

Рис. 3. Функциональная схема устройства, формирующего регулируемое напряжение смещения

Метрологические достоинства широкополосного усилителя полностью реализуются только в том случае, если приняты надлежащие меры по защите измерительных цепей от высокочастотных помех. Эффективным средством такой защиты является гальваническая изоляция измерительной части системы. Основным показателем качества гальванической изоляции — значение паразитной емкости. Элементы оптоэлектронных развязок, обычно применяемые для этих целей, имеют типовое значение проходной емкости — 2 пФ [3]. Использование оптоэлектронных развязок в рамках одного модуля для управления четырьмя 12-разрядными ЦАП и цепями переключения пределов определяет суммарное значение проходной емкости ~ 100 пФ.

Возможный способ снижения проходной емкости состоит в уменьшении числа цепей, подлежащих гальванической развязке (т. е. в использовании канала последовательной передачи данных), и применении элементов гальванической развязки с меньшим значением проходной емкости.

Функциональная схема устройства, формирующего регулируемые напряжения смещения на входах усилителей, изображена на рис. 3. В качестве элементов гальванической развязки в канале последовательной передачи данных используются специальные импульсные двухкаскадные трансформаторы с пространственно разнесенными витками передающих обмоток, чем достигается снижение значения проходной емкости канала до 0,1 пФ. Трансформаторы осуществляют дифференцирование передних и задних фронтов импульсов кода. В приемной части канала последовательной передачи данных происходит восстановление исходной формы сигнала. Время цикла передачи данных для установки напряжения смещения одного усилителя 2 мкс. Управление передачей данных осуществляется микрокомандами, запрограммированными в ПЗУ. Блок источников напряжений смещения так же, как и блок усилителей, выполнен в виде модуля стандарта VME.

Несколько образцов широкополосного измерителя паходится в опытной эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Касперович А. И., Шалагин Ю. В. Двухканальный регистратор широкополосных сигналов // Автометрия.— 1990.— № 6.
2. Ложников А. М., Соин Е. К. Каскодные усилители на транзисторах.— М.: Энергия, 1969.
3. Иванов В. И., Аксенов А. И., Юнин А. М. Полупроводниковые оптоэлектронные приборы.— М.: Энергоатомиздат, 1989.

Получило в редакцию 17 июля 1990 г.

УДК 621.397.2

И. В. ТРОХИМЕЦ

(Харьков)

ОБНАРУЖЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИ ЗРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА

При решении задач обработки и обнаружения изображений модель зрительной системы (ЗС) человека, как правило, выступала конечной целью исследования [1—3]. В настоящей работе предпринята попытка использования модели ЗС человека при решении задачи обнаружения изображений. При этом применялась модель, рассмотренная в [4], которая отражает процесс обработки изображений в ЗС человека и позволяет ответить на вопрос, что же привлекает внимание человека на изображении прежде, чем он приступает к его детальному анализу.

Обнаружение изображений проводилось на фоне аддитивного квазизелого шума с гауссовым законом распределения с нулевым математическим ожиданием и дис-

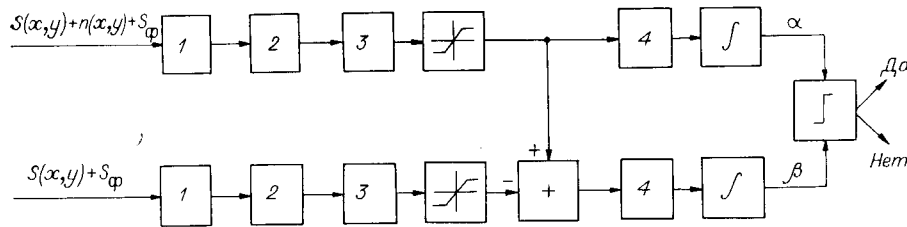


Рис. 1

персией σ^2 . При этих условиях человек способен обнаруживать изображения с примерно такой же вероятностью, что и оптимальное устройство [3]. Поэтому возможно проверить правильность модели [4], сравнив полученные результаты с результатами натуральных экспериментов [3].

Модель ЗС человека с учетом результатов из [3] представлена на рис. 1. Цепочка ФНЧ (фильтр нижних частот) 1 — \log (логарифмическое звено) 2 — ФВЧ (фильтр верхних частот) 3 — звено логического ограничения уровня дает на выходе информативную функцию (ИФ) [4]. Вычитающее, квадратирующее 4 и интегрирующее звенья представляют собой приемник Зигерта — Котельникова, который согласно [3] при определенных условиях обеспечивает такую же, как и человек, вероятность правильного обнаружения изображений.

Для работы приемника Зигерта — Котельникова необходимо на один из входов подавать эталонные образцы принимаемого сигнала. Поскольку видеоинформация об окружающих предметах могла попасть в мозг человека только через ЗС, то логично предположить, что эталонные образцы прошли тот же путь, что и изображения, подлежащие обнаружению зрительной системой человека. При этом, конечно, не утверждается, что в качестве «образца» в мозгу человека используется именно ИФ, но можно предположить, что это некоторая функция, полученная, возможно, после дополнительного сжатия на основе ИФ. Поэтому в исследовании в качестве «образца» использовалась ИФ.

Звено порогового сравнения определяет, произошло ли обнаружение изображения в данной реализации или нет. Ответ «Да» соответствует случаю, когда $\alpha < \beta$ (см. рис. 1).

Эксперимент проводился методом статистического моделирования на ЭВМ. В качестве изображения использовался монохроматический аэрофотоснимок размерами 128×128 элементов разложения, введенный в память ЭВМ при 64 уровнях квантования $S(x, y)$. С помощью специальных программ на ЭВМ моделировалась помеха, представляющая собой поле некоррелированных гауссовых случайных величин $n(x, y)$ с нулевым математическим ожиданием и дисперсией σ^2 . Эта помеха суммировалась с сигналом изображения. К полученной сумме добавлялся равномерный фон $S_{\phi}(x, y)$, представляющий собой поле с одинаковыми значениями сигнала в каждой точке. Полученный таким образом сигнал обрабатывался в соответствии с моделью ЗС человека (см. рис. 1). Размах сигнала изображения, определяемый разностью максимального и минимального значений $S(x, y)$, составлял 64 шага квантования. Минимальное значение $S(x, y)$, эквивалентное минимальной яркости изображения за счет введения фона, $S_{\phi} = 3\sigma$, где σ — среднеквадратическое отклонение шума, определяемое из заданного отношения сигнал/шум:

$$\psi = \text{размах сигнала}/\sigma. \quad (1)$$

В данном случае преследовалась цель избежать заметного ограничения выбросов помехи для получения достоверных результатов. На каждое значение отношения сигнал/шум ψ было получено по 100 реализаций. Это количество ограничивалось временем обработки, так как для одного значения вероятности правильного обнаружения изображения $P_{\text{обн}}$ при заданном ψ требовалось примерно 60 мин машинного времени ЭВМ типа ЕС-1060. Незвестная вероятность $P_{\text{обн}}$ оценивалась по частоте $P_{\text{обн}}^*$ в n независимых опытах ($n = 100$), при этом оценка для $P_{\text{обн}}^*$ является несмещенной и эффективной [5]. Нижнюю и верхнюю границы доверительного интервала можно найти из соотношений [5]

$$P_{\text{обн}1} = \frac{P_{\text{обн}}^* + \frac{1}{2} \frac{t_{\beta}^2}{n} - t_{\beta} \sqrt{\frac{P_{\text{обн}}^* q_{\text{обн}}^*}{n} + \frac{t_{\beta}^2}{4n^2}}}{1 + \frac{t_{\beta}^2}{n}}; \quad (2)$$

$$P_{\text{обн}2} = \frac{P_{\text{обн}}^* + \frac{1}{2} \frac{t_{\beta}^2}{n} + t_{\beta} \sqrt{\frac{P_{\text{обн}}^* q_{\text{обн}}^*}{n} + \frac{t_{\beta}^2}{4n^2}}}{1 + \frac{t_{\beta}^2}{n}}, \quad (3)$$

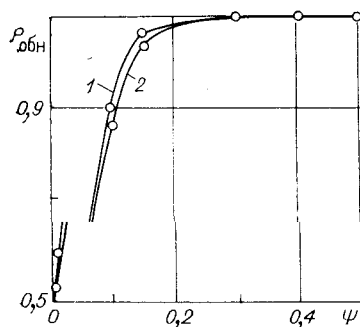


Рис. 2

В качестве логарифмического звена использовалась одна из характеристик восприятия яркости [3]

$$u = \ln(1 + 0,262L), \quad (4)$$

где L — значение яркости на входе; u — значение яркости на выходе звена.

В качестве ФВЧ и ФНЧ использовались цифровые рекурсивные фильтры скользящего среднего [4] с размерами окна, в пределах которого проводилось усреднение, для ФНЧ — 3×3 и ФНЧ — 64×64 . Полученные результаты сравнивались с теоретической кривой [3] вероятности обнаружения изображений с учетом эффекта фильтрации вида

$$P_{\text{обн}} = \frac{1}{2} \left[1 + \Phi \left(\frac{\psi_0}{2} \right) \right], \quad (5)$$

где ψ_0 — отношение сигнал/шум с учетом эффекта фильтрации, проводимой человеком;

$$\Phi(z) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right) dx. \quad (6)$$

Такое сравнение вызвано тем, что результаты натуральных экспериментов с участием человека практически не отличаются от результатов, полученных с помощью выражения (5). Отличие состоит лишь в том, что первые для некоторых точек на 2–3 % хуже, чем вторые [3]. Априорные вероятности появления или непоявления изображения в ходе проведения эксперимента были равны по 0,5. Результаты эксперимента приведены на рис. 2. Экспериментальная (при помощи модели ЗС человека) 2 и теоретическая (согласно выражения (5)) 1 кривые очень близки друг к другу. Отличие составляют в некоторых точках те же 2–3 %.

Таким образом, данные результаты позволяют сделать вывод, что модель ЗС человека, представленная на рис. 1, может быть использована для обнаружения изображений. Полученные результаты подтверждают верность модели первичных отделов зрительной системы человека [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стокхем Т. Обработка изображений в контексте моделей зрения // ТИИЭР.— 1972.— 60, № 7.
2. Прэйт У. Цифровая обработка изображений.— М.: Мир, 1982.— Т. 1.
3. Красильников И. Н. Теория передачи и восприятия изображений // Теория передачи изображений и ее приложения.— М.: Радио и связь, 1986.
4. Гунал В. И., Трохимец И. В. Некоторые особенности обработки изображений в первичных отделах зрительной системы человека // Автометрия.— 1989.— № 4.
5. Вентцель Е. С. Теория вероятностей.— М.: Наука, 1969.

Поступило в редакцию 3 мая 1990 г.