

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт им. С.П.Королева

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
ПО КУРСУ
"ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА"

Часть II

Под общей редакцией доцента Ю.Н.Малиева

Рассмотрен и утвержден
редакционным советом института
20 июня 1971 года

Лабораторный практикум по вычислительной технике (часть II) включает описания десяти лабораторных работ по курсам "Вычислительная техника в инженерных и экономических расчетах" и "Электронно-вычислительные устройства".

Лабораторный практикум знакомит с элементами вычислительных устройств, структурными моделями непрерывного действия, моделями – аналогами и электронными цифровыми вычислительными машинами. В описании каждой работы дается краткая теоретическая часть, основные сведения об аппаратуре и оборудовании и методические указания к выполнению работы.

Составители: Е.С.Агафонов, В.М.Горчаков, В.А.Колдоркина, Ю.Н.Малиев, А.П.Федорин

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
ПО КУРСУ "ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА"

Часть 2

Редактор Н.А.Сидоренко
Техн.редактор Н.М.Каленчук
Корректор Е.П.Михайлова

Подписано в печать 14/III-1973 г. Объем 7,5 п.л. Формат 60x84
Тираж 1200 экз. Цена 37 коп.

Куйбышевский авиационный институт им. С.П.Королева, г.Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.

Областная типография им. Мяги. Куйбышев, ул.Венцека, 60.
Заказ № 2602.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИЗУЧЕНИЕ АНАЛОГОВОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ МН-10М

Цель работы - изучение полупроводниковой моделирующей установки МН-10М, работы её отдельных решающих элементов; воспроизведение некоторых математических зависимостей.

1. НАЗНАЧЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Электромодель МН-10М (модель нелинейная) предназначена для решения задач, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями с постоянными коэффициентами

$$\frac{d^n x}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} x}{dt^{n-1}} + \dots + a_1 \frac{dx}{dt} + a_0 x = \beta f(t), \quad (1)$$

где α и β - постоянные коэффициенты;

$f(t)$ - внешнее возмущающее воздействие;

n - порядок уравнения.

Эта установка позволяет также исследовать реальные динамические системы путем их искусственного воспроизведения с помощью структуры электрических элементов (блоков) и визуального наблюдения посредством соответствующей измерительной и индикационной аппаратуры. Иначе говоря, установка позволяет наблюдать и исследовать различные непрерывные физические процессы методом математического моделирования.

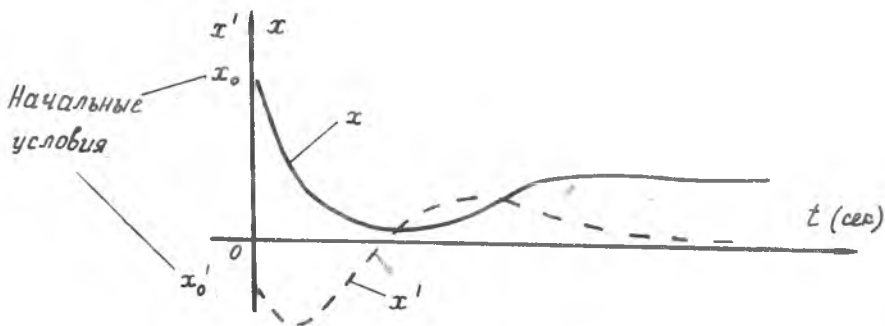


Рис. I.

Для решения задач подобного рода отдельные решающие элементы соединяют гибкими шнурами в соответствии со структурной схемой исходного уравнения, выставляют значения коэффициентов, вводят начальные условия и внешние возмущения, а затем приступают собственно к процессу решения.

Наличие в составе модели специальных функциональных и логического блоков позволяет также решать задачи нелинейного типа.

КОМПЛЕКТНОСТЬ МОДЕЛИ МН-10М

В состав модели МН-10М входят следующие элементы:

блок интегрирования и суммирования БИС-1	10 шт.
блок перемножения БП-17	1 шт.
блок нелинейный универсальный БНУ - 3	1 шт.
блок операционного реле БОР-1	1 шт.
блок питания ЭСВ-4	1 шт.

Комплект операционных блоков модели позволяет осуществлять:

до десяти операций интегрирования с одновременным суммированием;

до двадцати четырех операций инвертирования или суммирования;

задание на делителях напряжения до шестидесяти постоянных коэффициентов;

воспроизведение однозначных непрерывных нелинейных функций от одной переменной с одновременным суммированием нескольких переменных;

операцию перемножения или деления с одновременным суммированием нескольких переменных;

воспроизведение до шести типовых нелинейных зависимостей

(ограничение, зона нечувствительности, лифт, сухое трение и т.д.)

до четырех операций условного перехода.

КОНСТРУКЦИЯ МОДЕЛИ МН-10М

Модель представляет собой настольную конструкцию.

Решающие элементы БИС-1, БНП-3 и БП-17 размещены с лицевой стороны модели, в её средней части, в два ряда по шесть блоков в каждом. Лицевые панели этих блоков, на которых размещены гнезда входов и выходов усилителей и входных сопротивлений, составляют своеобразное коммутационное поле. Блоки пронумерованы слева направо в каждом ряду. Первый блок в верхнем ряду имеет № 1, первый блок слева во втором ряду № 7.

Над решающими блоками находится небольшое наборное поле с гнёздами общего назначения. В средней части его находятся гнезда блока операционного реле и шести типовых нелинейностей. Слева от них расположены гнезда для подключения внешней аппаратуры, гнезда разветвительной гребёнки, компенсационного напряжения \mathcal{X}_c , напряжений $+\mathcal{X}_1$, $+\mathcal{X}_2$, $-\mathcal{X}_2$ и другие. Справа находятся гнезда $\pm 27в$, $\pm 50в$, гнездо УПТ, гнезда напряжений \mathcal{X}_2 , $+\mathcal{X}_1$, $+\mathcal{X}_2$, $-\mathcal{X}_2$ и другие.

Ниже решающих блоков расположена панель управления моделью, на которой установлены вольтметр с переключателем шкал, счётчик импульсов, имеющий три шкалы, клавиши управления, потенциометры для установки напряжений \mathcal{X}_c , \mathcal{X}_1 и \mathcal{X}_2 , потенциометры, выведенные под шлицы для установки нулей усилителей, лампочки, сигнализирующие о перегрузках усилителей (при выходном напряжении усилителя более 25 в) и другие.

Предупреждение! Ручки потенциометров \mathcal{X}_c , \mathcal{X}_1 , и \mathcal{X}_2 не вращать - потенциометры настроены!

II. РЕШАЮЩИЕ БЛОКИ МОДЕЛИ

Блок интегрирования и суммирования БИС-1. Лицевая панель блока показана на Рис. 2.

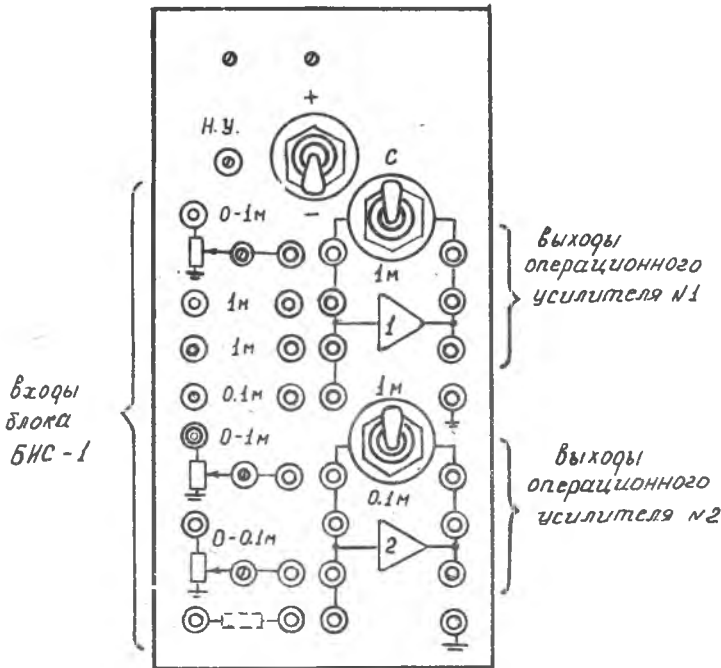


Рис. 2.

Блок служит для выполнения операций интегрирования, суммирования и инвертирования и одновременно позволяет выполнить любые две из указанных операций. Он построен на базе усилителя постоянного тока с большим коэффициентом усиления и глубокой отрицательной обратной связи (операционного усилителя), показанного на рис. 3.

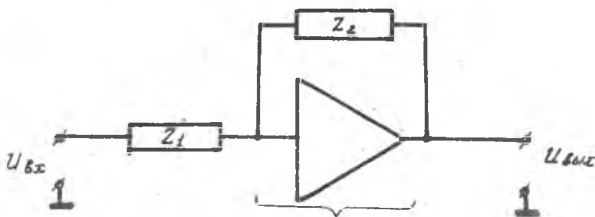


Рис. 3.

Усилитель постоянного тока

Z_1 - полное входное сопротивление;

Z_2 - полное сопротивление обратной связи.

В одном блоке БИС-1 имеются операционные усилители №1 и №2. В цепи обратной связи первого усилителя тумблером или переключением вилкой (в зависимости от конструкции модели) может быть установлено сопротивление 1 мом или емкость $C = 1$ мкф. В цепи обратной связи второго усилителя тумблером можно подключить сопротивление 1 мом либо сопротивление 0,1 мом. Каждый из усилителей имеет три продублированных выходов и четыре входа. В качестве входных сопротивлений используются сопротивления 1 м; 0,1 м, позволяющие задавать коэффициенты передачи 0,1; 1; 10. Установка коэффициентов передачи, отличных от этих, производится с помощью делителей напряжения, которые позволяют изменять коэффициенты передачи от 0 до 1 (входное сопротивление 0 - 1 м) и от $0 \div 10$ (входное сопротивление 0 - 0,1 м), если в цепи обратной связи включены ёмкость $C = 1$ мкф или сопротивление 1 мом.

В блоке предусмотрены гнезда для подключения одного входного сопротивления любого необходимого номинала. Входные сопротивления подключаются к входным гнездам усилителей. Их количество и номиналы определяются блок-схемой решаемой задачи.

Входные сопротивления одного блока могут быть подключены к усилителям любого блока модели. Для подключения сопротивления ко входу усилителя необходимо соединить коммутационным шнуром гнездо сопротивления с любым входным гнездом усилителя.

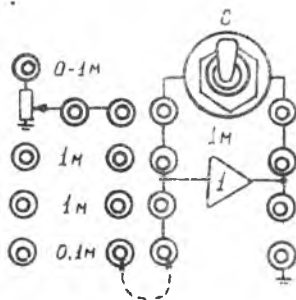


Рис. 4.

На рис.4 показано (пунктиром) соединение входного сопротивления 0,1 м со входом усилителя. На лицевой панели блока БИС-1 установлен тумблер и потенциометр задания начальных условий в режиме интегрирования. Различные комбинации сопротивлений Z_1 и Z_2

(см. рис.3) позволяют выполнять посредством блока БИС-I ряд операций.

Используя уравнение решающего усилителя в операторной форме

$$\bar{U}_{\text{вых}} = - \frac{Z_2(P)}{Z_1(P)} \bar{U}_{\text{вх}},$$

где $\frac{Z_2(P)}{Z_1(P)} = K$ - коэффициент передачи усилителя,

можно получить следующие операции:

Инвертирование (изменение знака), Если $Z_1(P) = Z_2(P) = R$, тогда $K = 1$ и $\bar{U}_{\text{вых}} = - \bar{U}_{\text{вх}}$, т.е. получим изменение знака входного напряжения на противоположный. Для этого нужно, например, чтобы $Z_1 = 1 \text{ мсм}$ и $Z_2 = 1 \text{ мсм}$.

Схематическое изображение блока



Интегрирование. Если взять $Z_1(P) = R$, а в цепь обратной связи включить конденсатор, т.е. $Z_2 = \frac{1}{cP}$, где $\frac{1}{P}$ - оператор интегрирования, тогда:

$$\bar{U}_{\text{вых}} = - \frac{1}{cR P} \bar{U}_{\text{вх}}$$

или

$$U_{\text{вых}} = \frac{1}{RC} \int_0^t U_{\text{вх}} \cdot dt + U_0,$$

где U_0 - начальное условие.

В этом случае, например, нужно, чтобы $Z_1 = 1 \text{ мсм}$ и $Z_2 = 1 \text{ мкф}$.

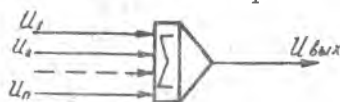
Схематическое изображение блока



Суммирование. Если подсоединить ряд сопротивлений на входе $Z_1(P) = R_1, R_2, R_3$, а в цепи обратной связи $Z_2(P) = R$, тогда выходное напряжение блока будет равно сумме входных напряжений, умноженных на отношение $\frac{R}{R_i}$:

$$U_{\text{всх}} = - \sum_{i=1}^n \frac{R}{R_i} U_{\text{вх}i}$$

Схематическое изображение блока



Суммирование нескольких величин с одновременным интегрированием. Для выполнения этой операции необходимо ко входу усилителя подсоединить $Z_1 = R_1; R_2; R_3$, а в цепь обратной связи ввести конденсатор, т.е. $C = 1$ мкф, тогда

$$U_{\text{Вых}} = -\frac{1}{C} \int_0^t \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i} U_{\text{Вх}i} dt + U_0$$

Схематическое изображение блока



Блоки БП-17, БНП-3 и БОР-1 в данной работе не используются и поэтому сведения о них приведены в приложении к настоящей инструкции.

III. ПАНЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ

С панели управления моделью МН-10М осуществляются: регулировка и контроль нулевых уровней напряжений усилителей решающих элементов;

управление, контроль и наблюдение за работой модели и ходом решения задачи;

снятие результатов моделирования.

В верхней части панели расположены 12 x 2 потенциометров для установки нулей усилителей постоянного тока и лампочки, сигнализирующие о превышении напряжения на выходах усилителей уровня 25 вольт. В левой части панели имеется переключатель на 12 положений "Выбор ячейки" и тумблер "Выбор усилителя", служащие для подключения выхода усилителей соответствующей ячейки к стрелочному прибору (вольтметру). Под вольтметром находится клавиатура, служащая для изменения диапазона измерения вольтметра. Например, при нажатой клавише "25" шкала вольтметра от среднего положения до крайнего правого положения равна + 25 в, до крайнего левого положения - 25 в. Клавиша "С" означает "Сброс клавиатуры", или, иначе, - отключение вольтметра.

В нижней части панели установлена клавиатура режимов работы модели:

У - режим установки нулей усилителей;

Н - режим настройки решающих элементов (в этом режиме проводится установка передаточных коэффициентов, настройка блоков БП-17 и БНП-3 и задание начальных условий);

- P - работа (в этом режиме производится решение задачи);
 $ИП$ - исходное положение;
 $П$ - пуск;
 $О$ - остановка.

Выше клавиатуры режима работы установлен счётчик времени. На панели управления установлены также потенциометры x_4 , x_7 , x_2 для получения компенсационного напряжения x_4 , напряжений x_7 , $+x_2$, $-x_2$ - для настройки решающих блоков.

ЗАДАНИЕ № 1

Ознакомление с работой некоторых блоков модели

Порядок выполнения работы

1. Включить тумблер "СЕТЬ" и нажать кнопку " авар.вкл." на блоке питания ЭСВ - 4. На пульте управления включить тумблер "50 гц" и прогреть машину 10 мин.

2. Проверить работу блока БИС-1 в режиме интегрирования.

а) Отрегулировать нуль усилителя выбранного блока БИС-1 (например, блока № 6). Для этого: нажать клавишу режима работы "У", тумблер "прям. измер. - компенс. измер." поставить в положение "прям.измер.", тумблер "входы БИС-интегр." установить в положение "интегр.", переключатель "выбор ячейки" установить на номер проверяемого блока (например № 6), "выбор усилителя" - в положение проверяемого усилителя.

Главным вращением отвёртки потенциометра проверяемого усилителя (например, № 1 блока № 6) добиться нулевого показания вольтметра последовательно на шкалах 50в ; 0,5 в (после установ-ки нуля установить шкалу вольтметра 50 в).

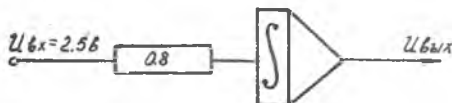
б) Проверить работу блока БИС-1 в режим интегрирования с коэффициентом передачи $k = 1$ (в обратной связи включить ёмкость $C = 1$ мкф, ко входу усилителя подсоединить сопротивление 1 мом).

Тумблер " входы БИС-интегр." установить в положение "интегр". Подать с гнезда x_2 с помощью коммутационного шнура на входное сопротивление напряжение (с гнезда x_2 снимается напряжение 2,5 в). Тумблер x_4 , x_7 , x_2 должен быть включен. Нажать клавишу "Р" (работа). Процесс интегрирования входного напряжения начинается при нажатии клавиши "П" (пуск). Интегрирова-

ние будет идти непрерывно, если переключатель "непр.-шаг" стоит в положении "непр." и старший разряд счётчика времени установлен на число 17 красного цвета. Для остановки решения следует нажать клавишу "0" (остановка), при этом загорается лампочка остановки. Просмотреть решение можно на экране осциллографа, соединив его вертикальный вход с гнездом "УПТ". Возврат в исходное положение осуществляется клавишей "ИП" (исходное положение). Для снятия решения переключатель "непр.-шаг" ставят в положение "шаг", младший разряд счётчика - в положение "1", тогда по истечении одной секунды после пуска процесс интегрирования прекратится; по прибору снимают показания. Затем опять устанавливают младший разряд счётчика в положение "1", при нажатии на клавишу "П" интегрирование будет продолжаться на следующем интервале времени в 1 сек и т.д.

Получить решение в интервале $0 \div 10$ сек в виде таблицы значений $U_{вых} = f(t)$ и построить соответствующий график.

в) Произвести интегрирование с коэффициентом передачи $k = 0,8$. Для этого входное напряжение необходимо подать на блок через вход с коэффициентом 0,8.



Коэффициент передачи $k = 0,8$ устанавливается следующим образом: в режиме "настройка" на входное сопротивление "0-1м", подсоединённое ко входу усилителя, находящемуся в режиме суммирования ($Z_{осл. сб.} = 1 \text{ мом}$), подаётся напряжение с гнезда $+X_1$, равное 2,5в. Тумблер "входы БИС - интегр." поставить в положение "входы БИС". Вращая отверткой потенциометр "0-1м" на выходе усилителя установить напряжение $U_{вых} = -U_{вх}$; $k = -2,5 \cdot 0,8 = -2$ в. Тогда коэффициент передачи по данному входу будет равен

$$k = - \frac{U_{вых}}{U_{вх}} = - \frac{-2}{2,5} = 0,8.$$

Выставив коэффициент передачи $k = 0,8$, перевести операционный усилитель в режим интегрирования ($Z_{осл. сб.} = 1 \text{ мкф}$), тумблер "входы БИС - интегр." установить в положение "интегр.", нажать клавишу "Р".

Решение снять аналогично предыдущему случаю.

ЗАДАНИЕ № 2

Получение различных функций путём решения простых дифференциальных уравнений.

Порядок выполнения работы

1. Получение квадратичной и кубической функции времени

Для воспроизведения этих функций три операционных усилителя блоков БИС-1 должны быть соединены между собой, как показано на схеме (рис.5).

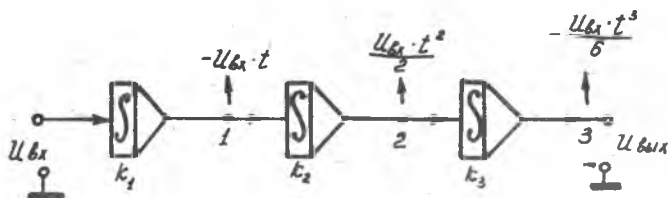


Рис.5.

Пусть передаточные коэффициенты блоков $K_1 = K_2 = K_3 = 1$, а $U_{вх} = const$, т.е. на вход схемы подаётся постоянное возмущение (например 2,5в).

Решая уравнение

$$\frac{dU_{вых}}{dt} = U_{вх} \quad (3)$$

как

$$U_{вых} = \int_0^t U_{вх} \cdot dt, \quad (4)$$

получим на выходах блоков 1,2,3 при нулевых начальных условиях следующие зависимости:

$$U_{вых1}(t) = \int_0^t U_{вх} \cdot dt = -U_{вх} \cdot t; \quad (5)$$

$$U_{вых2}(t) = \int_0^t U_{вых1} \cdot dt = U_{вх} \cdot \frac{t^2}{2}; \quad (6)$$

$$U_{вых3}(t) = \int_0^t U_{вых2} \cdot dt = -U_{вх} \cdot \frac{t^3}{6}. \quad (7)$$

Знак "-" здесь обусловлен инвертирующим свойством операционных усилителей.

Следует посмотреть решение на выходах 1,2,3 на экране осциллографа и зафиксировать его в шаговом режиме в виде таблиц

$U_{\text{вых}} = f(t)$ и соответствующих графиков.

Примечание. Перед решением необходимо проверить установку нулей используемых операционных усилителей.

2. Получение синусоидальных и косинусоидальных функций времени

Воспроизведение этих функций осуществляется путём решения дифференциального уравнения вида

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + \omega_0^2 y = 0 \quad \text{или} \quad y'' = -\omega_0^2 y \quad (8)$$

Для его решения на модели необходимо составить схему, содержащую два интегратора и инвертор (рис. 6).

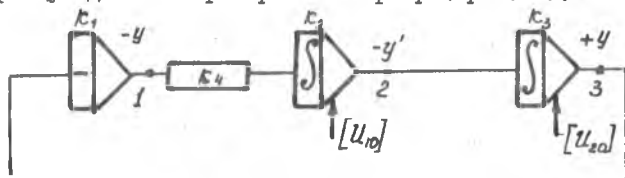


Рис. 6.

Если принять $K_1 = K_2 = K_3 = 1$ и $K_4 = \omega_0^2 = 0,2$ (методику установки коэффициента $K_4 = 0,2$ см. пункт I в), то при начальных условиях $U_{10} = 10$ в и $U_{20} = 0$ решением уравнения (8) будет синусоидальная зависимость

$$U_{\text{вых}} = \frac{U_{10}}{\omega_0} \sin \omega_0 t \approx 22 \cdot \sin(\sqrt{0,2} t)$$

При начальных условиях $U_{10} = 0$ и $U_{20} = 10$ в эта же схема будет воспроизводить косинусоидальную зависимость

$$U_{\text{вых}} = U_{20} \cos \omega_0 t = 10 \cdot \cos(\sqrt{0,2} t)$$

Для задания начальных условий необходимо установить тумблер " + " - " - " на панели соответствующего блока БИС-I в зависимости от знака начальных условий и, вращая отверткой потенциометр " Н.У.", получить на выходе операционного усилителя (по вольтметру) требуемую величину напряжения. Начальные условия выставляются в режиме "Н" (настройка).

Внешние возмущения в схеме отсутствуют.

Следует наблюдать и снять решение для полного периода одной из указанных зависимостей.

3. Получение функций $y = e^{\pm \alpha t}$. Продифференцировав это уравнение, получим

$$\frac{dy}{dt} = \pm \alpha \cdot e^{\pm \alpha t} = \pm \alpha y \quad (9)$$

Схема, реализующая это уравнение для $\alpha > 0$, состоит из инвертора и интегратора (рис. 7).

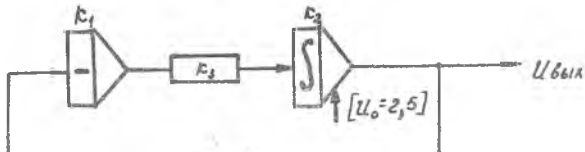


Рис. 7.

Пусть $K_1 = K_2 = 1$ и $K_3 = \alpha = 0,3$. Напряжение на выходе интегратора изменяется по закону

$$U_{\text{вых}} = U_0 \cdot e^{\alpha t}$$

где U_0 - начальное условие (например $U_0 = 2,5$ в).

Для реализации этого же уравнения при $\alpha < 0$ инвертор из данной схемы исключается. После выполнения пунктов 2 и 3 потенциометры начальных условий устанавливаются в исходное положение.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Результаты задания 1, п.2б,в (схемы, таблицы результатов, графики решений).
2. Результаты задания 2, п.1,2,3 (схемы, таблицы результатов, графики решений).

Литература

МАЛИЕВ Ю.Н. "Вычислительная техника в инженерных и экономических расчётах", часть 1, гл.1 §2; гл.П §§ 1,2.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ОПИСАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ БЛОКОВ

Блок перемножения БП - 17. Лицевая панель блоков показана на рис. 1.

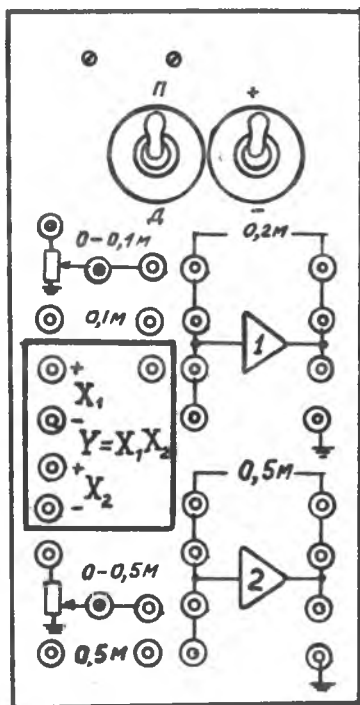


Рис. I.

Блок перемножения БП-17 работает совместно с усилителем У-1 и служит для:

перемножения двух величин по формуле

$$U_{\text{вых.}} = \frac{U_{X_1} \cdot U_{X_2}}{25} \quad \left(Y = \frac{x_1 \cdot x_2}{25} \right);$$

деления двух величин по формуле

$$U_{\text{вых.}} = \pm 2,5 \cdot \frac{U_{X_1}}{U_{X_2}} \quad \left(Y = \pm 2,5 \cdot \frac{x_1}{x_2} \right);$$

выполнения предыдущих операций с одновременным суммированием нескольких входных величин:

$$U_{6x1} = - \left(\frac{U_{x1} \cdot U_{x2}}{25} + \sum_{i=1}^n \frac{R}{R_i} U_{6xi} \right);$$

$$U_{6x2} = - \left(\pm 2,5 \frac{U_{x1}}{U_{x2}} + \sum_{i=1}^n \frac{R}{R_i} U_{6xi} \right);$$

выполнения операций суммирования или инвертирования.

Блок БП-17 применяется для выполнения операции деления в том случае, когда не требуется большой точности. Для перевода блока на выполнение операции деления служит тумблер "П-Д", расположенный на лицевой панели блока.

Схематическое изображение блока



Блок может быть вставлен в любую ячейку машины, настройка его производится только в седьмой ячейке.

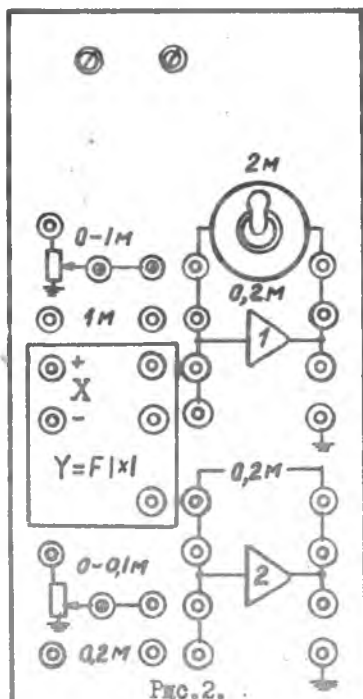
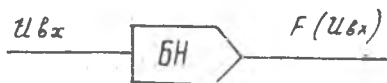


Рис. 2.

Блок нелинейный универсальный типа БНП-3. Лицевая панель блока показана на рис. 2. Служит для воспроизведения функциональной зависимости от одной переменной с одновременным суммированием нескольких входных величин. Нелинейная функция $F'(U_{6x})$ воспроизводится методом кусочно-линейной аппроксимации, для чего блок БНП-3 перед решением задачи настраивается в седьмой ячейке.

Схематическое изображение блока



Блок операционного реле БОР - 1. Конструктивно он выполнен в виде платы и четырёх реле, расположенных внутри модели. Гнёзда блока БОР-1 установлены в средней части наборного поля, расположенного над решаемыми блоками.

Блок служит для выполнения ряда логических операций, например, реализует любые две из следующих зависимостей:

$$y = x_3 \cdot \text{Sign } x_1 ;$$

$$y = x_3 \cdot \text{Sign } (x_1 + x_2) ;$$

$$y = \frac{1 + \text{Sign } (x_1 + x_2)}{2} \cdot x_3 ;$$

$$\left. \begin{aligned} y &= x_3 \cdot \text{Sign } (x_1 + x_2) \\ y &= x_4 \cdot \text{Sign } (x_1 + x_2) \end{aligned} \right\}$$

С помощью блока БОР-1 может осуществляться преобразование масштабов переменных, изменение в известных пределах вида решаемых уравнений во время решения и т.п.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НА МОДЕЛИ МН-10М

Цель работы - знакомство с методикой подготовки задач и их решения на модели МН-10М.

I. ПОДГОТОВКА ЗАДАЧИ

Процесс подготовки задачи к решению на модели состоит из следующих операций:

- математической подготовки задачи;
- составления структурной блок-схемы;
- набора задачи на модели.

Математическая подготовка задачи заключается в приведении исходного уравнения, описывающего какой-либо исследуемый процесс, к виду, удобному для моделирования на машине, в выборе масштабов представления переменных и передаточных коэффициентов решающих элементов.

Методика составления структурной блок-схемы включает выбор необходимых решающих элементов и собственно синтезирование схемы, удовлетворяющей моделируемому уравнению.

Рассмотрим следующий пример.

Дано линейное дифференциальное уравнение третьего порядка

$$2,7x''' + 5x'' + 0,89x' - 2,7x - 22,4 = 0 \quad (1)$$

с начальными условиями (при $t = 0$)

$$x_0'' = -20; \quad x_0' = -3; \quad x_0 = 17.$$

Требуется составить структурную блок - схему решения задачи на модели МН-10М. Для составления структурной схемы используется метод понижения порядка производной.

Выделим старшую производную с коэффициентом, равным единице:

$$x''' = 8,3 - 0,85x'' - 0,33x' + x \quad (2)$$

Если условно считать что младшие производные, искомая функция и другие переменные, находящиеся в правой части уравнения (2), известны, то подавая их в виде напряжений на вход суммирующего элемента через соответствующие коэффициенты, получим на выходе его старшую производную с обратным знаком (рис.1). Изменение знака старшей производной происходит вследствие инвертирующего свойства решающего усилителя.

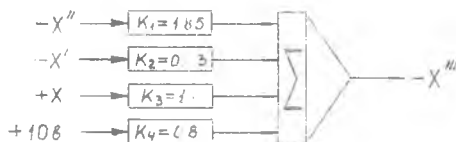


Рис. 1.

Величины $-x'$, $+10,8$, подаются через входные сопротивления " $0 \div 1\text{ м}$ ", с помощью которых можно выставить коэффициенты K_2 и K_4 меньше единицы. Величина $-x''$ подаётся через входное сопротивление " $0 \div 0,1\text{ м}$ " (коэффициент $K_1 = 1$). Целесообразно при составлении структурных блок-схем совмещать операцию суммирования с операцией интегрирования, так как меньшее число операционных усилителей даёт меньшую погрешность решения. При этом на выходе усилителя получается производная на порядок ниже (вторая в нашем случае) и также с обратным знаком (рис.2), поскольку совмещение этих операций происходит в одном усилителе.

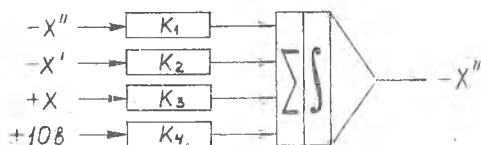


Рис.2.

Теперь необходимо дважды проинтегрировать полученное значение x'' (рис.3). Очевидно, что $K_5 = K_6 = 1$ (иначе после интегрирования мы не получим x' и $-x$).

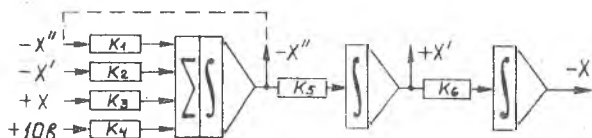


Рис.3.

Затем на вход сумматора - интегратора нужно подать соответствующие переменные и другие величины правой части уравнения (2) с их знаками. Переменные $-x''$, $-x'$ и $+x$ подаются на вход сумматора - интегратора следующим образом. Производную $-x''$ (вследствие совпадения знаков) можно ввести на вход сумматора непосредственно с его выхода, а для подачи $-x'$ и $+x$ необходимы инверторы (рис. 4) для изменения их знаков.

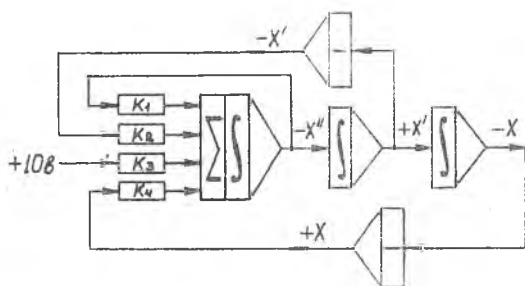


Рис.4.

Структурную схему можно упростить, если заменить два инвертора одним, включив его в главную цепь.

Таким образом, для решения уравнения (2) $x''' = 8,3 - 1,85x'' - 0,33x' + x$ с начальными условиями: $x_0'' = -20$; $x_0' = -3$; $x_0 = 17$ получим окончательную схему согласно рис.5.

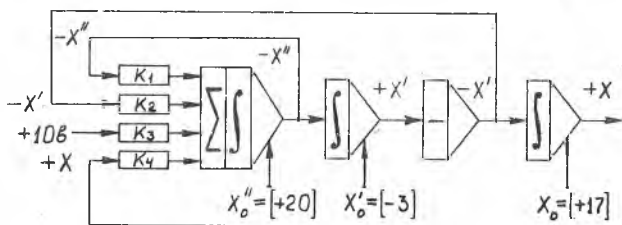


Рис.5.

Для решения задачи на соответствующих усилителях задаются начальные условия и внешние возмущения (в нашем случае 10 в). При задании начальных условий необходимо учитывать знак производной или искомой функции на выходе усилителя. Если выходная величина усилителя отрицательна, то знак заданного начального условия нужно изменить на обратный.

Например, если $x_0'' = -20$, а на выходе усилителя снимается $-x''$, то начальное значение производной x_0'' (измеряемое на выходе усилителя) должно быть взято с обратным знаком, то есть $-x_0'' = +20$.

Порядок выполнения работы

1. Получить задание у преподавателя.
2. Составить структурную блок-схему решения задачи и набрать её на машине.
3. После проверки схемы преподавателем или сотрудником лаборатории включить машину.
4. Проверить и установить нули используемых в схеме усилителей блоков БИС - I.
5. Установить требуемые значения коэффициентов.
6. Задать начальные условия и внешние возмущения (в случае нулевых начальных условий соответствующие потенциометры начальных условий установить в крайнее левое положение).

7. Пронаблюдать решение задачи на электроно-лучевом индикаторе в непрерывном режиме.
Убедиться в правильности хода решения задачи.
8. Снять по точкам (в шаговом режиме) с помощью вольтметра решения для всех заданных случаев.
9. Построить графики решений (семейство характеристик).
10. Оформить отчёт о проделанной работе.

Содержание отчета

1. Условия решаемой задачи.
2. Блок-схема решения задачи.
3. Таблица результатов решения.
4. Графики решения.

Литература.

Малев Ю.Н. "Вычислительная техника в инженерных и экономических расчётах", ч. I, гл. II, §§ I, 2, 3, гл. V, § I.

ЗАДАНИЕ № I

Снять семейство переходных характеристик двигателя постоянного тока с независимым возбуждением, дифференциальное уравнение которого имеет вид

$$T_1 \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + T_2 \frac{d\varphi}{dt} + \varphi = K \cdot U_{вх},$$

где $U_{вх}$ - напряжение, приложенное к якорю двигателя;
 φ - угол поворота вала.

Приведем уравнение к виду:

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} + K_1 \frac{d\varphi}{dt} + K_2 \varphi = K_3 U_{вх},$$

где $K_1 = \frac{T_2}{T_1}$; $K_2 = \frac{1}{T_1}$; $K_3 = \frac{K}{T_1}$.

Вариант	K_1	K_2	K_3	$\zeta \omega$	$\varphi [t=0]$	$\varphi' [t=0]$
I	0,15 0,3 0,5 1,0	I	0,7	10	- 5	+12
II	I	0,2 0,4 0,6 1,0	0,5	10	- 8	+7

ЗАДАНИЕ № 2

Отклонение рамки магнитоэлектрического прибора описывается уравнением

$$J \frac{d^2 \alpha}{dt^2} + \rho \frac{d\alpha}{dt} + \omega \alpha = B w S i,$$

- где α - угол отклонения рамки;
 J - момент инерции подвижной системы;
 B - индукция;
 w - число витков рамки;
 S - площадь подвижной катушки;
 i - ток;
 ω - удельный противодействующий момент;
 ρ - коэффициент демпфирования.

Обозначим

$$y = \frac{\alpha}{\alpha_c},$$

где $\alpha_c = \frac{w B_0 S}{\omega}$ - конечный угол поворота рамки.

Приняв за независимую переменную

$$\tau = w t = \sqrt{\frac{\omega}{J}} t$$

и обозначив через $\beta = \frac{\rho}{2 \sqrt{J \omega}}$ степень успокоения, получим уравнение движения рамки в безразмерной форме

$$y'' + 2\beta y' + y = 1.$$

Снять семейство характеристик $y(\tau)$ при

$$\beta = 0,15; 0,25; 0,35; 0,45; 1,0.$$

ЗАДАНИЕ № 3

Угловая скорость вращения исполнительного двигателя системы автоматического регулирования, подключенного к выходу электромагнитного усилителя (ЭМУ), описывается уравнением

$$T_3 T_{ЭМУ} \frac{d^2 \Omega}{dt^2} + T_{ЭМУ} \frac{d \Omega}{dt} + \Omega = K_{гб} \cdot e_{ЭМУ},$$

где T_3 и $T_{ЭМУ}$ - электромагнитная и электромеханическая постоянные времени;

$e_{ЭМУ}$ - ЭДС продольных щеток якоря усилителя;

$K_{гб}$ - передаточный коэффициент двигателя.

Решая уравнение относительно старшей производной, получим

$$\frac{d^2 \Omega}{dt^2} + K_1 \frac{d \Omega}{dt} + K_2 \Omega = K_3 e_{ЭМУ},$$

где $K_1 = \frac{T}{T_3}$; $K_2 = \frac{1}{T_3 \cdot T_{ЭМУ}}$; $K_3 = \frac{K_{гб}}{T_3 \cdot T_{ЭМУ}}$.

Снять семейство характеристик.

Вариант	K_1	K_2	K_3	$e_{ЭМУ}$	$\frac{\Omega}{[t=0]}$	$\frac{\Omega}{[t=0]}$
I	0,20	0,25	0,6	10	-4	+II
	0,35					
	0,6					
II	I	0,15	0,5	10	-7	+7
		0,35				
		0,5				

ЗАДАНИЕ № 4

Снять семейство характеристик $\mathcal{Z}(t)$ системы регулирования напряжения генератора постоянного тока, дифференциальное уравнение которой имеет вид

$$T_K^2 \frac{d^2(\Delta \mathcal{Z})}{dt^2} + T_g \frac{d(\Delta \mathcal{Z})}{dt} + \Delta \mathcal{Z} = K_{рег} \cdot \Delta U, \quad (I)$$

где $\Delta \mathcal{Z}$ - изменение сопротивления регулирующего реостата;

ΔU - изменение напряжения на клеммах генератора;

T_K, T_g - постоянные времени;

$K_{рег}$ - передаточный коэффициент.

Уравнение (I) может быть записано в виде $\frac{d^2 \Delta \varrho}{dt^2} + K_1 \frac{d \Delta \varrho}{dt} + K_2 \Delta \varrho = K_3$,

где $K_1 = \frac{\pi \theta}{T_c^2}$; $K_2 = \frac{I}{\pi T_c^2}$; $K_3 = \frac{K_{\text{рез}} \Delta U}{\pi T_c^2}$.

Вариант	K_1	K_2	K_3	$\frac{\Delta \varrho}{T=0}$	$\frac{\Delta \varrho'}{T=0}$
I	0,27	0,12	0,3	0	0
	0,47				
	0,67				
	0,87				
II	0,79	0,18	0,6	- 6	7
		0,38			
		0,58			
		0,88			

ЗАДАНИЕ № 5

Снять семейство переходных характеристик следящей системы с асинхронным двигателем по скорости $\omega_{\text{вых}}(t)$, дифференциальные уравнения которой имеют вид:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = \frac{1}{T} [k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot (\omega_{\text{вых}} - \omega_{\text{вых}}) - x]; \\ \frac{d\omega_{\text{вых}}}{dt} = x; \end{cases}$$

x - выходная величина одного из усилителей.



Приведем систему уравнений к виду :

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = a \cdot \omega_{\text{вых}} - a \cdot \omega_{\text{вых}} - b x; \\ \frac{d\omega}{dt} = x; \end{cases}$$

здесь

$$a = \frac{k_1 k_2 k_3}{T}; \quad b = \frac{1}{T}.$$

Вариант:	a	b	$\frac{\partial \beta x}{\partial t} [t=0]$	$\frac{\partial \beta x}{\partial t} [t=0]$	x
I	0,66	0,61 0,62 0,41	I	1,5	2,5
II	0,3 0,6 0,82	0,45	I	4,5	-6,4

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ПОСТРОЕНИЕ СЛОЖНЫХ ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ

Цель работы - знакомство с основными логическими элементами и законами алгебры логики.

Изучение принципов построения (синтеза) логических схем функционального преобразования.

1. ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Любые, сколь угодно сложные схемы управления могут быть построены на основе использования некоторых простейших логических функций. Чтобы упростить составление схем и свести до минимума число логических элементов в сложных схемах управления, наиболее удобно иметь набор элементов, выполняющих логические функции "И", "ИЛИ", "НЕ", элемент памяти и элемент выдержки времени.

Для пояснения смысла этих логических функций воспользуемся элементарными понятиями алгебры логики, в которых используются только две цифры - единица и ноль.

В общем случае каждый логический элемент имеет несколько входов и один выход. Обозначим входы элементов буквами $A, B, C, D, \dots, x, y, \dots$, а выходы буквами P, Q, R, S, \dots .

Практически входы и выходы элементов должны принимать одно из двух состояний: либо напряжение на входе или выходе равно какой то заданной величине, либо другой, которая чаще всего равна нулю или близка к нулю.

Будем считать сигнал на входе (или на выходе)^{*}, на котором имеется больший уровень напряжения, равным единице (например, $A=1, P=1$), а вход или выход на котором имеется нижний уровень напряжения (или напряжение близко к нулю), равным нулю (например, $B=0, Q=0$).

Между входами и выходом элемента, выполняющего некоторую логическую функцию, существуют определенные соотношения.

В логической функции "И" (конъюнктивная связь) выход равен единице только в том случае, если и первый, и второй, и третий, и все остальные входы равны единице. Так, в логическом элементе с тремя выходами A, B, C выход равен единице только в том случае, если $A=1, B=1, C=1$. Эта функция выражается произведением

$$P = A \cdot B \cdot C \text{ или } P = A \wedge B \wedge C.$$

Если хоть один сомножитель (A или B или C) равен нулю, P тоже равно нулю. Поэтому логическая функция "И" часто называется логическим произведением.

В логической функции "ИЛИ" (дизъюнктивная связь) выход равен единице, если единичным будет хотя бы один из входов. Эта функция может быть записана в виде логической суммы:

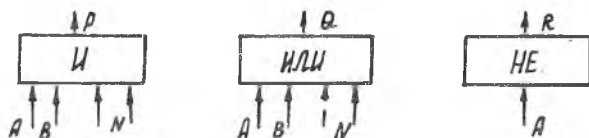
$$P = A + B + C, \text{ или } P = A \vee B \vee C,$$

которая отличается от арифметической тем, что сумма любого числа единиц считается равной единице. Так, для трехвходного элемента выход P всегда равен единице, кроме случая $A=0, B=0, C=0$.

В логической функции "НЕ", называемой инверсией, выход всегда равен величине, обратной входной. Таким образом, если вход равен единице, то выход равен нулю и наоборот. Эта функция обозначается обычно чертой над буквой, например: $P = \bar{A}$.

Если $A = 1$, то $P = 0$ и, если $A = 0$, то $P = 1$.

Все логические функции, как бы сложны они не были, можно свести к логическим операциям умножения, сложения, инверсии и представить элементами:



* В дальнейшем для краткости будем называть эти сигналы просто вход или выход.

II. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ АЛГЕБРЫ ЛОГИКИ

Основные законы алгебры логики устанавливают эквивалентность логических формул, т.е. различных сочетаний высказываний, образованных с помощью "И", "ИЛИ", "НЕ". Они позволяют осуществлять преобразования исходных логических функций, приводить их к виду, удобному для дальнейшего использования.

1. Переместительный закон:

для сложения $X + Y = Y + X$;

для умножения $X \cdot Y = Y \cdot X$.

2. Сочетательный закон:

для сложения $(X + Y) + Z = X + (Y + Z)$;

для умножения $(X \cdot Y) \cdot Z = X \cdot (Y \cdot Z)$.

3. Распределительный закон:

для сложения $(X + Y) \cdot Z = X \cdot Z + Y \cdot Z$;

для умножения $X \cdot (Y + Z) = (X \cdot Y) + (X \cdot Z)$.

4. Законы инверсии:

для сложения $\overline{\overline{X + Y}} = \overline{X} \cdot \overline{Y}$;

для умножения $\overline{\overline{X \cdot Y}} = \overline{X} + \overline{Y}$.

здесь символы X, Y, \dots могут обозначать любые конкретные высказывания A, B, C и т.д. Например, $(A + B) + C = A + (B + C)$.

Из законов алгебры логики можно вывести ряд следствий, весьма полезных в практическом приложении.

СЛЕДСТВИЯ ЗАКОНОВ АЛГЕБРЫ ЛОГИКИ

(правую часть следствий определить самостоятельно)

$$X \cdot 0 = ? \quad X + 0 = ? \quad (X + Y) \cdot X = ?$$

$$X \cdot 1 = ? \quad X + 1 = ? \quad X \cdot Y + X = ?$$

$$X \cdot X = ? \quad X + X = ? \quad (X + \overline{Y}) \cdot Y = ?$$

$$X \cdot \overline{X} = ? \quad X + \overline{X} = ? \quad X \cdot Y + Y = ?$$

(например: $X + X = X, X + \overline{X} = 1$ и т.д.)

III. СИНТЕЗ ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ

Под синтезом сложных логических схем понимается их построение из минимального числа элементов на основе заданных условий работы. Задача синтеза решается при помощи аппарата математической логики.

Построение сложных логических схем можно разбить на следующие этапы:

1. Формулировка условий работы схемы.
2. Составление первоначальной логической формулы, описывающей работу схемы.
3. Преобразование первоначальной логической формулы с целью ее максимального упрощения.
4. Построение структурной (функциональной) схемы.
5. Разработка принципиальной схемы.

Формулировка условий работы может быть словесной. Например, для управления лампой в вестибюле необходимы 2 переключателя на нижнем и верхнем этаже. При переключении любого из них лампа должна включаться, если она была выключена, и выключаться, если включена. Следует спроектировать схему.

Эти же условия работы схемы могут быть даны в виде таблицы истинности:

Входы		Выход
A	B	Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Здесь A - состояния переключателя на верхнем этаже:

A = 1 (включен);

A = 0 (выключен);

B - состояния переключателя на нижнем этаже:

B = 1 (включен);

B = 0 (выключен);

Q - состояние лампы:

Q = 1 (включена);

Q = 0 (выключена);

Наконец, то же самое можно задать в виде логической формулы

$$Q = \bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B} \quad (I)$$

Логическая формула представляет запись в символической форме условий работы схемы и выражает состав ее основных элементов.

формула (I) может быть легко получена из таблицы истинности. В самом деле, функция Q принимает единичное значение только в 2 - х случаях: $A = 0, B = 1$ или $A = 1, B = 0$.

Поскольку каждый член логической суммы представляет собой конъюнкцию, то для истинности каждого члена правой части (I) необходимо сделать отрицание \bar{A} для первого слагаемого и \bar{B} для второго. Тогда:

$$Q = \bar{A} \cdot B = \bar{0} \cdot 1 = 1 \cdot 1 = 1 \quad \text{и}$$

$$Q = A \cdot \bar{B} = 1 \cdot \bar{0} = 1 \cdot 1 = 1$$

Таким образом, выражение (I) является описанием работы проектируемой схемы.

С другой стороны, из самой формулы видно, что для реализации схемы необходимо иметь 2 элемента "НЕ", два элемента "И" и один элемент "ИЛИ" (см. рис. I).

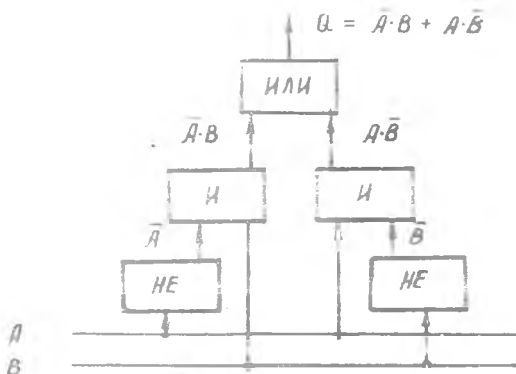


Рис. I .

Чаще всего формулы, полученные из таблицы истинности, не являются оптимальными, так как требуют для реализации большого числа логических элементов. Те же условия работы можно воспроизвести с помощью меньшего количества оборудования, причем сами логические элементы, как правило могут быть несколько упрощены за счет сокращения количества входов.

Существует несколько способов упрощения логических выражений. Одним из них является метод, использующий законы алгебры логики и их следствия.

Пример. Упростить $P = A \cdot B \cdot C + \bar{A} \cdot B \cdot C + A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot D$. (2)

Упрощение

$$P = B \cdot C \cdot (A + \bar{A}) + A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot D = B \cdot C + A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot D = B \cdot (C + A \cdot \bar{C} \cdot D).$$

В соответствии с распределительным законом

$$C + A \cdot \bar{C} \cdot D = (A \cdot D + C) \cdot (\bar{C} + C) = A \cdot D + C.$$

Окончательно $P = A \cdot B \cdot D + B \cdot C$.

Реализация схемы по выражению (2) потребует:

- 2 элемента "НЕ" (получение \bar{A} и \bar{C});
- 2 элемента "И" на 3 входа (для $A \cdot B \cdot C$ и $\bar{A} \cdot B \cdot C$);
- 1 элемент "И" на 4 входа (для $A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot D$);
- 1 элемент "ИЛИ" на 3 входа.

Схема, соответствующая упрощенному логическому выражению (рис.2), содержит два более простых элемента "И" и один "ИЛИ"

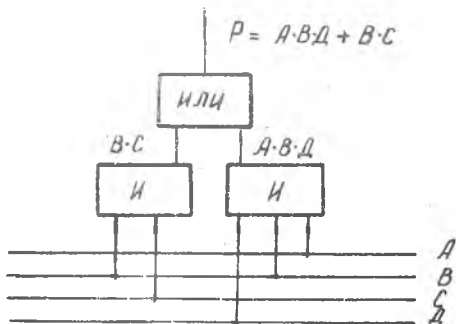


Рис.2.

Одним из наиболее простых и наглядных методов упрощения является метод карт Карно. Сделаем некоторые предварительные замечания.

В выражении (2) P является функцией четырех двоичных переменных A, B, C, D . Эти переменные образуют $2^4 = 16$ комбинаций аргументов (0000, 0001, 0010 1111). Карта Карно (рис.3) в данном случае состоит из 16 клеток; каждая клетка соответствует определенной комбинации (набору) аргументов.

На карте каждой переменной отведено равное количество клеток. Так, нижние 2 строки относятся к переменной A , две верхние - к \bar{A} , середина - к области B , две крайние горизонтальные отроки - к \bar{B} и т.д....

Рассмотрим применение метода для разобранного примера. Умножением первого и второго членов исходного выражения (2) на всегда истинное $D + \bar{D} = 1$ получим

$$P = ABCD + AB\bar{C}D + AB\bar{C}\bar{D} + \bar{A}BCD + \bar{A}B\bar{C}D. \quad (3)$$

В уравнении (3) каждое слагаемое (конъюнкция) включает сами аргументы или их отрицания. Такая запись называется совершенной дизъюнктивной нормальной формой (ДНФ), в отличие от выражения (2), которое является просто ДНФ.

В клетки, соответствующие слагаемым выражения (3), проставляются единичные значения функции Р. Упростить (минимизировать) функцию можно в том случае, если единицы располагаются в соседних клетках. Так, на рис.3 блок из 4-х единиц, образующих квадрат, целиком расположен в области ВС.

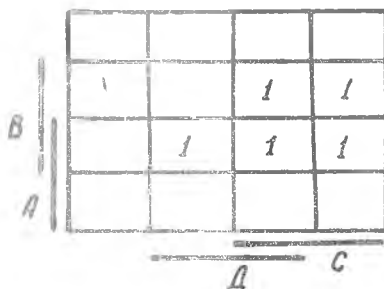


Рис.3.

Две соседние единицы (одна из которых принадлежит рассматриваемому блоку) имеют общие переменные АВД. В результате можно записать упрощенный вариант функции

$$P = ABD + BC,$$

структурная схема которой рассмотрена выше.

Результаты синтеза схем неоднозначны. Для получения наиболее простой схемы следует включать в блок как можно больше соседних единиц (две, четыре, восемь....). Часто синтез схем заканчивается на четвертом этапе.

Выпускаемые промышленностью логические элементы имеют типовые схемы и стандартные блоки питания. Задача конструктора сводится при этом к составлению цепей управления, что исключает необходимость разработки принципиальных схем.

IV. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторный макет включает в себя элементы "И", "ИЛИ", "НЕ", по 10 каждого типа.

В левой части лицевой панели располагаются четыре группы гнезд с соответствующими тумблерами задания входных двоичных

переменных А, В, С, Д.

Сигналу единицы соответствует напряжение - 7в, нулю - потенциал земли.

Регистрация выходных сигналов осуществляется индикаторными лампочками (4 шт.), которые подключаются к интересующим частям схемы.

В верхнем ряду панели имеются выходные гнезда тактового генератора и гнезда для размножения сигналов.

Остальные элементы макета в работе не используются.

Принципиальные схемы логических элементов, используемых в лабораторной установке, приведены на рис.4.

Особенности схем "И" (рис.4а) и " ИЛИ" (рис. 4б) заключаются в наличии эмиттерных повторителей, обеспечивающих хорошее согласование элементов при соединении их друг с другом. Кроме того, в схеме " И" незакоммутированные на источники сигналов входы эквивалентны отсутствующим. Это создает известные удобства: без лишней коммутации элемент " И" может быть превращен в 2-х - или 3х - входовой.

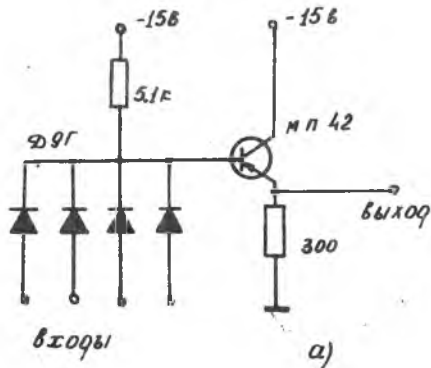
ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Проверить работоспособность всех логических элементов в статическом режиме путем соединения входов исследуемого элемента с напряжением - 7 в или 0 вольт, задаваемым с гнезд А, В, С, Д. Индикатором выхода служит вольтметр.
2. Для каждого типа элементов построить графики $U_{вых} = f(m)$, где m - номер элемента на лицевой панели макета.
3. По указанию преподавателя произвести синтез схемы для одного из вариантов заданий.
4. Собрать и проверить работоспособность минимизированной схемы по таблице истинности.

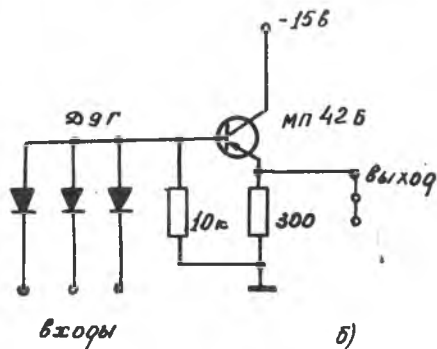
СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Результаты исследования элементов.
2. Графики, осциллограммы сигналов.
3. Таблица истинности. Последовательность составления и упрощения логической формулы задания.
4. Упрощенная структурная схема.

"И"



"ИЛИ"



"НЕ"

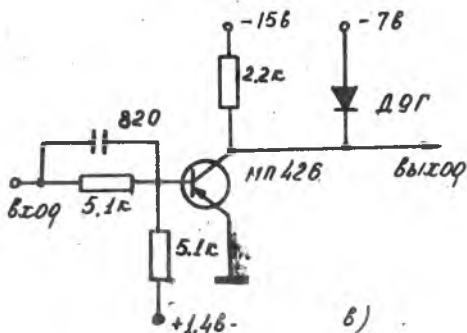
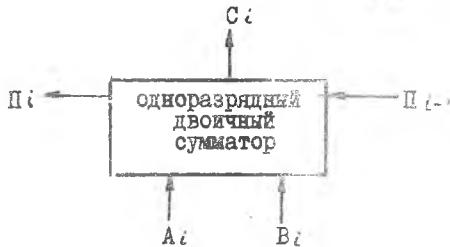


Рис. 4.

ЗАДАНИЕ № 1

Произвести синтез сумматора на три входа.



Здесь A_i, B_i - значения складываемых двоичных разрядов;

P_{i-1} - значение переноса в данный разряд;

C_i - одноразрядная сумма;

P_i - перенос в соседний (старший) разряд.

ЗАДАНИЕ № 2

Произвести синтез схемы, служащей для образования дополнений до 9-ти натурального ряда чисел (от 0 до 9), представляемых в десятично-двоичном коде 8421. Построить таблицу истинности по образцу.

№ ш	A	B	C	D	P	Q	R	S
0	0	0	0	0	1	0	0	1
1	0	0	0	1	1	0	0	0
2	0	0	1	0	0	1	1	1
3								
.								
.								
.								
9	1	0	0	1	0	0	0	0

ЗАДАНИЕ № 3

Произвести синтез и минимизацию схемы управления, работа которой описывается формулой

$$P = ABC + \bar{A}\bar{B}C + A\bar{B}\bar{C}D.$$

Составить соответствующую таблицу истинности.

ЗАДАНИЕ № 4

Произвести синтез и минимизацию схемы, работа которой описывается таблицей истинности.

A	B	C	P
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

ЗАДАНИЕ № 5

Произвести синтез дешифратора кода 8421 в код 5211.

ЗАДАНИЕ № 6

Произвести синтез схемы преобразователя кодов одноразрядного десятичного числа из системы 5211 в систему 8421.

ЗАДАНИЕ № 7

Произвести синтез схемы преобразователя одноразрядного десятичного числа из системы 8421 в систему 2421 в соответствии с таблицей:

Десятичная цифра	A	B	C	D	P	Q	R	S
	8	4	2	1	2	4	2	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0	0	1
2	0	0	1	0	1	0	0	0
3	0	0	1	1	1	0	0	1
4	0	1	0	0	1	0	1	0
5	0	1	0	1	1	0	1	0
6	0	1	1	0	0	1	1	0
7	0	1	1	1	0	1	1	1
8	1	0	0	0	1	1	1	0
9	1	0	0	1	1	1	1	1

ЗАДАНИЕ № 8

Группа студентов держит экзамен, состоящий из четырех вопросов, требующих установить истинность или ложность определенных утверждений. Построить такую схему, чтобы студент мог отвечать, нажимая кнопки, соответствующие тем вопросам, на которые он хочет дать ответ: " истинно", и чтобы эта схема показывала число правильных ответов.

Указание: взять 5 лампочек соответственно числам 0,1,2,3,4 правильных ответов.

ЗАДАНИЕ № 9

Комитет состоит из пяти человек. Решения выносятся большинством голосов; однако если председатель голосует " против", решение не может быть принято (т.е. для принятия решения необходимо, чтобы председатель голосовал "за"). Постройте такую схему, чтобы голосование каждого члена комитета за принятие решения производилось путем нажатия кнопки и чтобы свет загорался только в том случае, если решение принято.

ЗАДАНИЕ № 10.

Требуется, чтобы в большом зале можно было включать и выключать свет при помощи любого из четырех переключателей. Это осуществимо путем конструирования схемы, в которой свет включается, когда замкнуто четное число переключателей, и выключается, когда замкнуто нечетное число их. Спроектировать схему.

ЗАДАНИЕ № 11

Построить цепь " электрофицированной версии " известной игры с монетами. По установленному сигналу каждый игрок замыкает или размыкает переключатель, находящийся под его управлением. Если оба игрока делают одно и то же, то выигрывает игрок А; если же их действия противоположны, то выигрывает В.

Построить схему, чтобы в случае, когда выигрывает А, загорался свет.

ЗАДАНИЕ № 12

Предложить упрощенный вариант схемы включения объекта W.

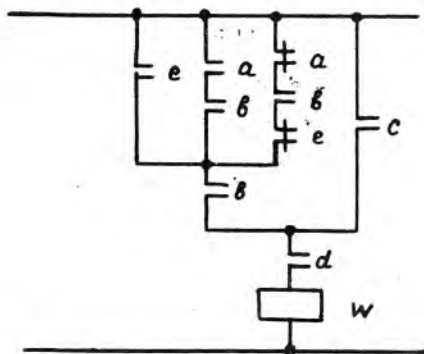


Рис. 5.

ЛИТЕРАТУРА

1. ВАВИЛОВ Е.Н., ПОРТНОЙ Г.П. Синтез схем электронных цифровых машин. Сов. Радио. 1963.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

**МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ
С ПОМОЩЬЮ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ**

Цель работы - знакомство со схемой и устройством типового блока нелинейности и его настройкой для моделирования некоторых функциональных зависимостей.

I. Сведения из теории

Для моделирования нелинейных зависимостей вида $y = f(x)$ или $z = f(x, y)$ используются функциональные преобразователи, воспроизводящие заданные нелинейные функции одного, двух или нескольких аргументов. Применение функциональных преобразователей существенно расширяет возможности и круг задач, решаемых на электронных моделирующих установках.

Функциональные преобразователи можно разделить на универсальные и специализированные. Универсальные преобразователи позволяют с помощью одного устройства в результате перестройки воспроизводить различные функциональные зависимости.

Специализированные преобразователи приспособлены для воспроизведения только одной определенной зависимости.

В практике построения электронных интеграторов и моделей, а также отдельных счетно - решающих систем нашли применение оба типа устройств. В настоящей работе будет рассмотрен функциональ-

ный преобразователь, принадлежащий к классу универсальных устройств. Путем его соответствующей настройки можно воспроизводить функции вида:

$$y = \sin x, \quad y = \cos x, \quad y = x^2 \dots \quad \text{и т.д.}$$

Для работы преобразователя производится кусочно-линейная аппроксимация функции, т.е. замена кривой графика функции ломаной линией из конечного числа отрезков, как показано на рис. I.

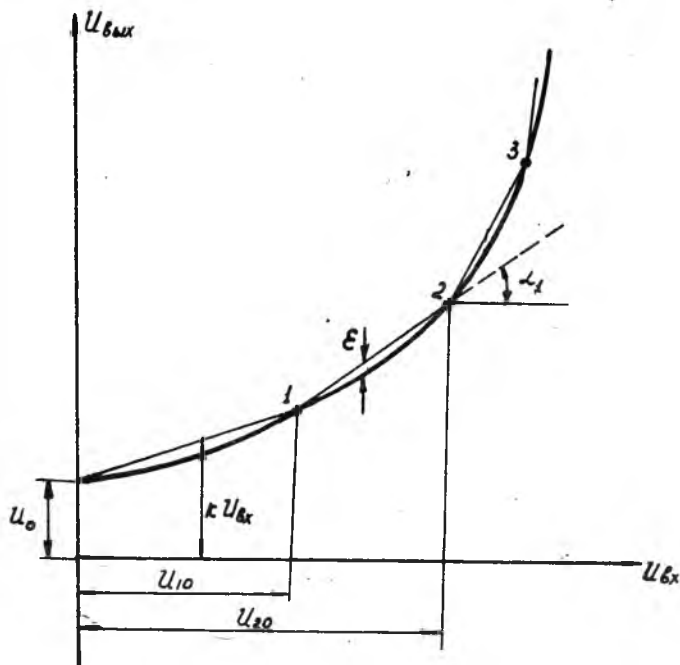


Рис. I.

Заданная функция при этом приближенно представляется выражением

$$U_{\text{вых}} = U_0 + k U_{\text{вх}} + \sum^n K_i (U_{\text{вх}} - U_{i0}),$$

где U_{i0} - опорные напряжения в начале каждого отрезка разбиения аргумента;

n - количество отрезков ломаной линии;

k - коэффициент, численно равный тангенсу угла наклона (α) соответствующего отрезка ломаной линии.

Для воспроизведения отрезков, аппроксимирующих функции, используются диодные ячейки. К аноду лампы (рис.2.) через потенциометр R_0 прикладывается опорное напряжение отрицательной полярности и входное напряжение противоположного знака.

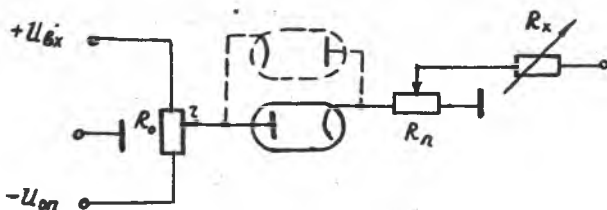


Рис.2.

Перемещением движка потенциометра производится установка начального значения напряжения отпирания диода. Действительно, ток через диод начнет проходить только тогда, когда падение напряжения на участке \approx потенциометра R_0 будет равно входному напряжению. Устанавливая движок потенциометра в соответствующее положение, имеем возможность вводить необходимое значение U_{i0} .

Изменение угла наклона характеристики диодного элемента после отпирания диода можно осуществить регулировкой потенциометра R_n . Изменение знака выходного напряжения производится за счет перемены направления тока через потенциометр R_n , что осуществляется с помощью второго диода, включенного обратно первому (обозначено пунктиром), и изменений знаков $U_{вх}$ и $U_{оп}$.

На рис.3 изображена упрощенная схема, поясняющая принцип действия универсальной диодной схемы с усилителями, которая использует рассмотренные диодные ячейки.

Входной усилитель служит для получения инвертированного напряжения. С помощью переключателей знака (ПЗ) и квадрантов (ПК) осуществляется коммутация диода \mathcal{A}_1 и изменение полярности опорного напряжения. Схема (рис.3) соответствует случаю, когда выходное напряжение имеет положительную полярность.

При установке переключателя ПК в положение, соответствующее II-III квадранту (пунктир), знак функции меняется на противоположный.

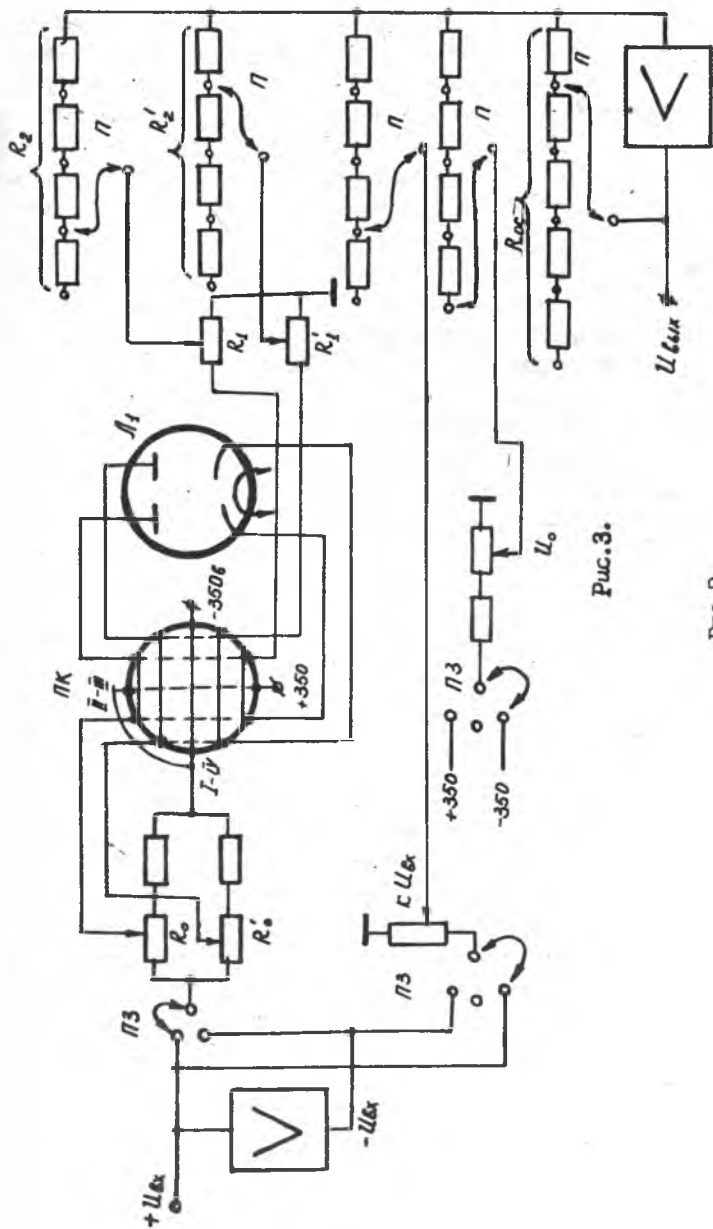


Рис. 3.

Рис. 3.

Угол наклона отрезков можно менять не только регулировкой потенциометров R и R_1' , но и за счет изменения коэффициента передачи последнего суммирующего усилителя путем ступенчатого изменения его входных сопротивлений R_2 или R_2' . Требуемый масштаб воспроизведения заданной функции может быть достигнут изменением сопротивления обратной связи $R_{ос}$.

Величина постоянной составляющей U_0 подается от источника питания + 350 или - 350 вольт. На вход суммирующего усилителя подводится также к $U_{вх}$ соответствующей величины и полярности.

Для определения положения переключателей ПК в точку излома аппроксимирующей функции переносится начало координат, при этом за ось x принимается первоначальное направление функции. Пример определения квадрантов отрезков для кривой произвольной формы приведен на рис. 4а.

Положения переключателей знака ПЗ определяются квадрантами (рис. 4б), в которых находятся отрезки, аппроксимирующие кривую. Для настройки функционального преобразователя (блока нелинейностей) на заданную нелинейную зависимость обычно прибегают к графическому построению аппроксимирующего многоугольника. Для этого нелинейная зависимость изображается в виде графика на миллиметровой бумаге в координатах $U_{вх}$ и $U_{вых}$ в увеличенном масштабе. Очевидно, что точность аппроксимации возрастает с увеличением числа отрезков разбиения всей шкалы изменения аргумента и определяется числом диодных ячеек преобразователя. В стандартных блоках имеется 12-16 ячеек.

Практика построения функциональных преобразователей показала, что для многих преобразований погрешность аппроксимации $\epsilon = 0,25\%$ обеспечивает суммарную погрешность 0,75-1%.

Уменьшение величины погрешности ниже указанного значения приводит к резкому увеличению требуемого числа участков разбиения аргумента, а следовательно, к увеличению числа диодных элементов и потере суммарной точности.

Настройке блока нелинейности на заданную функцию предшествует подготовительная операция - заполнение карты настройки. В качестве примера рассматривается подготовка к настройке блока для воспроизведения функции $y = \sin x$.

Вычерченный по шаблону график функции (рис. 5а) заменяется отрезками $A_0A_1, A_1A_2 \dots$ аппроксимирующей ломаной. Постоянная составляющая функции U_0 отсутствует, что указывается над картой

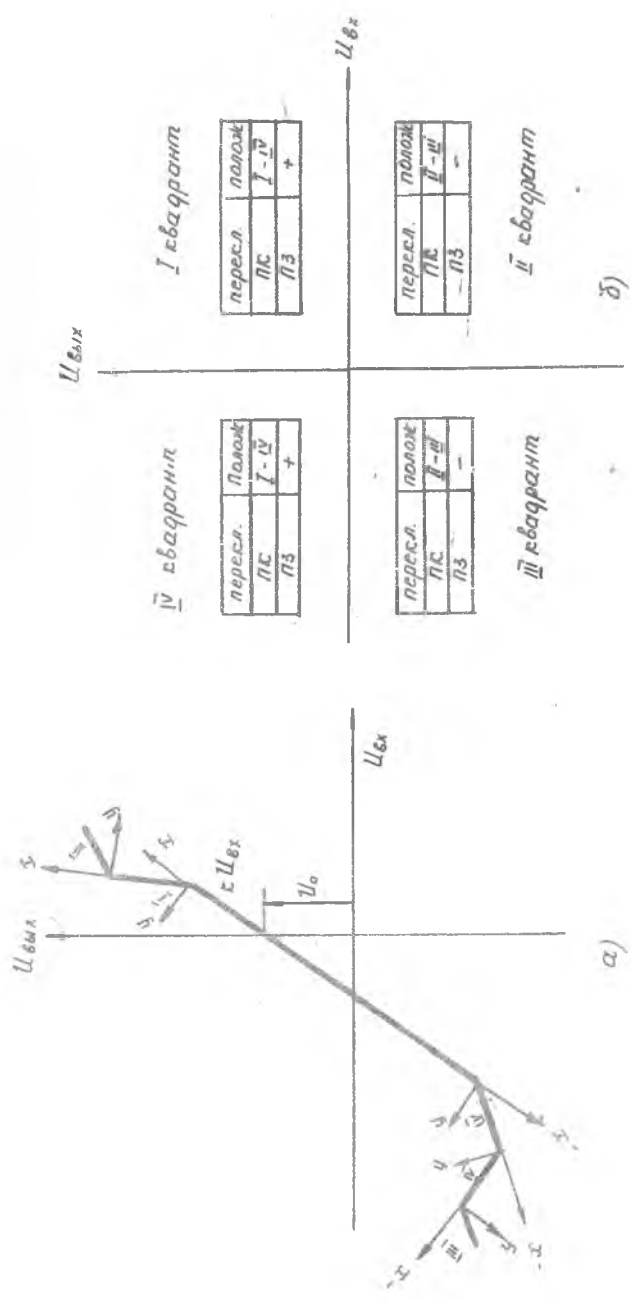
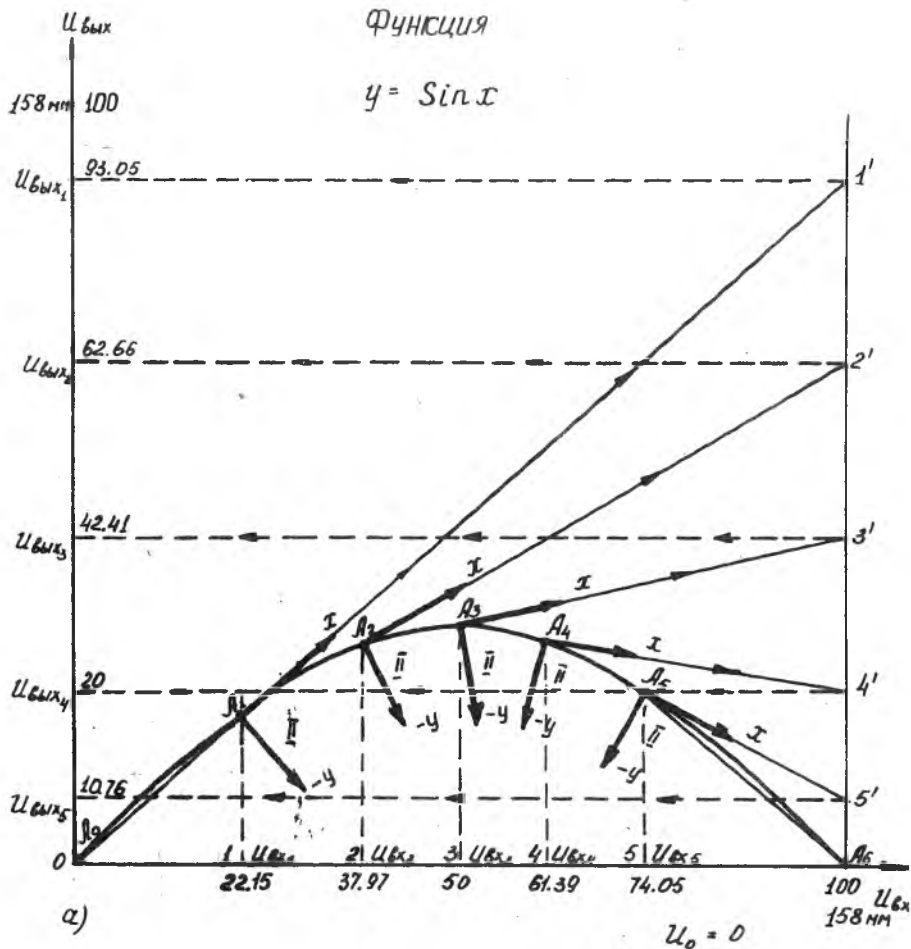


Рис. 4.

ФУНКЦИЯ
 $y = \sin x$



а)

$U_0 = 0$

	К.И	1	2	3	4	5
полож. пересл. ПЗ	+	-	-	-	-	-
полож. перекл. ПС		$\bar{\text{II}} - \bar{\text{III}}$	$\bar{\text{II}} - \bar{\text{III}}$	$\bar{\text{II}} - \bar{\text{III}}$	$\bar{\text{II}} - \bar{\text{III}}$	$\bar{\text{II}} - \bar{\text{III}}$
ограничение по x		22.15	37.97	50	61.39	74.05
набор $F(x)$		93.05	62.66	42.41	20	10.76

б)

Рис. 5.

настройки (рис. 5б). Для всех отрезков определяется квадрант, а затем по рис. 4-б - положения переключателей знака.

Диапазон изменения входного напряжения принят 0-100 вольт. В масштабе определяются опорные напряжения в начале каждого отрезка разбиения. Данные заносятся в графу "ограничение по \mathcal{X} ". Масштаб по оси абсцисс и ординат выбран одинаковым: 158 мм чертежа соответствуют напряжению 100 вольт.

Линейные отрезки $E(x)$ продолжают до пересечения с перпендикуляром в точке A_6 . Полученные значения $U_{6мкх}$ заносятся в графу "набор $F'(x)$ ".

П. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка состоит из пульта настройки ПН и собственно блока нелинейности БН, имеющих общий источник питания ЭСВ - 1М. Для контроля напряжений при настройке блока БН используются вольтметр типа М106.

Схема лабораторного блока нелинейности отличается от рассмотренной (рис. 3) тем, что включает 12 диодных ячеек (6 двойных диодов 6Х6С).

Постоянная составляющая I_0 вводится с помощью потенциометра $F'(0)$, а первый линейный участок с помощью потенциометра "кх".

Угол наклона отрезков устанавливается коммутационными вилками П, расположенными в правой части наборного поля блока, и потенциометрами R_{30} - R_{41} . Вилки имеют гравировку "коэффициент усиления". Коммутационная вилка $K_{общ}$ служит для изменения величины обратной связи суммирующего усилителя.

Переключатели квадрантов выполнены в виде многотырьковых коммутационных колодок с направляющим ключом. Для переключения необходимо вынуть колодку из гнезда и вставить ее в другом (повернутом на 90°) положении.

Пульт настройки (рис. 6) служит для точного задания напряжений в схему настраиваемого блока нелинейности.

Три усилителя постоянного тока U_1 , U_2 и U_3 , размещенные в приборе, имеют в обратной связи регулируемые сопротивления M_1 , M_2 и M_3 . Ручки сопротивления выведены на лицевую панель и имеют градуировку в вольтах. Изменением сопротивлений обратной связи регулируется величина выходного напряжения усилителей постоянного тока. С помощью трех тумблеров "вкл - откл" осу-

осуществляется подача этих напряжений на выходные гнезда X_1 , X_2 и $X_{вин}$. Изменение полярности выходных напряжений производится тумблерами "+", "-", "0".

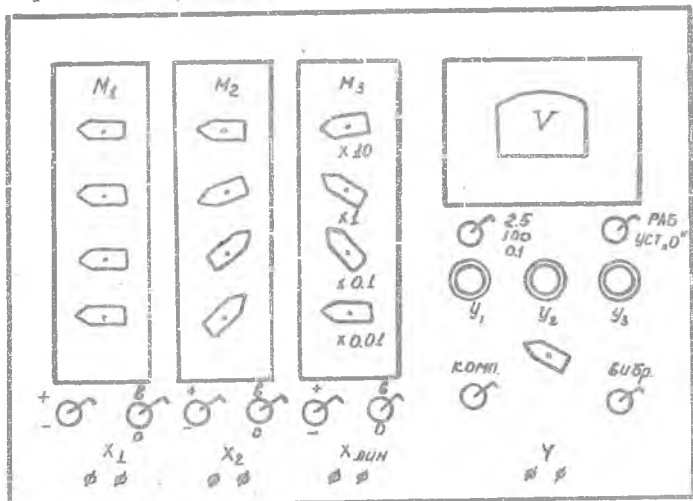


Рис. 6.

Грубый контроль выходных напряжений может осуществляться штатным прибором. В основном же прибор служит для установки нуля усилителей постоянного тока. Для этой цели он имеет переключатель шкал (100; 2,5 и 0,16). Под вольтметром располагаются тумблер рода работы ПН "установка нуля-работа", три потенциометра (по числу усилителей) установки нуля, шестипозиционный переключатель вольтметра и тумблер для включения вибропреобразователей.

При выполнении работы рекомендуется использовать первый усилитель Y_1 , имеющий выходные гнезда X_1 и магазин сопротивлений M_1 .

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Получить задание у преподавателя.
2. Провести аппроксимацию заданной функции и заполнить карту настройки.
3. Подготовить к работе пульт ПН :
ручки управления магазина M_1 установить в крайнее правое положение;

тумблер " работа - уст.нуля" поставить в нижнее положение; включить вибропреобразователи (тумблер "вибр.", а вольтметр подключить к усилителю U_I ;

установить нуль усилителя U_I вначале по шкале 100, затем 2,5 и 0,1 вольта;

вернуть ручки управления M_I в исходное положение, а пульт переключить в режим " работа".

4. Подготовить в работе блок нелинейности, для чего установить:

коммутационную вилку $K_{\text{общ}}$ в положение I;

вилки " коэффициент усиления" в положение 0,5;

потенциометры " ограничение по x " в крайнее левое положение (напряжение ограничения 100 в - диоды закрыты);

потенциометры набор $f'(x)$ в крайнее правое положение (максимальный коэффициент передачи диодных элементов);

потенциометры " $f'(0)$ " и " Kx " в крайнее левое положение.

5. Произвести настройку БН:

а) установить переключатели знака и квадрантов в положения, указанные в карте настройки;

б) ручками управления M_I подать на вход блока БН напряжение начала работы второго диодного элемента;

в) первый потенциометр " ограничение" по x "установить в положение, при котором на выходе БН, установится напряжение 0,1 - 0,5в;

г) первый потенциометр " набор $f'(x)$ " вывести в крайнее левое положение;

д) повторить п.п. 5б, 5в, 5 г для остальных отрезков аппроксимирующей ломаной;

е) установить значение U_0 потенциометром $f'(0)$; подать на вход БН 100 вольт и потенциометром Kx установить выходное напряжение, соответствующее наклону первого линейного элемента;

ж) вращением потенциометров " набор $f'(x)$ " вправо последовательно для каждого элемента на выходе блока установить напряжения, соответствующие наклону других отрезков ломаной. Если на выходе блока не удастся установить напряжения требуемой величины, следует коммутационную вилку по данному

элементу установить в положение 1, 2 или 4. При необходимости можно изменить и $K_{\text{общ}}$, после чего настройку углов наклона следует повторить.

6. Проверить настройку блока нелинейности: на график функции нанести фактические напряжения $U_{\text{вых}}$.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. График аппроксимируемой функции.
2. Карта настройки блока нелинейности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малиев Ю.Н. " Применение вычислительной техники в инженерных и экономических расчетах", ч. I. Куйбышев, 1968.
2. Сучилин А.М. " Основы вычислительной техники ". Москва, 1964.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НА СЕТОЧНОМ ЭЛЕКТРОИНТЕГРАТОРЕ
ЭИ - 12

Цель работы - ознакомление с принципом действия, устройством и методикой решения задач на электронном интеграторе ЭИ - 12.

При решении некоторых задач математической физики, например, при исследовании различных физических полей может быть использован так называемый метод аналогий, реализуемый, в частности, с помощью электрических сеточных моделей.

1. ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛЕЙ - АНАЛОГОВ

При построении моделей - аналогов используются системы аналогий между явлениями различной физической природы, имеющими одинаковое математическое описание (рис.1). Например, аналогия между механическими и электрическими явлениями; электрическими и акустическими; электрическими и тепловыми и т.д.

На рис.1 представлена аналогия между механическими и электрическими явлениями.

$$A_1 \frac{\partial^2 x}{\partial t^2} + A_2 \frac{\partial x}{\partial t} + A_3 x = F(t).$$

Метод моделирования с помощью электрических сеток базируется на том, что исследуемая область, состоящая из сплошной среды, представляется в модели разделенной на некоторое множество дискретных элементов (ячеек). Такая замена непрерывного распределения исследуемой функции дискретным соответствует приближенному описанию полей уравнениями в конечных разностях (рис.2).

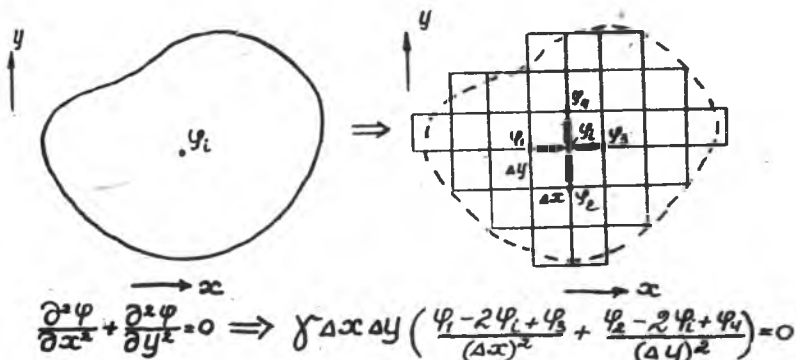


Рис.2.

III. ЭЛЕКТРОИНТЕГРАТОР ЭИ - 12 (назначение)

Сеточный электроинтегратор ЭИ-12 предназначен для исследования плоских физических полей в однородных средах, описываемых уравнениями Лапласа.

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0 \quad (2)$$

или уравнениями более общего вида

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[p(x,y) \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[q(x,y) \frac{\partial \varphi}{\partial y} \right] = 0 \quad (3)$$

для полей в неоднородных физических средах, при различных граничных условиях.

Здесь $p(x,y)$ и $q(x,y)$ - функции координат, характеризующие неоднородность среды.

В первом случае электрическая сетка составляется из одинаковых элементов (сопротивлений $Z_x = Z_y$) и приближенно моделирует поле в однородной сплошной среде (рис.3).

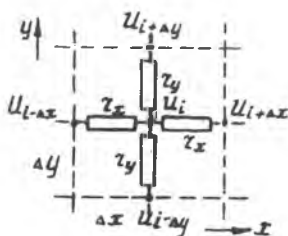


Рис.3.

Во втором случае сопротивления сетки по соответствующим координатам могут иметь различные значения, что позволяет моделировать поля в неоднородных или анизотропных средах.

С помощью ЭИ-12 можно моделировать также поля, описываемые уравнениями Пуассона

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = F(x, y) \quad (4)$$

или уравнениями более общего вида

$$\frac{\partial}{\partial x} [p(x, y) \frac{\partial \varphi}{\partial x}] + \frac{\partial}{\partial y} [q(x, y) \frac{\partial \varphi}{\partial y}] = F(x, y), \quad (5)$$

где $F(x, y)$ - возмущающая функция от координат x, y .

Для воспроизведения в модели функции $F(x, y)$ нужно к внутренним узлам сетки подключить соответствующие источники тока $J(x, y)$, так называемые "истоки" (рис.4).

Таким образом, в электроинтеграторе искомая функция φ моделируется потенциалами U_i в узлах сетки, а физическая среда представляется резистивной двумерной сеткой из переменных сопротивлений (рис.5).

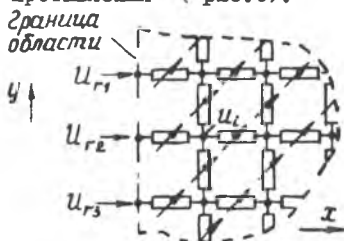


Рис.4.

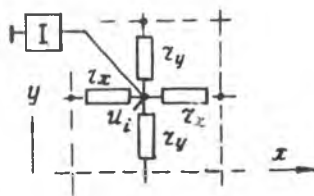


Рис.5.

При этом непосредственно на электроинтеграторе воспроизводится решение конечно-разностного представления уравнений (2) или (4)

$$\frac{U_{i-\Delta x} - 2U_i + U_{i+\Delta x}}{2x} + \frac{U_{i-\Delta y} - 2U_i + U_{i+\Delta y}}{2y} = \begin{cases} 0 \\ F(x, y) \end{cases}$$

или уравнений (3) или (5)

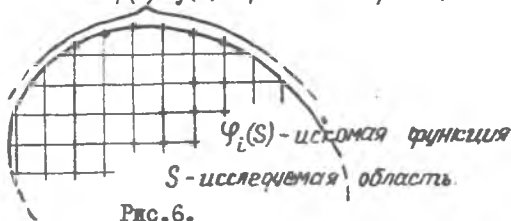
$$\left[\frac{U_{i-\Delta x} - U_i}{z_{i-\Delta x}} + \frac{U_{i+\Delta x} - U_i}{z_{i+\Delta x}} \right] + \left[\frac{U_{i-\Delta y} - U_i}{z_{i-\Delta y}} + \frac{U_{i+\Delta y} - U_i}{z_{i+\Delta y}} \right] = \begin{cases} 0 \\ F(x, y) \end{cases}$$

Для однозначного решения задачи должны быть определены (заданы) соответствующие граничные (краевые) условия. Наиболее часто на границе задается некоторое распределение функции $\varphi_r(S) = f(S)$ по координатам контура исследуемой области (рис.6).

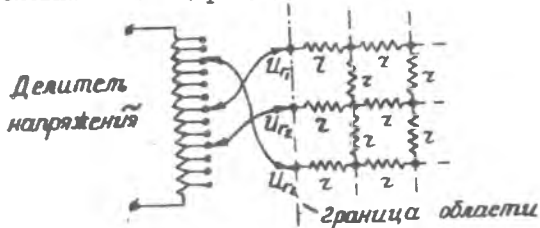
Этот случай называется первой краевой задачей, или задачей Дирихле.

Граничные значения функции также моделируются

$$\varphi_r(S) = f(S) - \text{граничная функция}$$



потенциалами $U_n(S)$, которые в электроинтеграторе подводятся с помощью шнуровой коммутации от делителя напряжения к граничным узловым точкам (рис.7).



На границе может быть задано значение нормальной производной от искомой функции

$$\frac{\partial \varphi_r(S)}{\partial n} = f(S),$$

что соответствует второй краевой задаче, или задаче Неймана. Для сеточной области подобные условия воспроизводятся путем введения токов $\mathcal{J}_r(S)$ в граничные узловые точки. Практически, чтобы исключить влияние сетки сопротивлений на величину граничных токов, последние вводят через большие сопротивления. В качестве сопротивлений можно использовать конденсаторы, емкостиве сопротивление \mathcal{X}_c которых переменному току достаточно велико.

Наконец, может встретиться и смешанная краевая задача, представляющая сочетание двух случаев.

IV. КОНСТРУКЦИЯ ЭЛЕКТРОИНТЕГРАТОРА ЭИ-12

Электроинтегратор ЭИ-12 работает на переменном токе промышленной частоты. Рассмотрим его основные узлы (рис.8).

1. Сетка переменных сопротивлений служит для набора области, соответствующей решаемой на интеграторе задаче (с помощью этих сопротивлений осуществляется установка значений коэффициентов $P(x, y)$ и $Q(x, y)$ в уравнении (3)).

Узловые точки сетки сопротивлений соединены с гнездами измерительной панели, гнездами панели граничных условий и гнездами панели истоков. С панели истоков через конденсаторы постоянной емкости задается ток, определяющие правую часть $F'(x, y)$ уравнений Пуассона (4) или (5).

Сетка сопротивлений

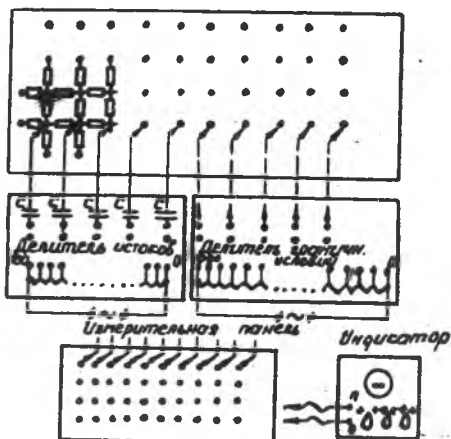


Рис. 8.

Конструктивно сетка сопротивлений представляет собой вертикальную панель, на которой расположены 28 вертикальных и 16 горизонтальных рядов магазинов сопротивлений. Величину этих сопротивлений можно изменять через 10 ом от 0 до 1000 ом. Большая ручка магазина меняет сопротивление на 100 ом, малая - на 10 ом.

2. Делитель граничных условий служит для задания нужных значений потенциалов $U_r(S)$ на границе исследуемой области его гнезда можно соединить коммутационными шнурами с любыми узлами сетки интегратора.

3. Коммутационные панели:

панель граничных условий и панель истоков соединены с соответствующими узловыми точками и служат для подачи на них граничных потенциалов или стоков;

измерительная панель предназначена для определения координат функции в узловых точках исследуемой области. Гнезда измерительной панели точно соответствуют узлам вертикальной сетки сопротивлений.

4. Измерительное устройство. Измерение потенциалов $U_i(S)$ в узлах сетки осуществляется компенсационным способом с помощью электронно-лучевого куль-индикатора. Для этой цели один зажим измерительного устройства (нулевой) соединяют с гнездом, потенциал которого принят за нуль (на измерительной панели), а другой подключают к узлу сетки, потенциал которого измеряется.

Регулировкой переключателей измерительного устройства приводят индикатор на нуль и по положению переключателей находят искомым потенциал U_i .

5. МЕТОДИКА РАБОТЫ НА ИНТЕГРАТОРЕ

Перед решением задачи на вертикальной панели переменных сопротивлений выделяется контур исследуемой области. Границы размечают вставленными в гнезда сетки вешками. Если граница области не проходит через узловую точку сетки сопротивлений, то граничные сопротивления корректируются следующим образом (рис.9).

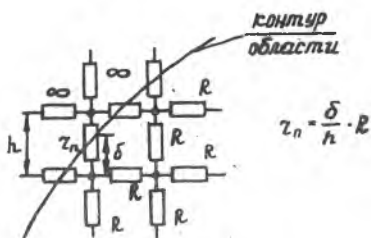


Рис. 9.

Смежные с используемой частью сетки магазины необходимо установить на ∞ .

После набора моделируемой области и установления величины сопротивлений сетки задает граничные условия в виде соответствующих потенциалов, получаемых от делителя граничных условий (рис. 10).

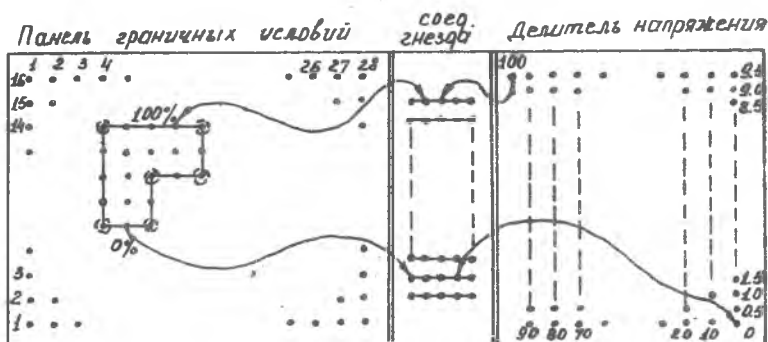


Рис. 10.

Определение искомой функции $И_i(S)$ в узловых точках модели производится с помощью измерительного устройства, как было показано выше.

Результаты измерений записываются в таблицу по форме конфигурации моделируемой области, строится графическая интерпретация распределения искомой функции.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с настоящей инструкцией.
2. Получить задание у преподавателя.
3. Разметить на всех рабочих панелях границы исследуемой области.
4. Установить необходимые значения сопротивлений сетки и ввести граничные условия.
5. Измерить значения искомой функции в узловых точках.
6. По данным эксперимента построить систему эквипотенциальных и перпендикулярных к ним силовых линий поля.

Содержание отчета

1. Условия задачи с необходимыми чертежами.
2. Таблица значений искомой функции.
3. Графическое изображение решения задачи.

Литература: Малнев Д.Н. "Вычислительная техника в инженерных и экономических расчетах", часть I, гл.УП, § 2.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ОЗНАКОМЛЕНИЕ С РАБОТОЙ И РЕШЕНИЕМ ЗАДАЧ НА ЭЦМ " ПРОМИНЬ "

Цель работы - ознакомление ЭММ "Проминь". Изучение принципов программирования для ЭММ "Проминь". Работа на пульте. Решение некоторых задач.

I. Основные сведения о машине "Проминь"

Малогобаритная электронная вычислительная машина "Проминь" ("Луч") предназначена для автоматизации расчетов малой и средней сложности.

"Проминь" - универсальная цифровая вычислительная машина с программным управлением. От больших ЭЦМ она отличается, с одной стороны, меньшим объемом памяти и меньшей точностью вычислений, а с другой - простотой программирования, малыми размерами, высокой надежностью и малым потреблением электроэнергии.

"Проминь" является одноадресной вычислительной машиной, с плавающей запятой. Числа представляются в десятичной системе счисления с точностью до 5 десятичных разрядов.

Машина выполняет 1000 сложений или 100 умножений в секунду. Количество различных операций, выполняемых машиной, 31

В машине "Проминь" имеются два различных запоминающих устройства:

оперативный накопитель - запоминающее устройство чисел;

программная матрица - запоминающее устройство команд.

Запоминающее устройство для чисел содержит 100 ячеек, из которых 79 оперативных ячеек (с ячейки № 01 по № 79) и 21 - для хранения наиболее употребительных констант (см. приложение).

Программа решения задачи набирается на специальном наборном поле - программной матрице, - рассчитанном на 100 команд, специальными штеккерами или металлизированными перфокартами.

Ввод чисел в запоминающее устройство производится вручную с пульта управления; вывод - на десятичные индикаторные лампы и на электрофицированную пишущую машинку.

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА МАШИНЫ

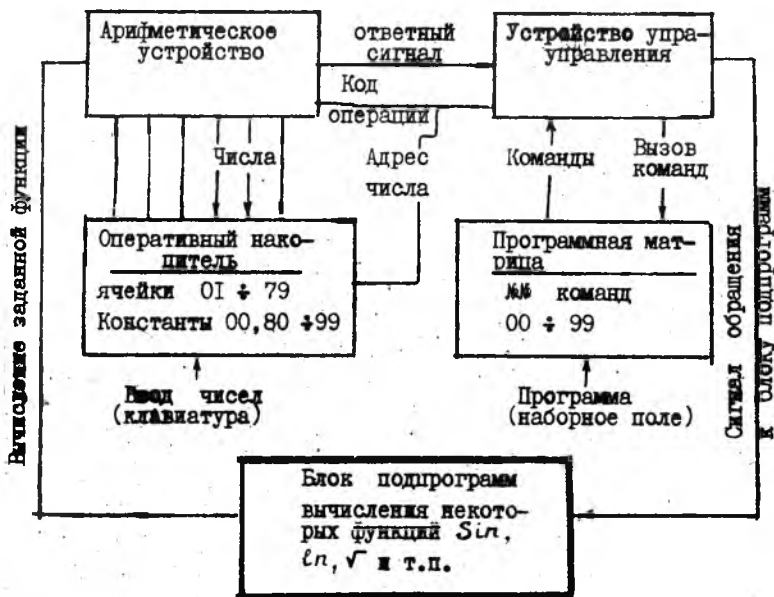
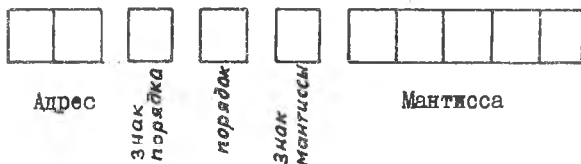


Рис. I.



Для ввода чисел в оперативный накопитель машины необходимо выполнить следующие операции:

1. На клавиатуре "Режим работы" включить клавишу *Ввод* (Ввод)
2. На клавиатуре "Адрес " набрать адрес ячейки, в которую надо ввести число.
3. На клавиатуре "Мантисса", " Порядок" набрать число.
4. Нажать на клавишу "Запись в ячейку".
5. По панели индикации проконтролировать правильность набора адреса ячейки и числа:

Повторить пункты 2,3,4,5 до окончания ввода чисел.

Аналогично вводу производится чтение (вывод) чисел, записанных в оперативном накопителе. В этом случае в отличие от ввода на клавиатуре чисел ничего не набирается и вместо клавиши "Запись в ячейку" нажимается клавиша "Вызов на сумматор".

ЗАДАНИЕ № I

Записать в машинной форме и ввести в ячейки 01,02, 03,04 оперативного накопителя следующие числа: 0,2879; 1032000; -1234,6; - 0,00000007.

Прочсть числа, находящиеся в 81,87,91,98 ячейках накопителя, и перевести полученные числа в обычную форму.

Диапазон чисел, с которыми работает машина, заключается в пределах $\pm 10^{-10}$ -- $\pm 10^9$; если при вычислениях получится число большее $\pm 10^9$, то машина остановится и на пульте загорится сигнал "Переполнение"; если же меньшее $\pm 10^{-10}$, то число запишется как машинный ноль.

III. ПРИНЦИП СОСТАВЛЕНИЯ ПРОГРАММ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ЭВМ "ПРОМИНЬ"

Процесс решения задач на ЭВМ "Проминь" состоит из следующих этапов:

составление программы;

набор программы на программной матрице при помощи штекеров;
ввод исходных данных (чисел) в оперативный накопитель;
решение задачи на машине;
расшифровка полученных результатов.

Программа - это последовательность закодированных указаний (команд), определяющих, какие и в каком порядке арифметические, логические или иные операции нужно выполнять, чтобы решить задачу.

Каждая команда машины "Проминь" состоит из кода операции (например, "Умн" - умножение) и адреса - двузначного десятичного числа, указывающего номер ячейки запоминающего устройства, над содержимым которой производится операция.

Так, например, по команде "Умн 02" число, находящееся в сумматоре машины, будет умножено на число, находящееся в ячейке № 02 запоминающего устройства чисел.

Результат операции останется в сумматоре, его можно записать в любую выбранную ячейку запоминающего устройства чисел либо продолжить вычисления.

Рассмотрим несколько команд, выполняемых машиной "Проминь"

Посылка числа в сумматор (ЧТ а) -

содержимое ячейки "а" посылается в сумматор (при этом содержимое ячейки "а" сохраняется).

Запись содержимого сумматора в ячейку (Зп а) -

содержимое сумматора записывается в ячейку "а" при этом старое содержимое ячейки "а" автоматически стирается, содержимое сумматора остается без изменения.

Сложение (Сл. а) - число в сумматоре алгебраически складывается с числом в ячейке "а".

Аналогично выполняются и другие арифметические операции - "Дел. а", "Умн. а", "Выч.1 а", "Выч.2 а".

Остановка (ост.00) - по этой команде машина останавливается на индикаторе фиксируется содержимое сумматора,

Печать результата (ост.01) в адресной части код 01 по этой команде печатается число в сумматоре, после чего машина продолжит счёт.

Корень квадратный ($\sqrt{\quad}$) (в адресной части устанавливается код 00) - по этой команде извлекается корень из числа в сумматоре. После выполнения этой операции результат остается в сумматоре.

Синус (\sin) - для выполнения этой (и других тригонометрических операций) аргумент, выраженный в радианах, должен находиться в сумматоре. В остальном операция аналогична предыдущей.

Условная передача управления (УПК К) - если число в сумматоре перед исполнением этой команды отрицательное, то следующей выполняется команда с порядковым номером "К" и далее. Если в сумматоре число положительное, порядок исполнения команд не меняется, а сама команда "УПК" не выполняется.

ЗАДАНИЕ № 2

Рассмотрим пример составления несложной программы для вычисления выражения

$$r = \sqrt{\frac{x_i^2 - m}{n}}$$

с числовыми значениями параметров: $m = 6,25$; $n = 0,23$;

- 1) $x_1 = 2,5$;
- 2) $x_2 = 5,0$;
- 3) $x_3 = 7,5$.

Примечание: значения x_i перед каждым решением вводить с клавиатуры пульта.

Размещаем исходные данные в следующих ячейках оперативного накопителя:

01	02	03
x_i	m	n
	6,25	0,23

Программа

Порядковые № команд	Команды	Содержимое сумматора
00	Чт 01	x_i
01	Умн 01	x_i^2
02	Выч I 02	$x_i^2 - m$
03	Дел 03	$(x_i^2 - m)/n$
04	$\sqrt{\quad}$	$\sqrt{(x_i^2 - m)/n}$
05	Ост 00	

Порядок выполнения задания

1. Прочитать Гл. IV "Операции на пульте управления" (см. дальнейший текст инструкции).
2. Набрать программу штеккерами на наборном поле программной матрицы.
3. Нажать кнопку " Нач. сброс".
4. Ввести исходные данные в оперативный накопитель в режиме ВВ1.
5. Нажать кнопки "Авт.", "Нач. сброс".
6. Нажать кнопку " Пуск".
7. Записать решение для каждого t_i (повторяя п.п. 3,4,5,6).
8. Проверить решения ручным счетом.

ЗАДАНИЕ № 3

Рассмотрим пример программы вычисления гармонической функции

$$y = f(t) = A \cdot \sin(\omega t + \varphi)$$

при значениях: $A = 20$; $\omega = 1,0472$; $\varphi = 0,52361$ и изменении аргумента t от $t_0 = 0$ до $t_n = 6$ с шагом $\Delta t = 0,5$.

В программе предусмотрено автоматическое изменение аргумента в заданных пределах и вывод на печать текущих значений t_i и функции y_i .

Исходные данные

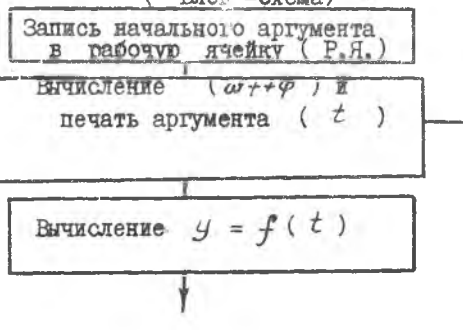
01	02	03	04	05	06	07
A	ω	φ	t_i	$t_n + \Delta t$	Δt	РЯ.
20	1,0472	0,52361	0	6,5	0,5	

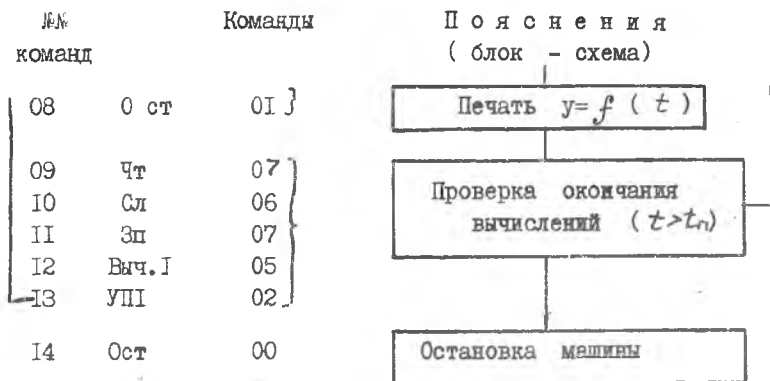
Программа

№ команд	Команды
00	Чт
01	Зп
02	Чт
03	Ост
04	Умн
05	Сл
06	Sin
07	У мн

П о я с н е н и я

(Блок - схема)





Порядок выполнения задания аналогичен предыдущему: перед нажатием кнопки " Пуск " включить печатающее устройство; задачу решить каждому студенту;

к отчету приложить машинную таблицу решения и построить график $y = f (t)$.

Содержание отчета

1. Функциональная схема ЭВМ "Проминь".
2. Решенные задания № 1, № 2, № 3 (условия заданий, программы, результаты решения, график для задания № 3).

Каждый студент может также факультативно выполнить одно из дополнительных заданий (№ 4,5,6,7,8), приведенных в конце настоящей инструкции.

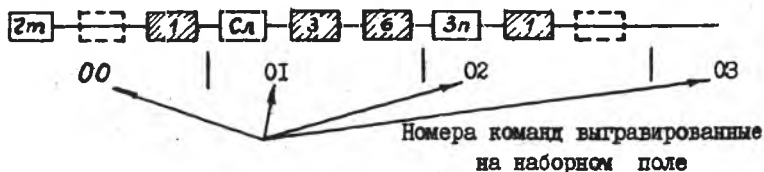
IV. ОПЕРАЦИИ НА ПУЛЬТЕ УПРАВЛЕНИЯ

Команды набираются штеккерами на наборном поле программной матрицы, расположенной с правой стороны пульта управления. наборное поле имеет 10 линейк прорезей, каждая из которых предназначена для 10 команд. Командный штеккер состоит из пластмассовой головки с выгравированным на ней символом и металлической планки, на которой этот символ закодирован комбинацией отверстий. Одна команда набирается тремя штеккерами: первый штеккер (белый)-символ операции, второй штеккер(черный)- первая цифра адреса, третий (черный)-вторая цифра адреса.Отсутствие штеккера соответствует " 0".

Например, программа

Номер команд	Символ операции	Адрес
00	Чт	01
01	Сл	86
02	Эп	10

на программной матрице будет выглядеть следующим образом



Рассмотрим ряд операций, выполняемых с пульта управления.

1. Очистка памяти

При одновременном нажатии двух кнопок "Стирание памяти" во всех ячейках запоминающего устройства (кроме занятых стандартными константами) запишутся нули (т.е. +0+00000).

2. Установка режима работы

В машине "Проминь" предусмотрены 3 основных группы режимов работы:

- ввода и вывода (Вв1 и Вв2);
- счета (АВТ и ТАКТ);
- отладочные режимы (К1 и К2).

Режим Вв1 рассмотрен выше.

Режим Вв2 предназначен для ввода группы чисел в ячейки памяти, расположенные подряд, при этом изменение адреса на единицу происходит автоматически.

Автоматический режим Обеспечивает автоматическое выполнение программы набранной на программной матрице при нажатии кнопки "ПУСК".

В режиме "ТАКТ" происходит выполнение одной очередной команды при каждом нажатии кнопки "Пуск" (используется при проверке программы).

Режимы К1 и К2 используются только при наладке машины.

3. Начальный сброс

Нажатие кнопки "Начальный сброс" приводит к установке устройств машины в исходное положение: в сумматор, в регистры "Адрес" и "№ Команды" засылаются нули. Обычно эту кнопку нажимают перед началом вычислений.

4. Занесение начального номера команды

При нажатии правой кнопки "Стирание памяти", которая выполняет также функцию занесения начального номера команды, в регистр "№ команды" (счетчик команд) заносится номер, набранный на клавиатуре номера команды. После нажатия на кнопку "Пуск" выполнение программы начинается с этой команды.

Занесение начального номера команды необходимо в случае, если номер первой команды программы не 00 (например, в случае, если на программной матрице набрано несколько различных программ).

5. Остановка перед командой с заданным номером

При нажатой кнопке "Включено" на клавиатуре номера команды машина останавливается перед командой с номером, который набран на указанной клавиатуре. Такая необходимость может возникнуть при желании посмотреть какой-то промежуточный результат вычислений, чаще всего это требуется при отладке программы.

6. Печать исходных данных и промежуточных результатов

Печать исходных данных набранных на клавиатуре производится нажатием кнопок "Запись в ячейку" и "Вызов на сумматор" в режимах Вв1 и Вв2.

Печать промежуточного результата производится по команде Ост.01.

Информация печатается в следующей последовательности:
№ команды - адрес - знак порядка - порядок - знак мантиссы - мантисса.

Пример:

Печать исходных данных (при вводе)
0011 + 3 - 5555

Здесь : 00 - команда. II - адрес, + 3 - порядок, - 55555 - мантисса, т.е. в ячейку II было послано (или вызвано) число 555,55.

При печати промежуточных результатов адрес всегда будет 01.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ ФАКУЛЬТАТИВНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ

ЗАДАНИЕ № 4

Составить программу нахождения корней квадратного уравнения вида $X^2 + px + q = 0$ по формуле

$$x_{1,2} = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\frac{p^2}{4} - q}$$

и решить его для значений p и q , приведенных в таблице I.

Таблица I

Вариант	p	q
I	1,0298	-0,097046
II	-0,081845	0,0016578
III	98,689	-0,11275
IV	345,7	-756740
V	0,000067567	-0,000000042381

ЗАДАНИЕ № 5

Составить программу нахождения корней квадратного уравнения вида $ax^2 + bx + c = 0$ по формуле

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

и решить его для значений a , b , c , приведенных в таблице 2.

Таблица 2

Вариант:	a	b	c
I	-0,0015313	4,2044	35,678
II	2361,9	1,3311	-0,18197
III	3,1633	0,012415	-0,050287
IV	0,0098989	-0,025789	0,0094545
V	-4202,5	2,3825	0,0000066649

ЗАДАНИЕ № 6

Составить программу вычисления функции 3-х переменных x, y, z , и вычислить F для значений x, y, z , приведенных в таблице 3.

$$F = \sqrt{\frac{x^2 - y^2 - z^2 + 2xy}{5}}$$

Таблица 3

Вариант	x	y	z
I	-2,1865	0,0012343	- 0,043222
II	6,5489	-0,022547	- 6,5251
III	-12,782	-0,012566	12,794
IV	328,52	- 5,5668	-322,86
V	-563,78	0,13746	563,64

ЗАДАНИЕ № 7

Составить программу вычисления факториалов больших чисел по приближенной формуле Стирлинга

$$n! \approx e^{(n+\frac{1}{2}) \ln n - n + \ln \sqrt{2\pi}}$$

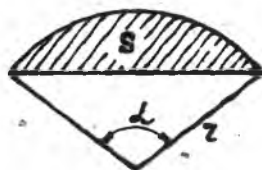
и вычислить $n!$ для значения n , взятого из таблицы 4.

Вариант	n
I	12
II	11
III	10
IV	9
V	8

ЗАДАНИЕ № 8

Составить программу для вычисления площади сегмента по формуле

$$S = \frac{r^2}{2} \left(\frac{\alpha}{180} - \sin \alpha \right)$$



Здесь: r - радиус,
 α - центральный угол в градусах.

Вычислить S для значений r и α , взятых из таблицы 5.

В программе предусмотреть перевод аргумента синуса из градусной меры в радианную.

Таблица 5

Вариант	r	α°
I	0,0034653	23,546
II	23,456	68,121
III	3455,5	0,055677
IV	47,581	96,878
V	0,0032853	5,3517

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

ИССЛЕДОВАНИЕ АРИФМЕТИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА

ЭЦВМ "ПРОМИНЬ-М"

Цель работы - знакомство с принципиальной схемой арифметического устройства и функциональной схемой счётной декады ЭЦВМ "Проминь"; исследование процесса выполнения операции сложения на электронной цифровой машине "Проминь".

1. НАЗНАЧЕНИЕ И СОСТАВ АРИФМЕТИЧЕСКОГО
УСТРОЙСТВА

Арифметическое устройство (АУ) предназначено для выполнения арифметических операций над числами и командами.

Кроме того, арифметическое устройство осуществляет обмен информацией между различными устройствами машины.

В АУ "Проминь" принят параллельно-последовательный вид переработки информации. АУ оперирует с числами, представленными с плавающей запятой, и имеет следующую разрядную сетку: пять десятичных разрядов для мантиссы и один - для порядка.

Все вычисления в АУ осуществляются в двоично-десятичном коде 52II. Знак мантиссы и знак порядка представляются двоичными разрядами (плюс представлен "0", минус - "1"). Кодирование десятичных чисел по системе 52II осуществляется автоматически при вводе.

Коды десятичных цифр в системе 52II

Десятичные циф-ры.	Цена раз-рядов	5	2	I	I
		4 разряд	3 разр.	2 разр.	I разр.
0		0	0	0	0
1		0	0	0	I
2		0	0	I	I
3		0	I	0	I
4		0	I	I	I
5		I	0	0	0
6		I	0	0	I
7		I	0	I	I
8		I	I	0	I
9		I	I	I	I

В АУ имеются регистры, представляющие собой ячейки памяти, позволяющие запомнить участвующие в операциях числа на время, необходимое для выполнения с ними арифметических преобразований. Схема АУ выполнена на типовых логических импульсно-потенциальных транзисторных ячейках.

АУ (рис.1) состоит из трех функциональных блоков:

Блок сумматора мантиссы содержит пятиразрядный десятичный сумматор (декады $I д \div У д$), один десятичный разряд сумматора переполнения мантиссы ($См Пер.М$), знаковый двоичный разряд ($Тзн.См$), регистр переносов ($T_I пер \div T_5 пер$) и схему округления ($T окр.$).

В блок регистра мантиссы входят пятиразрядный десятичный регистр (декады $I д \div У д$), знаковый двоичный разряд ($Тзн. РгМ$) и дополнительный регистр (ДРг) - один десятичный разряд, используемый при выполнении операции умножения.

Блок порядков содержит одноразрядные десятичные суммат р порядка ($СмП$) и регистр порядка ($РгП$), и знаковые разряды ($Тзн СмП$; $Тзн РгП$), разряд переполнения сумматора ($СмПерП$) и схему выравнивания порядков.

Сумматор арифметического устройства (САУ)

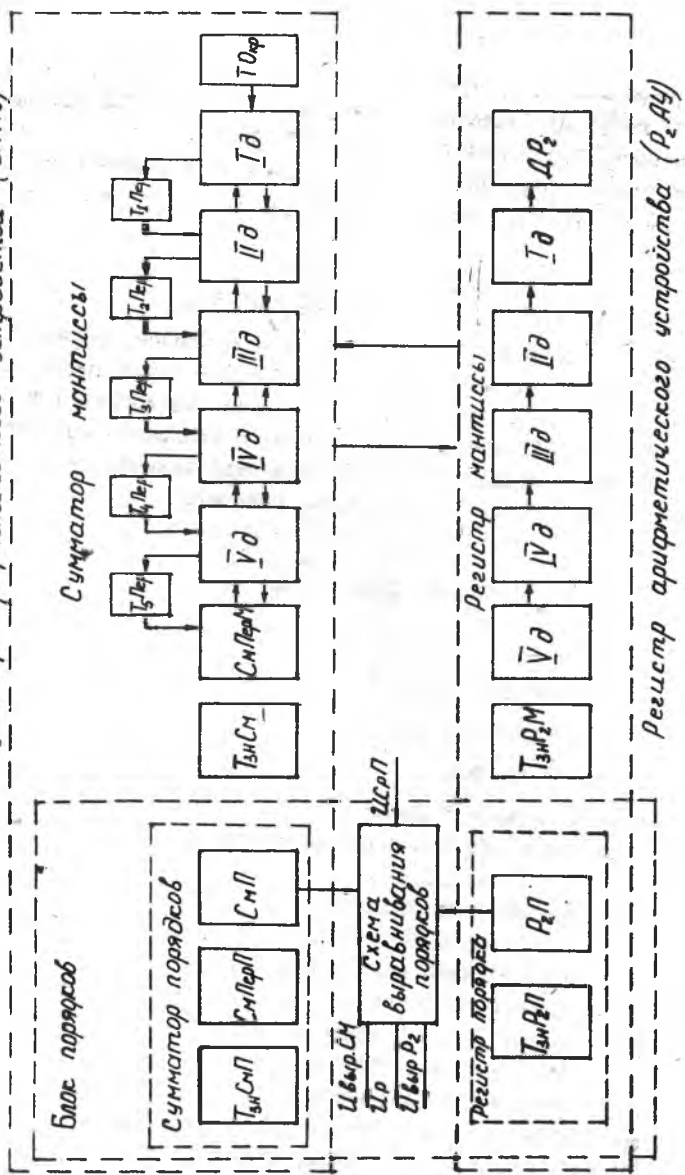


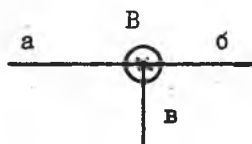
Рис. 1.

С запоминающим устройством АУ связано кодовыми шинами. По шинам АУ поступают исходные числа, по ним же результаты вычислений переносятся в память машины (ЗУ).

Выполнение арифметических операций осуществляется под воздействием импульсов устройства управления.

П. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА И ПРИНЦИП РАБОТЫ СЧЕТНОЙ ДЕКАДЫ

Каждый десятичный разряд сумматора мантиссы, регистра мантиссы и регистра порядка представляет собой 4-х разрядный счетчик по модулю 10 (рис.2). Использование кодировки информации в системе 52II обеспечивает наиболее экономное построение счетчика. На входе каждого триггера счетчика включен диодно-трансформаторный вентиль "В", на схеме которого



- а - импульсный вход,
- в - потенциальный вход,
- б - выход вентиля.

Двоичные цифры в машине "Проминь" обозначаются различными уровнями напряжения. Высокое напряжение (- 0,3в) соответствует единице, низкое (-12,6 в) - нулю.

Условием прохождения отрицательного сигнала через диодно-трансформаторный вентиль является наличие высокого потенциала на входе "в" и отрицательного импульса на входе "а".

Перед началом работы (рис.3) счетчика все триггеры декады находятся в состоянии "0". С приходом первого отрицательного импульса T_1 перебрасывается в состояние I, т.к. на потенциальном входе диодно-трансформаторного вентиля V_1 высокий потенциал. На входы других триггеров сигнал не поступит из-за низкого напряжения на потенциальном входе V_2 . Таким образом, после первого импульса в декаде зафиксируется 000I, что соответствует числу I в системе 52II.

Второй импульс через вентиль V_2 опрокидывает в единицу только T_2 . Зафиксированное в декаде число 00II соответствует

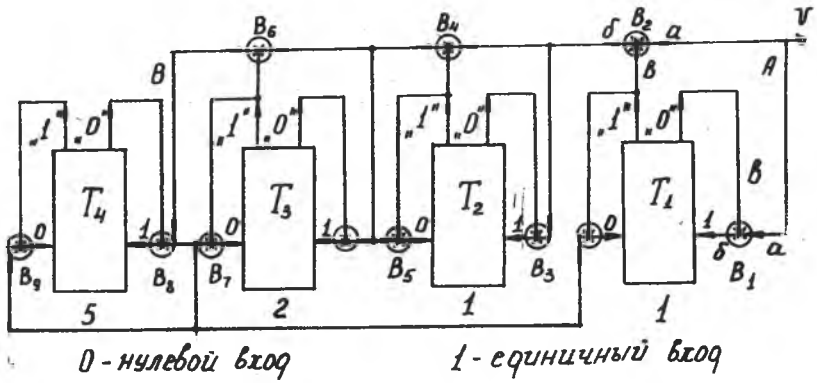


Рис. 2.

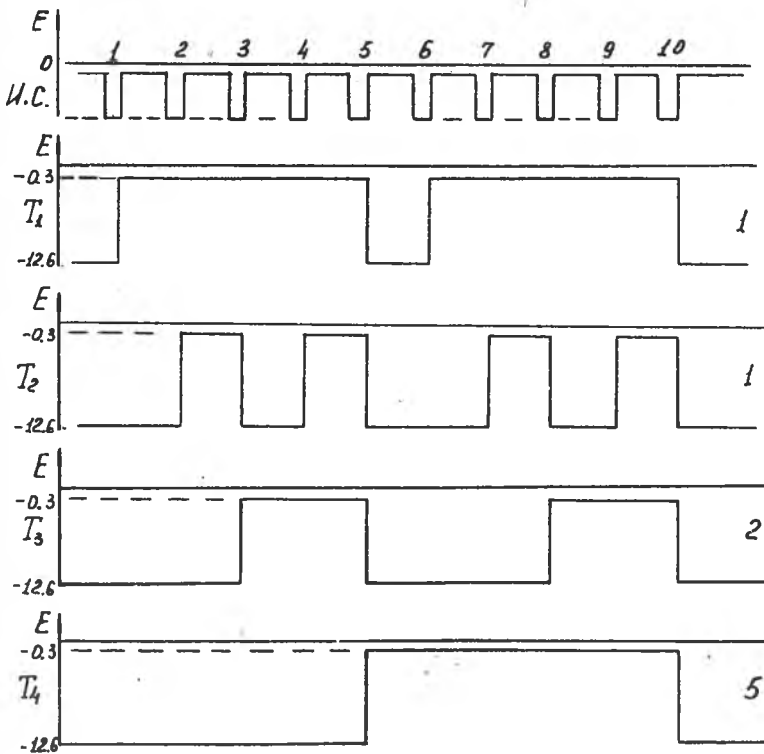


Рис. 3.

цифре 2 и т.д.

После 9-го импульса все 4 триггера декады будут в состоянии "1". Десятый импульс перебрасывает все триггеры декады в состояние "0"; одновременно в сумматоре мантиссы соответствующий триггер переноса принимает состояние "1". Таким образом, числу 10 в декаде сумматора мантиссы соответствует нулевое состояние триггеров декады и единичное состояние триггера переноса. В декаде регистра мантиссы этому числу также соответствует нулевое состояние триггеров декады.

III. ОСОБЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ

НА ЭЦВМ "ПРОМИНЬ"

Операции, выполняемые машиной, разделяются на две группы:

К первой группе относятся : Сл, Выч.1, Выч.2, Умн., СлФ, ВычФ; любая из этих операций может быть выполнена как определенная последовательность микроопераций.

К микрооперациям относятся:

сброс отдельных регистров в нулевое состояние для подготовки приема новой информации;

выдача информации с регистра;

прием на регистры новой информации;

преобразование прямых кодов в инверсные;

сдвиг кодов в регистрах и т.д.

С приходом каждого импульса центрального управления (импульсы серии СИ) выполняется одна микрооперация.

Для выполнения сложной арифметической операции типа сложения, умножения и т.п. необходима серия управляющих импульсов.

Ко второй группе относятся: деление, операции вычисления элементарных функций, нахождения скалярного произведения векторов, решение системы линейных алгебраических уравнений. Каждая из этих операций выполняется по специальной программе. Программы операций второй группы (микропрограммы) хранятся в долговременном запоминающем устройстве машины, называемом микропрограммной матрицей.

По сигналу обращения из микропрограммной матрицы выдается в необходимом порядке вся последовательность команд выбранной микропрограммы. Каждая команда микропрограммы называется микрокомандой, которая представляет собой операцию первой группы. Она

имеет свой адрес, фиксируемый на счетчике микрокоманд.

IV. ОПИСАНИЕ ПУЛЬТА СИГНАЛИЗАЦИИ

Пульт сигнализации является основным устройством для контроля работы машины.

На передней панели пульта имеются индикаторы для проверки состояния следующих устройств:

регистра мантисс (РГМ) - 5 декад по 4 триггера в каждой;

регистра порядка (РГП) - 4 триггера;

декада сумматора переполнения (СмПерМ) - 4 триггера;

дополнительного регистра (ДРГ) - 4 триггера;

триггера сумматора переполнения порядка (СмПерП);

триггеров знака (РГП и РГМ).

В верхней части пульта расположены индикаторы триггера округления и пяти триггеров переноса. В нижней части пульта расположены индикаторы триггеров регистра операций и счётчика микрокоманд с соответствующими тумблерами включения.

При нажатии кнопки "УОСм" (установка нуля сумматора) устанавливаются в ноль порядок и мантисса сумматора.

При нажатии кнопки "Зан. в см" (занесение в сумматор) число, набранное на клавиатуре, заносится на сумматор.

V. РЕЖИМЫ РАБОТЫ МАШИНЫ

Устройство управления обеспечивает возможность работы машины в шести различных режимах:

Режимы ввода и вывода исходных данных в ячейки памяти - "Вв1" и "Вв2";

режим выполнения команд набранных на программной матрице - "Автомат";

режим работы по тактам - "Такт". В этом режиме машина работает по программе набранной на программной матрице, но с остановкой перед выполнением каждой команды, т.е. одному нажатию кнопки "Пуск" в этом режиме соответствует выполнение одной команды;

режим работы "К1" аналогичен режиму "ТАКТ", за исключением операций второй группы, где машина останавливается при каждом обращении к долговременному запоминающему устройству;

режим работы "К2". В этом режиме происходит остановка машины после каждого импульса центрального управления (импульсы серии СИ). т.е, одному нажатию кнопки "Пуск" соответствует выпол-

нение одной микрооперации.

У1. СЛОЖЕНИЕ ЧИСЕЛ С ОДИНАКОВЫМИ ЗНАКАМИ

Познакомимся с выполнением в машине "Проминь" основной операции цифровых машин - сложением чисел.

Машина выполняет операцию сложения в следующей последовательности:

1. На регистр АУ вызывается второе слагаемое (первое находится в сумматоре);

2. Производится выравнивание порядков слагаемых путём сдвига вправо меньшего числа и увеличения его порядка на единицу с каждым сдвигом до тех пор, пока порядок меньшего числа не станет равным порядку большего. С каждым сдвигом производится округление сдвигаемого числа.

Если цифра младшего отбрасываемого разряда больше или равна пяти, производится увеличение на единицу старшего разряда, если меньше пяти - увеличение старшего разряда не производится.

Выравнивание порядков осуществляется схемой выравнивания порядков АУ (см. рис.1). На схему из устройства управления подается импульс сравнения порядков (ИсрП). В зависимости от величины порядков слагаемых (с учета знака) схема выравнивания вырабатывает:

импульс выравнивания содержимого сумматора (ИвырСм), если порядок числа в регистре выше порядка числа в сумматоре;

импульс выравнивания содержимого регистра (ИвырРг), если порядок числа в См выше порядка числа в Рг;

импульс равенства (Ир), если порядки равны;

В зависимости от импульса, сформированного схемой выравнивания, сдвигается вправо число либо в сумматоре, либо в регистре до появления импульса равенства, который блокирует дальнейшее выравнивание.

3. Осуществляется суммирование мантисс слагаемых.

Суммирование производится путём присчитывания к каждому разряду сумматора (декаде) такого количества единиц, какое содержится в соответствующем разряде регистра (декаде регистра). Для этого реализуется следующая формула подекадного суммирования:

$$A_n + B_n = A_n + [10 - (10 - B_n)],$$

где n - разрядность чисел ($n = 1, 2, 3, 4, 5$);

A_n - значение n -го разряда 1-го слагаемого;

B_n - значение n -го разряда 2-го слагаемого.

Суммирование мантисс осуществляется в следующем порядке:

- а) код числа, находящегося в регистре мантисс (РгМ), инвертируется. Инвертирование производится путём образования в декадах регистра поразрядных дополнений кодов до 10, что соответствует реализации выражения $(10 - B_n)$;
- б) к каждому разряду числа в сумматоре A_n прибавляется число $10 - (10 - B_n)$. Для этой цели одновременно прибавляется "1" к соответствующему разряду регистра и сумматора. Такое прибавление осуществляется до тех пор, пока в рассматриваемом разряде регистра не образуется код "0" (что соответствует числу 10 в декаде). Суммирование заканчивается при появлении кода "0" во всех разрядах регистра;
- в) происходит реализация записанных в триггерах переносов и выполняется округление.

4. Знак суммы определяется по знаку сумматора.

5. Если после сложения двух чисел старший разряд суммы оказался в сумматоре переполнения, то результат нормализуется (сдвигается вправо на 1 разряд; к порядку прибавляется единица) и округляется.

Пример:

$$\begin{array}{r} \text{Сложить сумматор} + 63422 \cdot 10^{+2} \\ \text{регистр} + 34466 \cdot 10^{+3} \end{array}$$

1. Содержимое регистра порядков (РгП) больше содержимого сумматора порядков. Схема выравнивания порядков формирует импульс "ВырОм", по которому число в сумматоре сдвигается и принимает значение $+ 06342 \cdot 10^{+3}$.

2. Число в регистре инвертируется и принимает значение $+76644 \cdot 10^{+3} (10 - B_n)$.

3. К числу в сумматоре мантисс $+ 06342$ и к числу в регистре мантисс $+ 76644$ поразрядно прибавляется 34466 единиц

$$10 - (10 - B_n) = B_n$$

сумматор мантисс	регистр мантисс
06342	76644
+ 34466	+ 34466
30708	00000

В сумматоре мантиссы при этом единицы переноса задерживаются в соответствующих триггерах переноса, а регистр мантиссы

№ импульсов С.П.	Назначение импульса
8 + n + 4 + m	Сбрасывается триггер округления (Токр). Его содержимое прибавляется к I декаде СММ.

- В процессе поступления из центрального устройства управления на управляющие шины первых пяти импульсов серии С.И. машина подготавливается к выполнению операции сложения. Начиная с 8-го импульса происходит выравнивание порядков слагаемых. Выравнивание порядков заканчивается после поступления n импульсов СИ, где n - количество сдвигов меньшего слагаемого.

После инвертирования содержимого регистра мантисс с приходом импульса $n + 2$ начинается прибавление I к содержимому РГМ и СММ. Прибавление прекращается после импульса $n + 2 + m$, где m - количество прибавляемых единиц, равное величине наибольшего разряда слагаемого в РГМ.

В разобранным примере $m = 6$. Операция сложения заканчивается после прихода импульса $8 + n + 4 + m$.

Алгоритм операции сложения чисел с разными знаками отличается от алгоритма сложения чисел с одинаковыми знаками и в данной работе не рассматривается.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Получить задание у преподавателя.
2. В ячейке 00 программной матрицы набрать команду "Сл01".
3. Число с меньшим порядком записать в ячейку памяти 01.
4. Нажать клавишу "Нач. сброс".
5. Набрать на клавиатуре число с большим порядком. Нажатием кнопки "Зан.вСм" на пульте сигнализации занести число на сумматор.
6. Включить режим "К2".
7. Нажав клавишу "Пуск", проследить за выполнением операции сложения в соответствии с табл. I.
8. Повторив п.4 и п.7, заполнить табл. 2. В таблице отразить:

последовательное изменение числа в регистре АУ в процессе выравнивания;

инвертированное число в регистре мантисс;

последовательное изменение содержимого СММ и РГМ при подекадном суммировании;
окончательный результат суммирования.

Таблица 2.

Последовательность выполнения операции	Сумматор		Регистр	
	порядок	мантисса	порядок	мантисса
Выравнивание				
Инвертирование				
Подекадное суммирование				
Результат после сложения содержимого триггеров переноса и округления				

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Функциональная схема АУ и декадного счетчика.
2. Временная диаграмма счетчика.
3. Таблица наблюдений.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО СЧЕТЧИКА

Цель работы - знакомство с работой электронного счетчика; построение счетчиков с различным коэффициентом пересчета.

1. ВОПРОСЫ ТЕОРИИ

Электронные счетчики, построенные на триггерных ячейках, находят широкое применение в вычислительной технике и в различных схемах электронной автоматики.

Одним из основных элементов счетчика является триггер со счетным входом, электрическое состояние которого меняется при поступлении на вход запускающего сигнала. Функциональная схема счетчика на 3 двоичных разряда и временная диаграмма его работы приведены на рис.1.

В исходном состоянии все триггеры находятся в нулевом положении т.е. на выходах "1" у них нулевой уровень напряжения, а на выходах "0" - высокий отрицательный уровень, близкий к напряжению коллекторного питания. Следует заметить, однако, что единичное и нулевое состояние триггера - чисто условные обозначения. В ряде схем единичному состоянию триггера соответствует нулевой потенциал на единичном выходе триггера. При этом считают, что потенциал нуля выше любого отрицательного напряжения, а следовательно, он является высоким.

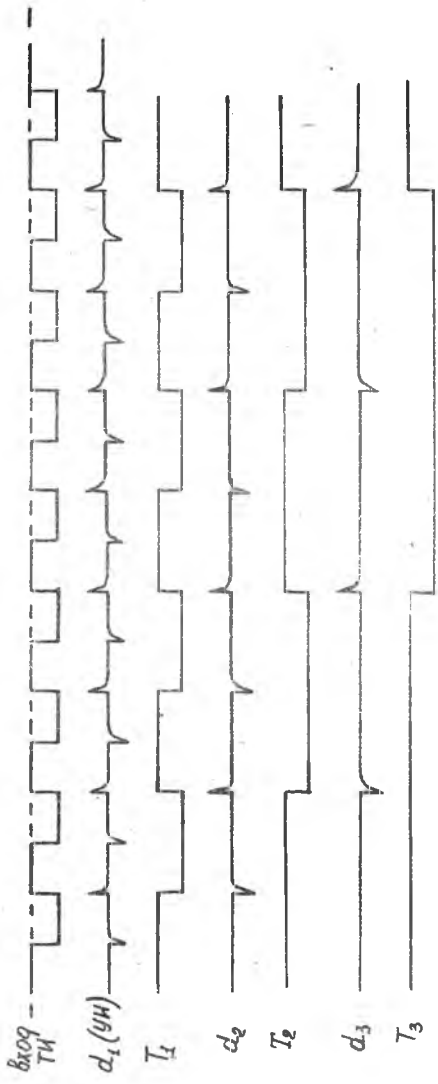
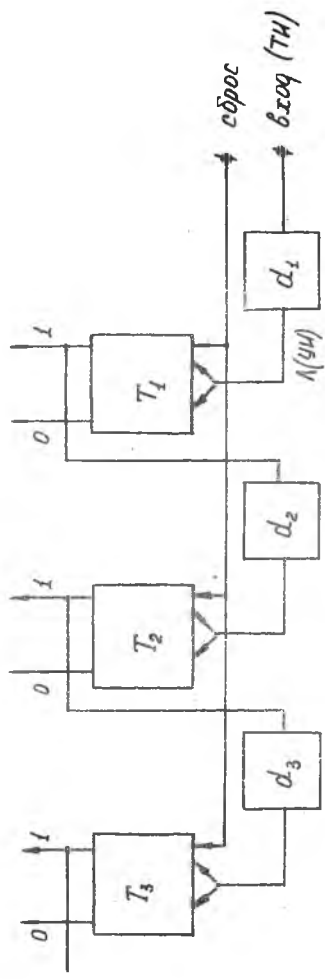


Рис. 1.

При подаче на вход счетчика (рис.1) импульсных сигналов прямоугольной формы на выходе дифференцирующей схемы d_1 появляются короткие двуполярные импульсы, которые поступают на счетный вход триггера T_1 . Последний будет изменять свое состояние при поступлении каждого положительного импульса. Входные цепи триггеров устроены так, что на импульсы отрицательной полярности триггер не реагирует. На единичном выходе триггера T_1 образуются сигналы прямоугольной формы, длительность которых равна периоду следования входных импульсов. Это объясняется тем, что выходной сигнал образуется при двукратном изменении состояния триггера, для чего требуются два входных импульса.

Вход триггера T_2 связан с выходом T_1 через дифференцирующую цепочку d_2 . Перебросы этого триггера в 2 раза реже, чем триггера T_1 , иначе говоря, триггер T_2 перебрасывается на каждый четвертый импульс входного сигнала. Аналогично триггер T_3 перебрасывается на каждый восьмой импульс, действующий на входе счетчика.

Электрическое состояние триггеров счетчика изображает двоичный код, соответствующий количеству импульсов, поступивших на вход. Например, после прихода на вход шести импульсов триггеры будут находиться в состояниях: $T_1 \rightarrow "0"$, $T_2 \rightarrow "1"$, $T_3 \rightarrow "1"$, что соответствует двоичному коду 110 (шесть).

Таким образом, схема двоичного счетчика позволяет производить счет количества импульсов, поступающих на вход и фиксацию его в двоичном коде.

При поступлении на вход восьмого импульса все три триггера оказываются в нулевом состоянии, т.е. счетчик переполняется. Если счетчик имеет n разрядов, то для его переполнения потребуется $M = 2^n$ импульсов. Величина M называется модулем счетчика.

Максимальное двоичное число, которое может быть зафиксировано n - разрядным счетчиком, очевидно, на единицу меньше модуля, т.е.

$$N = M - 1 = 2^n - 1.$$

Это число носит название емкости счетчика.

Максимально допустимая частота следования входных импульсов определяет быстродействие счетчика. Из принципа работы схемы следует, что максимально допустимая частота входных импульсов определяется динамическими свойствами триггера младшего разряда,

т.е. триггера T_I .

Минимально допустимый интервал времени t_m между поступлением следующих друг за другом положительных перепадов напряжения входного сигнала определяется временем восстановления триггера T_I .

Максимальная частота счетчика будет

$$F_{max} = \frac{1}{t_m} .$$

Время t_m зависит от амплитуды входного сигнала и крутизны фронтов положительных перепадов. Это время тем меньше, чем больше амплитуда и выше крутизна положительных перепадов.

Часто бывает необходимым во время паузы между очередными входными сигналами производить съём и передачу двоичных кодов, зафиксированных счетчиком, в другие электронные схемы. В этом случае важную роль играет время установления счетчика t_y , т.е. интервал времени от момента поступления очередного импульса на вход счетчика до момента установления двоичного кода на его выходах.

Этот интервал времени в общем случае является переменным. Он зависит от количества разрядов счетчика, а так же от информации зафиксированной в нем.

Максимальную величину время установления имеет в том случае, если возникают переносы между всеми разрядами счетчика, т.е. если во всех триггерах счетчика установлены единицы и на вход поступает один импульс.

Съём информации, зафиксированной счетчиком, может быть произведен лишь по истечении времени установления сигналов. При большом количестве разрядов счетчика время установления может превышать период поступления входных сигналов. Очевидно, что в этом случае информация, снимаемая со счетчика, может оказаться недостоверной.

Условием снятия достоверной информации со счетчика в процессе счета будет

$$t_y < t_m .$$

П. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка представляет собой настольную конструкцию с мнемонической схемой на лицевой панели. Блок-схема установки (рис.2) кроме двоичного счетчика включает в себя схему преоб-

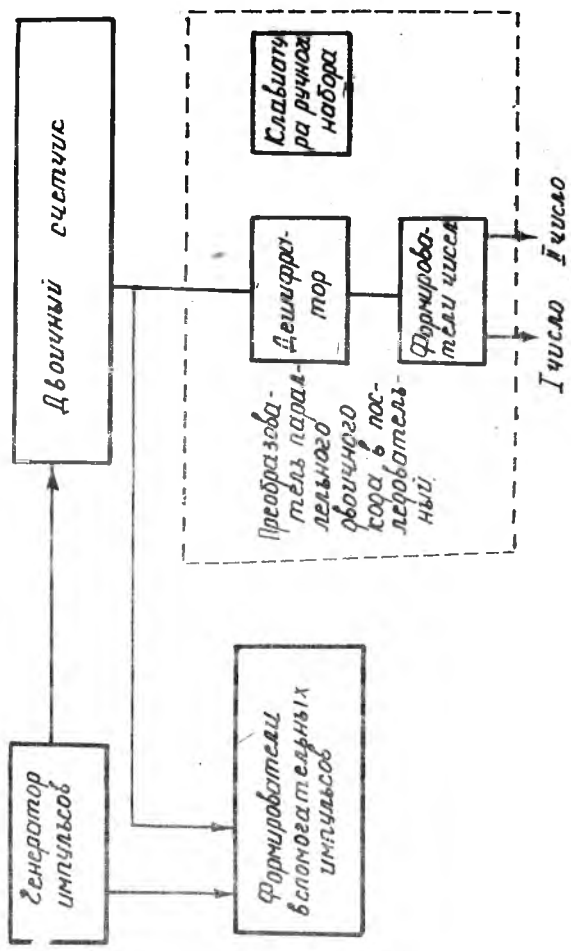


Рис. 2.

разования параллельного двоичного кода в последовательный и схему формирования вспомогательных импульсов.

Двоичный счетчик- составная часть установки. Он является предметом исследования данной лабораторной работы.

В основу построения схемы лабораторного макета положен модульный принцип. Каждый модуль в схеме выполняет определенную логическую операцию. Ниже приводится краткое описание модулей, используемых в лабораторной работе.

Инвертор (рис.3) предназначен для выполнения логической операции отрицания (НЕ).

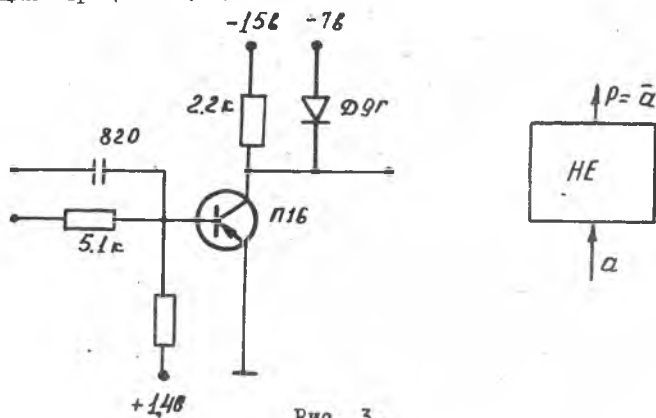


Рис. 3.

Транзистор П16, примененный в схеме, работает в ключевом режиме. При отсутствии входного сигнала он заперт положительным смещением + 1,4в, напряжение на его коллекторе равно - 7в.

Входной сигнал(отрицательный импульс или потенциал)компенсирует напряжение смещения, транзистр открывается и на его коллекторе образуется перепад напряжения -7в +0в.Таким образом, сигнал на выходе пропадает с появлением сигнала на входе.

Триггер (рис.4) представляет собой схему из двух встречно включенных инверторов. Единичному состоянию триггера соответствует открытое состояние правого (по схеме) транзистора и потенциал земли на единичном выходе и наоборот. Установка триггера в любое устойчивое состояние осуществляется остроконечным импульсом положительной полярности УИ.

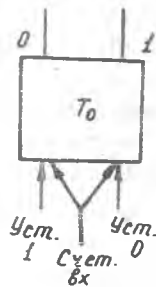
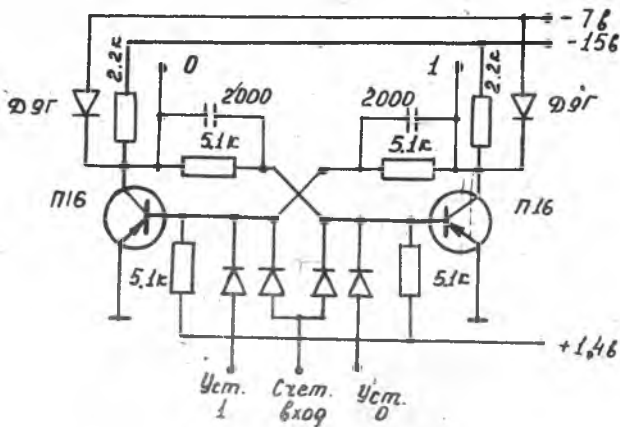


Рис. 4.

Сборка (рис.5) предназначена для выполнения операции логического сложения "ИЛИ". Сигнал на выходе схемы "ИЛИ" появляется при наличии отрицательного сигнала хотя бы на одном из входов.

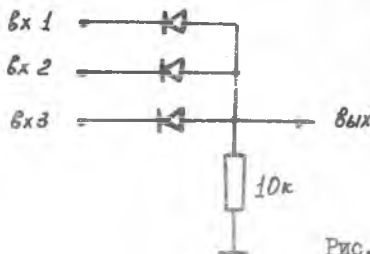
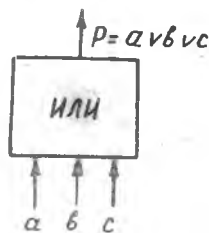


Рис. 5.



Клапан (рис.6) выполняет логическую операцию умножения "И". Сигнал на выходе "И" появляется при наличии отрицательных сигналов на всех входах схемы.

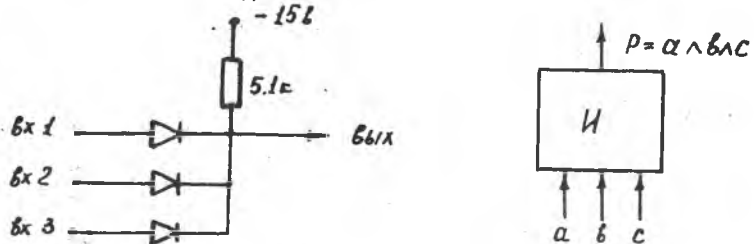


Рис.6.

Усилитель (рис.7) предназначен для усиления и формирования прямоугольных импульсов. При отсутствии сигнала на входе усилитель закрыт смещением +1,4в. Входные цепи усилителя обеспечивают емкостную и гальваническую связь между каскадами. Выход усилителя трансформаторный, что обеспечивает удобное согласование усилителя с другими модулями. Амплитуда сигналов на выходе достигает 5 ± 7 в. Вторичные обмотки усилителя, как правило, включаются в противофазе для получения положительных и отрицательных импульсов.

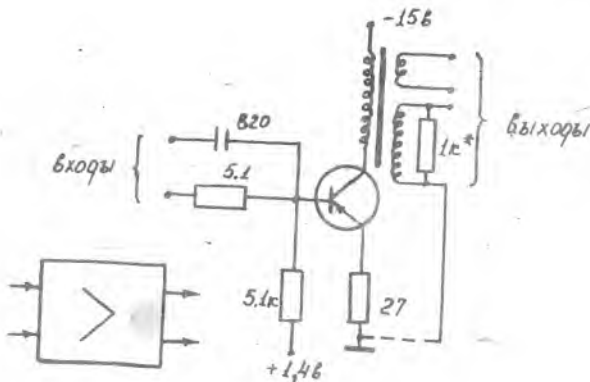


Рис. 7.

Генератор (рис.8) вырабатывает синусоидальные напряжения частотой 100 кГц, необходимые для исследования триггерного счетчика в автоматическом режиме. Схема генератора — обычная индуктивная трехточка. Трансформатор генератора содержит основную обмотку, обмотку обратной связи и нагрузочную. С нагрузочной обмотки снимаются двухполярные сигналы.

Кроме рассмотренного здесь генератора в схеме имеется генератор одиночных импульсов, который используется при исследовании счетчика в ручном режиме. Он представляет собой триггер, плечи которого принудительно замыкаются на землю через контакты кнопки "Пуск". Использование триггера в этом режиме исключает "дребезг" контактов.

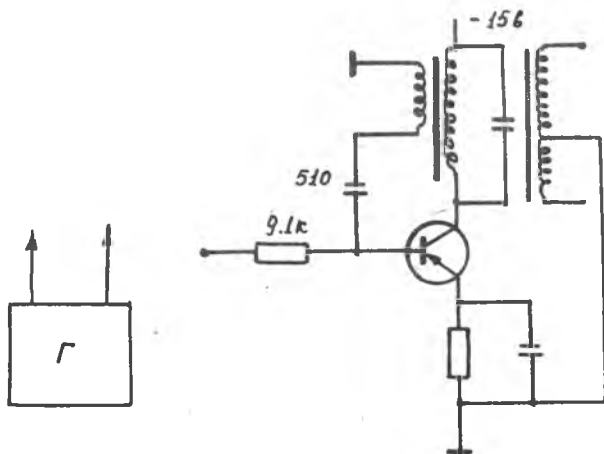
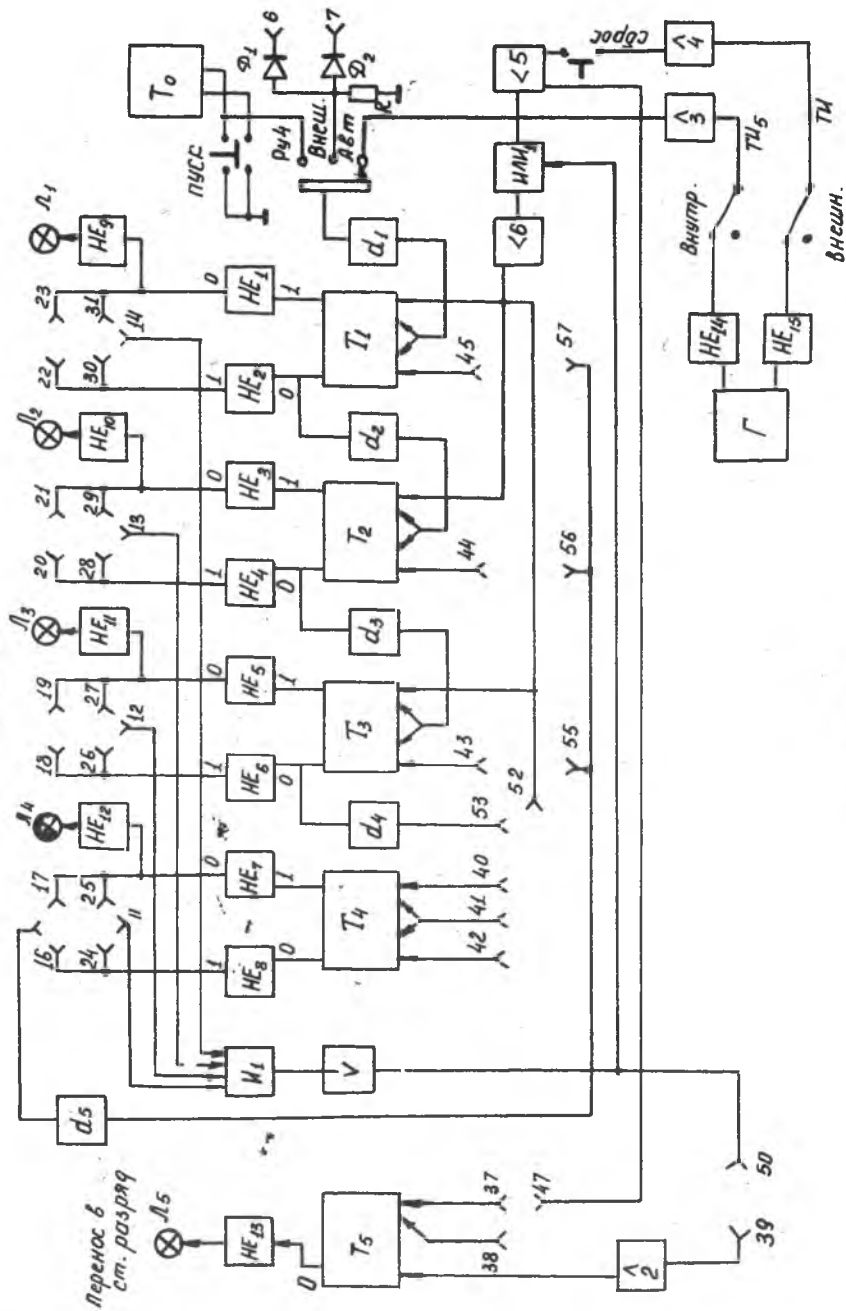


Рис.8.

Счетчик лабораторного макета (Рис.9), в отличие от рассмотренного ранее (рис.1), имеет следующие особенности:

количество разрядов счетчика может быть увеличено до 4-х; выходы триггеров соединяются с гнездами 16-31 через инверторы HE_1 и HE_8 , из-за чего нулевые выходы оказались справа, а единичные — слева. По этой же причине дифференцирующие цепочки d_2, d_3, d_4 подключены к нулевым выходам триггеров;

счетчик имеет индикацию состояний триггеров, выполненную на лампочках накаливания L_1 и L_5 .



перенос 6
см. разраб

Рис. 9.

Единичному состоянию триггера соответствует потенциал "земли" на единичном выходе;

предусмотрена возможность изменения модуля счетчика, путем введения обратных связей.

Синусоидальные колебания генератора Г с помощью цепей "HE₁₄", "HE₁₅", усилителей 3 и 4 преобразуются в прямоугольные последовательные отрицательные импульсы "ТИ" и "ТИ₅" частотой 100 кГц, сдвинутые по отношению друг к другу на 5 мксек (на половину периода). Импульсы "ТИ₅" используются для работы счетчика в автоматическом режиме, а "ТИ" - для сброса счетчика в нуль.

При внешнем запуске на гнезда 6 и 7 подаются отрицательные прямоугольные импульсы амплитудой 7в длительностью ≤ 10 мксек с плавным изменением интервала между ними. Диоды Д₁ и Д₂ вместе с нагрузочным сопротивлением R образуют схему "или". Этот режим используется для исследования быстродействия счетчика. При уменьшении интервала между импульсами, до t_m триггер Т₁ не успевает срабатывать, его колебания срываются.

При ручном режиме импульсы для запуска счетчика снимаются с триггера Т₀, который выполняет здесь роль генератора одиночных импульсов. В этом режиме удобно исследовать счетчик с обратными связями, служащими для изменения модуля М. Необходимость изменения модуля чаще всего возникает при конструировании счетчика работающего в десятичной системе счисления.

Для этой же цели могут использоваться кольцевые пересчетные схемы. Последние, однако, неудобны тем, что требуют большого числа триггеров (равного М). За счет обратных связей можно получить любую величину.

$$M \leq 2^n.$$

На макете предусмотрена возможность изменения М двумя способами:

коммутацией входов схемы И₁ с выходами триггеров счетчика на гнездах И₁ ÷ И₄;

коммутацией гнезд 45 ÷ 57; 44 ÷ 56 ; 43 ÷ 55 и использованием дифференцирующей цепочки.

В первом случае сигнал переноса в старший разряд появляется на выходе усилителя I в момент совпадения отрицательных сигналов на входе схемы И₁.

Это совпадение (при любом количестве поступивших на вход

импульсов) обеспечивается коммутацией входа I_1 с выходами счетчика.

Коммутация входов I_1 для различных емкостей счетчика приведена в табл. I. Если, например, необходимо осуществить перенос в старший разряд при счете до 5, входы клапана I_1 следует соединить с единичным выходом T_4 , нулевым T_3 , единичным T_2 и нулевым T_1 .

Импульс переноса обрывает в "0" счетчик (через схему "ИЛИ" и усилитель 6) и через гнезда 50-39

Таблица I

Коммутация входов клапана "И₁"

Емкость счетчика	Выходы триггеров			
	T_4	T_3	T_2	T_1
I	I	I	I	0
2	I	I	0	I
3	I	I	0	0
4	I	0	I	I
5	I	0	I	0
6	I	0	0	I
7	I	0	0	0
8	0	I	I	I
9	0	I	I	0
10	0	I	0	I
11	0	I	0	0
12	0	0	I	I
13	0	0	I	0
14	0	0	0	I
15	0	0	0	0

опрокидывает сигнальный триггер T_5 . Загорается красная лампочка "Перенос в старший разряд".

При втором способе изменения модуля обратная связь подается с единичного выхода T_4 через дифференцирующую цепочку C_5 на одно из гнезд 43, 44, 45. При включении обратной связи, например, на гнездо 44 счетчик работает до 14 (16-2). Вместе с установкой

T_4 в единичное состояние опрокидывается в единицу и T_2 , что равноценно добавлению в счетчик 2-х единиц.

Схемой не предусмотрена одновременная подача обратной связи на несколько входов, хотя принципиально это возможно путем усиления сигнала после d_5 .

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с расположением счетчика на макете, а также с принципиальными схемами входящих в его состав элементов.
2. Произвести коммутацию гнезд 53-41, 52-40, позволяющую просмотреть работу 4-х разрядного счетчика в режиме "ручной". Просмотреть последовательность переключений триггеров.
3. Замерить осциллографом амплитуду и длительность импульсов на выходе каждого триггера в автоматическом режиме. Зарисовать обобщенную временную диаграмму.
4. Просмотреть и зарисовать форму сигнала на выходе дифференцирующей цепочки, связывающей T_3 , T_4 в нагруженном и ненагруженном состоянии.
5. На клеммы 6 и 7 макета от генератора МГИ-1 подать сигналы амплитудой минус 7в, длительностью 8 мксек, частотой 1 кГц. Один из сигналов подается с гнезда "выход", другой - с "выхода синхронизации". Сигналы должны быть задержаны по отношению друг к другу на максимальную величину (тумблер и ручка "задержка") в пределах возможности генератора.
6. Вращением ручки "задержка плавно" уменьшать интервал между импульсом до себя триггера T_1 .
7. Замерить осциллографом минимальный интервал между импульсами. Подсчитать время установления счетчика.
8. Собрать схемы 4-х разрядных счетчиков с модулями, указанными преподавателем. Проверить работу схем в ручном режиме.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Функциональные схемы счетчиков с обратными связями и без них.
3. Временные диаграммы работы счетчиков.
4. Расчеты времени установления счетчика.

ЛИТЕРАТУРА

АНИСИМОВ Б.В., ЧЕТВЕРИКОВ В.Н. Основы теории и проектирования цифровых вычислительных машин. Машгиз.1962.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

АНАЛИЗ СХЕМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО
ДВОИЧНОГО КОДА В ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЙ

Цель работы - изучение принципа преобразования параллельного двоичного кода в последовательный при помощи электронного счетчика и схем совпадения; знакомство со способами получения ряда вспомогательных сигналов.

В работе должны быть проанализированы основные временные соотношения, формы сигналов, причины появления помех и способы борьбы с ними.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Преобразование параллельного двоичного кода в последовательный чаще всего осуществляется при помощи схем электронной коммутации, осуществляющих поочередно подключение разрядов регистра, хранящего двоичный код к общему каналу выхода.

Коммутирующее устройство представляет собой набор схем совпадения "И", управляемых двоичным счетчиком. Двоичный счетчик (рис.1), имеющий n разрядов, позволяет производить дешифрацию чисел, имеющих количество разрядов N , равное модулю счетчика, т.е.

$$N = M = 2^n$$

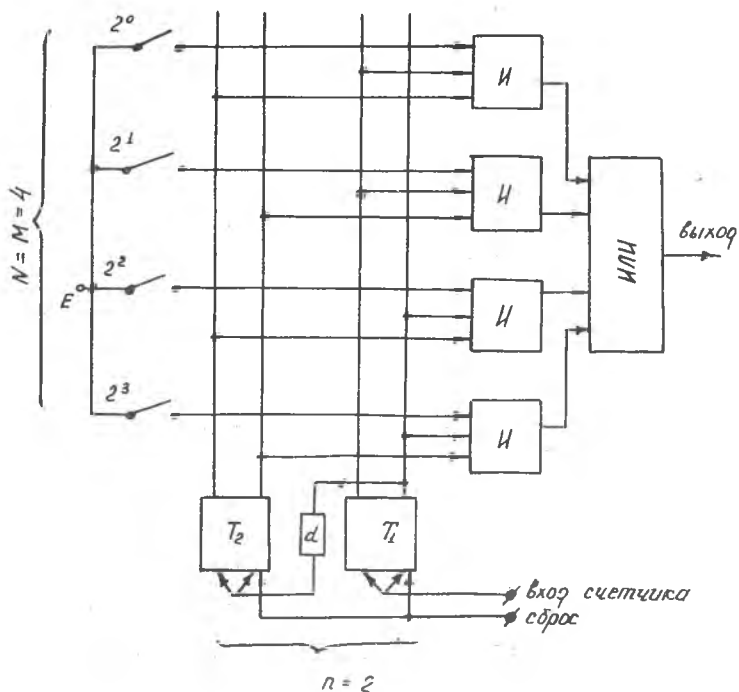


Рис. I.

Для управления электронным коммутатором в этом случае используется ряд последовательных состояний, которые приобретают различные триггеры счетчиков.

Электронный коммутатор представляет собой набор схем совпадения, каждая из которых имеет $n + 1$ входов.

Одна схема совпадения обеспечивает дешифрацию одного двоичного разряда. К входу каждой из схем совпадения присоединены выходы триггеров счетчика и n разряд дешифрируемого числа. Выходы

всех схем совпадения объединяются схемами собирания в одну выходную шину. Для обеспечения последовательной работы присоединение выходов триггеров счетчика ко входам схем совпадения производится в определенной закономерности. При этом схема совпадения, соединенная с m -ным разрядом дешифрируемого числа, должна получать разрешающие сигналы от счетчика в тот момент, когда в последнем зафиксировано двоичное число m . Таким образом, ко входу схемы совпадения должны быть присоединены единичные выходы триггеров, имеющих состояние "1", и нулевые выходы триггеров, имеющих состояние "0", при фиксации в счетчике числа " m ". Так, например, для разряда 2 дешифрируемого числа должен быть взят единичный выход T_1 и нулевой - T_2 .

При подаче на вход счетчика непрерывной последовательности импульсов на выходах схем совпадения поочередно появляются сигналы, соответствующие значащим разрядам параллельного двоичного кода.

Необходимо отметить, что помимо сигналов последовательного двоичного кода на выходах схем появляются импульсы помех. Одной из основных причин этого является задержка установления двоичного кода по отношению к моменту прихода импульсов на вход счетчика.

В течение времени установления на выходах триггеров могут быть ложные коды, открывающие схемы совпадения, не соответствующие значению кода в счетчике.

Устранение ложных кодов достигается применением стробирующих (разрешающих) импульсов $T_{и}$.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Схема [§] преобразования кодов (рис.2) включает в себя дешифраторы параллельного кода, клавиатуру ручного набора параллельного числа и формирователи последовательных кодов.

Дешифраторы служат для временной развертки набранного на клавиатуре параллельного двоичного кода в последовательности: знак числа; 2^0 ; $2^1, \dots, 2^n$.

Дешифраторы состоят из схем $I_2 \div I_9$. Каждая схема имеет ручное

[§] В лабораторной установке имеются две идентичные схемы преобразования. В работе исследуется только одна из них, имеющая выходную клемму " 1 число ".

управление с клавиатуры и со счетчика (см. лабораторную работу № 8). Выходы схем объединены схемами ИЛИ₂ и ИЛИ₄ .

Клавиатура набора параллельного двоичного кода выполнена на тумблерах, каждый из которых маркирован значением разряда параллельного кода.

Формирование импульсов числа осуществляется усилителем 7 и схемой И₁₄ , на которую кроме стробирующего сигнала Т_и заводится импульс управления.

Гнезда 59, 15 и 8 позволяют проследить весь процесс преобразования.

Кроме схем преобразования кодов лабораторная установка позволяет получать некоторые вспомогательные импульсы:

НС - начало слова (гнездо 4);

КС - конец слова (гнездо 3);

ЗКС - задержанный на 5 мксек конец слова (гнездо 48);

ОКС - одиночный конец слова (гнездо 1);

Иу - импульс управления длительность в 1 слово (гнездо 2);

ОИу - одиночный импульс управления (гнездо 54);

ПИ - промежуточный импульс (гнездо 5).

Под словом (машинным) понимается совокупность информационных символов (цифр, букв и т.д.), размещаемых в одной ячейке памяти и воспринимаемых во всех устройствах машины в виде единой кодовой группы. В вычислительных машинах оно служит единицей информации.

Количество символов, содержащихся в машинном слове, называется длиной слова. В схеме (рис.2) каждое слово состоит из 8 символов (Знак, 2⁰, 2¹, 2², 2³, 2⁴, 2⁵, 2⁶).

Импульсы начала слова (НС) проходят на гнездо 4, когда триггеры Т₁ и Т₃ находятся в нулевом состоянии при наличии на входе И₁₂ разрешающегося сигнала Т_и.

С приходом каждого импульса Т_и (при единичных состояниях Т₁ и Т₃) образуются импульсы конца слова (КС).

Сигналы ЗКС отличаются от КС только тем, что открытие схемы И₁₃ происходит в момент прихода Т_{и5} задержанных относительно Т_и на 5 мксек.

В течение каждого цикла заполнения счетчика может быть получен промежуточный импульс ПИ. Время появления этого импульса определяется коммутацией входов И₁₀ с выходами триггеров. Этот

импульс может совпадать с КС, если гнезда 33-35 соединить с единичными выходами триггеров, и с КС- если они подключены к нулевым выходам $T_1 - T_3$. При прочей коммутации ПИ появляется в промежутке времени между КС и КС.

Импульс управления I_u снимается с нулевого выхода T_4 , имеет прямоугольную форму и отрицательную амплитуду.

Рассмотренные сигналы могут быть сняты с соответствующих выходных гнезд и использованы для синхронизации осциллографа или при совместной работе 2-х лабораторных установок.

Для аналогичной цели служат сигналы ОКС и ОИу, которые вырабатываются с помощью рис. 3 и 4 соответственно.

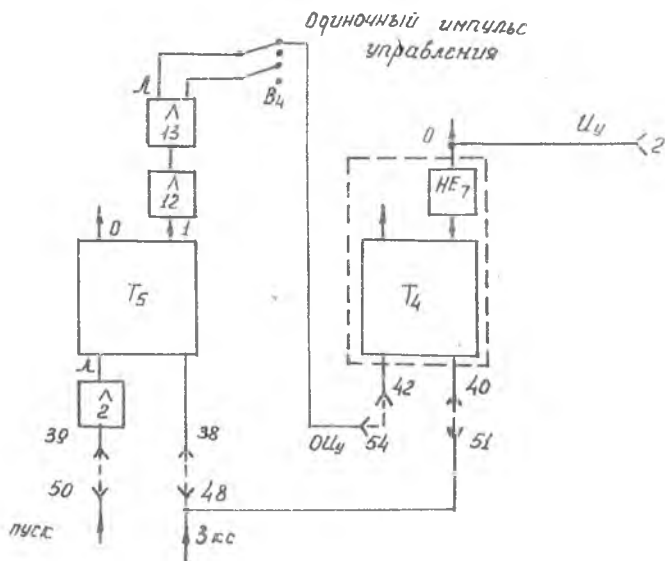


Рис. 3.

Пунктиром обозначена шнуровая коммутация, которая должна быть выполнена на лицевой панели для получения этих импульсов.

Сигнал от кнопки "Пуск" формируется входными цепями усилителя 2 в остроконечный положительный импульс, который опрокидывает T_5 . Усилители 12 и 13 выполняют роль элементов задержки и формирователей выходных сигналов отрицательной (ОКС) и положительной (ОИу) полярности.

Получение одиночных импульсов и в той и другой схеме осуществляется при автоматической работе от внутреннего генератора, обеспечивающего получение импульсов КС и ЗКС.

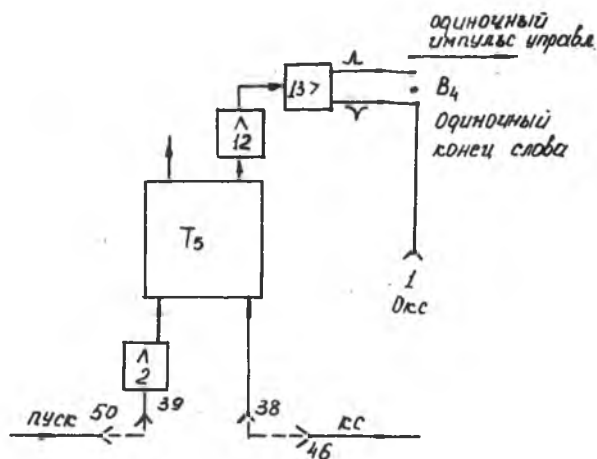


Рис. 4.

Возврат триггера T_5 в исходное состояние осуществляется импульсами КС (рис.3) или ЗКС (рис.4). В последней схеме положительный импульс (гнездо 54) устанавливает T_4 в единичное состояние. Спустя 5 мксек после заполнения счетчика $T_1 - T_3$ (рис.2) триггер T_4 сбрасывается в нуль. С выхода схемы HE_7 снимается импульс управления.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с лицевой панелью и функциональной схемой установки.
2. Набрать произвольный код I числа и просмотреть результат преобразования на клеммах I5 и 8 при работе счетчика в автоматическом режиме.
3. Выяснить роль импульса управления.
4. Построить обобщенную временную диаграмму работы установки, охватывающую полный цикл работы. В диаграмме отразить формы сигналов на триггерах счетчика, выходах схем совпадения, стро-

бигурный сигнал, сигнал на выходе преобразователя, сигналы синхронизации.

5. Осуществить получение промежуточных импульсов после 3-го, 4-го, 5-го импульсов на входе счетчика. Дать поясняющие временные диаграммы.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Функциональная схема преобразования.
2. Осциллограммы сигналов на выходе преобразователя при наличии K_u и без него.
3. Обобщенные временные диаграммы.
4. Схема получения промежуточного импульса.

Литература: Анисимов В.В., Четвериков В.Н. Основы теории и проектирования цифровых вычислительных машин. Москва, 1962.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10

ОЗНАКОМЛЕНИЕ С ТИПОВЫМИ ЯЧЕЙКАМИ ЭЦМ

Цель работы — изучение и исследование типовых ячеек ЭЦМ; освоение методики степцово-й проверки работоспособности.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

В работе рассматриваются типовые ячейки цифровой вычислительной машины "Проминь".

Ячейки смонтированы на стандартных гетинаксовых платах при помощи печатного монтажа. Для стыковки со внешней схемой используются 22-х- контактные разъемы.

Проверка работоспособности ячеек производится на специальных испытательных стендах. Так, в данной работе используется стенд, на котором могут проверяться следующие типовые ячейки ЭЦМ "Проминь":

- триггеры (Т);
- схемы задержки ($СЗ^B$, $СЗГ^B$);
- дешифраторы ($ДШ^B$, $ДШГ^B$);
- блок усилителей ($У, У1, У2$);
- генераторы (Г);
- усилители сигнализации ($УС1, УС^B$);
- инверторы ($И^B$);
- схемы совпадения ($Сп, СпГ^B$).

Рассмотрим схемы и принципы действия некоторых основных ячеек.

I. ТРИГГЕР

Триггер Т применяется в различных устройствах машины "Проминь" в качестве элемента памяти и логического элемента.

Условное обозначение и принципиальная схема триггера приведены на рис. 1 и 2.

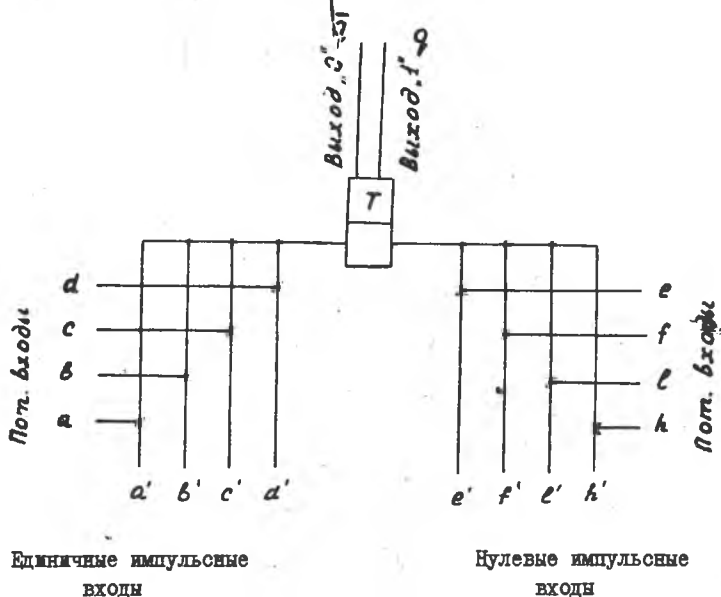


Рис. I.

Кроме собственно триггера (ПП2, ПП3) схема включает буферные инверторы (ПП1, ПП4), которые служат для согласования большого выходного сопротивления триггера с малым входным сопротивлением нагрузки и для исключения ложных срабатываний при изменении нагрузки.

Каждый вход триггера состоит из 4-х диодно-трансформаторных вентилей (ДТВ) и дифференцирующего трансформатора (Тр1, Тр3).

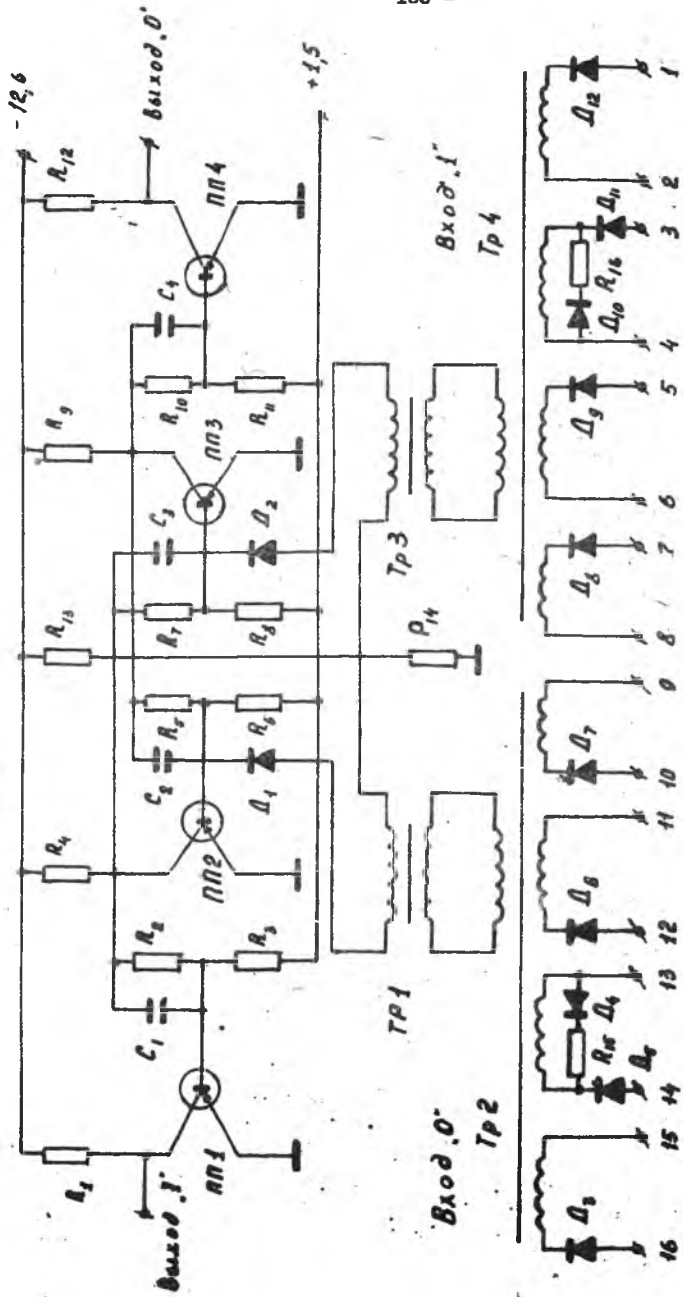


Рис. 2.

1,3,5,7,10,12,14,16, - потенциальные входы.
 2,4,6,8,9,11,13,15 - импульсные входы.

Работа ячейки описывается следующими уравнениями:

$$(e' e') v(f' f') v(c' c') v(h' h') = \bar{q} = \bar{j},$$
$$(a' a') v(b' b') v(s' s') v(d' d') = q = j.$$

Здесь $a', b', c', d', e', f', h', l'$ - импульсные входы вентиля;
 a, b, c, d, e, f, h, l - потенциальные входы вентиля;

q, \bar{q} - "единичный" и "нулевой" выходы триггера.

На каждом из выходов сигнал может иметь 2 различных уровня напряжения: низкий (-12,6в) и высокий (-0,3в). Одинаковые уровни на выходах триггера несовместимы.

Считается, что триггер находится в положении "1", если на "единичном" выходе его выдается высокий уровень напряжения (-0,3в). Высокий уровень условно принят за "1" и используется в качестве разрешающего для вентиля.

Триггер имеет два устойчивых состояния. Переход из одного состояния в другое происходит при подаче управляющих отрицательных импульсов на один из импульсных входов (вход "0" или вход "1") при условии, что на потенциальном входе этого вентиля имеется разрешающий уровень.

При работе в режиме раздельного запуска импульсы, приходящие на любой из 4-х входов открытого триода при наличии разрешающего уровня на вентиле меняют состояние триггера на обратное; импульсы, приходящие на любой вход закрытого триода, не меняют состояния триггера.

Для работы триггера в режиме счетного запуска, выходные импульсы подаются одновременно на вход "0" и вход "1", а разрешающий уровень на ДТВ подается с противоположных плеч ячейки, т.е. на потенциальный вход "1" разрешающий уровень подается с выхода "0", а на вход "0" - с выхода "1". В этом случае каждое появление импульса на любой паре входов вызывает изменение состояния триггера. Однако при этом налагаются жесткие требования на соотношение между длительностью входного импульса и временем переключения триггера, т.к. возникает опасность изменения состояния триггера дважды одним импульсом из-за его большой длительности. В результате исходное состояние триггера не изменится. Поэтому после входных трансформаторов (Tr2, Tr4) стоит дифферен-

пирующие трансформаторы (Тр1, Тр3), которые позволяют получать короткие управляющие импульсы, совпадающие с передним и задним фронтами входного импульса.

Управляющий импульс, совпадающий по времени с задним фронтом входного импульса, используется для запуска триггера.

Для обеспечения необходимой помехозащищенности триггера по входу, диоды Д1, Д2 закрыты обратным смещением с помощью делителя (I3, I4).

Для надежного запираания закрытых триодов используется положительное смещение на базу триодов.

2. СХЕМА ЗАДЕРЖКИ

Схема задержки СЗ^В применяется в различных устройствах машины "Проминь" для задержки импульсов во времени.

Условное обозначение и принципиальная схема задержки приведены на рис.3.

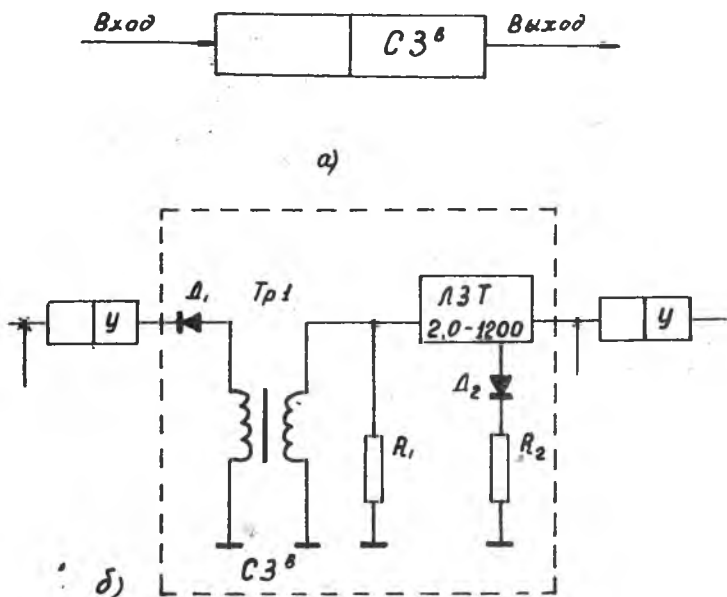


Рис.3.

Схема СЗ^B состоит из элемента ЛЭТ-2,0, обеспечивающего задержку на 2 мксек, трансформатора TrI , сопротивлений R_1, R_2 и диодов D_1, D_2 . Повышающий трансформатор TrI служит для компенсации потерь при прохождении сигнала через линию задержки.

Диод D_1 отделяет постоянную составляющую опорного напряжения, поданного на выходные обмотки усилителей.

Сопротивление R_1 и цепочка R_2, D_2 служат для демпфирования высокочастотной составляющей на выходе линии задержки ЛЭТ и положительного всплеска на выходе.

3. ДЕШИФРАТОР

Дешифратор ДШ^B применяется совместно с блоком усилителей сигнализации УС^B для вывода результатов вычислений на блок цифровой индикации.

Условное изображение дешифратора приведено на рис.4а.

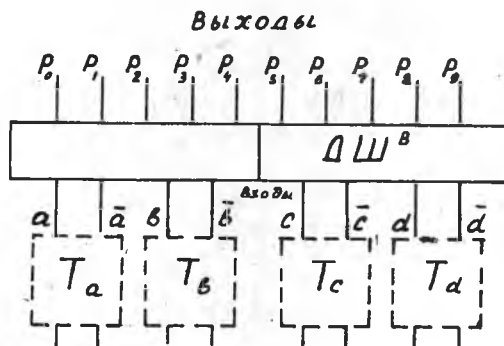
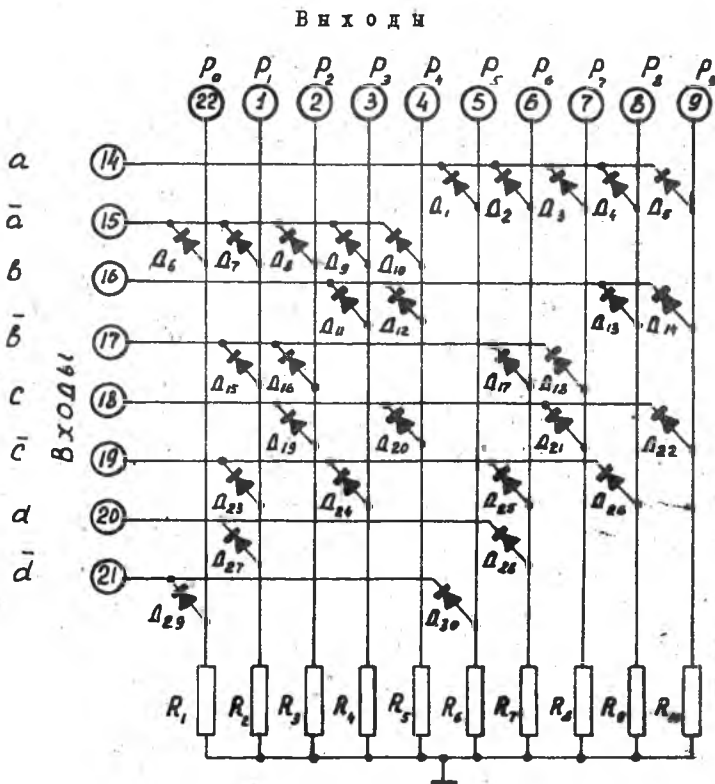


рис.4-а

Диоды дешифратора (рис.4б) соединяются между собой таким образом, что каждой комбинации состояний триггеров, управляющих дешифратором, соответствует только одна комбинация потенциалов на его выходе.

"Единичные" выходы управляющих триггеров подсоединяются

к 14, 16, 18, 20, а "нулевые" - к 15, 17, 19, 21 входам дешифратора.



Примечание: цифры в кружках обозначают номера контактов.

Рис.4 б.

Уровень высокого потенциала появится только на той выходной линии дешифратора, на все диоды которой будут поданы высокие потенциалы с управляющих триггеров. Изменения состояний управляющих триггеров будет приводить к появлению высокого потенциала на одном из выходов 22, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 схемы.

Для внутреннего кодирования десятичных цифр в машине "Проминь" принята система разрядов 5211 (см. таблицу I).

Таблица I

Установленный код на шине дешифратора	Цифры соотв. кодам	№№ выходов дешифратора
0000	0	22
0001	1	1
0011	2	2
0101	3	3
0111	4	4
1000	5	5
1001	6	6
1011	7	7
1101	8	8
1111	9	9

Рассмотрим пример работы дешифратора. При помощи триггеров осуществляется набор кода согласно таблице I.

Пусть на входе набран код 0011. Это значит, что триггеры, подключенные к 14-15, 16-17 входам дешифратора, установлены в "нулевое", а триггеры подключенные к 18-19, 20-21 входам в "единичное" состояние. Тогда к 15, 17, 18, 20 контактам приложен высокий уровень, порядка - 0,3в, и диоды D_8, D_{16}, D_{19} , образующие схему совпадения, будут заперты. На выходе "2" дешифратора появится уровень высокого напряжения, соответствующий единице.

Если обозначить нулевые выходы триггеров $\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}$, единичные a, b, c, d и выходы дешифратора $P_0 \div P_9$, то работа схемы дешифратора будет описываться таблицей 2.

Таблица 2

0000	0	$\bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d} = P_0$
0001	1	$\bar{a}\bar{b}\bar{c}d = P_1$
0011	2	$\bar{a}\bar{b}cd = P_2$
0101	3	$\bar{a}b\bar{c}d = P_3$

Таблица 2

0III	4	$\bar{a} \bar{b} \bar{c} \bar{d} = P_4$
I000	5	$a \bar{b} \bar{c} \bar{d} = P_5$
I00I	6	$a \bar{b} \bar{c} d = P_6$
I0II	7	$a \bar{b} \bar{c} \bar{d} = P_7$
IIOI	8	$a \bar{b} c \bar{d} = P_8$
IIII	9	$a \bar{b} c d = P_9$

II. СХЕМА ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная работа проводится на стенде проверки типовых ячеек ЭВМ "Проминь".

Блок схема лабораторной установки приведена на рис.5.

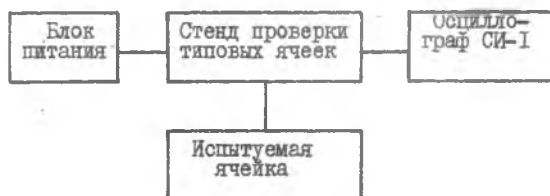


Рис.5.

При выполнении работы следует строго придерживаться порядка, предусмотренного настоящей инструкцией, то есть установив какой-либо переключатель или потенциометр в указанное положение, не следует его изменять, пока на это не будет соответствующих указаний.

III. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Подготовка установки к работе

1. Тумблер "Сеть" на блоке питания поставить в положение "Вкл".
2. Тумблеры "Нагрузка" на блоке питания поставить в положение "Вкл".


3. Нажать кнопку "Блокировка" на блоке питания.
 4. Выставить напряжения по I и II каналам + I,5в, -I2,6в,+20в.
 5. Проверить напряжение -0,5в, для этого переключатель "Вольтметр" на передней панели стенда проверки ячеек поставить в положение "-0,5в". Регулировку напряжения -0,5в производить потенциометром "-0,5в", расположенным на передней панели стенда. Установить напряжение по верхней шкале.
 6. Аналогично выставить напряжение -II,3в. Установку производить по шкале 30в.
- После проверки и установки напряжений стенд готов к работе.

IV. ИСПЫТАНИЕ ТРИГГЕРНОЙ ЯЧЕЙКИ

I. Вставить в 22-х контактный разъем "ТГ" на передней панели стенда триггерную ячейку Т таким образом, чтобы печатный монтаж оказался снизу.

Включить и откалибровать осциллограф так, чтобы амплитуда калибрационного сигнала I вольт занимала на шкале 20мм, для чего переключатель "Делитель" осциллографа перевести в положение "Калибр".

Подключить осциллограф к клемме "осциллограф" на передней панели стенда.

Для работы рекомендуется использовать ждущую  развертку длительностью 30 мксек и внутреннюю синхронизацию. Удобно исследовать сигналы при установке переключателя "Делитель" в положение I : IO.

2. Переключатели и тумблеры на передней панели стенда установить в положения:

- переключатель "Режим" - "Раздельный";
- тумблер "ОИ" - "Выкл.";
- тумблер "Один.имп." - "Серия имп.";
- переключатель "Вход Т" - "I";
- тумблер "Вход O" - "Земля";
- тумблер "Вход I" - "Земля";
- переключатель "Осциллограф" - "I";
- переключатель "Нагрузка" - "ХХ";
- переключатель "Испыт.ячейка" - "Т.Г.";
- тумблер "Частота" - "50 КГц";

3. Потенциометры "Ампл ГИС", "длит ГИС", "длит ГИ" установить в среднем положении.

4. Ручкой "Амплитуда ПИ" установить по осциллографу амплитуду запускающих отрицательных импульсов ПИ вольт.

Зарисовать импульсы.

5. Установить переключатель "Осциллограф" в положение "3", просмотреть на экране осциллографа симметричные перепады напряжения на выходе триггера. Замерить амплитуду и длительность импульса, длительности переднего и заднего фронтов, период следования импульсов. Зарисовать выходные импульсы триггера.

6. Установить тумблеры "Вход 0" и "Вход 1" в положение "-II,Зв".

При этом на потенциальные входы триггера подаётся запрещающий потенциал "- II,Зв".

Проверить отсутствие уровней на выходе триггера.

Результаты испытаний считаются удовлетворительными, если на осциллографе просматриваются симметричные перепады напряжения при наличии разрешения и перепады отсутствуют при подаче запрещающего сигнала.

Вернуть тумблеры "Вход 0" и "Вход 1" в прежнее положение.

7. Переключатель "Осциллограф" поставить в положение "4".

Потенциометром "Амплитуда ПИС" медленно уменьшать амплитуду запускающих импульсов до срыва работы триггерной ячейки. Замерить амплитуду импульсов на входе ячейки в положении "2" переключателя "Осциллограф".

Полученное значение амплитуды отрицательного сигнала на входе триггера будет характеризовать помехоустойчивость триггерной ячейки по данному входу.

Результат испытания считается удовлетворительным, если амплитуда входного отрицательного сигнала более 1,5 вольт.

8. Вернуть переключатель "Осциллограф" в положение "4".

Переключатель "Делитель" на осциллографе поставить в положение "1:1".

Зарисовать импульсы помехи на выходе триггера.

Измерить наибольшие амплитуды и зарисовать сигналы помехи на выходе триггера при подаче запускающих импульсов на различные входы триггера при положениях переключателя "Вход Т" - "2", "3" и "4".

Определить наиболее чувствительный и наиболее грубый входы триггера.

У. ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМЫ ЗАДЕРЖКИ

1. Вставить ячейку СЗ^В в разъем на передней панели стенда, обозначенный "СЗ" таким образом, чтобы печатный монтаж оказался снизу.
2. Переключатель "Делитель" осциллографа вернуть в положение "1:10".
Переключатели на передней панели стенда установить в положение: переключатель "Испытуемая ячейка" - "У, У1, СЗ, СЗ1";
переключатель "Вход СЗ, СЗ1" - "1".
3. Вход осциллографа подключить к клемме "Г1" стенда.
4. Ручкой "Амплитуда Г1" установить по осциллографу амплитуду отрицательных импульсов на входе линии задержки 9 вольт. Измерить длительность импульсов и зарисовать их (длительность удобно измерять в положении переключателей осциллографа "Развертка" - "5 μ s" и "Метки" - "0,2 μ s". Ручка "Синхронизация" в крайнем правом положении).
5. Подключить осциллограф в клемме "Вых СЗ". Синхронизацию производить от клеммы "Г1" стенда (ручка осциллографа "РОД СИНХР." - "Внешняя").
6. Измерить амплитуду, длительность импульса на выходе схемы задержки, длительность переднего и заднего фронтов и время задержки относительно входного импульса, учитывая, что развертка осциллографа запускается передним фронтом импульса на входе линии задержки (такой способ измерения времени задержки допускается в том случае, если длительность переднего фронта входного импульса значительно меньше времени задержки).
Зарисовать импульсы. Вынуть ячейку схемы задержки из разъема. Осциллограф выключить и отсоединить от стенда.

УП. ПРОВЕРКА ДЕШИФРАТОРА ДШ^В

1. Подключить дешифратор к стенду через разъем ДШ, ДШ1.
2. Переключатели и тумблеры на передней панели стенда установить в положения:
переключатель "Осциллограф" - "II",

Примечание: Заштриховать клетки соответствующие
высокому потенциалу.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Осциллограммы, результаты измерения и проверок.
2. Таблица работы дешифратора.
3. Схемы исследуемых ячеек.

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1. Изучение аналоговой вычислительной машины МН-10М.....	
Лабораторная работа № 2. Решение задач на структурной модели МН-10М.....	
Лабораторная работа № 3. Построение сложных логических схем.....	
Лабораторная работа № 4. Моделирование нелинейных зависимостей с помощью функционального преобразователя.....	
Лабораторная работа № 5. Решение задач на сеточном электронинтеграторе ЭИ-12.....	
Лабораторная работа № 6. Ознакомление с работой и решением задач на ЭЦВМ "Проминь".....	
Лабораторная работа № 7. Исследование арифметического устройства ЭЦВМ "Проминь".....	
Лабораторная работа № 8. Исследование электронного счетчика.....	
Лабораторная работа № 9. Анализ схемы преобразования параллельного двоичного кода в последовательный.....	
Лабораторная работа № 10. Ознакомление с типовыми ячейками ЭЦВМ.....	