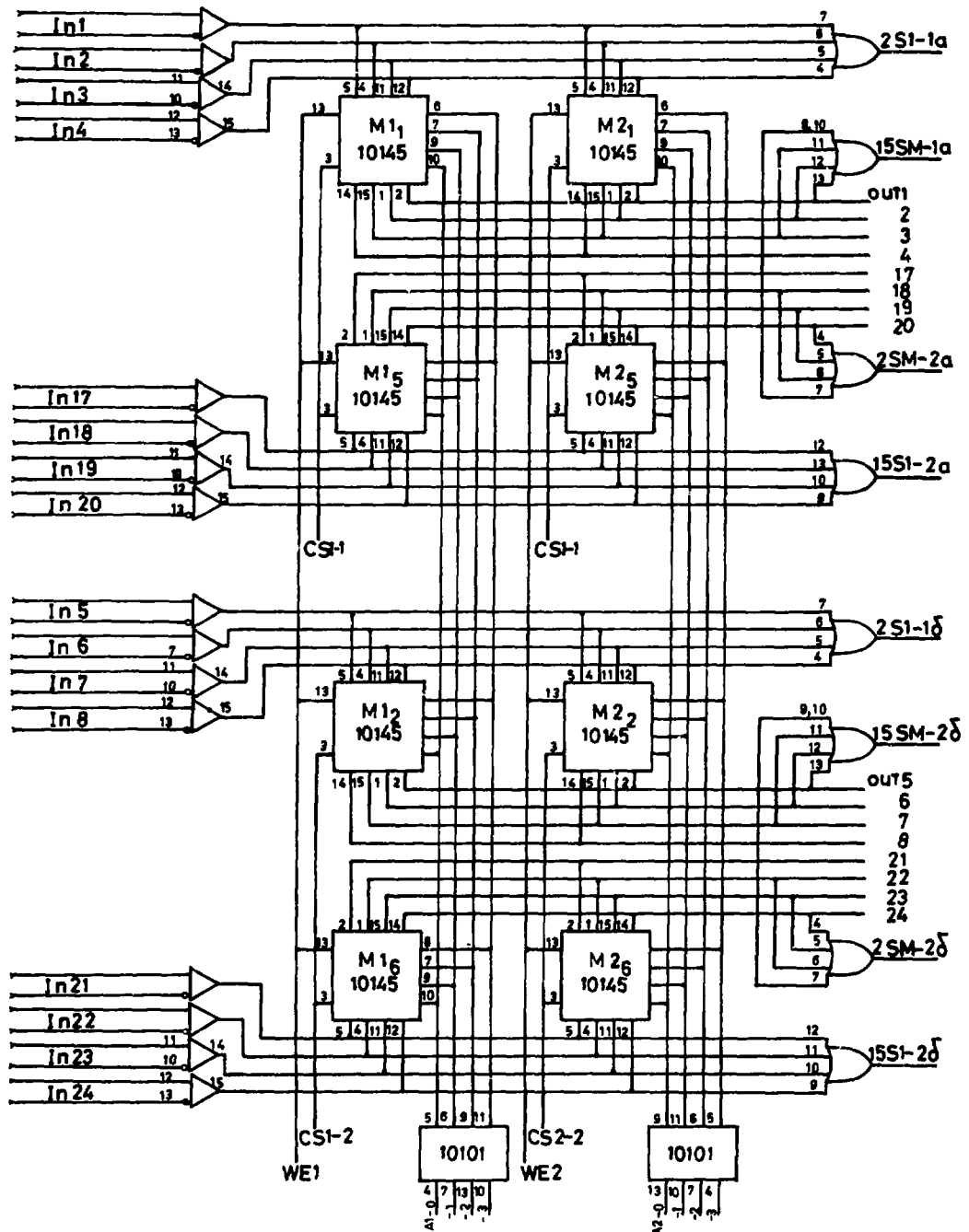
Приложение

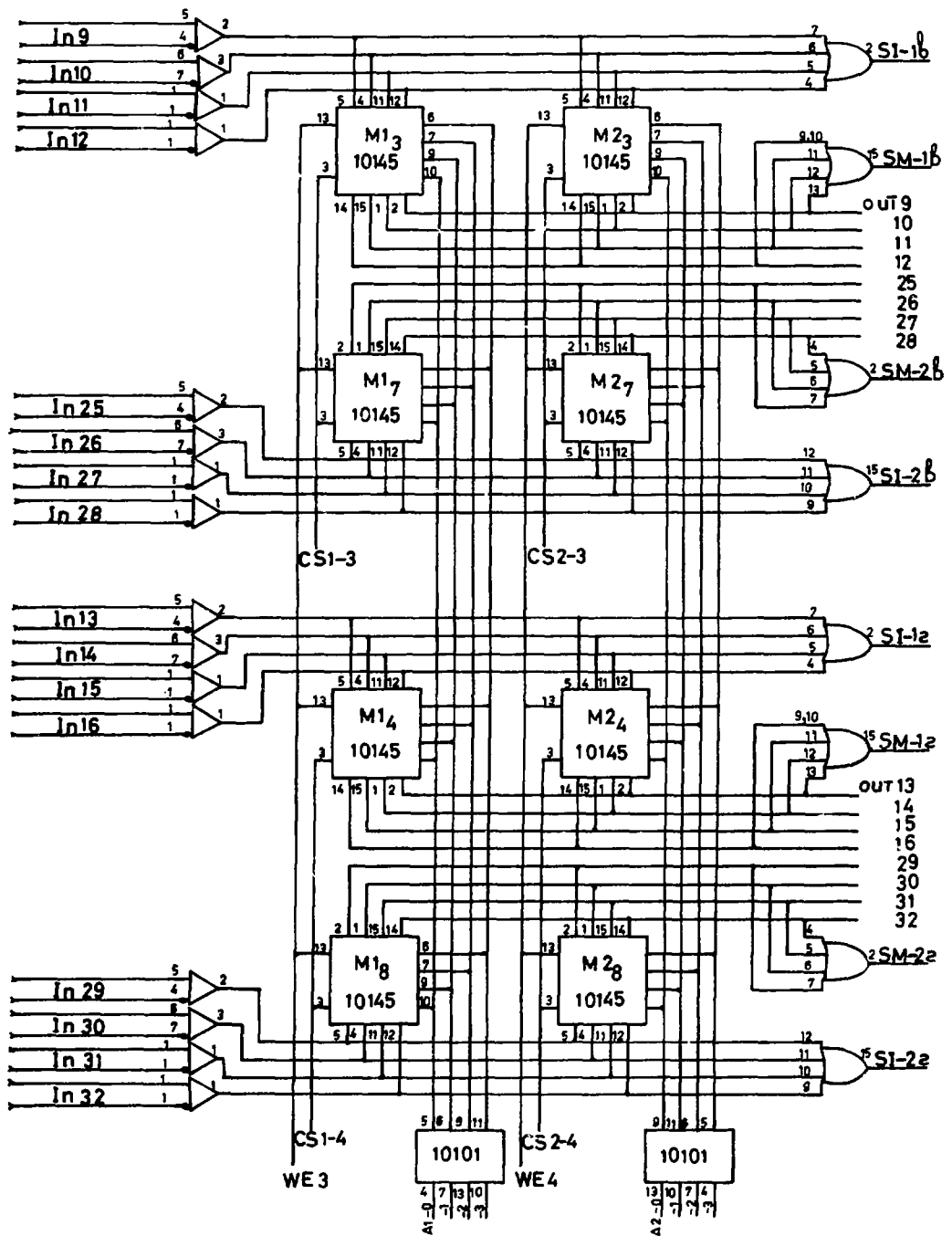
$R_1 \div R_3, R_8$	-	ИО 115 К500П115	- 9 шт.
M_1, M_2	-	ИО 145 К500Р7145	- 16 шт.
OR	-	ИО 109 К500Л109	- 10 шт.
MUX	-	ИО 174 К500Л174	- 8 шт.
$WE, CS, A_1, A_2, READ$	-	ИО 101 К500Л101	- 9 шт.
$A_1/M, A_2/M$	-	ИО 173 К500Л173	- 3 шт.
CS/M	-	ИО 231 К500ТМ231	- 2 шт.
T	-	ИО 149 К500РЕ149	- 2 шт.
PROM	-	ИО 136 К500 К136	- 1 шт.
CNTR	-	ИО 102 К500Л102	- 1 шт.
GATE	-		

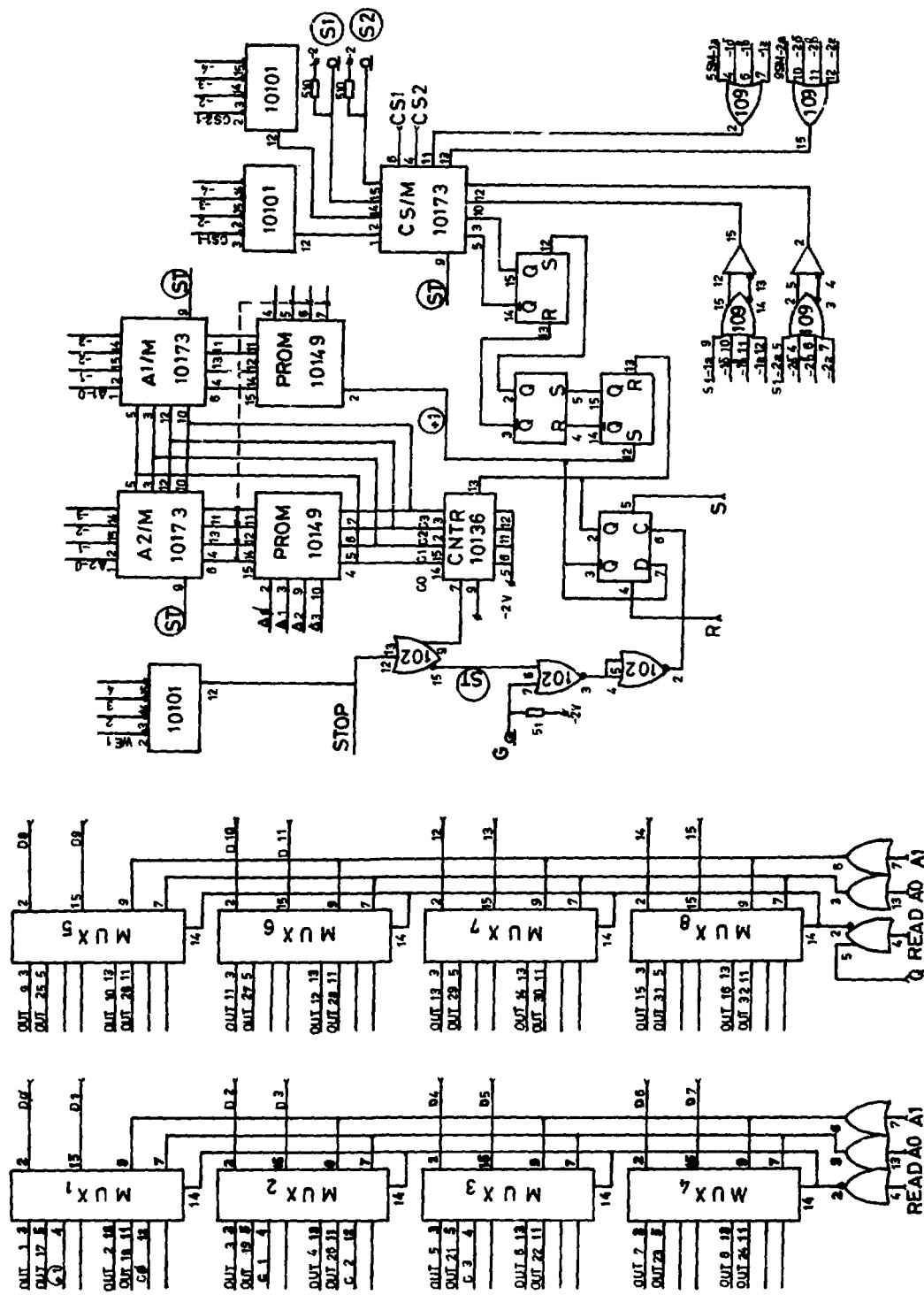
4 x 56 Ом + 2	- 16 шт.
4 x 56 Ом + 1	- 2 шт.
4 x 120 Ом + 1	- 32 шт.
5 x 120 Ом + 1	- 3 шт.
7 x 120 Ом + 1	- 6 шт.

ИЕМО	ПАЗЪЕМН:
ЧИИ59-96	- 3 шт.
(ЧИИ59-64)	- 2 шт.

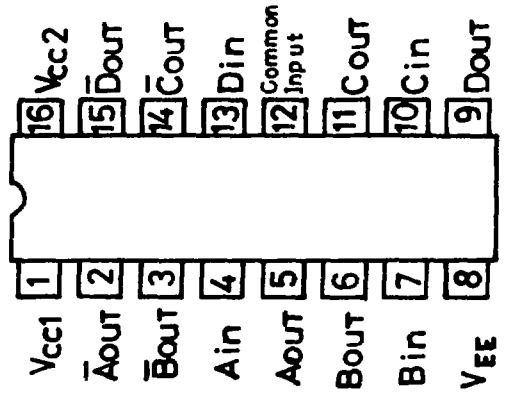
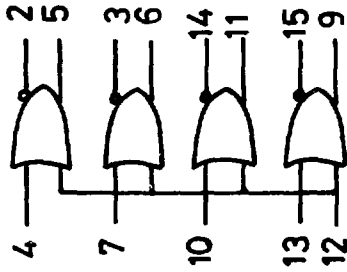




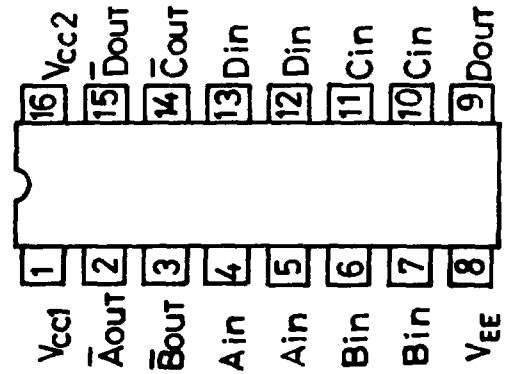
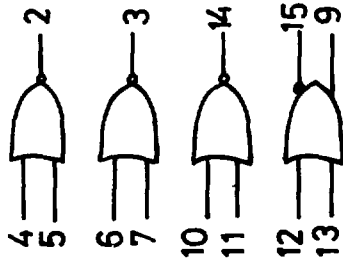




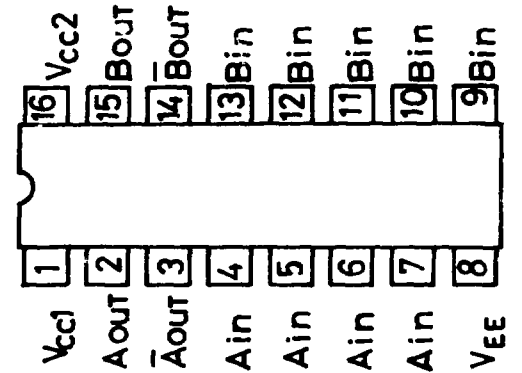
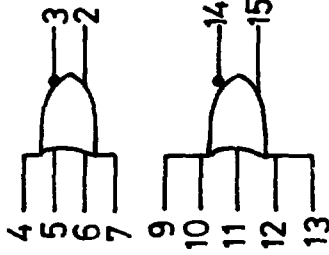
10101



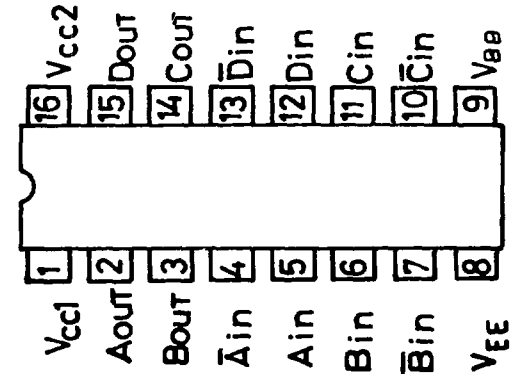
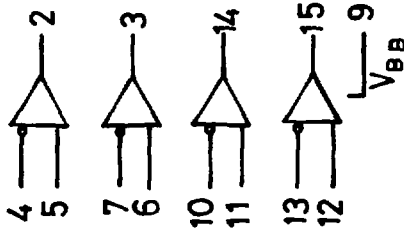
10102

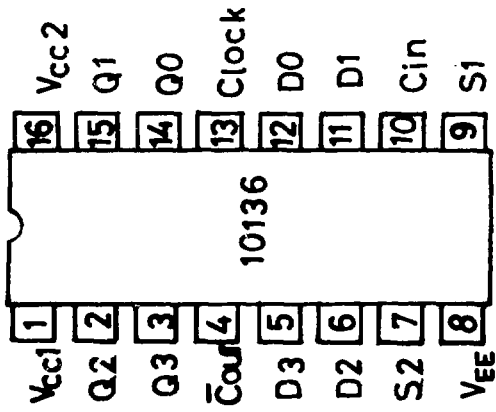
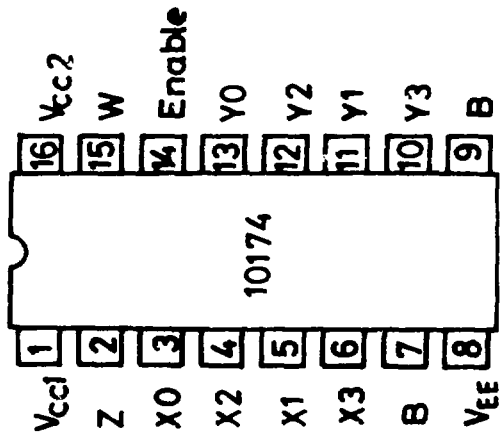
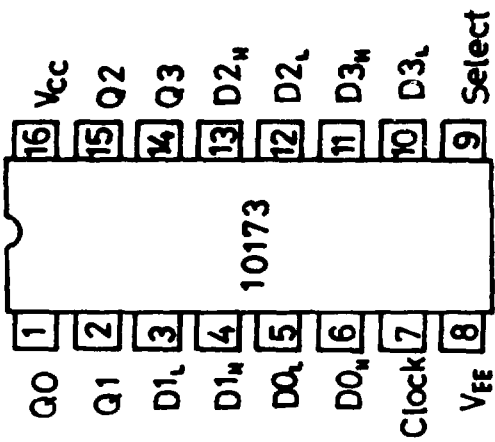


10109



10115



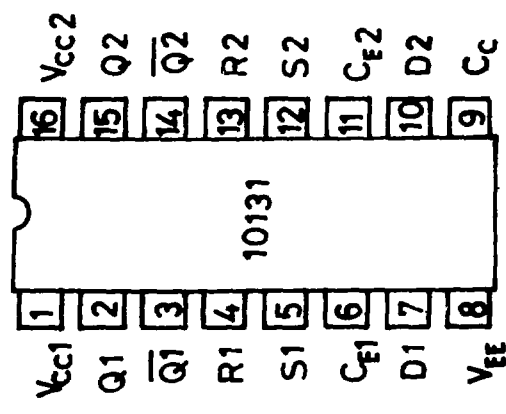
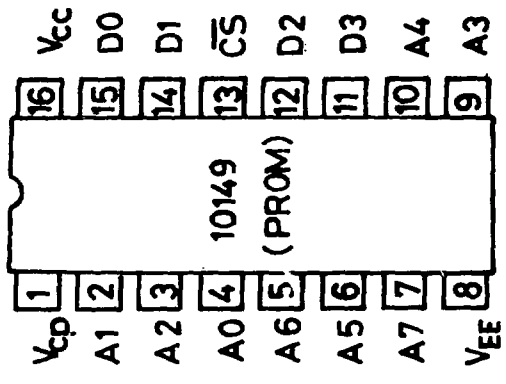
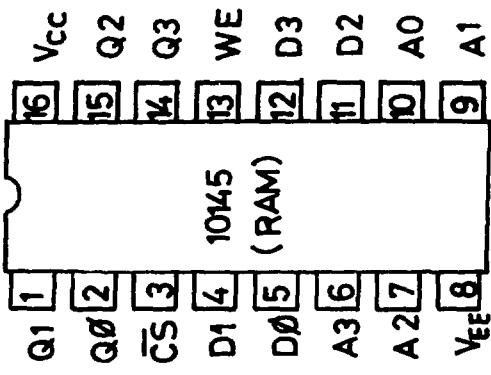


B - Address Inputs

X, Y - Data Inputs

Z, W - Data Outputs

S1	S2	Operating Mode
L	L	Preset (Program)
L	H	Count Up
H	L	Count Down
H	H	Hold (Stop Count)



PIN NOTATION

- CS - Chip Select Input
- A \emptyset ÷ A3 - Address Inputs
- D \emptyset ÷ D3 - Data Inputs
- Q \emptyset ÷ Q3 - Data Outputs
- WE - Write Enable Input

- \overline{CS} - Chip Select Input
- A \emptyset ÷ A7 - Address Inputs
- D \emptyset ÷ D3 - Data Outputs

- D - Data Input
- Q(\overline{Q}) - Data Output
- S - Asynchronous Set Input
- R - Reset Input
- C - Clock Input

А.А.Денисенко и др.

Модуль задержки и регистрации наносекундных импульсов на быстродействующих запоминающих устройствах.

Редактор В.В.Герштейн. Технический редактор Л.П.Тимкина.
Корректор Т.Д.Галкина.

Подписано к печати 15.07.1985 г. Т-12352. Формат 80х90/16.
Офсетная печать. Печ.л. 1,12. Уч.-изд.л. 1,26. Тираж 250.
Заказ 1076. Индекс 3824. Цена 18 коп.

Институт физики высоких энергий, 142284, Серпухов Московской обл.

Цена 18 коп.

Индекс 3624.

ПРЕПРИНТ 85-155, ИФВЭ, 1985.
