

Общество по распространению
политических и научных знаний РСФСР



Б. А. БРУК

**Функционально-узловой
принцип конструирования
электронной аппаратуры**

Л е н и н г р а д — 1 9 6 0

Общество по распространению политических и научных знаний РСФСР

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ДОМ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОПАГАНДЫ

Б. А. БРУК

Функционально-узловой принцип
конструирования электронной
аппаратуры

(стенограмма лекции)

Серия — Приборы и элементы автоматики

Ленинград
1960

ОТ РЕДАКЦИИ

В настоящей брошюре изложены результаты разработки унифицированных электронных функциональных узлов на сверхминиатюрных лампах типа «дробь», а также применения этих узлов при проектировании электронной аппаратуры.

Описаны основные принципы унификации электронных функциональных узлов; некоторые принципиальные схемы, их электрические параметры и конструкция; указаны особенности проектирования электронных блоков с использованием функциональных узлов и печатного монтажа.

Редакция считает, что данная работа окажет практическую помощь и послужит обмену опытом между инженерно-техническими работниками, работающими в области проектирования и использования радиоэлектронной аппаратуры.

1. ПРИНЦИП УНИФИКАЦИИ ЭЛЕКТРОННЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УЗЛОВ

1. ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Длительное время элементы схем и конструкции электронной аппаратуры разрабатывались применительно к индивидуальным требованиям блока, станции, системы.

По мере развития радиоэлектроники, усложнения выполняемых ею функций и проникновения во все новые и новые области человеческой деятельности, индивидуальный принцип конструирования электронной аппаратуры перестал удовлетворять требованиям проектирования, производства и эксплуатации.

Растущий спрос на электронную аппаратуру требует организации массового выпуска различных приборов. Эта задача может быть решена только при условии перехода от ручного способа производства к комплексной механизации и автоматизации. Однако существующие конструкции электронной аппаратуры мешают решить эту задачу. Сложные конфигурации шасси, объемный монтаж, неограниченное разнообразие сборок и подборок отдельных узлов аппаратуры не позволяют механизировать основные производственные процессы. Попытки создания машин для сборки и монтажа таких конструкций приводят к сложнейшим кинематическим системам, которые себя не оправдывают в условиях малой серийности аппаратуры и частой ее сменяемости.

Ответственные функции, выполняемые современной радиоаппаратурой, требуют от нее безотказности в работе. Однако существующий принцип конструирования не позволяет получить требуемую степень надежности. Отдельные схемы из-за недостатка времени выбираются без всестороннего анализа надежности при воздействии различных дестабилизирующих факторов. Ручной способ сборки монтажа и настройки порождает субъективные ошибки, которые снижают стабильность работы аппаратуры.

При современных темпах развития техники огромное значение имеет максимальное сокращение сроков разработки и освоения новых видов электронной аппаратуры. Однако при существующих принципах конструирования каждая новая разработка повторяет

Все этапы, начиная с расчета и макетирования отдельных схемных элементов, расходуя на это много времени и квалифицированного инженерного труда. Все это диктует необходимость перехода к более совершенному принципу проектирования на основе простейших унифицированных функциональных узлов, позволяющих механизировать основные производственные процессы, повысить надежность и сократить сроки разработки новых электронных устройств.

Расчленение аппаратуры на отдельные узлы дает ряд очевидных преимуществ перед блочной конструкцией. Функциональные узлы, имеющие обычно несложную конструкцию и ограниченное количество деталей, создают предпосылки для механизации производства.

Наличие в аппаратуре функциональных узлов, легко отделяемых от всей системы, повышает эксплуатационные качества, упрощает нахождение неисправностей и ремонт аппаратуры. Однако расчленение того или иного вида аппаратуры на отдельные узлы без широкой унификации, без организации централизованного серийного производства не дает никаких технико-экономических выгод. Напротив, необоснованное увеличение разнообразия схемных решений и конструктивного оформления узлов порождает еще большие трудности при проектировании и освоении новых изделий, чем при блочном принципе конструирования.

Указанные соображения легли в основу создания рядов унифицированных функциональных узлов для широкого применения в электронной аппаратуре, рассчитанных на механизированный способ производства.

2. МЕТОДИКА

Первоочередным вопросом создания унифицированных электронных узлов является нахождение оптимальных границ деления общей схемы. Этот вопрос, в конечном счете, сводится к тому, какое расчленение схемы дает возможность максимального применения функциональных узлов, создает гибкость при разработке аппаратуры, обеспечивает удобство механизации производства и эксплуатации.

Принципиальная схема любой радиотехнической аппаратуры состоит из: а) схем, выполняющих простейшие активные функции (усиления, формирования, генерирования и т. п.) и б) схем, выполняющих более сложные функции (управления, регулирования, синхронизации, образования масштабных меток и т. п.).

Объектом унификации в принципе могут быть выбраны как простейшие, так и более сложные функциональные узлы. Кроме того, возможны еще и другие пути, как, например, унификация одних только схем, не выделяя их в самостоятельные конструкции, унификация неизменной части функционального узла с оставлением остальных элементов в общей схеме и т. д.

Любое из этих решений имеет свои достоинства и недостатки, но наиболее обоснованным является унификация простейших функциональных узлов (мультивибраторов, блокинг-генераторов, видеоусилителей, фантастронов, катодных повторителей схем совпадений и т. д.).

Это подтверждается тем, что унификация простейших функциональных узлов обеспечит:

На этапе разработки.

- 1) Сокращение сроков разработки схем.
- 2) Сокращение сроков макетирования.
- 3) Упрощение конструирования.
- 4) Возможность непрерывного усовершенствования аппаратуры без коренных изменений всей схемы и конструкции.

На этапе производства.

- 1) Сокращение сроков освоения в серийном производстве.
- 2) Удешевление аппаратуры за счет механизации производства.

3) Повышение специализации производства.

При эксплуатации.

- 1) Повышение надежности аппаратуры.
- 2) Облегчение обслуживания.

3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

Разработка значительной номенклатуры унифицированных схемных узлов, выполняющих различные функции и предназначенных для максимально широкого использования в разнообразной радиоэлектронной аппаратуре, требует строгой увязки основных электрических параметров. Такая увязка необходима для возможности совместной работы различных схемных узлов, например: питание различных схемных узлов от типовых источников питания; увязка длительностей импульсов, различных импульсных схем (блокинг-генераторов, мультивибраторов, фантастронов); увязка рабочих частот, входных и выходных сопротивлений и т. д.

Анализ показал, что для увязки основных электрических параметров унифицированных функциональных узлов могут быть применены ряды предпочтительных чисел, установленные ГОСТом 8032—56.

Эти ряды представляют собой ряды геометрической прогрессии со знаменателями:

$$\text{для ряда } R_5 - \sqrt[5]{10} \approx 1,6;$$

$$\text{для ряда } R_{10} - \sqrt[10]{10} \approx 1,25;$$

$$\text{для ряда } R_{20} - \sqrt[20]{10} \approx 1,12;$$

$$\text{для ряда } R_{40} - \sqrt[40]{10} \approx 1,06.$$

Например:

1) Ряд длительностей импульсов τ унифицированных ждущих мультивибраторов: 10, 12,5; 16,3; 20; 25; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 163; 200; 250; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1630; 2000; 2500, — что соответствует членам ряда R_{10} ГОСТа 8032—56.

2) Ряд значений полосы пропускания унифицированных видеосилителей ΔF : 1,6; 2,5; 4; 6,3, — что соответствует членам ряда R_5 ГОСТа 8032—56.

Положив в основу градации электрических параметров ряды предпочтительных чисел, получают значительное количество унифицированных схемных узлов, которые подчинены единой системе и пригодны для применения в различных комбинациях. Переход от одной величины данного параметра к другой достигается изменением номинала одного-двух элементов схемы. Все остальные элементы и конструкция узла остаются неизменными.

4. КЛАССИФИКАЦИЯ

Наличие большой номенклатуры функциональных узлов с разнообразными электрическими параметрами вызвало необходимость создания специальной классификации и системы обозначения. Выбранный принцип классификации узлов основан на функциональных признаках.

В качестве основного различительного признака унифицированных функциональных узлов принят характер преобразования электрического сигнала (постоянного в импульсный, синусоидального в постоянный, импульсного в синусоидальный и т. д.).

Для обозначения функциональных узлов принят шестизначный цифровой код.

Первая цифра характеризует форму входного сигнала, вторая — выходного.

Как известно, электрические сигналы, с которыми приходится оперировать на практике, делятся на постоянные импульсные и синусоидальные. Обозначив постоянное напряжение цифрой «1», импульсное — цифрой «2» и синусоидальное — цифрой «3», получим девять различных комбинаций преобразования:

постоянного в постоянный	11
постоянного в импульсный	12
постоянного в синусоидальный	13
импульсного в импульсный	22
импульсного в постоянный	21
импульсного в синусоидальный	23
синусоидального в синусоидальный	33
синусоидального в постоянный	31
синусоидального в импульсный	32

Третья цифра шестизначного кода обозначает группу функционального узла, четвертая цифра — вид узла, пятая и шестая цифра обозначают числовые значения электрических параметров. Например, 221402 расшифровывается так:

- 22 — преобразование импульсного сигнала в импульсный;
- 1 — первая группа, т. е. формирующие схемы;
- 4 — четвертый вид, т. е. ждущий блокинг-генератор;
- 02 — длительность выходного импульса — 0,5 мксек;
амплитуда выходного импульса — 130 в;
максимальная частота следования — 10 000 гц.

5. КОНСТРУКЦИЯ

К конструкции унифицированных функциональных узлов предъявляется ряд важных, но противоречивых требований, как-то: универсальность, высокая технологичность, т. е. пригодность к механизированному способу производства, малые габариты, нормальный тепловой режим и т. д.

Очевидно, что невозможно обеспечить наилучший результат одновременно по всем параметрам. Поэтому очень важно найти оптимальное компромиссное решение в отношении миниатюризации, надежности и технологичности конструкции.

Конструкция унифицированных функциональных узлов представляет собой электроизоляционную плату с печатным монтажом, на одной стороне которой смонтированы объемные радиодетали, входящие в принципиальную схему (рис. 1).

Конструкция унифицированных узлов рассчитана на механизированный процесс производства, включая изготовление печатной платы, сборку, пайку, влагозащиту и контроль электрических параметров.

Центры установочных отверстий на печатной плате расположены в точках пересечения координатной сетки. На плате имеется ключевой срез для ориентировки в кассете сборочного автомата и свободные технологические зоны, являющиеся опорными поверхностями при движении платы в автоматической линии.

Печатные платы изготавливаются из гетинакса марки АВ. Перед нанесением рисунка схемы гетинакс покрывают эмалью ОЭП-41-73-1 для улучшения электроизоляционных свойств.

Функциональные узлы соединяются с внешней электрической схемой выводами, которые впайваются в соединительную печатную плату. На этапе лабораторного макетирования аппаратуры узлы можно соединять с общей схемой при помощи штепсельных разъемов. Узлы могут устанавливаться в аппаратуре либо параллельно печатной плате, либо перпендикулярно ей.

В зависимости от положения относительно субпанели применяются функциональные узлы с прямыми (рис. 2) или Г-образными (рис. 3) выводами.

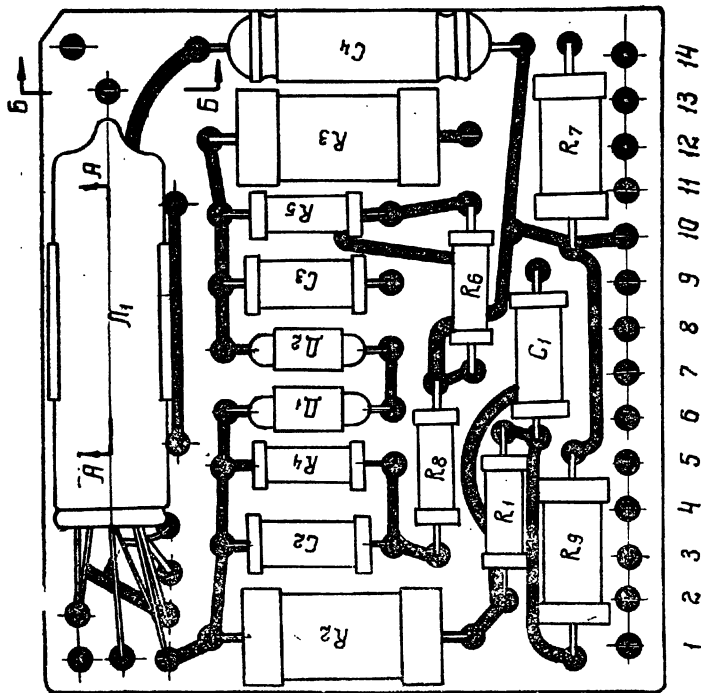


Рис. 1. Печатная плата с деталями.

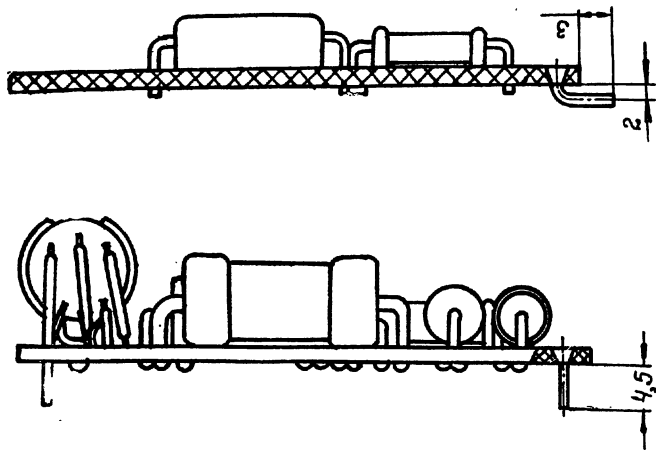


Рис. 2. Узел с прямыми контактами.

Рис. 3. Узел с Г-образными контактами.

Для проверки работоспособности в аппаратуре функциональные узлы снабжены специальными контрольными контактами. Функциональные узлы имеют следующие габаритные размеры:

высота — единая для всех видов узлов	55 мм
ширина — единая для всех видов узлов	14 »
длина	40 или 60 мм
вес	15—25 г

II. СХЕМЫ И ПАРАМЕТРЫ УНИФИЦИРОВАННЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УЗЛОВ

1. ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Анализ ряда электронных приборов разного назначения показал, что одни и те же функциональные элементы в разных приборах имеют самые разнообразные схемные решения. Различия в таких схемах обычно бывают незначительными, однако, результатом разнообразия схем являются указанные ранее потери времени при разработке аппаратуры, трудности при ее освоении, практическая невозможность механизации производства и эксплуатационные затруднения.

Принципиальные схемы унифицированных функциональных узлов по своим параметрам не имеют особых отличий от других аналогичных схем. Их основными качествами являются широкая применяемость, надежность и технологичность.

Типовая конструкция, принятая для унифицированных узлов, может быть применена также и для изготовления специальных не унифицированных схемных узлов, обеспечивая этим единую узловую конструкцию аппаратуры, единый технологический процесс их сборки монтажа и контроля.

Унифицированные функциональные узлы рассчитаны на работу в условиях:

температуры окружающей среды от -60 до $+85^{\circ}\text{C}$;
относительной влажности воздуха (при температуре 40°C) — 98% ;

атмосферном давлении (при температуре 20°C) — 18 мм ;

ускорении (при вибрации с частотой $10\text{—}200\text{ гц}$) — 6 г ;

центробежном ускорении — 15 г .

В качестве примера приводятся принципиальные схемы и ряд электрических параметров шести узлов, выполняющих различные активные функции.

Фактически разработано двадцать два наименования функциональных узлов, охватывающих $60\text{—}80\%$ схемного состава приборов разного назначения.

Перечень разработанных унифицированных функциональных узлов электронной аппаратуры

1. Мультивибратор ждущий с катодной связью.
2. Блокинг-генератор ждущий.
3. Блокинг-генератор автоколебательный.
4. Видеоусилитель однокаскадный.
5. Видеоусилитель двухкаскадный.
6. Катодный повторитель импульсных напряжений.
7. Катодный повторитель синусоидальных напряжений.
8. Схема совпадений на сопротивлениях.
9. Триггер высокочастотный.
10. Триггер низкочастотный.
11. Возбудитель ультразвуковой линии задержки.
12. Усилитель низкой частоты однокаскадный.
13. Усилитель низкой частоты двухкаскадный.
14. Фантастрон.
15. Схема совпадений с трансформаторной нагрузкой.
16. Генератор линейно нарастающего напряжения.
17. Схема смещения с анодной нагрузкой.
18. Схема смещения с катодной нагрузкой.
19. Мультивибратор с анодно-сеточной связью.
20. Фазоинвертор.
21. Усилитель промежуточной частоты линейный.
22. Усилитель промежуточной частоты логарифмический.

Приведенные ниже данные дают представление о составе схем, их функциональной законченности и построения рядов электрических параметров.

2. ЖДУЩИЙ МУЛЬТИВИБРАТОР

Унифицированный ждущий мультивибратор предназначен для формирования прямоугольных импульсов положительной и отрицательной полярности длительностью от 4 до 2500 мксек.

Унифицированный ждущий мультивибратор собран на двойном триоде 6Н16Б по схеме с катодной связью (рис. 4). Импульс положительной полярности снимается с анода $L_{1,6}$ (выход 1), отрицательной — с катодной нагрузки (выход 2). Запуск схемы может быть произведен положительным импульсом по сетке L_1 (вход 1) или отрицательным импульсом по аноду $L_{1,a}$ (вход 2). Запуск схемы через диоды уменьшает влияние изменения параметров запускающих импульсов на длительность выходного импульса.

Для получения выходных импульсов с большей крутизной фронтов разработана схема мультивибратора с коррекцией по высокой частоте, отличающаяся от приведенной наличием в. ч. дросселя в анодной цепи.

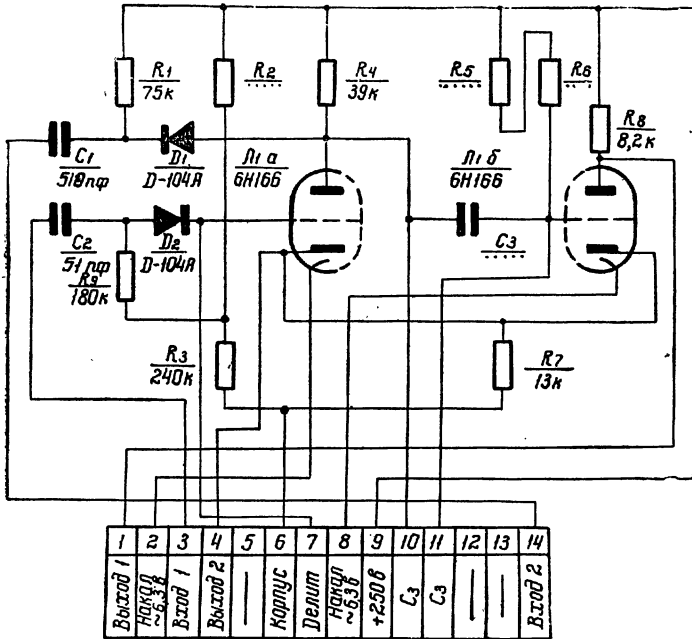


Рис. 4. Принципиальная схема унифицированного ждущего мультивибратора.

В зависимости от заданного значения длительности выходного импульса мультивибратора в схему установлены формирующие конденсатор и сопротивление различных номиналов (табл. 1 и 2).

Таблица 1

Обозначение мультивибра- тора	Емкость формирую- щего кон- денсатора C_2 , <i>мк.мкф</i>	Формирую- щее сопро- тивление R_5 , <i>ком</i>	Формирую- щее сопро- тивление R_6 , <i>ком</i>	Сопро- тивление делителя R_2 , <i>ком</i>
22.1.2.01	51	300	220	330
22.1.2.02	62	270	240	330
22.1.2.03	82	270	240	330
22.1.2.04	100	330	200	330
22.1.2.05	130	270	240	330
22.1.2.06	43	1100	680	300
22.1.2.07	56	1000	820	300
22.1.2.08	75	1000	510	300
22.1.2.09	82	1300	680	300
22.1.2.10	110	1100	750	300
22.1.2.11	130	1300	680	300
22.1.2.12	180	1100	680	300
22.1.2.13	220	1100	750	300
22.1.2.14	270	1000	910	300
22.1.2.15	360	1100	680	300
22.1.2.16	390	1300	680	300
22.1.2.17	560	1000	820	300
22.1.2.18	620	1300	750	300
22.1.2.19	820	1300	680	300
22.1.2.20	1100	1300	560	300
22.1.2.21	1300	1300	680	300
22.1.2.22	1600	1000	1000	300
22.1.2.23	2200	1100	750	300
22.1.2.24	2400	1300	820	300
22.1.2.25	3300	1200	750	300

Для получения импульсов длительностью более 2500 мксек к контактам 10 и 11 подключается вне узла дополнительная емкость.

Таблица 2

Обозначение мультивибра- тора	Емкость формирую- щего кон- денсатора C_3 , <i>мкмкф</i>	Формирую- щее сопро- тивление R_5 , <i>ком</i>	Формирую- щее сопро- тивление R_6 , <i>ком</i>	Спро- тивление делителя R_2 , <i>ком</i>
22.1.2.26	24	270	200	110
22.1.2.27	24	300	270	110
22.1.2.28	30	330	200	110
22.1.2.29	33	390	240	100
22.1.2.30	39	430	240	100
22.1.2.31	47	430	240	100
22.1.2.32	56	390	360	100
22.1.2.33	75	430	270	100
22.1.2.34	82	470	330	100
22.1.2.35	130	390	220	100
22.1.2.36	150	430	270	100
22.1.2.37	150	470	390	100
22.1.2.38	150	750	330	100
22.1.2.39	150	820	560	100
22.1.2.40	150	1100	560	100

Входные и выходные сопротивления схем мультивибраторов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Обозначение мультивибра- тора	Входное сопротивление		Выходное сопротивление	
	вход 1, <i>ком</i>	вход 2, <i>ком</i>	выход 1, <i>ком</i>	выход 2, <i>ком</i>
22.1.2.01— —22.1.2.25	200	30	8,2	13
22.1.2.26— —22.1.2.40	80	30	3,9	4,3

Коэффициенты запаса применяемых в схеме радиодеталей приведены в табл. 4.

Таблица 4

Элементы схемы	Параметры	Обозначение мультивибра- тора	Коэффициенты запаса при $E_a, в$		
			250	150	120
Сопротив- ления	Мощность рассеивания	22.1.2.01— —22.1.2.25	2—40	5,4—108	
		22.1.2.26— —22.1.2.40		3—25	3,5—30
Конденса- торы	Напряжение	22.1.2.01— —22.1.2.25	2—6	5,4—16	
		22.1.2.26— —22.1.2.40		2—4	2,2—4,6
Лампа	Мощность, рассеи- ваемая анодом	22.1.2.01— —22.1.2.25	1,5—2	4÷5,4	
		22.1.2.26— —22.1.2.40		1,5—4,5	1,8—5,2

Электрические характеристики унифицированного мультивибратора для больших длительностей приведены в табл. 5, а для малых длительностей в табл. 6.

Кроме параметров, указанных в табл. 5, унифицированные мультивибраторы имеют следующие общие параметры:

1. Напряжение положительных выходных импульсов не менее 60 в.

2. Напряжение отрицательных выходных импульсов не менее 50 в.

3. Длительность фронта выходного положительного импульса не более 2 мксек.

4. Длительность фронта отрицательного выходного импульса 3 мксек.

5. Амплитуда выходного положительного импульса 25—60 в.

6. Амплитуда входного отрицательного импульса 40—100 в.

Параметры мультивибраторов 22.1.2.01—22.1.2.25 соответствуют внешней активной нагрузке $R_{н1} = 100 \text{ ком}$; $R_{н2} = 150 \text{ ком}$ и емкостной нагрузке $C_n = 50 \text{ пф}$.

Параметры мультивибраторов 22.1.2.26—22.1.2.40 соответствуют внешней активной нагрузке $R_{н1} = 50 \text{ ком}$; $R_{н2} = 100 \text{ ком}$ и емкостной нагрузке $C_n = 50 \text{ пф}$.

Таблица 5

Обозначение мультивибратора	Длительность выходного импульса, мкс/сек	Длительность входного импульса, мкс/сек	Максимальная частота запуска, гц
22.1.2.01	10 ± 1	0,3—2,5	30.10 ³
22.1.2.02	12 ± 1,2	0,3—3	25.10 ³
22.1.2.03	16 ± 1,6	0,3—4	19.10 ³
22.1.2.04	20 ± 2	0,3—5	15.10 ³
22.1.2.05	25 ± 2,5	0,3—6	12.10 ³
22.1.2.06	30 ± 3	0,3—7,5	15.10 ³
22.1.2.07	40 ± 4	0,3—10	15.10 ³
22.1.2.08	50 ± 5	0,3—12,5	12.10 ³
22.1.2.09	63 ± 6,3	0,3—16	9,5.10 ³
22.1.2.10	80 ± 8	0,3—20	7,5.10 ³
22.1.2.11	100 ± 10	0,3—25	7.10 ³
22.1.2.12	125 ± 12,5	0,3—31	5,5.10 ³
22.1.2.13	160 ± 16	0,3—40	4,4.10 ³
22.1.2.14	200 ± 20	0,3—50	3,5.10 ³
22.1.2.15	250 ± 25	0,2—62,5	2,8.10 ³
22.1.2.16	300 ± 30	0,3—75	2,3.10 ³
22.1.2.17	400 ± 40	0,3—100	1,7.10 ³
22.1.2.18	500 ± 50	0,3—125	1,4.10 ³
22.1.2.19	670 ± 63	0,3—160	1,1.10 ³
22.1.2.20	800 ± 80	0,3—200	880
22.1.2.21	1000 ± 100	0,3—250	700
22.1.2.22	1250 ± 125	0,3—312,5	550
22.1.2.23	1600 ± 160	0,3—400	440
22.1.2.24	2030 ± 200	0,3—500	350
22.1.2.25	2500 ± 250	0,3—625	280

Кроме параметров табл. 6, унифицированные мультивибраторы имеют следующие общие параметры:

1. Амплитуда положительных выходных импульсов не менее 30 в.
2. Амплитуда отрицательных выходных импульсов не менее 25 в.

3. Длительность фронтов положительных выходных импульсов не более 0,5 мксек, отрицательных выходных импульсов не более 1,0 мксек.

4. Амплитуда положительных входных импульсов 25—60 в.

5. Длительность входных импульсов 0,3 мксек.

Таблица 6

Обозначение мультивибратора	Длительность выходного импульса, мксек	Амплитуда отрицательного входного импульса, в	Максимальная частота запуска, гц
22.1.2.26	$4 \pm 0,5$	50—100	$30 \cdot 10^3$
22.1.2.27	$5 \pm 0,5$	50—100	$30 \cdot 10^3$
22.1.2.28	$6 \pm 0,6$	50—100	$30 \cdot 10^3$
22.1.2.29	$8 \pm 0,8$	45—100	$30 \cdot 10^3$
22.1.2.30	$10 \pm 1,0$	45—100	$30 \cdot 10^3$
22.1.2.31	$12 \pm 1,2$	45—100	$30 \cdot 10^3$
22.1.2.32	$16 \pm 1,6$	45—100	$30 \cdot 10^3$
22.1.2.33	$20 \pm 2,0$	45—100	$28 \cdot 10^3$
22.1.2.34	$25 \pm 2,5$	40—100	$24 \cdot 10^3$
22.1.2.35	$30 \pm 3,0$	40—100	$17,5 \cdot 10^3$
22.1.2.36	$40 \pm 4,0$	40—100	$14 \cdot 10^3$
22.1.2.37	$50 \pm 5,0$	40—100	$12,5 \cdot 10^3$
22.1.2.38	$63 \pm 6,3$	40—100	$10,5 \cdot 10^3$
22.1.2.39	$80 \pm 8,0$	40—100	$9,0 \cdot 10^3$
22.1.2.40	$100 \pm 10,0$	40—100	$7,5 \cdot 10^3$

Нагрузочная характеристика ждущего мультивибратора приведена на рис. 5.

Напряжение источников питания и потребляемая мощность указаны в табл. 7.

Коэффициент пульсации постоянного напряжения не более 0,001.

При подаче на узлы 22.1.2.01—22.1.2.25 анодного питания $+150$ в и на узлы 22.1.2.26—22.1.2.40 анодного питания $+120$ в

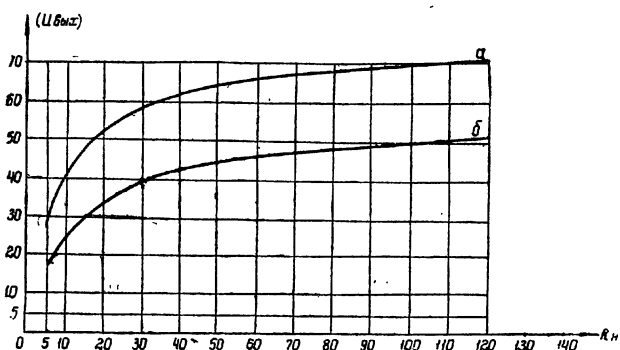


Рис. 5. Нагрузочная характеристика мультивибратора ($E_a=250$ в):
а—для выхода 1; б—для выхода 2.

амплитуда и длительность выходных импульсов уменьшаются соответственно на 50 и 15%.

Таблица 7

Обозначение мультивибратора	Напряжение источников питания, в ($\pm 10\%$)	Потребляемая мощность, Вт
22.1.2.01— —22.1.2.25	+250 6,3	2,5 2,5
22.1.2.01— —22.1.2.25	+150 6,3	0,76 2,5
22.1.2.26— —22.1.2.40	+150 6,3	1,5 2,5
22.1.2.26— —22.1.2.40	+120 6,3	0,72 2,5

3. БЛОКИНГ-ГЕНЕРАТОР

Унифицированный ждущий блокинг-генератор предназначен для генерирования прямоугольных импульсов положительной и отрицательной полярности длительностью от 0,4 до 10 мксек.

Унифицированный ждущий блокинг-генератор собран на двойном триоде серии «6Н16Б» (рис. 6).

На левой половине триода собран усилитель запускающих импульсов, выполняющий следующие функции:

усиление входных запускающих импульсов положительной полярности с одновременным поворотом фазы на 180°;

устранение взаимного влияния блокинг-генератора и источника запускающих импульсов.

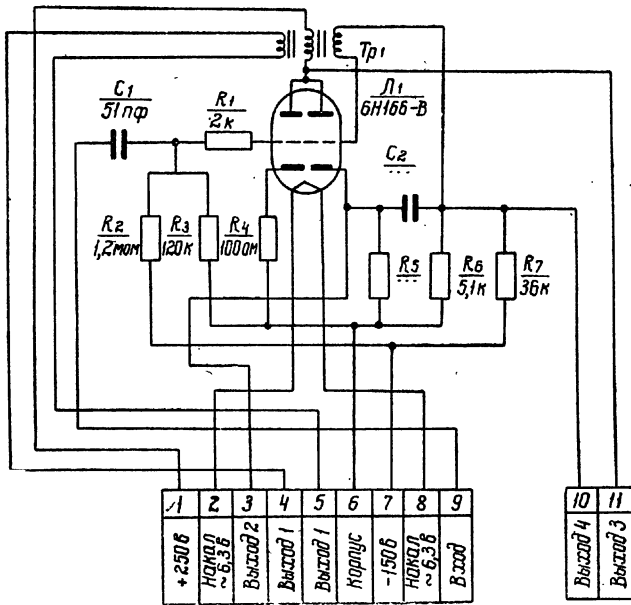


Рис. 6. Принципиальная схема унифицированного ждущего блокинг-генератора.

Сопротивление R_1 в сеточной цепи предназначено для ограничения сеточного тока при больших амплитудах запускающих импульсов. Сопротивление R_4 в катод усилителя ограничивает ток триода при отсутствии отрицательного напряжения смещения.

На правой половине триода собрана схема ждущего блокинг-генератора. Номинальные значения длительности импульсов блокинг-генератора соответствуют членам ряда предпочтительных чисел R_5 (ГОСТ 8032—56).

Для получения заданной длительности импульсов служат формирующий конденсатор C_2 и импульсный трансформатор. Величина катодной нагрузки R_5 обеспечивает постоянство амплитуды выходного импульса. Номинальные значения емкости конденсатора катодного сопротивления и тип импульсного трансформатора указаны в табл. 8.

Таблица 8

Обозначение ждущего блокинг-генератора	Емкость формирующего конденсатора C_2 , <i>пф</i>	Катодное сопротивление, <i>ом</i>	Тип импульсного трансформатора
22.1.4.01	1 000	150	ГХ.4.720.022
22.1.4.02	2 000	100	ГХ.4.720.022
23.1.4.03	4 300	100	ГХ.4.720.022
22.1.4.04	9 100	100	ГХ.4.720.022
22.1.4.05	820	200	ГХ.4.720.024
22.1.4.06	1 800	200	ГХ.4.720.024
22.1.2.07	5 100	200	ГХ.4.720.024
22.1.2.08	10 000	200	ГХ.4.720.024
22.1.2.09	25 000	200	ГХ.4.720.024
22.1.2.10	300	200	ГХ.4.720.024

Входное сопротивление схемы при амплитуде входного импульса, равного 40 в, $R_{вх} = 100$ ком.

Выходные сопротивления схемы имеют следующие значения: $R_{вых1} = 600$ ом; $R_{вых2} = 200$ ом; $R_{вых3} = 600$ ом;

с выхода 1 схемы унифицированного ждущего блокинг-генератора снимается импульс положительной или отрицательной полярности;

с выхода 2 снимается импульс положительной полярности без обратного выброса;

с выхода 3 снимается импульс отрицательной полярности.

Элементы схемы работают в режимах, при которых обеспечиваются следующие коэффициенты запаса относительно допустимых значений электрических параметров (табл. 9).

Таблица 9

Элементы схемы	Параметр	Коэффициент запаса при E_a , в	
		250 в	150 в
Сопротивления	Мощность рассеивания	2—100	2—120
Конденсаторы	Напряжение	1,4—4	1,4—6
Лампа	Мощность, рассеиваемая анодом	1,2—5	1,5—18

Таблица 10

Обозначение жгушера	Катодное сопротивление R_p , Ом	Выход 1				Выход 2				Выход		
		Длительность импульса, мксек	Длительность фронта не более, мксек	Длительность спада не более, мксек	Амплитуда импульса не менее, в	Длительность фронта не более, мксек	Длительность спада не более, мксек	Амплитуда импульса не менее, в	Минимальная амплитуда входного импульса, в	Длительность импульса, мксек	Максимальная частота следования запускающих импульсов, 2ц	
22.1.4.01	0	$0,4 \pm 0,1$	0,15	0,2	130	0,15	0,2	50	20	0,4—10	10 000	
	150	$0,45 \pm 0,1$	0,15	0,2	100	0,15	0,2	50	20	0,4—10		
22.1.4.02	0	$0,6 \pm 0,15$	0,15	0,2	130	0,15	0,2	50	20	0,4—10	10 000	
	100	$0,65 \pm 0,15$	0,15	0,2	100	0,15	0,2	50	20	0,4—10		
22.1.4.03	0	$1,0 \pm 0,25$	0,15	0,2	130	0,15	0,2	50	20	0,4—10	10 000	
	100	$1,1 \pm 0,25$	0,15	0,2	100	0,15	0,2	50	20	0,4—10		
22.1.4.04	0	$1,6 \pm 0,4$	0,15	0,2	130	0,15	0,2	50	20	0,4—10	10 000	
	100	$1,7 \pm 0,4$	0,15	0,2	100	0,15	0,2	50	20	0,4—10		
22.1.4.05	0	$1,6 \pm 0,4$	0,6	0,6	130	0,6	0,6	50	20	0,4—10	10 000	
	200	$1,4 \pm 0,4$	0,6	0,6	100	0,6	0,6	50	20	0,4—10		
22.1.4.06	0	$2,5 \pm 0,6$	0,6	0,6	130	0,6	0,6	50	20	0,4—10	10 000	
	200	$2,3 \pm 0,6$	0,6	0,6	100	0,6	0,6	50	20	0,4—10		
22.1.4.07	0	$4,0 \pm 1,0$	0,6	0,6	130	0,6	0,6	50	50	0,4—10	4 000	
	200	$3,7 \pm 1,0$	0,8	0,6	100	0,6	0,6	50	20	0,4—10		
22.1.4.08	0	$6,0 \pm 1,5$	0,6	0,7	130	0,6	0,7	50	20	0,4—10	4 000	
	200	$5,0 \pm 1,5$	0,6	0,7	100	0,6	0,7	50	20	0,4—10		
22.1.4.09	0	$10,0 \pm 2,5$	0,6	0,7	70	0,6	0,7	35	20	0,4—10	3 000	
	200	$9,0 \pm 2,4$	0,6	0,7	50	0,6	0,7	35	20	0,4—10		
22.1.4.10	200	$1,0 \pm 0,25$	0,6	0,6	50	0,6	0,6	20	20	0,4—10	50 000	

Электрические характеристики унифицированного ждущего блокинг-генератора приведены в табл. 10.

Нагрузочная характеристика блокинг-генератора приведена на рис. 7.

Для получения длительности импульсов, отличных от указанных в табл. 10, к контактам 3 и 10 подключается вне узла дополнительная емкость.

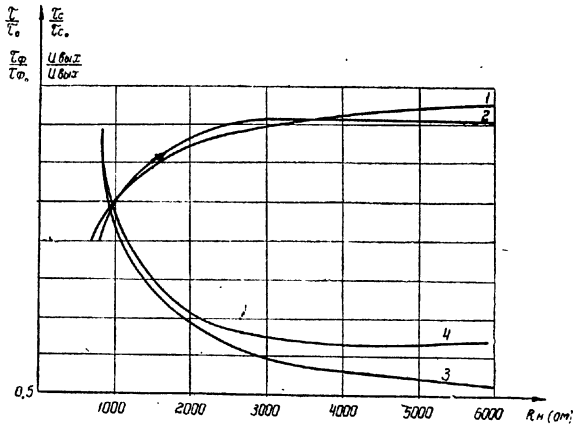


Рис. 7. Нагрузочная характеристика блокинг-генератора:

1 — зависимость $\frac{\tau}{\tau_0}$; 2 — зависимость $\frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вых},0}}$;
 3 — зависимость $\frac{\tau_{\text{пф}}}{\tau_0}$; 4 — зависимость $\frac{\tau_{\text{зф}}}{\tau_0}$; где τ_0 ;
 $U_{\text{вых},0}$; $\tau_{\text{пф}}$; $\tau_{\text{зф}}$ — соответственно длительность импульса, амплитуда импульса, длительности переднего фронта и спада на выходной обмотке импульсного трансформатора при $R_{\text{н}} = 1 \text{ ком}$.

Напряжение источников питания узла и потребляемая мощность указаны в табл. 11.

Коэффициент пульсации выпрямленного напряжения не более 0,001.

При подаче на узлы 22.1.4.01—22.1.4.08 анодного питания +150 в амплитуда и длительность выходных импульсов уменьшается соответственно на 50 и 25%.

Обозначение ждущего блокинг- генератора	Напряжение источника питания, в ($\pm 10\%$)	Напряжение источника питания, в ($\pm 10\%$)	Потребляемая мощность, вт
22.1.4.01— —22.1.4.08	+250 6,3	-150	2,8 0,065 2,7
22.1.4.09— —22.1.4.10	+150 6,3	-150	1,5 0,065 2,5

4. ФАНТАСТРОН

Унифицированный фантастрон предназначен для генерирования прямоугольных импульсов и импульсов с линейнопадающей

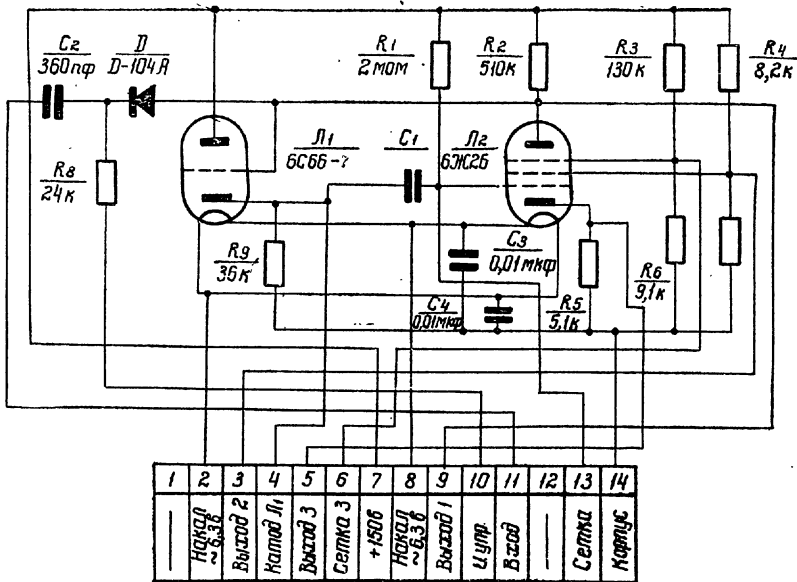


Рис. 8. Принципиальная схема унифицированного фантастрона с катодным повторителем.

амплитудой, длительность которых зависит от управляющего напряжения и находится в диапазоне 10—4800 мксек.

Унифицированный фантастрон с большим коэффициентом заполнения выходных импульсов (рис. 8) собран на 2 лампах 6Ж2Б и 6С6Б. Запуск схемы производится отрицательными импульсами по аноду лампы 6Ж2Б через диод Д104А.

В зависимости от заданного диапазона длительности выходных импульсов в схеме установлен формирующий конденсатор C_1 определенной емкости. Номинальные значения емкости конденсатора C_1 приведены в табл. 12.

Таблица 12

Обозначение фантастрона	Емкость формирующего конденсатора C_1 , пф
12.1.0.02	510
12.1.0.03	910
12.1.0.04	2000
12.1.0.05	3000
12.1.0.06	3600
12.1.0.07	4700

Изменение длительности выходных импульсов в пределах каждого диапазона достигается изменением управляющего напряжения вне узла.

Для получения большей длительности выходных импульсов к схеме вне узла подключается дополнительный конденсатор.

Элементы схемы работают в режимах, при которых обеспечиваются следующие коэффициенты запаса относительно допустимых значений электрических параметров (табл. 13).

Таблица 13

Элементы схемы	Параметр	Коэффициент запаса при $E_a=150$ в
Сопровствления	Мощность рассеивания	1,65—40
Конденсаторы	Напряжение	2—50
Лампа	Мощность, рассеиваемая анодом	1,8—17

Для фантастрона с малым коэффициентом заполнения выходных импульсов коэффициент запаса мощности, рассеиваемой анодом лампы, повышается до 100.

Электрические характеристики фантастрона приведены в табл. 14.

Таблица 14

Обозначение фантастрона	Минимальная длительность, <i>мксек</i>	Максимальная длительность входного импульса, <i>мксек</i>	Коэффициент заполнения	Длительность переднего фронта не более, <i>мксек</i>	Длительность заднего фронта не более, <i>мксек</i>	Максимальная частота следования, <i>кГц</i>
12.1.0.01	20	180	0,4	1	6	2,2
12.1.0.02	70	500	0,8	1	3	1,6
12.1.0.03	70	900	0,8	2	3	0,9
12.1.0.04	160	2000	0,8	2	4	0,4
12.1.0.05	240	2800	0,8	2	5	0,29
12.1.0.06	280	3700	0,8	2	6	0,22
12.1.0.07	370	4800	0,8	2	6	0,17

Амплитуда выходных импульсов с выхода 1 и с катода L_1 включает в себя как пьедестал, так и линейно-падающее напряжение (рис. 9).

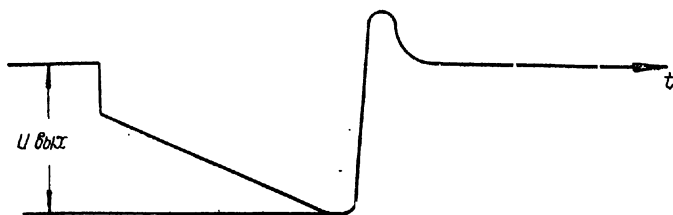


Рис. 9. График выходного напряжения фантастрона с выхода 1.

Кроме табличных параметров, унифицированные фантастроны имеют следующие общие параметры:

- Амплитуда с выхода 1 30—90 в
- Амплитуда с выходов 2 и 3 20 в
- Минимальная амплитуда выходных импульсов 40 »
- Минимальная длительность входного импульса 0,5 мксек

Рекомендуемые активные и емкостные нагрузки для каждого выхода фантастрона указаны в табл. 15.

Таблица 15

Обозначение фантастрона	Номер выхода	Сопротивление активной нагрузки $R_{в, ком}$	Емкость нагрузки $C_{н, пф}$
12.1.0.01	1	1000	15
	2	50	50
	3	50	50
12.1.0.02— —12.1.0.07	1	1000	15
	2	50	50
	3	50	50
	Катод L_1	100	50

Напряжения источников питания и потребляемая мощность указаны в табл. 16.

Таблица 16

Обозначение фантастрона	Напряжение источников питания, v	Потребляемая мощность, $вт$
12.1.0.01	$+150 \pm 1\%$	1,2
	$6,3 \pm 10\%$	1,25
12.1.0.02—12.1.0.07	$+150 \pm 1\%$	1,56
	$6,3 \pm 10\%$	2,5

Коэффициент пульсации не более 0,001.

4. ТРИГГЕР

Унифицированный триггер предназначен для коммутации электрических цепей, формирования импульсов, деления частоты и счета числа импульсов.

Унифицированный триггер собран на лампе 6Н16Б серии «дробь». Триггер представляет собой спусковое устройство с двумя устойчивыми состояниями, способное неограниченно долго сохранять одно из состояний электрического равновесия и скачкообразно переходить к другому состоянию покоя при воздействии сигнала запуска.

Триггер состоит из двух усилительных каскадов, охваченных взаимными положительными анодно-сеточными обратными связями, обеспечивающими условия развития скачка.

Высокочастотный триггер

(рис. 10)

Запуск осуществляется как одиночными импульсами, так и импульсами, следующими с частотой повторения 1 мгц. Запускающие импульсы отрицательной полярности подаются на сетки триодов через диоды Д104А.

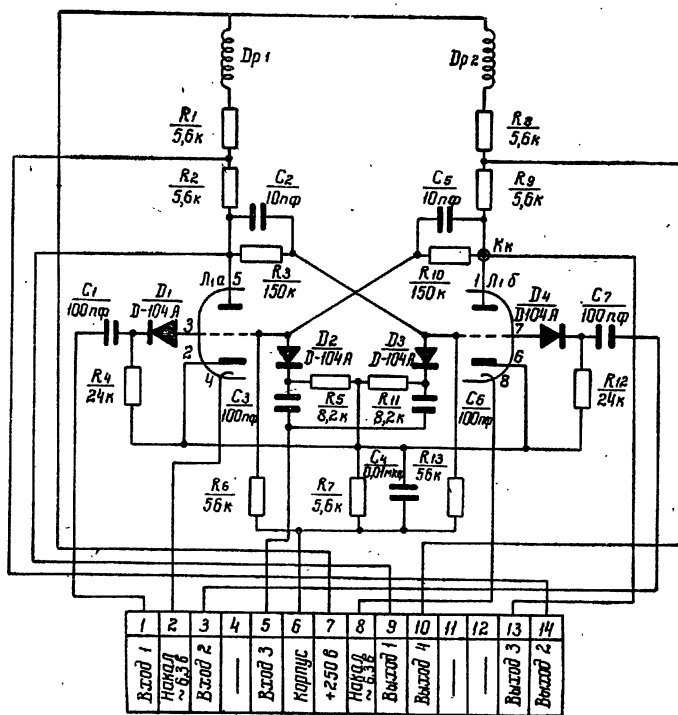


Рис. 10. Принципиальная схема высокочастотного триггера.

Схема триггера имеет дополнительные входные контакты 1 и 2, предназначенные для подачи сигнала сброса. Помимо основных выходных контактов 2 и 4, с которых снимается импульс с амплитудой 50 в, триггер имеет дополнительные выходные контакты 1 и 3, позволяющие снимать импульсы с амплитудой 80 в при частоте повторения запускающих импульсов до 250 кГц.

Низкочастотный триггер

(рис. 11)

Запуск осуществляется одиночными импульсами и импульсами, следующими с частотой повторения до 250 кГц. Запускающие импульсы отрицательной полярности подаются на аноды триодов через диоды Д104А.

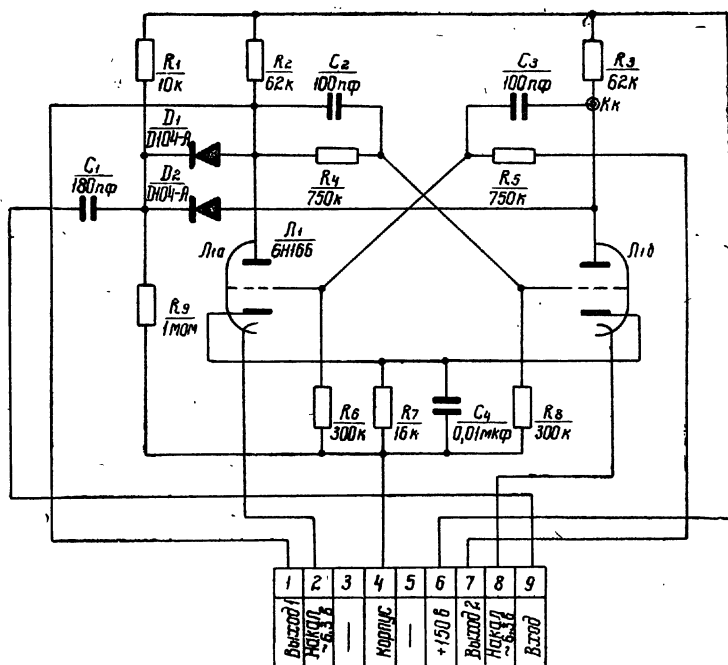


Рис. 11. Принципиальная схема низкочастотного триггера.

Триггер с малым потреблением энергии

Запуск осуществляется одиночными импульсами и импульсами, следующими с частотой повторения до 15 кГц. Запускающие импульсы подаются на аноды триодов через диоды Д104А.

Элементы схемы работают в режимах, при которых обеспечиваются следующие коэффициенты запаса относительно допустимых значений электрических параметров (табл. 17).

Таблица 17

Элементы схемы	Параметр	Коэффициент запаса при E_a , в	
		250	150
Сопrotивление	Мощность рассеивания	1,4—10	3,5—27
Конденсаторы	Напряжение	1,6—2,8	1,6—4,6
Лампы	Мощность, рассеиваемая анодом	1,2—1,3	3—3,7

Электрические характеристики унифицированного высокочастотного триггера приведены в табл. 18.

Таблица 18

Обозначение триггера	Номер выходного контакта	Напряжение источника анодного питания E_a , в	Выходные импульсы			Входные импульсы				
			амплитуда не более, в	длительность переднего фронта положительного перепада не менее, мксек	длительность заднего фронта положительного перепада, не менее, мксек	наибольшая частота следования, кГц	наименьшая амплитуда, в	наибольшая амплитуда, в	длительность, мксек	длительность переднего фронта, мксек
22.1.3.01	1,2	250	80	2,5	0,5	250	35	130	0,4	0,2
		150	50							
22.1.3.02	1,2	250	80	2,5	0,8	250	25	60	0,4	0,2
		150	50							
22.1.3.03	1,2	250	50	1,2	0,8	1000	25	60	0,4	0,2
		150	50							
22.1.3.03	1,2	150	50	25	3	15	35	130	0,4	0,2

Величины рекомендуемых активных и емкостных нагрузок приведены в табл. 19.

Таблица 19

Обозначение триггера	Сопротивление нагрузки R_n , ком	Емкостная нагрузка C_n , пф
22.1.3.01	70	50
22.1.3.02	70	50
22.1.3.03	500	50

При изменении сопротивления нагрузки R_n амплитуда выходных импульсов меняется в соответствии с нагрузочными характеристиками (рис. 12).

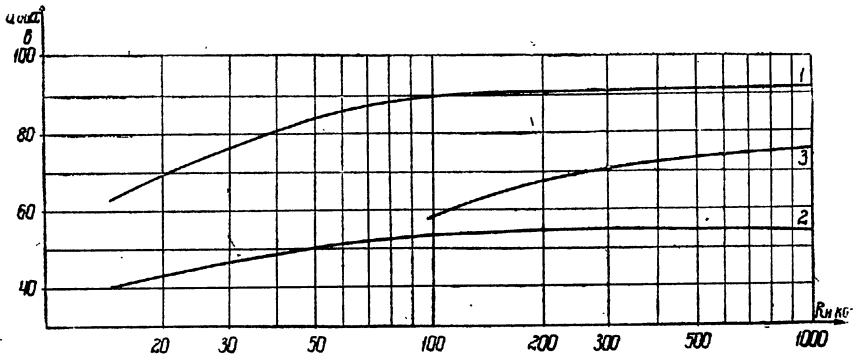


Рис. 12. Нагрузочные характеристики:

1 — триггеров 22.1.3.01 и 22.1.3.02 (с выходных контактов 1, 3); 2 — триггеров 22.1.3.02 (с выходных контактов 2 и 4); 3 — триггера 22.1.3.03.

Напряжение источников питания и потребляемая мощность указаны в табл. 20.

Таблица 20

Обозначение триггера	Напряжение источника питания, в ($\pm 10\%$)	Потребляемая мощность, вт
23.1.3.01	+250 6,3	3 2,5
	+150 6,3	0,9 2,5
22.1.3.01	+250 6,3	2,5 2,5
	+150 6,3	0,75 2,5
22.1.3.03	+150 6,3	0,45 2,5

5. УНИФИЦИРОВАННЫЙ ГЕНЕРАТОР ПИЛООБРАЗНОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Унифицированный генератор пилообразного напряжения предназначен для генерирования импульсов линейно-возрастающего напряжения длительностью от 16 до 2500 мксек.

Генератор пилообразного напряжения собран на двойном триоде 6Н16Б (рис. 13).

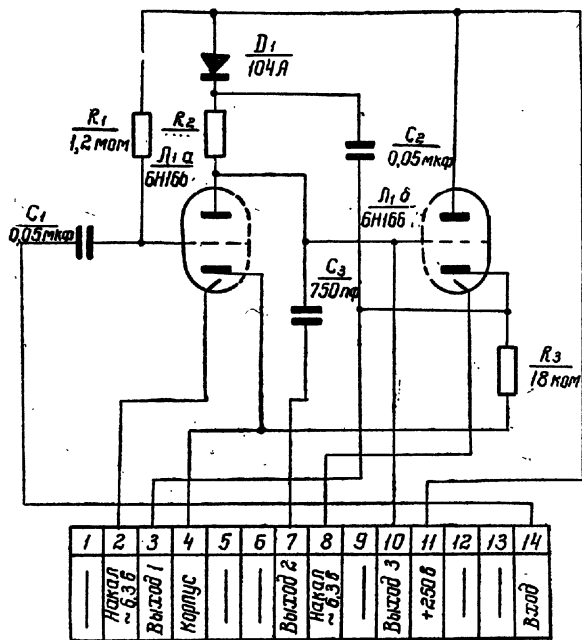


Рис. 13. Принципиальная схема унифицированного генератора линейного нарастающего напряжения.

После подачи на вход прямоугольного импульса отрицательной полярности левая половина триода \mathcal{L}_1 запирается и начинается заряд конденсатора C_3 . Возрастание напряжения на аноде \mathcal{L}_{1a} передается через катодный повторитель и конденсатор C_2 на кристаллический диод D_1 .

В результате положительной обратной связи по напряжению величина тока, протекающего через сопротивление R_2 , сохраняется практически постоянной, что обеспечивает повышение линейности заряда конденсатора C_3 и, следовательно, линейности выходного пилообразного напряжения.

В зависимости от заданной длительности импульсов пилообразного напряжения имеются 12 схем, отличающихся только величиной зарядного сопротивления R_2 (табл. 21).

Таблица 21

Обозначение генератора пилообразного напряжения	Тип и величина зарядного сопротивления, R_2
22.1.1.01	МЛТ-2-36 ком-1
22.1.1.02	МЛТ-2-56 „ -1
22.1.1.03	МЛТ-2-91 „ -1
22.1.1.04	МЛТ-1-150 „ -1
22.1.1.05	МЛТ-1-240 „ -1
22.1.1.06	МЛТ-0,5-360 „ -1
22.1.1.07	МЛТ-0,5-560 „ -1
22.1.1.08	МЛТ-0,5-910 „ -1
22.1.1.09	МЛТ-0,5-1,5 мгом-1
22.1.1.10	МЛТ-0,5-2,4 „ -1
22.1.1.11	МЛТ-0,5-3,6 „ -1
22.1.1.12	МЛТ-0,5-4,7 „ -1

Номинальные значения длительности импульсов пилообразного напряжения соответствуют ряду R10 ГОСТ 8032—56 «Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел».

В схеме предусмотрена возможность получения пилообразного напряжения с пьедесталом путем подключения последовательно с конденсатором C_3 сопротивления вне узла. Уровень напряжения пьедестала определяется величиной указанного сопротивления.

Элементы схемы работают в режимах, при которых обеспечиваются следующие коэффициенты запаса относительно предельно допустимых значений электрических параметров (табл. 22).

Таблица 22

Элементы схемы	Параметр	Коэффициент запаса при $E_a, в$	
		+250	+150
Сопротивления	Мощность рассеивания	1,3—40	2,5—100
Конденсаторы	Напряжение	1,5—600	1,5—800
Лампа	Мощность, рассеиваемая анодом	1,4—15000	7—28000

Электрические характеристики

Электрические характеристики унифицированного генератора пилообразного напряжения при напряжении источника анодного питания $E_a = +250 в$ приведены в табл. 23.

Таблица 23

Обозначение генератора пилообразного напряжения	Длительность выходных импульсов, мксек		Амплитуда выходных импульсов, в		Амплитуда запускающих импульсов не менее, в	Коэффициент нелинейности не более, %	Наибольшая частота следования, кГц	
	наименьшая	наибольшая	при наименьшей длительности	при наибольшей длительности			при наименьшей длительности	при наибольшей длительности
22.1.1.01	16	20	80	100	20	5	9,4	82
22.1.1.02	25	31	80	100	20	5	6,8	6,1
22.1.1.03	40	50	80	105	20	5	5	4,4
22.1.1.04	63	80	80	110	20	5	3,9	3,8
22.1.1.05	100	125	80	110	20	5	3,5	2,6
22.1.1.06	160	200	80	110	20	5	2,5	2,5
22.1.1.07	250	315	80	110	20	5	2	1,6
22.1.1.08	400	500	80	105	25	5	1,45	1,25
22.1.1.09	630	800	80	105	25	5	1,1	0,8
22.1.1.10	1000	1250	80	105	25	5	0,7	0,56
22.1.1.11	1600	2000	80	105	30	5	0,45	0,35
22.1.1.12	2500		115		30	5	0,28	

Таблица 24

Обозначение генератора	Напряжение источников питания, в	Потребляемая мощность, вт
22.1.1.01—22.1.1.12	+250±10% 6,3±10%	3 2,5
22.1.1.01—22.1.1.12	+150 6,3±19%	1 2,5

При $E_a = +150$ в амплитуда выходных импульсов (при наименьшей длительности) равна 50 в, при наибольшей длительности 65—75 в коэффициент нелинейности не превышает 1%.

Напряжение источников питания и потребляемая мощность указаны в табл. 24.

6. УНИФИЦИРОВАННЫЙ АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ БЛОКИНГ-ГЕНЕРАТОР С КАТОДНЫМ ПОВТОРИТЕЛЕМ

Унифицированный автоколебательный блокинг-генератор с катодным повторителем предназначен для генерирования импульсов положительной и отрицательной полярности длительностью 0,6; 1 и 1,6 мксек. Катодный повторитель служит для передачи импульсов положительной полярности длительностью от 0,4 до 250 мксек.

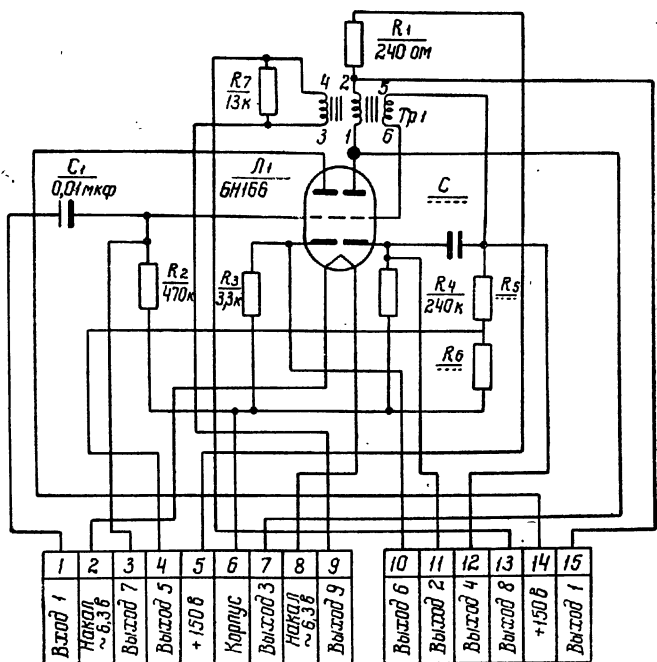


Рис. 14. Принципиальная схема унифицированного автоколебательного блокинг-генератора с катодным повторителем.

Унифицированный автоколебательный блокинг-генератор с катодным повторителем собран на двойном триоде 6N16B (рис. 14).

На левой половине триода собран катодный повторитель, который может работать как совместно со схемой блокинг-генератора, так и отдельно. В первом случае на катодный повторитель подаются импульсы с выхода блокинг-генератора, во втором — от любого источника импульсов.

На правой половине триода собран блокинг-генератор с анодно-сеточной связью. Принципиальная схема его аналогична схеме унифицированного ждущего блокинг-генератора.

Номинальные значения частот, генерируемых блокинг-генератором, соответствуют членам ряда предпочтительных чисел R_5 (ГОСТ 8032—56).

Для получения указанного ряда частот в схему установлен формирующий конденсатор C_2 и разрядные сопротивления R_5 и R_6 , номинальные значения которых приведены в табл. 25. В схеме применен малогабаритный импульсный трансформатор ГХ.4.720.024.

Таблица 25

Обозначение автоколебательного блокинг-генератора с катодным повторителем	Разрядное сопротивление R_5 , <i>ком</i>	Разрядное сопротивление R_6 , <i>ком</i>	Формирующая емкость C_2 , <i>пф</i>
12.4.2.01	10	11	82
12.4.2.02	8,2	9,1	270
12.4.2.03	12	15	270
12.4.2.04	18	27	270
12.4.2.05	33	39	270
12.4.2.06	47	68	270
12.4.2.07	100	100	270
12.4.2.08	130	180	270
12.4.2.09	270	180	270
12.4.2.10	360	360	270
12.4.2.11	510	620	270
12.4.2.12	1300	620	270
12.4.2.13	2200	620	270
12.4.2.14	1800	680	750
12.4.2.15	2400	680	750
12.4.2.16	3,9	8,2	82

Характеристики выходных цепей блокинг-генератора приведены в табл. 26.

Элементы схемы работают в режимах, при которых обеспечиваются следующие коэффициенты запаса относительно допустимых значений электрических параметров (табл. 27).

Таблица 26

Наименование выхода	Характеристики выходных цепей		
	форма снимаемого импульса	выходное сопротивление, <i>ом</i>	допускаемая емкость нагрузки, <i>пф</i>
Выход 1	Импульс отрицательной полярности без обратного выброса	240	200
Выход 2	Импульс положительной полярности без обратного выброса	240	200
Выход 3	Импульс отрицательной полярности	600	50
Выход 8	Импульс положительной полярности с обратным выбросом	600	50
Выход 6	Импульс положительной полярности	200	200

Таблица 27

Элементы схемы	Параметр	Коэффициент запаса при $E_a, в$	
		150	120
Сопровствления	Мощность рассеивания	3—25	3,5—30
Конденсаторы	Напряжение	1,5—4	1,8—5
Лампа	Мощность, рассеиваемая анодом	1,2—20	1,4—25

Электрические характеристики

Электрические характеристики автоколебательного блокинг-генератора и катодного повторителя сведены в табл. 28.

Кроме параметров табл. 28, автоколебательные блокинг-генераторы имеют следующие общие параметры: длительность переднего фронта 0,4 мксек, длительность спада 0,4 мксек, амплитуду выходных импульсов 15 в.

Блокинг-генератор должен надежно синхронизироваться при подаче на анод лампы импульсов отрицательной полярности с амплитудой $U_{вх} = 45$ в и длительностью $0,45 \pm 0,1$ мксек через $R = 5,6$ ком и $C = 0,01$ мкф при соотношении синхронизирующей и генерируемой частот $F_{синхр} = (1,4—1,5) F_{генер}$.

Таблица 28

Обозначение автоколебательного блокинг-генератора с катодным повторителем	Длительность выходного импульса, мксек	Генерируемые частоты, гц	Коэффициент передачи катодного повторителя не менее
12.4.2.01	$0,6 \pm 0,15$	10000 ± 25000	0,5
12.4.2.02	$1,0 \pm 0,25$	60000 ± 15000	0,5
12.4.2.03	$1,0 \pm 0,25$	40000 ± 10000	0,5
12.4.2.04	$1,0 \pm 0,25$	25000 ± 6200	0,5
12.4.2.05	$1,0 \pm 0,25$	16000 ± 4000	0,5
12.4.2.06	$1,0 \pm 0,25$	10000 ± 2500	0,7
12.4.2.07	$1,0 \pm 0,25$	6000 ± 1500	0,7
12.4.2.08	$1,0 \pm 0,25$	4000 ± 1000	0,7
12.4.2.09	$1,0 \pm 0,25$	2500 ± 620	0,7
12.4.2.10	$1,0 \pm 0,26$	1600 ± 400	0,7
12.4.2.11	$1,0 \pm 0,25$	1600 ± 250	0,7
12.4.2.12	$1,0 \pm 0,25$	600 ± 150	0,7
12.4.2.13	$1,0 \pm 0,25$	400 ± 100	0,7
12.4.2.14	$1,6 \pm 0,45$	250 ± 62	0,7
12.4.2.15	$1,6 \pm 0,4$	160 ± 40	0,7
12.4.2.16	$0,6 \pm 0,15$	160000 ± 40000	0,5

Подключение катодного повторителя к выходу блокинг-генератора осуществляется вне узла. Для использования катодного повторителя в качестве запускающего каскада анод катодного повторителя соединяется с анодом блокинг-генератора, а между выходом катодного повторителя и корпусом вне узла подключается конденсатор емкостью $0,025—0,05$ мкф.

Напряжение источников питания и потребляемая мощность указаны в табл. 29.

Таблица 29

Обозначение автоколебательного блокинг-генератора с катодным повторителем	Напряжение источника питания, в ($\pm 10\%$)	Потребляемая мощность, вт
12.4.2.01— —12.4.2.16	+150 ~6,3	1,53 2,5

III. ПРИНЦИП КОНСТРУИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ БЛОКОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ УНИФИЦИРОВАННЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УЗЛОВ

1. РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННЫХ БЛОКОВ

Разработку электронных блоков можно разбить на следующие основные этапы:

- а) разработка принципиальных схем узлов, непоставляемых централизованным производством;
- б) разработка соединительных схем субпанелей;
- в) разработка соединительных схем блоков;
- г) разработка компоновочных чертежей субпанелей и блоков;
- д) разработка и изготовление всех видов непоставляемых печатных схем;
- е) разработка конструкции блока;
- ж) изготовление макетов блока с применением унифицированных и специально разработанных узлов;
- з) корректировка технической документации и изготовление опытных образцов.

В начальный период применения унифицированных электронных узлов неизбежным является этап перевода существующих принципиальных схем на унифицированные, но по мере внедрения унифицированных узлов и более глубокого ознакомления с ними разработчики электронной аппаратуры будут начинать проектирование принципиальных схем блоков, непосредственно применяя унифицированные узлы. При этом необходимость в проведении замены существующих функциональных элементов схем на унифицированные отпадает.

Компоновка узлов в блоке может производиться различными способами, например:

- а) установка узлов непосредственно на блочную печатную панель;
- б) использование промежуточных печатных плат-субпанелей.

Первый способ целесообразен при небольшом количестве узлов в блоке и относительно несложной схеме соединений. При боль-

шом количестве функциональных узлов лабораторная обработка усложняется, поэтому целесообразно в таких случаях применять промежуточные соединительные платы-субпанели.

Субпанель играет роль промежуточного конструктивного звена, объединяющего несколько узлов по функциональному признаку. Как правило, принципиальная схема субпанели является частью общей схемы блока, выполняющей более сложные задачи. В качестве примеров можно указать на такие субпанели как сервоусилитель, операционный усилитель, схема развертки, схема деления частоты, схема автоматической регулировки усиления и др. Использование субпанелей упрощает компоновку блока и изготовление блочной печатной платы, так как электроустановка размещается в нескольких плоскостях.

Настройка, контроль, ремонт и замена отдельных элементов, вышедших из строя, также удобней при наличии субпанелей.

Недостатком применения субпанелей является некоторое увеличение веса блока, по сравнению с расположением узлов на общей блочной плате.

Соединение субпанелей осуществляется либо с помощью штепсельных разъемов, либо впаиванием в общую блочную печатную плату.

В обоих случаях требуется механическое крепление субпанелей.

Для серийно выпускаемой аппаратуры, рассчитанной на продолжительный срок службы, следует считать более предпочтительным впаивание субпанелей в ответную печатную плату.

Для лабораторной обработки схем более удобно иметь легко-съемные субпанели на штепсельных разъемах.

Для электрического соединения субпанелей служит печатная плата блока. Эта плата изготавливается по общепринятой технологии. Толщина изоляционного материала для такой платы берется большей, чем для узлов и субпанели, так как, кроме изоляционного основания для печатной схемы, эта плата служит несущей опорой для субпанелей и крупногабаритных деталей. Блочная плата имеет посадочные места для соединения с металлическим каркасом, специальные вырезы для соединений с штепсельными разъемами и отверстия под крупногабаритные детали.

Штыревые контакты крупногабаритных деталей устанавливаются в специально предусмотренные контактные отверстия и опаяются. Механическое крепление тяжелых узлов и деталей (трансформаторов, реле, конденсаторов и др.) выбирается конструктором, исходя из условий компоновки и требований к эксплуатации аппаратуры. Для улучшения условий принудительного охлаждения узлы располагаются так, чтобы все электронные лампы находились в одной плоскости.

Несущей частью конструкции является металлический каркас. Для установки блока в контейнер или на амортизационную раму каркас снабжается специальными направляющими.

Все крупногабаритные детали — трансформаторы, конденсаторы, линии задержки и др. — могут быть размещены на металлическом каркасе или на внутренней стороне лицевой панели.

На лицевой панели блока располагаются органы регулировки и контрольные контакты.

2. МЕТОДИКА ОФОРМЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Применение унифицированных функциональных узлов с печатным монтажом накладывает некоторые специфические особенности на оформление технической документации.

Особенностью такой документации является наличие чертежей на печатную плату узла, субпанели и панели блока, а также сборочных чертежей узла, субпанели и блока.

Разработка и выпуск чертежно-конструкторской документации на унифицированные функциональные узлы относится к специализированным заводам и ОКБ.

Разработчики аппаратуры, пользующиеся функциональными узлами как готовыми изделиями, свободны от разработки технической документации на отдельные узлы, а также от изготовления самих узлов, от настройки и испытаний узлов. Однако необходимо иметь в виду, что на первом этапе внедрения унифицированных функциональных узлов в новые объекты, т. е. до создания широкой номенклатуры узлов и организации их централизованного производства в достаточно широком масштабе, вопрос выпуска узлов и документации неизбежно может коснуться и предприятий, занятых разработкой аппаратуры.

В комплект чертежей функционального узла входит: принципиальная схема, печатная схема, чертеж на механическую обработку платы, сборочный чертеж.

В комплект чертежей субпанели входит: печатная схема субпанели, чертеж на механическую обработку платы, сборочный чертеж субпанели.

Исходными материалами для конструирования субпанели являются сборочные чертежи функциональных узлов, принципиальная схема соединений субпанели, перечень элементов, непосредственно установленных на плате субпанели.

ВЫВОДЫ

Сравнительный анализ основных технико-экономических характеристик разработки, производства и эксплуатации аппаратуры, построенной на функционально-узловом принципе, с характеристиками аналогичной аппаратуры, построенной на существующем индивидуально-блочном принципе, показывает существенные преимущества первого.

Период разработки аппаратуры на унифицированных функциональных узлах с печатным монтажом значительно сокращается.

Настройка и регулировка не требуют специалистов высокой квалификации, она может быть выполнена специалистами средней квалификации. Вес аппаратуры снижается на 15—20% за счет исключения объемных монтажных проводников большого количества конструктивных деталей, крепежных элементов и др.

Качественно меняется характер производства электронной аппаратуры, так как из мелкосерийного производства выделяется значительный объем (60—80%) в крупносерийное механизированное производство унифицированных функциональных узлов.

Повышается эксплуатационная надежность аппаратуры и соответственно понижаются затраты на ее ремонт.

Дальнейшим развитием функционально узлового конструирования является постепенный переход к узлам на полупроводниковых приборах. Еще более высшей ступенью развития в этой области являются микромодули и молекулярная электроника. Каждый из этих этапов призван в свое время сыграть свою прогрессивную роль. Микромодули позволяют существенно сократить габариты и вес аппаратуры, создадут возможность дублирования ответственных цепей, что увеличит надежность аппаратуры.

Аппаратура, построенная на микромодульном принципе, будет выдерживать значительно большую ударную перегрузку, что очень важно для развивающейся ракетной техники.

Молекулярная электроника основана на том, чтобы вообще отказаться от каких-либо элементов схемы, а вместе с ними и от схемных соединений (в том числе и от печатных схем).

Вместо существующих радиодеталей и существующих печатных схем будут использованы монокристаллические материалы, выполняющие определенные функции в радиоэлектронной аппаратуре. Использование этого принципа позволит достигнуть еще больших результатов в области снижения габаритов и веса аппаратуры. Но эти новые направления находятся в зачаточном состоянии. Некоторая часть специалистов в области радиоэлектроники с появлением новых перспективных направлений стали пренебрегать ближайшими возможностями сокращения габаритов, повышения надежности и технологичности конструкции. Такая тенденция является ошибочной.

До внедрения в промышленность зародившихся недавно новых направлений пройдет ряд лет поисков и экспериментальных работ. Поэтому чрезвычайно важно обратить внимание на использование созревших ныне возможностей повышения надежности, сокращения сроков проектирования и снижения себестоимости электронной аппаратуры. Такой непосредственной возможностью сегодняшнего дня является широкое внедрение унифицированных функциональных узлов с печатным монтажом.

Л и т е р а т у р а

1. Месяцев П. П. Применение теории вероятностей и математической статистики при конструировании и производстве радиоаппаратуры. М., Оборонгиз, 1958.

2. Ткаченко В. В. За широкое внедрение предпочтительных чисел. Стандартизация, 1956, № 4.

3. Майоров А. В. Некоторые вопросы теории надежности. Радиоэлектронная промышленность, 1959, № 13.

4. Майоров С. А. Блочные конструкции системы управления и регулирования. ЛДНТП, 1960.

5. Фролов А. Д. Основные принципы конструирования деталей радиоаппаратуры. Госэнергоиздат, М., 1955.

6. Малогабаритная радиоаппаратура. Вопросы конструирования, производства и эксплуатации. Сборник переводов статей из иностранной литературы под редакцией В. И. Сифорова. М., ИЛ, 1954.

Брук Борис Абрамович

Функционально-узловой принцип конструирования электронной аппаратуры

Редактор инж. *Б. С. Эпштейн*

Изд. редактор *Д. П. Фрегер*

Техн. редактор *М. М. Кубнева*

Ленинградский Дом научно-технической пропаганды (ЛДНТП), Невский пр., 58

М-22556 Тип. ЛДНТП. Зак. 891 Тир. 5500 Объем 2,75 п.л. Уч.-изд. л. 2,97 5-ХІ-60 г.

Цена 3 руб.

Цена с 1. I. 1961 г. 30 коп.