

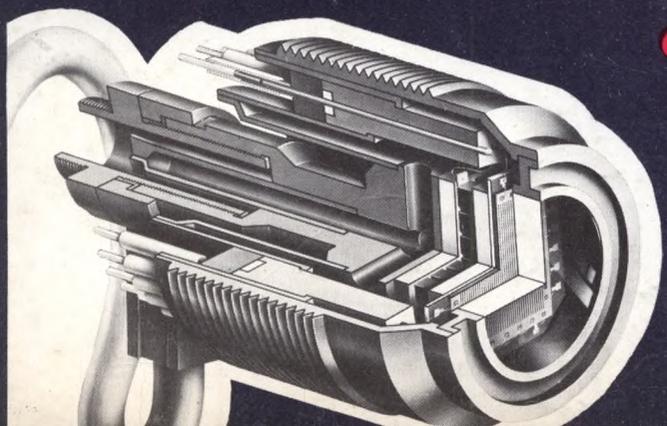
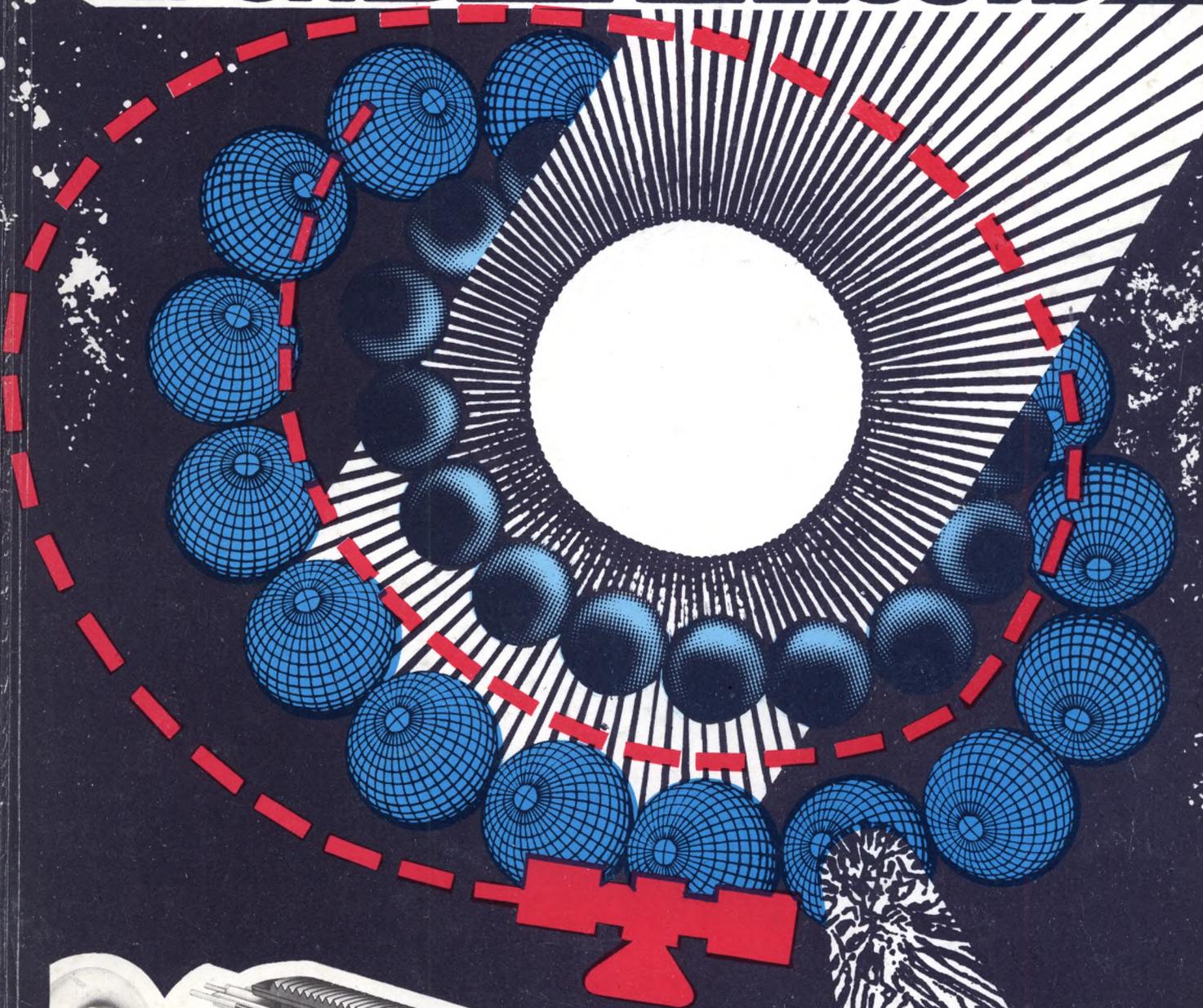


# ЭЛЕКТРОННАЯ

ISSN 0207-6357

9  
1985

# ПРОМЫШЛЕННОСТЬ



# ОХЛАЖДАЕМОЕ ФОТОПРИЕМНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ТЕЛЕВИЗИОННОЙ АППАРАТУРЫ

## «ВЕГА»

Фотоприемное устройство в телевизионной системе «Вега», разработанной по международной программе «Венера—Галлей» и предназначенной для наведения аппаратуры на комету Галлея и передачи телевизионного изображения ядра кометы с борта космического аппарата, выполнено на базе матрицы ФПЗС. Охлаждение матрицы до температуры 230—235 К осуществляется космическим радиационным теплообменником (КРТ). Конструкция ФПУ, состыкованная с КРТ, показана на первой странице обложки, ФПУ с гибким хладопроводом и технологическим разъемом — на рисунке, а. Для получения в наземных условиях температуры 230—235 К используется технологический термоохладитель (ТЭО), сочлененный с хвостовиком внутреннего хладопровода байонетным соединением (см. рисунок, б). Кроме того, в прибор встроен однокаскадный ТЭО, поддерживающий перепад температуры 45 К между внутренним хладопроводом и гибким наружным. В полете он обесточивается и используется как часть хладопровода. При наземных испытаниях системы в составе космического аппарата вместо технологического ТЭО используется теплоаккумулятор (см. рисунок, в) на основе трехводного нитрата лития. Он может применяться и в полете во время проверки работоспособности системы при неориентированных в холодной космос КРТ.

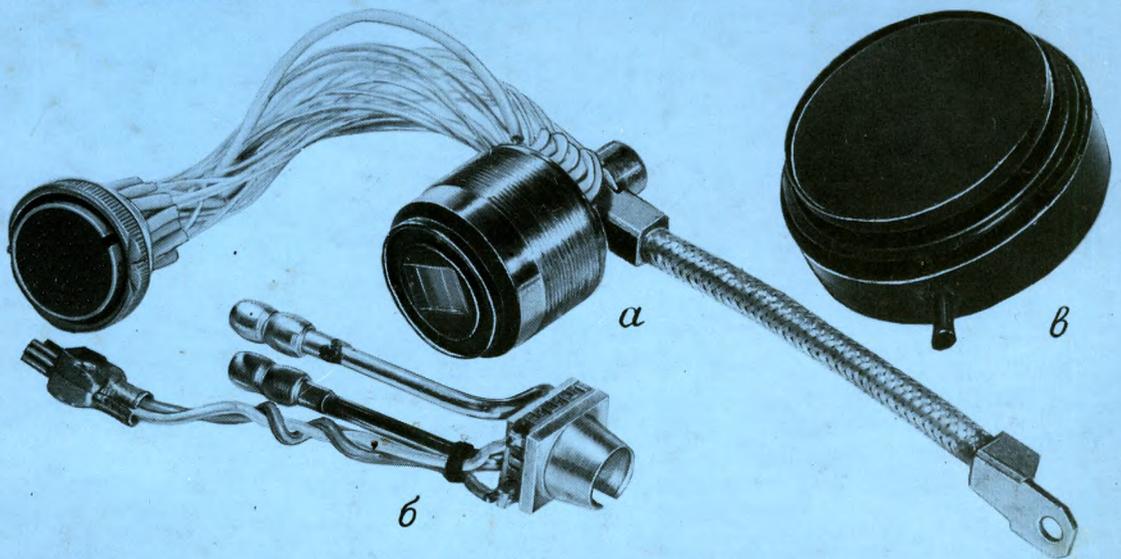
Теплоаккумулятор стыкуется с хвостовиком внутреннего хладопровода ФПУ так же, как и технологический ТЭО. При температуре

230 К и температуре корпуса 308 К не превышает 0,8 Вт. Входное оптическое окно ФПУ имеет клиновидность не более 15", параллельность поверхностей входного окна матрицы не более 2' сохраняется и после воздействия перегрузок. Матрица ФПЗС полного телевизионного стандарта с кадровым переносом имеет поверхностный канал переноса зарядов и трехфазное управление секциями и регистром. Входные устройства выполнены по схеме с плавающим затвором и транзистором сброса. Размер фоточувствительного элемента — 18×24 мкм.

Устройство выпускается с закрытыми от света секцией памяти и регистром или только с регистром. В первом случае в режиме кадрового переноса обеспечивается 288 строк разложения, во втором случае при закрытом внешнем оптическом затворе — 576 строк разложения.

Ниже приведены основные параметры ФПУ, измеренные при времени накопления 0,4—0,8 с, частоте считывания в регистре 500 кГц и температуре матрицы 238 К:

Напряжение сигнала насыщения, В .....	0,2—1,6
Относительное значение темного тока, % .....	3
Неравномерность темного сигнала, % .....	5
Чувствительность, В/лк .....	1,0
Неравномерность чувствительности, % ...	15
Динамический диапазон .....	500
Глубина модуляции при передаче 200 тел. линий, % .....	50
Масса, кг .....	0,17



термостатирующего корпуса ФПУ не выше 300 К термоаккумулятор с массой вещества 90 г позволяет включать встроенный ТЭО на время до 3 ч, при этом температура матрицы не превышает 260 К.

В аппаратуре хладопровод ФПУ соединяется с КРТ криогенной тепловой трубой. Перепад температуры между матрицей ФПЗС и КРТ составляет 18—20 К при длине гибкого хладопровода 12 см и тепловой трубы 25 см. Суммарный теплоприток от ФПУ к КРТ при температуре матрицы

Особенности конструкции и параметры ФПУ, сохранение качества изображения в составе космического аппарата при работе с оптическими системами высокого разрешения, возможность использования в различных условиях эксплуатации обеспечивают широкую перспективу применения таких устройств в научном космическом приборостроении.

В.Ю.Березин, И.А.Галяткин, В.И.Гуляев, Б.Н.Формозов, А.Т.Хвиливицкий, Н.А.Хрулев

# 1985

## МИНИСТЕРСТВО ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР • НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**А.А.Чернышев**  
(главный редактор)

В.А.Афанасьев  
И.Н.Букреев  
С.С.Булгаков  
Ф.И.Бусол  
А.А.Васенков  
И.Н.Воженин  
Г.Г.Горбунова  
(ответственный секретарь)  
А.П.Грибачев  
Б.Г.Грибов  
Г.Я.Гуськов  
Н.Д.Девятков  
С.П.Жолобов  
Г.М.Зверев  
В.И.Иванов  
Н.А.Киреев  
А.А.Константинов  
Э.А.Лукин  
В.И.Машкин  
Ю.Б.Митюшин  
Ю.П.Поцелуев  
Ю.А.Райнов  
А.И.Савин  
В.Д.Степанов  
В.Н.Сретенский  
П.М.Стуколов  
(зам. главного редактора)  
Я.А.Федотов  
В.Е.Фетисов  
О.В.Филатов  
С.К.Цаллагов

● Наличие схем исправления ошибок и самоконтроля в СБИС ПЗУ КА596РЕ2 способствует уменьшению аппаратурной и временной избыточности ЗУ ЭВМ, необходимой для достижения требуемых показателей надежности ЗУ.

● Устройство автономной регенерации памяти микроЭВМ «Электроника 60», функционирующее без использования центрального процессора, сокращает время выполнения программы, расширяя область применения микроЭВМ в системах реального времени.

● В устройствах цифровой обработки сигналов используются умножающий цифроаналоговый преобразователь К427ПА1, осуществляющий операции двух- и четырехквadrантного умножения, запись и хранение цифровой информации без применения дополнительных компонентов, стробируемый преобразователь заряда короткого импульса тока во временной интервал КР1101ПД1, аналого-цифровое устройство для исследования быстротекущих процессов с выводом информации в аналоговой и цифровой форме.

● Проектирование БИС весового суммирования К1815ВФ1 на основе результатов исследований нахождения оптимального числа инжекторов, объединенных положительной шиной питания, влияния ширины нулевой шины и омического сопротивления «скрытого» слоя, а также изменения расстояния между положительной и нулевой шинами на характер токораспределения И<sup>2</sup>Л элементов позволило достичь сравнительно небольшого разброса тока инжекторов при суммарной площади металлизации шин питания, составляющей 1,3% от общей площади кристалла БИС.

● Программно-аппаратные средства контроля и диагностики системы УЧПУ «Электроника 80-31» удобны в эксплуатации благодаря универсальности системного проверяющего теста, что позволяет использовать его на разных этапах контроля и сократить затраты на оборудование.

# ЭЛЕКТРОННАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

**1985** **9**  
ИЗДАЕТСЯ С 1970 г. • ВЫПУСК (147)

## СОДЕРЖАНИЕ

### ИЗДЕЛИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

- 3 Баронец В. Д., Бачкова Т. У., Забегалова Г. И. Микропериферийные устройства дискретного ввода-вывода для микроЭВМ
- 6 Демин С. Г., Кружанов Ю. В., Эннс В. И. Биполярное ПЗУ КА596РЕ2 со встроенными схемами исправления ошибок и самоконтроля
- 7 Васильев А. Н., Горовой В. В., Сухопаров А. И., Хвощ С. Т. Кодер-декодер последовательного мультиплексного канала К588ВГЗ
- 9 Алешин В. А., Стрельников В. Н. Устройство для автономной регенерации динамической памяти в платах П1, П2, П3 микроЭВМ "Электроника 60"
- 11 Бельский В. И., Бушнин Ю. Б., Зимин С. А., Пунжин Ю. Н., Сенько В. А., Солдатов М. М., Токарчук В. П. Монолитная ИС стробируемого преобразователя "заряд-время" КР1101ПД1
- 13 Агеев В. А., Лугин А. Н., Мартыненко А. В., Рожко М. Я., Чернышев Н. И. Цифроаналоговый преобразователь К427ПА-1
- 15 Кутыркин С. Б., Маньжов Б. Н., Шиндов В. С. Аналого-цифровое устройство для исследования и регистрации электрических сигналов
- 16 Лоцицкая В. А., Лукошко Г. К., Тихомиров С. Н. Микромощная БИС магистрального приемопередатчика К588ВА1
- 17 Андриянов В. А., Дорохов А. С., Моржаков А. А., Седов В. В., Ширшин С. И. Многоуровневый пассивный цифровой синтезатор частоты для систем автоматизации на базе микроЭВМ "Электроника 60"
- 18 Бобков В. А., Иванюта Е. А., Кажуро В. А., Чернуха Б. Н. СБИС для электронных наручных часов с функциями микрокардиомонитора
- 20 Адрианов М. К., Гунькин С. М., Касдорф В. Я. Гибридный интегральный усилитель с выходной мощностью 5 Вт
- 21 Бачурин В. В., Бельков А. К., Дьяконов В. П., Ежов В. С., Левин А. Б., Садковская Е. А. Мощный высоковольтный МДП-транзистор КП701
- 24 Дмитриев В. А., Климович Т. В., Смолкин В. Б. Полевой транзистор АП331 с расширенным динамическим диапазоном
- 25 Гаршенин В. В., Королев А. А., Купцов Ю. Ф., Чарыков С. А. Миниатюрный оптрон с открытым оптическим каналом отражательного типа
- 27 Дийков Л. К., Калинин Ю. В., Малькова Н. Д., Непомнящий С. В., Полякова Н. А., Терукова С. П., Ширококов Ю. П. Новые фотоприемники для оптоэлектронной аппаратуры
- 29 Дийков Л. К., Непомнящий С. В., Олеск А. О., Шелехин Ю. Л. Новые полупроводниковые излучатели для оптического диапазона
- 30 Быковский В. Ф., Дятлов М. К., Малькова Г. И., Мирецкий Б. П., Саморукова Т. П. Аргонный лазер ультрафиолетового диапазона
- 31 Александров И. Р., Вильдгрубе Г. С., Дунаевская Н. В., Пальтс Т. Н. Фотоумножители с фото- и вторичными эмиттерами из материалов групп А<sup>3</sup>В<sup>5</sup>
- 37 Бутурлин А. И., Крутоверцев С. А., Черных В. А., Чернышов А. А. Конструктивно-технологические направления в развитии корпусов интегральных микросхем

41 *Блинов Г. А., Валюнин М. М., Гулякович Г. Н., Гуськов Г. Я.* Микроминиатюрные вторичные источники питания большой мощности

#### НАДЕЖНОСТЬ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

- 44 *Климашаускас К. Ю., Миркес В. М., Сланина В. С., Седаускас С. Ю., Сеюнас А. В.* Повышение качества и надежности микросхем серии 216
- 48 *Белоус А. И., Горовой В. В., Силин А. В., Старостин А. И., Яковлев М. Н.* Особенности организации цепей питания инжекционных БИС
- 50 *Боронин В. И., Былинович П. А.* Особенности конструкций элементов систем охлаждения электронной аппаратуры
- 52 *Ессин А. Д., Калинин Ю. А., Петров Л. А.* Оценка серийнопригодности и стабильности СВЧ ЭВП
- 54 *Мальцев П. П., Харько В. В., Шахнов В. А.* Структура и оптимальный цикл микропроцессоров с разрядно-модульной организацией

#### ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА

- 55 *Драгунов О. Э., Евдокимов И. И., Литош П. Г.* Программно-аппаратные средства контроля и диагностики системы УЧПУ "Электроника 80-31"
- 57 *Аношкин В. Ю., Ганзбург Л. И., Каляпин В. С., Чупис В. Н.* Автоматизированная система внутрисхемного контроля
- 59 *Гусев Ю. Ю., Журба Б. И., Павлов А. Н., Тугарин В. Г.* Автоматизированный магнитооптический измеритель поля коллапса цилиндрических магнитных доменов
- 61 *Багданскис Э.-А. К., Жаленас Б. Ю., Кайрялис В. И., Слауто Г. Л.* Тестер для измерения динамических параметров быстродействующих АЦП

63 *Багданскис Э.-А. К., Бартулис П. Ю., Квядарас В. Б., Мисеркеев Г. М.* Тестер для измерения динамических параметров сверхбыстродействующих ЦАП

#### СООБЩЕНИЯ

- 33 *Лигрух В. В., Узгорчук И. В.* ЭЛТ сверхвысокого разрешения 13ЛК18А и 18ЛК
- 34 *Копыстьянский С. О., Крых Б. Н., Цыганенко В. В.* Новые индикаторные ЭЛТ 25ЛМ7Н и 43ЛМ3И, Н,В
- 34 *Гейзлер Е. С., Кирлан В. Н., Мартынова В. П., Уманский Л. А., Цыганенко В. В., Шевченко И. И., Шумик И. И.* Цветной кинескоп 61ЛК5Ц с размером экрана по диагонали 61 см
- 35 *Любич О. А.* Проекционные кинескопы 17ЛК2А, 17ЛК2И, 17ЛК2П
- 36 *Любич О. А.* Комплект проекционных ЭЛП с высоким разрешением 10ЛК4А, 10ЛК4И, 10ЛК4П
- 36 *Брыкин В. К., Лебединская И. С., Сиверс Л. Л.* Электронно-лучевые трубки с волоконно-оптическими экранами 11ЛМ7А и 11ЛК6А
- 43 *Иванов Д. М., Киселев А. Н., Кононов А. М.* Электронный регулятор напряжения для ручного электроинструмента

#### РЕКЛАМА

- 3 *Лопатин В. С.* МикроЭВМ индивидуального стр. пользования обл.
- 4 *Березин В. Ю., Галяткин И. А., Гуляев В. И., стр. Формозов Б. Н., Хвиливицкий А. Т., Хрулев Н. А.* Охлаждаемое фотоприемное устройство для телевизионной аппаратуры "Вега"

# ИЗДЕЛИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

УДК 681.327.21/22.022

В.Д.Баронец, Т.У.Бачкова, Г.И.Забегалова

## МИКРОПЕРИФЕРИЙНЫЕ УСТРОЙСТВА ДИСКРЕТНОГО ВВОДА-ВЫВОДА ДЛЯ МИКРОЭВМ

Расширение функциональных возможностей средств вычислительной техники, повышение надежности, дальнейшая микроминиатюризация, конструктивная совместимость с микроЭВМ, повышение эффективности применения технических средств управления достигаются благодаря применению микропериферийных устройств — модулей последовательного обмена и ввода-вывода дискретных сигналов.

Создание микропериферийных устройств для микроЭВМ «Электроника 60М», «Электроника НЦ—80—01Д» и «Электроника С МС121» позволяет комплексировать иерархические микроУВК различной конфигурации для гибких производственных систем. Связь микроЭВМ с внешними объектами (технологическим оборудованием, постами управления, рабочими местами) осуществляется с помощью устройства последовательного обмена 15ВВВ—60/9600—003, интерфейса «Электроника В МС74104.1», устройства параллельного обмена И2 15КС—180—032, модуля ввода запоминающего «Электроника В МС82101.1», модуля вывода «Электроника В МС82102.1» и др. [1, 2]. Освоение прогрессивной элементной базы БИС К1801, К1809, разработанных на основе п-МОП технологии и обладающих высокой степенью интеграции, большим быстродействием, унифицированным интерфейсом и системой команд, позволяет создавать одноплатные микроЭВМ и микропериферийные устройства.

Модули последовательного обмена первого типа «Электроника МС4604» (рис. 1, а) и второго типа «Электроника МС4614» (рис. 1, б) осуществляют двустороннюю связь четырех внешних устройств, включающих последовательные интерфейсы ИРПС, с ЭВМ, имеющей параллельный интерфейс МПИ.

### Технические характеристики модуля

Число каналов обмена	4
Режим обмена	программный, по прерыванию
Интерфейс связи с микроЭВМ	МПИ
Внешний интерфейс	ИРПС
Скорость обмена, бит/с	75; 150; 300; 600; 1200; 2400; 4800; 9600; 19200; 57600
Гальваническая развязка	по каждому каналу
Установка адресов регистров и векторов прерывания	произвольная и независимая по каждому каналу
Потребляемые токи, А	1,3(5 В ± 5%), 0,14(12 В ± 5%)
Конструкция	плата с двусторонним печатным монтажом
Масса, кг	не более 0,2
Габаритные размеры, мм	252×143×12 (первый тип); 144,45×220×12(второй тип)

В основе работы модуля лежит принцип преобразования параллельного кода, принятого из микроЭВМ, в последовательный и передача его по двухпроводной линии к удаленному внешнему устройству пользователя, а также прием последовательного кода, переданного по другой двухпроводной линии устройством пользователя, преобразование его в параллельный и передача в микроЭВМ.

Для связи модуля с внешним устройством используется стартстопный метод передачи. В начале каждого знака вводится стартовая посылка с длительностью 1 бит. Для обеспечения перехода от предыдущего знака к последующему каждому знаку придается стоповая посылка определенной длины в 1 или 2 бита.

Модуль состоит из следующих функциональных блоков: стабилизированного кварцем тактового генератора на 4,608 МГц (К155АН1), канальных приемопередатчиков (К531АП2П) для связи с каналом микроЭВМ и четырех каналов обмена с внешними устройствами, каждый из которых состоит из компаратора адреса и устройства выдачи векторов прерываний (К1801 ВП1-034), асинхронного приемопередатчика, являющегося однокристалльным контроллером внешних устройств, работающих на линию связи с последовательной передачей информации в дуплексном режиме (К1801 ВП1-035), схем оптоизоляции входного (К293АП1А) и выходного (АОТ110А) сигналов.

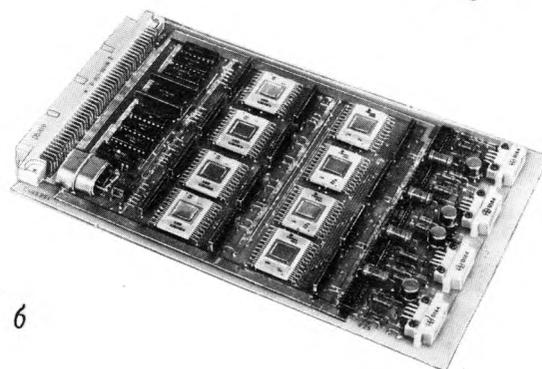
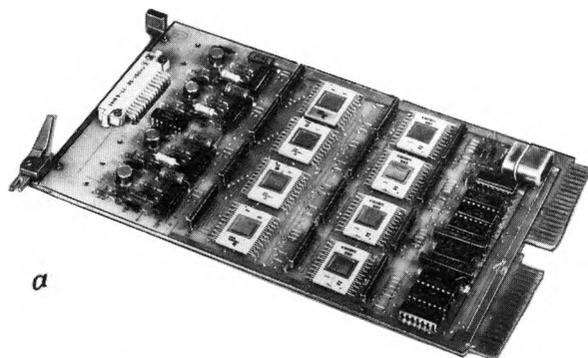


Рис.1. Модули последовательного обмена первого (а) и второго (б) типа

Устройство и работа каждого из четырех независимых каналов обмена модуля с внешними устройствами идентичны, поэтому достаточно рассмотреть работу одного канала.

БИС К1801 ВП1-035, на основе которой построен асинхронный приемопередатчик, осуществляет преобразование параллельной информации в последовательную и наоборот. Организация обмена по параллельному каналу обеспечивается в соответствии с требованиями ОСТ 11 305.903—80 «Межмодульный параллельный интерфейс», по последовательному каналу — с требованиями НМ МПК по ВГ 10—78 СМ ЭВМ «Интерфейс для радиального подключения устройств с последовательной передачей информации» и ОСТ 11 305.916. БИС содержит четыре программно адресуемых регистра и два источника адресов векторов прерывания. Выбор групп адресов регистров и векторов прерываний проводится заданием комбинации уровней на выводах 23 и 24 БИС. В модуле на эти выводы поданы высокие уровни напряжения; таким образом выбрана четвертая группа, которая используется для внешнего произвольного набора адресов регистров и внешнего источника адреса вектора прерывания БИС.

Внешний произвольный набор адресов регистров и векторов прерываний осуществляется с помощью БИС К1801 ВП1-034 — многофункционального устройства, которое в модуле работает в режиме компаратора адреса и устройства выдачи векторов прерываний (на выводы 01 и 02 подаются высокие уровни напряжения). Адрес, необходимый для сравнения, устанавливается на выводах БИС с помощью перемычек. В случае совпадения заданного адреса с поступающим из микроЭВМ БИС вырабатывает сигнал «устройство выбрано» (УВ), который поступает на БИС К1801 ВП1-035. Регистры этой БИС выбираются по адресу, состоящему из первого и второго разрядов. Таким образом происходит обращение микроЭВМ к любому из четырех программно адресуемых регистров БИС К1801 ВП1-035.

Адрес вектора прерывания устанавливается с помощью перемычек на выводах БИС К1801 ВП1-034. Во время работы модуля в режиме прерывания программы внешнее устройство, подключенное к первому каналу внешнего разъема модуля, имеет наивысший приоритет в группе устройств, подключенных к одному модулю, за ним следует второй канал, потом третий, самый низкий приоритет у четвертого канала. Это обеспечивается распространением сигнала «предоставление прерывания» (ППР1, ППР0) последовательно от первого канала обмена до четвертого.

Режим работы канала обмена устанавливается перемычками на выводах БИС К1801 ВП1-035: выбор скорости обмена (75, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 57600 бит/с); выбор форматов посылок (7 бит, 8 бит); выбор числа СТОП-бит в посылке (1 СТОП-бит, 2 СТОП-бит); выбор режима работы с паритетом или без паритета, а также режима работы с паритетом по четности или по нечетности (формирование бита четности и контроль четности, формирование бита нечетности и контроль нечетности, без формирования бита паритета и без контроля паритета).

При применении БИС К1801 ВП1-035 выводы, которые должны соединяться с периферийными устройствами, необходимо развязывать буферными элементами, выполненными по TTL-технологии. Выход передатчика БИС К1801 ВП1-035 через буфер (К155АП9) соединяется с оптроном (АОГ 110А), который служит для гальванической развязки и формирования токовой посылки 20 мА в линию. Посылки из линии поступают на вход приемника БИС К1801 ВП1-035 через оптрон (К293АП1А), выполняющий роль гальванической развязки. Приемник и передатчик могут работать в активном и пассивном режимах, которые устанавливаются перемычками.

Модули первого и второго типов отличаются друг от друга габаритными размерами и видами разъемных соединений. Следует отметить, что

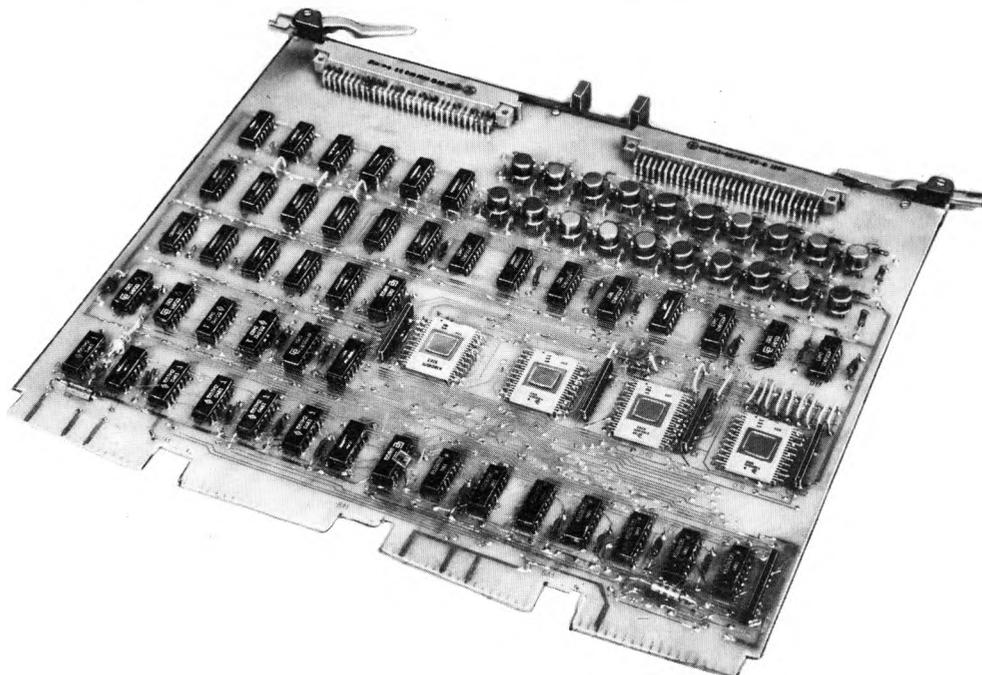


Рис.2. Модуль параллельного ввода—вывода дискретных сигналов

зарубежный аналог [3] имеет в два раза меньшую скорость обмена и не позволяет устанавливать адреса регистров и векторов прерывания произвольно и независимо по каждому каналу.

**Модуль параллельного ввода—вывода дискретных сигналов «Электроника МС 8402»** обеспечивает подсоединение к микроЭВМ с интерфейсом МПИ внешних устройств, обменивающихся с микроЭВМ данными в параллельном коде (рис.2).

#### Технические характеристики модуля

Число каналов ввода (вывода) с запоминанием информации по каждому каналу	16
Режим работы	программный с возможностью прерывания
Число запросов прерывания с возможностью формирования одного из запросов каждым из входных сигналов	2
Интерфейс связи с микроЭВМ	МПИ
Гальваническая развязка	по каждому каналу
Диапазон дискретных входных сигналов, мА	5—20
Коммутируемое выходное напряжение, В	не более 50
Ток коммутации, мА	не более 100
Потребляемая мощность, Вт	не более 5
Конструкция	плата с двусторонним печатным монтажом
Масса, кг	не более 0,35
Габаритные размеры, мм	252×296×12

В основе работы модуля лежит принцип асинхронного обмена между микроЭВМ и модулем в параллельном коде словами по 16 или 8 бит.

Модуль состоит из следующих функциональных блоков: канальных приемопередатчиков (К531АП2П), компаратора адреса и устройства выдачи векторов прерываний (К1801 ВП1-034), контроллера интерфейса параллельного ввода—вывода (К1801 ВП1-033), двух устройств передачи информации (К1801 ВП1-034), схем оптоизоляции входных (К293АП1А) и выходных (АОГ 110Б) каналов, регистра запоминания входных сигналов (К155ГМ2) и схемы формирования запроса прерывания по вектору А каждым из входных сигналов (К155ЛА2).

Модуль представляет собой три программно-адресуемых регистра: ввода, вывода и состояния. Адреса регистров и векторов прерывания задаются пользователем путем установки соответствующих перемычек. В случае совпадения заданных адресов с поступающими из микроЭВМ компаратор адреса вырабатывает сигнал «устройство выбрано» (УВ), свидетельствующий об обращении микроЭВМ по заданным адресам регистров.

Процесс обмена информацией в режиме ввода дискретных сигналов происходит следующим образом. В режиме программного обмена информация от внешнего устройства, пройдя через схемы оптоизоляции, поступает в регистры запоминания входных сигналов и ввода, (последний расположен в устройстве передачи информации). Во время выполнения машинного цикла «Ввод» информация считывается из регистра ввода и через канальные приемопередатчики поступает в микроЭВМ. В режиме прерывания программы каждый из входных сигналов, поступающих в регистр запоминания, вызывает (при наличии сигнала «разрешение прерывания»,

поступающего из микроЭВМ в регистр состояния) сигнал «требование прерывания» (ГПР), после чего работа модуля происходит в обычном для режима прерывания порядке. Адреса векторов прерываний вырабатываются устройством выдачи векторов прерываний.

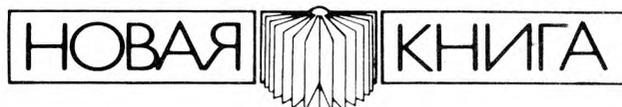
Процесс обмена информацией в режиме вывода дискретных сигналов происходит следующим образом. Во время выполнения машинного цикла «Вывод» информация из микроЭВМ, пройдя через канальные приемопередатчики, запоминается в регистре вывода, расположенном в устройстве передачи информации, и через схемы оптоизоляции выдается на внешние устройства.

Уровень приоритета модуля со стороны микроЭВМ определяется местом его включения. При эксплуатации модули обмена и ввода—вывода устанавливаются в крейты для соответствующих микроЭВМ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Баронец В.Д., Ключин Б.А., Прякин Л.П. Иерархический микроУВК для АСУ производственными процессами. — Электронная промышленность, 1983, вып.3, с.60—62.
2. Баронец В.Д., Бачкова Т.У., Соломин В.Н. Устройства связи микроЭВМ «Электроника 60М» с объектами управления. — Электронная техника. Сер. 7. Технология, организация производства и оборудование, 1983, вып. 1(116), с. 19—21.
3. DLV11-J four asynchronous serial interfaces — Memories and Peripherals DEC, 1978, № 2, p.147—172.

Статья поступила 20 декабря 1984 г.



#### ШУМЫ В ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРАХ И СИСТЕМАХ

М.Букингем

М.: Мир, 1986.— 25 л., ил.

Всесторонне и с единых позиций рассмотрены механизмы генерирования шумов и шумовые характеристики электронных устройств, начиная с биполярных и полевых транзисторов, диодов, резисторов, СВЧ приборов и кончая такими современными приборами и уникальными установками, как квантовые усилители и генераторы, приборы с переходами Джозефсона и детекторы гравитационных волн.

Для специалистов в области электроники, измерительной, радиолокационной, и лазерной техники.

УДК 621.3.049.774.3:681.327.28

С.Г.Демин, Ю.В.Кружанов, В.И.Эннс

## БИПОЛЯРНОЕ ПЗУ КА596РЕ2 СО ВСТРОЕННЫМИ СХЕМАМИ ИСПРАВЛЕНИЯ ОШИБОК И САМОКОНТРОЛЯ

**Полупроводниковая СБИС ПЗУ КА596РЕ2 информационной емкостью 1 Мбит позволяет создавать высоконадежные запоминающие устройства сверхбольшой емкости.**

Микросхема КА596РЕ2 серии К596 [1] с организацией  $65536 \times 16$ , ТТЛ-уровнями входных и выходных сигналов хорошо согласуется с большинством современных и перспективных вычислительных систем. Большая информационная емкость ПЗУ позволяет использовать ее для записи программного обеспечения вместо малонадежных электромеханических устройств, что особенно важно для вычислительных систем, работающих в реальном времени.

Кристалл ПЗУ изготовлен по биполярной технологии с применением проекционной фотолитографии, ионно-плазменной обработки, "сухого" травления, ионного легирования. Стабильность рабочих характеристик и высокая надежность микросхемы достигаются благодаря использованию эпитаксии с концентрацией примеси, близкой к собственной, и межуровневого диэлектрика переменного состава.

Схема выпускается в планарном 42-выводном корпусе и содержит накопительную матрицу информационных и проверочных разрядов, 16 входных адресных схем (А0-А15), дешифраторы, схему выбора (С5), 16 выходных формирователей (D0-D15), схему исправления ошибок (К1, К4), схемы самоконтроля (К2), дополнительную матрицу  $64 \times 16$  и схему управления дополнительной матрицей (К3).

Схема выбора управляет выходными формирователями, переводя их в состояние "выключено" (состояние с высоким импедансом) при наличии сигнала "лог.0" на входе С5, что дает возможность расширить объем памяти в системе за счет использования нескольких микросхем.

С целью повышения выхода годных в кристалл встроена схема исправления ошибок. Одиночные ошибки в слове ПЗУ, считанном из накопительной матрицы, схема исправляет методом помехоустойчивого кодирования. В случае обнаружения и исправления ошибки на выводе К1 микросхемы устанавливается высокий потенциал. С помощью К1 можно выявлять бездефектные кристаллы, а исправление ошибок использовать для повышения надежности микросхемы. Вывод К4 используется для отключения схемы исправления ошибок. Если на выводе К4 установлен "лог.0", то данные проходят на выходы D0...D15, минуя корректор.

Для записи дополнительной информации и тестирования на кристалле ПЗУ имеется дополнительная матрица запоминающих элементов. Если на выводе "вход служебный" К3 установлен "лог.0",

то с помощью адресов А0...А5 можно выбрать одно из 64 16-разрядных слов. Информации пользователя отводятся ячейки с адресами 000011...111111. Адреса 000000 и 100000 используются для выдачи на все выходы D0...D15 "лог.0" и "лог.1" соответственно. Эти адреса могут быть применены для проверки статических и динамических параметров микросхемы [2]. Адреса 010000...111010 служат для внесения в слова ПЗУ ошибок, с помощью которых проверяется работоспособность схемы исправления ошибок.

На кристалле ПЗУ размещены схемы самоконтроля. Контроль ПЗУ происходит в каждом цикле рабочего режима, результаты его выходят на вывод "неисправность" К2 микросхемы. Если на выводе К2 — "лог.1", то в микросхеме обнаружен отказ или произошел сбой, который может привести к ошибке выходных данных. Результаты самоконтроля ПЗУ могут быть использованы в аппаратуре контроля ЗУ ЭВМ с целью уменьшения аппаратурной и временной избыточности, необходимой для достижения требуемых показателей надежности ЗУ [3]. Метод разработки декодера памяти ЭВМ, построенной на многоразрядных БИС ЗУ с самоконтролем, подробно описан в работе [4]. Возможная схема включения БИС ПЗУ с самоконтролем при резервировании приведена на рисунке.

Ниже приведены основные электрические параметры ПЗУ КА596РЕ2 при напряжении питания  $5 \text{ В} \pm 10\%$ :

Информационная емкость, Мбит	..... 1
Ток потребления, мА	..... не более 210
Входной ток, мА	
"лог. 0" при $U_{\text{вх}} = 0 \text{ В}$	..... не более 0,45
"лог. 1" при $U_{\text{вх}} = 5,5 \text{ В}$	..... не более 0,1
Выходной ток в состоянии "выключено" при $U_{\text{с5}} = 0,4 \text{ В}, U_{\text{с5}} = 5,5 \text{ В}$ , мкА	..... не более 10
Выходное напряжение, В	
"лог. 0" при $I_{\text{вых}} = 3,2 \text{ мА}$	..... не более 0,4
"лог. 1" при $I_{\text{вых}} = 0,4 \text{ мА}$	..... не менее 2,4
Время выборки адреса, нс	..... не более 450

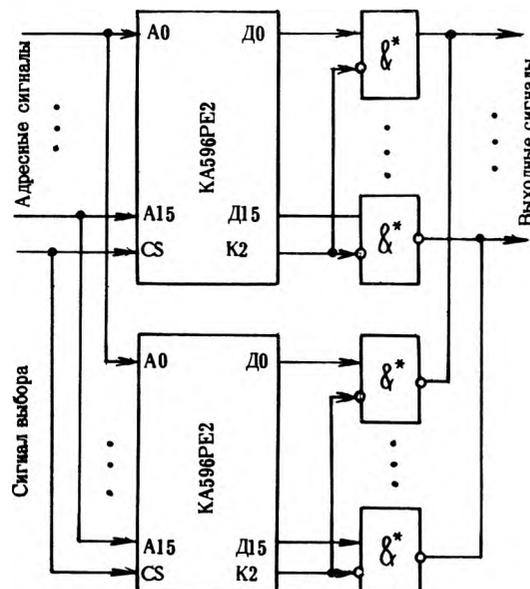


Схема включения микросхемы КА596РЕ2 при дублировании

Микросхема ПЗУ может работать с импульсным источником питания. При отключении питания на выходах микросхемы независимо от значения сигнала на входе CS реализуется состояние с высоким импедансом, что позволяет при использовании импульсного питания для расширения памяти объединять выходы отдельных микросхем в систему по схеме "монтажное ИЛИ".

Высокая надежность, малые габариты, удобство эксплуатации микросхемы определили широкое применение ПЗУ КА596РЕ2 в различных устройствах вычислительной техники.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Кружанов Ю. В., Сафронов В. Э. Статическое биполярное ПЗУ К596РЕ1 емкостью 64К. — Электронная промышленность, 1983, вып.6, с.7—8.
2. Измерение параметров цифровых интегральных микросхем/Д.Ю.Эйдукас, Б.В.Орлов, Л.М.Попель и др. — М.: Радио и связь, 1982. — 368 с.
3. Эннс В. И. Интегральные микросхемы запоминающих устройств с самоконтролем для оперативной и внешней памяти ЭВМ. — В сб.: Вопросы кибернетики. — М.: ИПК АН СССР, 1984, с.105—115.
4. Эннс В. И. БИС ЗУ с самоконтролем. В сб.: Вопросы кибернетики. — М.: ИПК АН СССР, 1985, с.57—61.

Статья поступила 1 февраля 1985 г.

УДК 681.3.053

А.Н.Васильев, В.В.Горовой,  
А.И.Сухопаров, С.Т.Хвощ

**КОДЕР-ДЕКОДЕР  
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО  
МУЛЬТИПЛЕКСНОГО  
КАНАЛА К588ВГ3**

Одной из основных функций блоков сопряжения с последовательным мультиплексным каналом является образование и дешифрация Манчестерского кода [1], Реализуется специальными блоками — кодерами-декодерами (КДК) [2—3].

КДК последовательного мультиплексного канала К588ВГ3 выполнен в виде отдельной БИС и предназначен для преобразования кода "Манчестер 2" в последовательный униполярный код и обратно с использованием независимой частоты синхронизации. Основными областями применения БИС являются блоки сопряжения с устройствами последовательной обработки информации, простейшие параллельные устройства, а также средства контроля и диагностики мультиплексного канала.

В структурной схеме КДК (рис.1) независимые кодер и декодер имеют один общий вход начального сброса (MR). Декодер осуществляет прием и модуляцию частотой 12 МГц униполярного фазоманипулированного кода от схемы формирователя трансформаторной линии (ФТЛ), согласующей электрические параметры сигналов, распознает тип синхроимпульса принимаемого слова, контролирует его и два первых информационных бита на соответствие принятому протоколу обмена. При отсутствии ошибок на этом этапе выдаются сигналы С или D и TD, а на выход D0 поступает преобразованный униполярный код, синхронизируемый частотой C0. В дальнейшем проводится контроль всего принимаемого слова на правильность Манчестерского кода, соответствия заданному числу бит данных и четности. Положительный результат индицируется нарастающим фронтом сигнала на выходе VW после окончания приема всего слова (включая бит четности).

При передаче кодер в зависимости от уровня сигнала на входе DC автоматически вырабатывает нужный синхроимпульс и дополняет слово битом четности. Согласование работы кодера с оконечным устройством мультиплексного канала осуществляется сигналами запуска передачи S и синхронизации передачи информационных бит слова GD.

Микросхема позволяет программировать разрядность слов кодом на входах C<sub>4</sub> — C<sub>0</sub> в пределах от 2 до 28 бит (соответственно 00101 — 11111). По входу PS возможно задание полярности контрольного бита кодера (четность/нечетность), а по входу CS — задание полярности контрольного бита в декодере, что обеспечивает возможность диагностики каналов через БИС КДК и повышает их эффективную производительность за счет адаптации к разрядности оконечного устройства.

Пределная тактовая частота синхронизации декодера по входу F составляет 15 МГц, что обеспечивает работу канала на частоте 1,25 МГц. На-

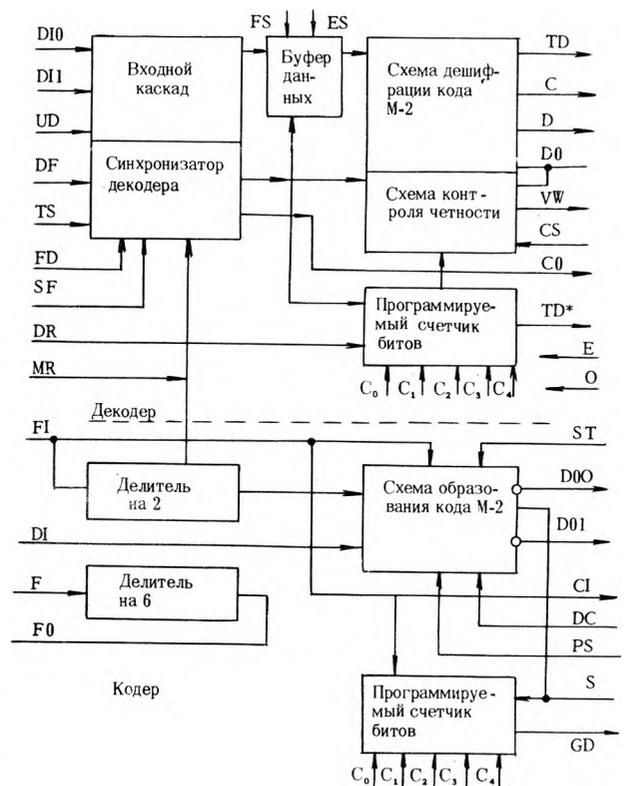


Рис.1. Структурная схема кодера-декодера

личие входов выбора вида синхронизации декодера TS, разрешения синхронизации FD и разрешения ввода данных FS позволяет в случае необходимости подключать к КДК внешний синхронизатор приема информации из мультиплексного канала, минуя цепи внутри БИС, синхронизируемые частотой DF. Этим снимается основное ограничение на частоту приема информации и обеспечивается возможность работы с каналом на частотах до 4 МГц. Вход синхронизации кодера FI должен синхронизироваться частотой, вдвое превышающей частоту передачи данных в канале (до 8 МГц).

Микросхема выполнена на основе КМОП технологии в 42-выводном корпусе. Описание выводов и основные параметры БИС приведены в табл.1 и 2 соответственно.

На рис.2 приведена структурная схема подключения БИС КДК к мультиплексному каналу и параллельному 16-разрядному буферному регистру. Синхронизация декодера осуществляется внутренним синхронизатором.

Сопряжение МК с 8-разрядной параллельной шиной (например, микропроцессора К580ИК80) возможно на основе микросхем программируемого

Таблица 1

Обозначение	Номер контакта	Назначение вывода
DI0, DI1, UD	12, 13, 14	Биполярные и униполярный входы данных
F	39	Вход синхронизации делителя частоты (12 МГц)
TS	16	Вход задания вида синхронизации (внутренняя/внешняя)
SF	9	Вход внешней синхрочастоты
DR, MR	19, 22	Сброс декодера и общий сброс КДК
DF	10	Вход синхронизации декодера (12 МГц)
TD, TD*	3, 4	Выходы строба выдачи слова (взять слово)
C, D	17, 40	Стробы приема команд и данных
DO, CO	6, 15	Выход последовательных данных и их синхронизации
VW	2	Сигнал правильности слова
CS	18	Выбор контроля декодера (чет./нечет.)
F0	24	Выход синхронизации шифратора (2 МГц)
FI	35	Вход синхронизации шифратора (2 МГц)
DI, CI	30, 36	Вход последовательных данных и частота их синхронизации
$\overline{D00}, \overline{D01}$	26, 29	Выходы фазоманипулированного кода
ST	28	Запрет выдачи фазоманипулированного кода
DC	32	Вход задания типа синхроимпульса (команда/данное)
S	31	Запуск шифратора
PS	33	Выбор контроля шифратора (чет./нечет.)
	34	Выход синхронизации передачи слова (дай слово)
C <sub>0</sub> ... C <sub>4</sub>	20, 42, 23, 38, 41	Входы задания разрядности информации (от 2 до 28 бит)
ES	7	Вход синхронизированных данных
FS	8	Вход разрешения ввода данных по входу ES
FD	11	Вход разрешения синхронизации по входу SF
E	1	Вход напряжения питания (+5 В)
0	21	Вход напряжения питания (0 В)

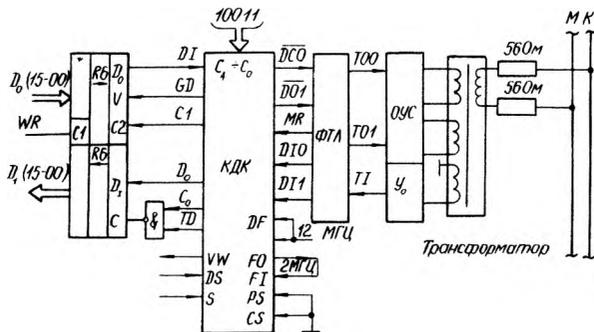


Рис.2. Структурная схема подключения БИС кодера-декодера к мультиплексному каналу

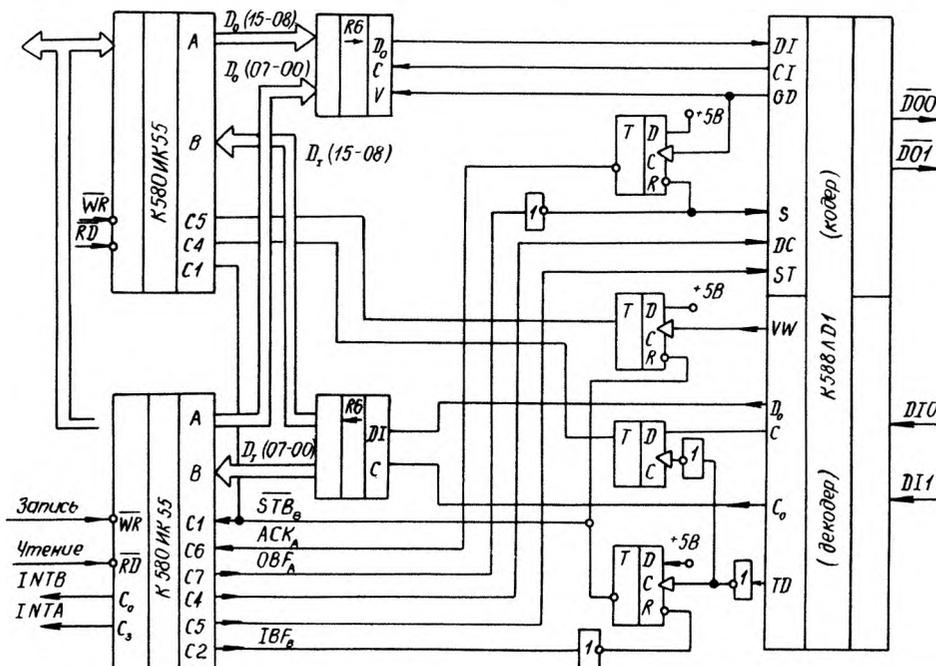


Рис.3. Структурная схема блока сопряжения

Таблица 2

Основные параметры БИС К588ВГЗ

Наименование параметра	Значение		
	мин.	ном.	макс.
Напряжение питания при $T_{окр.}$ от $-60$ до $+85^{\circ}\text{C}$ , В	4,5	5	5,5
Входное напряжение, В "лог.0" "лог.1"	0 $U_{cc} - 0,8$		0,8 $U_{cc}$
Выходное напряжение, В "лог.0" "лог.1"	0 4,1		0,5 4,5
Ток потребления статический, мкА			100
динамический при $F = 12$ МГц, мА			10
Тактовая частота, МГц кодера декодера		2 12	2,5 15
Время задержки выхода биполярных данных, нс			130
Время задержки появления сигнала $VW$ , нс			110
Диапазон рабочих температур, $^{\circ}\text{C}$	$-60$	$+25$	$+85$

параллельного интерфейса К580ИК55 (рис.3, [4]). Две БИС К580ИК55 программируются для работы в стробируемом однонаправленном режиме, канал А используется для передачи информации в мультиплексный канал, а канал В — для ее приема. КДК настроен на преобразование 16-разрядных слов.

Работа БИС по приему одного слова происходит следующим образом. После запоминания преобразованного декодером слова в последовательно-параллельном регистре (о чем свидетельствует нарастающий фронт сигнала  $\overline{TD}$ ) вырабатывается сигнал готовности внешнего устройства  $STB_V$  на ввод информации, по падающему фронту которого информация по каналу В записывается в микросхемы параллельного интерфейса. В ответ на него БИС К580ИК55 формирует сигнал подтверждения приема  $IBF_V$ . При высоком уровне этого сигнала декодер может выработать новый сигнал  $STB_V$  даже при наличии сигнала  $\overline{TD}$ . По нарастающему фронту  $IBF_V$  снимается сигнал готовности  $STB_V$  и формируется запрос на прерывание по обслуживанию канала В, после программной обработки которого осуществляется считывание данных в ЦП (в два цикла) и разрешается прием нового слова. В рассмотренном режиме работы распределение разрядов канала с БИС К580ИК55 строго задано.

БИС КДК входит в состав специализированного комплекса интерфейсных микросхем для построения блока сопряжения с мультиплексным каналом. На его основе возможно построение блоков сопряжения, обеспечивающих подключение к мультиплексному каналу достаточно широкого класса устройств.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Хвощ С.Т., Васильев А.Н., Кудрявцев В.А. Архитектура мультиплексных каналов последовательной передачи данных. — Зарубежная радиоэлектроника, 1984, № 12, с.67—82.
2. Хвощ С.Т., Горовой В.В., Свиридович В.С. Организация мультиплексных каналов на основе интерфейсного комплекта БИС. — Л: ЛДНТП, 1984, — 28 с.
3. Комплект БИС для организации мультиплексных каналов межмодульного обмена информацией/С.Т. Хвощ, В.Б.Смолов, А.Н.Васильев. — Микропроцессорные средства и системы, 1984, № 3.
4. Sanders L. For data — communication links, Manchester chip could best. — El Design, 1982, vol.30, N 16, p.201—210.

Статья поступила 5 мая 1985 г.

УДК 681.326.74.06

В.А.Алешин, В.Н.Стрельников

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ АВТОНОМНОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ ДИНАМИЧЕСКОЙ ПАМЯТИ В ПЛАТАХ П1, П2, П3 МИКРОЭВМ «ЭЛЕКТРОНИКА 60»

Устройство обеспечивает регенерацию динамической памяти микроЭВМ «Электроника 60» без участия центрального процессора, сокращает время реакции процессора на запросы внешних устройств с 200 до 2—3 мкс, повышает производительность микроЭВМ на 13—19%. Выполнено на стандартной плате микроЭВМ «Электроника 60» размером 140x240 мм.

МикроЭВМ "Электроника 60" широко применяется при создании автоматизированных измерительно-вычислительных систем для сбора и обработки информации в реальном масштабе времени. Одной из важнейших характеристик в таких системах является время реакции процессора ЭВМ на запросы внешних устройств  $t_{рз}$ , которое должно быть минимальным.

Применение в микроЭВМ "Электроника 60" плат памяти П1, П2, П3, построенных на основе БИС памяти динамического типа, снижает быстродействие микроЭВМ, так как процессор прерывает каждые 1,5—2 мс выполнение текущей программы на 200 мкс для выполнения регенерации памяти, занимая на это время канал ЭВМ [1]. Это время в значительной степени определяет среднее время реакции процессора на запрос от внешних устройств, ограничивая область применения микроЭВМ в системах реального времени.

Для уменьшения времени  $t_{рз}$  используют методы, обеспечивающие "прозрачную" для процессора регенерацию памяти, сокращающую  $t_{рз}$  на один—два порядка. Например, регенерацию памяти можно выполнять автономно в каждой плате памяти [1], либо, в случае многопроцессорных систем, в каждом из устройств, работающих в режиме прямого доступа. Первое исключает совме-

стную работу с серийно выпускаемыми платами П1, П2, П3, а последнее приводит к усложнению устройств прямого доступа, затрудняет синхронизацию процессов регенерации, замедляет работу системы. Широкое распространение в составе микроЭВМ плат П1, П2, П3, не имеющих автономной регенерации, трудности синхронизации процессов регенерации в многопроцессорных системах усложняют решение задач реального времени. В то же время создание устройства автономной регенерации памяти этих плат представляется достаточно простым и эффективным решением рассматриваемой проблемы.

Принцип действия разработанного устройства состоит в том, что регенерация памяти плат П1, П2, П3 выполняется устройством без участия процессора посредством построчного обращения к ячейкам памяти после захвата канала микроЭВМ по прямому доступу на время 2–3 мкс. За один захват выполняется регенерация содержимого ячеек одной из строк адресов памяти, после чего канал освобождается для работы с процессором

или другим устройством прямого доступа. Регенерация памяти от процессора микроЭВМ при этом отключается удалением соответствующей перемычки на плате процессора. Таким образом, канал микроЭВМ освобождается через 2–3 мкс, а не через 200 мкс, как в стандартном цикле регенерации, выполняемой от процессора микроЭВМ "Электроника 60".

В устройстве имеется возможность и внешней синхронизации циклов регенерации, что позволяет использовать его в многомашинных системах реального времени с единой синхронизацией процессов.

Устройство (рис.1) состоит из схемы логики прямого доступа (ЛПД), генератора тактовых импульсов (ГТИ) на 64 кГц, триггера требования прямого доступа (ТРБ), циклического счетчика адреса и блоков приемников и передатчиков для связи с каналом микроЭВМ.

По сигналу от тактового генератора (или внешнего генератора) производится установка триггера ТРБ и в схеме ЛПД вырабатывается сигнал требования прямого доступа (ТПД) канала микроЭВМ. После окончания текущего цикла процессор устанавливает в канале сигнал предоставления прямого доступа (ППД), по которому в схеме ЛПД соответствующим образом формируются сигналы канала: ПВ, ПЗУ, РГН, СИА, ВВОД. Адрес строки регенерации определяется состоянием циклического счетчика адреса устройства и выдается в канал в соответствии с протоколом цикла "чтение" микроЭВМ "Электроника 60". С появлением в кана-

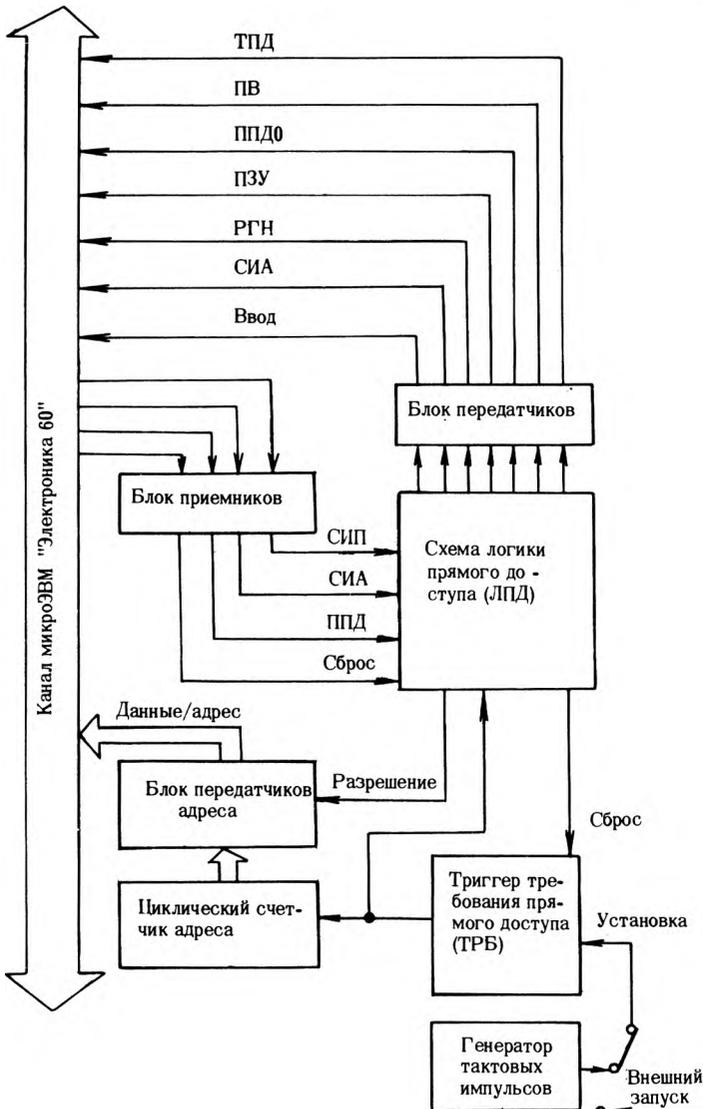


Рис. 1. Функциональная схема устройства автономной регенерации ОЗУ микроЭВМ «Электроника 60»

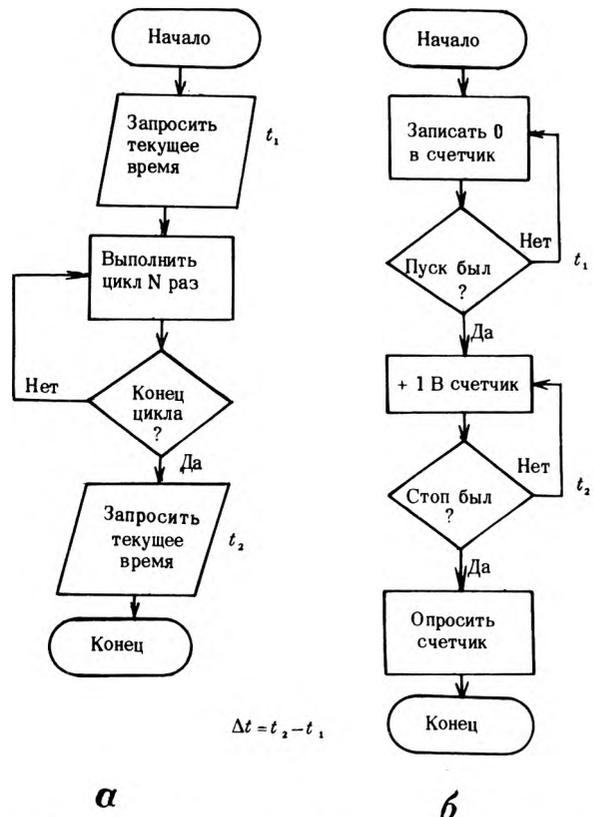


Рис. 2. Алгоритмы тестовых программ: а — вычислений (на языках Фортран и Бейсик); б — сбора данных (на языке Ассемблер)

ле сигнала СИП триггер ТРБ сбрасывается, снимаются сигналы канала, генерируемые устройством, состояние счетчика увеличивается на единицу, канал микроЭВМ освобождается для выполнения текущих операций. Полная регенерация памяти выполняется после 64 последовательных циклов регенерации, аналогичных описанному.

Проверка эффективности устройства проводилась во время его работы в составе автоматизированного вычислительного комплекса сбора и обработки данных на базе микроЭВМ "Электроника 60" и аппаратуры КАМАК при работе с платами П2, П3 и одним устройством прямого доступа [2]. На рис. 2 а и б представлены алгоритмы тестовых программ.

Эффективность применения устройства при работе регистров процессора с ячейками памяти оценивалась программой, написанной на языке Фортран, в которую включен цикл вычислений функции синуса с запросом в начале и конце цикла текущего времени  $t_1, t_2$ . Величина  $\Delta t = t_1 - t_2$  характеризует время выполнения программы. Регистрация этого времени проводилась как при работе с устройством автономной регенерации, так и при регенерации от процессора. Результаты регистрации показали сокращение времени выполнения программы на 13%.

При работе тестовой программы (см. рис. 2, б), написанной на языке Ассемблера, выполнялось циклическое обращение к внешнему устройству, фиксирующему количество обращений. Внешнее устройство представляло собой двоичный счетчик с индикацией, выполненный в стандарте КАМАК [2]. Результаты тестирования показали, что в случае применения устройства автономной регенерации количество обращений к внешнему устройству за фиксированный промежуток времени возрастает на 19% в сравнении с числом обращений, выполненных при регенерации от процессора.

Среднее время, на которое устройство автономной регенерации занимает канал микроЭВМ, не превышает 2–3 мкс и зависит от характеристик применяемого процессора микроЭВМ "Электроника 60". Выполнение стандартных тестовых программ микроЭВМ подтвердило надежность регенерации памяти, выполняемой устройством. Использование устройства автономной регенерации памяти в составе микроЭВМ "Электроника 60" позволяет расширить область применения микроЭВМ в автоматизированных измерительно-вычислительных системах, системах реального времени, упорядочить организацию многомашинных и многопроцессорных систем с единой синхронизацией процессов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- ОЗУ для микроЭВМ «Электроника 60»/В.Г.Горин, В.А.Морозов, А.В.Найденев, В.В.Пароходов.— Электронная промышленность, 1983, вып. 3, с. 22–24.
- Автоматизированный лазерный интерферометр для измерения деформаций земной поверхности/В.А.Алешин, М.Н.Дубров, В.В.Иванов и др.— Тез. докл. IV Всесоюзной конференции «Оптика лазеров».— Л.: 1983.— 326 с.

Статья поступила 7 декабря 1984 г

УДК 621.3.049.774

В.И.Бельский, Ю.Б.Бушнин, С.А.Зимин,  
Ю.Н.Пунжин, В.А.Сенько, М.М.Солдатов,  
В.П.Токарчук

### МОНОЛИТНАЯ ИС СТРОБИРУЕМОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ «ЗАРЯД—ВРЕМЯ» КР1101ПД1

Исследования в области физики высоких энергий слабовыраженных эффектов, процессов со сложной структурой обуславливают постоянное усложнение экспериментального оборудования. Это приводит, в частности, к увеличению (до 100 тыс.) числа каналов детекторов для съема и преобразования аналоговой информации аналого-цифровыми преобразователями. Получение информации с десятков и сотен тысяч каналов затрудняет проблему обеспечения надежности аппаратуры, повторяемости характеристик, габаритов, стоимости. Возникла необходимость замены используемых в ядерной электронике АЦП на дискретных элементах [1, 2] или в виде гибридных ИС [3] приборами, выполненными на основе современной технологии интегральных полупроводниковых схем, в состав которых входят необходимые узлы для построения канала регистрации от детектора: временного стробирования и преобразования отселектированной информации в цифровую форму [4].

Описываемая полупроводниковая ИС КР1101ПД1 представляет собой стробируемый преобразователь заряда короткого импульса тока во временной интервал. Ширина выходного импульса пропорциональна накопленному на выходе заряду за время стро-ба с точностью 0,1% при скорости нарастания входного сигнала 2 мА/нс. Ниже приведены основные параметры преобразователя при  $T_{окр} = 10 \div 55^\circ \text{C}$ :

Входное сопротивление, Ом	0,1
Максимально допустимый входной ток, мА	50
Максимальный измеряемый заряд, пКл	300–1000
Температурная зависимость коэффициента преобразования, 1/°С	$0,2 \times 10^{-9}$
Температурная зависимость пьедестала, пКл/°С	0,2
Длительность выходного импульса при максимальном входном сигнале, мкс	50–1000
Кратковременная нестабильность длительности выходного импульса, %	0,025
Интегральная нелинейность зависимости длительности выходного импульса от входного заряда, %	0,1
Уровни строб-импульса, В	
лог. "0"	7,4–8,0
лог. "1"	3,9–4,5
Длительность строб-импульса, нс	50–2000
Потребляемая мощность, В·мА	$17 \times 10^{-3}$ $6 \times 10^{-3}$ $-3 \times 20$

На рис. 1 приведены функциональная схема и внешние элементы, необходимые для обеспечения работоспособности ИС.

В состав ИС входят: схема формирова-

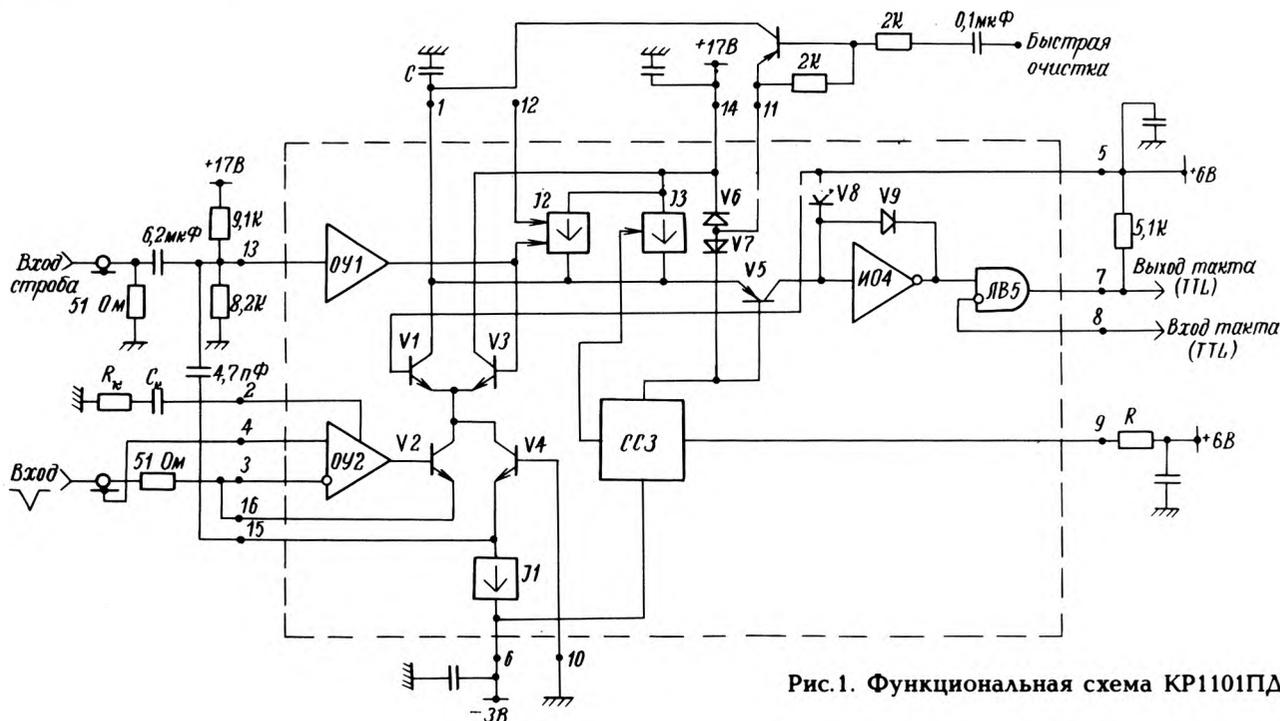


Рис.1. Функциональная схема КР1101ПД1

ния строб-импульса (повторитель напряжения 1), токовый ключ на транзисторах V1, V3, операционный усилитель OU2, управляемые генераторы тока I1, I2, I3, компаратор тока (инвертирующий усилитель ИО4 с нелинейной обратной связью на диоде V9, транзистор V5), логический вентиль ЛВ5. Вывод 4 служит для подключения "земли" линии передачи сигнала от детектора, например, оплетки коаксиального кабеля. Вывод 2 используется для коррекции частотной характеристики усилителя OU2 ( $C_k = 39$  пФ,  $R_k = 56$  Ом).

В режиме ожидания на вход 13 подается сигнал лог. "1", на выходе компаратора (вывод 7) формируется лог. "0". С приходом на вход 13 лог. "0" (строб-импульса) начинается интегрирование входного тока на емкости C. На выходе компаратора возникает положительный перепад напряжения. По окончании строб-импульса происходит рассасывание накопленного на емкости C заряда. На выходе компаратора, к которому подключен вход ЛВ5, формируется отрицательный перепад напряжения. При подаче на другой вход ЛВ5 (вывод 8) последовательности импульсов на выходе вентиля формируется серия из определенного числа импульсов, пропорционального входному заряду. Ток генератора I1 и ток с вывода 15 служат для улучшения линейности преобразования. Ток I1 повышает линейность характеристики V1. Импульс тока с вывода 15, получаемый дифференцированием переднего фронта строб-импульса, обеспечивает в зарядной емкости некий пороговый заряд (пьедестал). При отсутствии этого пьедестала начальный участок характеристики преобразования  $T_{вых} (Q_{вх})$  имеет значительную нелинейность. Генератор I2 используется для устранения создаваемого

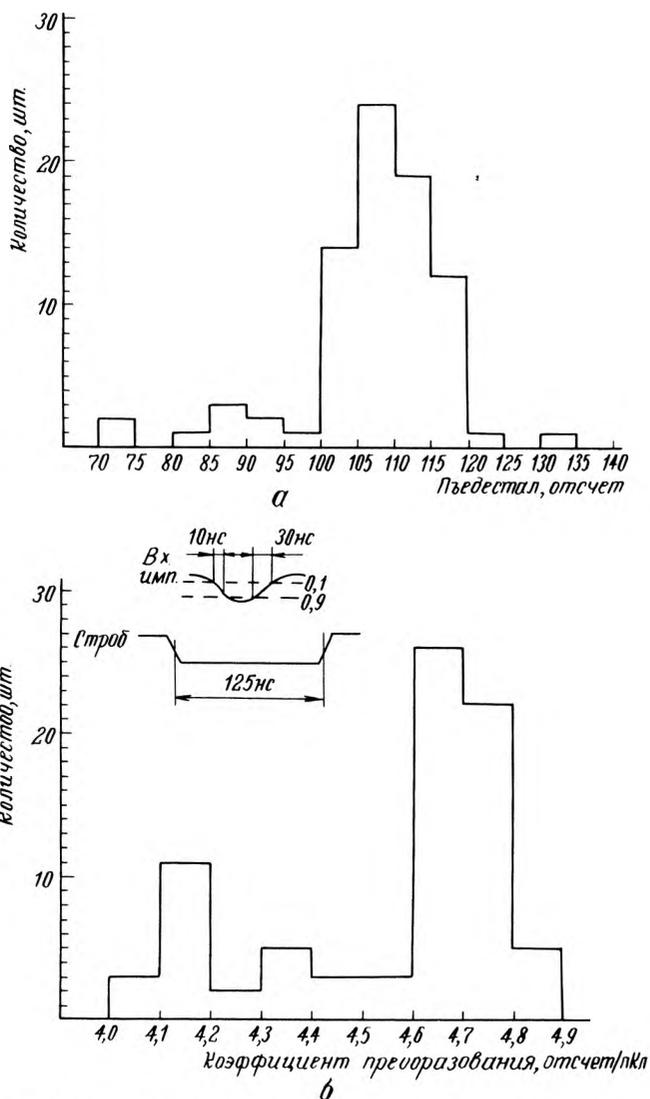


Рис.2. Распределение пьедесталов в партии микросхем (а) и коэффициентов преобразования (б)

током  $I_1$  балластного заряда на зарядной емкости  $C$ . Он включается только в момент действия строб-импульса и током, противоположным току  $I_1$ , компенсирует балластный заряд.

В ИС предусмотрено также наличие вывода  $11$ , напряжение на котором равно напряжению на зарядной емкости в отсутствии строб-импульса. Этот вывод позволяет организовать быстрый сброс заряда с емкости  $C$  с помощью внешнего транзистора, показанного на рис. 1.

Стабильность характеристик преобразователя при изменении разрядного тока и температуры достигается использованием специальной схемы стабилизации (ССЗ), построенной на системе дополнительных генераторов тока. Разрядный ток емкости  $C$  задается величиной резистора, подключаемого к выводу 9.

Интегральная схема КР1101ПД1 выполнена на основе биполярной эпитаксиально-планарной технологии с изоляцией  $p-n$  переходами.

Кристалл матричной ИС размером  $2,9 \times 2,35$  мм содержит 500 элементов и помещен в 16-выводной пластмассовый корпус с двухрядным расположением выводов типа 2103, 16—11.

Статистические испытания (рис. 2, а) микросхем позволили определить разброс в коэффициентах преобразования и разброс пьедесталов различных экземпляров. Значение  $R$  (см.рис. 1) составляло  $33$  кОм, частота заполнения была выбрана равной  $50$  МГц. При такой частоте быстрогодействия внутреннего логического вентиля недостаточно, поэтому выходным сигналом ИС преобразователя является временной интервал, а заполнение его импульсами осуществлялось на внешнем логическом вентиле. Ширина строб-импульса при снятии пьедесталов  $t_{\text{стр}} = 50$  нс, параметры входных и строб-импульсов при измерении коэффициента преобразования показаны на рис. 2, б.

Из приведенных характеристик следует, что описанная ИС вполне может быть использована при построении АЦП для проведения физических исследований, а также в других областях науки и техники.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Преобразователи амплитуда—код для анализа импульсов большой системы сцинтилляционных счетчиков/Ю.Б.Бушнин, Р.Джонсон, Р.Н.Краснокутский и др.—Препринт ИФВЭ (Серпухов), 1974, с.74—23.
2. Зарядно-цифровой преобразователь наносекундных импульсов/Ю.Б.Бушнин, А.А.Денисенко, А.Ф.Дунайцев и др.—ПТЭ, 1980, № 3, с. 80.
3. Гибридная интегральная схема преобразования заряда во временной интервал для построения многоканальных аналого-цифровых преобразователей/С.Г.Басиладзе, Ю.Ю.Доценко, П.К.Маньяков, С.П.Федорченко.—Препринт ОИЯИ (Дубна), 1980, 13—80—514.
4. Technical data of monolithic circuit MQT-200.—Le Crocy research systems corporation, 1978, June.

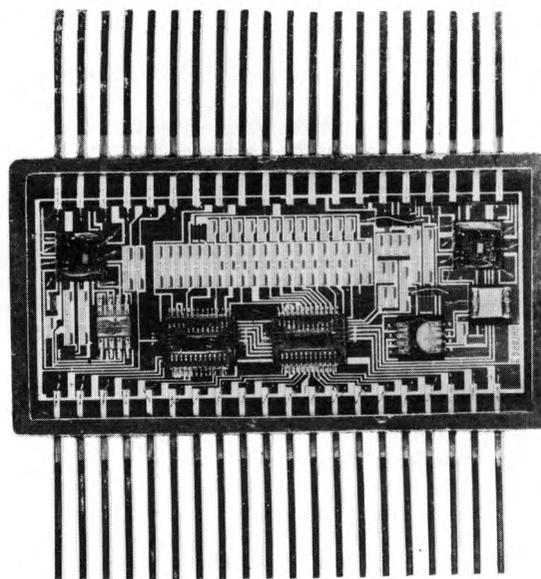
Статья поступила 27 февраля 1985 г.

УДК 681.335.2

В.А.Агеев, А.Н.Лугин, А.В.Мартыненко,  
М.Я.Рожко, Н.И.Чернышев

## ЦИФРОАНАЛОГОВЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ К427ПА-1

15-разрядный умножающий цифроаналоговый преобразователь К427ПА-1 выполняет операции двух- и четырехквadrантного умножения в сочетании с операциями записи и хранения цифровой информации без применения дополнительных радиоэлектронных компонентов.



Развитие цифровых методов обработки сигналов предполагает применение преобразователей формы информации, связывающих аналоговые величины с цифровыми вычислительными машинами [1]. К ним относится микросхема К427ПА-1, представляющая собой 15-разрядный умножающий цифроаналоговый преобразователь (УЦАП) двоичного параллельного цифрового кода в напряжение. УЦАП состоит из аналогового инвертора, выходного операционного усилителя с корректирующей емкостью, резисторной двоичной сетки, токовых аналоговых переключателей, регистров (RG1 и RG2), преобразователей уровня резисторов обратной связи. Умножающий ЦАП согласуется с ТТЛ и КМОП схемами выбором напряжения питания.

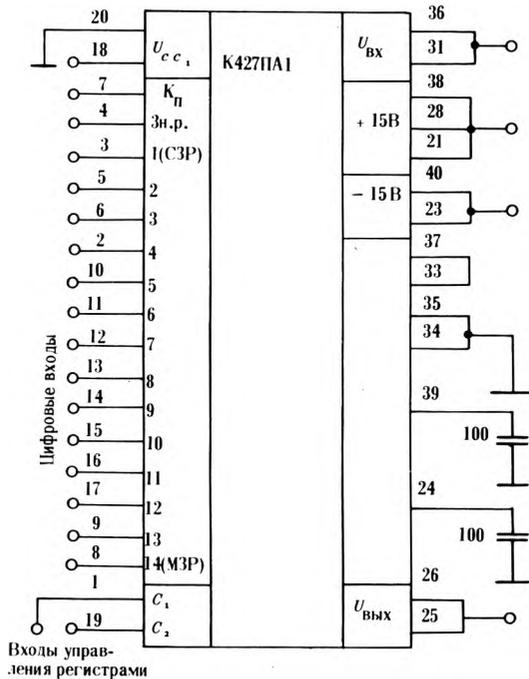
Конструктивно микросхема К427ПА-1 выполнена в металлокерамическом корпусе типа 4130,40—1 по гибридной технологии сборки на гибком носителе [2].

В качестве монтажной платы используется диэлектрическая подложка с нанесенной на нее методом тонкопленочной технологии алюминиевой металлизацией и резисторами резисторной сетки и обратной связи, которые подстраиваются лазерным лучом. Функции аналоговых переключателей, регистров и преобразователей уровня выполняют два активных кристалла преобразователя К572ПА-3

[3]. Выходной усилитель и аналоговый инвертор выполнены на двух операционных усилителях К140УД14 и К744УД1А, включенных по последовательно-параллельной схеме, обеспечивающей стабилизацию напряжения смещения и его дрейфа.

Основные электрические параметры

- Разрядность, бит ..... 15
- Коэффициент преобразования,  $K_{\Pi}$  ..... 1 и 10
- Дифференциальная нелинейность в диапазоне температур от  $-10$  до  $+55^{\circ}\text{C}$ , % .....  $\pm 0,006$
- Абсолютная погрешность преобразователя ( $K_{\Pi} = 1$ ), % .....  $\pm 0,01$
- Время установления выходного напряжения, мкс .... не более 30
- Входное и выходное напряжение, В ..... от  $-10$  до  $+10$
- Сопrotивление нагрузки, кОм ..... не менее 2,0
- Напряжение питания, В ..... 5; 15;  $-15$



Цифровые входы		$U_{\text{вых}}$
$K_{\Pi}$	Зн.р 1 2 3 ..... 13 14	
1	1 1 1 1 ..... 1 1	$U_{\text{вх}} 2^{-14}$
1	1 1 0 0 ..... 0 0	$U_{\text{вх}}$
1	0 1 1 1 ..... 1 1	$-U_{\text{вх}}(1-2^{-14})$
1	0 0 0 0 ..... 0 1	$-U_{\text{вх}}2^{-14}$
1	0 0 0 0 ..... 0 0	0
0	1 1 1 1 ..... 1 1	$10U_{\text{вх}} 2^{-14}$
0	1 0 0 0 ..... 0 0	$10U_{\text{вх}}$
0	0 1 1 1 ..... 1 1	$-10U_{\text{вх}}(1-2^{-14})$
0	0 0 0 0 ..... 0 1	$-10U_{\text{вх}} 2^{-14}$
0	0 0 0 0 ..... 0 0	0

Рис.1. Функциональное назначение выводов К427ПА1

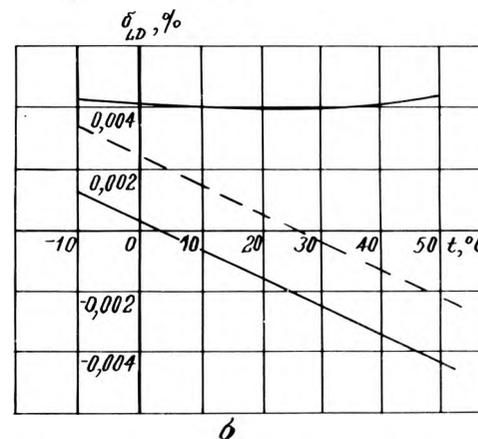
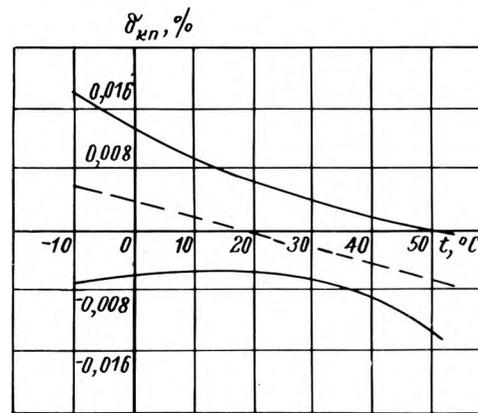


Рис. 2. Зависимости абсолютной погрешности преобразования (а) и дифференциальной нелинейности (б) от температуры при  $K_{\Pi}=1$

Поколевка УЦАП и назначение выводов показаны на рис.1. Зависимости абсолютной погрешности преобразования и дифференциальной нелинейности от температуры для коэффициента преобразования, равного 1, показаны на рис.2, а, б.

Запись и хранение цифровой информации осуществляются с помощью двух регистров, управление которыми происходит в соответствии с таблицей.

Выполняемая функция	Логические входы управления регистрами ЦАП	
	Вывод 1	Вывод 2
Запись данных в RG1, хранение предыдущих данных в RG2	1	0
Запись данных из RG1 в RG2, хранение данных в RG1	0	1
Прямое прохождение данных через RG1, RG2	1	1

Возможность электротермотренировки и межоперационного контроля комплектующих позволили создать ЦАП высокой разрешающей способности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Осокин Ю.В., Судьин С.Л., Федорков Б.Б. Параметры, области применения и перспектива полупроводниковых преобразователей информа-

ции. — Микроэлектроника и полупроводниковые приборы, 1983, вып.7, с.38—51.

2. Дуболазов В.А., Шеревеня А.Г. Сборка МПД БИС на гибком носителе. — Электронная промышленность, 1978, вып.6, с.3—5.

3. Цифроаналоговый преобразователь К572ПА2/ В.М.Арсеньев, А.А.Гусаров, И.Э.Зеленко и др. — Электронная промышленность, 1983, вып.4, с.53—54.

Статья поступила 6 марта 1985 г.

УДК 681.335.713

С.Б.Кутыркин, Б.Н.Маньжов, В.С.Шиндов

### АНАЛОГО-ЦИФРОВОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И РЕГИСТРАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Исследование физических процессов, протекающих с различной скоростью и длительностью, связано с введением результатов измерений в ЭВМ для последующей обработки или на осциллограф для визуального отображения. Однако при исследовании быстропротекающих процессов скорость поступления информации может оказаться выше пропускной способности регистрирующей аппаратуры.

Предлагается достаточно простое устройство, позволяющее измерить ряд мгновенных значений сигнала, запомнить их в буферной памяти и по желанию исследователя вывести закодированный сигнал на перфоленту или сигнал в аналоговой форме на экран осциллографа со скоростью, необходимой для используемого устройства регистрации или отображения информации.

Функциональная схема устройства (см. рисунок) состоит из АЦП, буферного запоминающего устройства (БЗУ), блока сопряжения с перфоратором

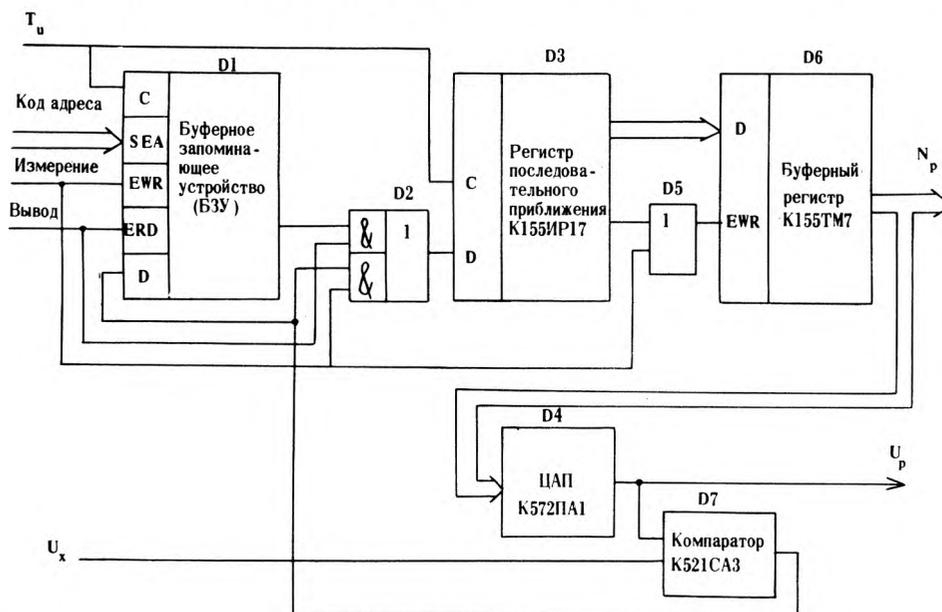
(БСП). Устройство имеет два режима работы: измерения и вывода информации. Измерение исследуемого процесса производится в АЦП в N точках (в 128 точках) с последующей записью кодов в БЗУ. Согласовывая время проведения N измерений и длительность исследуемого процесса, в БЗУ можно записать информацию о всем процессе или о его части. Информация хранится до следующего цикла измерений. Скорость вывода информации из БЗУ в аналоговом виде задается оператором, при выводе информации в цифровом виде устройство работает в стартстопном режиме. Вывод кода результата измерения из БЗУ происходит по сигналу с перфоратора.

В устройстве применено АЦП поразрядного уравнивания\*. Выбор схемы АЦП определяет тип используемого БЗУ. В качестве БЗУ использована микросхема статического ОЗУ типа К565РУ2, позволяющая осуществить побитно запись и воспроизведение информации. Так как в АЦП поразрядного уравнивания код результата измерения формируется последовательно во времени, удалось избежать усложнения схемы, исключив специальные элементы для преобразования кодов из последовательного в параллельный и наоборот.

Элементы D3, D4, D7 (см. рисунок) составляют АЦП поразрядного уравнивания. Информация с компаратора, определяющая очередную разряд кода, одновременно записывается в D3 и D1. Регистр D6 при измерении переводится в режим непрерывной записи, инвертируя код с выхода D3, так как последний выдает только инверсный код, а для управления ЦАП необходим прямой.

В режиме вывода код в D3 формируется так же, как и при измерении, но на вход D поступает информация не с компаратора, а с БЗУ. Благодаря этому происходит преобразование последовательного кода в параллельный и воспроизведение результатов измерений. Код с D3 переписывается в буферный регистр только после окончания формирования очередного слова. Благодаря этому

\* Балакай В.Г., Крюк И.П., Лукьянов Г.М. Интегральные схемы АЦП и ЦАП.— М.: Энергия, 1978, с. 45—51.



Функциональная схема аналого-цифрового устройства для исследования и регистрации электрических сигналов

при наблюдении сигнала на экране осциллографа отсутствуют выбросы из-за формирования кода. Напряжение с ЦАП  $U_p$  подается на аналоговый выход устройства, а код  $N_p$  с буферного регистра D6 — на цифровой выход.

**Технические параметры устройства**

Входное напряжение, В . . . . .	0—10
Число разрядов кодированного сигнала, бит . . . . .	8
Время одного измерения, мкс . . . . .	80
Объем БЗУ, байт . . . . .	128
Время выполнения 128 измерений, с . . . . .	0,2—2

Конструктивно устройство размещается на двух стандартных платах. Питание осуществляется от источников напряжения +15, -15, +5 и +27 В.

Устройство достаточно технологично в изготовлении и наладке. Применение быстродействующего ЦАП и компаратора позволит повысить частоту дискретизации до 1 МГц и выше. Объем буферного запоминающего устройства может быть увеличен путем простого наращивания памяти.

Статья поступила 22 марта 1985 г.

УДК 621.3.049.776

В.А.Лозицкая, Г.К.Лукошко, С.Н.Тихомиров

**МИКРОМОЩНАЯ БИС МАГИСТРАЛЬНОГО ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИКА К588ВА1**

КМОП БИС приемопередатчика, предназначенная для построения интерфейсных блоков процессоров, ЗУ и контроллеров внешних устройств, имеет низкую потребляемую мощность, высокую помехоустойчивость и быстродействие в широком диапазоне изменения температуры окружающей среды.

БИС магистрального приемопередатчика (МПП) К588ВА1 изготавливается по планарной КМОП технологии с самосовмещенным поликремниевым затвором и окисной изоляцией элементов, конструктивно выполнена в 28-выводном металлокерамическом корпусе типа 4119.28-2.

Графическое обозначение БИС МПП представлено на рис.1. Схема содержит два блока усилителей, блоки управления усилителями и формирования/контроля бита четности.

БИС МПП выполняет функции двунаправленной передачи байта с инверсией или без инверсии, подтверждения передачи, формирования бита четности и контроля информации на четность.

Сигнал ВК = 0 разрешает работу МПП. С помощью сигналов  $\Phi/K1$ ,  $\Phi/K2$  задаются следующие режимы.

При  $\Phi/K1 = \Phi/K2 = 0$  производится контроль на четность информации, поступившей на входы K1, K2. Бит четности передается при этом без изменения В данном режиме микросхема работает как 9-разрядный приемопередатчик.

При  $\Phi/K1 = 0$ ,  $\Phi/K2 = 1$  производится контроль на четность информации, пришедшей в канал K1, и формируется сигнал бита четности БЧ2 информации, переданной в канал K2.

При  $\Phi/K1 = 1$ ,  $\Phi/K2 = 0$  осуществляется контроль на четность информации, пришедшей в канал K2, и формируется бит четности БЧ1 информации, переданной в K1.

При  $\Phi/K1 = 1$ ,  $\Phi/K2 = 1$  формируется бит четности для информации, поступившей в канал K1 или K2, и не производится контроль информации на четность.

Контроль информации на четность и формирование битов четности (БЧ1, БЧ2) производится по правилу дополнения поступающей или формируемой информации до нечетного количества единиц (нулей). Если при контроле информации на чет-

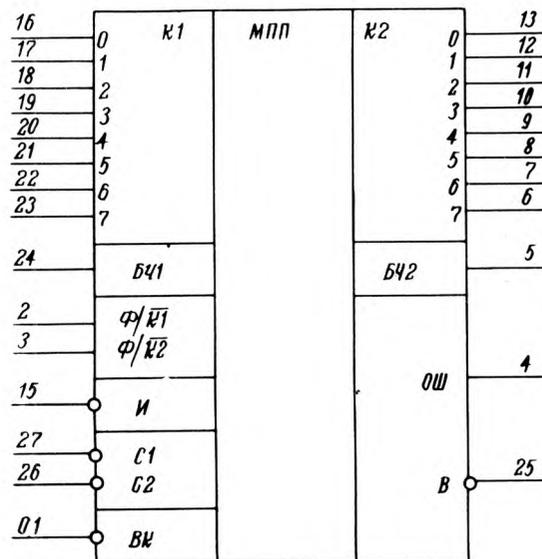


Рис.1. Условное графическое изображение БИС МПП К588ВА1

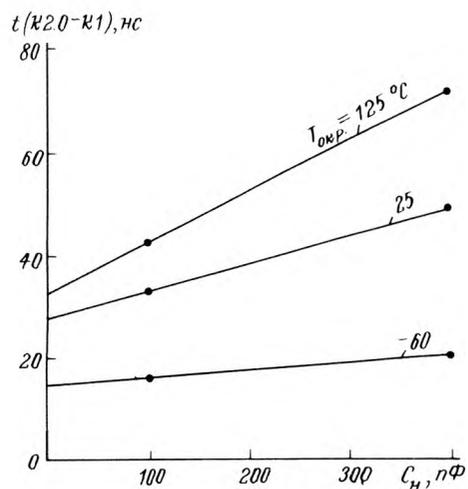


Рис.2. Зависимость времени передачи информации низкого уровня без инверсии от емкости нагрузки и окружающей температуры при  $U_{cc} = 5 В$

ность (режим  $\Phi/K1 = 0$  или  $\Phi/K2 = 0$ ) обнаруживается ошибка, то БИС МПП формирует сигнал  $OШ = 0$ . Этот сигнал остается до тех пор, пока сохраняется информация на  $K1$  или  $K2$ , его вызывающая.

Управление передачей информации из канала в канал осуществляется сигналами  $C1$  и  $C2$ . Если  $C1 = 0, C2 = 1$ , то информация передается из канала  $K1$  в канал  $K2$ , при  $C1 = 1, C2 = 0$  из  $K2$  в  $K1$ . Если сигналы  $C1 = 1$  и  $C2 = 1$  или  $C1 = 0$  и  $C2 = 0$  или  $BK = 1$ , то выходы каналов  $K1$  и  $K2$  сигналов  $B, OШ, BЧ1, BЧ2$  находятся в состоянии "отключено", при этом встроенные резисторы

( $R \approx 20$  кОм) поддерживают на них уровни лог. "1". Наличие сигнала  $B = 0$  свидетельствует о том, что передача информации из канала в канал выполнена. Сигнал  $I$  определяет режим передачи информации. При  $U = 1$  осуществляется прямая передача информации, при  $U = 0$  — инверсная.

Ниже приведены основные электрические параметры МПП К588ВА1 в диапазоне температур от  $-60$  до  $+125^\circ\text{C}$ :

Напряжение питания, В .....	$5 \pm 10\%$
Ток потребления в статическом режиме, мкА .....	100
Ток утечки по входам, мкА .....	15
Выходной ток, мА	
низкого уровня при $U_{OL} = 0,4$ В .....	8
высокого уровня при $U_{OH} = U_{CC} - 0,4$ В .....	0,4
Время передачи информации, нс .....	100

Графики зависимости основных параметров БИС МПП представлены на рис.2—4.

Благодаря своей универсальности и хорошим электрическим и эксплуатационным характеристикам БИС МПП К588 ВА найдет широкое применение в самых различных устройствах цифровой техники.

Статья поступила 11 марта 1985 г.

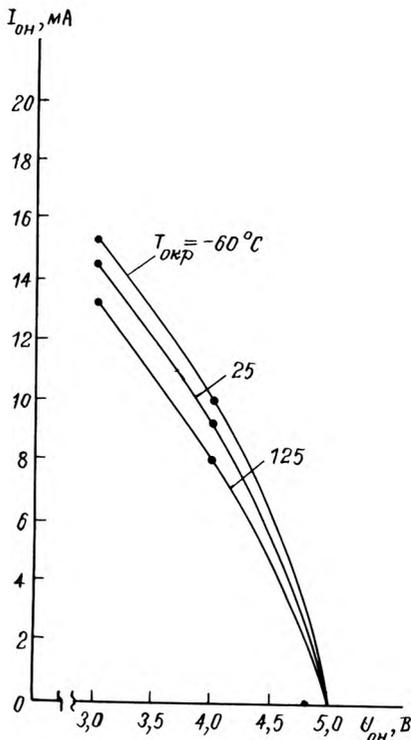


Рис.3. Зависимость выходного тока высокого уровня от выходного напряжения высокого уровня и окружающей температуры при  $U_{CC} = 5$  В

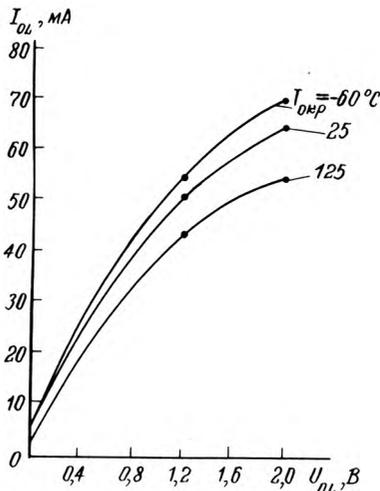


Рис.4. Зависимость выходного тока низкого уровня от выходного напряжения низкого уровня и окружающей температуры при  $U_{CC} = 5$  В

УДК 621.317.765.5:681.3-181.48

В.А.Андриянов, А.С.Дорохов,  
А.А.Моржаков, В.В.Седов, С.И.Ширшин

### МНОГОУРОВНЕВЫЙ ПАССИВНЫЙ ЦИФРОВОЙ СИНТЕЗАТОР ЧАСТОТЫ ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ НА БАЗЕ МИКРОЭВМ «ЭЛЕКТРОНИКА 60»

Применение микроЭВМ "Электроника 60" для автоматизации экспериментальных исследований сдерживается из-за отсутствия ряда специальных периферийных устройств. Особый интерес представляют устройства формирования высокостабильных синусоидальных сигналов с управлением от микроЭВМ частотой и начальной фазой для обеспечения внутрисхемного контроля, измерения и регулировки в РЭА.

Разработан цифровой синтезатор частоты (ЦСЧ) многоуровневых сигналов\*, сопряженный с микроЭВМ "Электроника 60", с большим диапазоном перестройки частоты, высокой стабильностью частоты и фазы. Синтезатор частоты может применяться как самостоятельно, так и в составе автоматизированных систем.

\*Шапиро Д.Н., Паин А.А. Основы теории синтеза частот. — М.: Радио и связь, 1981. — 264 с.

Кварцевый генератор (см. рисунок), определяющий стабильность частоты генерируемого ЦСЧ сигнала, формирует опорный сигнал с частотой  $f_T$ .

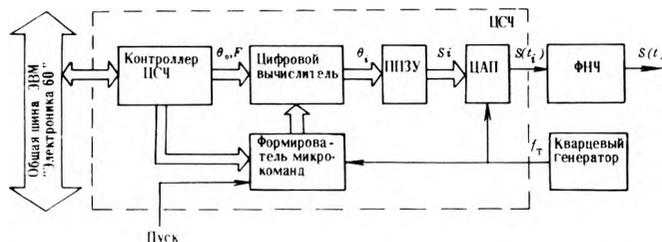
Цифровой вычислитель (ЦВ) формирует код текущего значения фазы синтезируемого сигнала

$$\Theta_n = \Theta_{n-1} + F \bmod N, \quad n = 1, 2, 3, \dots,$$

где  $F$  — код синтезируемой частоты;  $N$  — модуль сумматора ЦВ.

ЦВ выполнен на двух микросхемах 583BC1, представляющих собой восьмиразрядные микропроцессорные секции. Из программируемого постоянного запоминающего устройства (ППЗУ) по коду линейно-нарастающей фазы  $\Theta_n$  выбирается код синусоидального сигнала. ППЗУ реализовано на двух микросхемах K556PT5 и имеет емкость 1024 восьмиразрядных слов. Код ППЗУ и старший разряд кода фазы поступают на цифроаналоговый преобразователь (ЦАП), реализованный на микросхеме K1118PA2 и работающий с частотой дискретизации  $f_T$ . На выходе ЦАП получается многоуровневое ступенчатое напряжение  $U_n = \sin\left(\frac{2\pi}{N}\Theta_n\right)$ , из которого с помощью ФНЧ с частотой среза  $f_{ср} = 1/3 f_T$  выделяется гармонический сигнал синтезируемой частоты  $f_c = f_T \frac{F}{N}$ .

Связь с каналом микроЭВМ "Электроника 60" осуществляется с помощью контроллера на базе селектора адреса K588ВГ3. При обращении к ЦСЧ процессор микроЭВМ передает последовательно два слова: коды начальной фазы и частоты. Адрес, по которому обращается процессор к ЦСЧ, задается с помощью переключателей на микросхеме K588ВГ3. Формирователь микрокоманд (ФМК) при включении питания выдает на ЦВ микрокоманду записи нуля в регистр состояния 583BC1. При обращении процессора к ЦСЧ формирователь ФМК вырабатывает микрокоманды приема данных из общей шины и записи в регистры кодов начальной фазы и частоты. При поступлении внешнего сигнала "пуск" формируется последовательность микрокоманд вычисления текущего значения кода фазы. Формирование последовательности микрокоманд прекращается после нового обращения к ЦСЧ.



Структурная схема цифрового синтезатора частоты

### Технические характеристики

Разрядность входных величин	16 двоичных разрядов
Частота дискретизации, МГц	2
Диапазон перестройки, кГц	0,03—750
Точность представления размаха выходного сигнала	9 двоичных разрядов
Ширина основной спектральной линии на уровне половинной мощности, Гц	не более 4
Отношение основной линии к максимальной боковой, дБ	60
Потребляемая мощность (с блоком сопряжения), Вт	5

Габаритные размеры определяются размерами платы конструктива микроЭВМ "Электроника 60" (с блоком сопряжения).

Статья поступила 8 апреля 1985 г.

УДК 621.3.049.77.004:681.114.8

В.А.Бобков, Е.А.Иванюта, В.А.Кажуро, Б.Н.Чернуха

## СБИС ДЛЯ ЭЛЕКТРОННЫХ НАРУЧНЫХ ЧАСОВ С ФУНКЦИЯМИ МИКРОКАРДИОМОНИТОРА

Для наблюдения за состоянием сердечно-сосудистой системы человека (без ограничения его нормальной жизнедеятельности) и накопления информации о нарушениях ритма разработан микрокардиомонитор (МКМ), для которого характерны миниатюрность и малый вес (благодаря чему он размещается в наручных часах и не создает неудобств пользователю), возможность работы от миниатюрных источников питания в течение двух—трех месяцев, доступность считывания показаний самостоятельно (без привлечения другого лица), сравнительно небольшая стоимость.

Основным узлом МКМ является СБИС, совмещающая функции микрокардиоанализатора и устройства электронных наручных часов (ЭНЧ). Требования к СБИС определяются назначением МКМ [1, 2], который должен подсчитывать частоту сердечных сокращений (частоту пульса) и выявлять основные нарушения кардиоритма (аритмию) в обычной жизнедеятельности человека, в экстремальных состояниях, в спортивно-тренировочном процессе, в период реабилитации кардиологических больных, находящихся на диспансерном учете.

Конструктивные и электрические параметры СБИС идентичны параметрам современных микросхем, предназначенных для ЭНЧ с жидкокристаллическим индикатором (ЖКИ). При частоте задающего кварцевого генератора 32768 Гц ток, потребляемый СБИС от источника питания ЭНЧ — кнопочной серебряно-цинковой батарейки, не превышает 2,5 мкА. Напряжение питания  $U_{п} = 1,5 \text{ В} \pm 10\%$ . На блок вывода данных подается удвоенное напряжение  $E_{п} = -3,0 \text{ В} \pm 10\%$ , необходимое для управления ЖКИ. В ЭНЧ для получения этого напряжения используется схема транзисторно-емкостного умножителя напряжения, активные элементы которой интегрированы в СБИС. Параметры



тивном случае устанавливается значение длительности интервала  $RR+1$  между двумя последовательными R зубцами электрокардиосигнала (ЭКС), равное этому числу (см. рисунок). Длительность отрицательного импульса, соответствующего R-зубцу кардиосигнала, — не менее 15 мкс, амплитуда —  $1,5 \text{ В} \pm 10\%$ .

Преобразованная информация поступает в схему вывода данных, содержащую регистры вывода, дешифратор адреса регистров вывода и формирователи сигналов управления знаковыми электродами ЖКИ.

На выходе схемы управления усилителем звукового сигнала формируется сигнал частоты 8 Гц с заполнением положительного полупериода несущей частоты 4096 Гц. Наличие на выходе схемы управления усилителем звукового сигнала низкого уровня ( $-3,0 \text{ В} \pm 10\%$ ) соответствует выключению сигнализации.

Блок ввода команд представляет собой трехразрядный параллельный регистр-фиксатор, связанный с тремя внешними кнопочными переключателями и служащий для подавления «дребезга» контактов.

Преобразователь напряжения представляет собой транзисторно-емкостную схему, осуществляющую удвоение напряжения питания. Особенность схемы — высокий к.п.д. (более 95%) при токе нагрузки до 1 мкА.

Блок контроля предназначен для сокращения времени перевода СБИС в контролируемое состояние при тестировании. Блок состоит из перепрограммируемой фотошаблоном и фиксированной частей.

Разработанная сверхбольшая интегральная схема для ЭНЧ с функциями микрокардиоанализатора и ее последующие модификации позволяют создавать устройства, обеспечивающие обнаружение ранних стадий заболевания сердца и их анализ в условиях нормальной жизнедеятельности. Высокий уровень конструктивной и технологической унификации разработанной микросхемы позволяет организовать с помощью устройств на ее основе массовую профилактику сердечно-сосудистых заболеваний, способствующую сохранению здоровья и работоспособности человека.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алгоритм для автоматизации обнаружения экстрасистол на фоне синусового ритма и синусовой аритмии И.И.Красовский, А.В.Чирейкин, А.А.Зубков и др. — Кардиология, 1972, № 9, с. 107—111.
2. Способ автоматического выявления экстрасистол/Я.Г.Никитин, Г.И.Сидоренко, В.М.Якубович, О.И.Усачев. — Теория и практика автоматизации электрокардиологических и клинических исследований. Тезисы Всесоюзного совещания, Каунас, 1977, с. 208—209.
3. Чирейкин А.В., Шурьгин Д.Я., Абутинов Б.К. Автоматический анализ электрокардиограмм. Медицина, 1977, с. 223.

Статья поступила 18 марта 1985 г.

УДК 621.375.049.77

М.К.Адрианов, С.М.Гуныкин,  
В.Я.Касдорф

## ГИБРИДНЫЙ ИНТЕГРАЛЬНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ С ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТЬЮ 5 Вт

Интегральный усилитель предназначен для работы в оконечных и предоконечных каскадах усилительных трактов ВЧ-УВЧ диапазонов в стационарной и переносной аппаратуре радио- и оптической связи, в системах оптической обработки информации.

Одним из наиболее перспективных способов передачи и обработки информации является работа в области оптических частот. Однако разработка усилителей на дискретных элементах не обеспечивает нужных габаритов, надежности. Влияние паразитных связей печатных проводников приводит к трудности получения значительной широкополосности и сказывается на устойчивости усилителей. Применение гибридной интегральной технологии с использованием кристаллов транзисторных структур и монолитных ИС позволяет значительно улучшить перечисленные показатели.

Разработанный интегральный усилитель предназначен для применения в оконечных и предоконечных каскадах усилительных трактов средней и большой мощности.

### Основные параметры интегрального усилителя

Выходная мощность, Вт	
в диапазоне 1,5–120 МГц	не менее 5,0
до 320 МГц	не менее 1,0
Коэффициент усиления по мощности, дБ	
в диапазоне 1,5–120 МГц	не менее 7,0
до 320 МГц	не менее 3,0
Коэффициент полезного действия в диапазоне	
1,5–120 МГц, %	не менее 38
Габаритные размеры (без учета выводов), мм	30×14×5
Напряжение питания, В	12

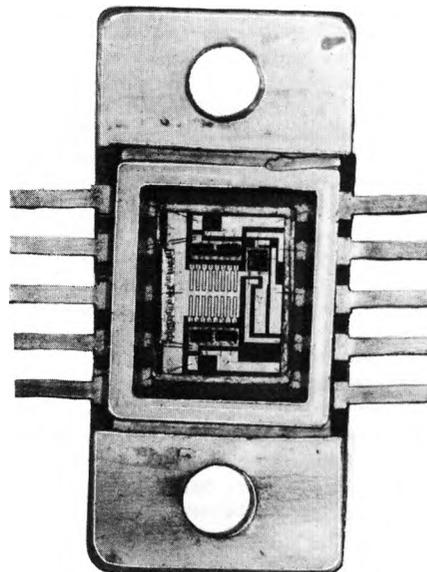


Рис.1 Гибридный интегральный усилитель

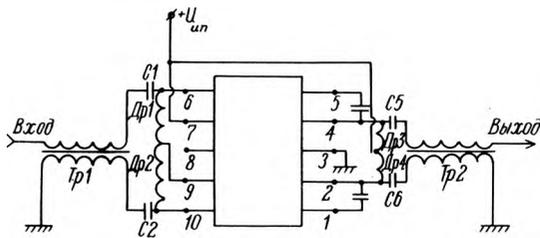


Рис.2. Схема включения усилителя

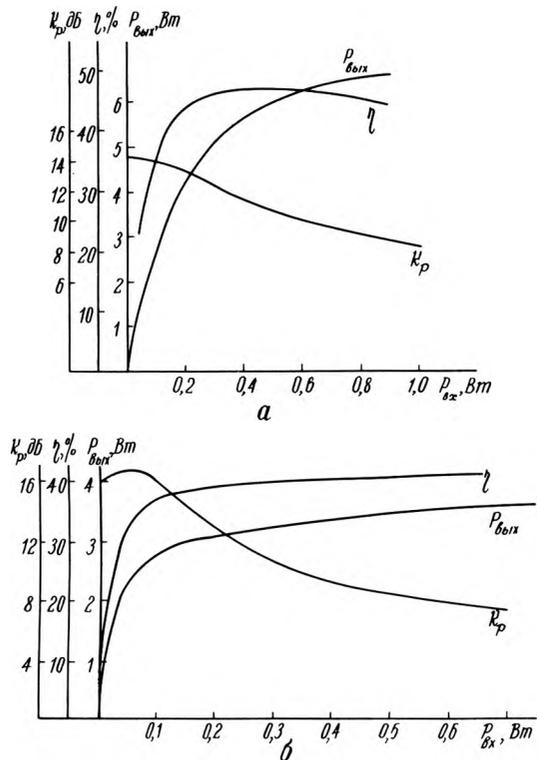


Рис.3. Зависимости выходной мощности, коэффициента усиления по мощности и КПД усилителя на частотах 120 МГц (а) и 320 МГц (б) от входной мощности

Конструктивно усилитель выполнен в десяти-выводном герметичном металлокерамическом корпусе (рис.1). Шаг между выводами – 2,5 мм. Пассивная часть электрической схемы и активные элементы расположены на поликоровой плате размером 9,0×6,5×0,5 мм<sup>3</sup>. Проводящий рисунок и резисторы изготовлены методами тонкопленочной технологии. Пайка кристаллов на плату осуществляется эвтектическим припоем Au–Si.

На рис.2 приведена типовая схема включения усилителя. Для расщепления фазы входного сигнала суммирования на выходе применяются трансформаторы типа "длинная линия" на ферритовых кольцах. На рис.3 а, б приведены зависимости основных электрических параметров усилителя.

Усилитель разрабатывался для использования в управляющем устройстве пространственного сканирования лазерного луча, однако достаточно высокие значения выходной мощности, КПД, малые габариты, низковольтное питание делают возмож-

ным его применение в переносной аппаратуре радиосвязи и другой аппаратуре, где важны указанные характеристики.

Статья поступила 7 января 1985 г.

УДК 621.382.3

В.В.Бачурин, А.К.Бельков, В.П.Дьяконов, В.С.Ежов, А.Б.Левин, Е.А.Садковская

### МОЩНЫЙ ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ МДП-ТРАНЗИСТОР КП701

Предназначен для использования в регуляторах, стабилизаторах и преобразователях с непрерывным и импульсным управлением, синхронных выпрямителях, импульсных модуляторах, источниках вторичного электропитания с бестрансформаторным входом, устройствах электропривода постоянного и переменного тока, блока питания ЭВМ и другой радиоэлектронной аппаратуре.

Кремниевый мощный *n*-канальный МДП-транзистор с вертикальной структурой КП701 изготавливается по планарно-эпитаксиальной технологии. Конструктивно выполнен в малогабаритном металлокерамическом корпусе с полосковыми выводами и плоским фланцем типа КТ-48.

Активная область прибора состоит из ряда параллельно соединенных элементарных транзисторных ячеек с суммарной протяженностью канала 90 см и включает в себя периферийные делительные кольца для реализации высоких пробивных напряжений стока. В качестве изолятора затвора используется слой двуокиси кремния толщиной 0,2 мкм. Канальная область *p*-типа проводимости формируется методом последовательной диффузии акцепторной и донорной примесей в одно и то же окно в защитном окисле. Геометрическая длина индуцированного канала 2,5 – 3 мкм.

Основные электрические параметры транзисторов КП701А, КП701Б при температуре окружающей среды  $T_{окр} = 25 \pm 10^\circ\text{C}$  приведены в таблице. На рис. 1 приведены выходные вольт-амперные характеристики.

Ниже приведены предельные значения допустимых электрических режимов эксплуатации в диапазоне температур от  $-60$  до  $+125^\circ\text{C}$ :

	КП701А	КП701Б
Напряжение, В		
сток-исток .....	500	400
затвор-исток .....	25	25
затвор-сток .....	510	410
Постоянная рассеиваемая мощность от $T_{окр} = -60^\circ\text{C}$ до $T_{корп} = +35^\circ\text{C}$ , Вт.....	40*	40*

\*При увеличении  $T_{корп}$  от 35 до 125 $^\circ\text{C}$  мощность рассеяния линейно снижается до 17,5 Вт.

Осциллограммы входных и выходных импульсов транзисторов при различных сопротивлениях за -

Наименование параметра	Режим измерения	Значение параметра					
		КП701А			КП701В		
		мин.	тип.	макс.	мин.	тип.	макс.
Крутизна характеристики, мА/В	$U_{СИ} = 30$ В $I_C = 2,5$ А $t_{и} = 600$ мкс $Q \geq 200$	800	1700	2100	800	1700	2100
Начальный ток стока, мА	$U_{СИ} = 30$ В $U_{ЗИ} = 0$	0,1	1,0	30	0,1	1,0	30
Остаточный ток, мА	$U_{ЗИ} = -10$ В	3	17	35	3	17	35
	$U_{СИ} = 500$ В						
	$U_{СИ} = 400$ В						
	$U_{СИ} = 350$ В						
Ток стока, А	$U_{СИ} = 30$ В $U_{ЗИ} = 25$ В $t_{и} = 600$ мкс $Q \geq 200$	5	9	17	5	9	17
Сопротивление сток-исток в открытом состоянии транзистора, Ом	$U_{ЗИ} = 20$ В $I_C \geq 0,5$ А	1,0	1,9	3,5	0,8	1,7	2,8
Емкость затвор-исток при разомкнутом выводе стока, пФ	$U_{ЗИ} = -5$ В $f = 1$ МГц	1000	1100	1200	1000	1100	1200
Прходная емкость, пФ	$U_{СИ} = 30$ В $U_{ЗИ} = -10$ В $f = 10$ МГц	17	22	30	17	22	30
Выходная емкость, пФ	$U_{СИ} = 30$ В $U_{ЗИ} = -10$ В $f = 10$ МГц	110	120	140	110	120	140
Время включения, нс	$U_{СИ} = 400$ В $R_{Г} = 15$ Ом $R_{Н} = 50$ Ом $U_{ВХ} = 20$ В	-	30	-	-	30	-
Время выключения, нс	$U_{СИ} = 400$ В $R_{Г} = 15$ Ом $R_{Н} = 50$ Ом $U_{ВХ} = 20$ В	-	40	-	-	40	-

Примечание. Выделены значения параметров нормированных ТУ.

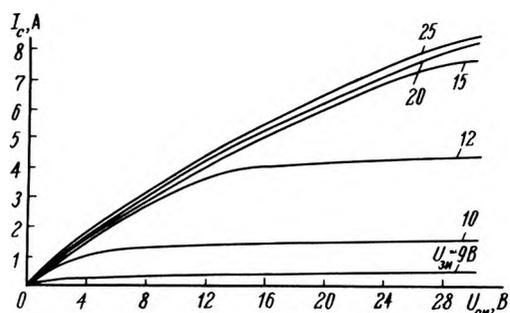


Рис.1. Выходные вольт-амперные характеристики транзисторов КП701А, КП701В

пускающего генератора  $R_{Г}$ , амплитудах входного сигнала  $U_{ВХ}$  и напряжения питания по стоку  $E_{С}$  показаны на рис. 2. Приведенные данные свидетельствуют о возможности построения на основе транзисторов КП701 источников вторичного электропитания с бестрансформаторным входом и частотами преобразования до 200–500 кГц и выше, что позволит уменьшить габариты и массу высокочастотных реактивных элементов данных устройств.

Рис. 3,4 позволяют определить область безопасной работы (ОБР) транзисторов КП701А,

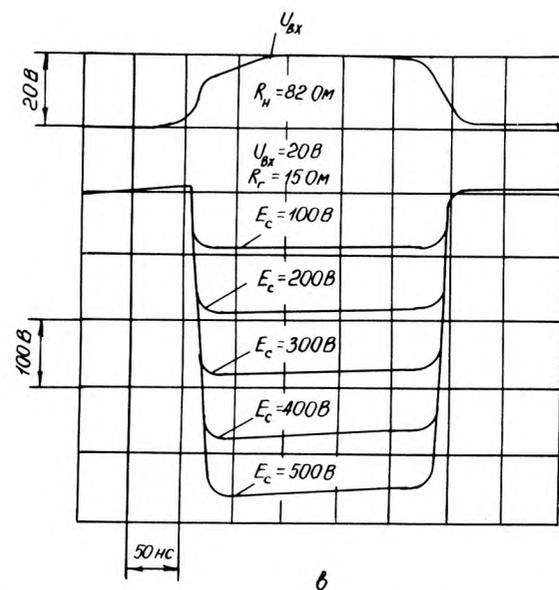
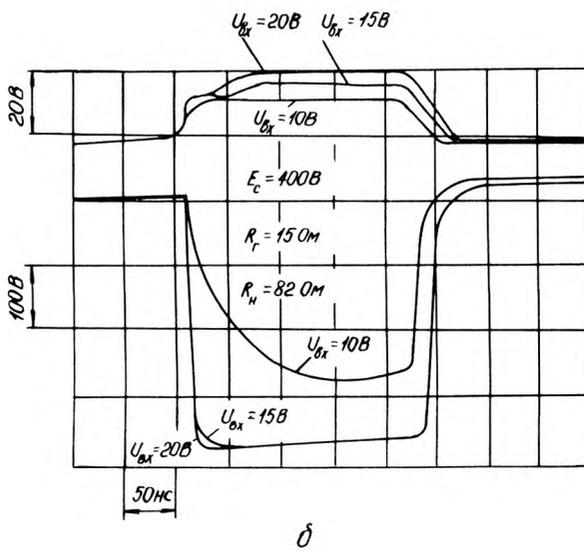
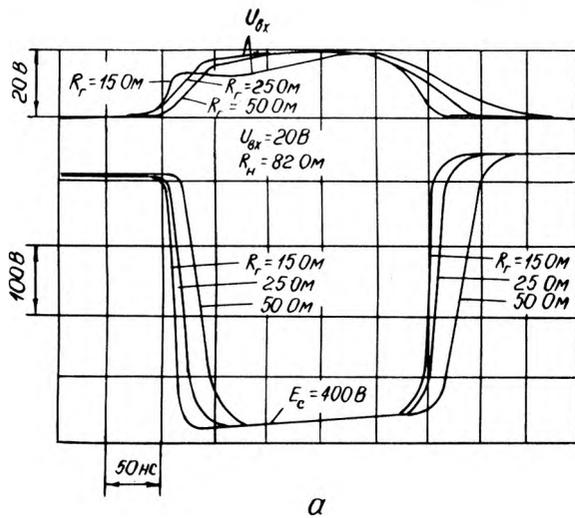


Рис.2. Осциллограммы входных и выходных импульсов транзисторов при различных сопротивлениях запускаяющего генератора (а), амплитудах входных импульсов (б), напряжениях питания стока (в)

КП701Б в статическом и импульсном режимах. Прямые I—III на рис. 3, ограничивающие ОБР, обусловлены соответственно конечной величиной  $R_{си\ отк}$ , максимально допустимой мощностью рассеяния и максимально допустимым напряжением сток-исток.

Тепловая переходная характеристика приборов КП701А и КП701Б (см. рис. 4) описывает зависимость динамического теплового сопротивления данных транзисторов  $R_{ти0}$  от длительности одиночных импульсов при скважности  $Q \geq 100$ . При меньшей скважности величина внутреннего теплового сопротивления  $R_{ти}$  для заданной длительности

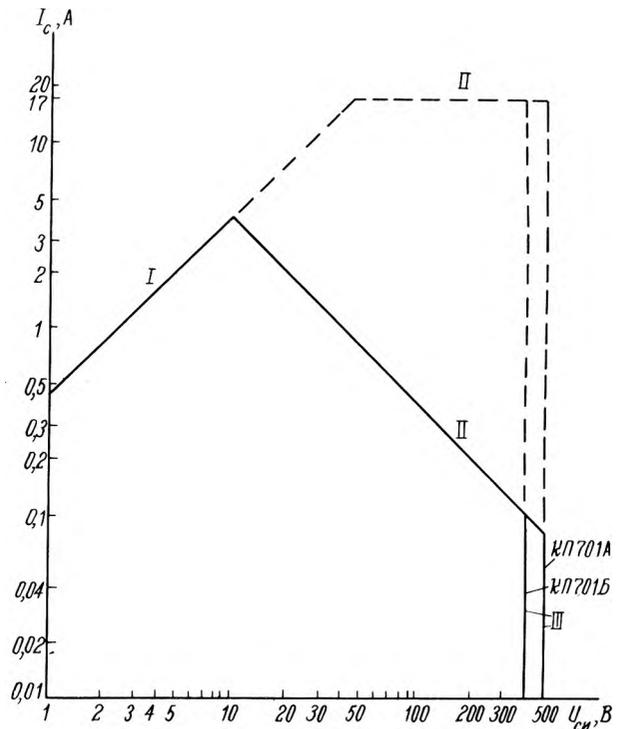


Рис.3. Область безопасной работы в статическом и импульсном режимах транзисторов КП701А, КП701Б при  $T_{корп} = 35^\circ\text{C}$  ( — статический режим, --- импульсный режим:  $t_{и} = 10\text{ мкс}$ ,  $Q \geq 100$ )

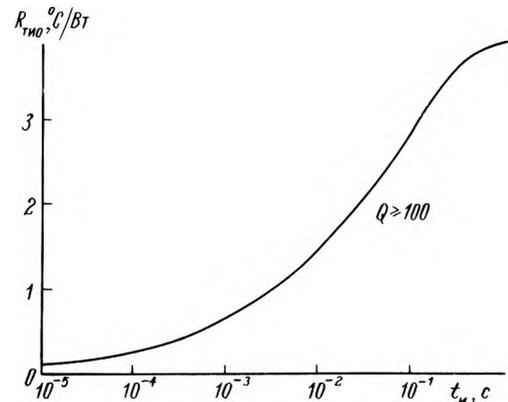


Рис.4. Тепловая переходная характеристика транзисторов КП701А и КП701Б

ти и скважности импульсов рассчитывается по формуле:

$$R_{\text{ти}} = \frac{R_{\text{тпк}} - R_{\text{ти0}}}{Q} + R_{\text{ти0}},$$

где  $R_{\text{тпк}}$  — тепловое сопротивление переход-корпус, равное  $4^\circ/\text{Вт}$ , а величина  $R_{\text{ти0}}$  находится из графика (см. рис. 4).

Сопротивление сток-исток в открытом состоянии  $R_{\text{сиотк}}$  слабо зависит от изменения тока стока: при изменении  $I_c$  от нуля до 4 А  $R_{\text{сиотк}}$  из-

меняется от 1,8 до 2,3 Ом.

Зависимость  $R_{\text{сиотк}}$  от температуры корпуса

$T_K$  линейна: при изменении  $T_K$  от 25 до  $100^\circ\text{C}$  ( $U_{\text{зи}} = 20 \text{ В}$ ,  $I_c = 0,5 \text{ А}$ ) величина  $R_{\text{сиотк}} / R_{\text{сиотк}}(25^\circ\text{C})$  изменяется от 1 до 1,5.

Статья поступила 15 марта 1985 г.

УДК 621.382.323

В.А.Дмитриев, Т.В.Климович, В.Б.Смолкин

### ПОЛЕВОЙ ТРАНЗИСТОР АПЗ31 С РАСШИРЕННЫМ ДИНАМИЧЕСКИМ ДИАПАЗОНОМ

Полевой арсенид-галлиевый транзистор АПЗ31 предназначен для использования в генераторах и маломощных усилителях в диапазоне частот до 10 ГГц с повышенными требованиями к уровню выходной мощности. Кристалл транзистора изготовлен из эпитаксиального арсенида галлия с буферным нелегированным и контактным  $p^+$ -слоями [1] размером  $0,5 \times 0,5 \times 0,13 \text{ мм}$ , шириной затвора  $0,51 \text{ мм}$ . Планарная транзисторная структура не имеет межпересечений металлизации, содержит шесть контактных площадок, четыре из них — площадки истока с минимальным размером  $0,07 \times 0,07 \text{ мм}$ . Такая структура обеспечивает малую индуктивность истока и удобство монтажа в корпусе или интегральной микросхеме. Конструктивно-технологические решения, традиционные для класса маломощных полевых транзисторов, обуславливают достижение высокого уровня усиления и малых шумов в расширенном диапазоне частот.

Ниже приведены электрические параметры, предельно допустимые режимы эксплуатации и основные характеристики транзистора (рис. 1, 2).

#### Электрические параметры при $T_{\text{окр}} = 25 \pm 10^\circ\text{C}$

Ток утечки затвора при  $U_{\text{зи}} = -2,5 \text{ В}$ ,  $I_c = 0$  не более 1 мкА  
 Крутизна характеристики при  $U_{\text{си}} = 4 \text{ В}$ ,  $I_c = 40 \text{ мА}$ ,  $f = 5 \text{ кГц}$ ,  $\text{мА/В}$  не менее 15  
 Максимальный коэффициент усиления по мощности при  $U_{\text{си}} = 4(5) \text{ В}$ ,  $I_c = 40(30) \text{ мА}$ ,  $f = 10 \text{ ГГц}$ , дБ не менее 8

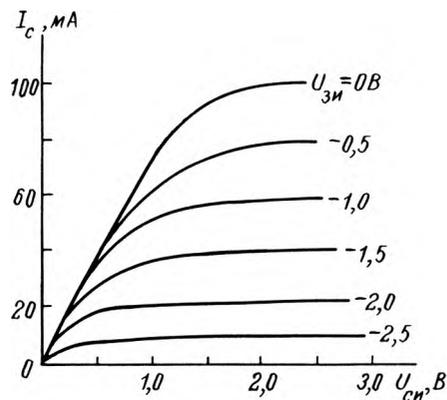


Рис. 1. Типовые выходные характеристики

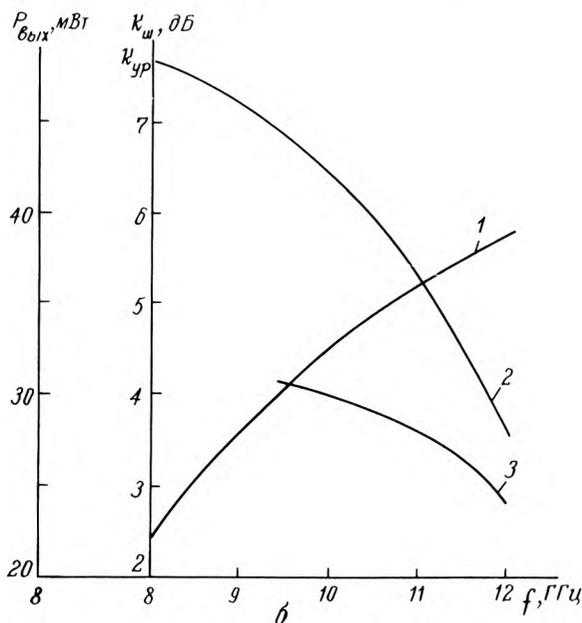
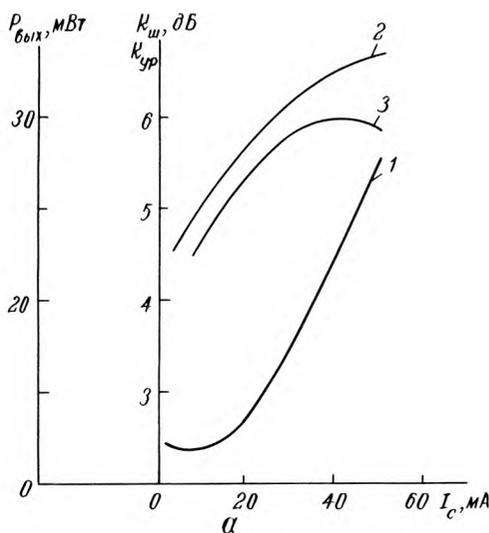


Рис. 2. Зависимости минимального коэффициента шума  $K_{ш.мин}$  (1), оптимального коэффициента усиления по мощности  $K_{у.опт}$  (2) и выходной мощности  $P_{вых}$  (3): а — от тока стока при  $f = 10 \text{ ГГц}$ ,  $U_{\text{си}} = 4 \text{ В}$ ; б — от частоты при  $U_{\text{си}} = 4 \text{ В}$ ,  $I_c = 40 \text{ мА}$

Выходная мощность при  $U_{си}=4$  В,  
 $I_c=40$  мА,  $P_{вх}=10$  мВт,  $f=10$  ГГц, мВт . . . не менее 30  
 Минимальный коэффициент шума, дБ  
 при  $U_{си}=4$  В,  $I_c=10$  мА,  $f=10$  ГГц . . . не более 2,5  
 при  $U_{си}=5(4)$  В,  $I_c=30(40)$  мА,  
 $f=10$  ГГц . . . не более 4,5  
 Оптимальный коэффициент усиления  
 по мощности, дБ  
 при  $U_{си}=4$  В,  $I_c=10$  мА,  $f=10$  ГГц . . . не менее 5,5  
 при  $U_{си}=4$  В,  $I_c=40$  мА,  $f=10$  ГГц . . . не менее 6,5  
 Порог перегрузки транзистора при  $U_{си}=5$  В,  
 $I_c=30$  мА,  $f=10$  ГГц, мВт . . . не менее 20  
 Максимально допустимая постоянная СВЧ  
 мощность на входе транзистора, мВт . . . не менее 200

**Предельные значения допустимых электрических режимов эксплуатации в диапазоне температур от -60 до +85°C**

Максимальное допустимое напряжение, В	
сток-исток . . . . .	5
затвор-исток . . . . .	4
затвор-сток . . . . .	8
Максимально допустимая постоянная рассеиваемая мощность, мВт . . . . .	200

Транзисторы выпускаются в микрополосковом держателе [2] и без держателя.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. СВЧ малошумящий полевой транзистор на арсениде галлия с улучшенным сопротивлением истока/ Г.И.Барабашова, В.В.Ванина, Л.А.Дубровская и др. — Электронная техника. Сер.2. Полупроводниковые приборы, 1981, вып.5, с.38—44.
2. Широкополосный малошумящий СВЧ полевой транзистор с барьером Шотки АП326А—2/В.В.Волцит, В.А.Дмитриев, В.В.Зайцев и др. — Электронная техника, Сер.2. Полупроводниковые приборы, 1983, вып.7, с.15, 42, 60, 73—76.

Статья поступила 18 марта 1985 г.

УДК 621.383.92

**В.В.Гаршенин, А.А.Королев, Ю.Ф.Купцов, С.А.Чарыков**

**МИНИАТЮРНЫЙ ОПТРОН С ОТКРЫТЫМ ОПТИЧЕСКИМ КАНАЛОМ ОТРАЖАТЕЛЬНОГО ТИПА**

Миниатюрные оптроны А0Т137А с открытым оптическим каналом (ООК) отражательного типа, работающие в ближнем ИК диапазоне спектра, выполняют функции интегрированных оптоэлектронных преобразователей (датчиков) линейных и угловых перемещений современных информационных систем. Изделия отличаются малым уровнем потребляемой мощности, высокими чувствительностью и разрешающей способностью, хорошим быстродействием, низким уровнем выходного остаточного напряжения. Области применения таких оптронов включают робототехнические системы (датчики внутренней локации роботов и манипуляторов), вычислительную технику (клавишные уст-

ройства ввода, кодирующие преобразователи, оптические устройства считывания штриховых знаков и меток, электронные кассовые аппараты), системы контроля и управления технологическими процессами (датчики уровня жидкости, вибрации, качества поверхности, оптоэлектронные тахометры), оборудование для сборки полупроводниковых приборов (датчики положения и концевые выключатели) и бытовую электронику (датчики конца ленты, датчики контроля функционирования подвижных узлов микро- и мини-аппаратуры магнитной записи и т.п.).

Оптроны А0Т137А с ООК отражательного типа состоят из излучающих (ИЭ) и фототранзисторных (ФЭ) элементов, конструктивно размещенных в специальном малогабаритном корпусе с двумя расположенными в одной плоскости оптическими окнами. Оптическая связь между ИЭ и ФЭ возникает при отражении излучаемого потока от внешних объектов в зоне видимости оптрона. Высокая чувствительность оптрона с ООК (несмотря на значительные потери после двойного преобразования и в оптическом канале связи), обеспечивается использованием фотоприемного элемента с внутренним усилением — высокочувствительного микроомного  $n^+p-n-n^+$  фототранзистора, а также высокой степенью спектрального согласования слоев GaAlAs ИЭ и Si планарного ФЭ (рис. 1).

В качестве исходного материала излучающего элемента использованы трехслойные гетероструктуры на основе твердых растворов GaAl — GaAs на подложке GaAs (рис. 2). Основные параметры кристалла ИК излучающего диода приведены ниже:

Мощность излучения при прямом токе 10 мА, мкВт . . . . .	не менее 200
Длина волны в максимуме излучения, мкм . . . . .	0,82—0,89
Прямое напряжение при прямом токе 10 мА, В . . . . .	не более 1,8
Площадь излучающего р-п перехода, мм <sup>2</sup> . . . . .	0,16

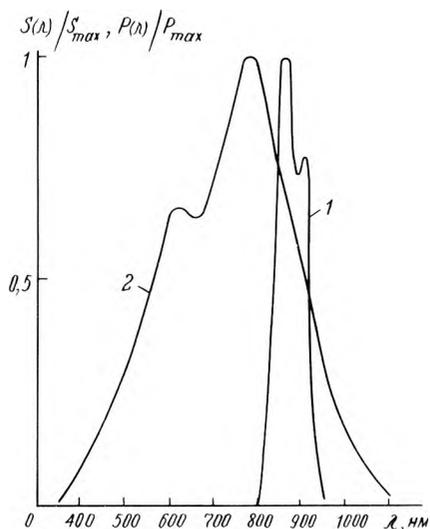


Рис.1. Спектры излучения GaAlAs излучающего элемента (1) и чувствительности Si фототранзисторного (2) элемента

В качестве исходного материала фототранзисторного элемента использованы эпитаксиальные структуры  $n-n^+$  типа с удельным сопротивлением  $n^+$ -области  $0,01 \text{ Ом}\cdot\text{см}$  (рис. 3). Толщина эпитаксиального слоя выбрана с учетом обеспечения эффективного поглощения излучения выбранного ИК излучающего диода в объеме структуры. Удельное сопротивление эпитаксиального слоя составляет  $6-8 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ . Базовая область создается диффузией бора на глубину  $6 \text{ мкм}$  с концентрацией около  $4 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ , область эмиттера — диффузией фосфора на глубину  $5 \text{ мкм}$  с концентрацией  $10^{20} - 10^{21} \text{ см}^{-3}$ . Глубина залегания фоточувствительного коллекторного перехода выбрана с учетом обеспечения сдвига относительной спектральной характеристики фототранзистора в ближнюю ИК область спектра для уменьшения влияния фоновой засветки в видимом диапазоне спектра на выходной сигнал оптрона.

Основные параметры кристалла фототранзисторного элемента приведены ниже:

Ток утечки при $U_{кэ}=5 \text{ В}$ , мкА	не более 0,1
Напряжение пробоя между эмиттером и коллектором, В	не менее 35
Коэффициент усиления фототока в схеме с общим эмиттером при токе коллектора $100 \text{ мкА}$	не менее 100
Длина волны в максимуме чувствительности, мкм	0,78
Площадь фоточувствительной площадки, $\text{мм}^2$	0,25
Размеры кристалла, $\text{мм}^2$	$0,7 \times 0,7$

В составе оптрона фототранзистор используется в двухполюсном (коллектор-эмиттер) включении; контактная площадка к области базы предназначена для технологической отбраковки структур ФЭ (в частности, по величине коэффициента усиления фототока) на общей пластине. Особенно с трудом кристалла ФЭ является и симметричное расположение эмиттера относительно центра кристалла, что исключает необходимость ориентации кристаллов ФЭ при сборке в корпус.

К конструкции оптрона с ООК предъявляются такие требования, как обеспечение точного взаимного расположения излучающего и фотоприемного элементов; уменьшение "паразитной" засветки ФЭ (внешней засветки фоновым излучением окружающей среды и внутренней засветки излучени-

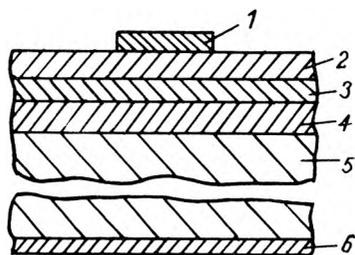


Рис. 2. Структура GaAlAs излучающего элемента: 1 — катодный контакт (сплав золото-германий-никель); 2 — GaAlAs эпитаксиальная  $n$ -область эмиттера; 3 — GaAlAs эпитаксиальная  $p$ -область (активный слой); 4 — GaAlAs эпитаксиальная  $p$ -область (фотолуминесцентный слой); 5 — GaAs  $p^+$ -область (подложка); 6 — анодный контакт (сплав золото+цинк)

ем ИЭ при прямой оптической связи); обеспечение дистанционной ориентации оптрона и исследуемого объекта. Эти требования обеспечиваются благодаря использованию малогабаритного (диаметр  $4 \text{ мм}$ , высота  $3 \text{ мм}$ ) корпуса специальной формы, выполненного из керамического материала с высоким поглощением в рабочем диапазоне длин волн излучения. Кристаллы ИЭ и ФЭ размещены в колодцах корпуса, залитых прозрачным эпоксидным компаундом.

Ниже приведены основные параметры оптрона А0Т137А:

Выходной ток*, мкА	
при прямом токе $4 \text{ мА}$	не менее 8
при прямом токе $10 \text{ мА}$	не менее 20
Выходное остаточное напряжение*, В	не более 0,4
Расстояние между оптическими осями ИЭ и ФЭ, мм	1,8

Информационным сигналом отражательного оптрона является амплитуда выходного тока, которая определяется размерами, координатами и оптическими свойствами исследуемого объекта, а также прямым током ИД. Анализ типовой зависимости относительного выходного тока оптрона от расстояния до отражателя (рис. 4, а) показывает, что оптрон А0Т137А может обнаруживать объекты на расстоянии до  $4-5 \text{ мм}$ . Выходной ток имеет максимальное значение при оптимальном расстоянии  $d = 0,6 \div 0,8 \text{ мм}$ . Для случая, когда отражение осуществляется от алюминиевой полированной поверхности, расположенной на расстоянии  $1 \text{ мм}$  от плоскости оптических окон оптрона, типичные значения выходного тока оптронов А0Т137А при напряжении на фотоприемнике  $0,4 \text{ В}$  и при прямом токе  $4 \text{ мА}$  составляют  $12-120 \text{ мкА}$ , а при прямом токе  $10 \text{ мА}$   $30-300 \text{ мкА}$ . Следует отметить, что оптроны реагируют на объекты практически из любого материала (твердого, жидкого и др.), коэффициент отражения которых в рабочей области спектра ИЭ отличен от нуля.

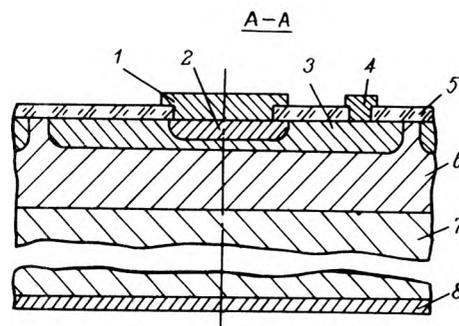


Рис. 3. Структура Si фототранзисторного элемента: 1 — алюминиевый контакт к эмиттеру; 2 —  $n^+$ -область эмиттера; 3 —  $p$ -область базы; 4 — алюминиевый контакт к базе; 5 — пленка двуокиси кремния; 6 — эпитаксиальная  $n$ -область коллектора; 7 —  $n^+$ -область коллектора (подложка); 8 — золотой контакт к коллектору

Параметры измеряются при использовании тестового отражателя (полированной алюминиевой плоской поверхности, расположенной на расстоянии  $1 \text{ мм}$  от плоскости оптических окон).

В ряде применений отражательных оптронов для считывания информации, записанной в виде определенных последовательностей отражающих штрихов, необходимо учитывать зависимость относительного выходного сигнала от перемещения отражающего штриха параллельно плоскости оптических окон оптрона (рис. 4, б). Заметный спад амплитуды выходного тока оптрона АОТ137А начинается при уменьшении ширины отражающего штриха ниже 0,5 мм.

Особенностью разработанного отражательного оптрона является хорошее отношение сигнал-шум, определяемое выражением  $[I_{\text{вых}} - (I_{\text{ут}} + I_{\text{фон}})] / (I_{\text{ут}} + I_{\text{фон}})$ , где  $I_{\text{вых}}$  — общий ток ФЭ при внешней засветке отраженным от объекта излучением ИЭ;  $I_{\text{ут}}$  — темновой ток утечки ФЭ;  $I_{\text{фон}}$  — ток ФЭ от внутренней засветки излучения ИЭ. Для АОТ137А типичное значение этого соотношения 1000:1 (при прямом токе ИЭ 10 мА, напряжении ФЭ 5 В и расстоянии 1 мм до тестового отражателя).

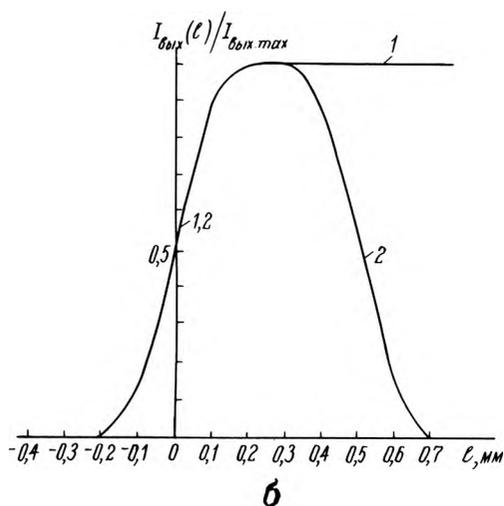
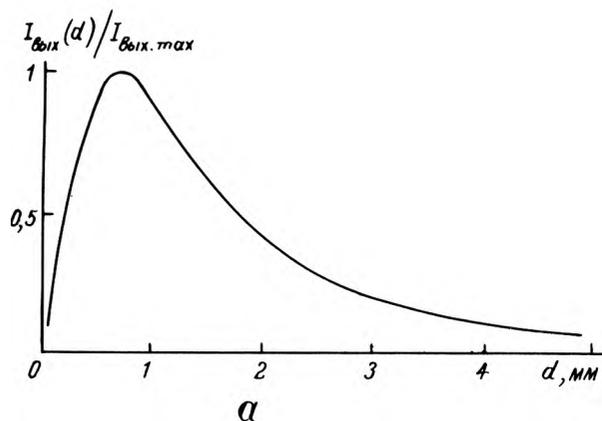


Рис. 4. Координатная характеристика оптрона АОТ137А при перемещении плоского зеркального отражателя вдоль оси оптрона (а) и параллельно плоскости оптических окон оптрона (б): 1 — граница отражателя; 2 — полоска шириной 0,5 мм

В большинстве применений оптронных датчиков для регистрации механического перемещения объектов достигнутое быстродействие (50–100 кГц) является достаточным. Типичные значения времен нарастания и спада выходных сигналов оптронов—10 мкс (при сопротивлении нагрузки 1 кОм) и 40 мкс (при 10 кОм) при прямом токе 10 мА.

Электрическая развязка между излучающим и фотоприемным элементами (сопротивление изоляции  $10^{10} - 10^{11}$  Ом) оптрона позволяет изолировать микромощные выходные (информационные) цепи от более сильноточных цепей питания излучающих элементов оптронов.

Оптроны с открытым оптическим каналом отражательного типа можно использовать в цифровых и аналоговых информационно-измерительных устройствах. В последнем случае отражательный оптрон целесообразно характеризовать дифференциальной чувствительностью, определяемой производной выходного тока по расстоянию. Дифференциальная чувствительность оптрона зависит от тех же факторов, что и выходной ток, но имеет более сильную зависимость от расстояния до измеряемого объекта.

Бесконтактные оптоэлектронные датчики на основе разработанного отражательного оптрона АОТ137А, характеризующиеся устойчивостью к механическим и климатическим воздействующим факторам окружающей среды, могут обнаруживать объекты, приближающиеся на скоростях до 450 м/с, и срабатывают до 180 млн. раз в час.

Статья поступила 26 марта 1985 г.

УДК 621.383.9

А.К.Дийков, Ю.В.Калинин, Н.Д.Малькова, С.В.Непомнящий, Н.А.Полякова, С.П.Терукова, Ю.П.Широбоков

### НОВЫЕ ФОТОПРИЕМНИКИ ДЛЯ ОПТОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Интенсивное развитие оптоэлектроники, используемой для обеспечения автоматизации производства, контроля и управления сложными технологическими процессами, потребовало создания различных типов фотоприемников (ФП) и фотоэлектрических датчиков (в основном для видимой области спектра). Для диапазона 2–5 мкм ассортимент ФП заметно ограничен, поэтому возникла необходимость в решении ряда узловых проблем [1,2].

Во-первых, — получение информации о источниках излучения: установление наличия их в заданном телесном угле, определение координаты, характеристики спектрального состава излучения или температуры излучателя, интенсивности излучения. По этому принципу работают различные ти-

пы пирометров, решаются задачи по дистанционному обнаружению нагретых тел, выявляются по тепловому излучению ненадежные контактные соединения в электронных схемах, исследуются топологии тепловых полей в медицинском тепловидении, определяются очаги пожара и моменты воспламенения и др.

Во-вторых, — исследование по известным характеристикам излучателя свойств и состояния среды, в которой распространяется излучение. По этому принципу работают различные типы газоанализаторов, анализаторов жидкостей и нефтепродуктов, аппарата для определения состава атмосферы и степени ее загрязнения.

Многообразие сфер применения и условий эксплуатации ФП обусловило соответствующее разнообразие требований к их электрическим, фотоэлектрическим и эксплуатационным характеристикам. Анализ этих требований, а также перспективный прогноз новых областей применения привел к необходимости разработки серии ФП, отличающихся заданными областями спектральной чувствительности, фотоэлектрическими параметрами, топологией и размерами фоточувствительных площадок. Такая серия фотоприемников получила обозначение ФУ0-611 — ФУ0-614, ФУМ-611.

Основные требования к ФП этой серии можно представить в виде трех групп.

К первой группе относится чувствительность в заданном спектральном диапазоне. Высокая селективная чувствительность в одном из четырех поддиапазонов (табл. 1) обеспечивается соответствующим составом полупроводниковых материалов — твердых растворов халькогенидов металлов из группы IV — VI.

Ко второй группе относятся обнаружительная способность, интегральная вольтовая чувствительность, быстродействие, выходное сопротивление, температурные зависимости указанных параметров и характеристик, размер и геометрия фоточувствительных площадок. Эти требования обеспечиваются подбором технологических режимов, введением соответствующих примесей, главным образом элементов III и VII групп (табл. 2).

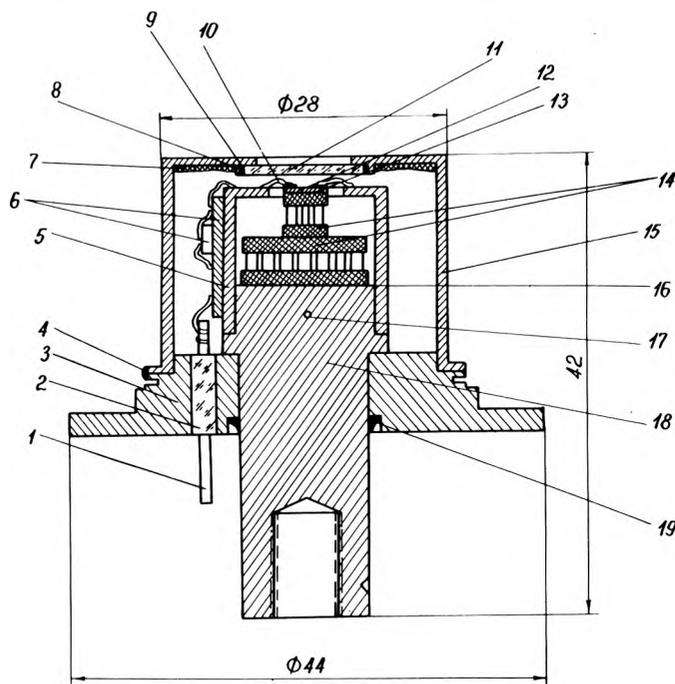
К третьей группе относятся эксплуатационные характеристики, обеспечиваемые конструктивными особенностями фотоприемников. Кроме требований простоты и дешевизны конструкции, а также защиты от внешних воздействий, при конструировании данной серии были использованы и другие принципы. Для получения максимальной величины обнаружительной способности и вольтовой чувствительности при высокой стабильности характеристик введен термоэлектрический охладитель, поддерживающий рабочую температуру фоточувствительного элемента (ФЧЭ), равную  $-60^{\circ}\text{C}$ . Увеличение в десятки раз значения вольтовой чувствительности обеспечивает предварительный усилитель. Постоянство газовой среды с высокой степенью освоенности достигается благодаря применению специальных цеолитов и лазерной герметизации. Для контроля и поддержания заданного температурного уровня применяются терморезисторы. Максимальный уровень чувствительности обеспечен за счет варьирования других параметров и характеристик, а также размеров ФЧЭ. В результате разработано 37 вариантов ФП, реализованных в базовой конструкции для всей серии (см. рисунок). Разработаны также базовые технологические операции по изготовлению фоточувствительных блоков с использо-

Таблица 1

Параметр	Тип фотоприемного устройства				
	ФУ0-611	ФУ0-612	ФУ0-613	ФУ0-614	ФУМ-611
Максимум спектральной характеристики, мкм	$2,0 \pm 0,2$	$2,7 \pm 0,2$	$3,3 \pm 0,2$	$3,8 \pm 0,2$	$2,0 \pm 0,2$ (I элемент); $3,8 \pm 0,2$ (II элемент)
Длинноволновая граница чувствительности на уровне 0,1 мкм	3,1	3,6	4,4	5,2	3,1 (I элемент); 5,2 (II элемент)

Таблица 2

Наименование параметра	Тип фотоприемного устройства					
	ФУ0-611	ФУ0-612	ФУ0-613	ФУ0-614	ФУМ-611 (I элемент)	ФУМ-611 (II элемент)
Интегральная вольтовая чувствительность (не менее), В/Вт						
при размере фоточувствительной площадки						
0,1 × 0,1 мм <sup>2</sup> .....	$5 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^6$	—	—
0,2 × 0,2 мм <sup>2</sup> .....	$3 \cdot 10^5$	$8 \cdot 10^5$	$8 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$	—	—
0,3 × 0,3 мм <sup>2</sup> .....	$1 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	—	—
0,5 × 0,5 мм <sup>2</sup> .....	$8 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	$8 \cdot 10^4$	$6 \cdot 10^4$
1 × 1 мм <sup>2</sup> .....	$5 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	—	—
2 × 2 мм <sup>2</sup> .....	$3 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$	—	—
3 × 3 мм <sup>2</sup> .....	$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$	—	—
5 × 5 мм <sup>2</sup> .....	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$	—	—
0,5 × 3 мм <sup>2</sup> .....	$2 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^4$	—	—
Удельная обнаружительная способность						
$D^* \text{ АЧТ (573, 1200, 1) (не менее), см} \cdot \text{Гц}^{\frac{1}{2}} \cdot \text{Вт}^{-1}$	$5 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^6$	$2,5 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^6$	$1,6 \cdot 10^6$
Выходное сопротивление (не более), Ом	$10^3$	$10^3$	$10^3$	$10^3$	$10^3$	$10^3$
Постоянная времени $\tau$ (не более), мкс	1500	500	200	50	1500	50



Базовая конструкция фотоприемника: 1 — гермоввод; 2 — стеклоизолятор; 3 — кольцо; 4 — место сварки при герметизации; 5 — контактная колодка; 6 — предусилитель; 7 — влагопоглощающее покрытие; 8 — буртик; 9 — место пайки окна с крышкой корпуса; 10 — микропровод; 11 — окно; 12 — фоточувствительный элемент; 13 — охлаждающая грань термоэлектрической батареи; 14 — термоэлектрическая батарея (ТЭБ); 15 — крышка; 16 — место припайки ТЭБ к держателю; 17 — место установки терморезистора; 18 — теплоотводящий держатель; 19 — место припайки теплоотводящего держателя к кольцу

ванием стандартного технологического и измерительного оборудования и технологические операции, изменяющиеся мобильно в соответствии с типом ФП, размером фоточувствительной площадки, спектральным диапазоном чувствительности и другими управляемыми параметрами и характеристиками. Изменения достигаются применением соответствующего комплекта фотошаблонов и материала, отличающегося составом примесей или соотношением компонентов. Такой подход обеспечивает возможность при достаточной сложности ФП осуществлять его производство с небольшими затратами, что важно для потребителей. Конструкция предусматривает также возможность комбинирования различных пар фоточувствительных элементов, отличающихся размерами или принадлежностью к тому или иному спектральному диапазону.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Марков М. Н. Приемники инфракрасного излучения. — М.: Наука, 1968. — 167 с.
2. Аксененко М. Д., Красовский Е. А. Фоторезисторы. — М.: Советское радио, 1973. — 55 с.

Статья поступила 22 марта 1985 г.

УДК 539.216.2:535

Л.К.Дийков, С.В.Непомнящий, А.О.Олеск, Ю.А.Шелехин

## НОВЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ИЗЛУЧАТЕЛИ ДЛЯ ОПТИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА

Задача создания малогабаритных быстродействующих экономичных неохлаждаемых источников излучения для диапазона 2,0—5,0 мкм весьма актуальна. С помощью таких излучателей можно осуществлять калибровку и проверку работоспособности фотоприемников и оптоэлектронной аппаратуры, а также качественный и количественный анализ газовых и жидких сред с линиями поглощения в этой области спектра. Рассматриваемый оптический диапазон представляет особый практический интерес, так как в нем находятся полосы поглощения воды (2,8 мкм), углеводородов нефти и газа (3,4 мкм) углекислого газа (4,2 мкм), угарного газа (4,6 мкм) и некоторых других веществ.

Промышленные лазеры, работающие в указанном диапазоне, имеют значительные габариты, массу и потребляемые мощности, сравнительно малый ресурс и высокую стоимость, что ограничивает их применение в оптоэлектронной аппаратуре. Большой интерес представляют инжекционные лазеры и светодиоды на основе тройных соединений полупроводниковых материалов группы IV—VI, имеющих максимум излучения в этой области спектра. Однако существенным ограничением является то, что они эффективно работают при пониженных температурах (77 К и ниже). Перспективными для изготовления электролюминесцентных диодов рассматриваемой области спектра являются соединения группы III—V и их твердые растворы, не нашедшие промышленного применения из-за сравнительно малой мощности излучения. В качестве источников излучения широко используются нити накаливания, обладающие малыми габаритами, массой и стоимостью. Однако необходимость выделения заданной полосы излучения с помощью интерференционных фильтров, ограниченный срок службы, необходимость применения механических модуляторов усложняет и удорожает аппаратуру, приводит к увеличению ее объемно-массовых характеристик и потребляемой мощности.

В настоящей статье описаны новые типы полупроводниковых излучателей, использующих принцип преобразования коротковолнового излучения в длинноволновое с помощью пленок на основе твердых растворов халькогенидов металлов IV—VI и II—VI групп [1]. Исследования спонтанной фотолюминесценции материалов указанной группы, возбуждаемой светодиодами на основе арсенида галлия, показали, что на их основе могут быть созданы эффективные фотолюминофоры с высоким коэффициентом преобразования и с длиной волны фотолюминесцентного излучения, определяемой шириной запрещенной зоны материала фотолюминофора [2]. Полный коэффициент преобразования коротковолнового излучения в длинноволновое в пленках по мощности составляет десятки процентов, хотя в реальных приборах из-за отсутствия согласования показателей преломления излучающей пленки и воздуха, невозможности

собрать все излучение в пределах угла  $2\theta$  и других причин, этот коэффициент не превышает 1—2%.

В зависимости от выбранного типа возбуждающего светодиода и состава фотолуминофора мощность полезного излучения составляет 10—100 мкВт при условии питания возбуждающего светодиода постоянным током, что вполне приемлемо при использовании таких излучателей в аппаратуре, где применяются фотоприемники с обнаружительной способностью  $D^*$  ( $2,5 \div 5,0; 800$ ) =  $10^9 \div 10^{11}$  см · Гц<sup>1/2</sup> · Вт<sup>-1</sup>.

Максимум излучения составляет 2,5—4,2 мкм в зависимости от состава фотолуминофора. При охлаждении до 200 К максимум излучения может быть доведен до 4,6 мкм. Полуширина линии излучения составляет около 0,5—0,7 мкм. Время нарастания определяется аналогичным параметром для возбуждающего светодиода и не превышает 1 нс. Потребляемая мощность, время наработки и стабильность характеристик излучателей также обусловлены аналогичными параметрами для возбуждающего светодиода.

Ниже приведены оптически согласованные пары (по длине волны) излучателей и фотоприемников:

излучатели с длиной волны 2,8 мкм —	ФР-611; ФУО-12
„ „ „ 3,4 мкм —	ФР-611, ФУО-13
„ „ „ 4,2 и 4,6 мкм —	ФУО-614

Разработанные излучатели могут быть использованы в аналитической и оптоэлектронной аппаратуре различного назначения в сочетании с неохлаждаемыми фоторезисторами и ФПУ с термоэлектрическим охлаждением.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Равич Ю.И., Ефимова Б.А., Смирнов Н.А. Методы исследования полупроводников в применении к халькогенидам свинца. — М.: Наука, 1968.

2. Фотолуминесценция поликристаллических пленок / С.В.Непомнящий, А.В.Пашкевич, Ю.Л.Шелехин, Л.К.Дийков. — ФТП, 1984, т. 18, вып. 12, с. 2233—2235.

Статья поступила 22 марта 1985 г.

УДК 621.373.826.038.823.029.74

В.Ф.Быковский, М.К.Дятлов,  
Г.И.Малькова, Б.П.Мирецкий,  
Т.П.Саморукова

### АРГОНОВЫЙ ЛАЗЕР УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ДИАПАЗОНА

Аргонный лазер ультрафиолетового диапазона предназначен для оптико-механического оборудования при производстве СБИС, а также для использования в голографических установках при изготовлении дифракционных решеток, в вычислительной технике, биологии, медицине и других областях.

Принцип действия лазера основан на получении инверсной заселенности в дважды ионизованном аргоне в условиях сильнооточного дугового разряда,

который формируется в разрядном капилляре длиной 1 м диаметром 2,5 мм, изготовленном из бериллиевой керамики. Бериллиевая керамика обладает высокой теплопроводностью, термической стойкостью и малой скоростью абсорбции аргона.

Конструктивно лазер состоит из излучателя, включающего в себя активный элемент, оптический резонатор, держатель оптики, корпус, соленоиды, детали монтажа электрической схемы и тракта охлаждения, и источника питания. Активный элемент кроме керамического капилляра содержит прямокальный катод и анод. На торцах активного элемента расположены под углом Брюстера к оси оптические окна из кристаллического кварца. Зеркала оптического резонатора изготовлены из плавленого кварца и покрыты многослойными отражающими покрытиями из тугоплавких окислов ZrO<sub>2</sub> и SiO<sub>2</sub>.

Держатель оптики выполнен из полых суперинваровых труб, обладающих высокой механической прочностью и малым коэффициентом термического расширения. Три трубы, соединенные кронштейнами, образуют механически прочную ферменную конструкцию, на концах которой расположены механизмы юстировки, позволяющие устанавливать зеркала оптического резонатора перпендикулярно оси активного элемента с высокой точностью. Пространство между механизмами юстировки и активным элементом герметизировано и продувается азотом с целью предотвращения влияния озона, поглощающего ультрафиолетовое излучение.

Источник питания лазера обеспечивает возбуждение и поддержание разряда в активном элементе, управление разрядным током и мощностью излучения, питание соленоидов, индикацию мощности излучения, а также защиту активного элемента при недостаточном охлаждении и при перегрузке сети. Питание лазера осуществляется от сети трехфазного переменного тока напряжением 380 В, частотой 50 Гц. Во время работы прибор охлаждается водой.

#### Основные технические характеристики

Длина волны излучения, мкм .....	0,330—0,365
Мощность излучения, Вт	
на всех линиях .....	1
на линии 0,351 мкм .....	0,25
Режим работы .....	непрерывный одномодовый
Поляризация излучения .....	линейная в вертикальной плоскости
Относительная нестабильность мощности излучения за 30 мин, % .....	не более 2
Расходимость лазерного излучения, мрад .....	не более 0,6
Коэффициент пульсаций мощности лазерного излучения в диапазоне 20—10 <sup>6</sup> Гц, % .....	не более 2
Диаметр пучка излучения, мм .....	2
Потребляемая мощность, кВт .....	не более 40
Габариты, мм	
излучателя .....	1800×220×195
источника питания .....	530×680×1000
Масса, кг	
излучателя .....	60
источника питания .....	250

Применение лазера в генераторе изображений ЭМ-589 дает существенный экономический эффект.

Статья поступила 26 марта 1985 г.

УДК 621.383.292:621.315.592.2

И.Р.Александров, Г.С.Вильдгрубе,  
Н.В.Дунаевская, Т.Н.Пальтс**ФОТОУМНОЖИТЕЛИ  
С ФОТО- И ВТОРИЧНЫМИ  
ЭМИТТЕРАМИ ИЗ МАТЕРИАЛОВ  
ГРУПП  $A^3B^5$** 

Применение в фотоэлектронных умножителях типа ФЭУ-130, ФЭУ-138-1, ФЭУ-143, ФЭУ-155, ФЭУ-156, ФЭУ-157 фото- и вторичных эмиттеров из материалов группы  $A^3B^5$  обеспечило существенное улучшение таких эмиссионных характеристик, как световая чувствительность, коэффициент вторично-электронной эмиссии.

Фотокатоды и вторично-электронные эмиттеры, изготовленные на основе полупроводниковых соединений групп  $A^3B^5$ , относятся к классу эффективных электронных эмиттеров с отрицательным электронным сродством (ОЭС). От фотокатодов и вторичных эмиттеров с положительным электронным сродством они отличаются существенно более высокими эмиссионными характеристиками. Например, наиболее чувствительный многощелочной фотокатод, относящийся к классу соединений групп  $A^1B^5$ , имеет световую чувствительность в ФЭУ до 250 мкА/лм, а чувствительность фотоэмиттеров с ОЭС на основе автоэпитаксиальных пленок арсенида галлия достигает 1000 мкА/лм и более. На рис. 1 приведены спектральные характеристики арсенид-галлиевых фотокатодов, которые нашли применение в ФЭУ-155, ФЭУ-156, ФЭУ-157 и ФЭУ-138-1.

Коэффициент вторично-электронной эмиссии традиционных эмиттеров ФЭУ не превышает 5–10, аналогичный коэффициент вторичных эмиттеров с ОЭС составляет 20–40. Эффективные вторично-электронные эмиттеры на основе полупроводников  $A^3B^5$  используются в ФЭУ-130, ФЭУ-143, ФЭУ-156 и их конструктивных аналогах – ФЭУ-143-1 и ФЭУ-156-1.

ФЭУ-130, ФЭУ-143 и ФЭУ-143-1. В этих приборах полупроводниковым материалом покрыт первый диод 12-каскадного умножителя, остальные диоды выполнены из сплава  $Cu-Al-Mg$ . Использование вторичного эмиттера с ОЭС на первом диоде 12-каскадного умножителя не дает выигрыша в общем коэффициенте усиления ФЭУ, несмотря на то, что умножение на первом диоде может превышать 30. Это связано с наличием между диодом с ОЭС и фотокатодом высокого напряжения порядка 500–700 В, т.е. почти одной трети напряжения, создаваемого между анодом и фотокатодом 12-каскадного ФЭУ. Положительное влияние высокого коэффициента усиления первого диода проявляется в относительно небольшом разбросе амплитуд выходных импульсов ФЭУ от одиночных электронов на входе. Статистическое распределение амплитуд импульсов ФЭУ с эффективным первым диодом (рис. 2) имеет вид кривой с пиком, соответствующим эмиссии одиночных электронов с фотокатода. Благодаря присутствию четкого одноэлектронного пика на выходе ФЭУ существенно упрощается настройка последующей электронной схемы обра-

ботки импульсов. Если положение порога дискриминатора амплитуд импульсов установить соответствующим долине спектра, показанного на рис. 2, то будет подсчитано большинство одноэлектронных импульсов. Аналогичный одноэлектронный пик наблюдается также в спектре темновых импульсов ФЭУ. На рис. 3 представлено распределение амплитуд импульсов ФЭУ-143, полученное при освещении его вспышками от светодиода, интенсивность которых достаточна для вырывания из фотокатода

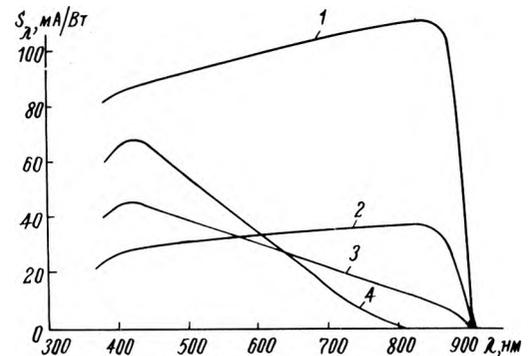


Рис. 1. Спектральные характеристики фотокатодов ФЭУ-155 (1), ФЭУ-156 (2), ФЭУ-138-1 (3) и многощелочного  $Sb-K-Na-Cs$  (4) фотокатода

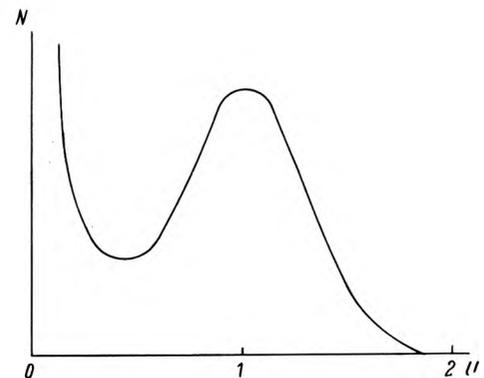


Рис. 2. Амплитудный спектр одноэлектронных импульсов ФЭУ-143

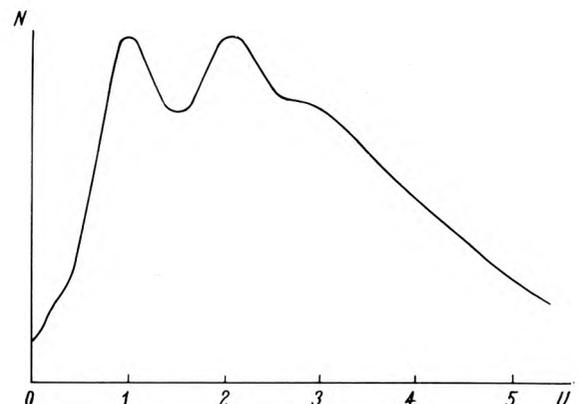


Рис. 3. Одно- и двухэлектронные пики в амплитудном спектре импульсов ФЭУ-143

одного, двух и более электронов. Отношение доли-на-пик между одно- и двухэлектронным пиками составляет 0,8. Наличие пиков от одного и двух электронов создает возможность регистрации импульсов, содержащих два или более электронов при одновременной эффективной блокировке большинства темновых импульсов, сосредоточенных в одноэлектронном пике.

Другим преимуществом ФЭУ-130, ФЭУ-143 и ФЭУ-143-1, делающим их пригодными для работы в режиме счета импульсов, является низкая частота следования шумовых импульсов. Так, типичное значение скорости счета одноэлектронных темновых импульсов при комнатной температуре на выходе ФЭУ-130 составляет  $200 \text{ с}^{-1}$ , ФЭУ-143 и ФЭУ-143-1 соответственно 300 и  $400 \text{ с}^{-1}$ .

ФЭУ-130 и ФЭУ-143 имеют полупрозрачный Sb-K-Cs фотокатод на торцевой поверхности цилиндрического баллона. Диаметр рабочей площади катода в ФЭУ-130 составляет 25 мм, в ФЭУ-143—40 мм. Вследствие большого размера фотока-

тода ФЭУ-143 отличается от ФЭУ-130 конструкцией входной камеры. Если в ФЭУ-130 фокусировка электронов с фотокатода на первый динод осуществляется с помощью одного дополнительного электрода, то в ФЭУ-143 имеются три электрода. Кроме того, для улучшения фокусировки фотоэлектронов внутренняя поверхность входного окна в ФЭУ-143 сделана сферической. Умножительная система в обоих типах ФЭУ состоит из динодов корытообразной формы, обеспечивающих острую фокусировку вторичных электронов. Сочетание высокого коэффициента вторичной электронной эмиссии первого динода с фокусирующими свойствами конструкции обеспечивает получение в этих ФЭУ одноэлектронного разрешения.

Основные параметры фотоумножителей, содержащих первый динод из материалов группы  $A^3B^5$  приведены в табл. 1.

ФЭУ-130, ФЭУ-143 и ФЭУ-143-1 могут также применяться в сцинтилляционных счетчиках. Конструкция оптического входа допускает сочленение со сцинтилляторами диаметром 25 и 40 мм. Спектральная характеристика фотокатодов этих ФЭУ, имеющая максимум при длине волны 410 нм, хорошо согласуется со спектральным максимумом излучения наиболее распространенных сцинтилляторов. Энергетическое разрешение ФЭУ-143 и ФЭУ-143-1 при измерении с кристаллом NaJ(Te) и источником гамма-излучения  $Cs^{137}$  составляет в среднем 8,5%, энергетический эквивалент собственных шумов 0,4 кэВ, нестабильность 1% за 6 ч непрерывной работы при анодном токе 1 мкА.

Эксплуатационные характеристики ФЭУ-130, ФЭУ-143 и ФЭУ-143-1 отвечают требованиям ГОСТ 15856-84.

В ФЭУ-130 расположение штырьков ножки РШ-40 аналогично ФЭУ-112, 114, в ФЭУ-143 и ФЭУ-143-1 расположение штырьков ножки РШ-34 ОСТ 11 ПО.073.008-72 аналогично ФЭУ-93, ФЭУ-97, ФЭУ-118 и др.

Таблица 1

Параметры ФЭУ	ФЭУ-130	ФЭУ-143	ФЭУ-143-1
Диаметр, мм	30	52	52
Длина, мм	90	125	125
Область спектральной чувствительности фотокатода, нм	250-650	360-650	360-650
Спектральная чувствительность фотокатода на длине волны 410 нм (не менее), мА/Вт	40	60	50
Коэффициент усиления по току при напряжении, В	$2 \cdot 10^6$ 1600	$5 \cdot 10^6$ 1750	$5 \cdot 10^6$ 1750
Одноэлектронное амплитудное разрешение на уровне 0,75 высоты пика, %	по ТУ не измеряется	55	55
Скорость счета одноэлектронных темновых импульсов (не более), $\text{с}^{-1}$	400	630	1000

Таблица 2

Параметры ФЭУ	ФЭУ-138-1	ФЭУ-155, ФЭУ-157	ФЭУ-155-1, ФЭУ-157-1	ФЭУ-155-2, ФЭУ-157-2	ФЭУ-156	ФЭУ-156-1
Диаметр, мм	27	34	34	34	40	40
Длина, мм	67	128	128	128	150	150
Диаметр фотокатода, мм	4	2	2	2	5	5
Область спектральной чувствительности фотокатода, нм	200-900	200-900 350-900	200-900 350-900	200-900 350-900	350-900	350-900
Спектральная чувствительность фотокатода (не менее), мА/Вт на длине волны $\lambda = 530 \text{ нм}$	30	80	65	40	32	20
$\lambda = 690 \text{ нм}$	17	90	75	50	33	25
$\lambda = 840 \text{ нм}$	9	90	75	50	30	20
Световая чувствительность фотокатода, мкА/лм	200	1050	900	700	-	-
Анодная чувствительность световая, А/лм	100	-	-	-	-	-
спектральная на $\lambda = 690 \text{ нм}$ , А/Вт	-	$8 \cdot 10^3$	$8 \cdot 10^3$	$8 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$
при напряжении питания (не более), В	1900	3000	3000	3000	2500	2500
Темновой анодный ток (не более), А	$3 \cdot 10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-8}$	$2 \cdot 10^{-7}$
Время нарастания анодного импульса (не более), нс	-	2,3	2,3	2,3	2,5	2,5

Фотоэммитеры на основе полупроводниковых соединений группы  $A^3B^5$  применены в ФЭУ-138-1, ФЭУ-155, ФЭУ-156 и ФЭУ-157.

Параметры ФЭУ-138-1, ФЭУ-155 (ФЭУ-155-1, ФЭУ-155-2); ФЭУ-156 (ФЭУ-156-1), ФЭУ-157 (ФЭУ-157-1, ФЭУ-157-2) приведены в табл. 2.

**ФЭУ-138-1.** В качестве фотокатода используется поликристаллический арсенид галлия на молибденовой подложке. Фотокатод расположен на месте первого динода. Умножительная система ФЭУ-138-1 содержит 13 сплавных динодов. По конструкции первые три динода — коробчатые с сетками, остальные жалюзийного типа. Оптический вход ФЭУ — торцевой.

Спектральная чувствительность фотокатода ФЭУ-138-1 неравномерна и уменьшается в сторону длинных волн, что объясняется поликристаллической структурой арсенид-галлиевого фотокатода, однако чувствительность при длинах волн, соответствующих припороговой области спектральных характеристик, заметно выше, чем у многощелочного фотокатода.

Эксплуатационные характеристики ФЭУ-138-1 не отличаются от характеристик ФЭУ-112 и ФЭУ-114.

Расположение штырьков ножки РШ-40 ОСТ 11 ПО.073.008-72 аналогично ФЭУ-112 и ФЭУ-114.

**ФЭУ-155 (ФЭУ-155-1, ФЭУ-155-2) и ФЭУ-157 (ФЭУ-157-1, ФЭУ-157-2).** В перечисленных приборах используется арсенид-галлиевый фотокатод на монокристаллической основе, обладающий наилучшей спектральной и световой чувствительностью (см. табл. 2).

Умножители предназначены для регистрации узких сфокусированных потоков излучения. Фотокатоды расположены в глубине баллона, на боковой поверхности которого находится плоское входное окно. Эти фотоумножители имеют семикаскадную умножительную систему с динодами корытообразного типа из сплава  $Cu-Al-Mg$ . Благодаря малому числу каскадов ФЭУ характеризуются достаточно хорошим быстродействием: время нарастания импульса анодного тока в этих ФЭУ не превышает 2,3 нс. Фотоэлектронные умножители обеспечивают длительную работу со средним анодным током  $I \div 2 \cdot 10^{-7}$  А. Температурный диапазон ФЭУ от  $-60$  до  $+55^\circ C$ .

ФЭУ-155 и ФЭУ-155-1 имеют 14-штырьковую ножку с коаксиальным выходом анода (волновое сопротивление 50 Ом). Это создает удобство при подсоединении ФЭУ к кабелю с таким же волновым сопротивлением, улучшает электрические параметры и импульсные характеристики. Для тех случаев, когда не требуется согласование с радиочастотным кабелем, применяются ФЭУ-157 и его аналоги, в конструкции которых, в отличие от ФЭУ-155, отсутствует коаксиальный вывод.

**ФЭУ-156 (ФЭУ-156-1).** Эти фотоумножители отличаются от ФЭУ-155 и ФЭУ-157 наличием на первых двух динодах полупроводниковых слоев соединений  $A^3B^5$  (остальные пять динодов выполнены из сплава  $Cu-Al-Mg$ ). Из-за повышенного коэффициента вторичной электронной эмиссии этих динодов ФЭУ-156 имеет большее усиление, чем ФЭУ-155, ФЭУ-157. С ФЭУ-156 можно снимать на

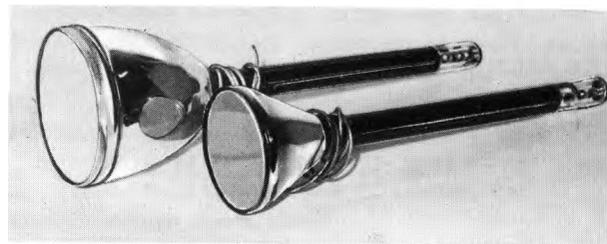
порядок больший средний анодный ток, чем с ФЭУ-155, ФЭУ-157. ФЭУ-156 отличается повышенной механической прочностью; стеклянный баллон этих ФЭУ защищен эластичным компаундом. ФЭУ имеют коаксиальный выход анода и гибкие выводы от остальных электродов.

Статья поступила 18 января 1985 г.

## ЭП СООБЩЕНИЯ ЭП

УДК 621.385.832.5

### ЭЛТ СВЕРХВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ 13ЛК18А И 18ЛК



#### ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

	13ЛК16А	18ЛК
Разрешающая способность, тел. лин/мм	100 при контрасте 50%	80 при глубине модуляции 50%
Межэлементная неравномерность яркости, %	6	10
Отношение сигнал/шум	—	30
Неравномерность яркости по полю, %	10	10
Энергетическая яркость, Вт/см <sup>2</sup>	23·10 <sup>-2</sup>	2,4·10 <sup>-2</sup>
Напряжение накала, В	6,3	6,3
Напряжение на ускоряющем электроде, В	1000	1000
Напряжение на аноде, кВ	15	15
Рабочий диаметр экрана, мм	107	150
Длина максимальная, мм	520	600
Масса, г	650	1320
Тип экрана	A	Л
Тип люминофора	КС-450	КО-425

Для записи информации в печатающих устройствах высокой производительности, в системах связи, ввода-вывода информации из ЭВМ, обработки информации с пленок, в автоматических сканирующих устройствах, работающих совместно с быстродействующими ЭВМ, разрешающая способность 40 тел. лин/мм, обеспечиваемая ЭЛТ 13ЛК16А и 18ЛК21Л, уже недостаточна. Новое поколение высокоинформативных ЭЛТ требует в 2–2,5 раза большую разрешающую способность. Такими приборами являются приемная ЭЛТ 13ЛК18А с диаметром экрана 130 мм и просвечивающая ЭЛТ 18ЛК

с диаметром экрана 167 мм, внешние конструктивные параметры которых совпадают с параметрами ЭЛТ 13ЛК16А и 18ЛК21Л, соответственно. Оба прибора имеют электромагнитные фокусировку и отклонение и монолитные плоские экраны с люминофорами синего цвета свечения.

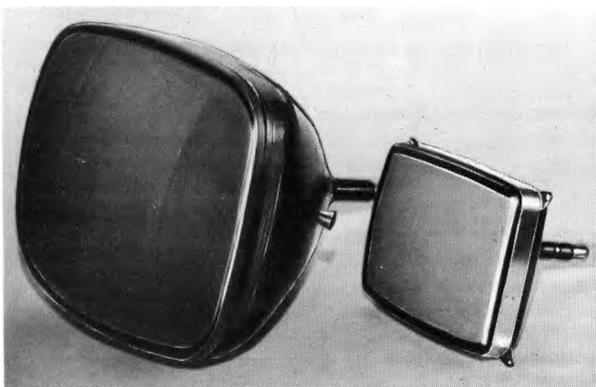
ЭЛТ 13ЛК18А предназначена для работы в фоторегистрирующих устройствах большой информативной емкости, ЭЛТ 18 ЛК — для обработки информации в ядерной физике (например, для считывания со снимков координат треков ядерных частиц). Приборы сохраняют работоспособность в широком диапазоне температур, а также при повышенных вибрационных нагрузках.

Отличительными конструктивными особенностями являются применение новой многоэлектродной ЭОС, формирующей второй кроссовер, и применение в ЭЛТ 18ЛК прозрачной планшайбы из оптического стекла, позволяющей уменьшить ток луча для достижения требуемой локальной энергетической яркости. Приборы имеют высокий уровень унификации.

*В. В. Пигрух, И. В. Узгорчук*

УДК 621.385.832.085.3

## НОВЫЕ ИНДИКАТОРНЫЕ ЭЛТ 25ЛМ7Н И 43ЛМ3И,Н,В



Предназначены для визуальной индикации электрических процессов в радиотехнической аппаратуре. В частности, ЭЛТ 25ЛМ7Н может применяться для визуального наблюдения изображений образцов в электронных микроскопах и выбора участков этих изображений для фотографирования; ЭЛТ 43ЛМ3И,Н,В рекомендуется использовать в ВКУ для вывода знаковой информации, а также в малокадровых системах индикации информации.

Новые приборы значительно превосходят серийно выпускаемые 23ЛМ7В и 43ЛМ2И, Н [1] по равномерности разрешения, полю экрана, светоотдаче при одновременном повышении стойкости экрана к электронному облучению, сроку службы. Разрешающая способность этих приборов слабо зависит от тока луча.

Усовершенствованная конструкция ЭОС с ионной ловушкой и дополнительным электродом для управления апертурой пучка [2], а

также применение более эффективных люминофоров обеспечивает высокое качество воспроизводимой информации, причем воспроизведение возможно даже при длительности возбуждающего импульса порядка 1 мкс.

### Основные технические характеристики

	25ЛМ7Н	43ЛМ3И,Н,В
Цвет свечения экрана	зеленый	зеленый (И и Н) белый с желтым послесвечением (В)
Яркость свечения экрана, кд/м <sup>2</sup>	.50 (на растре 100x100)	280 (И), 80 (Н), 60 (В) при скорости записи 2 км/с
Ширина линий по полю, мм	не более 0,16	не более 0,2
Напряжение, В		
накала	.6,3	6,3
модуляции	не более 20	не более 25
запирающее отрицательное	30—80	30—75
фокусирующее на электроде динамической	1200—1400	1200—1400
фокусировки	.300—500	не более 150
ускоряющее	.1500	1500
на аноде	.15000	12000
Размер рабочего поля экрана, мм	.190x140	362x273
Длина максимальная, мм	.250	460
Диаметр горловины, мм	.20	30
Масса, кг	1,8	8
Фокусировка	электростатическая	
Отклонение	электромагнитное	
Угол отклонения, град	.90	70

Приборы сохраняют работоспособность при повышенных механических воздействиях в широком диапазоне температур.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Электронно-лучевые трубки индикаторные, запоминающие, знакопечатающие. Каталог. — М.: Внешторгиздат, 1979.
2. А. с. 762057 (СССР). Электронная пушка/ В.И.Ивашкин, В.В.Пигрух, В.В.Цыганенко. — Оpubл. в Б.И., 1980, № 33.

*С.О. Копыстьянский, Б.Н. Крых,  
В.В. Цыганенко*

УДК 621.385.832.7:621.397.132

## ЦВЕТНОЙ КИНЕСКОП 61ЛК5Ц С РАЗМЕРОМ ЭКРАНА ПО ДИАГОНАЛИ 61 СМ

Цветной кинескоп 61ЛК5Ц применяется в телевизоре совместно с самосводящей отклоняющей системой. Конструкция планарной электронно-оптической системы коробчатого типа позволяет

уменьшить зависимость запирающего напряжения от изменения геометрии формирующей части, а высокое качество фокусировки сохраняется при увеличении тока луча в два раза. Сведение боковых электронных пучков в центре экрана в пределах круга диаметром 4 мм осуществляется электростатическим полем с нарушенной осевой симметрией в области главной фокусирующей линзы.

В кинескопе использованы новые люминофоры: зеленый (КТЦ-540) со спектром излучения, сдвинутым в сторону максимума кривой видности, и пигментированные люминофоры синего (КТЦ-450-1) и красного (КТЦ-610) цвета свечения, а также пленкообразующий материал с борно-кислотным комплексом поливинилового спирта, что позволило при светопропускании стекла экрана порядка 66% получить яркость до 180 кд/м<sup>2</sup>, улучшить качество изображения и соотношение токов прожекторов.

В качестве цветоделительного устройства применяется щелевая маска с переменным шагом. Поверхность маски, удовлетворяющая равномерному распределению триад по всему полю экрана, имеет сложную форму. Кривизна поверхности маски по меридиональным сечениям постоянно увеличивается от сечения маски по малой оси к сечению по большой оси. Это обуславливает обеспечение надежного цветоделения, стабильности цвета во времени.

**Основные технические характеристики**

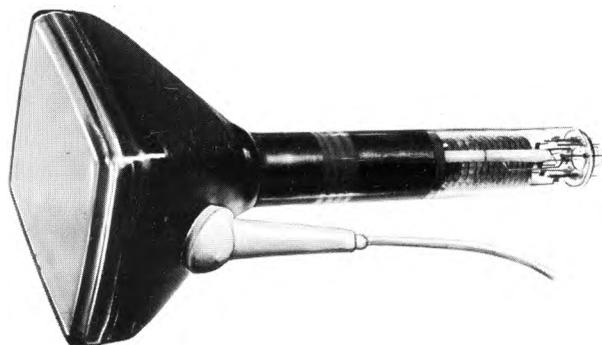
Напряжение, В	
на втором аноде	25000
на фокусирующем электроде	6800-7300
на ускоряющем электроде	400
на катоде (запирающее)	75-145
Напряжение накала, В	6,3
Ток накала, А	0,75
Разрешающая способность, тел. линий	600
Яркость свечения экрана в белом цвете (при 6500 К), кд/м <sup>2</sup>	не менее 160
Фокусировка	электростатическая
Отклонение	электромагнитное
Угол отклонения, град	90
Размер экрана по диагонали, см	61
Соотношение сторон экрана	3:4
Диаметр горловины, мм	29
Длина кинескопа, мм	не более 500
Масса, кг	не более 20

Улучшенные электрические и светотехнические параметры, небольшая мощность потребления, высокие стабильность и надежность, повышенное качество цветопередачи обеспечат широкое применение кинескопа 61ЛК5Ц.

*Е.С. Гейзлер, В.Н. Курлан, В.П. Мартынова,  
Л.А. Уманский, В.В. Цыганенко,  
И.И. Шевченко, И.И. Шумик*

УДК 621.385.832.7

**ПРОЕКЦИОННЫЕ КИНЕСКОПЫ  
17ЛК2А, 17ЛК2И, 17ЛК2П**



Предназначены для цветных и монохромных телевизионных устройств коллективного пользования, а также для устройств прямого наблюдения. Имеют прямоугольный алюминированный экран с рабочей поверхностью 120x100 мм, электронно-оптическую систему с электростатической фокусировкой и электромагнитным отклонением.

**Основные технические характеристики**

Яркость свечения экрана, кд/м <sup>2</sup>	
17ЛК2И (зеленый цвет)	не менее 17000
17ЛК2П (красный цвет)	не менее 7100
17ЛК2А (синий цвет)	не менее 4000
Разрешающая способность, тел. линий	
в центре	не менее 650
по краям	500
Контраст яркостной, отн.ед.	не менее 1:40
Напряжение на аноде, кВ	25
Ток пучка, мкА	100-700
Напряжение накала, В	6,3
Ток накала, А	не более 0,34
Напряжение модуляции, В	
при токе катода 700 мкА	не более 80
при токе катода 350 мкА	не более 60
Напряжение на модуляторе запирающее, отрицательное, В	75-145
Координаты цветности в системе МКО, отн.ед.	
17ЛК2И	X = 0,35; Y = 0,55
17ЛК2П	X = 0,6; Y = 0,35
17ЛК2А	X = 0,17; Y = 0,12
Рабочий диапазон температур, °С	от +60 до -25
Амплитуда ускорения синусоидальной вибрации в диапазоне частот	
5-2000 Гц, g	5
Длина (максимальная), мм	390
Диаметр горловины, мм	38
Масса (максимальная), г	1800

Выполненные в стеклянном исполнении кинескопы при эксплуатации радиационно безопасны и не требуют специальных мер для защиты от рентгеновского излучения. На их основе разработан цветной проекционный телевизор "Электроника ТВ-01ПЦ".

УДК 621.385.832.7

### КОМПЛЕКТ ПРОЕКЦИОННЫХ ЭЛП С ВЫСОКИМ РАЗРЕШЕНИЕМ 10ЛК4А, 10ЛК4И, 10ЛК4П



Предназначены для отображения цветной телевизионной, знаковой и графической информации на экран коллективного пользования площадью до 2 м<sup>2</sup>. Подложкой для экрана служит лейкосапфировый диск диаметром 100 мм, рабочий диаметр экрана — 90 мм. ЭОС имеет комбинированную фокусировку и электромагнитное отклонение.

#### Технические характеристики

Яркость свечения (при скорости перемещения пучка 1,2 мм/мкс), кд/м<sup>2</sup>

в зеленом цвете	не менее 35000
в красном цвете	не менее 16000
в синем цвете	не менее 12000
Ширина линии, мм	0,12
Ток пучка, мкА	не более 600
Анодное напряжение, кВ	30
Напряжение накала, В	6,3
Ток накала, А	0,34
Диапазон рабочих температур, °С	от +70 до -40
Амплитуда ускорения синусоидальной вибрации в диапазоне частот 1-55 Гц, g	5
Длина, мм	360
Диаметр горловины, мм	38
Масса, г	1800

Прибор выполнен в металлостеклянном исполнении. При эксплуатации необходимо применять защиту от рентгеновского излучения. Люминесцентные экраны изготовлены с применением стойких к электронной бомбардировке редкоземельных люминофоров: красного — К78-31, зеленого — КЛЗ-31 и синего — КЛГ-4,5.

Во время эксплуатации поверхность экрана должна охлаждаться струей воздуха ( $T \leq 30^\circ\text{C}$ ) направленной вдоль поверхности экрана.

О.А.Любич.

УДК 621.385.832

### ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫЕ ТРУБКИ С ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИМИ ЭКРАНАМИ 11ЛМ7А И 11ЛК6А



Предназначены для контактной регистрации информации. Применение волоконно-оптического экрана (ВОЭ) [1-3] позволяет на несколько порядков повысить эффективность использования светового потока с экрана ЭЛТ и, как следствие, увеличить скорость записи, а при необходимости производить съемку при малых токах луча, применять менее чувствительные фотослои, в том числе бессеребряные материалы. Использование ЭЛТ 11ЛМ7А и 11ЛК6А обеспечивают контактную запись информации в реальном масштабе времени на фотоносители прямого почернения (типа УФС, УФ-67).

#### Основные технические характеристики ЭЛТ

	11ЛМ7А	11ЛК6А
Размер экрана, мм	75×92	25×120
Напряжение накала, В	1,36	1,36
Напряжение анода, В	8000	8000
Напряжение запирающее (отрицательное), В...	5-20	10-40
Напряжение фокусирующее, В	100-500	50-500
Удельная разрешающая способность, лин/мм	8	8
Лучистый поток при токе луча 10 мкА, Вт/см <sup>2</sup>	40 · 10 <sup>-2</sup>	60 · 10 <sup>-2</sup>
Фокусировка	электростатическая	
Отклонение	электромагнитное	
Угол отклонения, град	55	70
Цвет свечения экрана	синий	
Масса (не более), г	400	280

На базе ЭЛТ 11ЛМ7А создан медицинский регистратор типа Р4УФ-01. Он обеспечивает запись на фотоносители УФ-67, УФС аналоговых и цифровых сигналов. Имеется возможность вывода на печать графиков, таблиц, цифро-буквенной информации. Использование модуляции луча по яркости еще более расширяет возможность таких регистраторов, позволяет записывать в реальном масштабе времени произвольные изображения при растровом режиме работы.

ЭЛТ такого типа найдут широкое применение при создании одно- и многоканальных регистраторов для записи сигналов в полосе частот до 100 кГц на непрерывно движущийся и неподвижный носитель с пок кадровым или построчным сдвигом его. Регистраторы на базе ЭЛТ с ВОЭ обеспечивают возможность расширения парка фоторегистрирующей аппаратуры для использования в медицине, телеметрии, различных системах вывода информации с ЭВМ, дефектоскопии, океанографии, экспериментальной физике, голографии и других областях.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Попов П. Ф., Семенов Е. Ф. Фотографирование ТВ-изображения с ЭЛТ со стекловолоконной планшайбой. — Техника кино и телевидения, 1973, № 12.
2. Вейнберг В. В., Саттаров Д. К. Волоконная оптика в инженерно-промышленной и скоростной фотографии и кинематографии. — Труды семинара «Техника киносъемок, ее применение в промышленности и научных исследованиях», МДНТП, 1966.
3. Канани Н. С. Волоконная оптика/Пер. с англ.— М.: Мир, 1969.

*В.К.Брыкин, И.С.Лебединская, А.А.Сиверс*

УДК 621.3.049.77-213.001.66

**А.И.Бугурлин, С.А.Крутоверцев,  
В.А.Черных, А.А.Чернышов**

**КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ В РАЗВИТИИ КОРПУСОВ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ**

**Рассмотрены перспективы развития корпусов ИМС, связанные с увеличением числа выводов и размеров монтажных площадок, а также с созданием малогабаритных конструкций с уменьшенным шагом между выводами.**

Всю номенклатуру корпусов, включающую около 200 типов, можно классифицировать по технологии изготовления (применяемым конструкционным материалам) и по типам конструкций. Определяющими признаками классификации по технологическим способам изготовления служат вид материала центральной части основания корпуса, на которую производится монтаж кристалла, и материала для изоляции выводов (рис. 1). Основным вариантом является керамический корпус (КК), ко-

торый вместе с металлокерамическим (МКК) составляет около 75 % всех корпусов. Немногим более 15 % составляют металлостеклянные и стеклянные корпуса (МСК и СК). Интенсивное развитие получают стеклокерамические и керамикополимерные корпуса (СКК и КПК), доля которых составляет примерно 10 %.

Доминирующее положение керамических корпусов обусловлено в основном повышенной стойкостью к внешним воздействующим факторам и возможностью их выпуска с разным расположением и количеством выводов, разной величиной монтажных площадок. Алюмооксидная керамика марки ВК-91 (белого цвета) или ВК-94 (сиреневого цвета) с высокими диэлектрическими свойствами хорошо согласуется по коэффициенту термического линейного расширения с кристаллом кремния. Токоведущие элементы конструкций керамических корпусов образуются толсто пленочными проводниками, полученными вжиганием тугоплавких паст на основе порошков вольфрама или молибден-марганца, и внешними выводами, штампуемыми из лент сплавов 29 НК (ковар) или 42Н (фени). Собранные основания корпусов для защиты от воздействия влаги, хорошей облуживаемости выводов и обеспечения условий сборки приборов никелируются, а затем золотятся [ 1]. В целом изготовление керамических корпусов включает около 100 операций, многие из которых не механизированы. Сложность технологии производства, сравнительно невысо-



**Рис.1. Классификация корпусов ИМС по виду используемых в конструкции основных материалов**

кий процент выхода годных, применение драгоценных металлов делают керамические корпуса сравнительно дорогими в зависимости от размеров корпуса, площади золочения и объема выпуска).

Номенклатура металлокерамических и стеклянных корпусов содержит корпуса с планарным расположением 14, 24 и 48 выводов и корпуса транзисторного типа (зарубежные аналоги — корпуса Т0-3, Т0-5) с числом выводов не более 8—12. Вследствие невозможности изготовления МСК с большим числом выводов, жестких допусков на габаритные размеры, малых размеров монтажных площадок, большой металлоемкости это направление не имеет перспективы расширения. Новым вариантом технологического исполнения корпусов, избавленных частично или полностью от вышеуказанных недостатков, стало производство стеклокерамических и керамикоплимерных корпусов, состоящих из двух керамических деталей ("чашек") с углублением под кристалл, получаемых способом горячего литья под давлением, и выводной рамки из сплава 42Н (фени), которая может быть однокадровой или многокадровой для групповой сборки ИМС. Чтобы обеспечить качественные соединения кристалла с внутренними концами рамки алюминиевой микропроволокой, выводные рамки могут плакироваться алюминием. Незначительный расход золота при производстве СКК и КПК связан с необходимостью селективного золочения монтажной площадки для посадки кристалла на эвтектику Au-Si. Золото полностью исключается из конструкции при посадке кристалла на стеклоэпоу (клей), который используется и для впаивания (склеивания) выводной рамки в чашку-основание и его соединения с чашкой-крышкой корпуса. Рассмотренная технология изготовления корпусов представляется наиболее радикальным способом

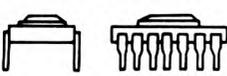
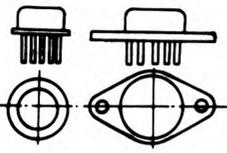
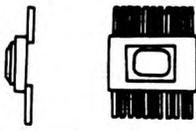
экономии кобальтосодержащих сплавов и драгоценных металлов [3—5]. Возможности крепления СКК еще более возрастают при внедрении стеклоприпоев с температурой герметизации 400—420°С вместо 450—490°С. В перспективе эти корпуса могут заменить герметизацию ИМС заливкой компаундом, МСК с 14 выводами и потеснить в ряде случаев керамические корпуса.

Все корпуса по виду конструкции сводятся в основном к четырем типам (табл. 1), отличающимся формой тела корпуса и расположением выводов. Выбор типа корпуса при разработке ИМС обусловлен прежде всего способом монтажа ИМС на печатные платы при сборке аппаратуры, а конкретного типоразмера — особенностями кристалла (площадь кристалла, необходимое число выводов).

Большая часть корпусов первого типа — это корпуса для гибридных микросхем (микросборок) в металлокерамическом исполнении. Корпуса второго типа (ДИП-корпуса) включают КК, МКК, а в последнее время и СКК, имеющие два (или четыре) ряда жестких выводов, расположенных с шагом 2,5 мм. Общее количество выводов может быть от 8 до 64. Третий тип — МСК транзисторного типа с числом выводов не более 12, расположенных по окружности диаметром 5 (подтип 31) или 12,5 мм (подтип 32). Это наименее перспективные корпуса, удельный вес которых падает с развитием номенклатуры корпусов второго и четвертого типов. Четвертый тип корпусов (рис. 2) включает большое разнообразие КК и МКК с числом выводов 4—84 и МСК с 14 выводами. Корпуса этого типа (плоские) предназначены для сборки ИМС, монтируемых на печатные платы вплотную с припайкой выводов к их контактным площадкам внахлест. Расстояние между выводами 1,25 мм, благодаря чему эти корпуса более компактны и имеют лучшие электрические характеристики, чем корпуса второго типа. Они хорошо отводят тепло при наличии плотного контакта основания корпуса с металлизированной поверхностью печатной платы или с теплоотводом.

Номенклатура наиболее интенсивно разрабатываемых МКК и КК второго и четвертого типов

Таблица 1

Номер типа и число подтипов/типоразмеров	Условное изображение	Конструктивные признаки типа
1 4/35		Выводы расположены перпендикулярно прямоугольному телу корпуса в пределах его проекции на горизонтальную плоскость в один, два и более рядов (или по периметру корпуса)
2 2/48		Выводы расположены в два или четыре (подтип 22) ряда перпендикулярно телу корпуса прямоугольной формы за пределами ее проекции на горизонтальную плоскость
3 3/48		Выводы расположены по окружности перпендикулярно телу корпуса круглой или овальной формы
4 2/52		Выводы расположены по двум противоположным или четырем (подтип 42) боковым сторонам корпуса за пределами его проекции на горизонтальную плоскость параллельно установочной плоскости

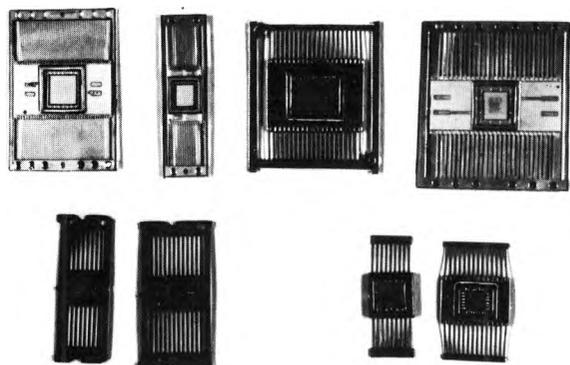


Рис. 2. Основания керамических и стеклокерамических корпусов четвертого типа: сверху (слева направо) — КК 4155Ю.84—1, 4154Ю.28—1, 4138.42—1; 4135.54—1; внизу (справа налево) — КК 4119.28—1, 427.18—1 и СКК 4114.24—2, 4112.16—8

(табл. 2) составляет соответственно около 50 и 70 модификаций, отличающихся размерами монтажных площадок, способом герметизации, наличием или отсутствием металлизации монтажной площадки и установочной плоскости основания, а также электрическими связями между выводами, монтажной площадкой и ободком (крышкой). Предпочтение отдается способу герметизации шовной контактной сваркой, обеспечивающему надежную герметизацию ИМС при длительной эксплуатации в условиях воздействия повышенных температур и исключающему попадание во внутренний объем корпуса частиц припоя или флюса, как это может случиться при пайке. Разработка и внедрение новых полуавтоматов герметизации шовно-роликовой сварки позволяет достичь производительности 900 шт./ч, сокращая отставание по этому показателю от способа герметизации пайкой [6–8].

Анализ развития конструкций корпусов [8–11] выявил заметный рост размеров монтажных площадок и числа выводов. Для корпусов второго типа размеры монтажных площадок возросли до 7,5×7,5 мм, наибольшее число выводов составило 64. Для корпусов четвертого типа (см. табл. 2) эти параметры еще больше. Но эти тенденции влекут за собой ряд негативных моментов, таких как ухудшение объемно-весовых показателей, обостренные проблемы неплоскостности монтажных площа-

док, снижающее выход годных ИМС на операции посадки кристалла, увеличение сопротивления выводов и паразитных емкостей связи между выводами, ограничивающих быстродействие ИМС.

Улучшить объемно-весовые и электрические характеристики плоских корпусов с большим числом выводов можно, уменьшая шаг между выводами до 0,625 мм и менее (корпуса 4154Ю.24–1 и 4155Ю.84–1 с шагом 0,625 мм). Но при этом возрастает проблема нестабильности усадки керамики. Уменьшить габаритные размеры корпусов можно, располагая выводы по четырем его сторонам (корпус 4201.26–1 с шагом 1,25 мм).

Дальнейшим развитием плоских корпусов с четырехсторонним расположением выводов стали корпуса типа "Н" с укороченными до 1 мм выводами и шагом между ними 1 мм (рис. 3). Разработано и освоено 23 модификации таких корпусов с числом выводов 14–64 (в том числе два безвыводных корпуса с 26 и 54 выводными контактами, расположенными по двум сторонам корпуса в шахматном порядке). Размеры наименьшего из этих корпусов с 14 выводами составляют 8,5×8,5 мм при размерах монтажной площадки 2,5×2,3 мм, а большего с 64 выводами – 20,3×20,3 мм с монтажной площадкой 8,5×8,5 мм. Готовятся к внедрению новые миниатюрные корпуса, в том числе с выводами или с выводными контактными площадками, расположенными по всей площади основания в узлах координатной сетки с шагом 2,5 (2,0) мм (см. рис. 3).

Дальнейшее совершенствование конструкций связано с обеспечением отвода все большего количества тепла при работе ИМС, автоматизации сборки ИМС и их монтажа на печатные платы, ограничения содержания влаги во внутреннем свободном объеме ИМС в течение длительного срока эксплуатации.

Для эффективного отвода тепла конструкцией корпуса необходимо уменьшать полное ( $R_{Т\text{полн}}$ )

Таблица 2

Число выводов, шт.	Обозначение корпуса	Размеры, мм		Способ герметизации
		монтажной площадки	тела корпуса (без выводов)	
20	2140Ю.20–2	5,6×3,8	24,1×7,2×2,6	Пайка Сварка
	4152Ю.20–1	7,0×5,0	13×12×2,99	
22	2108.22–1	8,0×5,0	27,5×9,7×3,4	То же "
	4117.22–1	7,2×6,2	15×12×3,2	
24	2120.24–1	4,5×4,5	29,1×14,7×3,1	" " " "
	4118.24–1,2,3,4	5,0×5,0	15,4×12×3,2	
	4131.24–1,2	10,7×8,3	15,8×19,5×2,97	
	4131.24–3	7,5×7,5	15,3×18×3,2	
26	4201.26–1	5,5×5,5	11,5×8,4×3,1	"
28	2121.28–2,3	5,0×5,0	35×14,8×2,98	" " " "
	2121.28–6,7	7,5×7,5	34,1×14,7×3,3	
	4119.28–1	5,0×5,0	18,3×12,3×3,0	
	4154Ю.28–1	5,2×5,2	15,6×9,5×3,2	
32	212.32–1	6,0×5,0	39,5×12,1×3,5	" " "
	4120.32–1	6,0×5,0	20,4×12,6×3,2	
	4132.32–1	12,0×6,0	20,4×16,2×3,2	
40	2123.40–3	6,0×5,0	50×14,8×2,98	" " Пайка Сварка
	2123.40–3	7,5×7,5	59,1×14,7×3,3	
	2123.40–7	7,5×7,5	59,1×14,7×3,0	
	4122.40–1	6,0×5,0	25,8×12,8×3,0	
42	4138.42–1	10,7×8,3	27×19,5×2,99	То же "
	4138.42–3	6,2×6,2	27×19,5×2,6	
48	244.48–11	8	30,8×16,3×3,0	То же " " " "
	2126.48–1	7,5×7,5	59,1×14,7×3,3	
	2207.48–1	7,0×5,5	30,1×12,6×3,2	
	4134.48–1	12,0×6,0	30,4×16,6×3,1	
	4134.48–2	7,5×7,5	30,4×16,2×3,2	
54	4135.54–1,2	7,0×7,0	36,2×15,6×3,3	Сварка
64	2136.64–1,2	7,5×7,5	80×19,7×3,2 (без радиатора)	То же "
	2136.64–3,4	7,5×7,5	80×19,7×3,3 (без радиатора)	
	2209.64–1	7,5×7,5	40,2×19,7×3,2	Сварка То же "
	4135.64–1,2	7,5×7,5	40,2×19,7×3,2	
	4139.64–1	12,5×7,5	40,2×23×3,1	
84	4155.84–1	7,0×7,0	26,8×15,6×2,75	"

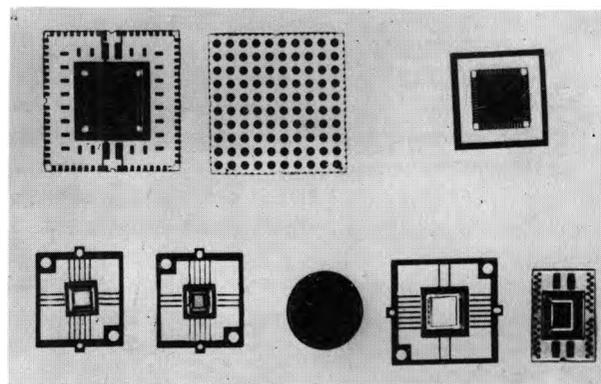


Рис.3. Основания миниатюрных керамических корпусов: верху (слева-направо) — корпуса «Метод» (с полной матрицей выводных контактов) и Н18.64–2В; внизу (справа-налево) — корпуса Н22.50–1 (безвыводной), Н09.18–1В, Н02.16–2В; Н02.14–1В (выводы № 15, 16 с внутренними контактными площадками не соединяются)

и внутреннее ( $R_{Т\text{ внут}}$ ) тепловые сопротивления корпусов.

Для ИМС в корпусах второго типа, устанавливаемых на печатные платы с гарантированным зазором, тепловой режим должен оцениваться по величине  $R_{Т\text{ полн}}$ , так как преобладающим механизмом отвода тепла является конвективная теплопередача в воздушную среду. Для корпусов типа Т0-3, четвертого типа, прижимаемых основанием к металлизированной поверхности платы или охлаждаемому водой теплоотводу, расчет должен вестись по величине  $R_{Т\text{ внут}}$ . Уменьшить тепловое сопротивление корпуса ИМС, рассеивающего тепло в воздушную среду, можно, увеличивая площадь теплоотдающей поверхности, используя обдув. С этой целью применяют, например, модернизированный вариант 64-выводного ДИП корпуса (2136.64-1), у которого выводы и полость монтажного колодца обращены в одну сторону, к плате, а на основании установлен ребристый радиатор. Полное тепловое сопротивление такого корпуса, измеренное при рассеивании  $P = 5$  Вт, составляло  $16,5^\circ\text{C}/\text{Вт}$  [12]. В целом  $R_{Т\text{ полн}}$  ИМС в многвыводных керамических корпусах имеет величину  $30 - 100^\circ\text{C}/\text{Вт}$  [13].

Внутреннее тепловое сопротивление корпусов ИМС, устанавливаемых на теплоотводящую шину, зависит от способа посадки кристалла в корпус (монтаж с помощью клея ухудшает отвод тепла), толщины и теплопроводности материала основания, а также размеров кристалла. С увеличением площади кристалла до  $25-40\text{ мм}^2$   $R_{Т\text{ внут}}$  уменьшается до  $3-7^\circ\text{C}/\text{Вт}$  [13]. Существенно снизить  $R_{Т\text{ внут}}$  позволило бы применение в качестве материала основания корпуса керамики из окиси бериллия или нитрида алюминия, имеющих теплопроводность в 7-10 раз выше, чем у алюмооксидной керамики.

Автоматизация процессов сборки ИМС, их монтажа на печатные платы предьявляет ряд требова-

ний к конструкции корпусов, в частности по точности выполнения габаритных и установочных размеров, по допустимым погрешностям формы и расположения выводов, монтажной площадки, траверс, по наличию механического ключа для обозначения положения первого по номеру вывода и т.д.

Их выполнение в полном объеме возможно на основе создания прецизионной технологии изготовления корпусов, включающей стабильное высокое качество исходных материалов, автоматизацию большинства технологических операций, повышение точности, износостойкости оборудования и оснастки.

Влага внутри герметизированных ИМС является причиной многих видов их отказов и поэтому ее количество должно лимитироваться. Требования ограничения содержания водяного пара в свободном внутреннем объеме ИМС не сводится только к нормированию ее герметичности, так как источниками может быть влага, адсорбированная в порах и микронеровностях керамики, а также влага, выделяющаяся при старении клеевых соединений, стеклоприпоя [14, 15]. Введение нормы по допустимому влагосодержанию в корпусах ИМС предполагает прежде всего разработку надежных и простых методов ее контроля. Одним из перспективных является способ измерения уровня влажности среды в объеме корпусов с помощью датчиков адсорбционно-кондуктометрического типа, монтируемых в корпус ИМС вместо кристалла (рис. 4). Такие датчики просты в изготовлении, имеют высокую чувствительность (на уровне  $0,5-10\text{ млн}^{-1}$ ), достаточно стабильны в эксплуатации и допускают использование для их посадки и герметизации в корпусах обычных режимов сборки ИМС [16, 17].

Разработка корпусов ИМС, особенно для СВИС и ССИС, становится столь же важной и определяющей, как и разработка самих СВИС и ССИС [18].

Номенклатура корпусов будет неизбежно расти при создании новых видов изделий микроэлектроники и других ИЭТ, например, оптоэлектронных приборов, микроэлектронных датчиков контроля параметров технологических сред. Новые конструкции корпусов для СВИС и ССИС потребуют значительно больших размеров монтажных площадок, большего количества выводов и особо малых расстояний между выводами и контактами, новых материалов и внедрения различных методов автоматизированной сборки. Для многих приборов оптоэлектроники потребуются корпуса с очень большими монтажными площадками ( $150-200\text{ мм}^2$  и более), с крышкой, прозрачной для ультрафиолетовых лучей и т.д. Разработка и производство миниатюрных микроэлектронных датчиков для контроля за параметрами рабочей среды в технологических установках или для управления уровнем комфортности в помещениях, способных измерять с большой точностью и чувствительностью температуру, влажность, давление или фиксировать наличие определенных компонентов в составе газовых сред (воздухе), также нуждаются в особых конструкциях корпусов: недорогих, миниатюрных, с 2-8 вы-

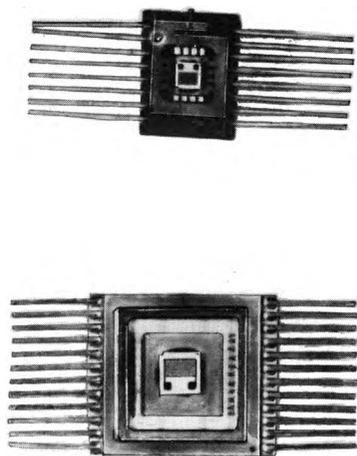


Рис. 4. Основания корпусов 402.16-6; 4134.24-3 с смонтированными в них датчиками влажности, размеры датчиков —  $2,5 \times 2,5$  и  $4,0 \times 4,0\text{ мм}$

водами (расположенных в один или два ряда), с крышками в виде мембран, вставок из пористых материалов и другими конструкционными элементами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Моряков О.С., Буганина Т.И. Пленки и ленты в производстве корпусов полупроводниковых приборов (Учебн. пособие). — М.: Высшая школа, 1982. — 168 с.
2. Ломерсон Р. Корпуса для ИС, изготовленные групповым методом. — Электроника (пер. журн. «Electronics»), 1983, т. 56, № 8, с. 57.
3. Битус Т.В., Снисаренко Л.К., Тушинский В.А. Керамические корпуса для микросхем. — Электронная промышленность, 1978, вып. № 6, с. 28.
4. Юрьева А.Н. и др. Технология изготовления деталей стеклокерамических корпусов ИС. — Электронная техника. Сер. 7. Технология и организация производства, 1983, вып. 2, с. 6.
5. Голубев А.П., Иванов В.И., Худяков К.И. Пути экономии кобальтосодержащих сплавов и драгметаллов в конструкциях ИС. — Электронная промышленность, 1980, вып. 3, с. 8.
6. Герметизация плоских корпусов БИС шовной контактной сваркой/Н.А. Гетман и др. — Электронная промышленность, 1980, вып. 5, с. 61.
7. Мазаев А.А., Назаров Г.В., Новокрещенов В.Г. Герметизация металлокерамических корпусов ИС односторонней шовной контактной сваркой. — Электронная техника. Сер. 7. Технология и организация производства, 1981, вып. 4, с. 24.
8. Saunders A G — Microelectronics Journal, 1981, v 12, № 12, № 1, p 23
9. Лаймен Дж. — Электроника (пер. журн. «Electronics»), 1981, т. 54, № 26, с. 19.
10. Winkler E R — Solid state technology, 1982, v 25, v 6, p 94.
11. Емельянова И.Б. Некоторые проблемы корпусирования сверхбыстродействующих СБИС. — Радиоэлектроника за рубежом, 1983, № 5, с. 1.
12. Лаймен Дж. — Электроника (пер. журн. «Electronics»), 1977, т. 50, № 6, с. 35.
13. Закс Д.И., Тюхин А.А., Чернышев А.А. Тепловые сопротивления ИС в многослойных керамических корпусах. — Электронная техника. Сер. 3. Микроэлектроника, 1981, вып. 2(92), с. 103.
14. Епифанов Г.И., Коваленко А.А., Геверовский А.А. Контроль сборочных процессов при производстве микросхем. — Электронная промышленность, 1983, вып. 1(118), с. 51—55.
15. Геверовский А.А., Епифанов Г.И., Коваленко А.А. Анализ источников влаги в герметизированных корпусах полупроводниковых приборов. — Электронная техника. Сер. 2. Полупроводниковые приборы, 1983, вып. 2(161), с. 21.
16. Бутурлин А.И., Крутоверцев С.А., Чистяков Ю.Д. Микроэлектронные датчики влажности. — Обзоры по зарубежной электронной технике, 1984, № 9, с. 3.
17. Бутурлин А.И. и др. Методы определения содержания влаги в корпусах интегральных микросхем. — Электронная техника. Сер. 3. Микроэлектроника, 1982, вып. 5—6, с. 75—83.
18. Лаймен Дж. Корпуса для СБИС. Современное состояние. — Электроника (пер. журн. «Electronics»), 1984, т. 57, № 19, с. 58.

Статья поступила 19 октября 1984 г.

УДК 621.311.6.049.77

Г.А.Блинов, М.М.Валюнин, Г.Н.Гулякович,  
Г.Я.Гуськов

## МИКРОМИНИАТЮРНЫЕ ВТОРИЧНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ

По мере развития микроэлектронной аппаратуры все более актуальной становится задача микроминиатюризации силовых устройств и, в частности, вторичных источников питания (ВИП), поскольку массогабаритные характеристики таких устройств в настоящее время являются неудовлетворительными [1, 2]. Эта задача осложняется тем, что доля ВИП составляет около 50% в общем объеме и массе микроэлектронной аппаратуры. Повышение надежности, рассеиваемой мощности и улучшение технических характеристик аппаратуры на основе комплексной микроминиатюризации обусловило разработку нового типа рассматриваемых устройств — интегральных микросхем ВИП [3].

Для изготовления ВИП используются гибридная и полупроводниковая технологии. Полупроводниковая технология обеспечивает хорошие характеристики ВИП с выходными напряжениями до 40 В и выходными токами до 3 А и применяется в основном для массового выпуска этих устройств малой и средней мощности. Гибридная технология дает возможность изготавливать мощные ВИП с выходными токами 5—10 А и выходными напряжениями 40—250 В. Эта технология позволяет достигнуть высоких (до 100 Вт) значений мощности рассеяния при высокой плотности компоновки элементов [4].

Традиционными материалами подложек гибридных микросхем ВИП являются ситалл и поликор. Однако в связи с необходимостью повышения механической прочности и теплорассеивающей способности ГИС все чаще находят применение металлические подложки с диэлектрическим покрытием [5, 6].

Наиболее эффективным конструктивно-технологическим решением, позволяющим обеспечить высокую теплорассеивающую способность ячеек микроэлектронной аппаратуры, является изготовление гибридных функциональных узлов ВИП на основе анодированной алюминиевой подложки и полиимидной пленки [7—9] (табл. 1, 2).

Пассивная часть ВИП изготавливается методами толстопленочной и тонкопленочной технологии. В обоих случаях на подложке изготавливают только резисторы и проводники, так как пленочные конденсаторы вследствие большой требуемой емкости занимают большую площадь подложки, что приводит к увеличению габаритов ячейки. Тонкопленочная технология используется в случае применения подложек из ситалла, поликора, титана, стали и анодированного алюминия, толстопленочная технология — в случае применения подложки из керамики и стали. Причем тонкопленочная технология предпочтительнее благодаря возможности получения большей точности резисторов (5—10%

без подгонки, 0,5% — с подгонкой). Это достигается введением в маршрут для формирования резисторов метода фотолитографии. Подгонка резисторов обеспечивается методом токовой импульсной подгонки или анодированием.

В качестве резистивного материала при изготовлении ВИП используется сплав РС3710. Пленки из этого материала получают методом взрывного испарения. Проводящие участки создаются с помощью термического или магнетронного напыления слоев Cr—Cu—Cr с гальваническим усилением слоями меди и сплава Sn—Vt. Лужение проводников осуществляется припоем ПОС-61. Технологическая защита создается нанесением полиимидного лака АД-9103 методом центрифугирования с последующим формированием рисунка фотолитографией. Пленки из этого же материала толщиной 5 мкм служат в качестве изолирующего покрытия. Кроме того, могут быть использованы слои оксида кремния толщиной 1 мкм, получаемые разложением силана.

Технологический маршрут изготовления ГИС ВИП на анодированной алюминиевой подложке методом тонкопленочной технологии включает сле-

дующие операции, выполняемые последовательно: механическая обработка алюминиевых подложек, химическая очистка, анодирование, химическая очистка, нанесение изолирующего слоя, напыление резистивной пленки, напыление проводящей пленки, формирование рисунка проводников, гальваническое наращивание проводящего слоя, формирование рисунка резисторов, контроль, подгонка резисторов, нанесение технологической защиты, контроль, лужение проводников, установка мощных навесных элементов на припой, приклеивание навесных элементов, сварка и пайка выводов на навесных элементов, контроль, регулировка ВИП.

Изготовление пассивной части по указанному технологическому маршруту обеспечивает получение следующих характеристик ГИС ВИП:

Сопротивление изоляции, Ом .....	не менее $6 \cdot 10^8$
Удельная паразитная емкость между проводником и подложкой, пФ/см <sup>2</sup> .....	не более 100
Удельное поверхностное сопротивление резисторов, Ом/квadrat .....	500—1000
Диапазон изменения номиналов резисторов, Ом .....	$(10-20) \div (30000-60000)$
ТКС, К <sup>-1</sup> .....	не более $2 \cdot 10^{-4}$
Разброс сопротивлений резисторов без подгонки, % .....	$\pm (5-10)$
Неплоскостность подложки, мкм/мм .....	не более 1
Габаритные размеры, мм .....	$78 \times 95 \times 0,8$
Масса, г .....	15

Таблица 1

Сравнительные характеристики ВИП одинакового назначения на различных подложках

Параметр	Ситалл	Поликор	Ti+Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Сталь+стекло	Анодированный алюминий
Теплопроводность, Вт/м·К	1,5	30	25	38	50
Максимальная рассеиваемая мощность, Вт/см <sup>2</sup>	4	20	18	25	50
Плотность материала подложки, г/см <sup>3</sup>	3,1	3,9	4,6	7,8	2,8
Температура перегрева кристалла, К	50	20	20	15	10
Удельное поверхностное сопротивление резисторов, Ом/квadrat (не более)	2000	250	500	800	1000
Габаритные размеры, мм	48×60	48×60	48×60	48×60	78×95
Стоимость подложки размером 48×60 мм, отн.ед.	1	18	40	0,8	0,25

Таблица 2

Конструктивно-технологические характеристики ВИП на различных подложках

Параметр	Поликор	Анодированный алюминий
Выходная мощность, Вт	5—8	15—20
КПД, %	70	70
Удельная мощность, Вт/дм <sup>2</sup>	100	200—300
Температура перегрева навесных элементов, К	20—25	5—10
Габаритные размеры, мм	150×100×27	80×100×(15—20)
Масса, г		
негерметизированного варианта	150	70
герметизированного варианта	500	300

При этом за счет уменьшения числа сборочных операций значительно сокращается время технологического цикла изготовления ВИП, снижается себестоимость благодаря применению дешевых анодированных подложек, повышается надежность устройств вследствие уменьшения примерно в два раза числа сварных и паяных соединений.

Большие размеры алюминиевой подложки дают возможность собирать на единой плате сложные гибридные функциональные узлы, совмещая с подложкой шины питания и заземления.

Технико-экономический анализ технологии изготовления ВИП на анодированной алюминиевой подложке показывает, что интенсивность отказов ВИП, полученных указанным способом, снижается в 1,5 раза, а себестоимость в 1,3 раза. Масса и габариты таких ВИП минимальны по сравнению с вариантами изготовления на других подложках.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гулякович Г.Н., Горбач А.В. Состояние и перспективы миниатюризации вторичных источников питания.— Электронная техника. Сер. 10. Микроэлектронные устройства, 1978, вып. 3(9), с. 53—60.
2. Ромаш Э.М. Источники вторичного электропитания радиоэлектронной аппаратуры.— М.: Радио и связь, 1981.— 224 с.
3. Обзоры по электронной технике: Технология изготовления интегральных микросхем вторичных источников питания/К.П.Полянин.— М., 1977.— Вып. 4(470). Сер. 3. Микроэлектроника.— 80 с.
4. Тепловое конструирование микроэлектронной аппаратуры.— Радиоэлектроника за рубежом, 1979, вып. 18(886), с. 3—16.
5. Валушин М.М., Блинов Г.А., Зорин В.Ф. Мощные резистивные ГИС на основе металлических подложек со стеклянным покрытием.— В сб.: Тезисы

докладов III Всесоюзной конференции «Неорганические стеклоподобные материалы и пленки на их основе в микроэлектронике». — М.: МИЭТ, 1983. — с. 26.

6. Курашов В.И., Ханжин П.П., Яковлев Б.Я. Вторичный источник питания на металлической подложке. — Техника средств связи. Сер. Микроэлектронная аппаратура, вып. 1(2), 1981, с. 3—7.

7. Микроэлектронная аппаратура на бескорпусных интегральных микросхемах/И.Н.Воженин, Г.А.Блинов, Л.А.Коледов и др. Под ред. И.Н.Воженина. — М.: Радио и связь, 1985. — 264 с.

8. Блинов Г.А., Гуськов Г.Я., Воженин И.Н. Гибридные функциональные узлы на основе анодированного алюминия и полиимидной пленки — новое направление в технологии МЭА. — Электронная техника. Сер. 10. Микроэлектронные устройства, 1977, вып. 6, с. 82—86.

9. Блинов Г.А., Бутузов С.С., Воженин И.Н. Изготовление анодированных алюминиевых подложек ГИС. — Электронная промышленность, 1976, вып. 5(53), с. 27—29.

Статья поступила 24 июня 1985 г.

## ЭП СООБЩЕНИЯ ЭП

УДК 621.316.722

### ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕГУЛЯТОР НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ РУЧНОГО ЭЛЕКТРОИНСТРУМЕНТА

Рассчитан на подключение активно-индуктивной нагрузки мощностью до 440 Вт с питанием от сети переменного тока напряжением 220 В, частотой 50 Гц. Обеспечивает однополупериодное фазовое регулирование ( $30\text{--}130^\circ$ ) напряжения на нагрузке.

Схема электронного регулятора включает в себя тиристор и схему управления, выполненную в виде моста из резисторов, в диагональ которого включен переключатель (аналогичный диодному) на транзисторах и резисторах. Изменяя положение движков переменных резисторов схемы управления, можно управлять моментом открывания тиристора, т.е. осуществлять фазовое регулирование напряжения на нагрузке.

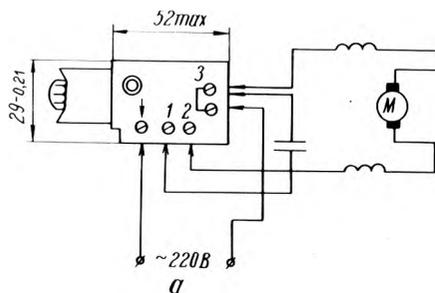
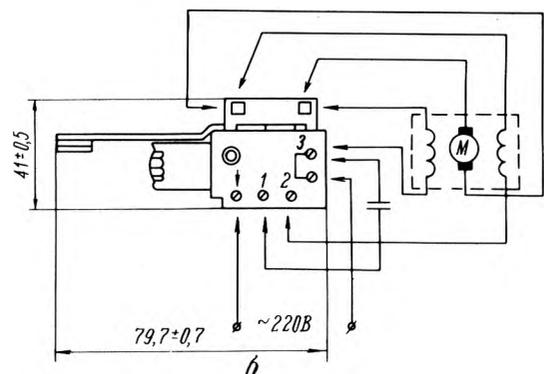


Схема включения электронного блока управления БУЭ-1 (а) и БУЭ-2 с реверсом (б)

Электронный регулятор прост и надежен в работе. Выполнен в виде толстопленочной гибридной интегральной схемы с двумя гибкими выводами и залит резиноподобным герметиком. Габариты регулятора —  $22,5 \times 1,5 \times 2$  мм (без выводов), масса — не более 1,5 г. Гибридное исполнение электронного регулятора позволило создать на его основе блоки управления ручным электроинструментом БУЭ-1 и БУЭ-2.

Блок управления БУЭ-1 (рисунок, а) служит для регулирования (от нуля до максимального) частоты вращения коллекторных электродвигателей в ручных электродрелях и шуруповертах мощностью до 440 Вт. Коммутационный ток блока — 10 А. Конструктивно выполнен в виде выключателя с фиксацией движка переменных резисторов в любом месте диапазона перемещения. Частота вращения электродвигателя регулируется винтом 1.

Блок управления БУЭ-2 (рисунок, б) выполняет те же функции, что и БУЭ-1. Дополнительно имеет переключатель напряжения вращения вала электродвигателя (реверс). Предназначен для регулирования частоты вращения коллекторных электродвигателей ручных электрошурупвертов.



Перспективность указанных изделий определяется их использованием в широко применяемых бытовых приборах для регулирования частоты вращения коллекторных электродвигателей мощностью до 440 Вт.

Д.М.Иванов, А.Н.Киселев, А.М.Кононов

# НАДЕЖНОСТЬ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

УДК 621.3.049.77.013.3

К.Ю.Климашаускас, В.М.Миркес,  
В.С.Славина, С.Ю.Седаускас, А.В.Сеюнас

## ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА И НАДЕЖНОСТИ МИКРОСХЕМ СЕРИИ 216

Применение усовершенствованной биполярной технологии при разработке БИС ТТЛ серии 216 на одном кристалле (вместо гибридных многокристалльных БИС) позволило существенно улучшить их серийнопригодность, надежность и повысить на 20—30% быстродействие при той же потребляемой мощности.

Изготовление микросхем серии 216 в однокристалльном исполнении по биполярной технологии с изоляцией элементов  $p-n$  переходом вместо многокристалльных (до 24 кристаллов в одной БИС) позволило улучшить их надежность [1], так как в гибридных БИС наблюдалась недостаточная прочность столбиковых соединений между кристаллами и подложкой корпуса. При этом значительно повышена технологичность изготовления.

Микросхемы серии 216 построены на маломощных элементах ТТЛ с напряжением питания 5,0 В. Типовые значения потребляемой мощности и времени задержки распространения сигнала на один логический элемент (ЛЭ) составляют 1 мВт и 30 нс соответственно. Основу схемотехники микросхем составляют ЛЭ И-НЕ, И-ИЛИ-НЕ, R-S и J-K триггеры с различным числом входов.

Состав и основные технические характеристики микросхем серии 216 приведены в таблице. Функциональные схемы БИС содержат до 150 эквивалентных ЛЭ и построены таким образом, чтобы можно было создавать ЭВМ и цифровые устройства с различной структурой и любой производи-

тельностью. Микросхемы 216ИМ2, 216ИД1, 216ИЕ1, 216ИР4, 216ИР5 и 216ИП3 являются основными, а остальные четыре — схемами управления (216ИП1, 216ИП2, 216ИП4 и 216ИП5). В результате удается реализовать широкий класс логических схем ЭВМ и других устройств с избыточностью не более 5—10%.

Ниже приводится краткое описание работы рассматриваемых БИС с применением положительной логики.

Сумматор 216ИМ2 (рис. 1) является четырехразрядным программируемым многофункциональным устройством и может выполнять ускоренное сложение двоичных чисел, логические операции И, ИЛИ, ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ. Микросхема содержит четыре разряда комбинационного сумматора с параллельным переносом между разрядами, а также схему параллельного группового переноса, что позволяет организовать многоразрядный сумматор с параллельно-параллельным переносом и разрядностью, кратной 4.

Работа сумматора 216ИМ2 характеризуется логическими выражениями:

$$L_i = S_i \cdot \overline{C_{01}} \cdot \overline{C_{02}} + H_i \cdot C_{01} \cdot \overline{C_{02}} + T_i \cdot \overline{C_{01}} \cdot C_{02} + V_i \cdot C_{01} \cdot C_{02};$$

$$S_i = [(\overline{A_i} \cdot B_i + A_i \cdot \overline{B_i}) + C_i] \cdot [(A_i \cdot B_i + \overline{A_i} \cdot \overline{B_i}) + \overline{C_i}];$$

$$T_i = A_i + B_i$$

$$V_i = A_i \cdot B_i;$$

$$H_i = A_i \cdot \overline{B_i} + \overline{A_i} \cdot B_i,$$

где  $C_i$  — параллельный перенос в группе разряда  $i$ ;  $i$  — номер разряда.

Дешифратор 216ИД1 (рис. 2) является многоразрядным программируемым устройством, выполненным на ЛЭ И-НЕ, И-ИЛИ-НЕ. Оно может работать в трех режимах дешифрации, управление которыми осуществляется по входам  $C_{01}$  и  $C_{02}$ .

Дешифратор тактируется сигналами на входах  $C_{0...C3}$  и в зависимости от сигналов на входах  $C_{01}$  и  $C_{02}$  может работать как четырехвходовый дешифратор с тактовым входом, два трехвходовых дешифратора с одним тактовым и двумя отдельными входами, один трехвходовый с тактовым входом и два двухвходовых дешифратора с одним тактовым входом. Функции, выполняемые дешифратором на четырех выходах, опреде-

Обозначение микросхемы	Функциональное значение	Разрядность	Число ЛЭ на кристалле	Потребляемая мощность, мВт
216ИМ2	Сумматор	4	113	160
216ИД1	Дешифратор		92	127
216ИЕ1	Сдвиговый регистр-счетчик	4	100	154
216ИР4	Блок регистров 4 × 4	4 × 4	156	200
216ИР5	Универсальный регистр	8	58	120
216ИП1	Схема управления 3	—	26	31
216ИП2	Схема управления 4	—	24	44
216ИП3	Свертка-мажоритарная схема	8	86	127
216ИП4	Схема управления 1	—	14	25
216ИП5	Схема управления 2	—	17	25

ляются следующими логическими выражениями:

$$L3 = C2 \cdot D4 \cdot D5 (\overline{C3} \cdot \overline{D6}) \cdot (\overline{C02} + D7);$$

$$L7 = C0 \cdot D0 \cdot D1 [C01 + \overline{C3} \cdot D7 (\overline{D6} + C02)];$$

$$L11 = \overline{C1} \cdot D2 \cdot D3 [C01 + \overline{C3} \cdot \overline{D7} (D6 + \overline{C02})];$$

$$L15 = \overline{C2} \cdot D4 \cdot D5 (\overline{C3} \cdot \overline{D6}) \cdot (\overline{C02} + D7).$$

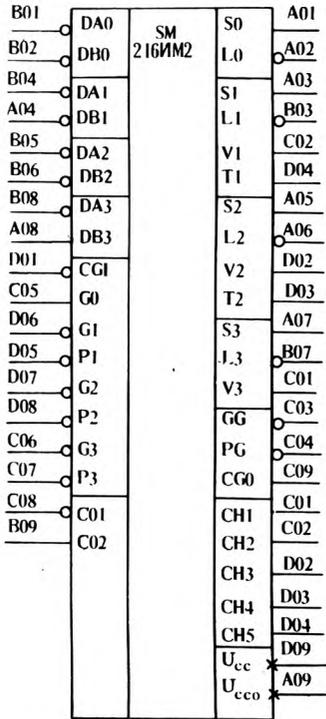


Рис. 1. Условное обозначение БИС 216ИМ2

Назначение выводов сумматора:

- $\overline{DA0} \dots \overline{DA3}$  и  $\overline{DB0} \dots \overline{DB3}$  – входы данных DA и DB;
- $\overline{P1} \dots \overline{P3}$  – входы условий прохождения группового переноса через группу;
- G0 – входы переноса в младший разряд;
- $\overline{G1} \dots \overline{G3}$  – входы группового переноса;
- CG0 – выход группового переноса;
- CGI – вход группового переноса в группу;
- C01, C02 – входы управления дешифратором;
- S0...S3 – выходы суммы;
- $\overline{L0} \dots \overline{L3}$  – выходы результата, программируемого входами C01 и C02;
- $\overline{GG}$  – выход генерации переноса в группе;
- $\overline{PG}$  – выход прохождения переноса через группу;
- V1...V3 – выходы генерации переноса в разряде;
- T1, T2 – выходы прохождения переноса через разряд;
- CH1...CH5 – выходы контрольные.

Функции, выполняемые на остальных одиннадцати выходах, определяются аналогично при использовании произведения двух переменных данных D0... D7 с инверсией и без нее.

Дешифраторы с числом входов больше четырех реализуются на нескольких БИС 216ИД1 и при этом тактовые входы  $\overline{C0} \dots \overline{C3}$  используются как информационные. Например, для построения дешифратора на пять входов необходимо использовать две микросхемы 216ИД1.

Сдвиговой регистр – счетчик 216ИЕ1 (рис. 3) является четырехразрядным программируемым многофункциональным устройством с параллельно-параллельным переносом, схемами

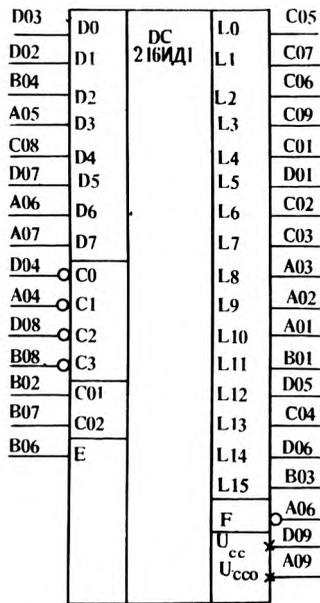


Рис. 2. Условное обозначение БИС 216ИД1

Назначение выводов дешифратора:

- D0...D7 – входы данных;
- $\overline{C0} \dots \overline{C3}$  – входы тактовые;
- C01, C02 – входы управления режимом дешифрации;
- E – вход ЛЭ И–НЕ;
- L0...L15 – выходы данных;
- F – выход ЛЭ И–НЕ.

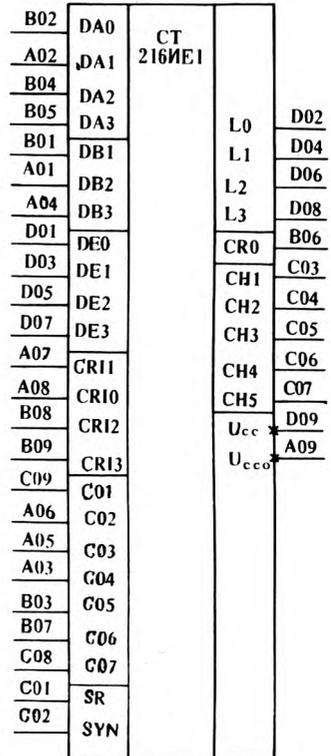


Рис. 3. Условное обозначение БИС 216ИЕ1

Назначение выводов сдвигового счетчика-регистра:

- DA0...DA3 – входы данных;
- DB1...DB3 – входы данных при сдвигах;
- DE0...DE3 – входы данных при предварительной записи;
- CRI0...CRI3 – входы переноса;
- C01 – вход управления режимом счетчик-регистр;
- C02...C07 – входы управления режимом работы;
- SR – вход предварительной установки;
- SYN – вход синхронизации;
- L0...L3 – выходы данных;
- CR0 – выход переноса;
- CH1...CH5 – выходы контрольные.

управления и дешифрации. Микросхема 216ИЕ1 может работать в режиме сдвигового регистра и в режиме счетчика, реализована на ЛЭ типа И–НЕ, И–ИЛИ–НЕ и J–K триггерах.

Микросхема 216ИЕ1 работает в режиме регистра при  $C01 = 0$  и в режиме счетчика при  $C01 = 1$ . В зависимости от состояния на управляющих входах  $C02–C07$  может работать как четырехразрядный сдвиговый регистр для сдвига данных вправо на один разряд ( $C04 = 1$ ), вправо на два разряда ( $C03 = 1$ ) и влево на один разряд ( $C02 = 1$ ); четырехразрядный сдвиговый регистр ( $C05 = 1$ ) для сдвига информации в нужную сторону на нужное число разрядов; четырехразрядный регистр с выдачей записанной и записью новой информации по одному синхросигналу; четырехразрядный счетчик в режимах суммирования ( $C06 = 1, C07 = 0$ ), вычитания ( $C06 = 0, C07 = 1$ ), сохранения счета ( $C06, C07 = 1$ ) и обращения к хранящейся информации ( $C06, C07 = 0$ ).

На выходе  $C00$  формируется групповой перенос, определяемый логическим выражением:

$$C00 = C06 (\overline{L0} + \overline{L1} + \overline{L2} + \overline{L3}) + C07 (L0 + L1 + L2 + L3) + C06 \cdot C07.$$

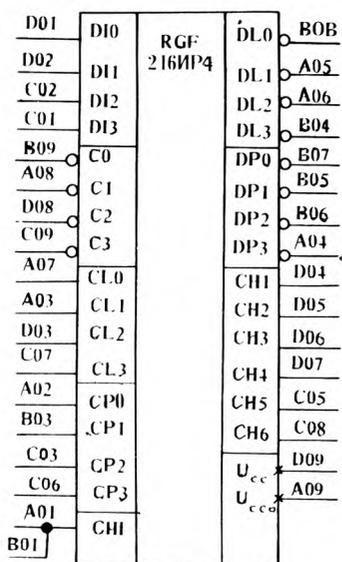


Рис. 4. Условное обозначение БИС 216ИР4

#### Назначение выводов блока регистров 4 × 4:

D10...D13	– входы данных;
C0...C3	– входы, тактирующие запись данных;
DL0...DL3	– выходы данных;
DP0...DP3	– выходы данных;
CL0...CL3	– входы, тактирующие выдачу данных DL;
CP0...CP3	– входы, тактирующие выдачу данных DP;
CN1	– вход контрольный;
CN1...CN6	– выходы контрольные.

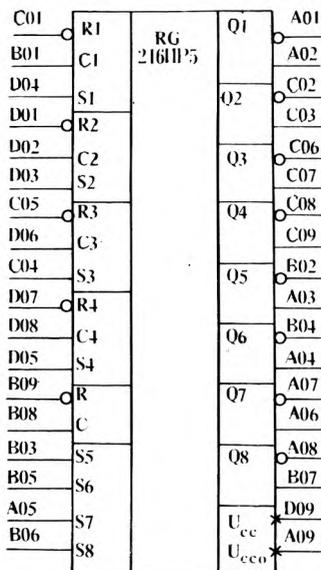


Рис. 5. Условное обозначение БИС 216ИП5

#### Назначение выводов универсального регистра:

R1...R4	– входы установки триггеров в состояние лог. "0";
S1...S8	– входы данных – установки триггеров в состояние лог. "1";
C1...C4	– входы, тактирующие отдельную запись в триггеры;
C	– вход, тактирующий одновременную запись в триггеры;
R	– вход установки триггеров в состояние лог. "0";
Q1...Q8	– выходы данных;
Q1...Q8	– выходы данных инвертированные.

Для построения сдвигового регистра-счетчика требуемой разрядности необходимо объединить все входы, управляющие режимом работы.

Блок регистров 4 × 4 216ИР4 (рис. 4) состоит из четырех четырехразрядных регистров и схем управления, которые реализованы на ЛЭ И–НЕ, И–ИЛИ–НЕ и тактируемых R–S триггерах. Микросхема содержит входную шину данных D1, управляемую входами  $C0...C3$ , и две отдельные выходные шины данных DL и DP, управляемые входами  $CL0...CL3$  и  $CP0...CP3$  соответственно, что позволяет одновременно записывать информацию в один триггер и считывать с остальных. Данные особенности БИС 216ИР4 повышают ее универсальность и быстродействие.

Микросхема 216ИР4 может использоваться для построения универсальных регистров, стековых регистров, запоминающих устройств и быстродействующей буферной памяти между процессором и внешними устройствами. Структура по-

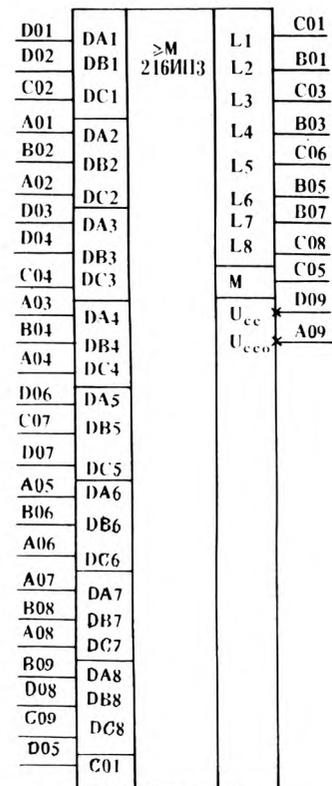


Рис. 6. Условное обозначение БИС 216ИП3

#### Назначение выводов свертки-мажоритарной схемы:

DA1...DA8	– входы данных DA;
DB1...DB8	– входы данных DB;
DC1...DC8	– входы данных DC;
C01	– вход управления режимом свертка-мажоритарирования;
L1...L8	– выходы данных в режиме мажоритарирования;
M	– выход данных в режиме свертки.

строения БИС 216ИР4 позволяет наращивание как разрядности регистров, так и числа регистров увеличением используемых микросхем.

Универсальный регистр 216ИР5 (рис. 5) является многофункциональным устройством и состоит из двух четырехразрядных статических регистров, реализованных на R-S триггерах.

Микросхему 216ИР5 можно использовать как восьмиразрядный статический регистр с парафазными входами, два четырехразрядных статических регистра, один четырехразрядный статический регистр и четыре независимых триггера.

Микросхема универсального регистра позволяет наращивание разрядности (кратной 4 или 8) параллельным их объединением.

Свертка — мажоритарная схема 216ИП3 (рис. 6) является программируемым многофункциональным устройством, выполняющим свертку по модулю 2 на 16 разрядов или мажоритарность типа "два из трех на 8 разрядов". Микросхема реализована на ЛЭ типа И-НЕ и И-ИЛИ-НЕ.

На выходах L1...L8 при сигнале на управляющем входе C01 = 1 реализуется мажоритарная функция:

$$L_i = DA_i \cdot DB_i + DA_i \cdot DC_i + DB_i \cdot DC_i \cdot$$

где  $i$  — номер разряда.

На выходе M при C01 = 0 и DC1...DC8 = 1 реализуется функция свертки:

$$M = \sum_{i=1}^{i=8} DA_i \cdot DB_i \cdot$$

Если разрядность обрабатываемой информации превышает ту, на которую рассчитана микросхема 216ИП3, можно объединить несколько микросхем по входам C01 для получения устройства на нужное количество разрядов.

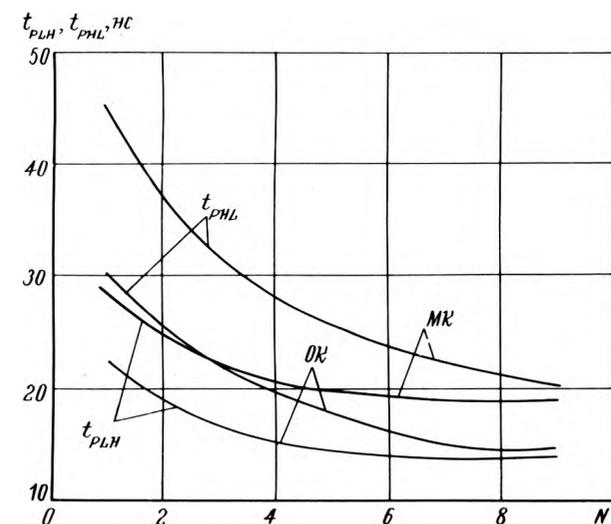


Рис. 7. Зависимости времени задержки включения  $t_{PNL}$  и выключения  $t_{PLH}$  от количества  $N$  последовательно соединенных ЛЭ для многокристалльных БИС (МК) и однокристалльных (ОК)

Схемы управления 216ИП4, 216ИП5, 216ИП1 и 216ИП2 изготовлены на объединенных и необъединенных ЛЭ типа И-НЕ и И-ИЛИ-НЕ и выполняют логические операции: И, ИЛИ, НЕ, И-НЕ и И-ИЛИ-НЕ. Они позволяют создавать цифровые устройства с различной логической структурой, которую не удается реализовать на основных БИС серии 216. Ниже приведены электрические параметры микросхем серии 216 при температуре окружающей среды 25°C:

Напряжение питания	5В ± 10%
Ток потребления, мА	
216ИМ2	не более 29
216ИД1	не более 23
216ИЕ1	не более 28
216ИР4	не более 36
216ИР5	не более 22
216ИП1	не более 4,5
216ИП2	не более 4,5
216ИП3	не более 23
216ИП4	не более 5,5
216ИП5	не более 8
Выходное напряжение, В	
высокого уровня	не менее 2,4
низкого уровня	не более 0,35
Входное пороговое напряжение, В	
высокого уровня	1,9
низкого уровня	0,7
Входной ток, мкА	
высокого уровня	не более 80
низкого уровня	не более 180
Ток нагрузки при напряжении низкого уровня, мА	не более 2
Статическая помехоустойчивость, мВ	
при напряжении высокого уровня	не менее 450
при напряжении низкого уровня	не менее 350
Нагрузочная способность	не более 10
Длительность входных импульсов, нс	не более 250
Типовое время задержки на один ЛЭ, нс	30
Емкость нагрузки, пФ	не более 200

Время задержки при включении  $t_{PNL}$  или выключения  $t_{PLH}$  на один ЛЭ в БИС серии 216 уменьшается при увеличении количества последовательно соединенных ЛЭ ( $N$ ) в одной микросхеме (см. рис. 7), так как исключается влияние нагрузочной емкости. При  $N$  более 5 времена задержки  $t_{PNL}$  и  $t_{PLH}$  уменьшаются до 13–15 нс для разработанных однокристалльных БИС серии 216.

Конструктивно все микросхемы серии 216 выполнены в металлокерамическом корпусе 155.36–2 с размерами 19 × 29 × 3,6 мм<sup>3</sup> и с 36 вертикально расположенными выводами.

При разработке однокристалльных БИС серии 216 применены два типа базовых матричных кристаллов (БМК). На одном БМК размером 2,4 × 2,5 мм, содержащем шесть функциональных ячеек в среднем по четыре ЛЭ И-НЕ в каждой, были реализованы четыре БИС — 216ИП1, 216ИП2,

216ИП4, 216ИП5. На другом БМК размером  $3,1 \times 3,9$  мм, содержащем 20 функциональных ячеек в среднем по четыре ЛЭ И-НЕ в каждой, были реализованы три БИС — 216ИД1, 216ИМ2 и 216ИР4. Остальные три БИС реализованы на отдельных кристаллах с целью экономии площади кристалла.

Микросхемы серии 216 изготавливаются по усовершенствованной биполярной технологии с изоляцией элементов  $p-n$  переходом, применением ЭСС со скрытым слоем ( $R_s = 12$  Ом/квадрат) и двух-

слойной металлизацией. С целью сокращения площади, занимаемой высокоомными резисторами величиной до 40–60 кОм, применен дополнительный имплантированный резисторный слой с поверхностным сопротивлением 1,25 Ом/квадрат. Это позволило сократить площадь резисторов примерно в пять раз и тем самым уменьшить их паразитные емкости. Повышение быстродействия разработанных БИС достигнуто благодаря уменьшению геометрических размеров элементов и диффузионного внедрения в активные области атомов золота [2].

Рассмотренные конструктивно-технологические решения, примененные при разработке однокристалльных микросхем серии 216, позволили улучшить качество и надежность данных изделий: коэффициент конструктивно-технологических запасов увеличился в 2 раза, коэффициент запуска корпусов уменьшился в 1,6 раза.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Воронов И. К., Сейсян Р. П. Исследование механизмов отказов столбиковых выводов в интегральных схемах. — Электронная техника. Сер. Управление качеством, стандартизация, метрология, испытания, 1982, вып.3(95), с.51–55.

2. Метод локальной диффузии золота для пластин повышенного диаметра/В.В.Старков, Л.Г.Напогина, В.Г.Казанский, С.В.Краснощек. — Микроэлектроника и полупроводниковые приборы. Под ред. А.А.Васенкова и Я.А.Фетодова. — М.: Сов. радио, 1981, вып.6, с.174–180.

Статья поступила 1 апреля 1985 г.

УДК 621.382.3:621.382.81

А.И.Белоус, В.В.Горовой, А.В.Силин,  
А.И.Старостин, М.Н.Яковлев

### ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ЦЕПЕЙ ПИТАНИЯ ИНЖЕКЦИОННЫХ БИС

Контроль омического сопротивления «скрытых» слоев  $I^2L$  БИС обеспечивает минимальный разброс значений токов инжекторов и уменьшение площади кристалла БИС за счет сокращения суммарной площади, занимаемой металлизацией шин питания.

Элементы интегральной инжекционной логики ( $I^2L$ ) находят широкое применение в качестве элементной базы современных БИС, поскольку

обеспечивают высокую плотность компоновки при достаточно высоком быстродействии [1]. Однако с увеличением числа размещаемых на кристалле  $I^2L$  элементов все большая роль отводится проблеме организации внутренних цепей питания инжекционных БИС, так как возрастают абсолютные значения токов, протекающих по режимным цепям в статическом и динамическом режимах работы БИС. Это существенно усложняет задачу обеспечения равенства токов инжекторов всех  $I^2L$  элементов, независимо от их местоположения на поверхности кристалла БИС.

Отсутствие работ, посвященных проблеме проектирования цепей питания инжекционных БИС, обусловлено сложностью решения задачи расчета и анализа распределенных цепей в силу необходимости описания и учета взаимного влияния большого числа геометрических и электрофизических параметров БИС.

В данной работе представлены основные результаты расчета цепи питания инжекционной части БИС с локальными «скрытыми» слоями  $n^+$ -типа. Расчет проводился для конфигурации цепи питания, эскиз топологического фрагмента которой представлен на рис.1, где  $L_1$  — ширина положительной шины питания инжекторов одной ветви дерева питания БИС,  $L_0$  — ширина общей (нулевой) шины питания инжекторов,  $L_N$  — длина нулевой шины,  $L_V$  — расстояние между положительной и нулевой шинами питания инжекторов.

В процессе выполнения расчета осуществлялось определение максимально допустимого числа инжекторов, объединяемых одной положительной шиной питания, сравнительный анализ влияния ширины нулевой шины и омического сопротивления локального скрытого слоя на характер изменения токораспределения в цепи  $I^2L$  элементов, связанных общей положительной шиной питания, исследование влияния изменения расстояния между положительной и нулевой шинами на характер токораспределения в цепи  $I^2L$  элементов, разработка практических рекомендаций по обеспечению минимального разброса значений токов инжекторов  $I^2L$  элементов при организации цепи питания БИС.

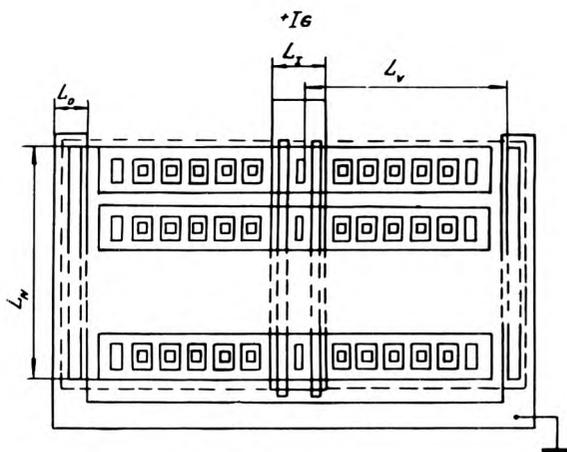


Рис.1. Топология фрагмента цепи питания инжекционных элементов

Эквивалентная схема фрагмента цепи питания И<sup>2</sup>Л БИС представлена на рис.2.

Общий для цепочки И<sup>2</sup>Л элементов "скрытый" n<sup>+</sup>-слой в эквивалентной схеме представлен разбиением по двум координатам x и y на элементарные ячейки эквивалентной сосредоточенной проводимости:

$$G_x = \frac{n + 1}{m \cdot R_c}; \quad G_y = \frac{m + 1}{n \cdot R_c},$$

где m — количество разбиений по оси x, n — по оси y, R<sub>c</sub> — величина поверхностного сопротивления скрытого слоя.

Проводимости положительной (G<sub>I</sub>) и нулевой (G<sub>0</sub>) шин питания определялись аналогично, исходя из их длин, количества разбиений по оси y и величины поверхностного сопротивления слоя металлизации.

Для моделирования инжекторного перехода D была выбрана модель второго порядка, в которой ток через инжекторный переход описывается выражением

$$I_0 = \exp(a_0 + a_1 \cdot V + a_2 V^2),$$

где a<sub>0</sub>, a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub> — коэффициенты аппроксимации вольт-амперных характеристик инжекторного перехода, определенные по результатам экспериментальных измерений.

Система нелинейных алгебраических уравнений решалась методом полных эквивалентных проводимостей, а линейных — с использованием метода динамического программирования [2].

На рис.3 представлены результаты расчета токораспределения цепей питания при заданном типовом токе инжектора каждого элемента I<sub>GI</sub> = 150 мкА и фиксированной ширине нулевой шины L<sub>0</sub> = 12 мкм. Учет сопротивления скрытого n<sup>+</sup>-слоя согласно принятой модели позволяет обеспечить сравнительно небольшой (12,5%) относительный разброс токов инжекторов для последовательной цепи, содержащей 70 инжекторов.

Результаты расчета изменения потенциала скрытого n<sup>+</sup>-слоя U<sub>c</sub> на участке L<sub>v</sub> (рис.4)

между общей и нулевой шинами питания для последовательной цепи из 70 инжекторов показали, что изменение потенциала на сопротивлении скрытого слоя носит линейный характер и обуславливает аналогичное изменение входных характеристик И<sup>2</sup>Л элементов. Эта зависимость ограничивает возможность объединения одной шиной входов нескольких И<sup>2</sup>Л элементов из-за эффекта перехвата тока. При организации цепей синхронизации, где подобное объединение необходимо, общей шиной синхронизации должны соединяться входы элементов, имеющих одинаковые потенциалы скрытых слоев (одинаковые позиции).

На рис.5 представлены результаты расчета величин токов последовательной цепи из 70 инжекторов для трех значений ширины металлизации нулевой шины питания. Увеличение ширины метал-

лизации нулевой шины питания от 6 до 40 мкм приводит к увеличению в 1,3 раза абсолютного разброса токов инжекторов цепи. Поэтому при ор-

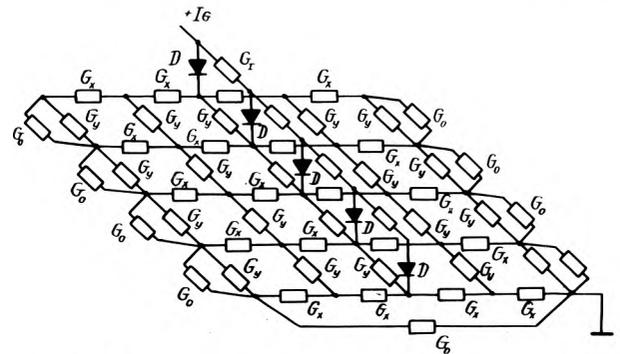


Рис. 2. Эквивалентная схема фрагмента цепи питания И<sup>2</sup>Л БИС

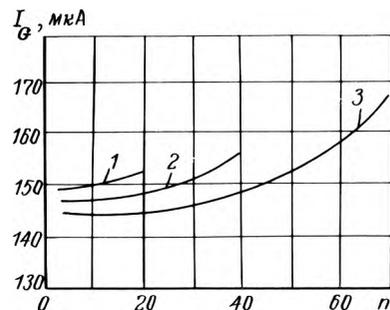


Рис. 3. Распределение токов инжекторов И<sup>2</sup>Л элементов в цепочках с числом объединенных инжекторов 20 (1), 40 (2) и 70 (3)

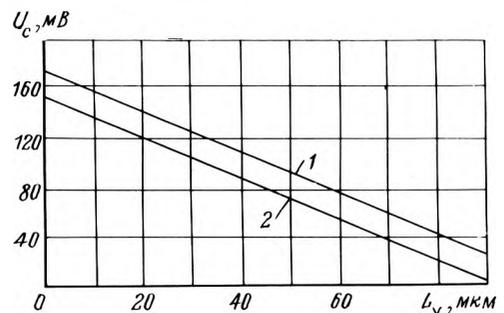


Рис. 4. Изменение потенциала на скрытом n<sup>+</sup>-слое на участке между общей шиной и шиной питания под первым (1) и семидесятым (2) И<sup>2</sup>Л элементами

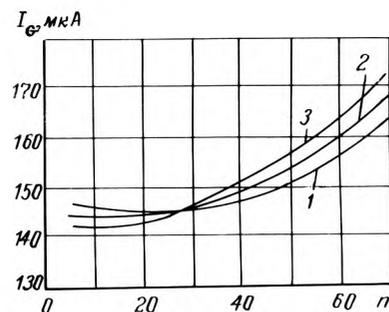


Рис. 5. Распределение токов инжекторов И<sup>2</sup>Л элементов в цепочке из 70 инжекторов при ширине общей шины, равной 6 мкм (1), 15 мкм (2) и 40 мкм (3)

ганизации цепей питания И<sup>2</sup>Л БИС со "скрытыми" слоями с целью уменьшения разброса токов инжекторов ширину нулевой шины целесообразно снижать до минимальной величины, определяемой технологическими ограничениями. Этот вывод противоречит традиционным принципам построения внутренних цепей питания кристаллов БИС, где ширина общей шины выбиралась возможно большей с целью снижения ее омического сопротивления.

Интерес представляют также результаты исследования влияния на характер токораспределения расстояния  $L_V$  между металлизацией положительной шины питания инжекторов и нулевой шиной. Установлено, что изменение этого параметра практически не влияет на величину разброса токов инжекторов. Так, изменение  $L_V$  от 200 до 50 мкм приводит к снижению абсолютного разброса токов инжекторов исследуемых И<sup>2</sup>Л элементов не более чем на 0,2%.

Экспериментальное исследование БИС весового суммирования К1815ВФ1, спроектированной с учетом изложенных в настоящей работе результатов, подтвердило работоспособность предложенной модели цепи питания. Экспериментальные значения токов инжекторов отличались от расчетных не более чем на 10%, при этом суммарная площадь металлизации шин питания составила 1,3% от общей площади кристалла БИС.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Универсальный однокристалльный четырехразрядный микропроцессор/А.И.Белоус, В.П.Болдырев, А.И.Сухопаров и др.— Электронная промышленность, 1977, вып.5, с.55—57.
2. Бененсон Б.М. Анализ электрических цепей по методу динамического программирования. — Техническая кибернетика, 1971, № 5, с.18—24.

Статья поступила 1 апреля 1985 г.

УДК 621.38:536.25

В.И.Боронин, П.А.Былинсвич

### ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Конструкции гермокорпусов с наружным оребрением, теплообменников с термобатареями и газожидкостных теплообменников с эффективными петельно-проволочным и штырьково-проволочным оребрениями обеспечивают повышение эффективности конвективного теплообмена в два—четыре раза, уменьшают энергопотребление, массогабаритные характеристики (в три и более раз) и повышают надежность работы электронной аппаратуры.

Работоспособность и надежность электронной аппаратуры (ЭА) в значительной степени зависит от обеспечения требуемых тепловых режимов

ЭА [1]. Важность вопросов интенсификации конвективного теплообмена при охлаждении ЭА обусловлена необходимостью обеспечения повышения ресурса и надежности работы, уменьшения энергопотребления, улучшения массогабаритных характеристик. Последнее является определяющим для ЭА и выдвигает ряд проблем при разработке элементов систем обеспечения тепловых режимов (СОТР).

Основными проблемами интенсификации теплообмена можно считать уменьшение термических сопротивлений на пути теплового потока, выбор оптимальных стационарных режимов движения теплоносителей с учетом гидравлического и аэродинамического сопротивлений, максимальное увеличение теплоотдающих поверхностей в малых объемах, выбор конструктивных материалов, минимальную металлоемкость с одновременным обеспечением прочности характеристик элементов СОТР, поиск оптимальных конструктивных решений, обеспечивающих максимальную теплоотдачу от ЭА.

С целью оптимального удовлетворения всех указанных требований разработаны: оригинальная конструкция гермокорпуса с наружным оребрением в виде стаканчиков со сферическими днищами; конструкция теплообменников с термобатареями (ТЭМО); оригинальные конструкции газожидкостных теплообменников с петельно-проволочным и штырьково-проволочным оребрениями, которые являются новыми конструктивно-теоретическими решениями по интенсификации теплообменника [2, 3].

Основным интенсифицирующим средством конвективного теплообмена в предлагаемых гермокорпусах ЭА является оригинальное наружное оребрение (рис. 1) в виде стаканчиков со сферическими днищами, предназначенное для работы в условиях естественного и принудительного конвективного теплообмена и позволяющего увеличить поверхность теплообмена в два—четыре раза. Стаканчики жестко крепятся пайкой или сваркой на стенке гермокорпуса, выполненной из листового алюминия, скреплены между собой в точках касания по образующей, а для улучшения теплоотвода цилиндрическая часть стаканчиков перфорирована отверстиями или прорезями "А".

Определяющим элементом СОТР при использовании жидкостного охлаждения является газожидкостный теплообменник.

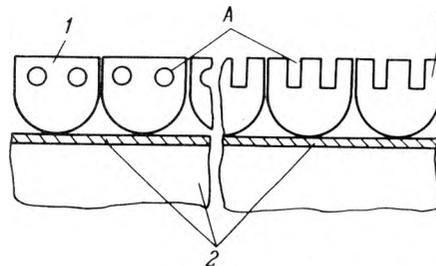


Рис. 1. Элемент стенки гермокорпуса: 1 — стаканчик; 2 — стенка гермокорпуса

Конструкция теплообменника с ТЭМО (рис. 2) представляет собой плоскую теплообменную трубу с установленными внутри турбулизаторами в виде подвижных гофрированных лент с просечками. На поверхности трубы с обеих сторон установлены термобатарей, на которых закреплены радиаторы с оребрением. По трубе протекает жидкий теплоноситель, а радиатор обдувается газообразным теплоносителем. Использование термобатарей позволяет интенсифицировать процесс теплообмена путем увеличения разницы температур между окружающей средой и теплоотдающей

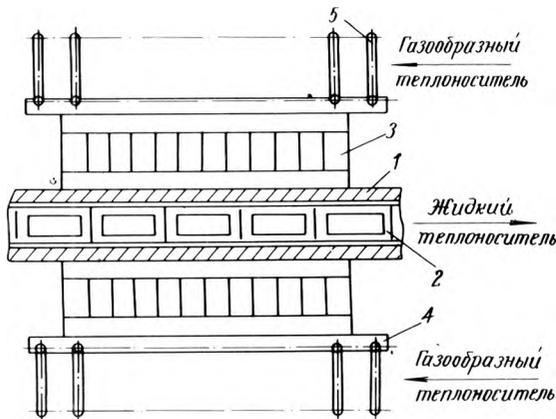


Рис.2. Элемент теплообменника с термобатареями (ТЭМО): 1 — плоская теплообменная труба, 2 — турбулизатор, 3 — термобатарея, 4 — радиатор, 5 — оребрение

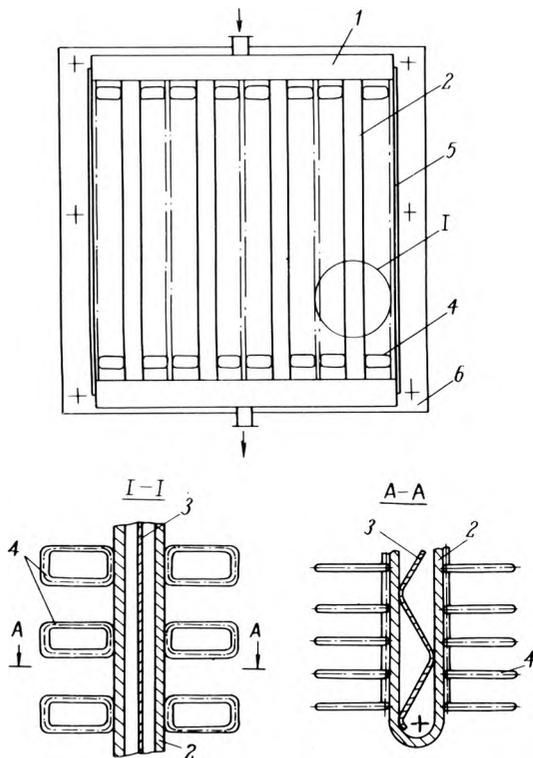


Рис.3. Конструкция теплообменника с петельно-проволочным оребрением: 1 — коллектор, 2 — стойка (плоская тонкостенная труба), 3 — гофрированная вставка с просечками, 4 — оребрение, 5 — боковина, 6 — фланец

поверхностью и получать более низкие температуры на охлаждаемом объекте, который омывается жидким теплоносителем.

Петельно-проволочный теплообменник состоит из двух плоских прямоугольных коллекторов (рис.3), соединенных между собой плоскими тонкостенными (0,3 – 0,8 мм) трубами-стойками. Внутри стояков расположена гофрированная вставка с турбулизующими элементами в виде просечек, а по наружным боковым поверхностям закреплено (механически или пайкой) петельно-проволочное оребрение с толщиной проволоки 0,5–1,2 мм. На коллекторах расположены боковины и фланцы для крепления вентилятора с диффузором. Конструкция теплообменника выполняется из алюминиевых сплавов.

Конструкция теплообменника с штырьково-проволочным оребрением отличается от петельно-проволочного только конструкцией стояка (рис. 4). Тонкостенные трубы-стойки пронизаны насквозь многочисленными штырьками из проволоки, которые закреплены герметично в стояках пайкой.

Приведенные конструкции теплообменников позволяют уменьшить габариты в полтора и более раз, а массу в два – пять раз по сравнению с серийно выпускаемыми теплообменниками, например, типа ВЖ1,1 ОСТ4 ГО. 299.202.

Теоретические и экспериментальные исследования тепловых и аэродинамических характеристик новых конструкций теплообменников показали, что коэффициент теплопередачи в опытных образцах выше аналога в 4–6 раз, теоретические расчеты подтверждены экспериментально с точностью до 12%, причем данные экспериментов выше расчетных, улучшены аэродинамические характеристики в результате преимуществ использованных компоновочных решений, подтверждено улучшение массогабаритных характеристик теплообменников с петельно-проволочным и штырьково-проволочным оребрениями по сравнению с аналогом.

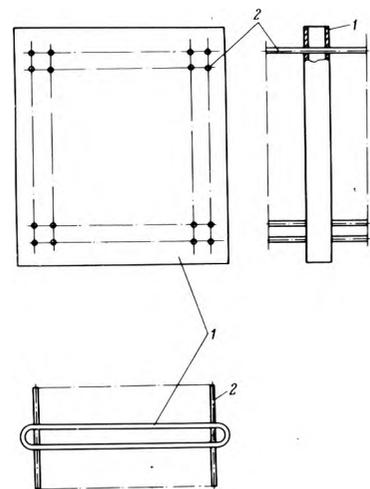


Рис.4. Конструкция стояка теплообменника с штырьково-проволочным оребрением: 1 — плоская тонкостенная труба, 2 — проволочный штырек

## ЛИТЕРАТУРА

1. Радиоэлектроника за рубежом. Информационный бюллетень. НИИ экономики и информации по радиоэлектронике, 1979, вып.18 (886), с.27.

2. А. с. 1027502 (СССР). Плоская теплообменная труба/П.А.Былинович, В.И.Боронин, А.Г.Кузин. — Оpubл. в Б.И., 1983, № 25.

3. А. с. 1058096 (СССР). Герметичный корпус для радиоэлектронной аппаратуры/В.И.Боронин, П.А.Былинович, Ю.А.Горюхин, А.Г.Кузин. — Оpubл. в Б.И., 1983, № 44.

Статья поступила 7 января 1985 г.

УДК 621.385.6:519.22

А.Д.Ессин, Ю.А.Калинин, Л.А.Петров

## ОЦЕНКА СЕРИЙНОПРИГОДНОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ СВЧ ЭВП

**Методы статистического моделирования конструкций с учетом конструктивно-технологических и эксплуатационных факторов, а также методы физического эксперимента, позволяющего установить корреляцию воздействующих факторов с параметрами основных узлов и количественные соотношения между воздействующими факторами и выходными параметрами ЭВП, способствуют обеспечению требуемых показателей надежности разрабатываемых СВЧ ЭВП.**

Серийнопригодность и стабильность являются важнейшими показателями качества ИЭТ [1, 2]. Оценкой серийнопригодности является вероятность нахождения выходных параметров ИЭТ в заданных ТУ пределах с учетом воздействия конструктивно-технологических и эксплуатационных факторов (КТЭФ) [1, 3]. При определении стабильности дополнительно учитывают факторы износа и старения ИЭТ [1, 2]. Важность определения этих показателей при создании новых ИЭТ обусловлена тем, что внедрение в серийное производство приборов, спроектированных без учета существующих КТЭФ и факторов старения, как правило сопровождается дальнейшими доработками и большими материальными затратами [4, 5]. Решением этой проблемы явилось создание системы автоматизированного проектирования (САПР) ИЭТ на основе методов статистического моделирования при адекватном воспроизведении воздействий на выходные характеристики ИЭТ дестабилизирующих факторов производства и эксплуатации, а также факторов износа и старения [2, 4—7].

С учетом итеративности процесса проектирования серийнопригодных и стабильных СВЧ ЭВП (рис. 1) коррекция конструкции ЭВП может быть обоснованно и целенаправленно проведена только при наличии количественных данных о степени влияния КТЭФ на входные обобщенные параметры модели описания, границах разброса, законах распределения КТЭФ, о причинах и скорости деградации параметров. В связи с ограниченным числом апробированных математических моделей ЭВП и их основных узлов, способных дать необходимую информацию для статистического анализа серийнопригодности и стабильности, ведущее место в решении этих задач принадлежит физическому эксперименту. На примере ЛБВ показано [5, 7, 8], что математическая модель приборов, разработанная с применением метода Монте-Карло, позволяет

адекватно воспроизвести воздействия на выходные параметры ИЭТ КТЭФ производства и эксплуатации только в том случае, если экспериментально установлены границы изменения КТЭФ, законы распределения и количественная связь КТЭФ с обобщенными параметрами модели описания, определяющими работу и индивидуальные характеристики приборов. Так, для типичных представителей ЛБВ [9—11] экспериментально определены параметры (и их разброс) электронных пучков в плоскости влета в магнитное поле. Измерения проведены для ряда электронно-оптических систем (ЭОС), изготовленных по устоявшейся технологии, но с различными предельными значениями допусков, определяемыми технической базой производства приборов [8]. Получены разбросы значений плотности тока, углов наклона электронных траекторий, продольных скоростей, что позволило на основе математической модели фокусировки неламинарных электронных потоков [12] проанализировать разброс параметров электронных пучков в пролетном канале [13] и, в свою очередь, использовать эти результаты для анализа разброса выходных параметров приборов и определения их серийнопригодности. Также экспериментально установлены количественные связи между величиной шероховатости поверхности замедляющих систем (ЗС) и ее технологическим разбросом и разбросом замедления высокочастотного пакета, между диэлектрической проницаемостью крепящих ЗС опорных стержней и замедлением (сопротивлением) связи, температурой внешней среды, хладагента и величиной магнитного поля в пролетном канале и т.п. Экспериментально определены реальные разбросы и законы распределения размеров наиболее ответственных узлов и деталей, в частности ЗС типа «спираль» и «кольцо-стержень», разброс свойств материалов (керамики, магнитов). Таким образом, для широкого класса приборов [9—11] создан банк входных данных [5, 7] для анализа серийнопригодности и проектирования серийнопригодных конструкций. Показатель серийнопригодности определяется по гистограммам выходных параметров (рис. 2). При его вычислении учитываются необходимые производственные запасы (цеховые нормы) по параметрам, принятым в производстве изделий.

Разброс выходных параметров ЭВП является входной информацией для анализа разброса параметров РЭА.

Экспериментально установленные связи обобщенных параметров моделей описания с КТЭФ позволяют проводить оптимизацию ЭВП и РЭА с учетом технико-экономических показателей. Как показано в работе [5], значительное снижение разброса параметров ЭВП может быть достигнуто путем снижения допусков на узлы, детали, разброс свойств материалов, а также с помощью отбраковки элементов. В случае, если затраты на данную работу ниже выигрыша, обусловленного повышением показателя серийнопригодности, указанные мероприятия экономически целесообразны.

Практика разработок ЭВП на основе предложенного метода, сочетающего статистическое моделирование и методы физического эксперимента, показывает, что выход годных в серийном производстве составляет более 80% при полном отсутствии брака по параметрам, что значительно повышает эффективность производства новых ИЭТ.

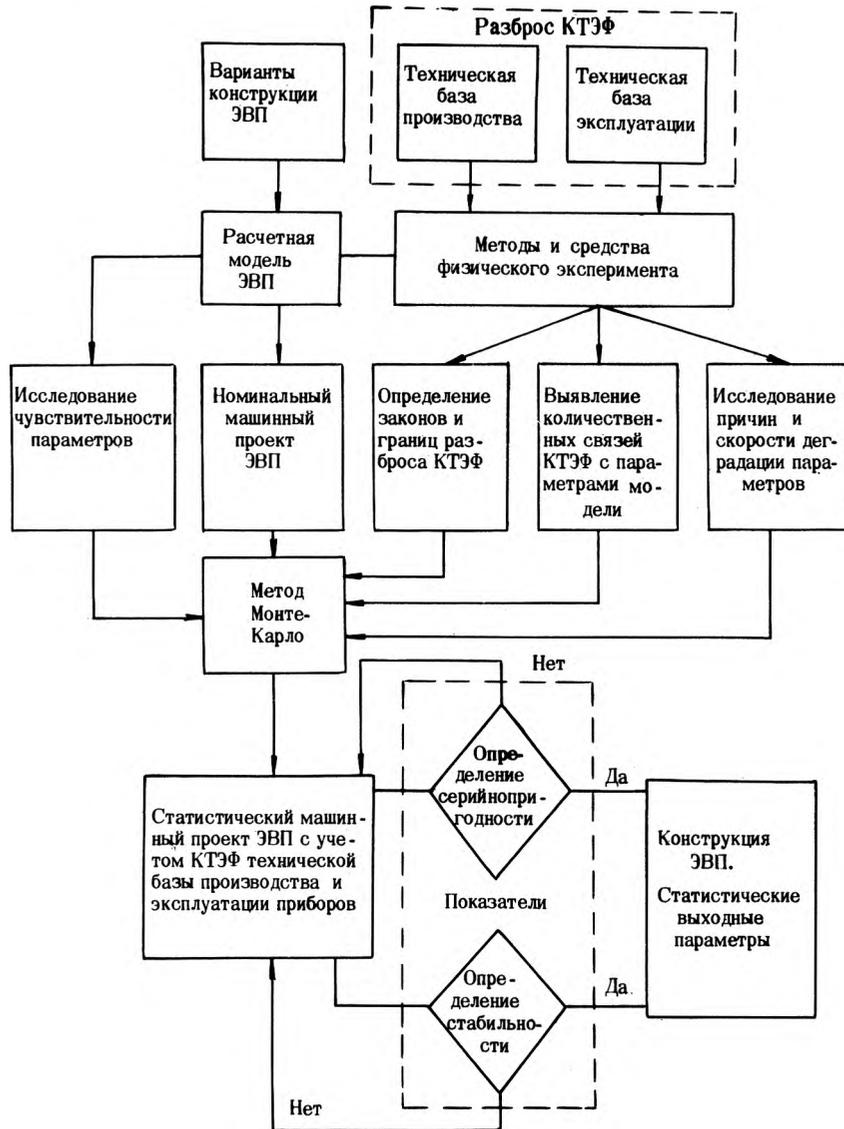


Рис. 1. Схема проектирования серийнопригодных и стабильных СВЧ ЭВП с применением методов статистического моделирования и физического эксперимента

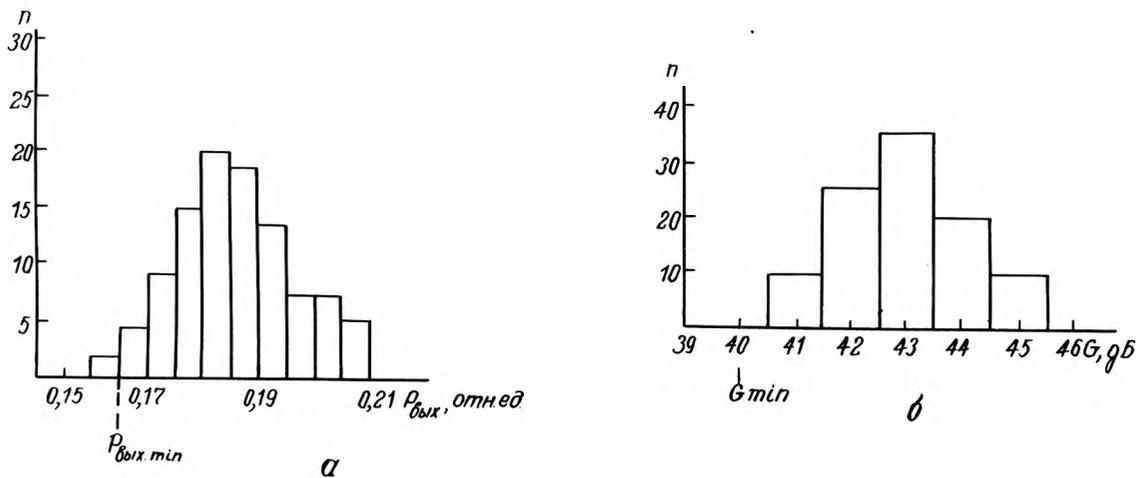


Рис. 2. Расчетная гистограмма: а — выходной мощности ЛБВ ( $n$  — число реализаций, равное 100,  $P_{\text{вых.мин}}$  — минимально допустимая выходная мощность по ТУ с учетом производственного запаса; расчетный показатель серийнопригодности равен 98%); б — коэффициента усиления ( $n$  — число реализаций, равное 100; показатель серийнопригодности — 100%)

## ЛИТЕРАТУРА

1. Пампуро В.И. Прогнозирование стабильности информационных устройств. — Киев: Техника, 1978.—248 с.
2. Кофанов Ю.Н. Использование методов параметрической чувствительности в проектировании высоконадежной РЭА. — Электронная промышленность, 1982, вып.2, с.12—15.
3. Методика. Обеспечение надежности на этапе проектирования и производства. Экспериментальная оценка серийнопригодности узлов электронной аппаратуры. — М.: Изд-во стандартов, 1974.—39 с.
4. Программа анализа и синтеза допусков в приборах и устройствах СВЧ/ Г.И.Волдайская, С.А. Зайцев, А.Д. Закурдаев и др. — Электронная техника. Сер. Электроника СВЧ, 1977, вып.2, с.119—126.
5. Методика определения серийнопригодности ЛБВ как один из факторов повышения надежности / А.Д.Ессин, Ю.А. Калинин, А.М. Кац, Ю.В. Клинаев. — Теоретические и экспериментальные методы анализа надежности конструкций ЭВП: Тезисы докладов и рекомендаций научно-технических конференций. Сер. Электроника СВЧ. — М., 1980. Вып.8 (295), с.17—18.
6. Автоматизированная система комплексного машинного проектирования изделий СВЧ электронной техники. Ч. 1. Принципы построения и структура системного и технического обеспечения/И.М.Блейвас, И.И.Голеницкий, С.А.Зайцев и др.— Электронная техника. Сер. Электроника СВЧ, 1978, вып.1, с.92—117.
7. Обеспечение серийнопригодности ЛБВ на стадии проектирования. Ч.1. Методика проектирования / А.Д.Ессин, Ю.А. Калинин, А.М. Кац, и др. — Электронная техника, Сер. Электроника СВЧ, 1983, вып.8, с.8—13.
8. Обеспечение серийнопригодности ЛБВ на стадии проектирования. Ч.II. Некоторые результаты применения методики проектирования / А.Д. Ессин, Ю.А. Калинин, А.М. Кац и др. — Электронная техника. Сер. Электроника СВЧ, 1983, вып.9, с.6—15.
9. Калинин Ю.А., Кац А.М. Прозрачные усилители мощности на ЛБВ.— Изв. вузов. Сер. Радиоэлектроника, 1980, том XXIII, вып.10, с.36—42.
10. Обзоры по электронной технике. Мощные ЛБВ с низковольтным управлением электронным потоком / А.Д. Ессин, В.М.Курицин, И.А.Шаталин и др. — М., 1976, вып.6 (375). Сер. Электроника СВЧ. — 66 с.
11. Ессин А.Д., Курицин В.М., Карпов М.В. Особенности конструирования мощных широкополосных ЛБВ, охлаждаемых маломощным вентилятором. — Электронная техника. Сер. Электроника СВЧ, 1977, вып.3, с.13—16.
12. Калинин Ю.А., Шагин Ю.И. Согласование электронного пучка с периодическим магнитным полем. — Электронная техника. Сер. Электроника СВЧ, 1967, вып.3, с.37—47.
13. Программа анализа фокусировки неламинарных электронных пучков магнитными полями в статическом режиме с учетом технологических и эксплуатационных допусков на входные параметры / Ю.А.Калинин, А.М.Кац, Ю.В.Климаев, М.Д.Шустова. — Электронная техника. Сер. Электроника СВЧ, 1982, вып.8, с.75—76.

Статья поступила 4 декабря 1983 г.

УДК 681.325.5-181.48

П.П.Мальцев, В.В.Харько, В.А.Шахнов

## СТРУКТУРА И ОПТИМАЛЬНЫЙ ЦИКЛ МИКРОПРОЦЕССОРОВ С РАЗРЯДНО-МОДУЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИЕЙ

Микропрограммный цикл процессора является одной из важнейших характеристик, определяющих производительность микроЭВМ. Для оптимальной

реализации цикла микропроцессоров (МП) с разрядно-модульной организацией необходимы структурные способы его построения и расчета.

Сокращение микроцикла МП может быть достигнуто благодаря конвейерным структурам его построения, обеспечивающим последовательное выполнение этапов микрокоманды, их частичное и полное совмещение. Основным аппаратным средством сокращения цикла является конвейерный регистр. Их число и расположение в составе МП определяют варианты структурной организации цикла.

Конвейерная организация вычислительного процесса позволяет в два—три раза повысить тактовую частоту МП. Однако она не всегда ведет к увеличению производительности микроЭВМ, так как ряд операций, заданных в микрокоманде, не завершается во время одного цикла. Это не позволяет сформировать в нем условия перехода к выполнению следующей микрокоманды.

Критерием оптимальности для цикла МП может служить неравенство  $m/n < K_i$ , где  $i = 1, 2$ ,  $K_i$  — показатель оптимальности организации микроцикла,  $m$  — число условных переходов в микропрограмме,  $n$  — число "обычных" микроопераций.

Показатель оптимальности рассчитывается по формуле

$$K_i = (T_0 - T_i) / [(i + 1) T_i - T_0] \text{ при } i = 1, 2,$$

где  $T_0, T_1, T_2$  — циклы МП без совмещения этапов выполнения микрокоманд, с частичным и полным совмещением, соответственно.

Уменьшение величины  $m/n$  повышает функциональные возможности микропроцессора: расширяется набор функций, реализованных комбинационными схемами, уменьшается число логических условий, выполняющих отдельные команды микроЭВМ. Поэтому при выборе организации микроцикла МП необходимыми условиями являются определение наиболее характерных команд в программе и оценка соотношения машинных операций с условными переходами к операциям без них.

Организация цикла МП может быть представлена алгоритмом, в состав которого входят определение времени задержек в центральном процессорном элементе, блоке микропрограммного управления и ПЗУ микрокоманд, расчет микроциклов, разработка интерпретирующих микропрограмм, анализ заданной программы и, наконец, выбор оптимальной организации цикла МП.

Анализ организации циклов 16-разрядных МП, спроектированных на БИС серий К589 и К1804, показал целесообразность использования разработанных критерия и метода выбора, рациональность проектирования МП с полным совмещением этапов выполнения микрокоманд в рамках архитектуры, принятой в микропроцессорных БИС указанных серий.

Статья поступила 8 апреля 1985 г.

# ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА

УДК 681.326.7

О.Э.Драгунов, И.И.Евдокимов, П.Г.Литош

## ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ СИСТЕМЫ УЧПУ «ЭЛЕКТРОНИКА 80-31»

Предназначены для проверки работоспособности системы УЧПУ и отдельных модулей на этапе выходного контроля при серийном производстве, в режиме профилактического контроля, в режиме локализации неисправности с точностью до отдельной БИС.

Система УЧПУ "Электроника 80-31" предназначена для управления различными типами металлообрабатывающего оборудования и состоит из двух типов микроЭВМ: *управляющей* для ввода, обработки, отображения, вывода информации и включающей в свой состав дисплей и пульт оператора; *исполнительной* для управления исполнительными органами станка, циклами работы агрегатов и установками дискретного и прерывистого действия.

Универсальная структура микроЭВМ позволяет включать любой набор модулей: вычислитель, устройство отображения, устройство управления приводом, программируемый контроллер, ЗУ ЦМД, цифровой следящий привод, контроллер связи с электроавтоматикой, контроллер аналого-цифрового преобразования и т.д.

При использовании базового набора модулей возможно построение различных конфигураций системы УЧПУ. В состав любой микроЭВМ входит модуль вычислителя (ВЧС), который осуществляет прием, обработку, хранение и выдачу информации на другие модули микроЭВМ и обеспечивает связь по телеграфным каналам с различными микроЭВМ.

Средства контроля и диагностики (СКД) предназначены для контроля работоспособности и локализации неисправности системы УЧПУ в период изготовления и наладки аппаратных средств при входном контроле и эксплуатации. СКД состоит из системного проверяющего теста (СПТ) и устройства имитации станка (УИС). СПТ хранится в ППЗУ, которое подключается к каждой микроЭВМ в составе системы УЧПУ. СПТ является основным универсальным средством контроля работоспособности УЧПУ. Построен по модульному принципу с соблюдением метода расширения проверяемых областей. Состоит из блока тестов и монитора. Блок тестов включает в себя набор тестовых подпрограмм, осуществляющих проверку работоспособности отдельных модулей, входящих в УЧПУ.

Тестовые подпрограммы выполнены в виде отдельных функционально законченных модулей, имеющих стандартные параметры входа и выхода, которые определяют связь между управляющим монитором и тестами. Область ОЗУ, отведенная под локальные переменные, является общей для всех тестовых подпрограмм, но используется в определенный момент времени только одним тестом. Такой метод обеспечивает возможность введения новых тестов, не корректируя существующих программных модулей, что особенно важно при разработке и расширении набора аппарат-

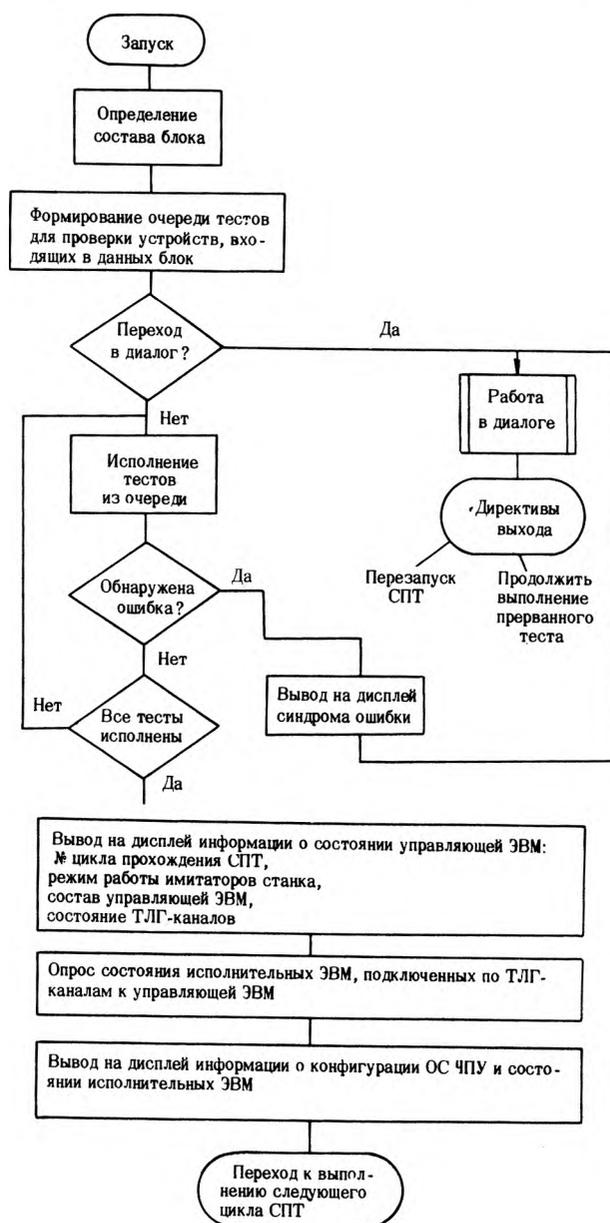


Рис. 1. Алгоритм работы СПТ в управляющей ЭВМ

ных модулей в системе. В монитор входят блоки управления тестами, обмена по ТЛГ-каналам, ввода-вывода и отладочно-сервисный блок.

Блок управления тестами обеспечивает выполнение тестовых подпрограмм: задает входные и анализирует выходные параметры теста, формирует синдром ошибки, задает режим прохождения теста. Блок обмена по ТЛГ-каналам организует протокол обмена и осуществляет передачу информации между микроЭВМ системы. Блок ввода-вывода обеспечивает связь с оператором посредством отображения информации о прохождении тестов и состоянии системы на экране дисплея, а также обработку директив оператора. Отладочно-сервисный блок предназначен для организации диалога системы УЧПУ с оператором. На пульте оператора осуществляется задание директив, их

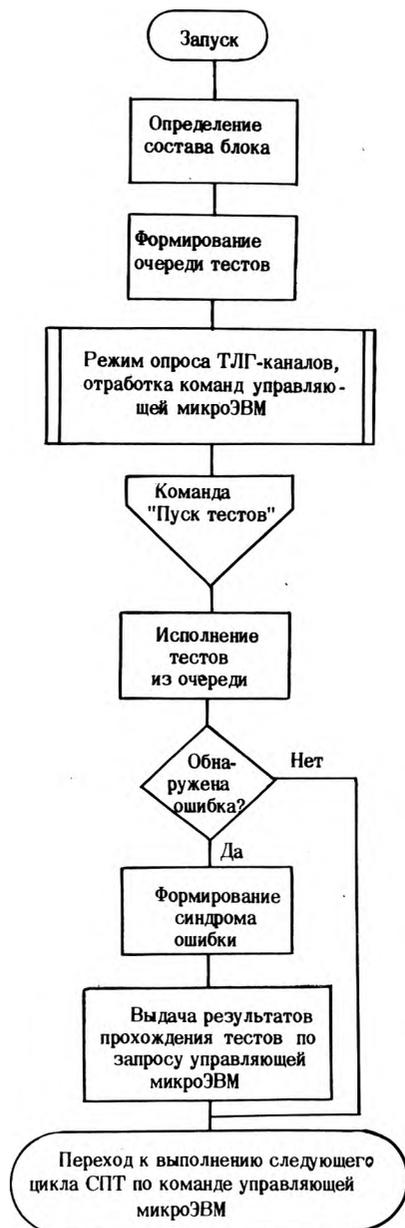


Рис. 2. Алгоритм работы СПТ в исполнительной микроЭВМ

выполнение индицируется на экране дисплея. К наиболее употребляемым директивам относятся опрос ТЛГ-каналов, задание направления связи с микроЭВМ по номеру ТЛГ-канала (с обращением к управляющей и исполнительной микроЭВМ).

По заданному направлению связи для любой микроЭВМ системы УЧПУ выполняются следующие директивы: чтение-запись информации, закидывание чтения-записи, пуск программы с адреса, обмен массивами данных ЭВМ по ТЛГ-каналам, запуск контроля отдельного модуля, задание прохождения отдельной тестовой программы, прерывание и продолжение выполнения тестовой подпрограммы, определение состояния микроЭВМ, задание режима работы имитатора станка.

Переход в диалог осуществляется либо автоматически после обнаружения ошибок, либо по директиве, задаваемой оператором. Во втором случае исполняемая программа прерывает работу и может быть продолжена после работы в диалоге. Режим диалога позволяет использовать СПТ в составе автоматизированных стендов контроля и диагностики модулей УЧПУ. В этом случае стенды организуются на базовых микроЭВМ УЧПУ.

Запуск СПТ осуществляется при включении питания микроЭВМ, при этом СПТ автоматически настраивается на данную систему, определяя ее конфигурацию и состав модулей, входящих в микроЭВМ системы.

Алгоритм работы СПТ в управляющей микроЭВМ приведен на рис. 1, для исполнительной микроЭВМ — на рис. 2.

Управляющая микроЭВМ после включения питания переходит к выполнению диагностических тестов. Перед выполнением каждого теста СПТ по директиве оператора может перейти в диалог. Если директива не задана, выполняется следующий тест.

Исполнительная микроЭВМ после включения питания переходит в режим опроса ТЛГ-каналов: принимает и обрабатывает команды и директивы, принятые по ТЛГ-каналу от управляющей микроЭВМ. Одной из таких команд является команда "Пуск тестов", по получении которой СПТ переходит к тестированию блока. Результаты тестирования передаются в управляющую микроЭВМ по получении запроса на их передачу.

Обмен по ТЛГ-каналам между микроЭВМ ведется с квитированием, т.е. передача командного байта или данных считается законченной, если получено подтверждение о приеме информации от приемника. Такой алгоритм работы обеспечивает высокую надежность работы СПТ в системе УЧПУ.

Прохождение тестовых подпрограмм индицируется на дисплее. На экран выдается номер проверяемой платы и номер диагностического теста. При обнаружении ошибки диагностическим тестом на экран выдается сообщение об ошибке. Если ошибка обнаружена в управляющей микроЭВМ, СПТ переходит в диалог для локализации места неисправности и работает под управлением оператора. При ошибке в исполнительной микроЭВМ СПТ продолжает работу в автоматическом режиме, не изменяя состояния блока, в котором обнаружена ошибка.

ружена ошибка, при этом на экран дисплея выводится информация об ошибке. Для ее локализации возможен переход СПТ в диалог по директиве оператора.

Выдаваемая на дисплей информация при наличии диагностических таблиц позволяет локализовать место неисправности с точностью до проверяемого узла команды, БИС.

Сервисно-отладочные возможности СПТ используются для работы в составе автоматизированных стендов контроля модулей УЧПУ.

Устройство имитации станка предназначено для проведения комплексной проверки системы. УИС имитирует рабочие органы станка, в том числе электрооборудование, устройство связи с датчиками обратной связи и усилителями приводов.

В заключение необходимо отметить достоинства предложенных средств контроля и диагностики УЧПУ, проявившиеся при эксплуатации: легкость освоения СПТ за счет автоматической адаптации на любую конфигурацию системы УЧПУ, что до минимума сократило набор необходимых директив оператора; универсальность СПТ, которая позволила использовать его на разных этапах контроля УЧПУ, сократить затраты на освоение системы контроля для каждого этапа контроля и затраты на специальное оборудование; использование нестандартных методов построения тестовых подпрограмм, обеспечивающих небольшой объем занимаемого системой контроля ППЗУ (8К слов) и повышающих достоверность контроля\*.

\*Евдокимов И.И., Литош П.Г. Метод построения тестовых программ для арифметического логического устройства. — Электронная промышленность, 1983, вып.9, с.43, 44.

Статья поступила 15 января 1985 г.

УДК 621.317.799:621.3.049.77

В.Ю.Аношкин, А.И.Ганзбург, В.С.Каляпин, В.Н.Чупис

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВНУТРИСХЕМНОГО КОНТРОЛЯ

Эффективное решение задач повышения надежности радиоэлектронной аппаратуры и, в частности, снижения трудоемкости регулировочных работ связано с созданием автоматизированных технологических систем контроля узлов на платах печатного монтажа (ППМ). Автоматизированная система внутрисхемного контроля (АСВК) представляет собой первую ступень автоматического контроля ППМ. Она выявляет замыкания между дорожками ППМ непосредственно после пайки на месте монтажа, поэтому для устранения неисправностей требуются минимальные затраты. Аппаратные и программные средства проведения контроля с ми-

нимальным составом стендового оборудования позволяют проводить на стенде проверку аналоговых и цифровых ячеек.

**Аппаратные средства.** В основе АСВК лежит принцип сравнения сопротивления между двумя контролируемыми точками (или группами точек) с сопротивлением, принятым в качестве сопротивления короткого замыкания (порог фиксации КЗ), которое должно быть в два-три раза больше, чем переходное сопротивление любой контролируемой цепи (в переходное сопротивление входят сопротивления проводов, контактов разъемов и реле коммутатора, сопротивление контактирования иглы с дорожкой ячейки). Обычно сопротивление КЗ выбирается в пределах 5–15 Ом, подключение к точкам контролируемой ячейки производится с помощью контактного устройства.

В состав стенда входят измеритель КЗ, коммутатор для подключения контролируемых точек к измерителю, контактное устройство, обеспечивающее подключение к проводникам ячейки, управляющий вычислительный комплекс, обеспечивающий автоматический режим работы.

Основные функциональные узлы АСВК показаны на рисунке: микроЭВМ "Электроника К1-20" с программируемым устройством ввода-вывода (УВВ); пульт управления (ПУ); коммутатор. В состав коммутатора входят: буфер, регистр ввода (Р1) и вывода (Р2), дешифраторы группы (ДШГ) и команд (ДШК), схема управления (СУ), мультиплексор группы (К1), измеритель (И), 16 плат реле, включающих в себя дешифратор реле (ДШР), память на триггерах (Т), мультиплексор реле (К2) и 16 черновых реле; блок питания (БП).

Автоматический контроль проверяемой платы осуществляется микроЭВМ "Электроника К1-20", информация из которой выводится через УВВ восьмиразрядным параллельным кодом и поступает через шинные формирователи на вход регистра коммутатора.

В соответствии с введенными данными в коммутаторе срабатывают необходимые реле, которые подключают контролируемые точки к измерителю. Измеритель в свою очередь фиксирует наличие КЗ между данными точками и выдает сигнал на выходной регистр состояния Р2. На этот же регистр выводятся и аварийные сигналы "Сбой", "СШС", "СП", "Изм", из СУ и БП. Вся информация с регистра Р2 через шинные формирователи выводится на микроЭВМ, которая в соответствии с алгоритмом работы производит обработку полученной информации. При наличии аварийных сигналов контроль платы прекращается и на индикаторе ПУ отображается соответствующее диагностическое сообщение. При обнаружении КЗ запоминаются точки, между которыми произошло КЗ, и продолжается проверка. После проверки платы на индикаторе отображается число КЗ, а затем на индикатор последовательно выводятся номера пар точек, между которыми было обнаружено КЗ.

Входные данные побайтно записываются в 16-разрядный входной регистр Р1. В первом байте четыре старших разряда являются адресом группы реле, а четыре младших — адресом реле. Во вто-

ром байте входной информации передаются команды: "Вкл", "Выкл", "Пуск", "Сброс". Все реле коммутатора разбиты на 16 групп по 16 реле в группе. Дешифрация реле проходит по двухступенной схеме. На первой ступени с помощью ДШГ дешифруется адрес группы, на второй — номер реле в группе. С ДШГ импульс "разрешение" поступает на выбранную плату (группу реле). Параллельно на все платы реле с Р1 поступает адрес реле, который дешифруется ДШР при приходе импульса "разрешение".

Для контроля включенных реле в коммутаторе предусмотрена обратная связь, образованная мультиплексорами К1 и К2.

СУ предназначена для выработки сигналов, соответствующих состоянию коммутатора: "СР" — состояние реле и "ОИ" — обработка информации. СУ вырабатывает также импульс синхронизации с необходимой задержкой 2 мкс, по которому происходит включение или выключение реле.

Созданная система универсальна: при наличии соответствующего устройства она может быть использована для контроля качества плат различно-

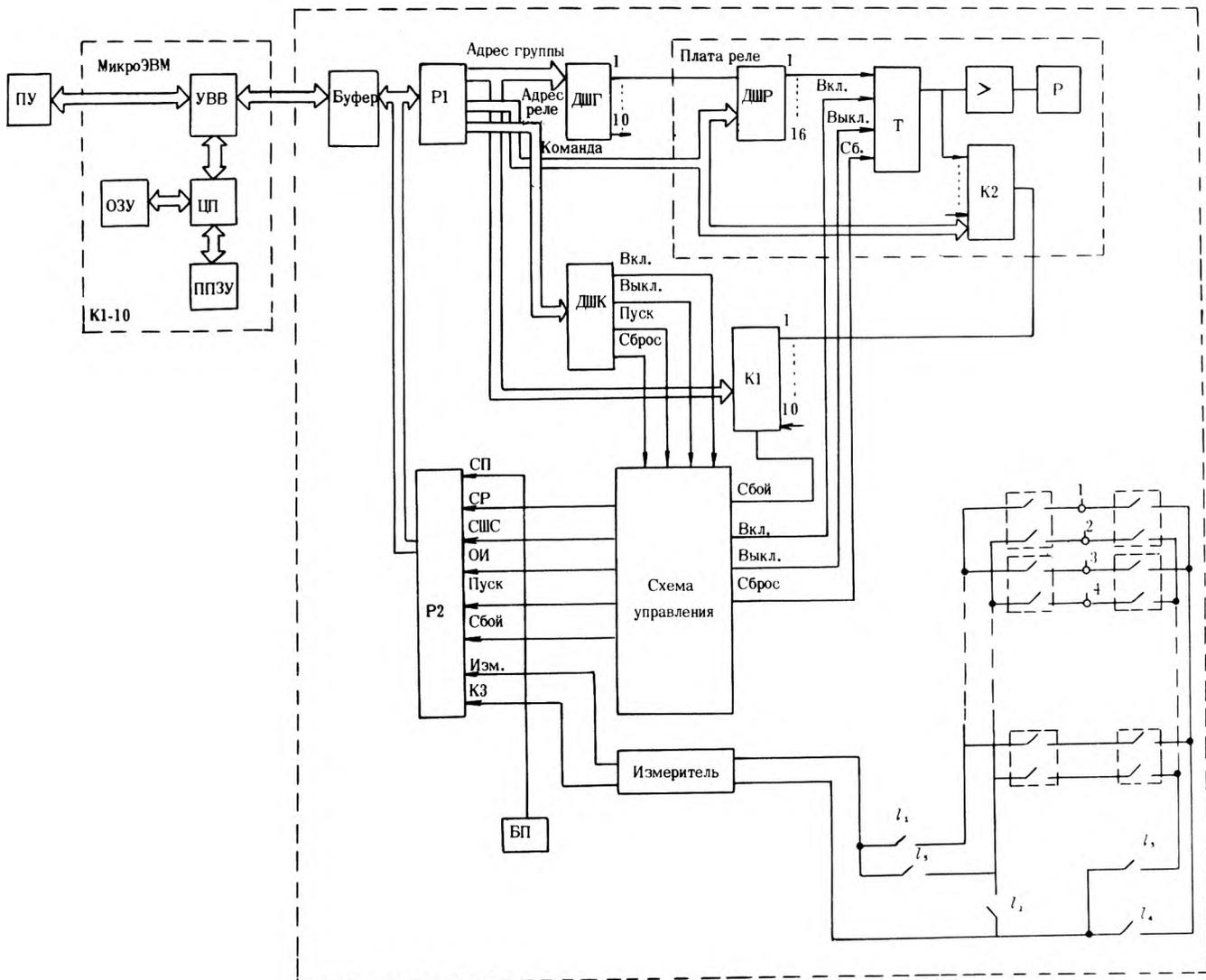
го типа, малые габариты АСВК позволяют размещать ее непосредственно на рабочем месте монтажника.

#### Технические характеристики АСВК

Измерительное напряжение, В .....	0,2
Диапазон измерительного напряжения, В .....	0,1–0,3
Порог фиксации КЗ, Ом .....	10
Диапазон регулирования порога фиксации, Ом .....	5–15
Напряжение питания, В .....	220 ± 10%
Площадь, м <sup>2</sup> .....	1,3

АСВК предназначена для работы в автоматическом и ручном режимах. Последний используется для включения реле и формирования управляющих команд при настройке и ремонте стенда. Время автоматического контроля одной ячейки — не более 10 с. Максимальный размер проверяемых ячеек — 250 × 250 мм.

**Программное обеспечение.** АСВК обеспечивает контроль 240 точек (дорожек) печатных плат. Это число определяется возможностями коммутатора (количеством реле, входящих в его состав) и в принципе может быть увеличено. Оптимизация



Функциональная схема АСВК

алгоритма работы АСВК заключалась в уменьшении количества срабатывания реле, увеличении срока службы системы.

Был выбран следующий алгоритм основной рабочей программы. Все точки делятся на четыре группы, по 60 в каждой. Поиск возможных КЗ осуществляется в три этапа: проверка КЗ между точками внутри каждой группы, между группами, между точками разных групп (при наличии КЗ между группами).

Кроме того, в состав ПО АСВК входит программа диагностики, контролирующая работоспособность аппаратной части системы. Она обеспечивает определение неисправностей КПУ со стендом, измерителя, разрывов в измерительных цепях, КЗ между измерительными линиями, выявляет разрывы в цепях подключения контактов реле и неисправности самих реле. В случае обнаружения неисправности на пульте выводится код соответствующего повреждения.

Отладка программы для АСВК производилась в два этапа. На первом этапе была проведена автономная отладка с применением кросс-системы моделирования и отладки микропроцессорных управляющих систем "Монус-580", которая реализована в ОС ЕС. На втором этапе проводилась комплексная отладка программы на стенде с использованием микроЭВМ "Электроника К1-10". Затем отлаженная программа была записана в ППЗУ, установленное в контроллере ЭВМ "Электроника К1-20".

Объем ПО АСВК — 4 кбайт, из которых 2,5 кбайт приходится на рабочую программу и 1,5 кбайт на программу диагностики.

Описанная система дает значительный технико-экономический эффект: высвобождает трудовые ресурсы, улучшает качество ППМ. Она является существенным звеном в решении автоматизированного контроля ячеек РЭА.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Хилбурн Дж., Джулич П. МикроЭВМ и микропроцессоры. — М.: Мир, 1979. — 463 с.
2. МикроЭВМ/Под ред. А. Дирксена. — М.: Энергоиздат, 1982. — 328 с.
3. Клигман Э. Проектирование микропроцессорных систем. — М.: Мир, 1980. — 569 с.
4. Экономическая эффективность применения автоматизированного контрольно-испытательного оборудования (опыт РЭП США). — Радиоэлектроника за рубежом, 1981, № 6, с. 28—42.

Статья поступила 12 ноября 1984 г.

УДК 621.317.799:681.327.664.4

Ю.Ю.Гусев, Б.И.Журба, А.Н.Павлов,  
В.Г.Тугарин

### АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МАГНИТООПТИЧЕСКИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ПОЛЯ КОЛЛАПСА ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ МАГНИТНЫХ ДОМЕНОВ

Описана установка для автоматизированного измерения поля коллапса цилиндрических магнитных доменов на основе магнитооптической методики, при которой луч света после прохождения через поляризатор, образец и анализатор попадает непосредственно на фотоэлектронный умножитель.

При производстве тонких феррит-гранатовых пленок, используемых в качестве сред для хранения и переработки информации, прямое измерение поля коллапса цилиндрических магнитных доменов (ЦМД) субмикронных размеров имеет большое практическое значение. Прямое измерение поля коллапса ЦМД на основе магнитооптической методики с использованием эффекта Фарадея [1, 2] осуществляется с помощью поляризационного микроскопа и фотоприемника. Примененная модуляция поля смещения существенно повысила чувствительность определения  $H_0$ . Универсальность метода определения  $H_0$  по резкому спаду зависимости сигнала фотоприемника от возрастающего поля смещения  $H_0$  и его независимость от нижнего предела диаметра ЦМД [3] подтверждены на образце с шириной полосового домена 1,4 мкм. Однако при проведении быстрых измерений на тонких образцах с малым фарадеевским вращением и толщиной слоя менее 1 мкм чувствительность метода недостаточна, так как отношение сигнал-шум  $J_{с/ш}$  не превышает величину 1–3, как следует из соотношения [3]:

$$J_{с/ш} \approx 4(K J_i / 2 q b)^{1/2} e^{-\alpha d / 2} \beta d \delta a \cos \theta,$$

где  $K$  — коэффициент пропорциональности интенсивности света выходному току фотоэлектронного умножителя;  $J_i$  — интенсивность падающего на образец излучения;  $q$  — заряд электрона;  $b$  — ширина полосы;  $e^{-\alpha d}$  — оптическое поглощение в ЦМД-материале;  $\beta$  — постоянная фарадеевского вращения;  $\theta$  — угол оси поляризатора в эксперименте;  $\delta a$  — малые измерения площади ЦМД при модуляции,  $d$  — толщина образца.

Пропорциональность  $J_{с/ш}$  параметру  $\beta d \delta a$  и, следовательно, зависимость  $J_{с/ш}$  от диаметра ЦМД определяют количественное ограничение метода при малом значении  $\beta d \delta a$ . Поэтому в настоящей работе с целью совершенствования магнитооптической методики определения  $H_0$ , повышения ее чувствительности, исключения специальных требований к электронной части уста-

новки, поле модуляции ЦМД выбиралось из условия  $H_{\sim} > H_0 - H_{\text{пнд}}$ , где  $H_{\text{пнд}}$  — поле появления полосового домена.

При увеличении поля смещения  $H_{\text{см}}$  наступает коллапс ЦМД, при котором в точке I (рис. 1, а, б)  $H_0 = H_{\text{см}}^I + H_{\sim}$ .

Дальнейшее увеличение  $H_{\text{см}}$  вызывает резкое увеличение электрического сигнала фотоприемника  $J_{\text{ф}} = f(H_{\text{см}})$  в результате воздействия отрицательной полуволны модуляции на исследуемый образец, обусловленное исчезновением ЦМД и одновременным зарождением полосового домена.

Поэтому точка II (рис. 1, б) соответствует максимальному значению сигнала  $J_{\text{ф}} = f(H_{\text{см}})$ , а точка III — минимальному, при котором соблюдается условие  $H_{\text{см}}^{\text{III}} = H_{\text{пнд}} + H_{\sim}$ .

При организованном коллапсе ЦМД наблюдается более резкое возрастание  $J_{\text{ф}} = f(H_{\text{см}} > H_0 - H_{\sim})$  по сравнению с моделью последовательного коллапса ЦМД.

Достаточно сильное изменение сигнала определяется увеличением площади модулирующего фактора  $\beta d \delta a$ , так как площадь полосового домена может превышать площадь ЦМД в 10–100 раз.

Таким образом, рассмотренный метод измерения поля коллапса ЦМД обладает по сравнению с методом, изложенным в работе [3], повышенной чувствительностью, так как при малом отношении

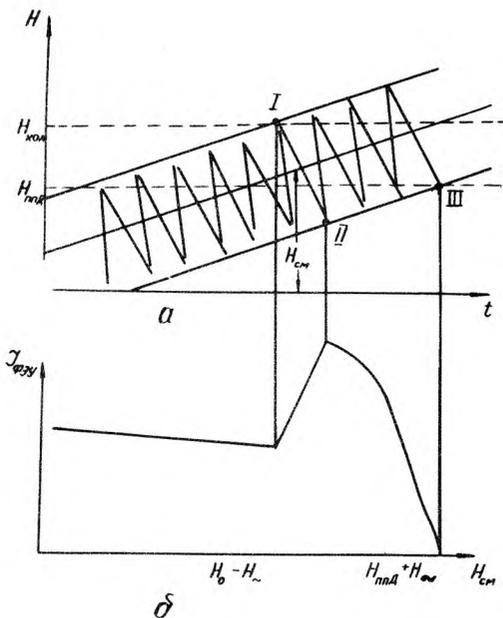


Рис. 1. Определение поля коллапса  $H_0$  и поля появления полосовых доменов  $H_{\text{пнд}}$ : а — временная зависимость суперпозиции синусоидального поля ( $H_{\sim} = \text{const} > H_0 - H_{\text{пнд}}$ ) и линейно изменяющегося во времени постоянного поля; б — зависимость сигнала фотоумножителя  $J_{\text{ф}} = f(H_{\text{см}})$  от поля смещения  $H_{\text{см}}$

сигнал—шум участок резкого возрастания может быть зафиксирован более точно, чем участок убывания сигнала. Данное обстоятельство позволяет проводить измерения слоев толщиной менее 1 мкм без предъявления специальных требований к электронной части измерительного устройства с достаточной для практических целей точностью.

Предлагаемый метод анализа сигнала  $J_{\text{ф}} = f(H)$  в отличие от метода, изложенного в работе [3], позволяет проводить измерения как поля коллапса, так и поля появления полосового домена.

Конструктивно установка может быть собрана с помощью микроскопа "Биолам-М". Это создает удобство в настройке и позволяет с помощью окуляра дополнительно проводить визуальный анализ зависимости  $J_{\text{ф}} = f(H_{\text{см}})$  при исследовании материалов с различными магнитными свойствами. Структурная схема электронной части автоматизированного измерителя поля коллапса представлена на рис. 2 [4].

Световой поток, выходящий из оптической схемы, попадает на катод ФЭУ (ФЭУ-136 с чувствительностью фотокатода  $1,6 \cdot 10^{-4}$  А/лм). Модуляция поля смещения осуществляется с помощью катушки модуляции, имеющей фиксированную частоту 72 Гц.

Генератор пилообразного тока формирует начальный ток смещения в катушке Гельмгольца, меньший критической величины тока исследуемого образца. Начальное смещение задается оператором с пульта управления. После установки исследуемого образца подача поля модуляции с катушки модуляции по сигналу с пульта управления вызывает линейное возрастание тока в катушке Гельмгольца.

Регистрируемый ФЭУ переменный сигнал усиливается (в 10 раз) с помощью предварительного усилителя и подается на селективный усилитель, представляющий собой совокупность широкополосного усилителя мощности и механического фильтра.

Пиковый детектор, выполненный по схеме формирователя абсолютной величины мгновен-

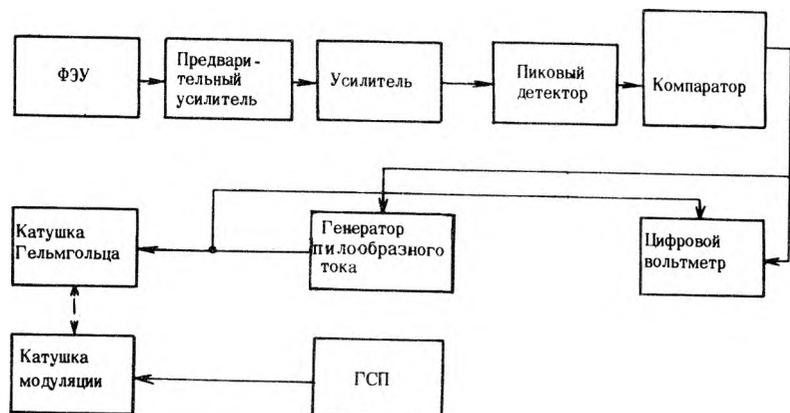


Рис. 2. Структурная схема электронной части автоматизированного измерителя поля коллапса ЦМД

ного значения переменного напряжения по принципу суммирования [5], выделяет огибающую полезного сигнала. Предварительно оператором с пульта управления устанавливается порог срабатывания компаратора  $\Delta$ . При возрастании тока в катушке Гельмгольца до значения, соответствующего коллапсу доменов, наступает участок резкого изменения сигнала  $J_{\phi} = f(H_{см})$  на выходе фильтра. Уровень сигнала с пикового детектора, имеющего на выходе большую емкость, практически не изменяется.

Как только изменение сигнала на выходе превышает величину  $\Delta$ , состояние логического сигнала с выхода компаратора меняется на противоположное, запускается цифровой вольтметр, измеряющий ток в катушке Гельмгольца. Вольтметр фиксирует численное значение напряженности поля коллапса ЦМД. (Одновременно сигнал с компаратора может привести ток в генераторе переменного тока к начальному значению).

Требуемая поправка, возникающая вследствие действия генератора синусоидального тока и инерционности механического фильтра, может быть легко учтена как с помощью аналогового сумматора, так и начальным смещением нуля цифрового вольтметра. Высокая разрешающая способность измерительной установки достигается применением высокочастотного механического фильтра, позволившего решить задачу выделения полезного сигнала. Частота основного тока выбрана равной 72 Гц, исходя из анализа спектрального состава шума системы: образец, осветитель, ФЭУ (уровень шума минимален в диапазоне частот 60–80 Гц). Ширина резонансной характеристики механического фильтра составляла 0,3 Гц.

На рис. 3 приведена зависимость выходного сигнала селективного усилителя от поля смещения. Для измерения выбран образец состава  $(4SmCa)_3(FeGe)_5O_{12}$  субмикронной толщины. Толщина эпитаксиального слоя определялась методом двухлучевой интерференции с помощью спектрофотометра СФ-26 и специальной приставки отражения. Отличие в показаниях поля  $(H_1 + H_2) / 2$  для рабочей точки компаратора  $J_{max/2} - J_{min}$

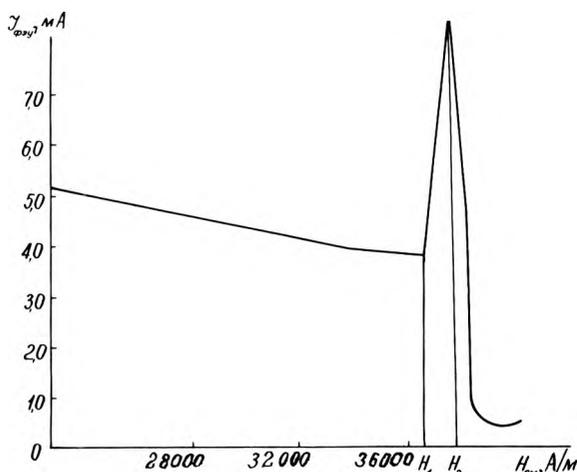


Рис. 3. Зависимость выходного сигнала от поля смещения. Модулирующее поле  $H \sim 3680 \text{ А/м}$

составляет  $\pm 2 \text{ э}$ , что приводит к относительной ошибке, отождествляемой с ошибкой в определении поля коллапса ЦМД, равной  $\pm 0,4\%$ . Сходимость данных системы индикации измерителя составляет менее  $0,5\%$  при среднем времени измерения 15–20 с.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Balasko M. and Pardavi-Horvath M. New Approach for Measuring Bubble Collapse Field of LPE Garnet Layers — Appl. Phys., 1978, n 16, p. 75–77
2. Смит А., Бекебрееде В., Кестигян М. Невизуальный метод измерения поля коллапса в гранатах с ЦМД малого диаметра. — Приборы для научных исследований, 1981, № 11, с. 145–156.
3. А.с. 913450 (СССР). Устройство для измерения напряженности поля коллапса цилиндрических магнитных доменов. /Л.А.Брякин, Н.П.Вашкевич, В.Ф.Говоров, Ю.Ю.Гусев, Б.И.Журба, Н.Н.Силантьев, В.Г.Тугарин. А.А.Шибяев. — Оpubл. в Б.И., 1982, № 10.
4. Домбровский З.И., Столяров А.А. — ПТЭ, 1977, № 4, с. 14.

Статья поступила 8 января 1985 г.

УДК 681.326.74.06

Э.-А.К.Багданскис, Б.Ю.Жаленас,  
В.И.Кайрялис, Г.А.Слауто

### ТЕСТЕР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИХ АЦП

Предназначен для функционального контроля, а также для измерения и контроля времени преобразования быстродействующих 6–8-разрядных аналого-цифровых преобразователей серии К1107 при высоких частоте тактовых импульсов и скорости изменения входного напряжения.

Измерение динамических параметров быстродействующих монолитных АЦП — одна из наиболее сложных проблем их серийного производства. Высокое быстродействие АЦП, точность измерения параметров, а также необходимая производительность определяют специфические требования к аппаратуре. Измерение проводится при максимальных значениях тактовой частоты и скорости изменения входного напряжения в условиях нормальной, пониженной и повышенной температуры. Известные методы измерения динамических параметров АЦП, основанные на статистической обработке выходных сигналов [1, 2], сложны и малопродуктивны, что ограничивает их применение в серийном производстве АЦП.

Ниже приведена структурная схема тестера для измерения времени преобразования и проверки функционирования при высоких частотах тактовых импульсов и скорости изменения входного напряжения (рис. 1).

На входы проверяемого АЦП поступают линейно изменяющееся напряжение  $U_f$  и тактовые импульсы  $U_c$ . Че-

рез интервал времени  $t_{CO}$  после выборки выходные коды записываются стробимпульсом в регистр. Если интервал  $t_{CO}$  больше времени преобразования  $t_C$ , то при записи кодов их последовательность не нарушается. Кодовые импульсы из регистра поступают в логическое устройство, где осуществляется их проверка. Логическое устройство выдает сигнал годности микросхемы и число пропущенных кодов (в случае бракованного АЦП).

В тестере предусмотрены два режима работы: функциональный контроль и измерение времени преобразования. В режиме функционального контроля логическое устройство выдает команду начала измерения. С этого момента времени изменение фаз между тактовыми импульсами  $U_C$  и входным напряжением  $U_I$  соответствует изменению входного напряжения  $\Delta U_I$ :

$$\Delta U_I = \left( \frac{U_{I1} - U_{I0}}{2^N m} \right), \tag{1}$$

где  $U_{I1}$  — входное напряжение АЦП, соответствующее

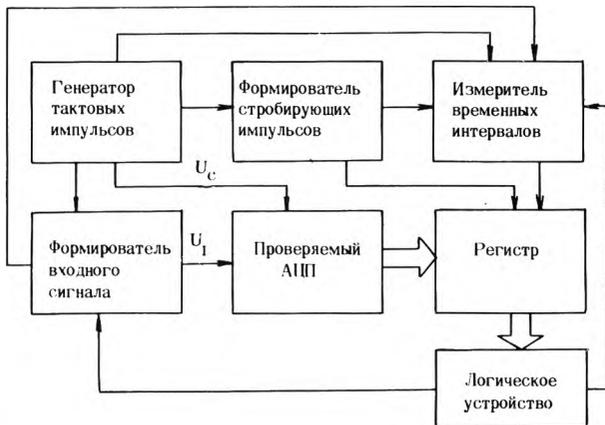


Рис.1. Структурная схема тестера для измерения динамических параметров АЦП



Рис.2. Внешний вид тестера

щее выходному коду 111...1,  $U_{I0}$  — входное напряжение АЦП, соответствующее выходному коду 000...0,  $N$  — разрядность АЦП,  $m$  — заданное число выборок для одного младшего значащего разряда (МЗР).

В режиме измерения времени преобразования задержка  $t_{CO}$  стробимпульса  $U_{стр}$  изменяется до тех пор, пока не совпадет с фронтом выходных импульсов  $U_0$  аналого-цифрового преобразователя, т.е. выполняется условие  $t_{CO} = t_C$ . Вероятность фиксации ожидаемого кода во время функционального контроля

$$P = 1 - (1 - n)^m, \tag{2}$$

где  $m$  — количество выборок для одного МЗР,  $n = 0,05...0,1$ .

Основные технические характеристики тестера

Тактовая частота, МГц	.....	20 ± 1%
Диапазон измерения времени преобразования, нс.	.....	не менее 70–150
Погрешность измерения времени преобразования, %	.....	не более ±10
Разрядность	.....	6–8
Уровень тактовых импульсов, В		
высокий	.....	2,4–5
низкий	.....	0–0,4
Длительность тактовых импульсов, нс	.....	15 ± 20%
Фронт тактовых импульсов, нс	.....	не более 6
Входное напряжение, В		
высокого уровня	.....	0,1–0,3
низкого уровня	.....	от –2,1 до –2,3
Длительность спада входного напряжения, нс	.....	50–150(± 10%)
Минимальное приращение входного напряжения из-за фазового сдвига, мВ	.....	не более 0,5
Размеры, мм	.....	480×215×350
Масса, кг	.....	25
Потребляемая мощность, В·А	.....	не более 100

Конструктивно тестер состоит из базового измерительного блока (рис. 2), выносного пробника и комплекта сменных контакторов. В базовом блоке размещены основные узлы измерителя (кроме компараторов кодов), на передней панели — органы управления и индикации, а также разъем для подключения пробника. Пробник со сменным контактором, выполненный в виде двух отдельных узлов, соединяется с базовым блоком при помощи удлинителя (около 1 м). На пробнике имеется кнопка "ПУСК" и световые индикаторы "ГОДЕН-БРАК", дублированные с базовым блоком.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нил М., Мьюто А. Динамический контроль аналого-цифровых преобразователей. — Электроника (пер. журн. «Electronics»), 1982, № 4, с. 49–57.
2. Корсунский А. Я., Сидоровский Э. В. Стенд для оперативного контроля динамической погрешности быстродействующих АЦП, использующий стробоскопический эффект. — ПТЭ, 1982, № 1, с. 120–123.

Статья поступила 9 апреля 1985 г.

УДК 621.317.791

Э.-А.К.Багданскис, П.Ю.Бартулис,  
В.Б.Квядарас, Г.М.Мисеркеев

### ТЕСТЕР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СВЕРХБЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИХ ЦАП

Измерение динамических параметров сверхбыстродействующих интегральных ЦАП является довольно сложной задачей в связи с тем, что времена установления выходного тока(напряжения)  $t_s$  и задержки распространения  $t_p$  при включении или выключении ЦАП составляют единицы или десятки наносекунд, а разрешающая способность измерения амплитудных значений определяется разрядностью ЦАП. Применение классических методов измерения времен установления затруднительно, так как уровни отсчета интервалов наносекундной длительности мало отличаются и составляют доли или несколько единиц младшего разряда (ЕМР) ЦАП [1]. Подобную задачу предназначен решить тестер для измерения динамических параметров ЦАП [2], в котором использовано стробоскопическое преобразование временного масштаба измеряемых импульсов [1, 3], и новый способ [4] измерения времени установления (рис. 1, 2).

Формирователь входных (тестовых) импульсов запускается выходным сигналом первого кварцево-

го генератора КГ1 с частотой повторения  $F_c$ . Выходные импульсы формирователя подаются на вход первого стробоскопического преобразователя (СП1) и на параллельно соединенные разрядные входы измеряемого ЦАП. Выходные измеряемые сигналы ЦАП с основного и дополняющего выходов поступают на входы второго и третьего стробоскопических преобразователей (СП2, СП3).

Сигналом второго кварцевого генератора КГ2, частота повторения которого  $F_T = F_c + \Delta F$  при  $F_T \approx F_c \gg \Delta F$ , запускают формирователь стробимпульсов. В силу того, что частота повторения стробимпульсов выбрана больше частоты повторения измеряемых сигналов, преобразование временного масштаба измеряемых сигналов происходит по обратной шкале времени. Это существенно упрощает схему обработки информации, так как время установления сигнала будет измеряться от первого выхода мгновенного значения измеряемого сигнала из зоны, образованной уровнями отсчета, до момента времени, когда мгновенное значение выходного сигнала достигнет половины амплитуды.

Коэффициент трансформации временного масштаба  $q = F_T / \Delta F$ .

Выходные (усиленные) сигналы от первого и второго (третьего) СП поступают на схему коррекции, формирующую сигналы "старт" для измерения времен задержек распространения  $t_p$  и "стоп" для измерения времен установления  $t_s$ . Сигналы "старт" и "стоп" поступают на схему управления и далее на схему счетчика, где проводится цифровое измерение  $t_p$  (при измерении времени задержки).

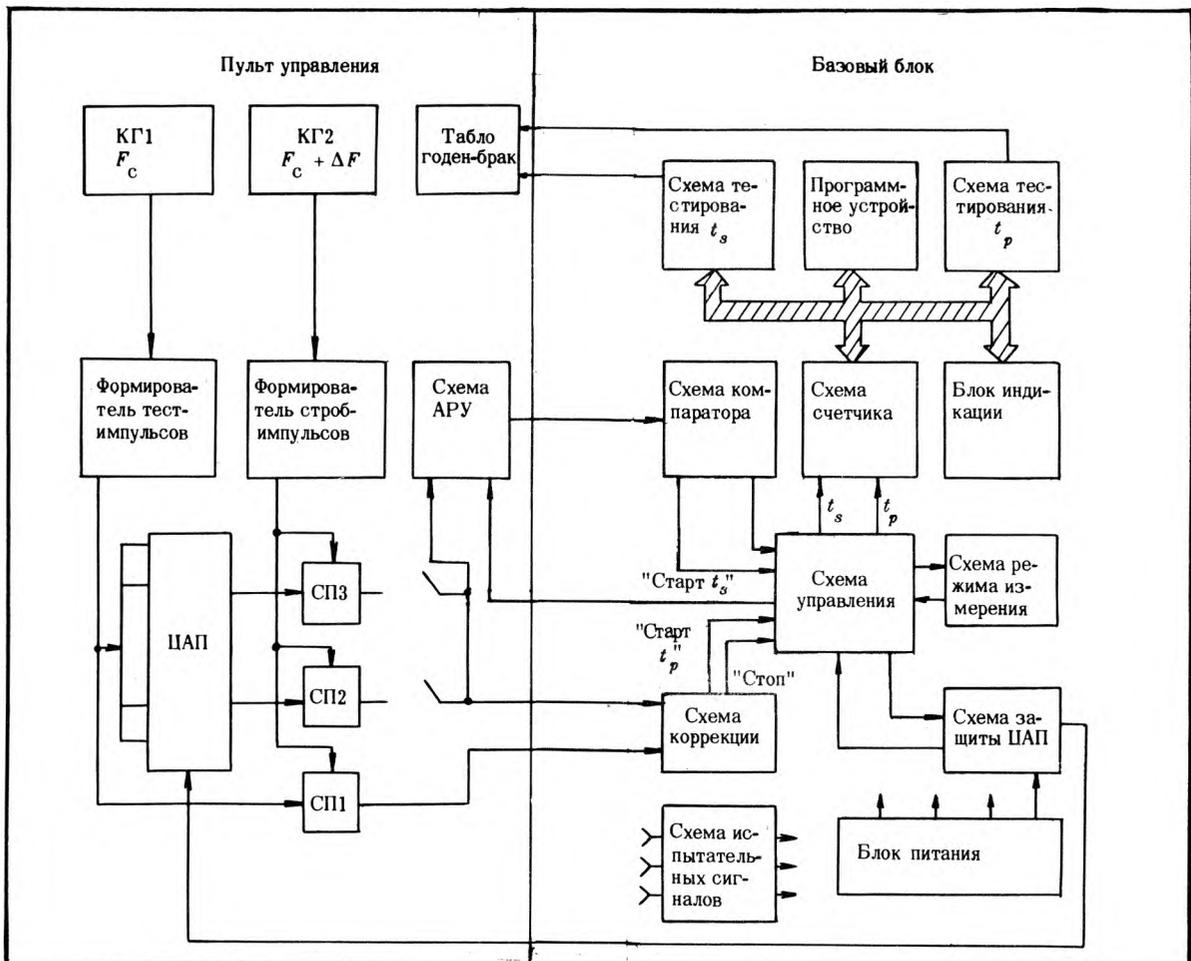


Рис. 1. Структурная схема тестера для измерения динамических параметров ЦАП

При измерении времени установления сигнал с выхода второго (третьего) СП подается на схему АРУ. Амплитуда импульса на выходе схемы АРУ задается равной требуемой величине. При этом независимо от амплитуды импульса на выходе ЦАП амплитуда сигнала на входе схемы компаратора будет одинаковой, а уровни отсчета, устанавливаемые в схеме компаратора, — постоянные, определяемые из условий  $U_{y1} = U_{n \max} + U'_y$  и  $U_{y2} = U_{n \max} - U'_y$ , где  $U_{n \max}$  — максимальная величина вспомогательного напряжения,  $U'_y$  — уровни, равные, например,  $\pm 0,5$  ЕМР. Когда мгновенное значение измеряемого сигнала становится больше большего или меньше меньшего уровня отсчета, схема компаратора генерирует сигнал "старт"  $t_s$ , который поступает на схему управления, и в счетчике начинается измерение времени установления. Импульс "стоп"  $t_s$  из схемы коррекции останавливает измерение. В схеме счетчика хранится значение  $t'_s$ . После этого величина постоянного напряжения уменьшается на определенную величину и измерение повторяется. В памяти схемы счетчика запоминается меньшая из измеренных величин. При величине  $U_n$ , равной амплитуде измеряемого импульса  $U_A$ , измеренное время будет наименьшее, а при дальнейшем уменьшении  $U_n$  до  $U_{n \min}$  измеренная величина будет опять возрастать. Таким образом, запоминаемая в памяти схемы счетчика наименьшая измеренная величина  $t_{s \min}$  и будет измеряемой величиной времени установления  $t_s$ . (Это позволяет отказаться от измерения амплитуды измеряемого импульса).

С выхода схемы счетчика двоично-десятичные кодовые сигналы поступают на блок индикации и схемы тестирования. В последней производится оценка результата измерения по заданному программным устройством коду. Результат оценки индицируется световым табло "ГОДЕН/БРАК". Схема режима измерения предназначена для управления алгоритмом измерения и установки ручного, полуавтоматического или автоматического режимов. Схема испытательных сигналов предусмотрена для имитации измеряемых сиг-

налов в трансформированном масштабе времени и используется для настройки и поверки базового блока тестера в процессе эксплуатации. Схема защиты предназначена для предохранения измеряемой ИС ЦАП от перенапряжения по цепи питания.

Данный способ измерения дает возможность исключить дополнительные погрешности измерения из-за появления на плоской части преобразованного измеряемого импульса различных неравномерностей, вызванных прохождением импульсов управления через паразитные емкости корпуса ЦАП или контактора, наводок и др., размах которых меньше 0,5 ЕМР.

Расчеты и эксперименты показывают, что погрешности измерения времени установления и времени задержки распространения соответственно составляют  $\delta_{t_p} \approx 5 \div 6 \%$ ,  $\delta_{t_s} \approx 8 \div 10 \%$ .

#### Основные технические характеристики тестера

Диапазон измеряемых времен, нс	2–50
Диапазон уровня отсчета, ЕМР	от –4 до +4
Частота повторения тест-импульсов, МГц	5
Разрядность измеряемого ЦАП	8
Динамический диапазон измеряемых сигналов, В	от –1,5 до +1,5
Погрешность измерения, %	не более 10
Нестабильность временной шкалы измерителя, %	не более $\pm 2$
Входное сопротивление, Ом	50
Производительность (без учета контактирования), схем/ч	300
Режимы измерения	ручной, полуавтоматический, автоматический
Масса, кг	20
Габариты, мм:	
базового блока	490 × 480 × 220
пульта управления	320 × 300 × 60
Напряжение питания, В	220, 50 Гц
Потребляемая мощность, В·А	не более 200

Программное устройство, выполненное в виде переключателя с формированием двоично-десятичного кода, позволяет задать нормы от 0 до 49,99 нс с дискретностью 0,01 нс.

Для поверки тестера используются встроенные схемы эталонных интервалов времени. Проверка всего измерительного тракта осуществляется путем накладки на выходной сигнал ЦАП короткого импульса с калиброванной задержкой. Калибровка измерительного тракта преобразованного сигнала проводится при помощи испытательных сигналов, получаемых от кварцевых генераторов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Стробоскопический преобразователь для измерения динамических параметров быстродействующих ЦАП/Э.-А.К. Багданскис, В.Б. Квядарас, А.И. Найденюв, М.А. Нарбутас. — Радиоэлектроника. Труды вузов Лит. ССР, 1982, т. 18, № 3, с. 24–29.
2. А. с. 1029089 (СССР). Стробоскопический измеритель временных интервалов/ Э.-А. К. Багданскис, В. Б. Квядарас, А. И. Найденюв, М. А. Нарбутас. — Опубл. в БИ, 1983, № 26.
3. К в я д а р а с В. Б. Вопросы построения точных стробоскопических измерителей временных интервалов. — Вопросы радиоэлектроники. Сер. Радиоизмерительная техника, 1975, вып. 3, с. 85–90.
4. А. с. 1084704 (СССР). Способ измерения времени установления переходных процессов четырехполосников/ Э.-А. К. Багданскис, В. Б. Квядарас, А. И. Найденюв, М. А. Нарбутас.—Опубл. в БИ, 1984, № 13.



Рис.2. Внешний вид тестера

Профессиональная ЭВМ представляет собой функционально завершенный вычислительный комплекс, основные параметры которого не уступают техническим характеристикам мини-ЭВМ типа «Электроника 100-25» и СМ-4. Применение новых интегральных схем и малогабаритных периферийных устройств обусловило значительное уменьшение габаритных размеров, массы и энергопотребления: все вычислительные средства профессиональной ЭВМ размещаются на обычном рабочем столе. Программное обеспечение, ориентированное на пользователя, не имеющего квалифицированной подготовки в области программирования, позволяет применять компьютер в повседневной работе руководителей, технологов, экономистов.

В состав профессиональной ЭВМ, кроме центрального процессора, программно совместимого с микроЭВМ семейства «Электроника», включены оперативная память емкостью 512 кбайт, накопители на магнитных дисках, дисплей и клавиатура. Клавиатура обеспечивает ввод алфавитно-цифровой информации, команд редактирования и управления. Часть клавиш управления зарезервирована для дальнейшего применения.

На дисплее одновременно можно отображать алфавитно-цифровую и графическую информацию при помощи видеоконтроллера, который управляет поэлементным построением изображения и выполняет следующие основные функции: хранение одной страницы изображения в памяти видеоданных; передачу построенных изображений в оперативную память ЭВМ; воспроизведение изображений, построенных ранее и хранимых в памяти ЭВМ; построение и модификацию изображений; расширение памяти видеоданных с помощью дополнительного модуля, обеспечивающее подключение цветного монитора.

Применение малогабаритных накопителей на магнитных носителях в качестве долговременной памяти позволяет хранить необходимые массивы информации, которая оперативно может быть вызвана на экран дисплея или в ОЗУ по требованию пользователя. В контроллерах накопителей реализованы все основные функции управления: автодиагностика, обмен данными с центральным процессором, запись на диски методом модифицированной фазовой модуляции, поиск требуемого адреса на диске, выделение данных и синхросигнала, фазовая автоподстройка частоты. После автодиагностики и проверки сигнала готовности контроллер, получив команду от процессора, формирует сигналы управления по микропрограмме в соответствии с алгоритмом работы и текущим состоянием накопителя. После завершения операции устанавливается один из запросов обслуживания прерывания и разряд готовности в регистре состояния. При возникновении ошибочных состояний в контроллере или накопителе устанавливается соответствующий разряд в регистре ошибок.

В составе профессиональной ЭВМ предусмотрен интерфейс для подключения печатающего устройства, а также коммуникационный кон-

троллер для подключения к системам информационного обслуживания.

Программное обеспечение профессиональной ЭВМ состоит из двух основных частей: базового программного обеспечения, предоставляющего удобные и простые средства взаимодействия с пользователем, и прикладных программ конкретного применения.

Взаимодействие пользователя с операционной системой организовано иерархически и осуществляется по принципу «выбора из меню», т.е. из списка выполняемых ЭВМ функций можно выбрать одну и использовать возможности микроЭВМ, не имея представления об особенностях программирования. В отличие от операционных систем универсальных ЭВМ, ориентированных на оптимизацию разделения ресурсов центрального процессора и поддержание коллективного доступа пользователей, операционная система профессиональной ЭВМ осуществляет управление вычислительными ресурсами процессора, распределение оперативной и долговременной памяти, управление дисплеем и клавиатурой, исходя из минимизации трудозатрат и удобства индивидуальной работы.

Вся информация в системе (программы, данные, бланки, формы) организуется в виде файлов, расположенных в логических блоках, которые имеют фиксированный размер 512 байт. Операционная система имеет средства для инициации и выполнения прикладных программ пользователя.

Подготовку и выполнение программ непосредственно на профессиональной ЭВМ можно осуществлять с помощью языка программирования высокого уровня Бейсик. Учитывая особенности обрабатываемой информации (числовой, графической, текстовой) в интерпретатор языка Бейсик введены операторы для выполнения графических и текстовых работ. Графические операторы выполняют вычерчивание прямых и кривых линий, окружностей, нанесение текста различного размера под любым углом. Отладочные средства языка Бейсик позволяют осуществлять оперативный синтаксический контроль исходных программ, подготовленных с помощью встроенного текстового редактора, контролировать трассировку, значения переменных, массивов, функций, а также размеры программы и имеющейся свободной памяти.

Редактор текста является прикладной программой, управляемой операционной системой и предназначенной для подготовки докладов, отчетов, исходных программ и других текстовых документов. Редактор текста позволяет создавать, перемещать, редактировать, запоминать и форматировать текст так, чтобы он был полностью подготовлен для вывода на печатающее устройство.

Структура программного обеспечения профессиональной ЭВМ предусматривает постоянное расширение системных программных средств и прикладных программ пользователя благодаря программной совместимости с мини- и микроЭВМ семейства «Электроника».

Статья поступила 12 мая 1981

Ответственные за выпуск Т. М. Вакуленко, Л. И. Жукова

Технический редактор Г. М. Корнеева

Художник В. А. Чернецов

Корректор А. П. Данченкова



Подписано в печать 3.09.85 г.

Т—15267    Формат 60х90 8    Объем 8 п.л.  
Уч.-изд.л. 10    Индекс 3833    39 статей, 1 реф.  
Заказ 881    Тираж 4935    Цена 2 руб.