

*Федеральное агентство по образованию  
Ульяновский государственный технический университет  
Факультет информационных систем и технологий  
Кафедра "Вычислительная техника"*

*Дисциплина: Схемотехника ЭВМ*

*Пояснительная записка к курсовому проекту*

*Устройство для получения пчелиного яда*

*Выполнил:  
студент группы ИВТАПдд-31*

*Царёв И.Г.*

*Проверил:  
старший преподаватель*

*Куцоконь Н.С.*

*Ульяновск 2016*

## Содержание

Задание	3
Введение	4
История вопроса	5
Принцип работы	8
Структурная схема	9
Функциональная схема	10
Принципиальная схема	11
Описание работы устройства	12
Временные диаграммы	14
Выбор элементной базы	15
Описание микросхем	18
Расчётная часть	28
Заключение	33
Список литературы	34
Спецификация	35

					<b>ВТ.СхТ.КП.ПЗ.16</b>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.		Царёв И. Г.			Устройство для получения пчелиного яда		Лит.	Лист
Пров.		Куцоконь Н. С.						2
								35
Н. контр.							УЛГТУ ИВТАПдд-31	
Утв.								

## ***Задание***

*Цель курсового проекта состоит в следующем:*

- 1. Систематизировать, закрепить и расширить теоретические знания, полученные по дисциплине "Схемотехника";*
- 2. Привить навыки самостоятельного использования полученных в процессе обучения знаний;*
- 3. Приобрести опыт в проектировании и анализе цифровых и цифро-аналоговых узлов и устройств;*
- 4. Расширить кругозор в области цифровой вычислительной техники;*
- 5. Получить практические навыки в оформлении конструкторской документации.*

*В курсовом проекте для рассматриваемого устройства, в данном случае устройства для получения пчелиного яда, требуется выполнить следующее:*

- 1. Изложить принцип работы устройства;*
- 2. Построить структурную схему устройства;*
- 3. Построить полную функциональную схему устройства;*
- 4. Построить принципиальную схему устройства;*
- 5. Дать временные диаграммы работы устройства;*
- 6. Привести спецификацию элементной базы устройства;*
- 7. Дать расчет технических характеристик устройства;*
- 8. Указать пути совершенствования и модификации устройства.*

					<b><i>ВТ.СхТ.КП.ПЗ.16</i></b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>3</i>

## ***Введение***

*Пчеловодство как одна из сторон человеческой деятельности в настоящее время обогатилось еще одним продуктом — пчелиным ядом.*

*В свете современных представлений о целенаправленном лечебном воздействии на организм человека пчелиным ядом, можно с уверенностью утверждать, что возросший интерес к нему связан с его высокой физиологической активностью с одной стороны, и естественным происхождением с другой.*

*Однако, добыча пчелиного яда, ставшая важной отраслью пчеловодства, приводит к нагрузке на пчелосемьи. В связи с этим имеется актуальная необходимость разработки оптимальной технологии получения пчелиного яда на пасеках, которая являлась бы безвредной для пчелосемей и человека.*

					<b><i>ВТ.СхТ.КП.ПЗ.16</i></b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>4</i>

## *История вопроса*

*В настоящее время известно много устройств для сбора пчелиного яда. По принципу раздражения пчел они разделяются на механические и электрические.*

### *Механический способ*

*Большинство модификаций механического способа раздражения пчел для взятия ядовитого секрета сопровождается гибелью пчел. Для получения яда живые пчелы берутся пинцетом или пальцами, жало при этом высовывается наружу. Тонким глазным пинцетом оно слегка извлекается из камеры, после чего начинается автоматическое истечение яда. Кончиком жала прикасаются к поверхности стекла, яд изливается на него и быстро засыхает.*

*Все устройства, основанные на механическом принципе раздражения пчел, имеют ряд существенных недостатков:*

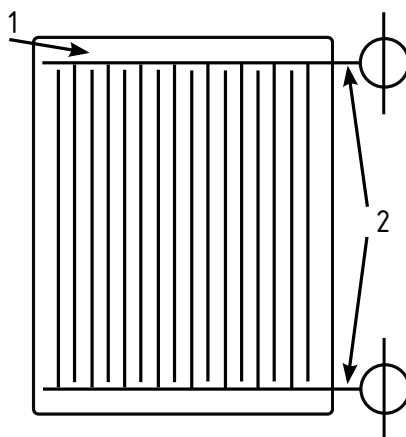
- 1. В большинстве устройств и приспособлений для сбора яда пчелы гибнут из-за отрыва ядовитой железы;*
- 2. Крайне низкая эффективность устройств, осложненная высокой трудоемкостью процесса;*
- 3. Сбор яда в жидкую среду, где он нестойк, быстро подвергается бактериальному распаду и теряет активность [3];*
- 4. Высокая вероятность поражения (ужаления) пчелами обслуживающего персонала.*

### *Электрический способ*

*Подлинный переворот в технологии получения пчелиного яда произошел, когда в качестве раздражителя был применен электрический ток. Дело в том, что в основе всех рефлекторных физиологических реакций организма человека и животных лежат электрические, точнее — биоэлектрические процессы, то есть метод электрического раздражения удобен тем, что электрический импульс, наносимый на живую ткань извне, будет адекватным, физиологическим раздражителем. Можно подобрать сигнал такой величины и формы, чтобы он вызвал раздражение, приводящее к ужалению, но не был бы опасен для жизнедеятельности пчелы.*

*Современный комплекс аппаратуры для получения пчелиного яда включает два основных компонента — электрический стимулятор и ядоприёмник.*

					<i>ВТ.СхТ.КП.ПЗ.16</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>5</i>



*Рисунок 1 — Эскиз ядоприемника:*

*1 — Стеклянная подложка, 2 — Провода-электроды*

*Электрический стимулятор представляет собой генератор импульсов тока определенной величины и формы.*

*Ядоприемник является вторым неотъемлемым компонентом комплекса и представляет собой систему близко расположенных между собой проводов-электродов, через которые импульсы со стимулятора доводятся до тела (конечностей) пчелы. Под проводами-электродами обычно находится стекло — собственно ядоприёмник (см. рис. 1). Пчела, находящаяся на проводах-электродах, замыкает их в цепь и принимает удар импульсного тока. Возникающая при этом реакция ужаления приводит к тому, что с выдвинутого из брюшка пчелы жала стекает ядовитый секрет, который при высыхании и представляет собой сухой пчелиный яд.*

### **Биологическая составляющая**

*Пчела, как и другие животные, имеет центральную и периферическую нервную системы, мышцы, которыми эти системы управляют. Управляющие команды нервной системы регулируются сигналами, приходящими по чувствительным нервным путям от рецепторов, находящихся повсеместно — внутри и на поверхности организма.*

*Рассмотрим пример. Если несильно надавить на тело пчелы, она будет поднимать лапки, крылья. Если давление усилить — пчела попытается улететь. Наконец, сильное надавливание приведет к попытке ужалить. Следовательно, эти инстинктивные рефлексy и соответствующие реакции градуальны и зависят от раздражающего действия, то есть пчела будет жалить только при достижении определенной, пороговой силы раздражителя.*

					<b>ВТ.СхТ.КП.ПЗ.16</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		6

Установлено, что постоянный ток будет вызывать ответ возбудимых тканей только в момент включения и выключения. Кроме того, проходя по тканям, он вызывает их разогрев, различные электрохимические процессы (перенос заряда), соответственно, разрушение тканей. Следовательно оптимальным будет раздражение, наносимое в режиме импульсов, причем частота этих импульсов должна соответствовать физиологической частоте. Опытным путем определено, что оптимальная частота электрических импульсов раздражения пчел должна лежать в интервале 500–1000 Гц [2].

Стоит заметить, что чем медленнее нарастает величина электрического раздражителя, тем выше становится порог, при котором возникает реакция на раздражение (явление аккомодации). Наоборот, мгновенно нарастающий стимул вызовет реакцию ткани при меньшей величине. Поэтому наиболее эффективны электростимуляторы, у которых передний фронт (крутизна) импульса наиболее короток (0,5–1 мс) — генераторы прямоугольных импульсов.

Важным фактом является то, чтобы получить ответную реакцию пчелы на раздражение, нужно подать пачку импульсов, а не одиночный импульс. Поскольку, при одиночном стимуле даже большой силы мышца отвечает одиночным сокращением.

С другой стороны, для полного выброса яда из мышечного резервуара, мышцы его стенок должны работать в режиме насоса — периодическом сокращении и ослаблении. Соответственно должны быть предусмотрены паузы между пачками импульсов.

Как утверждает автор в [2], в условиях пасеки было подтверждено, что при вышеуказанных параметрах длительности и формы импульсов оптимальная амплитуда составила 25–35 В. При достижении величины в 80 В происходит гибель пчёл на электродах. Также было подтверждено, что повышение амплитуды импульсного тока выше 35 В не приводило к дальнейшему увеличению ядоотдачи.

					ВТ.СхТ.КП.ПЗ.16	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		7

## Принцип работы

Выше было отмечено, что устройство должно работать на пасеке при отсутствии электросети, т. е. должно быть автономным. Принимая также во внимание рассмотренные биологические особенности пчёл, устройство представляет собой электронную систему с ядоприёмником, структурная схема которой представлена на стр. 9.

Первичным источником питания в устройстве является автомобильный аккумулятор, к которому подключены ШИМ-регулятор и стабилизатор напряжения. Стабилизатор позволяет получить напряжение величиной +9 В для питания микросхем устройства, а ШИМ-регулятор формирует напряжение, изменяемое в диапазоне от +5 до +12 В, для обеспечения возможности подстройки напряжения на электродах ядоприёмника.

С помощью ключа SA1 устройство можно запустить с задержкой, а с помощью кнопки SB1 — без задержки. Отличие режимов заключается в том, что в первом случае начинает работать генератор импульса запуска, формирующий импульсы с периодом следования 28 часов. В таком случае задержка составляет половину этого периода. Импульс запуска переводит выход триггера в состояние высокого логического уровня, который запускает генератор импульса остановки с периодом следования 1 час.

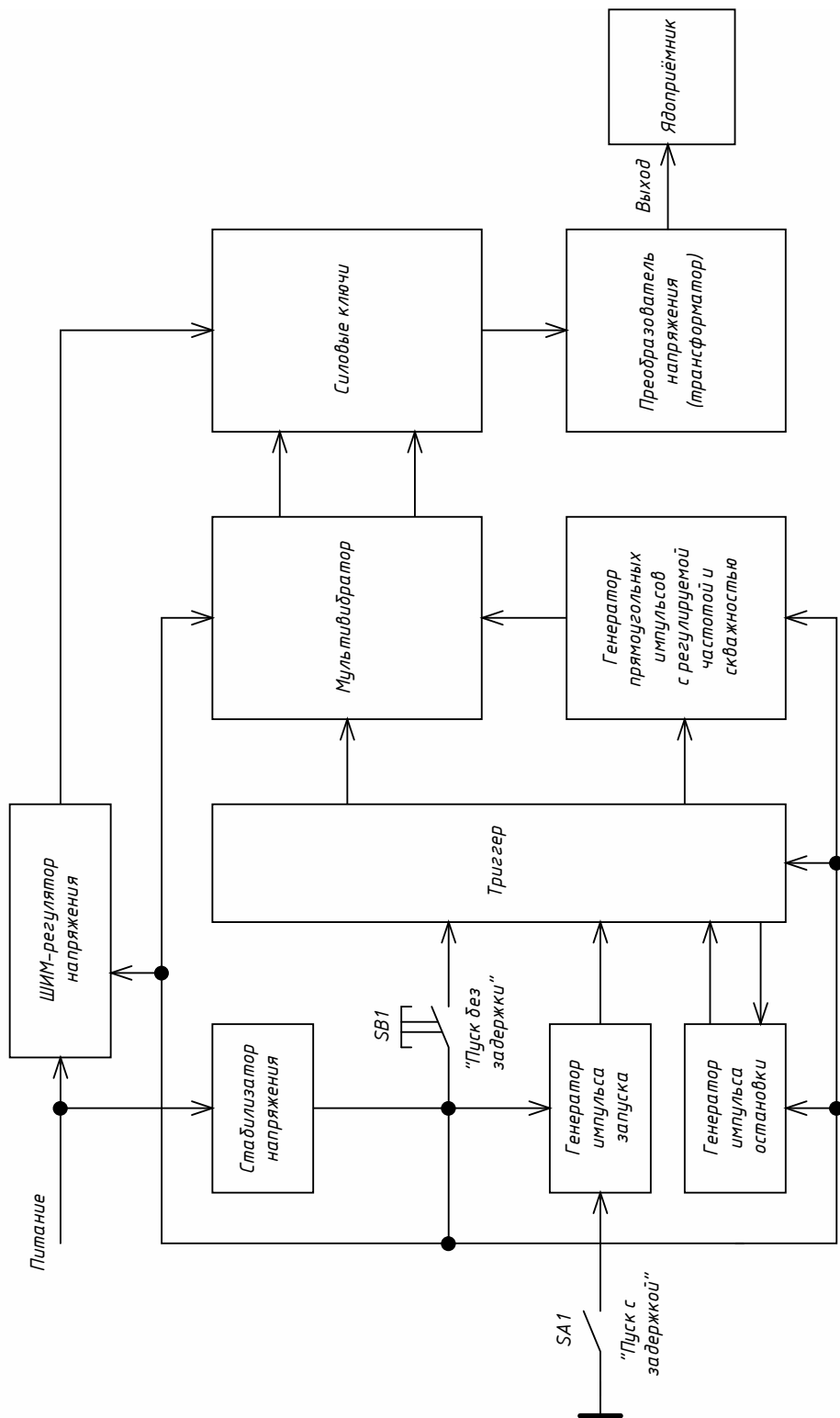
В то же время триггер запускает мультивибратор и генератор прямоугольных импульсов с регулируемой частотой и скважностью, который модулирует работу мультивибратора, формируя тем самым пачки импульсов частотой 1 кГц. Мультивибратор управляет двумя транзисторными ключами, которые попеременно коммутируют постоянное напряжение, поступающее с ШИМ-регулятора на первичную обмотку трансформатора. Это позволяет получить переменное напряжение прямоугольной формы.

Для повышения полученного переменного напряжения до нужной величины служит повышающий трансформатор, напряжение со вторичной обмотки которого подаётся на электроды ядоприёмника.

					ВТ.СхТ.КП.ПЗ.16	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		8



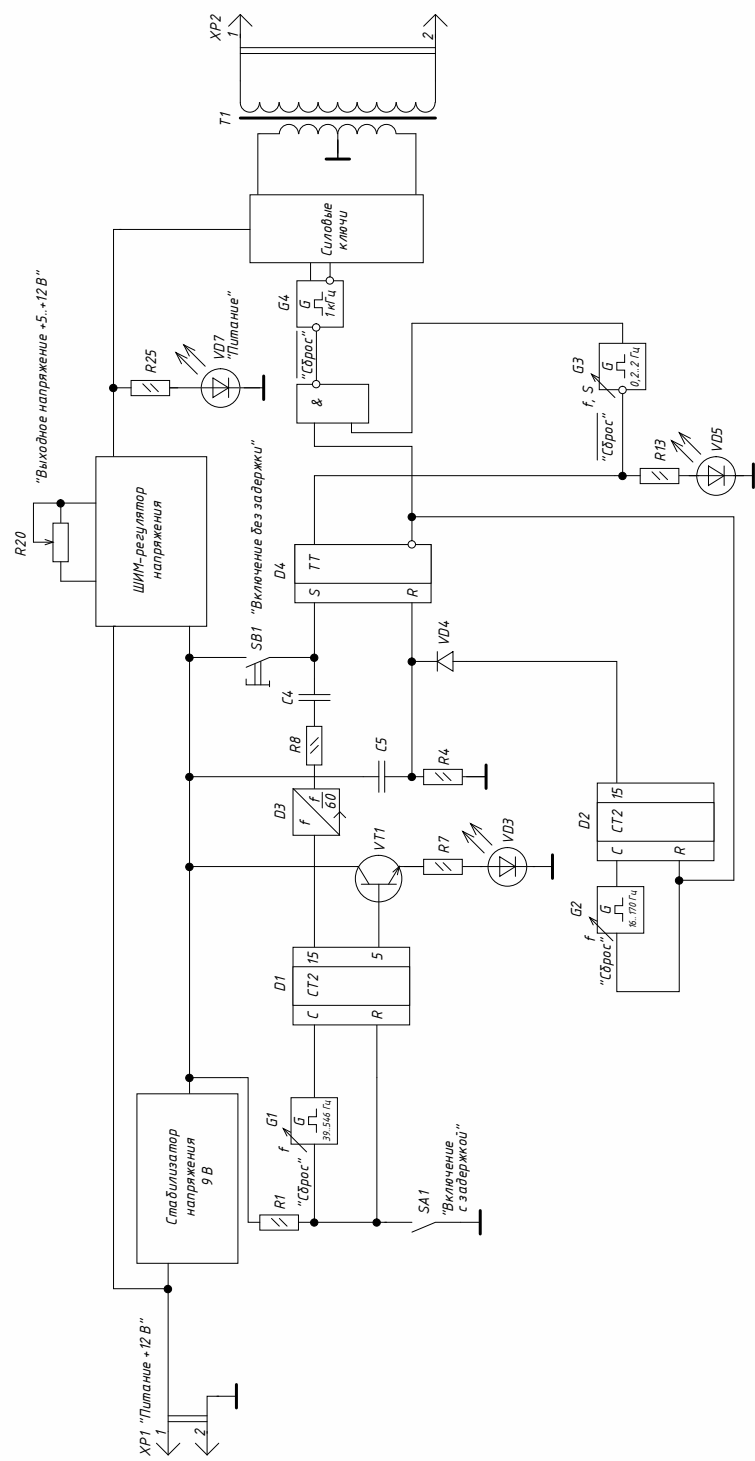
Структурная схема



					ВТ.СхТ.КП.ПЗ.16			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Устройство для получения пчелиного яда			
Разраб.	Царёв И. Г.							
Пров.	Куцоконь Н. С.				Схема структурная			
Н. контр.					УЛГТУ ИВТАПдд-31			
Утв.								

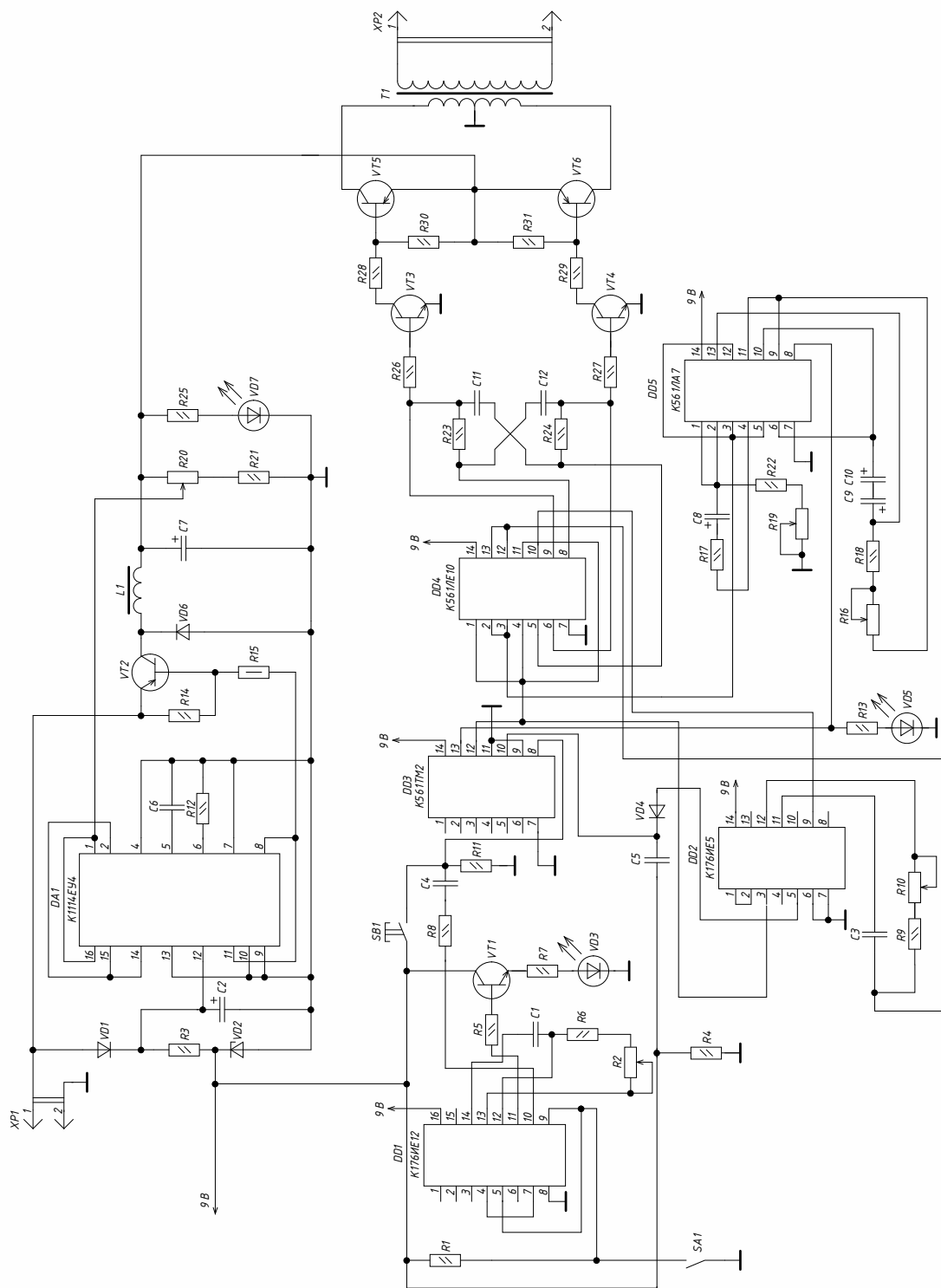
Лит.	Лист	Листов
	9	35

Функциональная схема



					ВТ.СхТ.КП.ПЗ.16		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Устройство для получения пчелиного яда  Схема электрическая функциональная		
Разраб.	Царёв И. Г.						
Пров.	Куцоконь Н. С.						
Н. контр.							
Утв.							
					Лит.	Лист	Листов
						10	35
					УЛГТУ ИВТАПдд-31		

# Принципиальная схема



					ВТ.СхТ.КП.ПЗ.16								
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Устройство для получения пчелиного яда				Лит.	Лист	Листов		
Разраб.	Царёв И. Г.										11	35	
Пров.	Куцоконь Н. С.								УЛГТУ ИВТАПдд-31				
Н. контр.													
Утв.					Схема электрическая принципиальная								

## Описание работы устройства

Работа схемы начинается в момент подключения источника питания к разъёму ХР1.

Стабилизированное напряжение 9 В через резистор R1 поступает на входы сброса генератора G1 и счётчика D1, держа их в сброшенном состоянии. Также в момент включения конденсатор C5 оказывается разряженным, поэтому на входе R триггера D4 оказывается логическая единица. Конденсатор начинает заряжаться через резистор R4. По мере заряда потенциал на входе R триггера D4 понижается до уровня логического нуля. Данная цепь R5–C4 позволяет получить на входе R триггера импульс, переводящий прямой выход триггера в состояние логического нуля. Этот сигнал держит в сброшенном состоянии генератор G3, а логическая единица с инверсного выхода — генератор G2 и счётчик D2. Также сигнал с этого выхода поступает на элемент логического И–НЕ D5, на выходе которого формируется логическая единица, которая держит генератор G4 в сброшенном состоянии. Поэтому силовые ключи оказываются закрытыми и на выходе схемы на разъёме ХР2 напряжение равно нулю. В данном состоянии схема может находиться сколь угодно долго.

Включение устройства в работу производится замыканием ключа SA1. При этом на входах сброса G1 и D1 появляется логический нуль, разрешающий их работу. По истечению  $T=T_1/2$  часов на выходе делителя D3 появляется логическая единица. Дифференцирующая цепочка R8–C4 обеспечивает появление импульса логической единицы на входе S триггера. При этом на прямом выходе триггера появляется логическая единица, а на инверсном — логический нуль. Это приводит к тому, что генераторы G2, G3 и счётчик D2 начинают работу. Также логический нуль с инверсного выхода триггера поступает на один из входов D5. В моменты, когда сигнал с генератора G3 имеет низкий логический уровень, происходит изменение сигнала на выходе D5 с низкого на высокий логический уровень. При этом начинают работать генератор G4. Противофазные импульсы на выходах генератора G4 попеременно открывают силовые ключи, которые подключают напряжение с ШИМ–регулятора на первичную обмотку трансформатора T1, вследствие чего на его первичной обмотке возникает переменное напряжение. Далее оно усиливается и поступает на выход ХР2.

Формирование переменного напряжения на выходе происходит в течение времени равным  $T_2/2$  часов. По истечению этого времени, на выходе счётчика D2 возникает логическая единица, которая сбрасывает триггер, изменяя состояние его выходов на

					ВТ.СхТ.КП.ПЗ.16	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		12

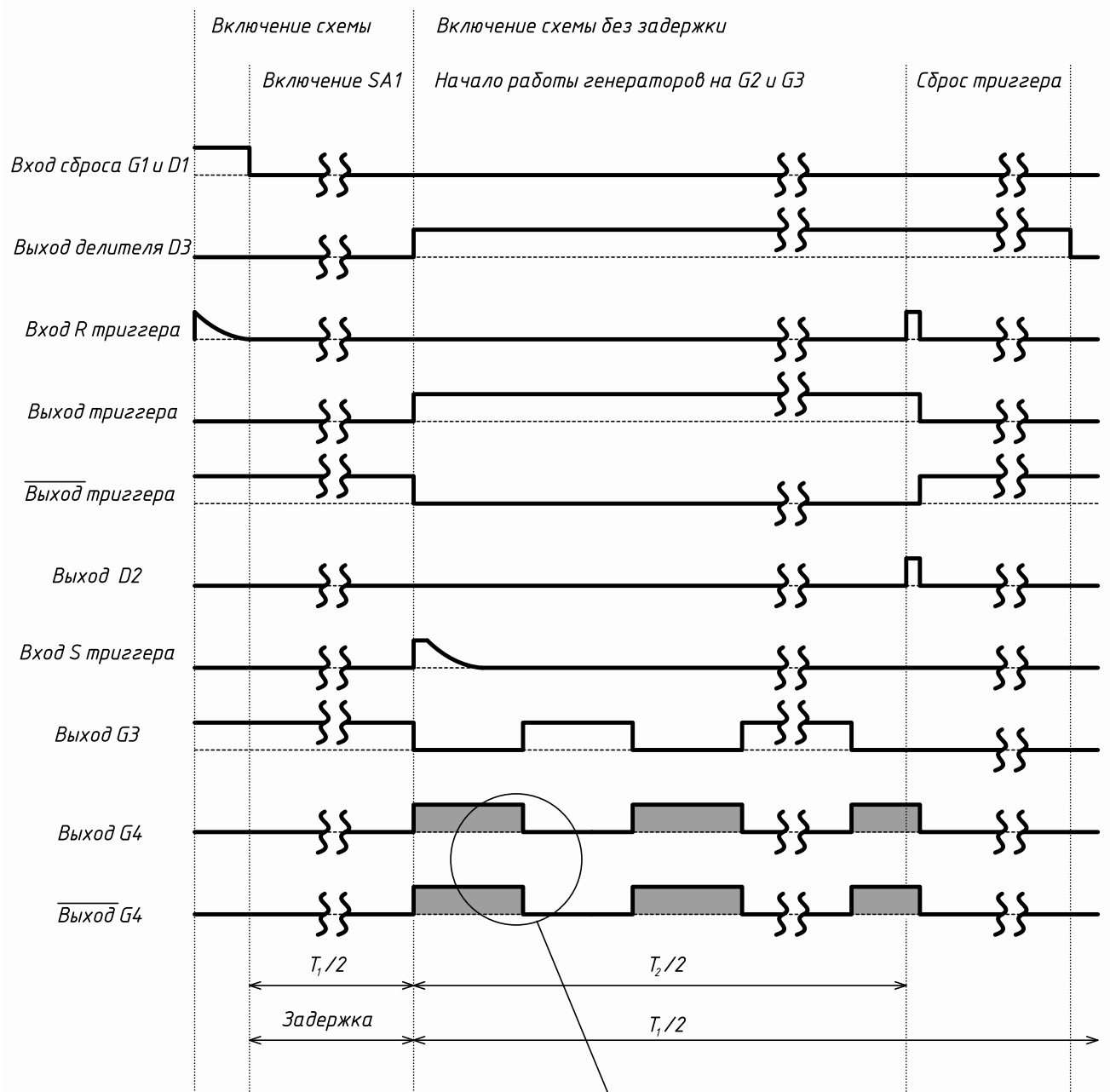
противоположные. Это приводит к отключению генератора G2 и G3 и сбросу счётчика D2. Также происходит отключение генератора G4 и, следовательно, напряжение на выходе трансформатора T1 станет равным нулю. Схема возвращается в исходное состояние и ожидает появления следующего переднего фронта импульса с выхода D3.

Следует отметить, что возможно включение схемы без дополнительной задержки путем подачи короткого импульса напрямую на вход S триггера при помощи кнопки SB1.

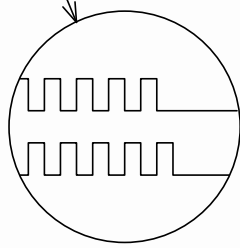
Для регулировки выходного напряжения в схеме ШИМ-регулятора имеется возможность подстройки его выходного напряжения в небольших пределах при помощи переменного резистора R20.

					ВТ.СхТ.КП.ПЗ.16	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		13

# Временные диаграммы



$T_1 = 2 \dots 28 \text{ ч}$   
 $T_2 = 1 \dots 2 \text{ ч}$



## Выбор элементной базы

В основе принципа работы данного устройства лежит генерация импульсов с различной частотой и скважностью. Элементы схемы должны иметь высокое быстродействие, а также должны быть экономичными. Именно в таких случаях используются микросхемы серии K176 и K561, KP1561 и 564.

Микросхемы этих серий изготавливаются по технологии комплементарных транзисторов структуры металл-диэлектрик-полупроводник (КМДП). Ранее в качестве диэлектрика использовался окисел кремния, поэтому сокращенным обозначением структуры этих микросхем было КМОП.

Основная особенность микросхем КМОП – ничтожное потребление тока в статическом режиме – 0,1..100 мкА. При работе на максимальной рабочей частоте потребляемая мощность увеличивается и приближается к потребляемой мощности наименее мощных микросхем ТТЛ. Микросхемы серий K176, K561 выпускаются в пластмассовых корпусах с двухрядным расположением 14, 16 или 24 штыревых выводов, а микросхемы серии 564 – в корпусах с тем же количеством выводов, расположенных в одной плоскости, в так называемых планарных корпусах.

Поэтому для построения схемы решено использовать КМОП микросхемы. Теперь определимся с серией.

Номинальное напряжение питания микросхем серии K176 –  $9В \pm 5\%$ , однако они, как правило, сохраняют работоспособность в диапазоне питающих напряжений от 5 до 12 В. Для микросхем серий K561 гарантируется работоспособность при напряжении питания от 3 до 15 В, для KP1561 – от 3 до 18 В.

Диапазон рабочих температур микросхем:

- серии K176 от  $-10$  до  $+70$   $^{\circ}C$ ;
- серий K561 от  $-45$  до  $+85$   $^{\circ}C$ ;
- серии 564 от  $-60$  до  $+125$   $^{\circ}C$ ;

Микросхемы серии K561 (564, 1561, 1564) являются более современными по сравнению с серией 176 и превосходят их по всем параметрам. Кроме того, у них более широкий номенклатурный перечень.

Однако для задачи реализации довольно большого времени задержки включения и выключения устройства оптимальнее применить специализированные часовые

					ВТ.СхТ.КП.ПЗ.16	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		15

микросхемы K176IE12 и K176IE5. Для остальных задач будем использовать микросхемы серии K561.

Основные характеристики микросхем серии K176:

- $P = 10$  мкВт/вентиль;
- $T_{\text{зад}} = 200$  нс;
- $U_{\text{пит}} = 5..12\text{В}$ ;

Основные характеристики микросхем серии K561:

- $P = 0.4$  мкВт/вентиль;
- $T_{\text{зад}} = 50$  нс;
- $U_{\text{пит}} = 3..15\text{В}$ ;

Благодаря высокому входному сопротивлению ( $R_{\text{вх}} > 100$  МОм) микросхемы имеют высокую нагрузочную способность  $K_{\text{раз}} > 10..30$  (количество входов, которые можно подключить к выходу логического элемента, ограничивается только емкостью монтажа; при  $K_{\text{раз}} = 10$  паразитная емкость нагрузки составляет  $C_{\text{н}} = 20$  пФ).

У микросхем все свободные входы логических элементов должны обязательно подключаться к общему проводу или логической "1" (зависит от логики работы). В качестве логической "1" может использоваться напряжение источника питания микросхем. Выходные уровни микросхем при работе на одноконтурные микросхемы практически не отличаются от напряжения питания и потенциала общего провода. Максимальный выходной ток большинства микросхем серий K176, K561 и 564 не стандартизирован и не превышает единиц миллиампер, что несколько затрудняет непосредственное согласование микросхем этих серий с какими-либо индикаторами и микросхемами ТТЛ-серий. Для согласования КМОП микросхем с другими сериями с отличными электрическими параметрами используют преобразователи уровня.

В качестве ШИМ-регулятора используется микросхема K1114EУ4, выпускаемая отечественной промышленностью. Она также выпускается рядом зарубежных фирм под разными наименованиями. Например, фирма Texas Instruments (США) выпускает микросхему TL494, фирма SHARP (Япония) — IR3M02, фирма SAMSUNG (Корея) — KA7500, фирма FUJITSU (Япония) — MB3759 и т.д.

Данные микросхемы специально созданы для построения импульсных источников питания и обеспечивают расширенные возможности при конструировании схем

					ВТ.СхТ.КП.ПЗ.16	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		16



источников питания. Прибор К1114ЕУ4 включает в себя усилитель ошибки, встроенный регулируемый генератор, компаратор регулировки мертвого времени, триггер управления, прецизионный источник опорного напряжения на 5 В и схему управления выходным каскадом. Усилитель ошибки выдает синфазное напряжение в диапазоне от  $-0,3 \cdot (V_{cc} - 2)$  В. Компаратор регулировки мертвого времени имеет постоянное смещение, которое ограничивает минимальную длительность мертвого времени величиной порядка 5%.

Допускается синхронизация встроенного генератора, при помощи подключения вывода R к выходу опорного напряжения и подачи входного пилообразного напряжения на вывод C, что используется при синхронной работе нескольких схем импульсных источников питания.

Независимые выходные формирователи на транзисторах обеспечивают возможность работы выходного каскада по схеме с общим эмиттером либо по схеме эмиттерного повторителя. Выходной каскад микросхемы К1114ЕУ4 работает в однотактном или двухтактном режиме с возможностью выбора режима с помощью специального входа. Встроенная схема контролирует каждый выход и запрещает выдачу сдвоенного импульса в двухтактном режиме.

Микросхема гарантирует нормальную работу в диапазоне температур  $-10 \dots +70^\circ\text{C}$ .

					ВТ.СхТ.КП.ПЗ.16	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		17

## Описание микросхем

Приведем перечень некоторых электрических параметров интегральных микросхем, их буквенные обозначения и определения, установленные ГОСТ 19480–74 “Микросхемы интегральные. Электрические параметры. Термины, определения и буквенные обозначения”, ГОСТ 18683–73 “Микросхемы интегральные логические. Методы измерения электрических параметров”, ГОСТ 19799–74 “Микросхемы интегральные аналоговые. Методы измерения электрических параметров и определения характеристик”. Затем по этим параметрам дадим характеристику микросхемам, используемым в схеме устройства, а именно микросхемам:

- K1114EУ4
- K176IE12
- K561TM2
- K176IE5
- K561ЛЕ10
- K561ЛА7

### Электрические параметры микросхем

**Ток потребления  $I_{\text{пот}}$**  — значение тока, потребляемого микросхемой от источников питания в заданном режиме.

**Ток потребления в состоянии логического нуля  $I_{\text{пот}}^0$ .**

**Ток потребления в состоянии логической единицы  $I_{\text{пот}}^1$ .**

**Напряжение логического нуля  $U_0$**  — значение низкого уровня напряжения для “положительной” логики и значение высокого уровня напряжения для “отрицательной” логики.

**Напряжение логической единицы  $U_1$**  — значение высокого уровня напряжения для “положительной” логики и значение низкого уровня напряжения для “отрицательной” логики.

**Входной ток логического нуля  $I_{\text{вх}}^0$ .**

**Входной ток логической единицы  $I_{\text{вх}}^1$ .**

**Ток утечки на входе  $I_{\text{ут, вх}}$**  — значение тока во входной цепи микросхемы при закрытом состоянии входа и заданных режимах на остальных выводах.

					ВТ.СхТ.КП.ПЗ.16	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		18

**Время задержки распространения сигнала при включении  $t_{зд,р}^{10}$**  — интервал времени между входным и выходным импульсами при переходе напряжения на выходе микросхемы от напряжения логической единицы к напряжению логического нуля, измеренный на уровне 0,5 или на заданных значениях напряжения.

**Время задержки распространения сигнала при выключении  $t_{зд,р}^{01}$**  — интервал времени между входным и выходным импульсами при переходе напряжения на выходе микросхемы от напряжения логического нуля к напряжению логической единицы, измеренный на уровне 0,5 или на заданных значениях напряжения.

**Помехоустойчивость статическая  $U_{н,ст}$**  — наибольшее значение допустимого напряжения статической помехи по высокому и низкому уровням входного напряжения, при котором еще не происходит изменение уровней выходного напряжения цифровой интегральной микросхемы.

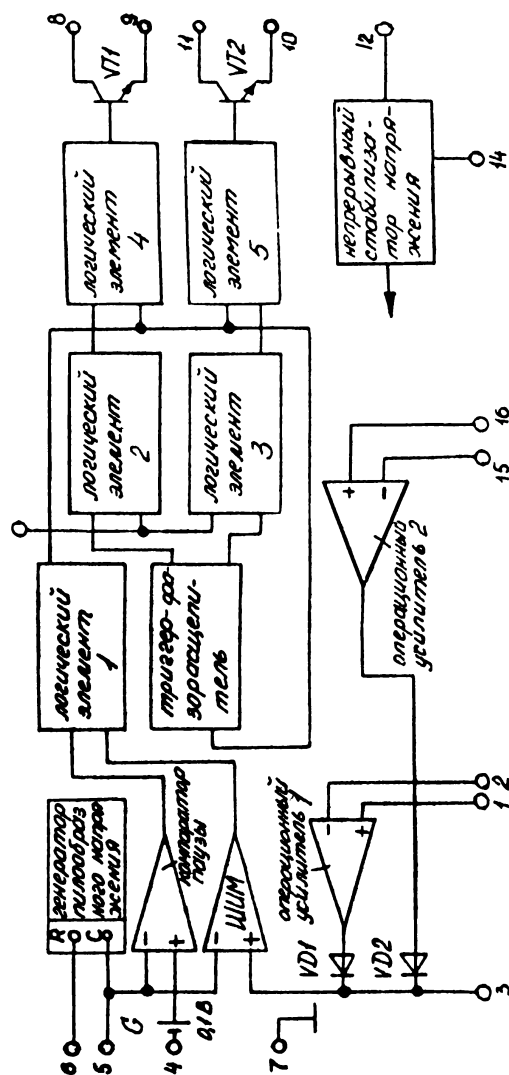
**Коэффициент разветвления по выходу  $K_{раз}$**  — число единичных нагрузок, которое можно одновременно подключить к выходу микросхемы (единичной нагрузкой является один вход основного логического элемента данной серии интегральных микросхем).

#### **K1114EУ4**

Микросхема представляет собой многофункциональную схему управления источником вторичного электропитания (двухтактный ШИМ-контроллер). ИС осуществляет формирование опорного напряжения, усиление сигнала ошибки, формирование пилообразного напряжения, ШИМ-модуляцию, формирование 2-тактного выхода, защиту сквозных токов, защиту от перегрузок, включение и выключение, внешнюю синхронизацию, формирование частотной характеристики и обеспечение мягкого запуска. Корпус типа 238.16-2, масса не более 1,5 г.

Назначение выводов: 1 — неинвертирующий вход ОУ 1; 2 — инвертирующий вход ОУ 1; 3 — выход усилителей; 4 — установка паузы; 5 — вход для подключения конденсатора задания частоты; 6 — вход для подключения резистора задания частоты; 7 — общий; 8 — коллектор VT1; 9 — эмиттер VT1; 10 — эмиттер VT2; 11 — коллектор VT2; 12 — напряжение питания; 13 — блокировка двухтактного выхода; 14 — выход источника опорного напряжения; 15 — инвертирующий вход ОУ 2; 16 — неинвертирующий вход ОУ 2;

					<b>ВТ.СхТ.КП.ПЗ.16</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		19



Функциональная схема КР1114ЕУ4

415

Рисунок 2 — Условно-графическое обозначение К1114ЕУ4

### Электрические параметры

Номинальное напряжение питания .....	12 В ± 5%
Остаточное напряжение .....	≤ 1,3 В
Опорное напряжение .....	4,5..5,5 В
Ток потребления .....	≤ 20 мА
Ток закрытой микросхемы .....	≤ 100 мкА
Длительность фронта импульса выходного тока .....	≤ 100 нс
Длительность среза импульса выходного тока .....	≤ 200 нс
Температурный коэффициент опорного напряжения .....	≤ 0,03%/°С

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВТ.СхТ.КП.ПЗ.16

Лист

20

Копировал

Формат А4

Нестабильность по напряжению источника опорного напряжения  $\leq 0,05\%$

Нестабильность по току источника опорного напряжения  $\leq 1\%$

### K176IE12

Микросхема представляет собой двоичный счётчик на 60 и 15-разрядный делитель частоты. Содержит 696 интегральных элементов. Корпус типа 238.16-1 и типа 2103.16-11, масса не более 1,5 г.

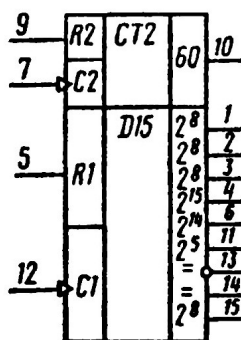


Рисунок 3 — Условно-графическое обозначение K176IE12

Назначение выводов: 1 — выход мультиплексора ( $2^6$ ), T2; 2 — выход мультиплексора  $2^3$ , T4; 3 — выход мультиплексора  $2^6$ , T1; 4 — выход делителя  $2^{15}$ ; 5 — вход установка "0" делителя R1; 6 — выход делителя  $2^{14}$ ; 7 — вход счётчика C2; 8 — общий; 9 — вход установка "0" счётчика, R2; 10 — выход счётчика; 11 — выход делителя  $2^5$ ; 12 — вход делителя C1; 13 — выход делителя (=) инверсный; 14, 15 — выходы делителя; 16 — напряжение питания.

### Электрические параметры

Номинальное напряжение питания  $9 \text{ В} \pm 5\%$

Выходное напряжение низкого уровня  $\leq 0,3 \text{ В}$

Выходное напряжения высокого уровня  $\geq 8,2 \text{ В}$

Входной ток низкого уровня  $\geq -0,3 \text{ мкА}$

Входной ток высокого уровня  $\leq 0,3 \text{ мкА}$

Ток потребления  $\leq 25 \text{ мкА}$

					ВТ.СхТ.КП.ПЗ.16	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		21

Ток потребления в динамическом режиме .....  $\leq 0,3$  мА

Мощность потребления .....  $\leq 50$  мВт

Частота тактовых сигналов .....  $\geq 1,2$  МГц

Входная емкость .....  $\leq 10$  пФ

Коэффициент разветвления по выходу .....  $\leq 50$

## K561TM2

Микросхема представляет собой два D-триггера с динамическим управлением. Установка триггера по входам R и S принудительная, поэтому сигналы синхронизации C и информационного входа D не изменяют состояния триггера на выходе во время действия сигналов R и S. Содержит 128 интегральных элементов. Корпус типа 201.14-1, масса не более 1 г и 4306.14-А.

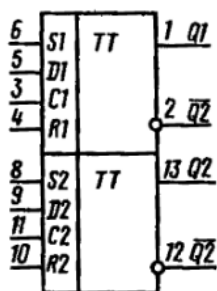


Рисунок 4 — Условно-графическое обозначение K561TM2

Назначение выводов: 1 — выход Q1; 2 — выход  $\bar{Q}_1$ ; 3 — вход C1; 4 — вход R1; 5 — вход D1; 6 — вход S1; 7 — общий; 8 — вход S2; 9 — вход D2; 10 — вход R2; 11 — вход C2; 12 — выход  $\bar{Q}_2$ ; 13 — выход Q2; 14 — напряжение питания.

## Электрические параметры

Напряжение питания ..... 3...15 В

Выходное напряжение низкого уровня при воздействии помехи:

при  $U_n = 5$  В .....  $\leq 0,8$  В

при  $U_n = 10$  В .....  $\leq 1$  В

Выходное напряжения высокого уровня при воздействии помехи:

					ВТ.СхТ.КП.ПЗ.16	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		22

Вход				Выход	
$C^*$	$D$	$R$	$S$	$Q$	$\bar{Q}$
	0	0	0	0	1
	1	0	0	1	0
	X	0	0	Q	$\bar{Q}$
X	X	1	0	0	1
X	X	0	1	1	0
X	X	1	1	Z	Z

Примечание.  $C^*$  — изменение уровня.

Рисунок 5 — Таблица истинности K561TM2

при  $U_n = 5 \text{ В}$  .....  $\geq 4,2 \text{ В}$

при  $U_n = 10 \text{ В}$  .....  $\geq 9 \text{ В}$

Ток потребления при  $U_n = 15 \text{ В}$  .....  $\leq 25 \text{ мкА}$

Входной ток низкого (высокого) уровня при  $U_n = 15 \text{ В}$  .....  $\leq -0,3 \text{ мкА}$

Выходной ток низкого уровня:

при  $U_n = 5 \text{ В}$  .....  $\geq 0,5 \text{ мА}$

при  $U_n = 10 \text{ В}$  .....  $\geq 0,9 \text{ мА}$

Выходной ток высокого уровня:

при  $U_n = 5 \text{ В}$  .....  $\geq 0,25 \text{ мА}$

при  $U_n = 10 \text{ В}$  .....  $\geq 0,6 \text{ мА}$

Время задержки распространения при включении (выключении):

при  $U_n = 5 \text{ В}$  .....  $\leq 420 \text{ нс}$

при  $U_n = 10 \text{ В}$  .....  $\leq 150 \text{ нс}$

Входная емкость при  $U_n = 10 \text{ В}$  .....  $\leq 10 \text{ пФ}$

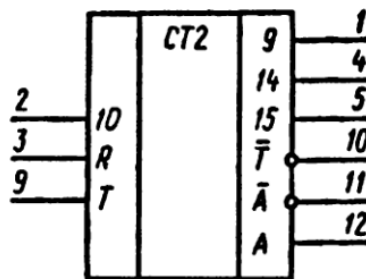


Рисунок 6 — Условно-графическое обозначение K176IE5

## K176IE5

Микросхема представляет собой 15-разрядный двоичный делитель частоты. Содержит 307 интегральных элементов. Корпус типа 2102.14-4 и типа 201.14-1, масса не более 1 г.

Назначение выводов: 1 — выход 9 разряда; 2 — выход 10 разряда; 3 — вход установки "0"R; 4 — выход 14 разряда; 5 — выход 15 разряда; 6,7 — общие; 8, 13 — свободные; 9 — вход T; 10 — выход  $\bar{T}$ ; 11 — выход  $\bar{A}$ ; 12 — выход A; 14 — напряжение питания.

## Электрические параметры

Номинальное напряжение питания ..... 9 В  $\pm$  5%

Выходное напряжение низкого уровня .....  $\leq 0,3$  В

Выходное напряжения высокого уровня .....  $\geq 8,2$  В

Входной ток низкого уровня .....  $\geq -0,5$  мкА

Входной ток высокого уровня .....  $\leq 0,5$  мкА

Ток потребления .....  $\leq 0,25$  мкА

Ток потребления в динамическом режиме .....  $\leq 0,3$  мА

Максимальная мощность .....  $\leq 21$  мВт

Тактовая частота деления .....  $\geq 1$  МГц

Нагрузочная способность в статическом режиме .....  $\leq 15$

## K561IE10

Микросхема представляет собой три трехходовых элемента ИЛИ-НЕ. Содержит 54 интегральных элемента. Корпус типа 201.14-1, масса не более 1 г, и 4306.14-А.

					ВТ.СхТ.КП.ПЗ.16	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		24



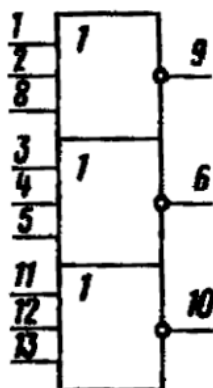


Рисунок 7 — Условно-графическое обозначение K561/LE10

Назначение выводов: 1,2,3,4,5,7,11,12,13 — входы; 6,9,10 — выходы; 7 — общий; 14 — напряжение питания.

### Электрические параметры

Напряжение питания ..... 3...15 В

Выходное напряжение низкого уровня .....  $\leq 0,01$  В

Максимальное выходное напряжения низкого уровня .....  $\leq 2,9$  В

Минимальное выходное напряжения высокого уровня .....  $\geq 7,2$  В

Ток потребления .....  $\leq 5$  мкА

Входной ток низкого уровня .....  $\leq | - 0,05 |$  мкА

Входной ток высокого уровня .....  $\leq 0,05$  мкА

Выходной ток низкого уровня .....  $\geq 0,6$  мА

Выходной ток высокого уровня .....  $\geq | - 0,25 |$  мА

Ток потребления в динамическом режиме .....  $\leq 0,3$  мА

Время задержки распр. входного сигнала при включении .....  $\leq 125$  нс

Время задержки распр. входного сигнала при выключении .....  $\leq 145$  нс

### K561/А7

Микросхема представляет собой четыре логических элемента 2И-НЕ. Содержат 64 интегральных элемента. Корпус типа 201.14-1, масса не более 1 г и 4306.14-А.

					ВТ.СхТ.КП.ПЗ.16	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		25

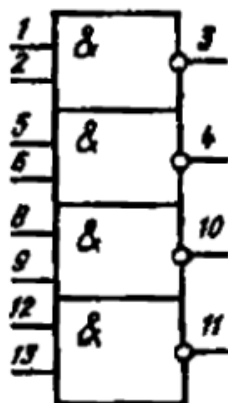


Рисунок 8 – Условно-графическое обозначение К561ЛА7

Назначение выводов: 1 – вход X2; 2 – вход X1; 3 – выход Y1; 4 – выход Y2; 5 – вход X3; 6 – вход X4; 7 – общий; – вход X6; 9 – вход X5; 10 – выход Y3; 11 – выход Y4; 12 – вход X7; 13 – вход X8; 14 – напряжение питания.

### Электрические параметры

Напряжение питания ..... 3...15 В

Выходное напряжение низкого уровня при воздействии помехи:

при  $U_n = 10$  В .....  $\leq 2,9$  В

при  $U_n = 5$  В .....  $\leq 0,95$  В

Выходное напряжения высокого уровня при воздействии помехи при  $U_n = 10$  В .....  $\geq 7,2$  В

Ток потребления при  $U_n = 15$  В .....  $\leq 5$  мкА

Входной ток низкого (высокого) уровня при  $U_n = 15$  В .....  $\leq -0,3$  мкА

Выходной ток низкого уровня:

при  $U_n = 10$  В .....  $\geq 1,3$  мА

при  $U_n = 5$  В .....  $\geq 0,51$  мА

Выходной ток высокого уровня:

при  $U_n = 10$  В .....  $\geq 1,3$  мА

при  $U_n = 5 \text{ В}; U_{\text{вых}} = 4,6 \text{ В} \dots\dots\dots \geq 0,51 \text{ мА}$

при  $U_n = 5 \text{ В}; U_{\text{вых}} = 2,5 \text{ В} \dots\dots\dots \geq 1,6 \text{ мА}$

Время задержки распространения при включении (выключении):

при  $U_n = 10 \text{ В} \dots\dots\dots \leq 80 \text{ нс}$

при  $U_n = 5 \text{ В} \dots\dots\dots \leq 160 \text{ нс}$

Входная емкость  $\dots\dots\dots \leq 11 \text{ пФ}$

					ВТ.СхТ.КП.ПЗ.16	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		27

## Расчётная часть

### Расчёт генераторов

Генераторы G1, G2, G3 выполнены на микросхемах DD1, DD2 и DD5 по стандартным схемам. Все эти микросхемы выполнены по КМОП технологии. Для расчёта частотозадающей цепи таких генераторов воспользуемся следующей формулой  $f = \frac{1}{2RC}$ .

#### Расчёт генератора на DD1

Генератор G1 имеет подстройку частоты, что позволяет регулировать время задержки от 1 до 14 часов, поэтому частота генератора должна изменяться от:

$$f = \frac{1}{7200..100800 \text{ с}} = (0,14..0,01) \cdot 10^{-3} \text{ Гц}$$

Для получения выходных импульсов задействован выход K176IE12 с коэффициентом деления  $2^{15} \cdot 60$ , поэтому частота задающего генератора должна быть  $f = 275,3..19,6 \text{ Гц}$ . Зададимся величиной емкости конденсатора  $C_1 = 47 \text{ нФ}$ , тогда:

$$R = \frac{1}{2fC_1} = 38648..541388 \text{ Ом}$$

Данный сопротивление на схеме выполнен в виде последовательно соединённых переменного R2 и постоянного R6 резисторов. В таком случае, при положении движка R2, соответствующего нулевому сопротивлению, сопротивление данной цепи определяет только постоянный резистор. Тогда из номинального ряда выбираем R6 = 39 кОм, а R2 = 500 кОм.

Мощность данных резисторов определяется по формуле:

$$P = \frac{U^2}{R}$$

$$P_{R_2} = \frac{U_{\text{ном}}^2}{R_2} \approx 0,16 \text{ мВт}$$

$$P_{R_6} = \frac{U_{\text{ном}}^2}{R_2} \approx 2,08 \text{ мВт}$$

#### Расчёт генератора на DD2

Генератор G2 также имеет подстройку частоты для регулировки времени работы от 0,5 до 1 часа, поэтому частота генератора должна изменяться от:

$$f = \frac{1}{3600..7200 \text{ с}} = (0,28..0,14) \cdot 10^{-3} \text{ Гц}$$

					ВТ.СхТ.КП.ПЗ.16	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		28

Для получения выходных импульсов задействован выход К176ИЕ5 с коэффициентом деления  $2^{15}$ , поэтому частота задающего генератора должна быть  $f = 9,17..4,59\text{Гц}$ . Зададимся величиной емкости конденсатора  $C_3 = 1\text{ мкФ}$ , тогда:

$$R = \frac{1}{2fC_1} = 54526..108932\text{ Ом}$$

Тогда из номинального ряда выбираем  $R_9 = 56\text{ кОм}$ , а  $R_{10} = 50\text{ кОм}$ .

Мощность данных резисторов определяется по формуле:

$$P = \frac{U^2}{R}$$

$$P_{R_2} = \frac{U_{\text{нум}}^2}{R_2} \approx 1,45\text{ мВт}$$

$$P_{R_6} = \frac{U_{\text{нум}}^2}{R_2} \approx 1,62\text{ мВт}$$

Расчёт генераторов G3 и G4 производится аналогично.

### Расчёт преобразователя напряжения

Как уже было отмечено в разделе "История вопроса оптимальное напряжение на электродах должно бы в диапазоне от 25 до 35 В. Тогда при напряжении с ШИМ-регулятора в 8,6..12 В, коэффициент трансформации T1 равен  $k = 2,92$ .

Согласно [2], максимальный ток, протекающий по электродам в ядоприемнике не превышает 100 мкА. С целью уменьшения количества витков на 1 В зададимся большим током вторичной обмотки  $I_2 = 10\text{мА}$ . Тогда мощность вторичной обмотки составляет  $P_2 = U_2 I_2 = 350\text{ мВт}$ .

Далее, принимая КПД трансформатора небольшой мощности, равным около 80 %, определяем первичную мощность:

$$P_1 = \frac{P_2}{0,8} = 437,5$$

Для определения общей мощности  $P$  трансформатора все мощности, полученные для отдельных обмоток, складываются и общая сумма умножается на коэффициент 1,25, учитывающий потери в трансформаторе:

$$P = 1,25 \cdot (P_1 + P_2) = 984,4$$

					ВТ.СхТ.КП.ПЗ.16	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		29

Сила тока, проходящего через первичную обмотку, определяется из общей мощности трансформатора  $P$ :

$$I_1 = \frac{P}{U_1} = 82$$

Для сердечника из нормальной трансформаторной стали можно рассчитать площадь поперечного сечения  $S$  по формуле:

$$S = 1,2 \cdot \sqrt{P_1} = 0,8 \text{ кв.см}$$

По значению  $S$  определяется число витков  $w'$  на один вольт. При использовании трансформаторной стали:

$$w' = \frac{50}{S} = 62,5$$

Теперь можно рассчитать число витков первичной обмотки, учитывая потери напряжения:

$$w_1 = 1,1 \cdot w' U_1 = 591$$

Для вторичной обмотки с учетом потерь напряжения число витков равно:

$$w_2 = 1,1 \cdot w' U_2 = 1719$$

Диаметры проводов обмотки трансформатора можно определить по формулам:

$$d_1 = 0,7 \cdot \sqrt{I_1} = 0,2 \text{ мм}$$

$$d_2 = 0,7 \cdot \sqrt{I_2} = 0,07 \text{ мм}$$

Для удобства намотки первичной и вторичной катушек трансформатора провод можно взять марки ПЭВ-1 0,12 мм.

### Расчёт временных характеристик устройства

Среднее время задержки распространения сигнала  $t_{зд.р.ср.}$  — интервал времени, равный полусумме времени задержки распространения сигнала при включении и выключении ИС:

$$t_{зд.р.ср.} = \frac{(I_{з.р}^{1,0} + I_{з.р}^{0,1})}{2}$$

Значение  $t_{зд.р.ср.}$  позволяет оценить быстродействие микросхемы и определить допустимую частоту переключений  $f_{max}$ .

					ВТ.СхТ.КП.ПЗ.16	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		30

Среднее время задержки распространения сигнала в устройстве можно определить как сумму значений среднего времени задержки распространения сигнала всех логических элементов:

$$t_{\text{зд.р.ср.}} = \sum_{i=1}^k t_{\text{зд.р.ср.}i}$$

где  $k$  — количество логических элементов.

Среднее время задержки распространения сигнала микросхем устройства:

- К176ИЕ5 — 300 нс
- К561ЛА7 — 80 нс
- К561ЛЕ10 — 135 нс
- К561ТМ2 — 285 нс
- К176ИЕ12 — 300 нс
- К1114ЕУ4 — 150 нс

Среднее время задержки распространения сигнала:

$$t_{\text{зд.р.ср.}} = 300 + 80 + 135 + 285 + 300 + 150 = 1250 \text{ нс}$$

### Расчёт мощности устройства

Мощность, потребляемая устройством, определяется как суммарная потребляемая мощность всех микросхем устройства:

$$P_{\text{пот}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{пот } i}$$

где  $n$  — количество ИС в устройстве:  $P_{\text{пот } i}$  — потребляемая мощность  $i$ -й микросхемы.

Средняя потребляемая мощность — определяется как полусумма мощностей, потребляемых ИС от источников питания в двух устойчивых состояниях.

$$P_{\text{пот.ср.}} = U_n \frac{(I_{\text{пот}}^0 + I_{\text{пот}}^1)}{2}$$

где  $U_n$  напряжение питания,

$I_{\text{пот}}^0, I_{\text{пот}}^1$  — токи потребления в состояниях лог. 0 и лог. 1 соответственно.

Средняя потребляемая мощность микросхем устройства:

					ВТ.СхТ.КП.ПЗ.16	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		31

- K176IE5 – 0,0027 Вт
- K561ЛА7 – 0,0117 Вт
- K561ЛЕ10 – 0,0038 Вт
- K561ТМ2 – 0,007 Вт
- K176IE12 – 0,0027 Вт
- K1114ЕУ4 – 0,18 Вт

*Средняя потребляемая мощность ИС:*

$$P_{\text{пот.ср}} = 0,0027 + 0,0117 + 0,0038 + 0,007 + 0,0027 + 0,18 = 208 \text{ мВт}$$

### **Расчёт стабилизатора напряжения**

*Стабилизатор напряжения служит для питания всех цифровых микросхем устройства и должен обеспечивать максимальный ток, который не превышает 1 мА. Для данной цели оптимально применить простейший параметрический стабилизатор, представляющий собой по своей сути специальный делитель напряжения.*

*Входное напряжение стабилизатора равно 12 В. Выходное — 9 В. Исходя из необходимого напряжения стабилизации, по справочнику [5] подбираем стабилитрон Д814Б. Его средний ток стабилизации равен  $I_{\text{см}} = 5 \text{ мА}$ .*

*Падение напряжения на гасящем резисторе R3:*

$$U_{R1} = U_{\text{вх}} - U_{\text{вых}} = 12 - 9 = 3 \text{ В}$$

*Зная ток, протекающий через этот резистор, найдем сопротивление:*

$$R_1 = \frac{U_{R1}}{I_{\text{см}}} = 600 \text{ Ом}$$

*Выбираем ближайший номинал 620 Ом и определяем минимальную мощность резистора:*

$$P_{R1} = U_{R1} I_{\text{см}} = 0,015 \text{ Вт}$$

*Учитывая, что через резистор кроме тока стабилитрона протекает ещё и выходной ток, поэтому выбирают резистор, мощностью не менее, чем в два раза больше вычисленной.*

					<b>ВТ.СхТ.КП.ПЗ.16</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		32



## *Заключение*

*В диссертации разработаны алгоритмы работы и структура системы обнаружения радиоимпульсов и измерения их основных параметров.*

					<i>ВТ.СхТ.КП.ПЗ.16</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>33</i>

## Список литературы

1. Куцоконь Н.С. Лекции по Схемотехнике.
2. Крылов В.Н. Пчелиный яд. Свойства, получение, применение: научно-справочное издание. Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского, 1995. — 224 с.
3. Артемов Н.М. Физиологические основы действия на организм пчелиного яда: Автореф. докт. дис. М., 1969. — 56 с.
4. Нефедов А.В. Интегральные микросхемы и их зарубежные аналоги: Справочник: в 8 кн. / А.В. Нефедов — М.: ИП РадиоСофт, 2000–2001. — Кн. 1–8.
5. Диоды: справочник / О.П. Григорьев, В.Я. Замятин, Б.В. Кондратьев, С.Л. Пожидаев. — М.: Радио и связь, 1990. — 336 с.

					<b>ВТ.СхТ.КП.ПЗ.16</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		34

*Спецификация*

*В диссертации разработаны алгоритмы работы и структура системы обнаружения радиоимпульсов и измерения их основных параметров.*

					<i>ВТ.СхТ.КП.ПЗ.16</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>35</i>