

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 621.372.8

А. В. БОЧКАРЕВ, А. В. ЛОГИНОВ, М. Я. МЕШ,
И. М. ОВЧИННИКОВ, А. Л. ШЛИФЕР, Г. А. ЮДИН

(Новосибирск — Ташкент)

**ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ВЫЧИСЛИТЕЛЯ ДЛЯ КОМПРЕССИИ,
ОКОНТУРИВАНИЯ И ФИЛЬТРАЦИИ СИГНАЛА ИЗОБРАЖЕНИЯ**

В [1] были рассмотрены алгоритм, блок-схема и характеристики волоконно-оптического специализированного вычислителя (ВОСВ) для определения смещения поступательно движущегося объекта. Это устройство может работать на тактовых частотах до 40 МГц, что существенно превышает скорость ввода информации, которую обеспечивают известные быстродействующие приемники изображения (≤ 10 МГц). Такая разница между быстродействием ВОСВ и скоростью ввода информации в него позволяет использовать указанный вычислитель для слежения за несколькими объектами (в случае последовательного опроса нескольких приемников изображения) в реальном времени или для организации дополнительных операций обработки изображения. В этих случаях для согласования относительно медленного приемника изображения и быстродействующего ВОСВ можно осуществить временную компрессию сигнала развертки изображения. Указанная операция может быть выполнена с помощью элементной базы, использованной в ВОСВ, т. е. на основе волоконно-оптической кольцевой структуры (ВОКС), аналогичной рассмотренной в [1].

Введем основные параметры сигнала построчной развертки изображения и ВОКС. Пусть сигнал кадровой развертки содержит N импульсов, скважность которых $Q \geq 2N$, а период следования — τ . Пусть также период обращения сигнала в ВОКС составляет T . При выполнении условия

$$T = (N - 1)\tau/N \quad (1)$$

i -й импульс ($i = 1 \div N - 1$), пройдя по ВОКС, появится на выходе, опережая на время τ/N приходящий $i + 1$ -й импульс, т. е. период следования импульсов становится равным $\tau - T$. Тем самым достигается временная компрессия импульсной последовательности в N раз.

Период обращения сигнала в ВОКС связан с длиной L волоконного световода соотношением

$$T = (L_n/c) + t_{эл}, \quad (2)$$

где n — показатель преломления сердцевины световода; c — скорость света в вакууме; $t_{эл}$ — задержка в электрических цепях ВОКС. Отсюда для достижения компрессии последовательности N импульсов в N раз требуется световод длиной

$$L = \frac{(N - 1)c\tau}{Nn} - t_{эл} \frac{c}{n}, \quad (3)$$

что, например, при $N \approx 10^3$, $t_{эл} \sim 10^{-8}$, $\tau \sim 10^{-5}$ составляет $\sim 2 \cdot 10^3$ м, т. е. развертку кадра размером 32×32 элемента, имеющую тактовую частоту ~ 100 кГц, достаточно просто сжать в 1000 раз с помощью ВОКС. Тем самым достигается согласование фотоприемной матрицы, работающей на относительно низкой (~ 100 кГц) частоте, с ВОСВ.

Необходимо отметить, что операция компрессии завершается с поступлением в ВОКС N -го импульса, т. е. не приводит к потере времени при обработке сигнала.

В экспериментах нами использовалась ВОКС с периодом $T \sim 750$ нс ($L \sim 150$ м). В зависимости от выбора тактовой частоты на входе в пределах 1,3–8,9 МГц удавалось достичь компрессии входной последовательности с числом импульсов $N = 3–20$ соответственно в 3–20 раз. На рис. 1 приведена осциллограмма процесса компрессии при $N = 4$ (последовательность 1011) при периоде следования на входе $\tau \approx 920$ нс. В момент поступления последнего импульса на вход ВОКС

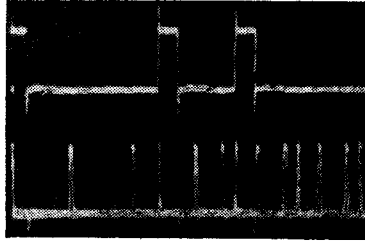


Рис. 1

нутаго изображений. Тем самым осуществляются временное совмещение элементов изображения $x_{i,j}$ и $x_{i+1,j+1}$ и определение модуля разности значений этих элементов, что для случая бинарного изображения соответствует отысканию градиента функции распределения яркости в диагональном направлении [2].

Таким образом, в рассматриваемом примере определение контура происходит в соответствии с выражением

$$|x_{i,j} - x_{i+1,j+1}| = 1. \quad (4)$$

Заметим, что аналогично можно найти градиент функции яркости в вертикальном и горизонтальном направлениях.

Блок-схема устройства выделения контура представлена на рис. 2. Источник излучения 1, волоконный световод 2, фотоприемник 3 и формирователь 4 (для восстановления фронтов и уровня принятого сигнала) представляют собой волоконно-оптическую линию задержки. Задержка сигнала t в этой линии

$$t = (M \pm 1)\tau \quad (5)$$

(M — число элементов в строке) соответствует сдвигу исходного изображения на один элемент вправо (влево) вниз. Сравнение «сдвинутой» во времени развертки изображения с исходной осуществляется в элементе «исключающее ИЛИ» 5, на выходе которого сигнал соответствует развертке контура изображения. При $\tau \approx 33$ нс

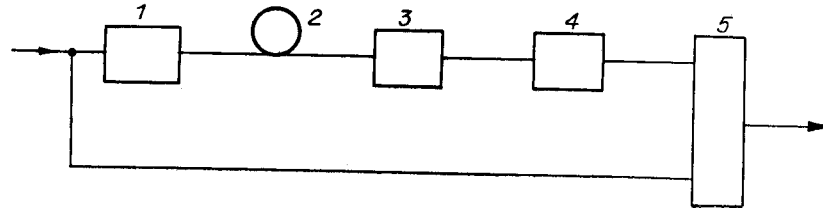


Рис. 2

и размере изображения 32×32 элемента эта операция выполняется за время ~ 1 мкс, для чего необходимо ~ 200 м волоконного световода.

На рис. 3 приведены осциллограммы развертки сдвинутого на $M + 1$ элемент изображения размером 4×4 с объектом размером 3×3 в нем (вверху) и контура, соответствующего этому объекту (внизу) при $\tau \approx 0,17$ мкс и $L = 200$ м. Видно, что последовательность импульсов, соответствующая развертке контура, возникает в темпе согласованно с поступлением сдвинутого сигнала изображения.

Заметим, что устройство выделения контура изображения может входить в состав приведенного выше ВОСВ, для чего не требуется структурных изменений последнего.

Помимо рассмотренного устройства выделения контура, на основе ВОСВ возможно создание устройств фильтрации изображения. В основе работы таких фильтров может лежать, например, «локальное усреднение каждого элемента изображения по его соседям» [2] или использование рекуррентной цифровой фильтрации [3]. В любом случае ВОСВ позволяет получить развертки кадров-эталонов и тем самым осуществить временное совмещение сигналов тех или иных элементов изображения с последующим их суммированием и сравнением с заданным порогом. Расчеты на ЭВМ показывают, что использование фильтра на основе усреднения каждого элемента по восьми соседним [2] в составе ВОСВ значительно повышает его помехоустой-

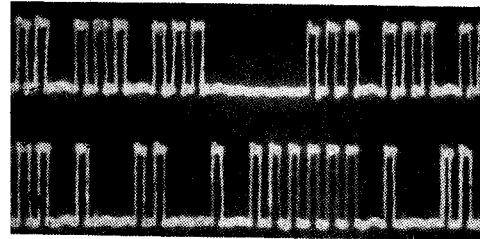


Рис. 3

чивость. Например, при размерах объекта 16×16 элементов и уровнях шума в кадре 20 и 30 % вероятность ошибки определения смещения составляет соответственно 0 и 5 % (без выполнения предварительной фильтрации изображения — соответственно 10 и 20 % [1]).

Экспериментально нами опробованы элементы такого фильтра, соответствующие фильтрации по вертикали, горизонтали или диагонали для объекта размером 2×3 в кадре 4×4 элемента. Они очистили изображение от зашумленных фрагментов. Набор таких устройств позволяет оптимизировать процесс фильтрации в зависимости от размеров и формы изображения в кадре.

Таким образом, использование волоконно-оптических линий задержки и активных кольцевых структур значительно расширяет функциональные возможности ВОСВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Логинов А. В., Меш М. Я., Овчинников И. М. и др. Волоконно-оптический специализированный вычислитель для определения смещения поступательно движущегося объекта // Автометрия.— 1989.— № 1.
2. Розенфелд А. Распознавание изображений // ТИИЭР.— 1981.— 69, № 5.
3. Сарнадский В. Н. Использование рекуррентного цифрового фильтра при обработке голографических изображений // Голографические измерительные системы/Под ред. А. Г. Козачка.— Новосибирск: НЭТИ, 1980.

Поступило в редакцию 10 марта 1988 г.

УДК 53.082.5 : 534.23

Х. Т. АБЕЙНАЯКЕ, В. А. КОМОЦКИЙ, М. В. КОТЮКОВ
(Москва)

ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН МЕТОДОМ ОПТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ С ОПОРНОЙ ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЕТКОЙ

Метод оптического зондирования с опорной дифракционной решеткой (ОДР), ранее описанный в [1—4], может быть применен для измерения скорости распространения поверхностных акустических волн (ПАВ). Схема зондирования представлена на рис. 1. Фотодетектор располагается в 0-м либо ± 1 -м порядке дифракции. Для измерения используется переменная составляющая тока фотодетектора на частоте ПАВ F . Амплитуда полезного сигнала $i_m^{(F)}$ линейно связана с амплитудой ПАВ, а фаза φ определяется фазой ПАВ и фазой ОДР в точке зондирования [3, 4]. Под точкой зондирования будем понимать центр поперечного сечения зондирующего оптического пучка.

Описываемая методика позволяет с помощью данной схемы определить скорость распространения ПАВ. Пусть в схеме зондирования ОДР с известным периодом Λ жестко связана со звукопроводом и находится на расстоянии $l \ll \Lambda^2/\lambda$ от него. Если перемещать точку зондирования в направлении распространения ПАВ, то в случае точного совпадения длины ПАВ $\Lambda_{\text{ПАВ}}$ с периодом ОДР Λ фаза полезного сигнала при перемещении не меняется. Подстраивая частоту ПАВ и контролируя фазу сигнала, достигают выполнения равенства $\Lambda_{\text{ПАВ}} = \Lambda$ и по найденной таким образом $\Lambda_{\text{ПАВ}}$ рассчитывают скорость волны $V = F\Lambda_{\text{ПАВ}}$.

Можно использовать и другую методику, которая не требует точной подстройки частоты ПАВ. Пусть $\Lambda_{\text{ПАВ}}$ несколько отличается от Λ , т. е. $\Lambda_{\text{ПАВ}} = \Lambda + \delta\Lambda$, где $\delta\Lambda \ll \Lambda$. При перемещении зондирующего пучка в направлении распространения ПАВ на расстояние L фаза ПАВ в точке зондирования изменится на

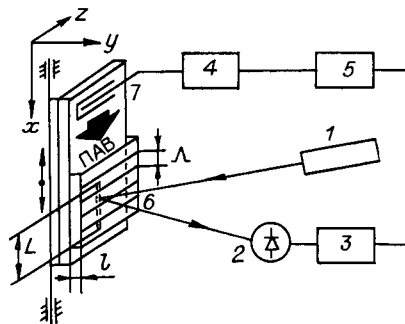


Рис. 1. Схема оптического зондирования с опорной дифракционной решеткой:

1 — лазер, 2 — фотодиодный узел, 3 — усилитель, 4 — генератор, 5 — фазометр, 6 — ОДР, 7 — звукопровод