

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОТРАСЛЕВОЙ ОРГАН НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
„ЭКОС“

ТЕХНИКА СРЕДСТВ СВЯЗИ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
СБОРНИК

СЕРИЯ
ТЕХНИКА ТЕЛЕВИДЕНИЯ

ВЫПУСК 4

МОСКВА 1985

СОДЕРЖАНИЕ

Иванов В. Б. Проблемы разработки и производства телевизионной аппаратуры IV, V и VI поколений	3
Голушко М. Н. и Макаров В. Н. Специфика применения теории решений в научно-прикладном телевидении	18
Титков Б. В. и Шабakov Е. И. Китайская теорема об остатках в цифровой обработке телевизионных сигналов	26
Симкин Б. Э. О закономерной связи между основными параметрами и явлениями зрительного обнаружения	34
Куликов А. Н. Оценка диапазонов перестройки параметров разложения в телекамере на матрице ПЗС	47
Меренков В. Н. Выбор алгоритмов предсказания для различных структур участка изображения	55
Гагис С. И., Касавченко В. В., Горелик С. Л. и Маркович М. Г. Параллельно-последовательные алгоритмы калибровки телевизионных систем	62
Голодухин В. В., Иванкин И. Р. и Эвентаве Ю. М. Влияние погрешностей относительной привязки телевизионного датчика на точность определения координат объекта	68
Болотин И. А. и Мандражи В. П. Оптимальная фильтрация управляющего сигнала телевизионной следящей системы на диссекторе с временным дискриминатором	77
Буймистряк Г. Я. и Зубарев Ю. Б. Перестраиваемый акустооптический фильтр в спектрональной телевизионной системе	85
Полушкина А. Ф. Устройство контроля цифрового телевизионного сигнала	91
Макаров А. Ф., Строкин Ю. П. и Огурцовский Ю. Г. Устройство ввода графической информации с использованием средств вычислительной техники	94
Бытенский Л. И., Конькова Е. В., Махмутов Ф. М. и Попов В. Н. Тепловой мост для охлаждаемого фотоприемного устройства с возможностью самокомпенсации температурной деформации	100
Козлов А. В. и Платонов Б. Д. Применение ГИС с многослойными резисторами в телевизионной аппаратуре	106
Лавринович Б. М. и Полякова И. С. Оптико-телевизионные установки для центрирования наконечников световодных кабелей	112

ТЕХНИКА СРЕДСТВ СВЯЗИ

Серия

ТЕХНИКА ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Выпуск 4

1985

УДК 621.397.6.001.18

*Канд. техн. наук В. Б. Иванов***ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ И ПРОИЗВОДСТВА
ТЕЛЕВИЗИОННОЙ АППАРАТУРЫ IV, V И VI ПОКОЛЕНИЙ**

Рассмотрены основные требования, предъявляемые к телевизионной аппаратуре IV, V и VI поколений, и основные проблемы ее разработки и производства на базе современных методов и технических средств.

В последние годы продолжает расширяться сфера использования средств телевизионной техники в различных областях народного хозяйства, науки, искусства. Претерпевают изменения и возрастают требования к телевизионной технике и в ее прежних исконных областях применения — в телевизионном вещании и промышленном телевидении.

Предприятиям телевизионной отрасли предстоит теперь и в последующее время разрабатывать и выпускать аппаратуру, отвечающую этим высоким требованиям, по техническому уровню не уступающую или превосходящую соответствующие аналоги передовых зарубежных фирм. Это очень сложная и многогранная задача, успешное решение которой не может быть достигнуто прежними традиционными методами разработки и производства. Сложность заключается не только в том, что требуется достижение более высоких основных параметров телевизионных систем, таких, как чувствительность, разрешающая способность, уровень допустимых яркостных и геометрических искажений, точность цветопередачи. Помимо этого возникает множество новых требований к аппаратуре и параметров, связанных с расширением сферы использования телевизионных средств. Многие системы носят измерительный характер, часто используются телевизионные принципы восприятия и анализа поступающей информации, но конечным результатом действия таких систем является не визуально наблюдаемое изображение, а цифровая информация, вводимая в ЭВМ, или используемая для управления различными специализированными оконечными устройствами. Несмотря на усложнение и увеличение функций, выполняемых телевизионной аппаратурой, требуется значительное упрощение ее обслуживания при эксплуатации, повышение надежности и ресурса работы.

При всем многообразии телевизионной аппаратуры ее многочисленные виды обладают некоторыми общими чертами, комплексом харак-

теристик, определяемых уровнем развития техники в различные периоды времени. Совокупность определенных характеристик является признаком целого поколения аппаратуры, ее общего технического уровня, свойственного соответствующему этапу развития.

Классификация такого рода, по поколениям аппаратуры, удобна как для анализа процессов создания телевизионной техники в прошлом, так и для постановки задач ее развития в будущем. В этом направлении есть немалый опыт в других областях отечественной и зарубежной техники, например в области вычислительной техники. Частным примером развития и классификации поколений может служить и отечественная телевизионная аппаратура вещательного назначения [1].

С точки зрения общности принципиально существенных функций телевизионную аппаратуру различных назначений можно определить как аппаратуру формирования, обработки и передачи телевизионной информации. Такой подход дает возможность классифицировать по поколениям аппаратуру различных видов. В представленной таблице приведены шесть групп признаков, на основе которых сформулированы некоторые общие требования, предъявляемые к аппаратуре различных поколений.

Аппаратура I поколения базируется на ламповой технике 50-х годов. II поколение основано на использовании транзисторной техники, оно развивалось в 60-е годы. Это давно пройденные этапы развития телевизионной техники, и мы их рассматривать не будем, сведения о них не включены в таблицу. III поколение — по существу уже заканчивающийся этап, во всяком случае в период 1985 — 1990 годы аппаратура этого поколения разрабатываться не должна, хотя еще будет выпускаться производством. В таблице указаны основные признаки III поколения для того, чтобы можно было сравнить с ними технические характеристики, подчеркнуть особенности аппаратуры последующих поколений, так как именно аппаратура IV, V и VI поколений будет разрабатываться и подготавливаться к производству в предстоящие годы XII и XIII пятилеток. В качестве признаков поколений приняты наиболее общие технические черты аппаратуры, характеризующие ее выходные параметры, эксплуатационные возможности, технический уровень элементной базы, а также особенности исполнения аппаратуры как на этапе ее разработки, так и в процессе производства; отмечены характерные особенности используемой технологии.

Если не считать первого признака, указанного в таблице, формулировки остальных по своей сути не требуют особых пояснений. Первый признак, определяющий выходные параметры и эксплуатационные характеристики, невозможно сформулировать в общем виде и однозначно для различных видов аппаратуры, так как слишком велик диапазон значений и разнообразна номенклатура параметров, определяющих технический уровень каждого из видов аппаратуры, относящейся к той или иной области применения.

Очевидно, что для аппаратуры вещательного назначения главными техническими и эксплуатационными параметрами являются не те параметры, которые характерны как основные для аппаратуры промышленного телевидения или телевизионных систем, используемых для исследований космического пространства, природных ресурсов Земли и океана, для метеорологических целей.

Пожалуй, единственным общим критерием отнесения аппаратуры к тому или иному ее поколению по данному признаку можно считать уровень параметров, наиболее важных для аппаратуры или комплексов,

Основные признаки поколений аппаратуры формирования, обработки и передачи телевизионной информации

№ п/п	Наименование признаков	Поколения аппаратуры			
		III	IV	V	VI
1	2	3	4	5	6
1	Основные характеристики, функциональные и эксплуатационные возможности (в том числе масса, габариты, энергопотребление, надежность, ресурс)	На уровне или выше соответствующих аналогов зарубежных фирм 1977 — 1980 гг.	На уровне или выше соответствующих аналогов зарубежных фирм 1983—1986 гг.	На прогнозируемом уровне или выше аналогов зарубежных фирм 1988—1991 гг.	На прогнозируемом уровне или выше аналогов зарубежных фирм 1995 — 1998 гг.
2	Система управления и средства контроля	Ручное и полуавтоматическое управление	Автоматическое управление и контроль на основе цифровых методов (более 50% устройств)	Автоматическое управление основными устройствами (более 80%) с использованием микропроцессоров и мини-ЭВМ. Самодиагностика.	Автоматическое управление основными устройствами с использованием СВТ. Логика действий и адаптивность. Самодиагностика и самовосстановление
3	Методы формирования и обработки телевизионной информации	Аналоговые	Цифровые (более 50% основных устройств обработки) и аналоговые	Цифровые (более 80% основных устройств обработки) и аналоговые, элементы синтеза изображений	Цифровые (более 80% основных устройств обработки) и аналоговые с высоким быстродействием, элементы синтеза изображений, адаптивность
4	Элементная база				
	4.1. Уровень интеграции ИМС и микросборок	1-, 2 и 3-й	4-й в основных устройствах обработки, управления и контроля	5-й в основных устройствах обработки, управления и контроля	5- и 6-й в основных устройствах обработки, управления и контроля
	4.2. Тип преобразователя «свет — сигнал»	Электрoвакуумные приборы	Малогабаритные электрoвакуумные и твердотельные приборы	Электрoвакуумные приборы и твердотельные преобразователи новых поколений	Электрoвакуумные приборы и твердотельные преобразователи новых поколений

1	2	3	4	5	6
	4.3. Элементы и устройства функциональной электроники (ПЗС, ПАВ, опто- и акустоэлектронные устройства)	Нет	Используются ПЗС, оптико-электронные преобразователи изображения (ОЭПИ), лазерные устройства, световодные линии связи	Используются ПЗС, ОЭПИ, лазерные устройства, интегральная оптика, световодные линии связи с пропускной способностью до 250 Мбит/с, плоские экраны отображения на основе жидких кристаллов	Используются ПЗС, ОЭПИ, активная оптика, интегральная оптика, световодные линии связи с высокой пропускной способностью (более 250 Мбит/с), цветные плоские экраны отображения информации на основе жидкокристаллических и твердотельных элементов
5	Основные методы и средства проектирования	Ручные традиционные	САПР и ручные	САПР, АСТПП, АСУП	САПР, АСТПП, АСУП и другие методы, базирующиеся на использовании СВТ
6	Технология				
	6.1. Исполнение печатных плат	Двусторонняя печать	Двусторонняя печать и многослойные платы. Аддитивная технология	Многослойные платы с высокой плотностью монтажа. Блоки с использованием тонко- и толстопленочной технологии	Многослойные платы. Блоки на основе вентиляемых матриц и полупроводниковых ИМС, трассируемых методами микроэлектронной технологии
	6.2. Использование средств автоматизации в производстве	Станки с ЧПУ. Механизация операций	Станки с ЧПУ, автоматизированные участки, управляемые ЭВМ	ГПК и ГПС, автоматизированные участки	ГПК, ГПС, ИПС
	6.3. Методы настройки и контроля в процессе производства	Традиционные	С использованием СВТ	С использованием СВТ	С использованием СВТ

относительно мирового уровня техники такого же назначения в определенных периоды времени. Именно с таких позиций и установлены требования, предъявляемые к телевизионной аппаратуре различных поколений по первому признаку.

Рассмотрим некоторые проблемы разработки и выпуска телевизионной аппаратуры IV и V поколений. Частично коснемся также проблем создания аппаратуры VI поколения.

Вначале обратимся к задачам достижения необходимых основных выходных характеристик аппаратуры, ее функциональных и эксплуатационных возможностей.

Многие виды аппаратуры IV и V поколений сохраняют ныне существующий стандарт разложения, т. е. 625 строк, 50 полей в секунду. Однако требования к качеству воспроизводимого изображения возрастают. Так, глубина модуляции в мелких деталях должна будет возрасти на частоте 6 МГц до 50—60%, а отношение сигнал/шум до 50 дБ и более, должны быть значительно уменьшены, практически сведены к ничтожно малым уровням, помехи типа «муар», «факел», «выпадение сигналов», особенно в каналах, содержащих устройства магнитной записи. Серьезной проблемой является также стабильное обеспечение точной цветопередачи. Последнее диктуется не только требованиями высококачественного телевизионного вещания, но и требованиями пользователей прикладных телевизионных систем промышленного и медицинского назначения.

Для решения задач классификации наблюдаемых объектов, которых может быть значительное количество в поле зрения, задач опознавания образа и тому подобных потребуется высокая точность соответствия величины видеосигнала значениям яркости наблюдаемых объектов и высокая степень точности передачи геометрии, а также параметров движения. Иначе говоря, возникает проблема придания телевизионной системе измерительных свойств. Только с ее реализацией можно будет создать высокоэффективные телевизионные автоматы, необходимые для многих областей промышленности, медицины, научных исследований. Это позволит решить исключительно актуальную задачу сегодняшнего дня и ближайшего будущего — создать «зрение» роботов, что значительно повысит эффективность многих видов робототехники, приблизит время «безлюдной» технологии в различных отраслях народного хозяйства.

Повышенные требования к некоторым общим выходным параметрам, которые здесь приведены, относятся к аппаратуре IV и частично V поколений, работающей в условиях передачи изображений движущихся объектов при вещательном стандарте разложения. Однако во многих системах прикладного назначения потребуется для этого повышение разрешающей способности при том же поле наблюдения, т. е. увеличение их информативности. Достичь этого возможно путем перехода к более высоким стандартам разложения — 1000 и более строк в кадре. Такую телевизионную технику прикладного назначения отнесем к V поколению.

Разработка телевизионных систем высокой четкости (1125 — 1250 строк в кадре) вещательного назначения потребует решения многих дополнительных проблем (по сравнению с прикладными системами), таких, как передача в телевизионной сети, имеющей ограниченные возможности в объеме и скорости передачи информации, желательность, а может быть и необходимость решения проблем наиболее простого преобразования выбранного стандарта высокой четкости в существующий вещательный стандарт и т. д. Поэтому вещательные системы вы-

сокой четкости следует отнести к VI поколению телевизионной аппаратуры. Нужно заметить, что в любых системах высокой четкости достижение высоких качественных характеристик изображения существенно усложняется, так же как усложняются проблемы передачи и консервации сигналов.

В малокадровых телевизионных системах, не передающих динамику сюжета, уже теперь, т. е. в III поколении, в кадре содержится свыше тысячи строк с соответствующим числом элементов в каждой строке. Передача такой информации производится по каналам с относительно узкой полосой пропускания за счет увеличения времени передачи. Примером могут служить системы метеорологического назначения. IV и V поколения таких систем будут характеризоваться не только дальнейшим значительным увеличением информативности каждого кадра, который будет содержать в себе число элементов на полтора — два порядка больше, чем в настоящее время, но и эффективными средствами автоматической обработки получаемой информации.

Для многих видов телевизионной аппаратуры с высокими выходными параметрами и развитыми функциональными возможностями, а следовательно, достаточно сложной и дорогостоящей, немаловажным параметром является ресурс работы. Этот показатель в большой мере определяет экономические факторы использования той или иной системы. Решение проблемы увеличения ресурса в несколько раз лежит прежде всего в использовании соответствующей элементной базы, замене электровакуумных приборов их твердотельными аналогами, сведении к минимуму электромеханических устройств, а при неизбежности их применения — в создании новых конструкций с использованием новых материалов и совершенных методов изготовления и контроля.

Требования к массо-габаритным параметрам аппаратуры зависят от конкретного ее назначения, но в любых случаях при создании аппаратуры IV, V, VI поколений нужно стремиться к снижению массы и габаритов, находя и используя наилучшее формообразование конструкций, применяя легкие сплавы и пластмассы, методы комплексной миниатюризации. Для некоторых видов телевизионной техники (носимые камеры и видеомагнитофоны, оборудование подвижных объектов с ограниченными размерами) указанные параметры являются важнейшими. Достижение минимальных размеров и массы для такой аппаратуры настолько важно, что этому приходится подчинить не только конструкторско-технологическую, но и схемотехническую разработку, во имя этого же необходимо найти и компромисс между значениями электрических и эксплуатационных параметров устройств.

Большое значение для телевизионной аппаратуры имеют система управления и методы контроля, так как они в значительной мере определяют ее эксплуатационный уровень и непосредственно затрагивают интересы пользователя. Система управления и контроля аппаратуры IV и V поколений должна базироваться на цифровых методах с использованием средств вычислительной техники — микропроцессоров, микро- и мини-ЭВМ. Это позволит автоматизировать процесс подготовки, оперативной регулировки и контроля многих параметров как в отдельных приборах и устройствах, так и в сложных комплексах, т. е. обойтись без участия человека-оператора. Высокое качество операций будет определяться объективным характером и возможностью достижения высокой скорости их проведения, быстрым одновременным анализом результатов измерений и контроля всех необходимых процессов при подготовке аппаратуры к работе и во время ее функционирования.

Рационально построенная система управления и контроля в значительной мере определяет общий технический уровень аппаратуры, она должна освободить обслуживающий персонал от заботы следить за состоянием процессов в устройствах, поисков неисправностей при их возникновении, перманентно давать полную информацию о техническом состоянии всех функциональных блоков или устройств аппаратуры. На долю обслуживающего персонала, а это скорее всего будет один человек-оператор, выпадает лишь задача принятия решения в случае значительных отклонений от нормы функционирования отдельных устройств, не преодолеваемых автоматикой, и в случае явного выхода из строя тех или иных блоков или элементов аппаратуры, местонахождение которых должно определяться системой контроля.

В аппаратуре V поколения многие элементы следует строить с использованием принципа самодиагностики, что является шагом в направлении решения проблемы не только самодиагностики, но и самовосстановления. Дальнейшее развитие системы управления и контроля должно освободить оператора от необходимости изыскивать решение в упомянутых выше случаях и осуществлять восстановление нормальной работы «вручную».

Комплексы аппаратуры VI поколения будут содержать ряд элементов, обладающих способностью самовосстановления. Создание таких элементов вполне реальная задача, так как достижения микроэлектронной технологии позволяют получать сложные микроструктуры с числом элементов более 100 тысяч на одном кристалле размером примерно 4×5 мм. А решение проблемы самодиагностики и самовосстановления связано именно с необходимостью введения определенной схмотехнической избыточности в функциональном элементе, т. е. с возможностью увеличения уровня его интеграции.

Конечно, эти проблемы достаточно сложны и чтобы дать их инженерное решение потребуется проведение и теоретической, и экспериментальной проработки. Такие работы уже ведутся и у нас, и за рубежом, им уделяется большое внимание, так как с ними связаны также перспективы общего повышения надежности аппаратуры [2]. Чтобы обслуживающий персонал был избавлен в какой-то мере от необходимости принятия решений, касающихся обеспечения нормального функционирования комплекса, потребуется придание системе управления логики действий и адаптивности или, как теперь часто говорят, элементов «искусственного интеллекта». Под термином «искусственный интеллект» обычно понимается имитация творческой деятельности человека, очень сложного процесса, всестороннее определение которого затруднительно дать в нескольких словах. В нашем же случае этот процесс кратко можно определить как использование имеющейся базы «знаний» для оценки возникающих и изменяющихся внешних и внутренних факторов, влияющих на функционирование комплекса аппаратуры, и логического формирования решения, приводящего аппаратуру к нормальному состоянию. Правда, такой процесс можно расценить и как высшую форму автоматизации контроля и управления, т. е. здесь нет четкой границы между этой формой автоматизации и «искусственным интеллектом», а лучше сказать элементами «искусственного интеллекта». Для реализации указанных свойств системе должна быть придана минимально необходимая база «знаний», процессоры с достаточно большим быстродействием, соответствующая оперативная память и должно быть разработано специальное программное обеспечение. Это непростые задачи, требующие для своего решения определенного времени. Можно

ожидать, что такое время наступит в период создания комплексов VI поколения.

Для построения автоматических систем управления и контроля телевизионной аппаратуры IV и V поколений наша промышленность уже освоила выпуск большой номенклатуры средств вычислительной техники — это мини-ЭВМ серии СМ, микро-ЭВМ «Электроника-60», «Электроника-81В», микропроцессорные комплекты К-580, К-589, КР-1802, КР-1804 и ряд других. Иначе говоря, имеются как готовые управляющие ЭВМ, так и компоненты для создания ЭВМ частного применения, рассчитанных на решение узких специализированных задач. Однако пока сдерживающими факторами ускорения темпов использования СВТ в системах управления является недостаточность программного обеспечения, значительная трудоемкость его разработки, нехватка специалистов-разработчиков, владеющих методами создания необходимых алгоритмов и их программного обеспечения.

Уровень основных задач, решаемых телевизионными комплексами, возможности этих комплексов зависят от методов обработки телевизионной информации, применяемых в конкретной аппаратуре. Наиболее мощными являются цифровые, именно они составят основу действия аппаратуры обработки в телевизионной технике IV, V и VI поколений. Цифровое представление телевизионного сигнала позволяет осуществить практически любые его преобразования, которые в зависимости от исходной телевизионной информации и конечной задачи обработки могут быть осуществлены средствами вычислительной техники. Примерами таких преобразований могут служить исключение статистической избыточности исходной информации и за счет этого сокращение цифрового потока, подлежащего передаче по каналам связи, эффективное кодирование, использующее особенности получателя информации — зрения человека или определенные свойства оконечных устройств-автоматов, уплотнение телевизионной информации другими видами информации, передаваемыми по одному и тому же каналу связи, улучшение параметров изображений и преобразование стандартов.

Актуальными являются виды обработки, связанные с синтезом телевизионных изображений. Проблема синтеза изображений, решение которой с помощью ЭВМ ожидается при создании аппаратуры V и VI поколений, имеет важное значение, например, при создании мультипликационных фильмов, разработке различных тренажеров, генерации видеоэффектов. Так, при создании мультипликационных фильмов не потребуется выполнять многих рисунков фаз движения и кадровой съемки объектов или персонажей фильма, а достаточно будет выполнить один исходный рисунок персонажа, ввести его в ЭВМ, которая по определенной заданной программе осуществит синтез всех необходимых изображений фаз его движения и через устройство вывода даст возможность зафиксировать все полученные (синтезированные) кадры на киноплёнке или на магнитной видеоленте. Большой выигрыш в трудоемкости и продолжительности цикла создания фильма таким способом очевиден.

Решение задач опознавания образа составит значительную часть работы создателей аппаратуры IV, V и VI поколений, так как эти задачи охватывают очень широкий круг потребностей науки, промышленности, медицины, начиная от автоматического прочитывания цифр или текста, написанных рукой человека без какой-либо стилизации, как сейчас на конвертах, и кончая автоматическим определением и классификацией предметов или текстур в условиях наблюдений на сложном и изменяющемся фоне, что имеет место в научных исследо-

ваниях, разведке полезных ископаемых, гидрометеорологии, при контроле технологических процессов, анализе биологических объектов и в других областях. Их решение под силу только цифровым методам обработки соответствующими средствами вычислительной техники, способными воспринять, обработать большой объем информации и выдать результат в заданное время, часто очень короткое, исчисляемое единицами и даже долями секунды.

Относительный объем цифровых устройств обработки в телевизионной аппаратуре от поколения к поколению будет возрастать в связи с неминуемым усложнением задач обработки, потребуются решать сложные проблемы достижения необходимого быстродействия устройств обработки большого объема информации, создавать адаптивные системы. Если в V поколении адаптация обработки в зависимости от изменяющихся внешних условий еще возможно будет производиться вручную, то аппаратура VI поколения должна обладать способностью автоматической адаптации своих средств обработки к различным внешним условиям наблюдения, т. е. автоматически определять наилучший вариант и алгоритм обработки и вводить его в действие. Для практической реализации такой аппаратуры придется использовать ЭВМ новых поколений, позволяющих производить миллионы операций в секунду, потребуются создание электронной памяти большого объема с произвольным доступом к любому ее элементу, а также эффективных устройств ввода в ЭВМ телевизионных изображений и вывода из нее.

Несмотря на широкую перспективу развития цифровых методов обработки и использования их в аппаратуре IV, V и VI поколений, нельзя совсем сбрасывать со счетов аналоговые способы формирования и обработки телевизионной информации. Поскольку одно из главных звеньев телевизионных систем — камера — по крайней мере в обозримом будущем будет базироваться на аналоговом процессе преобразования «свет — сигнал», отдельные операции предварительной обработки телевизионного сигнала целесообразно вести в аналоговом виде (цветокоррекция, γ -коррекция, уплотнение яркостного и цветовых сигналов). Аналоговый вариант обработки занимает, как правило, значительно меньший объем в аппаратурном исполнении и имеет соответственно и энергетические преимущества. Поэтому он особое значение имеет для создания малогабаритных камер и систем с существенными массо-габаритными и энергетическими ограничениями, например таких, как комплексы телевизионной журналистики, аппаратура космической видеосвязи, некоторые виды медицинской телевизионной аппаратуры. Развитие приборов с зарядовой связью дает возможность создать миниатюрные устройства памяти на строку и на кадр с системой управления, позволяющей использовать их как средства просто временной задержки и как средства с изменяющимся временем считывания. Это дает возможность осуществлять в аналоговом варианте такие важные виды обработки, как компенсация выпадений сигнала, коррекция временных искажений, временное уплотнение. Решение указанных задач обработки средствами ПЗС позволит свести к минимуму объем аппаратуры, ее вес и энергопотребление.

Таким образом, наряду с цифровыми аналоговые методы обработки найдут свое место в будущих разработках аппаратуры IV, V и VI поколений, но уже на новом техническом уровне.

Для решения проблемы быстрой обработки телевизионных изображений есть еще один путь, который следует иметь в виду при создании будущей аппаратуры, — оптические методы обработки в когерентном свете. Их привлекательная сторона — одновременная обработка всего

поля изображения и простота аппаратурного решения, особенно если использовать новые оптические и оптоэлектронные элементы, в частности киноформы [3].

Технический уровень телевизионной аппаратуры целиком зависит от используемой элементной базы. Поэтому своевременное создание необходимой элементной базы должно быть одним из главных предметов нашей заботы. Нужно также учитывать, что основная элементная база должна разрабатываться хотя бы с одно- или двухгодичным опережением относительно разработок аппаратуры [4]. В развитии элементной базы для телевизионной техники есть два пути. Первый — это разработка и освоение в производстве необходимых изделий специализированными предприятиями электронной, электротехнической, оптической промышленности. Здесь задача разработчиков аппаратуры — своевременно заказать, до конца проследить за постановкой соответствующих работ на этих предприятиях, добиться включения в план выполнения их в необходимые сроки. Это не простая задача, особенно, когда необходима разработка изделий в относительно короткие сроки, отвечающих высоким требованиям, диктуемым перспективной аппаратурой. Второй путь, который ни в коем случае не исключает первый, — создание специализированной элементной базы собственными силами. Без развития такой базы, ориентированной на решение специфических задач телевизионной техники, практически невозможно достигнуть оптимальных инженерных решений телевизионной аппаратуры IV, V, VI поколений.

Разработка специализированных интегральных микросхем, микросборок и микроблоков, отдельных видов преобразователей «свет — сигнал», выполненных на одной микроплате с электронными схемами управления и обработки сигнала, позволит по-новому подойти к проектированию телевизионной аппаратуры будущих поколений, не уступающей прогнозируемым лучшим мировым образцам 90-х годов. В настоящее время на ряде предприятий, разрабатывающих телевизионную аппаратуру, неплохо развита гибридная технология как тонко-, так и толстопленочная, создан и выпускается значительный ассортимент микросборок, используемых в аппаратуре.

Свыше 100 типов специализированных микросборок используется сейчас в различных функциональных блоках, а некоторые из микросборок сами по себе являются функциональными узлами или блоками, например видеоусилители, формирователи синхросигнала, устройства управления ПЗС-матрицей. Мы располагаем сейчас полным комплектом гибридных микросборок, позволяющим построить видиконный канал или канал с камерой на ПЗС, создать высококачественную систему синхронизации, развертывающие устройства, системы управления. Значительная часть их найдет применение и в аппаратуре IV поколения.

Однако потребуются и новые микросборки с большим уровнем интеграции, элементами самоконтроля и диагностики, с новыми функциями.

Переход к цифровым методам обработки телевизионных сигналов приводит к увеличению числа активных элементов в аппаратуре примерно на два порядка по сравнению с аналоговыми. Реализация такой аппаратуры возможна только посредством больших и сверхбольших полупроводниковых интегральных микросхем 4-го и 5-го уровней интеграции. Помимо БИС производства электронной промышленности потребуются разработки и производство специализированных БИС для выполнения специфических операций управления и обработки цифровой телевизионной информации с целью дальнейшего уменьшения га-

барита, массы и энергопотребления будущей аппаратуры. Нужно будет освоить разработку и технологию изготовления полупроводниковых микросборок, представляющих собой несколько различных БИС на одном кристалле с трассировкой на основе микроэлектронной технологии. Это новое направление в микроэлектронике [5]. Такая микросборка с 5-м ÷ 6-м уровнями интеграции и более при размерах, например 20×20 мм, может быть уже эквивалентна нескольким нынешним блокам, позволит резко уменьшить размеры конструкционных элементов и число межблочных соединений в аппаратуре.

Телевизионная информация отличается большим объемом и для ее передачи и обработки в пределах достаточно короткого времени требуется аппаратура с высоким быстродействием. Это выдвигает серьезные требования к быстродействию ИМС, составляющих ее основу. Возьмем для примера систему вещательного стандарта: длительность 1 элемента в ней 74 нс. Для простых видов обработки одного элемента обычно требуется 25—30 элементарных операций процессора. Отсюда следует, что для обработки изображения в реальном масштабе времени потребуется быстродействие менее 3 нс.

Особенностью большинства телевизионных систем является наличие в их составе преобразователя «свет—сигнал», функции которого выполняют как электровакуумные, так и твердотельные приборы. В настоящее время при передаче высококачественных изображений первенство принадлежит первой группе этих приборов, к которым относятся плумбиконы, сатиконы, дефлектроны, леддиконы, плумбиконы-дефлектроны и другие модификации хорошо известного видикона, а также передающие трубки, сочетающие принцип видикона с дополнительными процессами, примером которых является трубка с докоммутированным усилением — супервидикон или суперкремникон, обладающая чувствительностью на три—четыре порядка больше чувствительности обычного видикона. Другим примером может служить триникон [6] — трубка с индексной мишенью и линейчатым светофильтром, создающая яркостной и цветовой сигналы, необходимые для передачи цветных телевизионных изображений достаточно высокого качества, и позволяющая построить однотрубочную камеру с простой оптической системой, малогабаритную и легкую.

Электровакуумные передающие трубки продолжают совершенствоваться и их последующие поколения, характеризующиеся повышенной разрешающей способностью, уменьшенными размерами, малым энергопотреблением и увеличенным ресурсом работы, будут использоваться в будущей телевизионной аппаратуре, включая и V, и VI поколение.

Вместе с тем во многих телевизионных системах измерительного характера или особо малогабаритных предпочтение следует отдать твердотельным приборам, работающим на принципах ПЗС или фотодиодных матриц, так как они имеют «жесткий» растр, а размеры их много меньше по сравнению даже с самыми миниатюрными электровакуумными приборами.

Большой проблемой в изготовлении таких приборов с количеством элементов, необходимых для телевизионных систем с достаточно высоким разрешением, соответствующим числу строк в кадре 600, 1000 и более, является получение бездефектной структуры на кристалле площадью 100 мм^2 и более. Основной путь в преодолении этой проблемы — поиск и разработка новых технологических процессов и приемов как в сфере производства таких приборов, так и в сфере производства исходных материалов для них, прежде всего кремния.

Разработка аппаратуры IV, V и VI поколений, отвечающей требованиям, указанным в таблице, может быть успешно выполнена лишь с привлечением современных методов исследований, расчетов и проектирования. Но не только с этой точки зрения должна строиться технология разработки аппаратуры будущих поколений. Она должна учитывать также необходимость достижения максимальной ее эффективности, т. е. обеспечить возможность выполнить разработку в короткие сроки, с минимальными трудозатратами и рассчитанную на изготовление аппаратуры в условиях современного производства, соответствующего определенному периоду времени. Поэтому признаки поколений аппаратуры, ее технический уровень нужно рассматривать не только с позиций ее потребителя, но и с позиций исполнителя-разработчика и изготовителя. Именно это явилось причиной того, что в перечень признаков поколений включены две группы, относящиеся к методам и средствам проектирования и к технологии изготовления, хотя, возможно, методы и средства проектирования и не являются непосредственным признаком поколения.

Они заслуживают отдельного подробного рассмотрения, в том числе и на страницах нашего сборника. Мы коснемся лишь некоторых общих вопросов. Основной характерной чертой процесса разработки телевизионной аппаратуры новых поколений является автоматизация инженерного труда на основе средств вычислительной техники практически на всех его стадиях, начиная от поиска наилучшего решения поставленной задачи в лабораториях и конструкторских группах и кончая разработкой технологических процессов и систем управления ими в производстве. Для этого должны быть развиты и внедрены соответствующие подсистемы САПР, увязанные с автоматизированными системами технологической подготовки производства.

Как уже отмечалось, в аппаратуре IV, V и VI поколений центральное место отводится цифровым методам обработки телевизионной информации. Современные средства вычислительной техники дают возможность промоделировать с помощью ЭВМ с соответствующей периферией и устройствами ввода и вывода изображений практически любые процессы обработки телевизионной информации в цифровом представлении.

Не так давно у нас были созданы и внедрены в практику первые комплексы оборудования для моделирования процессов обработки, применяющие отечественную вычислительную технику и оригинальное программное обеспечение [7]. Их использование при разработке телевизионных систем дало возможность избавиться от большого объема работ по макетированию ряда систем, выбрать в короткое время наилучший алгоритм обработки для решения заданной задачи и таким образом значительно сократить время и расходы на этапе разработки новой аппаратуры. Эти методы в дальнейшем, без сомнения, получат все большее распространение.

Использование вычислительной техники при обработке телевизионной информации, так же как и при решении проблем автоматизации управления комплексами аппаратуры, неизбежно приводит к такому важному разделу работы инженеров-разработчиков аппаратуры, как программирование.

Уже сейчас, на этапе разработки аппаратуры IV и V поколений, часто ощущается недостаток в специалистах-разработчиках, способных выполнять алгоритмизацию и программирование. В дальнейшем, через 2—3 года, при расширении применения СВТ, увеличении выпуска этих средств разработка программного обеспечения может стать узким

местом, особенно если учесть, что производительность труда программистов пока относительно низка.

При все возрастающих масштабах внедрения СВТ необходимо будет повысить производительность труда программистов по крайней мере в десятки раз. Пути к тому имеются. Например, Киевским институтом кибернетики разработана более эффективная технология программирования [8], суть которой в общем сводится к тому, что программист, работая с отладочными средствами, получает не только готовое решение части программы, но одновременно создает необходимую документацию, являющуюся конечным продуктом процесса программирования, а чтобы части программ четко увязывались друг с другом, вводится определенная стандартизация.

Создание устройств и элементов аппаратуры IV, V и VI поколений на основе микроэлектронной технологии выдвигает свои очень специфические требования к разработке схемотехники, а разработка топологии и трассировки БИС, содержащих тысячи элементов, вообще возможна только с помощью средств вычислительной техники. Как известно, создание и освоение в производстве новой БИС — очень сложный и дорогостоящий процесс, занимающий значительное время, 2 — 3 года. Во многих случаях проблема сокращения срока разработки БИС может быть решена путем использования так называемых базовых кристаллов — БИС в виде матрицы логических элементов с уровнем интеграции от нескольких сотен до нескольких тысяч элементов. Логические элементы в такой матрице могут соединяться между собой в самых различных вариантах по желанию заказчика в зависимости от требуемой схемы обработки. Таким образом, на основе БИС-матрицы можно создавать десятки вариантов интегральных микросхем различного функционального назначения. Для этого потребуется только изменять один трассирующий слой в кристалле. Но чтобы осуществить трассировку, придется овладеть специфической методологией ее разработки и исполнения на основе микроэлектронной технологии. Интегральные схемы, выполненные таким способом, часто называемые полузаказными, особенно выгодны при малых тиражах выпуска. Например, для таких ИС фирма RCA считает оптимальным размер партии от 1 000 шт., в то время как для обычных ИС, выполняемых не на базовом кристалле, оптимальной считается партия не менее 50 000 шт.

В процессе разработки телевизионной аппаратуры будущих поколений особое внимание следует обратить не только на технологию изготовления элементной базы, но и вообще на технологию производства аппаратуры в целом. Следует усилить работу по автоматизации технологической подготовки производства, особенно это важно в связи с развитием гибких автоматизированных производственных комплексов и систем, управляемых ЭВМ.

Печатная плата и сейчас и в ближайшие годы останется важнейшим электрическим и конструкционным элементом радиоэлектронной аппаратуры. Предстоит повысить плотность монтажа, обеспечить размещение большого количества БИС, что определяется спецификой цифровой техники. Основной путь достижения этого — разработка и изготовление высоконадежных и точных многослойных плат, освоение аддитивного процесса, использование высокоточных сверлильных станков с ЧПУ, станков и штампов для формирования контуров плат.

От общего уровня технологии зависит не только качество и допустимая сложность печатных плат, но и другие факторы, важные для аппаратуры будущих поколений. К ним относится, в частности, устой-

чивость к внешним физико-механическим и климатическим воздействиям.

Существенное значение имеют и внешние эстетические факторы. Аппаратура должна иметь хорошую отделку, для чего нужно будет изыскивать и использовать новые материалы и новые прогрессивные технологические процессы.

Чтобы сложный процесс разработки и изготовления новой аппаратуры был наиболее эффективным, занимал бы меньше времени, разработчики системо- и схемотехники уже на своих стадиях работы должны действовать в тесном контакте с конструкторами и технологами, а этап конструирования вообще должен быть неразрывно связан с технологической разработкой. Иначе говоря, общая структура разработки изделий телевизионной техники должна иметь интегрированный характер.

Заканчивая краткий обзор проблем создания телевизионной аппаратуры IV, V и VI поколений, нужно обратить внимание еще на один важный вопрос, без решения которого нельзя будет добиться успеха, — это кадры. Кадры по-прежнему решают и будут решать многое. Если не будет людей, способных работать со средствами вычислительной техники, то эта техника не даст никакого эффекта; если не будет разработчиков-схемотехников, способных мыслить категориями процессов, характерных для микроэлектроники, не будет специализированной элементной базы; если не будет специалистов и технических руководителей, понимающих и болеющих за внедрение САПР, АСТПП, новых технологических процессов, не будет эффективной и высокопроизводительной работы. Поэтому уже сегодня нужно готовить и расширять контингент таких специалистов, считая это главной задачей кадровой политики, используя для этого предоставляемые сейчас возможности переподготовки в институтах повышения квалификации ИТР и на кафедрах при промышленных предприятиях, а также определенные возможности при подготовке молодых специалистов в ВУЗах, на стажировке и преддипломной практической работе.

В заключение нужно отметить, что обзор рассмотренных здесь проблем создания аппаратуры формирования, обработки и передачи телевизионной информации IV, V и VI поколений, конечно, не охватывает всех направлений работы по их решению, но концентрирует внимание на главных задачах, которые являются определяющими и без решения которых не представится возможным достигнуть технического уровня аппаратуры, свойственного последующим поколениям.

Приведенные признаки поколений аппаратуры не следует рассматривать как совершенно незыблемый норматив. Однако придерживаясь их в основе, специалисты смогут осуществить в ближайшие годы такую постановку работ по телевизионной технике, которая обеспечит достижение необходимого высокого технического уровня будущей аппаратуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Власов Г. И. [и др.]. Четыре поколения телевизионной аппаратуры. «Техника средств связи», сер. «Техника телевидения», 1981, вып. 5 (31), с. 8 — 16.
2. Цыбуков В. К. Надежность отказоустойчивых микроэлектронных структур. «Техника средств связи», сер. «Техника телевидения», 1983, вып. 6 (44), с. 16 — 21.
3. Рапопорт Б. И. и Точиленко И. В. Киноформные оптические элементы в телевизионной системе с пространственной обработкой изображения. «Техника средств связи», сер. «Техника телевидения», 1983, вып. 1 (39), с. 96 — 102.

4. **Иванов В. Б.** Научно-технический прогресс и новые направления развития телевизионной техники. «Техника средств связи», серия «Техника телевидения», 1984, вып. 2, с. 3—11.

5. **Semiconductor International***, 1984, N 2, p. 32 (сообщение).

6. **Товбин М. Н.** Триникон HBST в камерах цветного телевидения для видеожурналистики. «Техника кино и телевидения», 1984, № 11, с. 26—30.

7. **Алявдин М. С.** [и др.]. Автоматизированный комплекс для моделирования операций над изображениями при проектировании телевизионных систем. «Техника средств связи», сер. «Техника телевидения», 1983, вып. 5 (43), с. 3—11.

8. **Вельбицкий И. В., Ходаковский В. Н., Шолмов Л. И.** Технологический комплекс производства программ на машинах ЕС ЭВМ, БЭСМ-6. М., «Статистика», 1980.

Статья поступила 25 февраля 1985 г
