

Введение

В природе все сигналы - аналоговые. Именно поэтому первые электронные устройства были аналоговыми.

Однако аналоговые сигналы и работающая с ними аналоговая электроника имеют большие недостатки, связанные именно с природой аналоговых сигналов. Это и чувствительность к воздействию всевозможных паразитных сигналов - шумов, наводок, помех; и искажения при обработке сигналов из-за несовершенства и неидеальности электронных устройств; и ослабление при передаче и хранении.

Поэтому каждое преобразование, каждое промежуточное хранение, каждая передача по кабелю или эфиру ухудшает полезный *аналоговый сигнал*, иногда вплоть до его полного уничтожения. Надо еще учесть, что все шумы, помехи и наводки принципиально не поддаются точному расчету, поэтому точно описать поведение любых аналоговых устройств абсолютно невозможно. К тому же со временем параметры всех аналоговых устройств изменяются из-за старения элементов, поэтому характеристики этих устройств не остаются постоянными.

В отличие от аналоговых электронных устройств, в цифровых устройствах (ЦУ) входные и выходные сигналы могут принимать два состояния. В соответствии с ГОСТ 2.743-82, в зависимости от конкретной физической реализации элементов ЦУ, более положительному значению физической величины, "H" - уровень, соответствует состояние "логическая 1", а менее положительному значению, "L - уровень" - "логический 0". Такое соотношение называется положительной логикой. Обратное соотношение называется отрицательной логикой. В ГОСТ'е 19480 - 89 даны наименования, определения и условные обозначения основных параметров и характеристик цифровых микросхем. Теоретической основой проектирования ЦУ является алгебра-логики или булева алгебра, оперирующая логическими переменными. Для логических переменных, принимающих только два значения, существуют 4 основных операции. Операция логическое "И" (AND) конъюнкция или логическое умножение, обозначается * или \wedge . Операция логическое "ИЛИ" (OR), дизъюнкция или логическое сложение, обозначается + или \vee . Операция логическое "НЕ" (NOT), изменение значения, инверсия или отрицание, обозначается чертой над логическим выражением. Инверсия иногда будет в тексте обозначаться знаком " ~ " или "#". Операция эквивалентности обозначается " = ".

Цифровые сигналы, имеющие всего два разрешенных значения, защищены от действия шумов, наводок и помех гораздо лучше. Небольшие отклонения от разрешенных значений никак не искажают цифровой сигнал, так как всегда существуют зоны допустимых отклонений. Именно поэтому цифровые сигналы допускают гораздо более сложную и многоступенчатую обработку, гораздо более длительное хранение без потерь и гораздо более качественную передачу. К тому же поведение цифровых устройств всегда можно абсолютно точно рассчитать и предсказать. Цифровые устройства

гораздо меньше подвержены старению, так как небольшое изменение их параметров никак не отражается на их функционировании. Кроме того, цифровые устройства проще проектировать и отлаживать. Понятно, что все эти преимущества обеспечивают бурное развитие цифровой электроники.

Однако у цифровых сигналов есть и крупный недостаток. На каждом из своих разрешенных уровней цифровой сигнал должен оставаться хотя бы в течение какого-то минимального временного интервала, иначе его невозможно будет распознать. А аналоговый сигнал может принимать любое свое значение бесконечно малое время. Поэтому максимально достижимое быстродействие аналоговых устройств всегда принципиально больше, чем цифровых. Аналоговые устройства могут работать с более быстро меняющимися сигналами, чем цифровые. Скорость обработки и передачи информации аналоговым устройством всегда может быть выше, чем скорость обработки и передачи цифровым устройством.

Кроме того, цифровой сигнал передает информацию только двумя уровнями и изменением одного своего уровня на другой, а аналоговый - еще и каждым текущим значением своего уровня, то есть он более емкий с точки зрения передачи информации. Поэтому для передачи того объема информации, который содержится в одном аналоговом сигнале, чаще всего приходится использовать несколько цифровых.

К тому же, как уже отмечалось, в природе все сигналы - аналоговые, то есть для преобразования их в цифровые и обратно требуется применение специальной аппаратуры (аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей). Так что ничто не дается даром, и плата за преимущества цифровых устройств может порой оказаться неприемлемо большой.

Логические элементы - это электронные схемы, реализующие простейшие логические функции. Логические элементы, схематически представляются в виде прямоугольников, на поле которых изображается символ, обозначающий функцию, выполняемую данным элементом.

Таблица 1.1

Название элемента	Условное обозначение элемента	Таблица истинности			Условное обозначение логической операции	Контактно-релейная схема
		X2	X1	Y		
2И		0	0	0	$X1 * X2$ $X1 \wedge X2$	
		0	1	0		
		1	0	0		
		1	1	1		
2ИЛИ		0	0	0	$X1 + X2$ $X1 \vee X2$	
		0	1	1		
		1	0	1		
		1	1	1		
НЕ			0	1	\bar{X} $1X$	
			1	0		
2И-НЕ		0	0	1	$\overline{X1 * X2}$ $1(X1 \wedge X2)$	
		0	1	1		
		1	0	1		
		1	1	0		
2ИЛИ-НЕ		0	0	1	$\overline{X1 + X2}$ $1(X1 \vee X2)$	
		0	1	0		
		1	0	0		
		1	1	0		
Исключающее ИЛИ		0	0	0	$X1 \oplus X2$	
		0	1	1		
		1	0	1		
		1	1	0		

Входные переменные принято изображать слева, а выходные — справа. Считается, что передача информации происходит слева направо. Количество входных сигналов для многих логических функций может быть любым, операции же исключающее ИЛИ имеют смысл только для двух входных сигналов. Промышленность выпускает двух- трех- четырех и восьмивходовые логические элементы, что определяется удобством размещения этих элементов в 14-ти и 16-контактных корпусах микросхем.

Существует множество способов, удобных для запоминания зависимости выходного сигнала от входных для каждой логической функции. Рассмотрим «логику» простейших электрических схем, приведенных в правой колонке нашей таблицы.

Функция И реализуется последовательным включением двух ключей. В итоге, лампа, изображенная на схеме, будет гореть, если нажаты обе кнопки. Типичный пример – две кнопки пуска на опасном для человека оборудовании (например – пресс для штамповки или вырубки деталей и бумагорезальная машина в типографии). Чтобы привести станок в действие, рабочий должен нажать две кнопки, «разнесенные» под разные руки. Это исключает возможность срабатывания станка при нахождении руки оператора в опасной зоне.



Функция ИЛИ, наоборот, предполагает параллельное включение кнопок. Лампочка загорится при нажатии ЛЮБОЙ из них (можно нажать и обе сразу, хуже не будет!). В качестве «бытового» применения данной функции предлагается поставить дополнительный выключатель света для ребенка. Пониже основного, чтобы малышу было удобно включать свет самому.

Элемент Иключающее ИЛИ обеспечивает свечение лампы при противоположных состояниях ключей (см. таблицу). Приведем также «бытовой» пример реализации. Высотный дом (для простоты с одной нашей квартирой). Входим в подъезд, щелкаем выключателем, свет включается. Поднимаемся по лестнице, щелкаем выключателем у двери квартиры – свет в подъезде гаснет. На выходе из квартиры – все наоборот, но с тем же результатом. Свет в подъезде горит лишь тогда, когда нам это нужно!

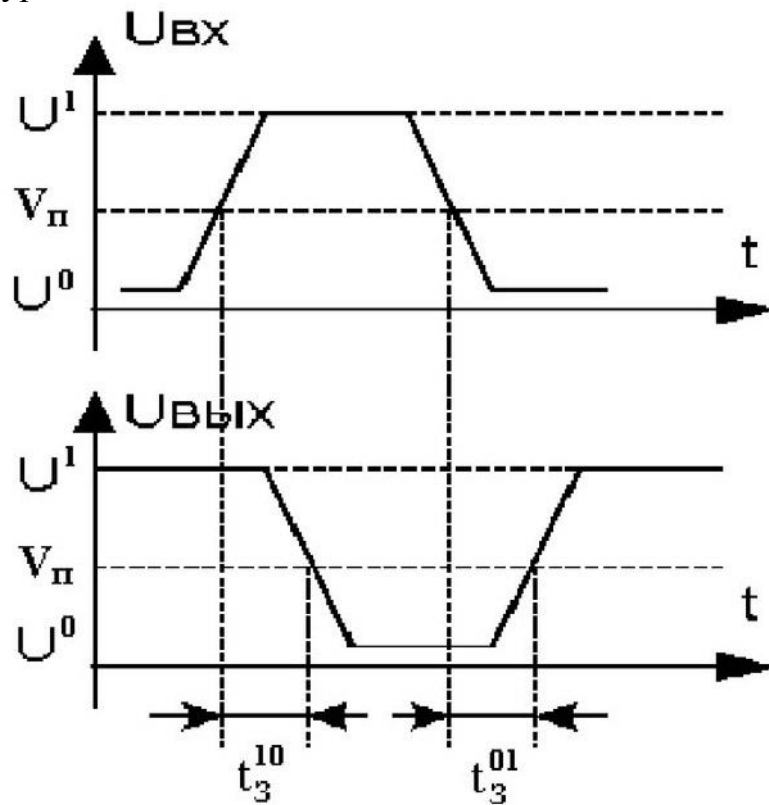
Примеры с инверсией рассматривать не будем, они также достаточно понятны... Хотя сама по себе инверсия требует включения в схему дополнительного исполнительного устройства – реле.

Если выходы одних элементов соединить со входами других, то получим схему, реализующую более сложную функцию. Совокупность различных типов элементов, достаточных для воспроизведения любой логической функции, назовем логическим базисом.

Простейшими логическими базисами являются двухвходовые элементы И-НЕ и ИЛИ-НЕ. С помощью каждого из этих элементов можно реализовать ЛЮБУЮ логическую функцию.

Простейшие цифровые элементы характеризуются следующими параметрами:

- быстродействием,
- нагрузочной способностью (коэффициентом разветвления по выходу),
- коэффициентом объединения по входу (числом входов логического элемента),
- помехоустойчивостью,
- потребляемой мощностью,
- напряжением питания,
- уровнем сигналов.



	ТТЛ	ТТЛШ	КМОП	Быстродейств. КМОП	ЭСЛ
Технология	Транзисторно-транзисторная логика	ТТЛ с диодом Шоттки	Комплиментарная структура «металл-окисел-полупроводник»	Комплиментарная структура «металл-окисел-полупроводник»	Эмиттерно-связанная логика
Основные серии отечественных микросхем	K155 K131	K555 K531 KP1533	K561 K176	KP1554 KP1564	K500 KP1500
Серии зарубежных микросхем	74	74LS 74ALS	CD40 H 4000	74AC 74 HC	MC10 F100
Задержка распространения, нс	10...30	4...20	15...50	3,5..5	0,5...2
Макс. частота переключения, МГц	15	50..70	1...5	50...150	300...500
Напряжение питания, В	5 ±0,5	5 ±0,5	3...15	2...6	-5,2 ±0,5
Потребляемый ток (без нагрузки), мА	20	4...40	0,002...0,1	0,002...0,1	0,4
Уровень лог. 0, В	0,4	0,5	< 0,1	< 0,1	-1,65
Уровень лог. 1, В	2,4	2,7	~ U пит	~ U пит	-0,96
Макс. выходной ток, мА	16	20	0,5	75	40

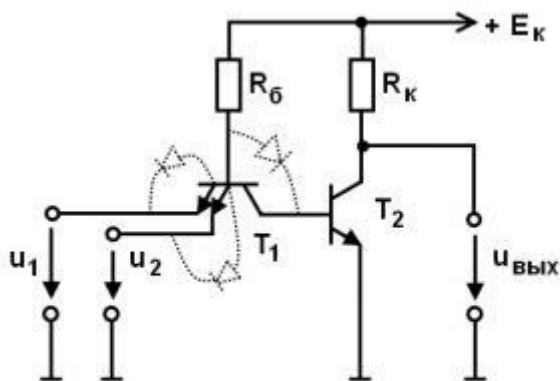
В таблице приведены сравнительные параметры цифровых микросхем наиболее широкого применения (разных технологий).

Логические элементы характеризуются еще количеством используемых источников питания и значениями напряжения питания, а также полярностью и уровнем входного и выходного сигналов.

Для тех, кому интересно:

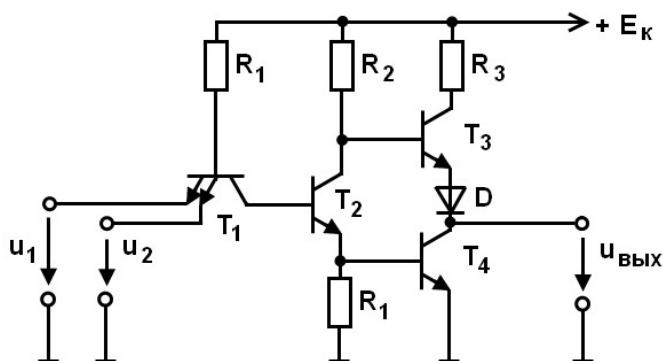
Из всего разнообразия схемотехнического и технологического построения цифровых схем наибольшее распространение получили две основные разновидности: ТТЛ, ЭСЛ и МОП-схемы.

Для конкретной серии микросхем характерно использование типового электронного узла — базового логического элемента. Этот элемент является основой построения самых разнообразных цифровых электронных устройств. Ниже рассмотрим особенности базовых логических элементов различных логик.

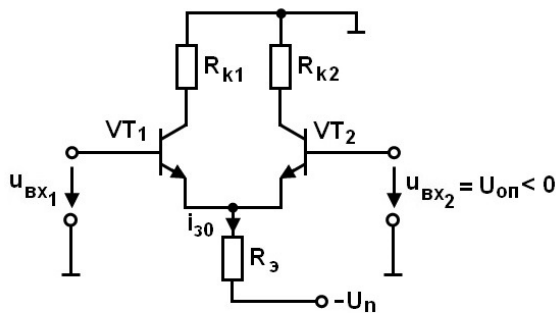


Характерной особенностью ТТЛ является использование многоэмиттерных транзисторов. Эти транзисторы сконструированы таким образом, что отдельные эмиттеры не оказывают влияния друг на друга. Каждому эмиттеру соответствует свой р-п-переход. В первом приближении многоэмиттерный транзистор может моделироваться схемой на диодах (см. пунктир на рис.).

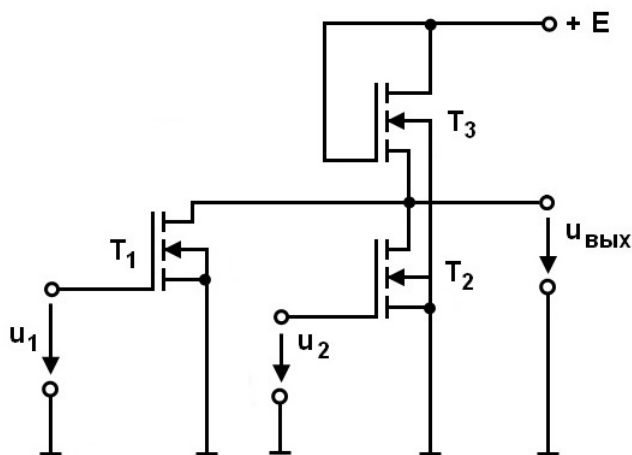
Из анализа схемы можно сделать вывод, что если на один из входов или на оба входа подать низкий уровень напряжения, то ток базы транзистора T2 будет равен нулю, и на коллекторе транзистора T2 будет высокий уровень напряжения. Если на оба входа подать высокий уровень напряжения, то через базу T2 транзистора будет протекать большой базовый ток и на коллекторе транзистора T2 будет низкий уровень напряжения, т. е. данный элемент реализует функцию И-НЕ.



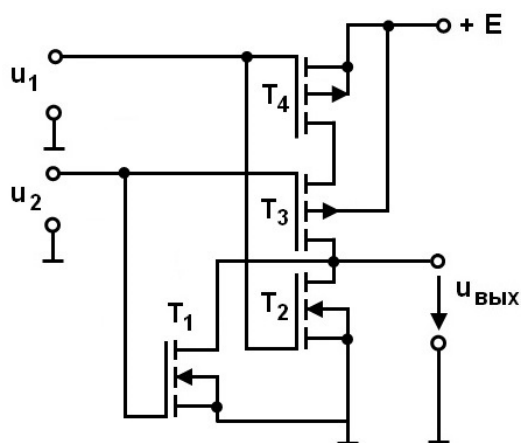
Микросхемы ТТЛШ обычно совместимы по логическим уровням, помехоустойчивости и напряжению питания с микросхемами ТТЛ. Время задержки распространения сигнала элементов ТТЛШ в среднем в два раза меньше по сравнению с аналогичными элементами ТТЛ.



Основой базового логического элемента ЭСЛ является токовый ключ. Схема токового ключа подобна схеме дифференциального усилителя. Необходимо обратить внимание на то, что микросхемы ЭСЛ питаются отрицательным напряжением (к примеру, $-4,5$ В для серии К1500). На базу транзистора VT2 подано отрицательное постоянное опорное напряжение $U_{оп}$. Изменение входного напряжения $U_{вх1}$ приводит к перераспределению постоянного тока I_{30} , заданного сопротивлением R_3 между транзисторами, что имеет следствием изменение напряжений на их коллекторах. Транзисторы не входят в режим насыщения, и это является одной из причин высокого быстродействия элементов ЭСЛ. Микросхемы серий 100, 500 имеют следующие параметры: напряжение питания $-5,2$ В; потребляемая мощность — 100 мВт; коэффициент разветвления по выходу — 15; задержка распространения сигнала — 2,9 нс.



В микросхемах n-МОП и p-МОП используются ключи соответственно на МОП-транзисторах с n-каналом и динамической нагрузкой (см. рис.) и на МОП-транзисторах с p-каналом. В качестве примера рассмотрим элемент логики n-МОП, реализующий функцию ИЛИ-НЕ. Он состоит из нагрузочного транзистора T3 и двух управляющих транзисторов T1 и T2. Если оба транзистора T1 и T2 закрыты, то на выходе устанавливается высокий уровень напряжения. Если одно или оба напряжения u_1 и u_2 имеют высокий уровень, то открывается один или оба транзистора T1 и T2 и на выходе устанавливается низкий уровень напряжения, т. е. реализуется функция $U_{вых} = U_1 + U_2$.



Для исключения потребления мощности логическим элементом в статическом состоянии используются комплементарные МДП — логические элементы (КМДП или КМОП-логика). В микросхемах КМОП используются комплементарные ключи на МОП-транзисторах. Они отличаются высокой помехоустойчивостью. Логика КМОП является очень перспективной. Рассмотренный ранее комплементарный ключ фактически является элементом НЕ (инвертором). КМОП — логический элемент. Рассмотрим КМОП — логический элемент, реализующий функцию ИЛИ-НЕ.

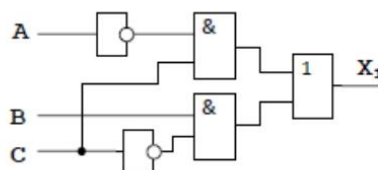
Если входные напряжения имеют низкие уровни (U_1 и U_2 меньше порогового напряжения n-МОП-транзистора $U_{зи.порог.n}$), то транзисторы T_1 и T_2 закрыты, транзисторы T_3 и T_4 открыты и выходное напряжение имеет высокий уровень. Если одно или оба входных напряжения U_1 и U_2 имеют высокий уровень, превышающий $U_{зи.порог.n}$, то открывается один или оба транзистора T_1 и T_2 , а между истоком и затвором одного или обоих транзисторов T_3 и T_4 устанавливается низкое напряжение, что приводит к запирающему эффекту одного или обоих транзисторов T_3 и T_4 , а следовательно, на выходе устанавливается низкое напряжение.

Схемотехника электронных устройств с использованием логических элементов.

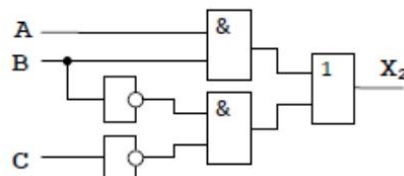
Реализация сложной логической функции.

Используя логические элементы, постройте, схемы соответствующие логическим выражениям:

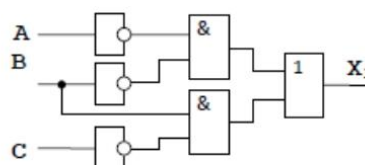
a) $X_1 = \bar{A} \& C \vee B \& \bar{C}$



b) $X_2 = A \& B \vee \bar{B} \& \bar{C}$



c) $X_3 = \bar{A} \& \bar{B} \vee B \& \bar{C}$

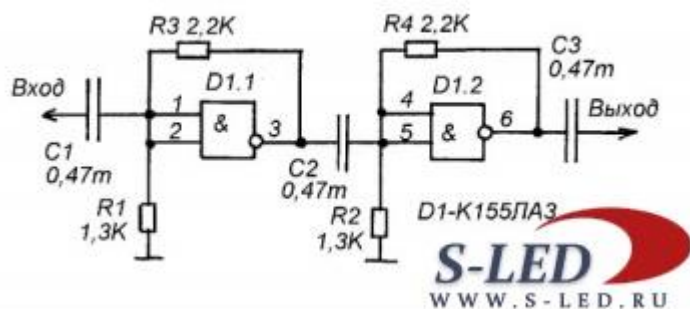


Любую, сколь угодно сложную, логическую функцию можно реализовать, используя простейшие логические элементы. В итоге получаются устройства так называемой «жесткой» логики, в которых реализуемая функция задается самой структурой устройства. Набор выходных сигналов такого устройства полностью определяется текущими входными величинами, т.е. состояния на выходах зависят только от состояния сигналов на входах системы в тот же момент времени (естественно, с учетом задержки сигналов в самих логических элементах). Другими названиями таких устройств является «цифровой автомат без памяти», или комбинационная схема. Метод реализации логических функций – классический, но в настоящее время применяется уже достаточно редко. Развитие технологии цифровых устройств делает его чаще всего уже неоптимальным. Сейчас проще и быстрее взять микросхему программируемой логической матрицы (ПЛМ, терпение, мы до них еще доберемся!) и «прошить» ее. При этом изменение функции, при необходимости, не требует разработки нового устройства. Достаточно лишь заменить ПЛМ, либо даже «перепрошить» ее повторно.

Логические элементы применяются, тем не менее, отнюдь (а в последнее время, можно сказать «в основном» и «чаще всего») не только для реализации логических функций.

Посмотрим ряд примеров решения как простейших и тривиальных, так и не очень, задач в «импульсном» и даже «аналоговом» мире с помощью «совершенно цифровых» устройств.

Усилитель на основе ЦИС



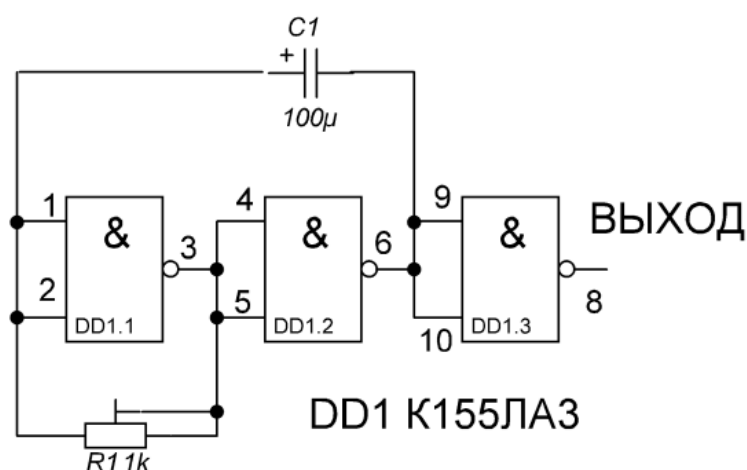
Вводя ООС между и входом логического элемента (естественно, инвертирующего), можно перевести этот элемент в линейный режим, в результате получается аналоговый усилитель на цифровой микросхеме.

Конечно, его не назовешь очень линейным и высокоточным, но зато даже на старой-престарой микросхеме 155 ЛА 3 (как и показано на рисунке) усилитель будет работать на частотах вплоть до 20-30 МГц. Если же взять микросхему ТТЛШ, то и 50 МГц не являются фантастикой!

Хотя... ключи «внутри» микросхемы никуда не делись и в выходном сигнале отчетливо видна (или слышна) «ступенька» на уровне около 0,4 В. Т.е. сигналов ниже «логического нуля» наш усилитель не замечает...

Впрочем, знаменитый улилитель Лина (Хун-Чан Лина), изобретенный еще в 1956 году, обладал подобным недостатком, но успешно и активно использовался до 70-х годов. Да и по сей день не забыт...

Генератор прямоугольных импульсов

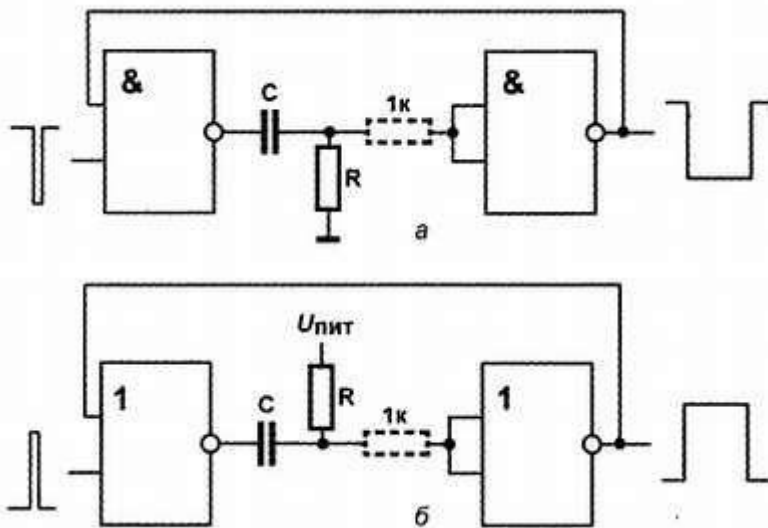


www.radio-uchebnik.ru

Схемы ГПИ с использованием цифровых микросхем мы уже рассматривали в курсе «аналоговой» схемотехники, не будем повторяться. Коротко скажем, что резистор образует ООС, превращая левый элемент ИС в усилитель, конденсатор же организует ПОС. В результате могут выполняться условия как баланса амплитуд, так и баланса фаз, что превращает схему в

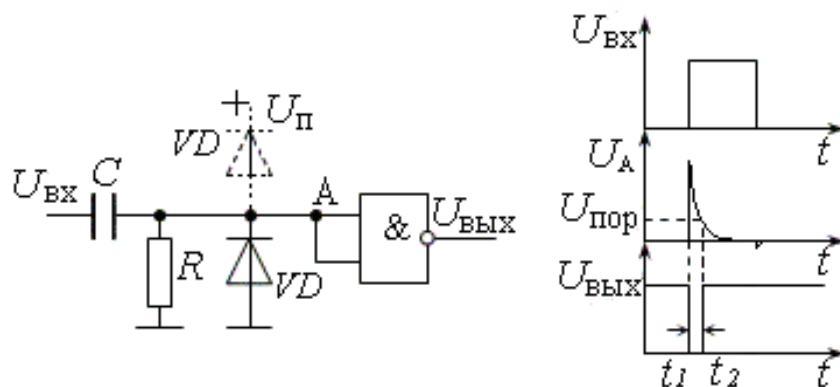
генератор. Сами логические элементы со своими стабильными уровнями входных и выходных сигналов (относительно стабильными, конечно же! Прецизионной эту схему не назовешь...) способствуют выполнению этих условий в весьма широком частотном диапазоне. Что приводит к импульсной форме выходного сигнала. К тому же, баланс амплитуд выполняется «с изрядным запасом». Петлевое усиление здесь больше единицы. Как следствие – и ограничение амплитуды выходного сигнала логическими уровнями сверху и снизу и «мягкое возбуждение» схемы. Правый элемент окончательно формирует форму выходного сигнала «в цифровую», т.к. сигнал на выходе конденсатора далек от прямоугольного. Легко вспомнить еще «школьное» правило – «напряжение на конденсаторе не может изменяться мгновенно». Вот для этой «мгновенности» и ставится третий элемент-формирователь.

Одновибратор.



Все просто! Короткий импульс запуска. Изменение состояния левого элемента. Заряд конденсатора в RC-цепочке. Формирование уровня выходного сигнала правым элементом. Обратная связь, возвращающая левый элемент в исходное состояние. Один импульс запуска – один выходной импульс, длительность которого определяется постоянной времени RC-цепи.

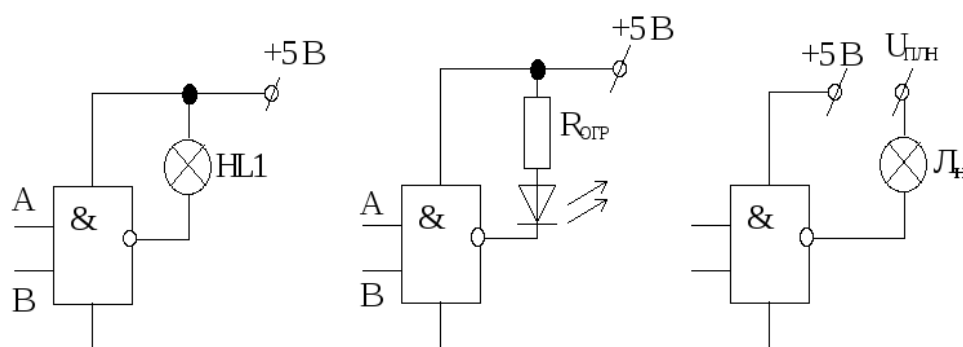
Выделение фронта входного импульса



Практически, задача, обратная предыдущей. Входной импульс «укорачивается» дифцепочкой, логический элемент (проще говоря – инвертор) формирует выходной импульс. Постоянная времени укорачивающей цепочки должна быть значительно меньше, чем длительность импульса на входе. Диод – защита выходного элемента от обратного выброса напряжения на конденсаторе (многие логические элементы «ужасно не любят» отрицательных напряжений на своих контактах. Диод показанный пунктиром, нужен для защиты входа элемента от превышения напряжения питания. Что тоже «не есть полезно»! Диод ставят, если уровень входного сигнала может превышать безопасную для логического элемента величину. Конденсатор – он же элемент «простой» (пассивный), сколько ему «дали», столько он на выход и отправит...

Логические элементы в системах индикации.

В принципе, к логическому элементу можно отнести, как к «простому ключу». И использовать его соответствующим образом. Индикатор подключаем к выходу. Один уровень – светит! Жругой – не светит...

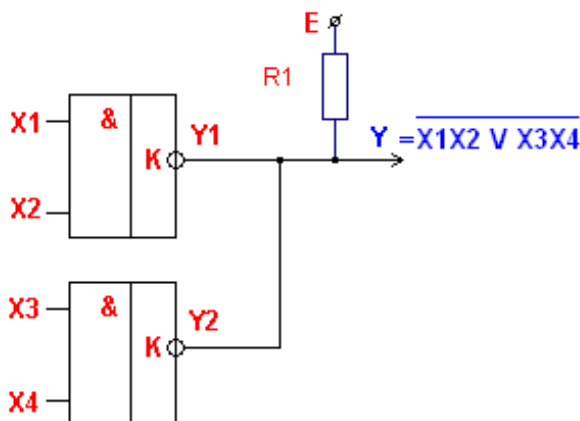


Следует лишь помнить, что логические элементы не выдерживают больших токов нагрузки. По этой причине для индикации (да и для работы с исполнительными механизмами, тоже можно!) чаще всего используют элементы «с открытым коллектором» (у них нагрузочная характеристика получше). Да и при «нерабочем» выходном уровне элемент с ОК просто отключает нагрузку, снижая потребляемую мощность. Для последнего можно также использовать и элементы «с тремя состояниями». Напомним,

что у них реально не три, а два выходных уровня, как и у всех цифровых устройств. Только выход может еще и отключаться от нагрузки.

Монтажное ИЛИ.

В литературе можно найти множество схем, где этот прием используется совершенно «не к месту». Реально же элементы с ОК и третьим состоянием могут использоваться для подключения нескольких выходов к одной нагрузке. Например – несколько источников сигнала подключаются к общей линии связи.



Закон здесь прост – все выходные элементы, кроме одного – отключены (третье состояние или единичный выход для ОК). А один элемент «честно» работает на нагрузку.

Автор неоднократно видел схемы (и не только в студенческих курсовых!), где «монтажно» объединяются «обычные» элементы. Многие авторы уверенно заявляют о увеличении нагрузочной способности схемы в этом случае. ЛУЧШЕ НЕ НАДО!!! У элементов даже «из одного ларца» допустимы разбросы логических уровней, что приведет к «перекачке» тока из одного выхода в другой. На пользу элементам это в любом случае не пойдет! Лучше уж возьмите «правильные» элементы... ИХ – МОЖНО!

Кодовый замок

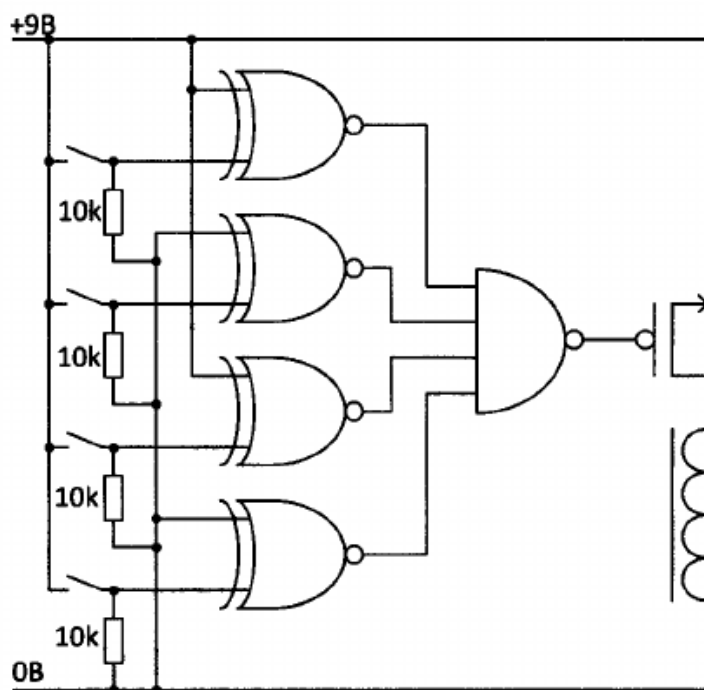


Схема приведена в «иноземном» стандарте. Правда, и микросхемы использованы импортные и моделировалась она в «ненашем» пакете. А он отечественных обозначений не понимает...

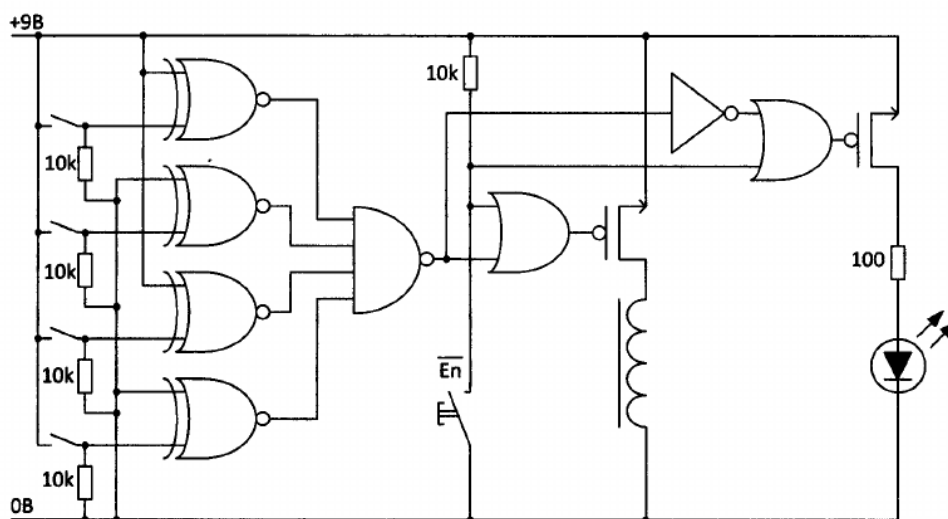
Исполнительный механизм замка представляет собой катушку из провода, внутри которой помещен стальной сердечник. В зависимости от направления тока в катушке сердечник может втягиваться в катушку или выталкиваться из нее. В нашем случае ток будет протекать через соленоид только в случае набора на переключателях правильной кодовой последовательности. При этом сердечник, выполняющий роль ригеля (язычка) замка, втянется внутрь, позволяя открыть замок. Если ток через соленоид не течет, то возвратная пружина выталкивает сердечник обратно, запирая замок. Номинальное напряжение определяется параметрами катушки. Замок для квартирной двери можно сделать и с сетевым питанием, а для более «мелкого» замка, например в столе или офисном сейфе, логично сделать вариант с питанием от источника постоянного тока (аккумуляторной батареи). Конкретная схема работает от свежей батарейки «Крона». В случае, когда батарея уже использовалась, и напряжение на ней стало меньше 9 В, соленоид начинает плохо втягивать сердечник. Поэтому его придется расположить вертикально — так, чтобы сила тяжести при срабатывании помогала соленоиду сжимать возвратную пружину. КМОП-микросхемы могут работать в широком диапазоне напряжений от 5 до 15 вольт без каких-либо ограничений. В этом заключается одно из преимуществ этого класса цифровых схем в сравнении с ТТЛ, ЭСЛ и другими, требующими строго выдерживать только одно значение напряжения питания.

Итак, очевидно, что электронный замок должен сравнивать значения, задаваемые переключателями, с предварительно установленной кодовой последовательностью. Код будет четырехбитным. Конечно, его легко подобрать простым перебором, ведь у такого замка существует всего 16

возможных комбинаций. Но на базе этой схемы можно разработать и собрать более сложные варианты. Схема использует логические элементы исключающее ИЛИ-НЕ. В микросхеме (например) CD4077BE как раз находятся четыре вентиля исключающего ИЛИ-НЕ. Можно использовать и элементы исключающее или (например, К561 ЛП5, в отечественных сериях логических ИС, по опыту автора, исключающее ИЛИ-НЕ как-то не популярно), но при этом необходимо последующий элемент И-НЕ заменить на ИЛИ (вот не зря же мы учим правила Де Моргана!). В зависимости от того, какой код необходимо запрограммировать в замке, один вход каждого логического элемента подключается проводником к плюсу питания или нулевому потенциалу. А второй — при помощи переключателей, как показано на схеме, к шине питания. На схеме, если считать сверху вниз, задан двоичный код 1010, т.е. десять. Резисторы «на землю» нужны, чтобы при разомкнутом контакте переключателя на соответствующей ножке логической микросхемы было определенное состояние, соответствующее логическому нулю. При подаче правильной комбинации на все четыре входа на выходах каждого исключающего ИЛИ-НЕ будет единица. Сигналы с микросхемы CD4077BE поступают на входы микросхемы 4И-НЕ CD4012 (561ЛА8). На ее выходе ноль появится только в том случае, если все переключатели стоят в правильном положении. Этот сигнал уже можно непосредственно подавать на затвор р-канального транзистора, управляющего током соленоида.

Улучшенная схема замка

Схему замка можно дополнить световой сигнализацией на случай попытки открыть его неправильным кодом. Светодиод будет загораться в случае, если кнопка разрешения нажимается при неверном коде, т. е. когда на выходе 4И-НЕ — логическая единица. Этот сигнал нужно инвертировать и подать на вход другого вентиля ИЛИ, который уже будет управлять транзистором, подающим ток на светодиод. Чтобы не добавлять лишних деталей на плату, инвертор можно получить из незадействованного вентиля 4И-НЕ микросхемы СВ4012. Если злоумышленник попытается открыть сейф, вынув батарею питания, то своей цели он не достигнет. Соленоид втягивает сердечник только при срабатывании схемы кодового замка. А в отсутствие питания он находится в положении, запирающем замок. Так что и разрядившаяся батарея не станет причиной открытия замка.



Конструкцию замка можно улучшить, если вместо переключек, устанавливающих правильный код, установить второй комплект из DIP-переключателя и резисторов внутри сейфа. Тогда код можно будет легко менять каждый раз перед закрытием двери. Главное при этом — не забыть его самому!

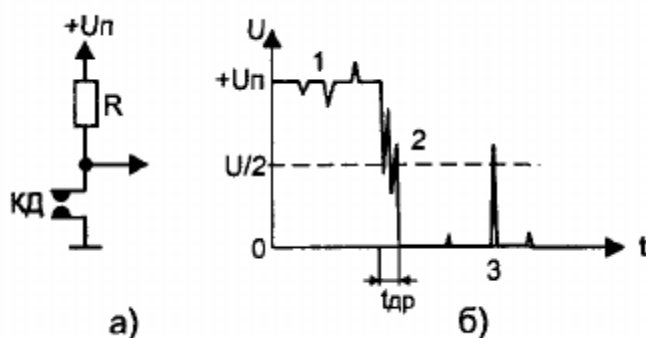
А если вам не требуется что-то скрывать, зато вы не прочь весело провести время с товарищами, то замените соленоид в последней схеме на еще один светодиод другого цвета с резистором порядка 100 Ом. Такая переделка превратит кодовый замок в игру «Угадай код». Один игрок с помощью DIP-переключателя устанавливает некоторую комбинацию и прикрывает ее, а второй пытается угадать за три попытки, набирая код на втором переключателе. В случае правильного ответа при нажатии кнопки загорается светодиод одного цвета, а при неудаче — другого.

Схема для охранной сигнализации



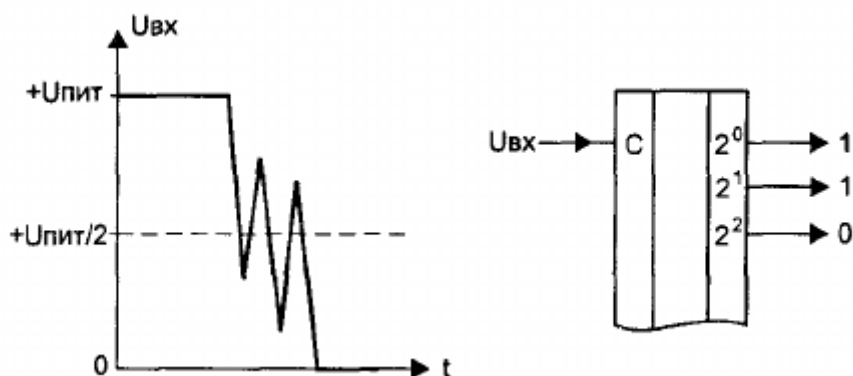
Одним из самых надежных и долговечных контактных датчиков (КД) является геркон — магниточувствительная контактная пара (реже переключатель — тройка), запаянная в стеклянный баллон, наполненный во избежание окисления контактов инертным газом. Геркон управляется магнитным полем — контактная пара замыкается (тройка переключается) при приближении к нему постоянного магнита. Геркон невелик: диаметр баллона — 2...6 мм; длина (с выводами) — 25...90 мм. Время срабатывания даже самого медленного не превышает 20 мс. Коммутируемое напряжение в силовых герконах может достигать 10 кВ, токи — нескольких ампер. Среди КД геркон не имеет себе равных по долговечности: число его замыканий-размыканий за время эксплуатации может достигать до 100 млн.

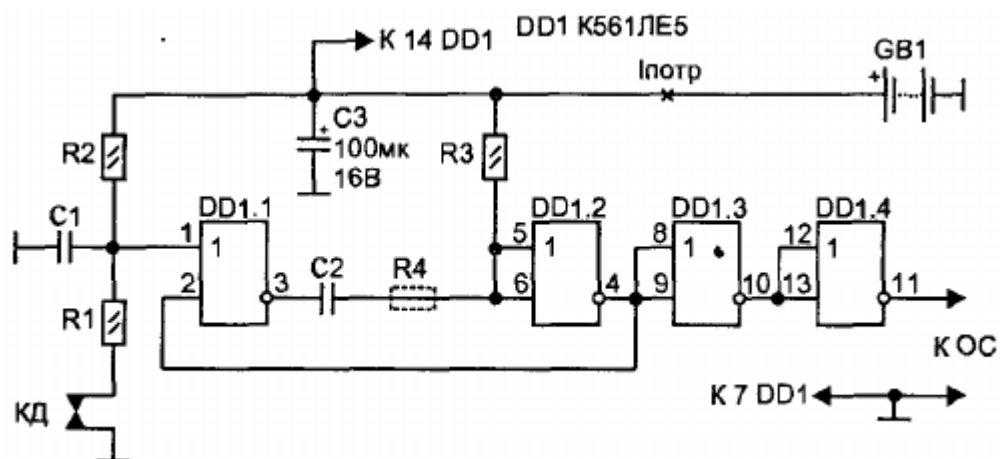
На первый взгляд, контактный датчик с его очевидной, казалось бы, дискретностью функционирования представляется близким к идеалу. Но это не совсем так.



На рис. 11, б показана быстрая развертка сигнала, снимаемого с нормально разомкнутого КД до, в момент и после его включения. Напряжение на выходе разомкнутого КД может отличаться от обязательного здесь, казалось бы, напряжения питания. Поскольку при большом сопротивлении резистора R это напряжение легко может быть «промодулировано» электрическими наводками самого разного происхождения (участок 1 на временной диаграмме). Немонотонным может быть и сам процесс включения КД (на рис. — участок 2). Этот эффект (его называют «дребезгом»), объясняется не только механической вибрацией соединяющихся контактов, но и продавливанием, протиранием возможных окисных пленок.

На замкнутом КД напряжение, казалось бы, должно быть равным нулю. Но в реальных КД нередко фиксируется так называемый «шорох» контактов (на рис. — участок 3) — случайное или чем-то спровоцированное импульсное увеличение переходного сопротивления. «Шорох» возможен в любых КД. Но особенно часто он возникает в слабо сжатых контактных парах. На рис. 12 показана реакция электронного счетчика на сигнал, на каждый спад сигнала счетчик реагирует увеличением хранящегося в нем числа на единицу. Поэтому в электронной технике контактный датчик практически всегда дополняется устройством, формирующим сигнал, пригодный и для быстродействующей электронной техники.



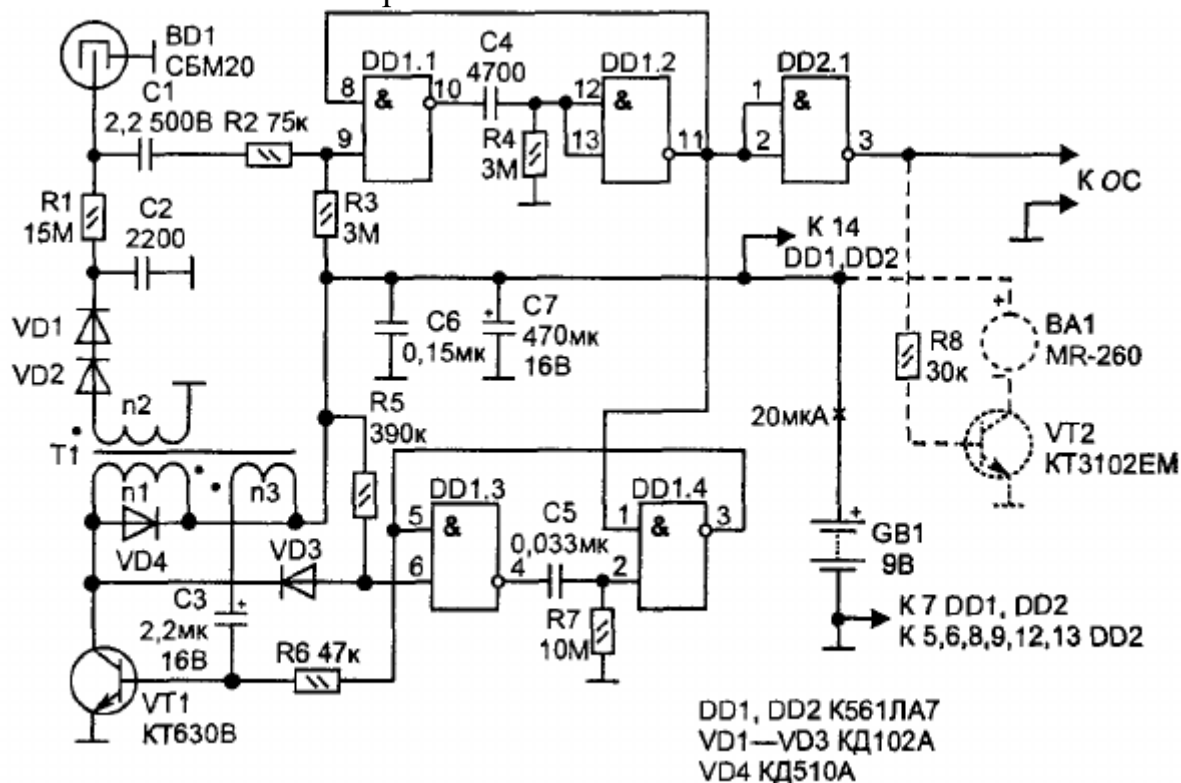


На рис. приведена принципиальная схема формирователя для нормально замкнутого контактного датчика (НЗКД). Очевидно, одновибратор (DD1.1, DD1.2, R3, C2) отреагирует на первое же в «дребезговой» пачке превышение $U_e, > +U_{и}/2$ тем, что мгновенно переключится в другое свое устойчивое состояние и останется в нем на время $T = 0,7R_3C_2$. Выбором R_3 и (или) C_2 устанавливают время, превышающее длительность самого продолжительного «дребезга» КД. Импульсы «шороха» убирает входной фильтр. Его постоянная R_1C_1 должна быть значительно больше длительности самого продолжительного «всплеска» контактного сопротивления. Примем $R_2=R_3=3 \text{ МОм}$, $C_2=0,047 \text{ мкФ}$, $R_1=30 \text{ кОм}$ и $C_1 = 0,01 \text{ мкФ}$. При разрыве КД продолжительностью более 0,2 мс ($-0,7R_1C_1$) одновибратор сформирует на выходе DD1.2 единичный импульс длительностью 100 мс, который поступает на вход цифрового повторителя, составленного из DD1.3 и DD1.4. Низкое выходное сопротивление повторителя позволит связать такой КД с центром охранной сигнализации практически любой проводной линией. Энергопотребление формирователя в дежурном режиме при использовании КМОП микросхем обычно не превышает нескольких микроватт. Возможные наводки на разомкнутый КД (т. е. запустивший свой формирователь) повлиять ни на что уже не могут.

Датчик ионизирующей радиации

Принципиальная схема датчика приведена на рис. ВД1 — счетчик Гейгера типа СБМ-20 — реагирует на гамма-квант или бета-частицу короткой (0,1 мс) ионизацией газовой среды. Соответственно, на резисторе R_1 возникает импульс напряжения, который расширяется одновибратором, собранным на элементах DD1.1 и DD1.2, до $0,7R_4C_4 = 10 \text{ мс}$, и поступает на выход датчика. Напряжение питания счетчика $U_{п} = +400 \text{ В}$ формирует блокинг-генератор (VT1, T1 и др.). На повышающей обмотке его трансформатора время от времени возникают высоковольтные импульсы, которые через диоды VD1 и VD2 заряжают конденсатор C2. Этот конденсатор и становится источником питания счетчика Гейгера. Для уменьшения энергопотребления датчика в дежурном режиме собственная частота блокинг-генератора установлена очень небольшой: период следования импульсов — $-0,7R_7C_5 = 0,2...0,3 \text{ с}$. Чтобы такой источник не

«сел» при увеличении скорости счета (она увеличится при появлении источника ионизирующей радиации), подзаряд конденсатора C2 сделан следующим — внеочередной импульс его подпитки формируется при каждом срабатывании счетчика Гейгера.



Магнитопроводом трансформатора служит кольцевой сердечник М3000НМ типоразмера K16x10x4,5 мм, обмотанный тонкой лавсановой или фторопластовой лентой. Первой наматывают повышающую обмотку: n2 = 420 витков, провод — ПЭВ-2-0,07. Намотку ведут почти виток к витку, в одну сторону, оставляя между ее началом и концом промежутки в 1...2 мм. Обмотку покрывают слоем изоляции и по ней наматывают коллекторную обмотку — n1 = 8 витков, провод диаметром 52 Датчики 0,15...0,2 мм в произвольной изоляции; и тем же проводом обмотку обратной связи — n3 = 3 витка. Эти обмотки распределяют по сердечнику возможно равномернее. Изготовленный трансформатор обматывают узкой полоской липкой изолянт ПВХ и крепят на плате винтом.

Печатную плату датчика изготавливают так, чтобы проводники, находящиеся под высоким напряжением, были бы удалены от остальных, как минимум, на 3...4 мм. Разводка проводников под выводы трансформатора должна соответствовать расположению обмоток на сердечнике с учетом их фазировки (синфазные выводы — входящие в отверстие сердечника с одной стороны — на рис. отмечены точками). В корпусе датчика против счетчика Гейгера вырезают «окно», которое должно «смотреть» туда, откуда ожидается поток ионизирующего излучения. Для сохранения радиационной чувствительности датчика «окно» лучше оставить открытым.

Информация к размышлению:

11 января 1963 года. Китай, Sanlian

Двое жителей китайского города украли радиоактивный источник кобальт-60 из промышленного облучателя семян и несколько дней держали его у себя дома. Они получили дозы облучения до 8 тыс. бэр и умерли через 12 дней. Еще четверо подверглись облучению в дозах около 20 бэр (IAEA, '988; Mould, 2000; Ortiz, 2000).

12 июля 1984 года. СССР, Куйбышевская область, город Тольятти

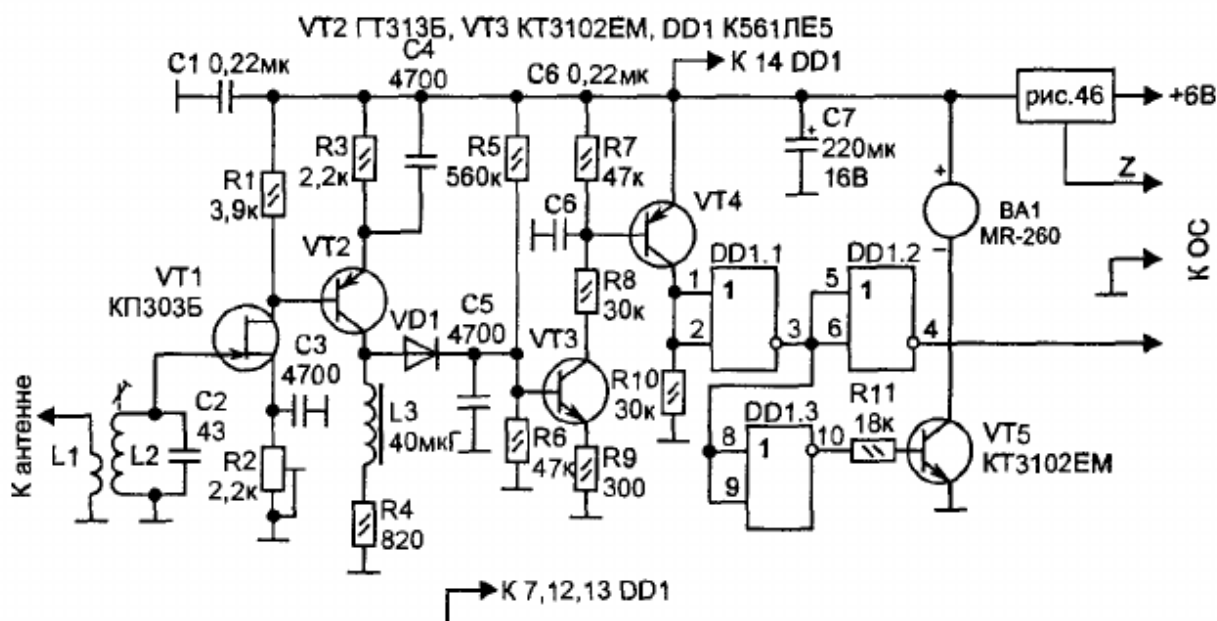
При проверке фактического наличия радиоактивных уровнемеров в ПО «Куйбышевфосфор» было обнаружено отсутствие одного из них. Расследование выявило, что в июне 1983 года контейнер с радиоактивным источником цезий-137 взяли два слесаря-практиканта. Они принесли его в слесарную мастерскую и распилили пополам. Не найдя внутри ничего ценного, практиканты бросили похищенное в угол, а рассыпавшийся порошок смахнули на пол. С мусором и пылью он был разнесен по территории цеха. В течение года ничего не подозревавшие работники подвергались радиоактивному облучению от загрязненного оборудования и материалов. В раздевалке персонала мощность дозы излучения достигала сотен мР/ч, а на полу злополучной мастерской до 1 Р/ч. В результате похитители получили радиационные ожоги рук а более чем у 20 работников цеха было обнаружено внутреннее заражение организма цезием-137 (Трофеев, 2005).

14 сентября 1999 года. Россия, Чеченская Республика, город Грозный

Шесть человек решили похитить радиоактивные материалы на химической фабрике. Они вскрыли защитный контейнер и украли несколько 12-сантиметровых металлических стержней (радиоактивные источники кобальт-60 активностью 27 тыс. Ки каждый). Один из мужчин, вручную переносивший источники, умер в течение получаса после этого. Двое погибли от облучения позднее, еще трое получили серьезное радиационное поражение (Parrish, 1999).

Си-Би датчик

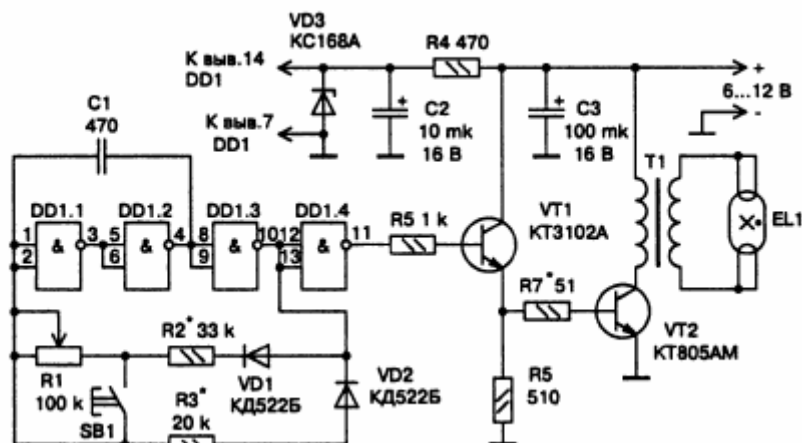
В гражданском диапазоне связи, в так называемом Си-Би (Citizen Band), широкое распространение получили портативные радиостанции, позволяющие держать связь без посредников (в отличие от сотового телефона). Очевидно, Си-Би радиостанции могут быть задействованы и в криминальной акции.



На рис. приведена принципиальная схема приемного устройства, фиксирующего выход в эфир мобильной Си-Би радиостанции в зоне, примыкающей к охраняемому объекту. Его полоса пропускания достаточна для того, чтобы держать под контролем до 300 каналов связи (современные «портативки» имеют, как правило, 200—240 каналов). Здесь L2C2 — резонансный контур, настроенный на середину диапазона контролируемых частот. Усилитель радиочастоты выполнен на транзисторах VT1 и VT2. Усиленный сигнал снимается с дросселя L3 и поступает на детектор VD1C5 и др. На транзисторах VT3 и VT4 собран усилитель постоянного тока (УПТ), формирующий на коллекторе транзистора VT4 напряжение логического 0, если эфир «чист», и $U_{\text{вых}} = +6 \text{ В}$ (лог. 1), если в контролируемой зоне появился работающий передатчик. Цифровой повторитель (инверторы DD1.1, DD1.2) транслирует этот сигнал на выход датчика.

Электронный пуско-регулирующий аппарат для ЛДС

ЭПРА, позволяющий регулировать яркость лампы. Данный однотактный преобразователь позволяет регулировать яркость лампы и устанавливать ее такой, чтобы энергия батареи расходовалась более экономно. На рис. показана его схема. Преобразователь состоит из задающего генератора и однотактного усилителя мощности. Генератор выполнен на элементах DD1.1—DD1.3. Такой генератор позволяет изменять скважность импульсов (т. е. отношение периода следования импульсов к их длительности) переменным резистором R1, что определяет яркость лампы. К генератору подключен буферный элемент DD1.4. Сигнал с DD1.4 подается на усилитель мощности, выполненный на транзисторах VT1, VT2. Нагрузка усилителя — ЛЛ (ET1), подключенная через повышающий трансформатор Т1..



Допустимо подключать лампу как с замкнутыми выводами нитей накала (показано на схеме), так и с разомкнутыми. Иначе говоря, целостность нитей накала лампы не играет роли. Питается преобразователь от источника постоянного тока напряжением 6—12 В, способного отдавать в нагрузку ток до нескольких ампер (в зависимости от мощности лампы и установленной яркости). Питание на микросхему поступает через параметрический стабилизатор, в котором работают балластный резистор R4 и стабилитрон VD3. При минимальном питающем напряжении стабилизатор практически не действует, но это не сказывается на работе преобразователя. Кроме указанных на схеме, допустимо использовать транзисторы КТ3117А, КТ630Б, КТ603Б (VT1), КТ926А, КТ903Б (VT2), диоды серии КД503 (VD1, VD2), стабилитрон Д814А (VD3). Лампа — мощностью от 6 до 20 Вт. Трансформатор намотан на бронеовом магнитопроводе из феррита 2000НМ1 наружным диаметром 30 мм. Обмотка I содержит 35 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,45 мм, обмотка II — 1000 витков ПЭВ-2 диаметром 0,16 мм. Обмотки разделены несколькими слоями лакоткани. Для повышения надежности обмотку II необходимо разделить на несколько слоев, прокладывая между ними лакоткань. Чашки магнитопровода собирают с зазором 0,2 мм и стягивают винтом и гайкой из немагнитного материала.

