

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



Д-698

17/III-75

P11 - 8494

Х.Дорух, Ф.В.Левчановский, С.Параскивеску,
В.И.Приходько, З.Хоффман

1051/2-75

ГРАФИЧЕСКИЙ ДИСПЛЕЙ НА ЗАПОМИНАЮЩЕЙ
ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ТРУБКЕ

1974

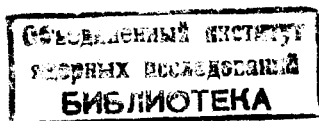
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ
ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ

P11 - 8494

Х.Дорух, Ф.В.Левчановский, С.Параскивеску,
В.И.Приходько, З.Хоффман

ГРАФИЧЕСКИЙ ДИСПЛЕЙ НА ЗАПОМИНАЮЩЕЙ
ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ТРУБКЕ

Направлено в ПТЭ



Дорух Х., Левчановский Ф.В., Параскивеску С.,
Приходько В.И., Хоффман З.

P11 - 8494

Графический дисплей на запоминающей электронно-лучевой трубке

В работе содержится краткое описание графического дисплея на запоминающей электронно-лучевой трубке, рассмотрены основные режимы работы, форматы графических команд и схемы сопряжения дисплея с малой ЭВМ М-6000.

Препринт Объединенного института ядерных исследований.
Дубна, 1974

Doruch H., Levchanovsky F.V.,
Paraskivesku S., Prikhodko V.I.,
Hoffman Z.

P11 - 8494

Graphic Display Using Storage Cathode-Ray Tube

A short description of the graphic display using storage cathode-ray tube is given. The basic modes of operation, the format of graphic commands and interface between display and mini-computer M-6000 are described.

Preprint. Joint Institute for Nuclear Research.
Dubna, 1974

Графический дисплей на запоминающей электронно-лучевой трубке предназначен для оперативной визуальной связи человека и ЭВМ на всех этапах проведения современного физического эксперимента, начиная от его планирования и кончая обработкой полученных данных. Практически неограниченная информационная емкость, высокое качество изображения, хорошее согласование с телефонными линиями связи, отсутствие проблемы регенерации изображения и сравнительно низкая стоимость дисплеев на запоминающих э.л.т. обусловили их широкое распространение в зарубежных лабораториях.

Разработка графического дисплея на запоминающей трубке в ЛВТА ОИЯИ была завершена в июне 1972 года, и с этого времени дисплей находится в постоянной эксплуатации на ЭВМ М-6000, показывая при этом высокую эффективность при решении задач различных классов /1/.

В состав графического дисплея входят следующие основные блоки:

- индикатор на запоминающей э.л.т.;
- генератор символов;
- генератор векторов;
- устройства ввода информации от человека в ЭВМ /клавиатура, координатный рычаг /джойстик/, координатный шар /трекбол//;
- координатные регистры-счетчики;
- цифро-аналоговые преобразователи;
- контроллер.

Блок-схема системы представлена на рис. 1, здесь же показаны основные функциональные блоки контроллера. Утолщенными линиями на схеме указаны информационные магистрали, а тонкими линиями - основные межблочные связи. Дисплей подключен к малой ЭВМ М-6000 через стандартные интерфейсные карты - дуплексные регистры

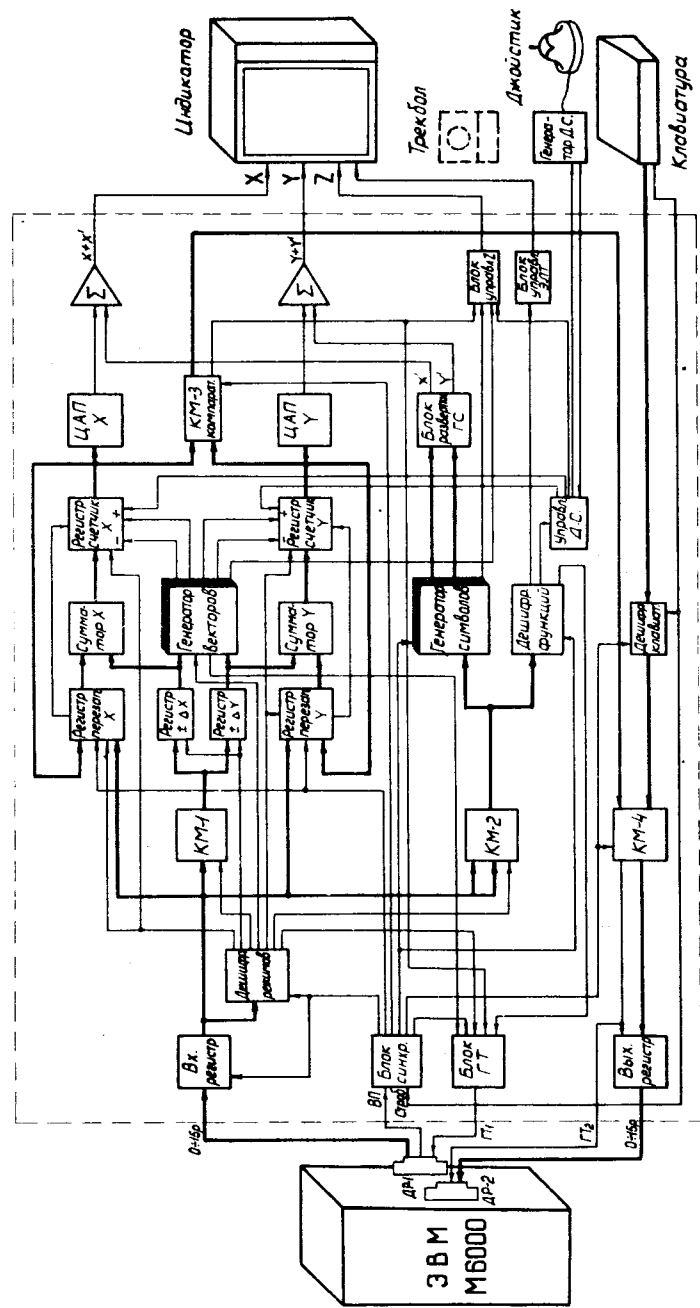


Рис. 1. Блок-схема графического дисплея на запоминающей э.л.т.

/ДР/. Один из них используется для выдачи информации из ЭВМ в контроллер дисплея, другой - для приема информации от оператора в ЭВМ через устройства ввода.

Контроллер, устройства ввода, генераторы символов и векторов и другие блоки дисплея могут работать с индикаторами на любых э.л.т. Индикаторы на запоминающих трубках имеют ряд специфических особенностей, поэтому рассмотрим несколько подробнее сам индикатор и режимы его работы.

1. ИНДИКАТОР

Авторами разработаны две модели графических дисплеев, различающихся по типу используемой в индикаторе запоминающей э.л.т. В одном из них используется бистабильная бессеточная э.л.т., в другом - трубчатая с сеточным потенциалоносителем [1,2].

В данной работе рассматривается индикатор на бистабильной запоминающей э.л.т. с сеточным потенциалоносителем /диаметр экрана - 31 см; система отклонения и фокусировки - электромагнитная; скорость записи - 4 мм/мксек; время сохранения изображения - более 30 мин при полной яркости; время стирания - 0,2 сек; яркость - около 100 нит; контраст - 10 : 1/.

Индикатор может работать в нескольких режимах:

а/ Режим видимого изображения /ВИ/. Это основной режим работы, при котором изображение воспроизводится с полной яркостью.

б/ Режим скрытого изображения /СИ/. В этот режим индикатор автоматически переключается после 60 сек работы в режиме ВИ путем периодического запирающего модулятора воспроизводящего прожектора. Яркость при этом существенно уменьшается. Режим СИ введен с целью увеличения срока службы э.л.т. и увеличения времени сохранения изображения до нескольких часов и даже суток.

в/ Стирание записанного изображения.

г/ Осциллографический режим. В этом режиме изображение не запоминается на мишени э.л.т. и для его поддержания требуется регенерация.

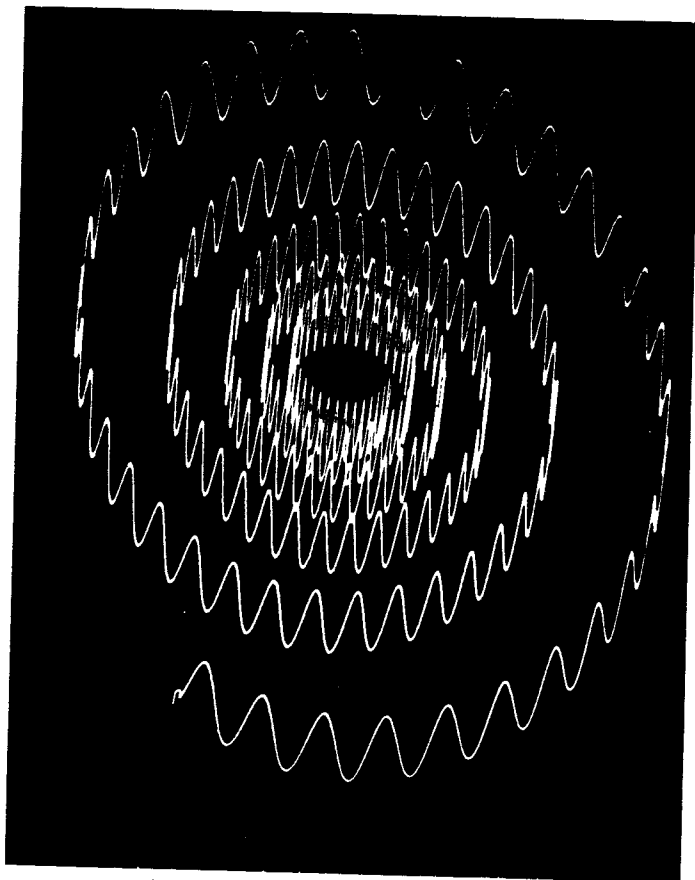


Рис. 2. Тестовая картинка для проверки индикатора в автономном режиме.

д/ Указание положения луча и его перемещение без запоминания на фоне записанного изображения.

Индикатор выполнен в виде автономного блока и включает в себя источники питания э.л.т. и электронных блоков, отклоняющие усилители, схемы динамической фокусировки луча и схемы коррекции геометрических искажений /токи в фокусирующей и отклоняющих катушках корректируются в зависимости от угла отклонения луча/, схемы управле-

ния режимами работы э.л.т., "генератор контраста", тест-генератор для проверки индикатора автономно от ЭВМ /на экране индикатора генерируется спираль, модулированная синусоидой /рис. 2/, путем подачи на отклоняющие усилители X и Y сдвинутых по фазе затухающих синусоидальных колебаний/. Максимальное время отклонения луча в любую точку экрана - 50 мксек.

II. ОСНОВНЫЕ РЕЖИМЫ РАБОТЫ ГРАФИЧЕСКОГО ДИСПЛЕЯ

Обмен информацией между ЭВМ и контроллером дисплея осуществляется через входной и выходной 16-разрядные регистры. Работой контроллера управляют блок синхронизации и дешифратор режимов на основании полученных от ЭВМ команд /предусмотренных в программе или занесенных с помощью клавиатуры/. По этим командам дешифратор производит необходимые переключения в контроллере, активирует соответствующие магистрали и обеспечивает работу дисплея в следующих режимах.

1. *Режим точек.* В этом режиме изображение на экране дисплея строится из отдельных точек, заданных в абсолютных или относительных координатах. Количество адресуемых точек - 1024 x 1024.

При работе в абсолютных координатах код координаты X(Y) передается через регистр перезаписи и сумматор в координатный регистр-счетчик. Магистрали "регистр $\Delta X(\Delta Y)$ - сумматор" и "регистр-счетчик - регистр перезаписи" в этом случае закрыты. При наличии признака "относительные координаты" эти магистрали открыты и старое содержимое регистра-счетчика алгебраически складывается с приращениями $\pm \Delta X(\pm \Delta Y)$ и далее преобразуется при помощи ЦАП в аналоговый сигнал для отклонения луча в заданную точку. Подсвет точки осуществляется после завершения переходных процессов в отклоняющей системе /этот момент определяется компаратором/.

2. *Режим символов.* На основе семиразрядных кодов, поступающих из ЭВМ, генератор символов /ГС/ обеспе-

чивает построение буквенно-цифровых и служебных знаков, силуэты которых изображаются на экране в виде точек, соответственно расположенных внутри образующей матрицы 5 x 7 точек. Количество символов в наборе - 64, кодировка соответствует стандарту ASCII.

Основным элементом ГС является постоянное запоминающее устройство /ПЗУ/, в котором "защита" форма символов. В качестве ПЗУ используется большая интегральная схема на МОП-структурах. Выборка из ПЗУ по коду символа осуществляется специальными схемами, обеспечивающими последовательное извлечение из памяти пяти столбцов по 7 бит /рядов/ в каждом. По существу, в памяти записана информация о сигнале подсвета каждой из точек микрораstra, который генерируется синхронно с выборкой в блоке развертки ГС при помощи двух счетчиков и связанных с ними цифро-аналоговых преобразователей X' и Y' /сигналы X' и Y' суммируются с основными отклоняющими сигналами X и Y, определяющими положение символа на экране дисплея/.

Максимально возможная тактовая частота опроса ПЗУ - 3 МГц, следовательно, микрорастр можно генерировать за 10 мксек /без запоминания/, однако реальное среднее время построения одного символа на экране запоминающей э.л.т. составляет около 300 мксек.

Имеется возможность построения символов двух размеров /размер символа определяется специальным знаком "масштаб"/. На экране размещаются 2048 символов малого размера /32 строки по 64 символа/ или 512 символов большого размера /16 x 32/. Переход на следующую строку и смещение луча в следующую позицию происходят автоматически. Позиция следующего символа указывается специальным маркером /генерируется полный мерцающий микрорастр без запоминания на мишени трубки/.

Изменение режимов работы индикатора, джойстика /трекбола/ и координатных регистров-счетчиков, а также управление положением луча на экране осуществляются в режиме символов при помощи функциональных кодов. В зависимости от принятого кода дешифратор функций инициирует работу соответствующих устройств в заданном

режиме. Всего в системе используется 18 функциональных кодов.

3. Режим векторов. Из ЭВМ поступают в отдельных словах составляющие вектора ($\pm \Delta X, \pm \Delta Y$), и генератор векторов /ГВ/ вычерчивает на экране прямые линии произвольной длины и направления. Координаты начальной точки X, Y задаются один раз для каждой отдельной цепочки векторов. Принцип работы ГВ основан на дискретной линейной интерполяции приращений по двум координатам и заключается в преобразовании значений $\pm \Delta X$ и $\pm \Delta Y$ в пропорциональные и равномерно распределенные во времени последовательности импульсов, поступающих на счетные входы реверсивных регистров-счетчиков. Синхронно с подачей отклоняющих сигналов в индикатор поступают импульсы подсвета. Скорость интерполяции определяется частотой задающего генератора, и в принципе используемые схемы допускают работу со скоростью 10 точек/мксек. Однако при работе с запоминающей трубкой скорость снижается более чем на порядок.

Возможны следующие модификации режима векторов:

- вычерчивание сплошной или штриховой линии;
- возврат в исходную точку после вычерчивания вектора /для рисования фигур типа веера/;
- "графики" - для изображения ломаных линий с постоянными приращениями по одной оси и переменными по другой оси /кусочно-линейная аппроксимация, гистограммы/;
- передача абсолютных координат для вывода луча в заданную точку;
- вычерчивание линии без подсвета.

4. Режим малых векторов. Генератор векторов вычерчивает короткие линии /не более 64 единиц раstra/, причем в одном машинном слове передаются координаты двух составляющих вектора.

5. Режим ввода в ЭВМ алфавитно-цифровой информации и функциональных кодов осуществляется при помощи клавиатуры. Семиразрядные коды символов и функций через коммутатор магистрали КМ-4 поступают на выходной регистр контроллера и далее передаются в ЭВМ через дуплексный регистр ДР-2.

Таблица

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
упр. слово	Режим точек					пов. яр. норм.	запр. яр. норм.	мерца. н/е								
1	0	0	0	1		1	0	1	0							
инф. слово	абс. отн.	не свет.	у	отрад. х	-	Код координаты X или Y (ΔX или ΔY)										
0	1	0	1	0	1											
упр. слово	Режим символов					пов. яр. норм.	запр. яр. норм.	мерца. н/е	уменьш. норм.							
1	0	1	0	0		1	0	1	0	1						
инф. слово	Код 1 ^{го} символа или функции							ест. зр. сим.	Код 2 ^{го} символа или функции							
0								0								
упр. слово	Режим векторов					пов. яр. норм.	запр. яр. норм.	мерца. н/е	штрих. ствол.	важно. ствол.						
1	0	0	1	0		1	0	1	0	1	1					
инф. слово	абс. отн.	не свет.	у	отрад. х	-	Код приращения ΔX или ΔY (X или Y)										
0	1	0	1	0	1											
упр. слово	Режим малых векторов					пов. яр. норм.	запр. яр. норм.	мерца. н/е	штрих. ствол.							
1	0	0	1	1		1	0	1	0	1						
инф. слово	-	+	Код приращения ΔX							-	+	Код приращения ΔY				
0	1	0								1	0					

6. Режим ввода графической информации. Для ввода графической информации может быть использовано одно из двух устройств: джойстик /ДС/ или трекбол /ТБ/, которые совершенно одинаковым образом подключаются к контроллеру /на счетные входы реверсивных регистров-счетчиков/, но имеют отличия в конструкции и принципе действия.

Джойстик представляет собой устройство, в котором рычаг перемещается внутри замкнутого прямоугольника. Положение рычага относительно сторон прямоугольника однозначно соответствует положению точки пересечения двух взаимно перпендикулярных линий на экране дисплея /эти линии задаются генератором ДС и не запоминаются на экране/.

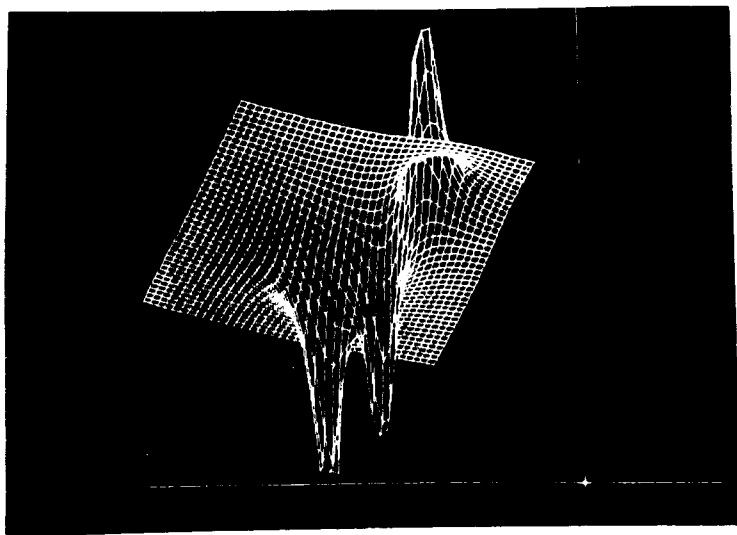
Трекбол - устройство в виде выступающего над поверхностью шара, имеющего две степени свободы и связанного с двумя преобразователями угол-код /точнее, не только угол, но и число оборотов/. Вращение шара вокруг двух взаимно перпендикулярных осей соответствует линейным перемещениям маркера по экрану /нормально не запоминаемая мерцающая точка/.

При работе обоих устройств ЭВМ в любой момент доступны координаты маркера /трекбол/ или центра пересечения линий /джойстик/. Поскольку эти устройства имеют вход непосредственно на координатные регистры-счетчики, то таким образом можно указать и ввести в ЭВМ любую из 1024 x 1024 адресуемых точек, изображенных на экране /режим указания/ или вновь вводимых /режим ввода/. Возможен также режим рисования, в котором след перемещающихся перекрестия или маркера запоминается на экране.

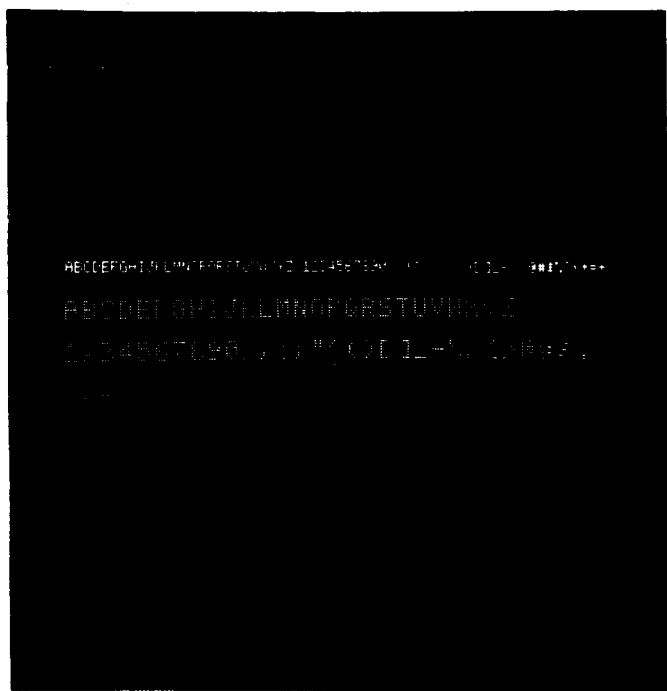
III . ФОРМАТЫ ГРАФИЧЕСКИХ КОМАНД

В системе используются два типа графических команд: т.н. управляющие и информационные слова. В управляющем слове задается режим работы дисплея, а также содержится информация о возможных модификациях работы /уровень яркости, запрет прерывания, мерцание, тип линии, мас-

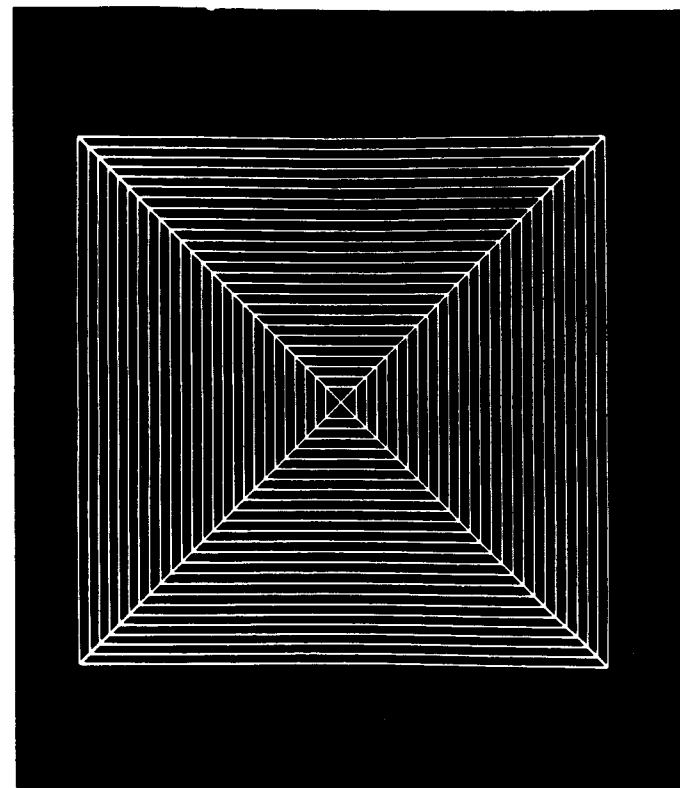
штаб символов и др./.. В следующих за управляющим словом информационных словах передаются координаты точек или составляющих вектора вместе с соответствующими признаками /абсолютные/относительные, X/Y, +/- /, коды символов или функций и некоторые модификации работы /см. таблицу/.



a



б



в

Рис. 3. Примеры изображений, полученных на экране графического дисплея: а/ точки /справа виден курсор джойстика/, б/ символы, в/ векторы.

После построения очередного элемента изображения в ЭВМ посылается сигнал готовности ГТ1, указывающий, что контроллер готов к приему следующего информационного или управляющего слова. При работе с клавиатурой и джойстиком /трекболом/ формируется сигнал ГТ2.

Индикатор выполнен на транзисторах и интегральных схемах. Все остальные блоки графического дисплея /конт-

роллер, генераторы, схемы управления, регистры и др./ выполнены на интегральных ТТЛ микросхемах с использованием схем средней и большой степени интеграции.

На рис. За,б,в приведены примеры изображений, полученных на экране графического дисплея на запоминающей э.л.т. в различных режимах работы.

Авторы благодарят А.А.Карлова за интерес к работе и полезные обсуждения, а также Н.П.Алексееву и А.Д.Полынцева за помощь в написании тестов и программ для проверки дисплея.

Литература

1. В.И.Приходько. ОИЯИ, Д10-11-8450, Дубна, 1974.
2. Г.С.Котовщиков, В.М.Кондратенков. Запоминающие трубки с видимым изображением. Москва, "Советское радио", 1970.

Рукопись поступила в издательский отдел
27 декабря 1974 года.