

Переходные процессы в триггере, которыми при расчетах пренебрегали, должны быть существенно меньше τ , чтобы не привести к уменьшению быстродействия. Если же будут применены низкочастотные триггеры, то потребуется уменьшение времени τ для получения нужного быстродействия всего преобразователя. Поэтому весьма важно выбрать тот способ подбора кода, при котором величина τ может быть больше, т. е. для известного числа каналов n руководствоваться при выборе способа подбора кода приведенными выше неравенствами и зависимостью $\xi(m)$ [см. (7)].

Статья не исчерпывает всех сторон оценки рассматриваемых способов преобразования и особенно вопросов, связанных с оценкой сложности. Такая оценка особенно затруднительна вследствие прогресса в разработке новых приборов, которые входят в схемы преобразователей, а также в развитии схем отдельных узлов преобразователей. Поэтому более точная оценка сложности может быть сделана на основе учета свойств принятых при разработке элементов и узлов преобразователей.

Поступило в редакцию
29 июня 1970 г.

УДК 681.327

А. М. КОВАЛЕВ, В. И. КОТОВ, А. П. ЯКИМОВИЧ
(НОВОСИБИРСК)

СВЕТОВОЕ ПЕРО, АППАРАТУРНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЖИМА ТРАССИРОВКИ

Среди различных функциональных блоков систем графического взаимодействия (СГВ) человека с ЭВМ важное место занимает световое перо. Световое перо (СП) позволяет вводить графическую информацию в ЭВМ, редактировать буквенно-цифровые тексты, стирать элементы изображений и, используя «световые кнопки», передавать команды вычислительной машине [1]. Все эти виды работ со световым пером оводятся к двум основным режимам — режиму детектирования и режиму трассировки.

Упрощенно принцип действия системы СП в режиме детектирования (рис. 1) заключается в том, что электрический импульс, сформированный пером от вспышки люминофора ЭЛТ, открывая схему И, производит передачу в ЭВМ координат изображаемого элемента, его адреса в буферной памяти (БП) СГВ или же другого слова, сформированного устройством управления (УУ).

Собственно световое перо, предназначенное для формирования сигнала «вижу свет», состоит из приемника света (П) и формирователя электрического импульса (Ф). Приемник света обычно состоит из оптической системы, создающей поле зрения пера и увеличивающей чувствительность СП, и какого-нибудь фотопреобразователя. Оптическая система и фотопреобразователь могут быть разделены; в этом случае свет подводится к фотопреобразователю световодом.

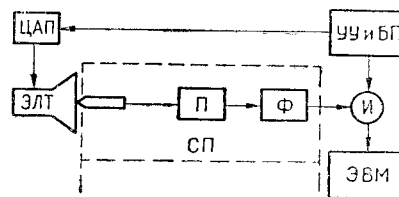


Рис. 1.

Основные требования к световому перу следующие: 1) малая задержка импульса светового пера относительно импульса подсветки элемента изображения; 2) помехоустойчивость; 3) хорошая разрешающая способность.

Большое значение с точки зрения быстродействия светового пера имеет выбор ЭЛТ и фотопреобразователя. Как известно, время послесвечения и задержка возгорания различных люминофоров изменяются в широких пределах — от долей микросекунд до нескольких десятков секунд. Причем эти параметры уменьшаются с уменьшением длины волны свечения люминофора и зависят от физико-химических свойств люминофора.

В системе «Экран» была выбрана ЭЛТ с люминофором типа В, имеющим двухслойную структуру и спектральную характеристику свечения, приведенную на рис. 2 (кривая 1). Первый слой люминофора — мелкозернистый, с малым временем послесве-

чения, ему соответствует максимум свечения на $4300 \cdot 10^{-10}$ м; второй слой — крупнозернистый, с длительным послесвечением, ему соответствует максимум $5600 \cdot 10^{-10}$ м. Белый цвет свечения этого люминофора улучшает восприятие изображений человеком и уменьшает утомляемость глаза. Наличие в нем составляющей с длительным временем послесвечения облегчает условия регенерации изображения.

Чтобы предотвратить воздействие длинноволновой части спектра свечения, имеющей длительное послесвечение, на фотопреобразователь, был применен оптический фильтр, имеющий спектральную характеристику пропускания, приведенную на рис. 2 (кривая 2). В результирующей спектральной характеристике света, попадающего на фотопреобразователь (см. рис. 2, кривая 3), преобладает коротковолновая часть, но уменьшена интегральная интенсивность света по сравнению с кривой 1.

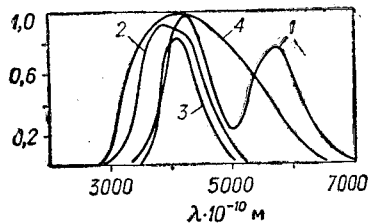


Рис. 2.

ней области. Спектральная характеристика чувствительности его фото катода (типа С-4) приведена на рис. 2 (кривая 4).

Ввиду того, что ФЭУ-53 имеет значительные размеры и не может быть помещен внутри пера, свет от экрана ЭЛТ подводится к нему световодом, что весьма ослабляет световой поток. Перед входным сечением световода внутри пера помещена линза, фокусирующая лучи, идущие от люминофора на световод. Эта линза, проектируя входное сечение световода на люминофоре, создает четкое поле зрения пера. Применение ЭЛТ, свечение люминофора которой имеет коротковолновую составляющую, и оптического фильтра, а в качестве фотопреобразователя — ФЭУ позволило создать быстродействующее световое перо. Задержка импульса СП относительно импульса подсетки составляет 2,5 мкс.

На рис. 3 приведена функциональная схема разработанного светового пера. Схема включает ФЭУ, фильтр верхних частот (ФВЧ), эмиттерный повторитель (ЭП), управляемый делитель напряжения (УД), усилитель с постоянным коэффициентом усиления и пороговый элемент (ПЭ).

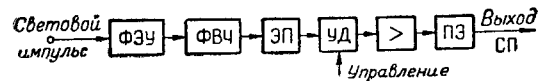


Рис. 3.

Для того чтобы избавиться от влияния на пороговый элемент постоянного уровня внешней засветки экрана ЭЛТ и низкочастотных составляющих его (освещение искусственными источниками света), применен фильтр верхних частот, представляющий дифференцирующую цепь с постоянной дифференцирования $\tau = 20$ мкс. Для достижения независимости уровня срабатывания порогового элемента от яркости элементов изображения использован управляемый делитель и усилитель с постоянным коэффициентом усиления.

Другим важным режимом СГВ, использующим световое перо, является режим трассировки. Слежение за световым пером, или трассировка, может осуществляться вычислительной машиной [2]. В настоящей работе была поставлена задача создания автономной системы слежения за пером. Обычно используемая для этой цели генерация следящего перекрестия [2, 3] требует или высокой частоты генерации его, так как система нечувствительна к перемещениям пера, большим $R\sqrt{2}$ (R — радиус поля зрения пера), или же приходится увеличивать поле зрения пера, что уменьшает разрешающую способность пера.

Предложенный в Киевском политехническом институте способ слежения за световым пером при помощи квадратного микроаэра [4] требует для повышения точности ввода координат увеличения количества точек в растре и уменьшения поля зрения пера, что приводит к увеличению времени, затрачиваемого на слежение, а сильное уменьшение поля зрения пера создает неудобство для оператора в режиме детектирования.

В системе «Экран» использован способ ввода графической информации в ЭВМ световым пером при помощи маркера «квадрат в квадрате» [5] (рис. 4). Данный способ позволяет при малом поле зрения пера и низкой частоте генерации маркера достичь более высокой скорости трассировки, чем это можно сделать при тех же условиях,

применяя способ следящего перекрестия. Скорость трассировки определяется размерами маркера и частотой генерации его и равна в нашем случае (при частоте генерации маркера 50 Гц) 20 см/с. Исследование абсолютной устойчивости разработанной системы слежения показало, что погрешность ввода координат данной системы слежения может быть меньше $3/2$ величины дискретности раstra экрана без существенного уменьшения поля зрения пера.

На рис. 5 представлена блок-схема слежения за световым пером. Слежение происходит следующим образом. Из памяти устройства (УУ и БП) в регистры ЦАП заано-

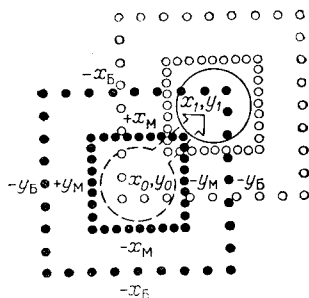


Рис. 4.

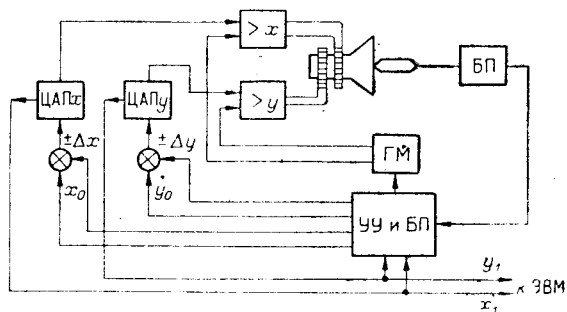


Рис. 5.

сятся координаты x_0 и y_0 , которые становятся координатами центра маркера. Затем устройство управления включает генератор маркера, выходной аналоговый сигнал которого суммируется с аналоговыми сигналами x_0 и y_0 в усилителях отклоняющей системы. По импульсам СП от точек квадратов, попавших в поле зрения пера, устройство управления генерирует поправки $\pm \Delta x_6$, $\pm \Delta y_6$, $\pm \Delta x_M$, $\pm \Delta y_M$, которые суммируются алгебраически с координатами центра маркера и тем самым перемещают центр маркера под перо. Поправки генерируются следующим образом. При принятых на рис. 4 обозначениях сторон квадратов, если в поле зрения пера попадают точки стороны $+y_6$, генерируется поправка $-\Delta x_6$ (если $+x_6$, то $+\Delta y_6$; если $-y_6$, то $+\Delta x_6$; если $-x_6$, то $-\Delta y_6$). Поправки малого квадрата Δx_M и Δy_M имеют те же знаки, что и для большого, но меньше по величине и осуществляют точное установление центра квадрата под перо. Следует отметить, что генерация поправок и их суммирование производится одновременно с генерацией маркера, что приводит к некоторому искажению маркера на экране, но, поскольку отрезки, составляющие маркер, ортогональны, перемещение центра маркера, вызванное поправками, по одной оси координат не оказывает существенного влияния на положение маркера относительно другой оси. На рис. 4 темными точками показано начальное положение маркера с координатами x_0 и y_0 , светлыми точками — положение маркера после генерации его, кругом — поле зрения пера. По окончании генерации маркера новые координаты его x_1 и y_1 записываются в память устройства и принимаются за новое положение пера на экране. Таким образом, система следит за всеми перемещениями пера. Придавая совокупности последовательных положений центра маркера перед записыванием в память соответствующие признаки, можно получить траекторию светового пера либо в виде точек, либо в виде отрезков прямых.

ЛИТЕРАТУРА

1. W. H. Ninke. Graphic I— A remote graphical display console system.— Proceeding — Fall joint computer conference, 1965.
2. R. Stotz. Man — machine console facilities for computer — aided design.— Proceeding.— Spring joint conference, 1963.
3. В. Б. Соколов, Б. А. Позин. Графические методы взаимодействия в системе человек — машина.— Зарубежная радиоэлектроника, 1968, № 9.
4. А. И. Петренко, О. Ф. Цурин. Блок слежения за световым пером.— Вестник Киевского политехн. ин-та, 1970, вып. 7.
5. The computer display review. Adams Associates, 1968.

Поступило в редакцию
26 октября 1970 г.