

- (АСУК) изделий электронной техники.— «Электронная техника». Сер. 8, 1972, вып. 5.
2. И. В. Кузьмин. Оценка эффективности и оптимизации автоматических систем контроля и управления. М., «Советское радио», 1971.
  3. А. С. Касаткин, С. Г. Жиликов. Применение математических моделей для выбора характеристик автоматизированных систем управления качеством изделий электронной техники в эксплуатации.— «Электронная техника», Сер. 8, 1974, вып. 2 (20).

Поступила в редакцию 26 сентября 1974 г.;  
окончательный вариант — 22 января 1975 г.

УДК 621.3.087

А. Ю. ГУСЕВ, В. Н. ДЬЯКОНОВ, А. С. ЗЕНЗИН,  
И. В. МЕРКУЛОВ, В. Н. ОКУНИШНИКОВ, Г. М. СОБСТЕЛЬ,  
А. А. ФРАНЧУК, В. П. ШЕВЧЕНКО

(Новосибирск)

### ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМЫЕ МОДУЛИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ АНАЛИЗАТОРА ЧАСТОТНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ ГЕНЕРАТОРОВ

Настоящая работа посвящена рассмотрению принципов построения программно-управляемых модулей, используемых для создания системы [1, 2]; приводятся их технические характеристики и функциональные схемы.

Основные особенности модулей состоят в следующем:

- 1) модули разрабатывались по принципам стандарта САМАС [3];
- 2) в магистрали данных кресты шины чтения  $R$  и записи  $W$  объединены;
- 3) модули построены из унифицированных узлов, выполненных в виде отдельных печатных плат;
- 4) цифровая часть выполнена на базе интегральных схем серии 155;
- 5) конструктивно модули выполнены в виде блоков стойки «Вишня».

Команды управления модулями приведены в таблице.

**Модуль таймера** (рис. 1) предназначен для генерации образцовых интервалов времени (ОИВ) в двух режимах:

- а) генерация ОИВ, длительность которого выбирается оператором;

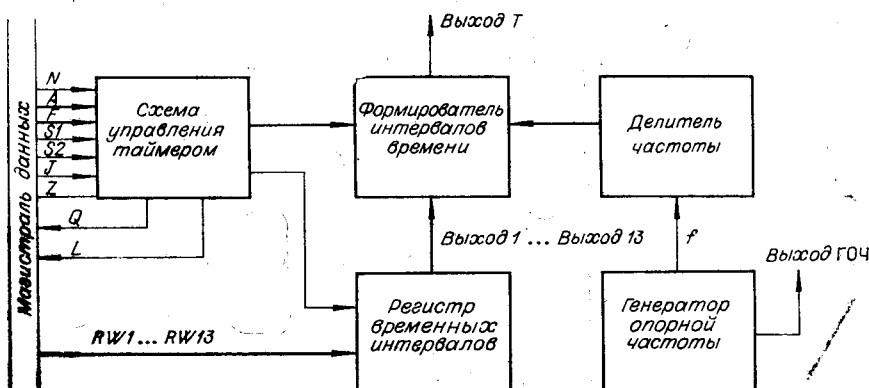


Рис. 1.

Наименование модуля	Операция	Команды			SI	S2	Q	L	Z	RW-шины
		N	A	F						
Модуль таймера	Сброс	-	-	-	-	+	-	+	+	-
	Запись кода длительности генерируемого импульса и кода паузы	7	0	17	+	-	+	+	-	+
	Разрешение генерации одиночного импульса	7	0	25	+	-	+	+	-	-
	Разрешение генерации последовательности импульсов	7	0	26	+	-	+	+	-	-
	Запрещение генерации последовательности импульсов	7	0	24	+	-	+	+	-	-
Модуль формирователя	Сброс	-	-	-	-	+	-	-	+	-
Модуль реверсивного счетчика	Сброс	-	-	-	-	+	-	-	+	-
	Запись кода времени измерения	9	0	17	+	-	+	+	-	+
	Сложение	9	0	26	+	-	+	+	-	-
	Вычитание	9	0	24	+	-	+	+	-	-
	Перезапись информации из счетчика в буферный регистр	9	0	18	+	-	+	+	-	-
	Чтение информации счетчика	9	0	0	-	-	+	+	-	+
	Чтение информации счетчика с учетом знака числа и сброс	9	0	2	-	-	+	+	-	+
	Запись информации в счетчик параллельным кодом	9	0	16	+	-	+	+	-	+
	Модуль цифрового дискриминатора	Сброс	-	-	-	-	+	-	-	+
Запись кода диапазона и режима работы		10	0	17	+	-	+	+	-	+
Анализ входной информации		10	0	16	+	-	+	+	-	+
Чтение и сброс регистра		10	0	2	-	-	+	+	-	+
Чтение числа «отброшенных» измерений		10	0	0	-	-	+	+	-	+
Модуль накопителей	Сброс	-	-	-	-	+	-	-	+	-
	Запись информации	11	0	16	+	-	+	+	-	+
	Чтение информации	11	0	0	-	-	+	+	-	+
Модуль цифровой индикации	Сброс	-	-	-	-	+	-	-	+	-
	Запись информации	5	0	16	+	-	+	+	-	+
Модуль управления ЭЛТ	Сброс	-	-	-	-	+	-	-	+	-
	Запись кода яркости	1	0	16	+	-	+	+	-	+
	Запись кода V	1	1	16	+	-	+	+	-	+
	Запись «1» в счетчик X	1	1	25	+	-	+	+	-	+

б) генерация последовательности ОИВ измерения и паузы, длительность которых также выбирается оператором.

В состав модуля входят генератор опорной частоты (ГОЧ), делитель частоты, регистр временных интервалов, формирователь интервалов времени и схема управления.

Команда разрешения генерации и код длительности ОИВ измерения и паузы поступают из магистрали. Код ОИВ измерения и паузы запоминается в регистре временных интервалов, а команда разрешения генерации — в регистре схемы управления. В режиме «а» команда разрешает формирование одиночного ОИВ. Длительность его определяется началом счета импульсов от ГОЧ и совпадением кодов регистра временных интервалов и делителя частоты. Формирование следующего ОИВ происходит при повторном разрешении на генерацию.

Отличительная особенность режима «б» состоит в том, что команда разрешения генерации подается только один раз и в дальнейшем таймер обрабатывает ОИВ измерения и паузы в течение всего режима, пока не закончится заданный цикл измерений. В модуле предусмотрена возможность выбора различных комбинаций длительностей ОИВ измерения и паузы.

На передней панели модуля размещены выходной разъем генерируемых временных интервалов и вспомогательный разъем выхода ГОЧ.

Технические характеристики: стабильность временных интервалов не хуже  $10^{-6}$ ; длительности ОИВ  $2^3$ ,  $2^2$ ,  $2^1$ ,  $2^{-3}$ ,  $2^{-7}$ ,  $2^{-10}$ ,  $2^{-13}$  с; длительности пауз  $2^0$ ,  $2^{-3}$ ,  $2^{-7}$ ,  $2^{-10}$ ,  $2^{-13}$  с; модуль одинарной ширины.

**Модуль формирователя** (рис. 2) предназначен для преобразования исследуемого сигнала синусоидальной формы в последовательность нормированных по амплитуде импульсов и напряжение постоянного тока, пропорциональное частоте исследуемого сигнала.

В состав модуля входят усилитель 1, формирователь, делитель частоты, преобразователь частота — напряжение, усилитель 2 и схема управления.

Исследуемый сигнал через широкополосный усилитель поступает на формирователь. В качестве формирователя используется триггер Шмидта, обеспечивающий формирование импульсов прямоугольной формы с амплитудой, достаточной для срабатывания делителя частоты и преобразователя частота — напряжение. Делитель частоты на выходе формирователя необходим для приведения в соответствие требований по быстродействию интегральных схем серии 155 и диапазона частот исследуемого сигнала. Преобразователь частота — напряжение представляет собой диодный интегратор мостового типа [4]. Перекрытие диапазона частот 10 кГц — 15 МГц осуществляется переключением интегрирующих емкостей.

На передней панели модуля размещены входной разъем для подключения исследуемого сигнала, выходной разъем делителя частоты,

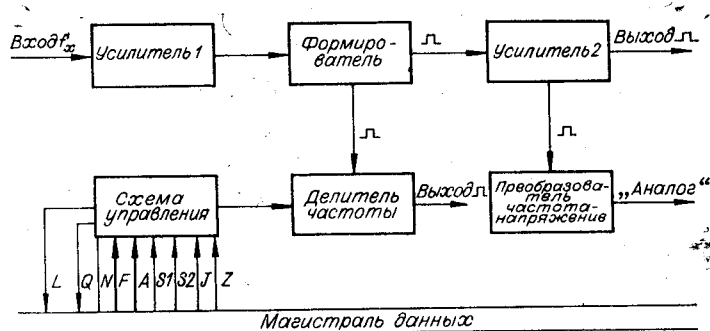


Рис. 2.

выходной разъем преобразователя частота — напряжение и переключатель диапазонов.

Технические характеристики: диапазон частот исследуемого сигнала 10 кГц — 15 МГц; отношение сигнал/шум не менее 10; уровень входных напряжений 10 мВ — 1 В; поддиапазоны преобразователя частота — напряжение 10 кГц — 1 МГц, 1 — 10 МГц, 10 — 15 МГц; модуль одинарной ширины.

**Модуль реверсивного счетчика** (рис. 3) предназначен для подсчета числа импульсов в течение ОИВ и для вычисления разности между числом, записанным

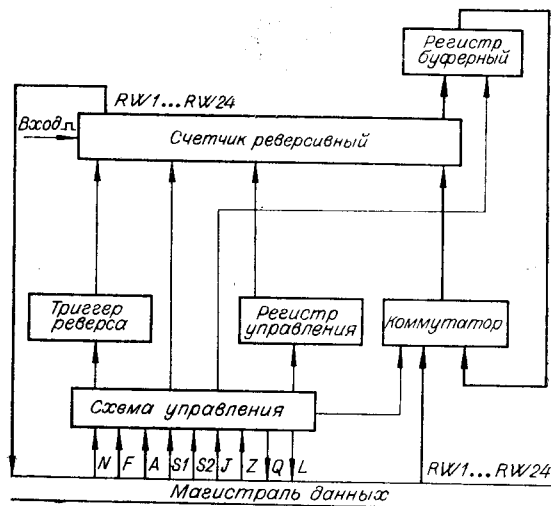


Рис. 3.

в счетчик параллельным кодом, и числом, полученным в результате счета.

В состав модуля входят реверсивный счетчик, триггер реверса, буферный регистр, коммутатор и схема управления.

Информация из магистрали или буферного регистра через коммутатор записывается в счетчик параллельным кодом. Также параллельным кодом информация может быть переписана из счетчика в буферный регистр или выведена на магистраль. Выравнивание порядков чисел, отсчитываемых за различные ОИВ, осуществляется исключением определенного числа разрядов счетчика при занесении в регистр управления позиционного кода, соответствующего заданному ОИВ. Направление счета задается путем установки извне в определенное состояние триггера реверса.

В системе, описанной в [1], модуль реверсивного счетчика работает в трех режимах. В первом режиме определяется реперное значение частоты, которое заносится в буферный регистр и выводится на магистраль. Во втором режиме вычисляется отклонение текущего значения частоты относительно реперного значения. Результат вычисления с учетом знака выводится на магистраль. В третьем режиме вычисляется разность между двумя числовыми значениями частоты, полученными за два последовательных ОИВ. Результат также выводится на магистраль.

Сигналы ОИВ и последовательность импульсов исследуемого сигнала поступают через разъемы, установленные на передней панели модуля. Кроме того, на переднюю панель вынесена индикация состояния регистра управления.

Технические характеристики: минимальная длительность счетных импульсов (при скважности 2) 0,1 мкс; длительность ОИВ  $2^3$ ,  $2^2$ ,  $2^1$ ,  $2^0$ ,  $2^{-3}$ ,  $2^{-7}$ ,  $2^{-10}$ ,  $2^{-13}$  с; количество разрядов счетчика 24; модуль двойной ширины.

**Модуль цифрового дискриминатора** (рис. 4) предназначен для анализа информации, представленной в двоичном коде, с целью отнесения ее к соответствующему каналу сбора информации в зависимости от выбранного диапазона (веса коэффициента). В состав модуля входят коммутатор, регистр информации, регистр управления, анализатор выбора диапазона, дешифратор, счетчик числа входных кодов, значения которых выходят за пределы заданного диапазона, схема управления и индикатор.

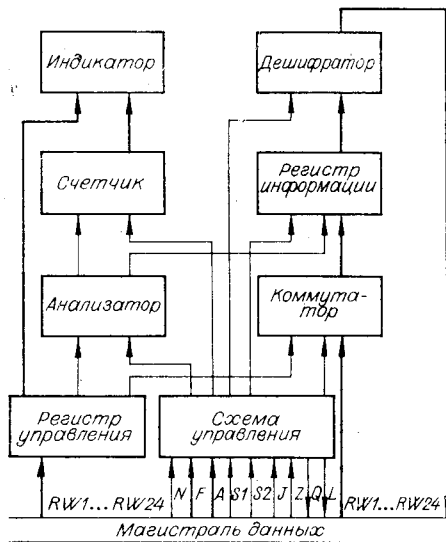


Рис. 4.

Модуль рассчитан для работы с 16-канальным накопительным устройством. Анализ входного двоичного кода выполняется путем «деления» его на весовой коэффициент, соответствующий выбранному диапазону. Число, полученное в результате деления, дешифрируется и в виде логической «1» выводится на магистраль для занесения в определенный канал накопителя. Аппаратурно операция деления выполняется следующим образом. Входной код разбивается на три части. Первая часть кода (младшие разряды), меньшая или равная весовому коэффициенту диапазона, не анализируется, а принимается за «1» минимально возможного значения входного кода. Четыре последующих разряда кода через коммутатор поступают на вход регистра информации, а остальная часть кода контролируется анализатором выбора диапазона. Если диапазон выбран верно (на всех входах анализатора логические «0»), то формируется сигнал разрешения записи в регистр информации. Записанный в регистр код соответствует частному от деления входного кода на весовой коэффициент заданного диапазона. Если диапазон выбран неверно (на любом из входов анализатора логическая «1»), то записывается «1» в счетчик входных кодов, значения которых выходят за пределы выбранного диапазона. Максимальная емкость этого счетчика определяется проводимым экспериментом. Записанное в счетчик число может быть выведено на магистраль и индицируется на передней панели модуля. Кроме того, на переднюю панель выведена индикация состояния регистра управления.

Технические характеристики: число разрядов анализируемого кода 24; весовые коэффициенты для диапазонов с 1 по 6 соответственно  $2^5$ ,  $2^6$ ,  $2^9$ ,  $2^{12}$ ,  $2^{15}$ ,  $2^{18}$ ; время анализа (запись, считывание) 2 мкс; модуль двойной ширины.

Модуль накопителей (рис. 5) предназначен для сбора и хранения информации, поступающей по 16 каналам, и вывода параллельным двоичным кодом содержимого любого из каналов.

В состав модуля входят 16 восьмизрядных счетчиков, коммутатор и схема управления.

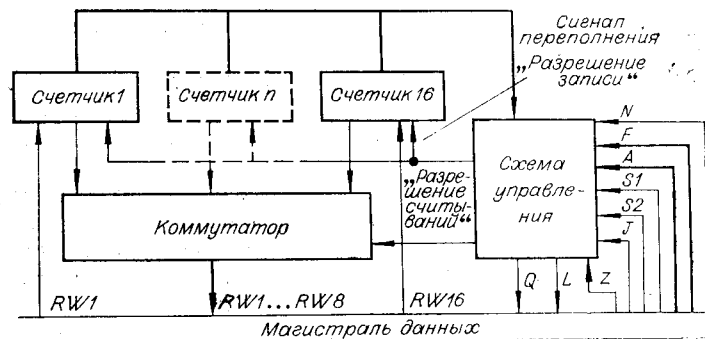


Рис. 5.

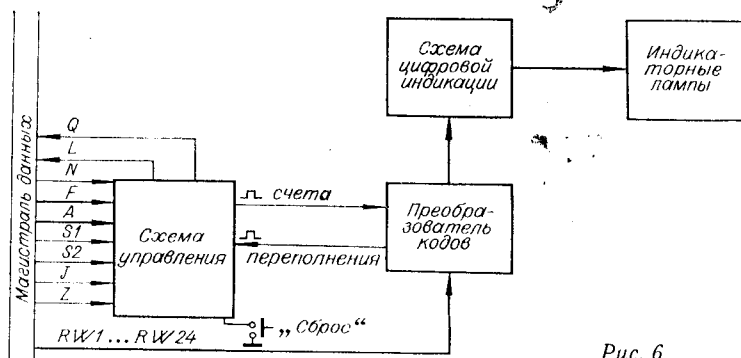


Рис. 6.

Из магистрали по шинам чтения — записи поступает информация в виде высоких и низких уровней сигналов, соответствующих логическим «0» и «1». Накопленная информация по команде разрешения считывания и субадресу, с помощью которого выбирается любой из каналов накопителя, в виде параллельного двоичного кода через коммутатор выводится на магистраль.

На переднюю панель модуля выведена индикация переполнения любого из 16 каналов накопителя.

Технические характеристики: число каналов накопителя 16; емкость каждого канала 256 бит; время записи (считывания) не более 1 мкс; модуль тройной ширины.

**Модуль цифровой индикации** (рис. 6) предназначен для преобразования 24-разрядного двоичного кода в десятичный с последующей индикацией восьми десятичных разрядов.

В состав модуля входят преобразователь кодов, схема цифровой индикации и схема управления.

Информация, представленная параллельным двоичным кодом, поступает из магистрали и заносится в регистр преобразователя кодов. Преобразователь кодов осуществляет преобразование двоичного кода в двоично-десятичный и затем в десятичный. Результат преобразования выводится на газоразрядные индикаторы типа ИН-14.

На передней панели размещены индикаторное табло и кнопка «СБРОС», нажатием которой оператор после считывания информации возвращает схему в исходное состояние.

Технические характеристики: максимальное число двоичных разрядов индицируемого кода 24; полное время преобразования не более 5 с; модуль тройной ширины.

**Модуль управления электронно-лучевой трубкой (ЭЛТ)** предназначен для формирования сигналов дискретного отклонения луча ЭЛТ по двум координатам, а также сигнала модуляции подсвета. Функциональная схема модуля представлена на рис. 7.

В состав модуля входят реверсивные счетчики координат X, Y; цифроаналоговые преобразователи (ЦАП) X, Y; схема сравнения кодов; регистр и схема управления.

Работа модуля заключается в последовательной обработке координат X, Y, в результате которой осуществляется формирование отклоняющих сигналов на экране ЭЛТ. При этом весь диапазон перемещения по X разбит на n поддиапазонов, соответствующих n информационным каналам. Информация о перемещении по координате Y, представленная двоичным кодом, поступает из магистрали и по команде записывается в регистр, выходы которого подключены к первым входам схемы сравнения. На вторые входы схемы сравнения поступает код реверсивного счетчика Y, начинающего свою работу по очередной команде из магистрали. В момент совпадения кодов схема сравнения вырабаты-

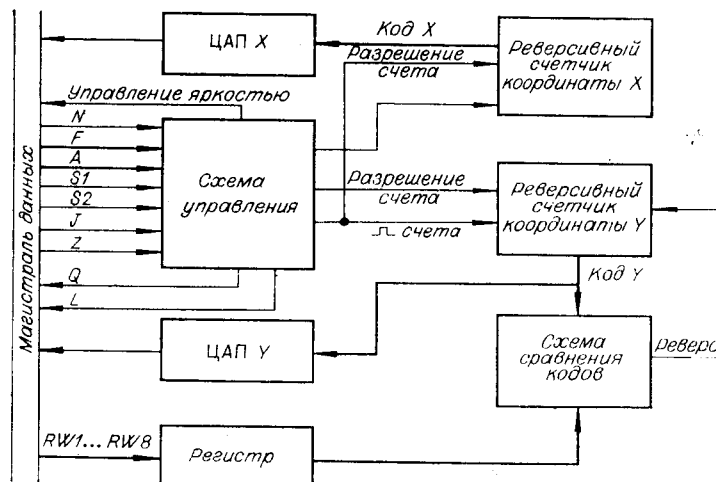


Рис. 7.

вает сигнал реверса счетчика  $Y$ . При достижении нуля во всех разрядах счетчика  $Y$  начинается обработка координаты  $X$ . После перемещения на  $m$  элементарных шагов к следующему поддиапазону цикл обработки координаты  $Y$  повторяется.

Сигнал управления яркостью луча ЭЛТ обеспечивает выделение определенной, выбранной оператором линии, высвечиваемой по координате  $Y$ . Во время обработки данной линии происходит понижение запирающего напряжения и яркость свечения увеличивается.

Сформированные в модуле управления ЭЛТ сигналы отклонения в дальнейшем поступают на усилители  $X$  и  $Y$ , которые преобразуют напряжения в пропорциональные им токи отклоняющих катушек ЭЛТ типа 23ЛМ6В. В результате на экране ЭЛТ образуется отображение информации в двух координатах.

На передней панели модуля управления расположены разъемы для контроля выходов ЦАП  $X$  и  $Y$ .

Технические характеристики: частота тактовых импульсов 1 МГц; число разрядов кодов координат 8; точность преобразования ЦАП не хуже  $0,8\% \pm 1$  квант преобразования; модуль двойной ширины.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А. Ю. Гусев, В. Н. Дьяконов, В. Н. Окунишников, Г. М. Собстель, А. А. Франчук, В. П. Шевченко. Аппаратурная реализация устройства для получения оценки частотной стабильности ОКГ.— В кн.: Прикладной анализ случайных сигналов. Новосибирск, Изд. ИАЭ СО АН СССР, 1973.
2. А. Ю. Гусев, В. Н. Дьяконов, А. С. Зензин, И. В. Меркулов, В. Н. Окунишников, Г. М. Собстель, А. А. Франчук, В. П. Шевченко. Программное управление системой для получения статистических оценок частотных флюктуаций генераторов.— «Автометрия», 1975, № 4.
3. EUR 4100e. CAMAC. A Modular Instrumentation System for Data Handling. ESONE Committee, 1969.
4. E. A. Had, K. C. Smith. Frequency-to-Voltage Converter has Rapid Response to Frequency Changes.— "Electronic Engineering", 1971, № 7.

Поступила в редакцию 23 июля 1974 г.