

13. ОСНОВНЫЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОНИКИ

13.1. Цепи питания

Система электропитания электронно-вычислительных машин представляет собой комплекс электронного и энергетического оборудования, выполняющего следующие функции: 1) обеспечение устройств ЭВМ стабилизированным питающим напряжением; 2) фильтрацию сетевых и коммутационных помех; 3) обеспечение бесперебойным питанием тех устройств ЭВМ, в которых возможна потеря информации при аварийном отключении сети; 4) управление источниками вторичного электропитания и всей системой. На рис. 13.1 приведена структурная схема электропитания ЭВМ.

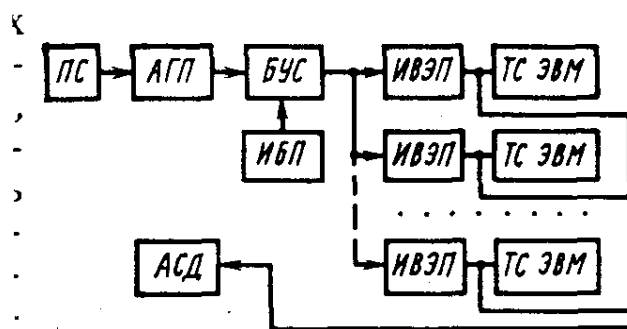


Рис. 13.1 Структурная схема электропитания ЭВМ: ПС — промышленная сеть; АГП — агрегат гарантированного питания; ИБП — источник бесперебойного питания; БУС — блок управления системой; ИВЭП — источник вторичного электропитания; ТС ЭВМ — техническое средство ЭВМ; АСД — автоматическая система диагностики

Первичное напряжение трехфазной промышленной сети ПС является основным источником электроэнергии. Если напряжение сети подвержено резким изменениям (кратковременные от микросекунд до сотен миллисекунд импульсные выбросы и провалы напряжения в десятки и сотни вольт), то питание ЭВМ осуществляют через агрегат гарантированного питания АГП, представляющий электродвигатель и генератор, соединенные общим валом. Инерционность вращающихся частей сглаживает указанные помехи промышленной сети и от трехфазного генератора к ЭВМ поступает напряжение, колебания которого не превышают $\pm 5\%$.

При аварийных отключениях сети для предотвращения потери информации, например, в полупроводниковых запоминающих устройствах, их электропитание осуществляют от источника бесперебойного питания ИБП, в качестве которого используются аккумуляторные батареи.

Управление системой электропитания, т. е. переключение с промышленной сети на ИБП и последовательное включение источников вторичного электропитания ИВЭП, подающих энергию к тем или иным техническим средствам ТС ЭВМ, осуществляется блоком управления системы БУС. Контроль за работой системы электропитания и измерение ее параметров производится автоматической системой диагностики АС Д.

Источники вторичного электропитания ИВЭП, как правило, представляют собой функционально законченные устройства, выполненные в виде стандартных конструктивных модулей. Их основными параметрами являются: параметры входного (сетевое) напряжения и допустимые пределы их изменения; выходное напряжение и ток нагрузки; диапазон плавной (или ступенчатой) регулировки выходного напряжения и изменений тока нагрузки; суммарная нестабильность выходного напряжения; переменная составляющая (пульсация) выходного напряжения; удельная выходная мощность по объему и массе; коэффициент полезного действия.

ИВЭП на малые токи при большом диапазоне их изменения выполнены по схеме транзисторного компенсационного стабилизатора с непрерывным регулированием. ИВЭП на большие токи при широком диапазоне изменения тока нагрузки выполнены по схеме комбинированного стабилизатора (первая ступень — импульсный стабилизатор на тиристорах, вторая — непрерывный стабилизатор на транзисторах), использующего преимущества обоих типов стабилизаторов. Широко используются ИВЭП по схеме импульсного компенсационного стабилизатора с транзисторным регулирующим элементом.

Улучшенными технико-экономическими показателями обладают унифицированные ИВЭП с бестрансформаторным входом и импульсной стабилизацией напряжения. Типовая схема такого ИВЭП приведена на рис. 13.2, а.

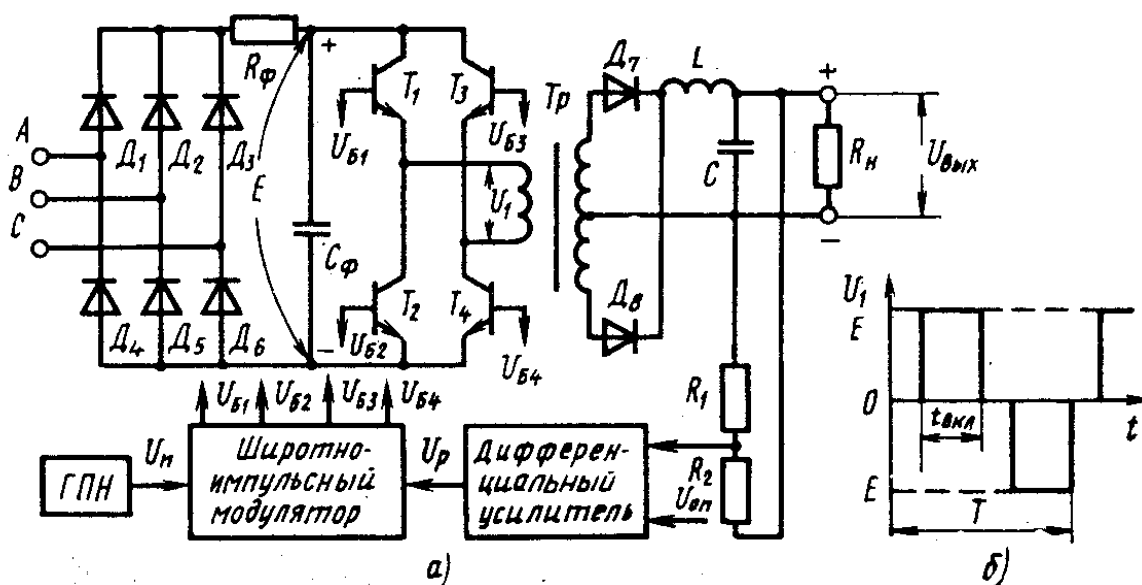


Рис. 13.2. Схема источника вторичного электропитания с бестрансформаторным входом (а) и форма регулируемого напряжения преобразователя на первичной обмотке трансформатора (б)

Напряжение промышленной сети (А, В, С) выпрямляется диодами D_1-D_6 и сглаживается LC-фильтром до высокого нестабилизированного напряжения $E = 400 \dots 600$ В, подаваемого на мостовой преобразователь постоянного напряжения в переменное с частотой порядка 20—50 кГц. На базы ключевых транзисторов преобразователя сигналы, открывающие их, поступают попарно: в один полупериод открываются транзисторы T_1 и T_4 , а в другой — T_2 и T_3 . В результате

к первичной обмотке трансформатора Tr прикладывается переменное напряжение прямоугольной формы, которое понижается им до необходимого значения, выпрямляется двухполупериодными выпрямителями Д7, Д8 и, сглаженное LC-фильтром, представляет выходное напряжение, подаваемое к нагрузке. Так как трансформация напряжения производится на частоте преобразователя, его габаритные размеры и масса значительно меньше, чем в ИВЭП первой серии.

Мостовой преобразователь наряду с инвертированием напряжения одновременно выполняет роль импульсного регулирующего элемента компенсационного стабилизатора, использующего принцип, рассмотренный на рис. 2.4. Роль сравнивающего элемента и усилителя играет дифференциальный усилитель постоянного тока, на входы которого поступают опорное напряжение $U_{оп}$ и с делителя R1-R2 выходное напряжение ИВЭП. Усиленное напряжение рассогласования U_p преобразуется широтно-импульсным преобразователем с помощью пилообразного напряжения U_n в импульсы управления УБ1—УБ4, подаваемые на базы транзисторов. Стабилизация напряжения происходит путем изменения длительности $t_{вкл}$ включенного состояния транзисторов (рис. 13.3, б).

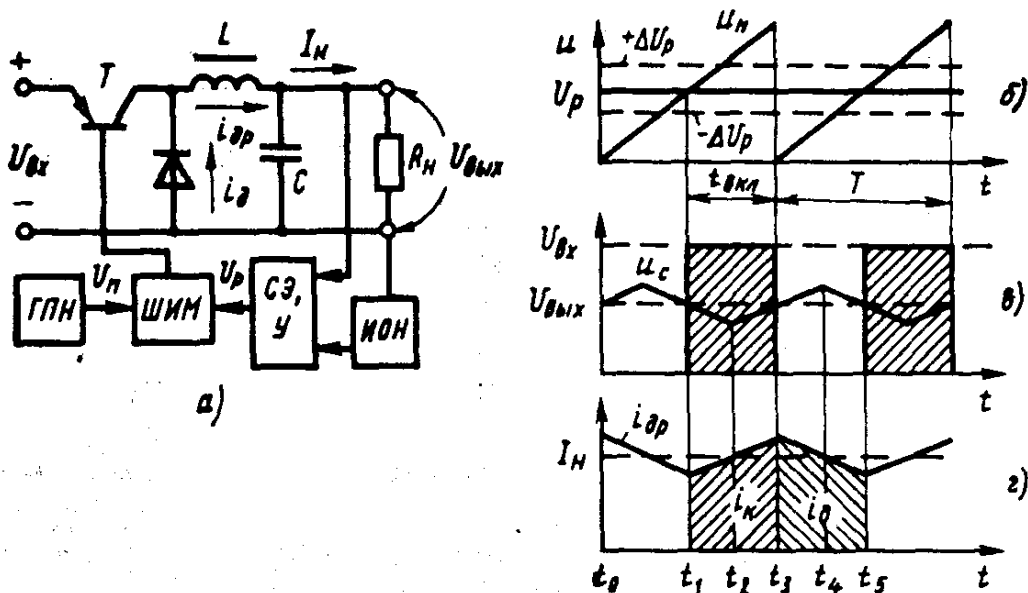


Рис. 13.3. Импульсный стабилизатор напряжения (а) и происходящие в нем процессы (б, в, г)

Импульсные стабилизаторы так же, как непрерывные, являются компенсационными, т. е. работающими по принципу отклонения. Отличие от стабилизаторов с непрерывным регулированием состоит в том, что сигнал рассогласования U_p , образованный сравнивающим элементом СЭ и усиленный усилителем У, преобразуется широтно-импульсным модулятором ШИМ в импульсы, следующие с одинаковой частотой, длительность которых $t_{вкл}$ изменяется под действием сигнала рассогласования. Эти импульсы подаются на базу ключевого транзистора Т, образующего с LC-фильтром и диодом Д импульсный регулирующий элемент.

Широтно-импульсный модулятор представляет собой дифференциальный усилитель, на один из входов которого подается сигнал U_p , а на другой — напряжение пилы U_n , стабилизированное по амплитуде и частоте, от генератора пилообразного напряжения ГПН.

Все ИВЭП снабжены устройствами защиты от повышения и понижения выходного напряжения, перегрузок по току и короткого замыкания с включением аварийной сигнализации.

13.2 Согласование связей

Любые электрические линии связи требуют принятия специальных мер, без которых невозможна не только безошибочная передача данных, но и любое функционирование сети. Оптоволоконные решают все подобные проблемы автоматически.

Согласование электрических линий связи применяется для обеспечения нормального прохождения сигнала по длинной линии без отражений и искажений. Принцип согласования очень прост: на концах кабеля необходимо установить согласующие резисторы (терминаторы) с сопротивлением, равным волновому сопротивлению используемого кабеля.

Волновое сопротивление — это параметр данного типа кабеля, зависящий его устройства (сечения, количества и формы проводников, тол-материала изоляции и т.д.). Величина волнового сопротивления обязательно указывается в документации на кабель и составляет обычно от 50-100 Ом для коаксиального кабеля до 100-150 Ом для витой пары или плоского многопроводного кабеля. Точное значение волнового сопротивления легко можно измерить с помощью генератора импульсов и осциллографа по отсутствию искажения формы передаваемого по кабелю импульса. Обычно требуется, чтобы отклонение величины согласующего резистора не превышало 5~10% в ту или другую сторону.

Если согласующее сопротивление R_H меньше волнового сопротивления кабеля R_B , то фронт передаваемого прямоугольного импульса на приемном конце будет затянута, если же R_H больше R_B , то на фронте будет колебательный процесс (рис. 13.4).

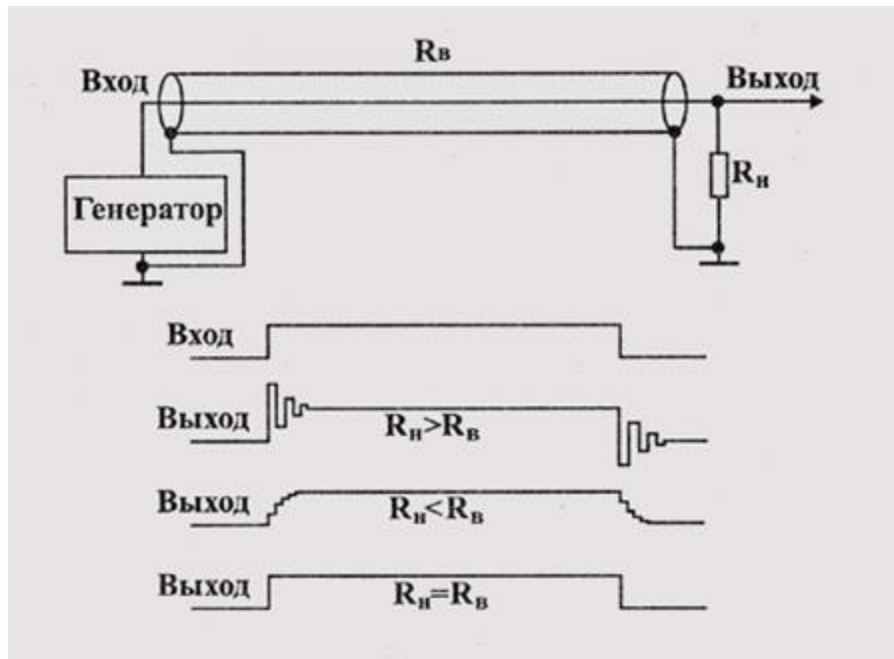


Рис. 13.4. Передача сигналов по электрическому кабелю

Надо сказать, что сетевые адаптеры, их приемники и передатчики специально рассчитываются на работу с данным типом кабеля с известным волновым сопротивлением. Поэтому даже при идеально согласованном на концах кабеле, волновое сопротивление которого существенно отличается от стандартного, сеть, скорее всего, работать не будет или будет работать со сбоями. Здесь же стоит упомянуть о том, что сигналы с пологими фронтами передаются по длинному электрическому кабелю лучше, чем сигналы с крутыми фронтами, то есть их форма меньше искажается (рис. 13.5).

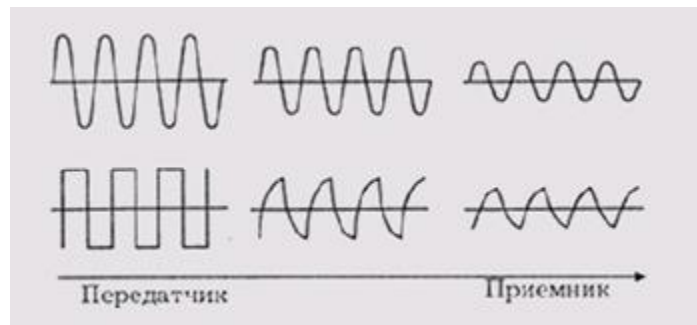


Рис. 13.5. Затухание сигналов в электрическом кабеле

Это связано с разницей величин затухания для разных частот (высокие частоты затухают сильнее). Меньше всего искажается форма синусоидального сигнала, такой сигнал просто уменьшается по амплитуде. Поэтому для улучшения качества передачи нередко используются трапецевидные или колоколообразные импульсы (рис. 13.6), близкие по форме к полуволне синуса, для чего искусственно затягиваются или сглаживаются фронты изначальных прямоугольных сигналов.

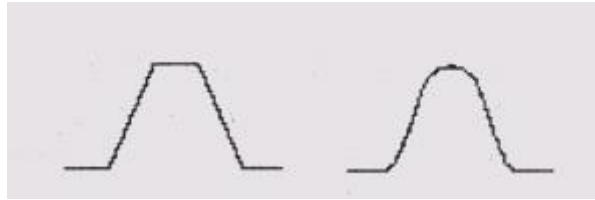


Рис. 13.6. Трапецевидный и колоколообразный импульсы

Экранирование электрических линий связи применяется для снижения влияния на кабель внешних электромагнитных полей. Экран представляет собой медную или алюминиевую оболочку (плетеную или из фольги), в которую заключаются провода кабеля. Для того чтобы экранирование работало, экран обязательно должен быть заземлен - в этом случае наведенные на него токи стекают на землю. Экран заметно увеличивает стоимость кабеля, но в то же время повышает его механическую прочность.

Снизить влияние наведенных помех можно и без экрана, если использовать дифференциальную передачу сигнала (рис. 13.7).

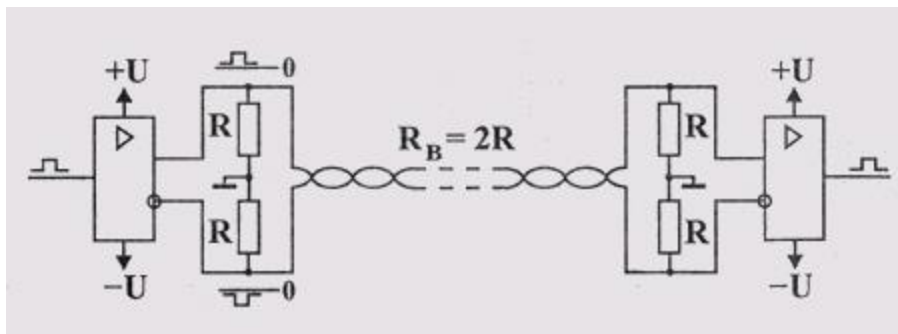


Рис. 13.7. Дифференциальная передача сигналов по витой паре

В этом случае передача идет по двум проводам, оба они являются сигнальными. Передатчик формирует противофазные сигналы, а приемник реагирует на разность сигналов на обоих проводах. Условием согласования является равенство сопротивлений согласующих резисторов половине волнового сопротивления кабеля. Если оба провода имеют одинаковую длину и проложены рядом (в одном кабеле), то помехи действуют на оба провода примерно одинаково, и разностный сигнал между проводами практически не искажается. Именно такая дифференциальная передача применяется обычно в кабелях из витых пар. Но экранирование и в этом случае существенно улучшает помехоустойчивость.

Гальваническая развязка компьютеров от сети при использовании электрического кабеля совершенно необходима. Дело в том, что по электрическим кабелям (как по сигнальным проводам, так и по экрану) могут идти не только информационные сигналы, но и так называемый выравнивающий ток, возникающий вследствие неидеальности заземления компьютеров.

Когда компьютер не заземлен, на его корпусе образуется наведенный потенциал около 110 В переменного тока (половина питающего напряжения). Его можно ощутить на себе, если одной рукой взяться за корпус компьютера, а другой за батарею центрального отопления или за какой-нибудь заземленный прибор.

При автономной работе компьютера (например, дома) отсутствие заземления, как правило, не оказывает серьезного влияния на его работу. Правда, иногда может увеличиться количество сбоев в работе компьютера. Но при соединении нескольких территориально разнесенных компьютеров электрическим кабелем заземление становится серьезной проблемой. Если один из соединяемых компьютеров заземлен, а другой не заземлен, то возможен даже полный выход из строя одного из них или обоих.

Поэтому компьютеры крайне желательно заземлять. В случае использования трехконтактной вилки и розетки, в которых есть нулевой провод, это получается автоматически. При двухконтактной вилке и розетке необходимо принимать специальные меры, организовывать заземление отдельным проводом большого сечения. Стоит также отметить, что в случае трехфазной сети желательно обеспечить питание всех компьютеров от одной фазы.

Но проблема осложняется еще и тем, что «земля», к которой присоединяются компьютеры, обычно далека от идеала. В идеале заземляющие провода компьютеров должны сходиться в одной точке, соединенной короткой массивной шиной с зарытым в землю массивным проводником. Такая ситуация возможна только тогда, когда компьютеры не слишком разнесены, а заземление действительно сделано грамотно. Обычно же заземляющая шина имеет значительную длину, в результате чего стекающие по ней токи создают значительную разность потенциалов между ее отдельными точками. Особенно велика эта разность потенциалов в случае подключения к шине мощных и высокочастотных потребителей энергии.

Поэтому даже присоединенные к одной и той же шине, но в разных точках, компьютеры имеют на своих корпусах разные потенциалы (рис. 13.8). В результате по электрическому кабелю, соединяющему компьютеры, течет выравнивающий ток (переменный с высокочастотными составляющими).

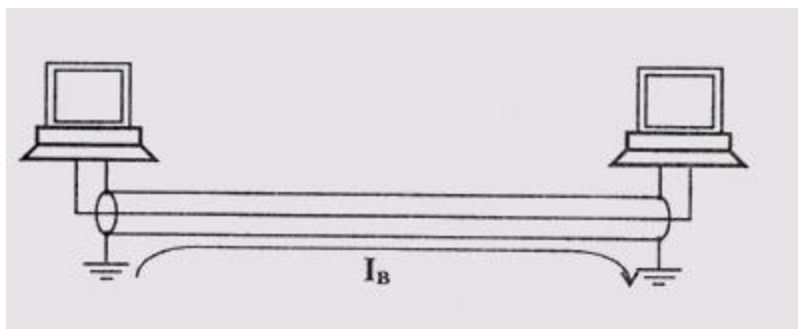


Рис. 13.8. Выравнивающий ток при отсутствии гальванической развязки

Ситуация ухудшается, когда компьютеры подключаются к разным шинам заземления. Выравнивающий ток может достигать в этом случае величины в несколько ампер. Понятно, что подобные токи смертельно опасны для малосигнальных узлов компьютера. В любом случае выравнивающий ток существенно влияет на передаваемый сигнал, порой полностью забивая его. Даже тогда, когда сигналы передаются без участия экрана (например, по двум проводам, заключенным в экран), выравнивающий ток, вследствие индуктивного

действия, мешает передаче информации. Именно поэтому экран всегда должен быть заземлен только в одной-единственной точке.

Грамотное соединение компьютеров электрическим кабелем обязательно должно включать (рис. 13.9):

- окончечное согласование кабеля;
- гальваническую развязку компьютеров от сети (обычно трансформаторная гальваническая развязка входит в состав каждого сетевого адаптера);
- заземление каждого компьютера;
- заземление экрана (если, конечно, он есть) в одной-единственной точке.

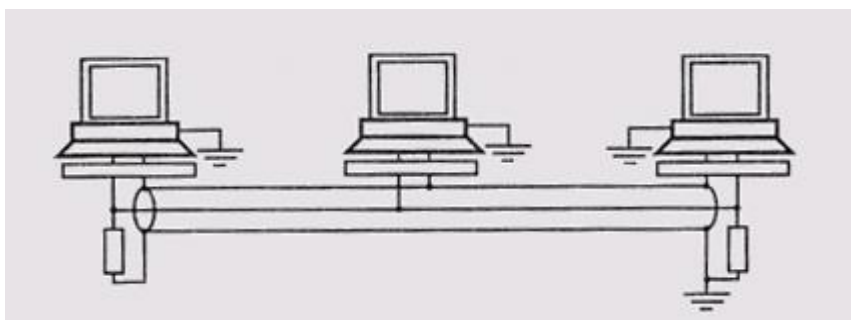


Рис. 13.9. Правильное соединение компьютеров сети (гальваническая развязка условно показана в виде прямоугольника)

Не стоит пренебрегать ни одним из этих требований. Например, гальваническая развязка сетевых адаптеров часто рассчитывается на допустимое напряжение изоляции всего лишь 100 В, что при отсутствии заземления одного из компьютеров может легко привести к выходу из строя его адаптера.

Отметим, что для присоединения коаксиального кабеля обычно применяются разъемы в металлическом корпусе. Этот корпус не должен соединяться ни с корпусом компьютера, ни с «землей» (на плате адаптера он установлен с пластиковой изоляцией от крепежной планки). Заземление экрана кабеля сети лучше производить не через корпус компьютера, а отдельным специальным проводом, что обеспечивает лучшую надежность. Пластмассовые корпуса разъемов RJ-45 для кабелей с неэкранированными витыми парами снимают эту проблему.

При заземлении экрана в одной точке он становится штыревой антенной с заземленным основанием и может усиливать ВЧ-помехи на нескольких частотах, кратных его длине. Для уменьшения этого «антенного» эффекта используют многоточечное заземление по высокой частоте, т.е. в одной точке экран соединяется с «землей» накоротко, а в остальных точках - через высоковольтные керамические конденсаторы. В простейшем случае на одном конце кабеля экран соединяется с землей непосредственно, на другом конце - через емкость.

13.3 Элементы задержки

Устройство задержки — это четырехполюсник, сигнал на выходе которого имеет форму, близкую к форме входного сигнала, но задержан на время t_3 относительного входного. Одной из разновидностей устройства задержки являются линии задержки.

Линии задержки — линейные пассивные цепи, созданные на базе длинных линий или LC-звеньев. Здесь рассматриваются только пассивные линии задержки. Требования к линиям задержки базируются на общем условии неискаженной задержки сигнала. Четырехполюсник, удовлетворяющий таким требованиям, должен иметь постоянную амплитудно-частотную характеристику $K(\omega) = 1$ и линейную фазо-частотную характеристику $\varphi(\omega) = -\omega\tau_z$. Форма импульса не изменится и в том случае, когда значение $K(\omega)$ отлично от единицы, но постоянно. При этом все составляющие спектра сигнала изменяются по амплитуде пропорционально, т. е. меняется только амплитуда выходного импульса по сравнению со входным, а форма импульса сохраняется. Поэтому требование в цепи, сохраняющей форму сигнала, можно записать как

$$K(\omega) = \text{const}; \varphi(\omega) = -\omega\tau_z. \quad (13.1)$$

Графики амплитудно-частотной и фазо-частотной характеристик четырехполюсника, удовлетворяющего требованиям (13.1), приведены на рис. 13.10, а, б.

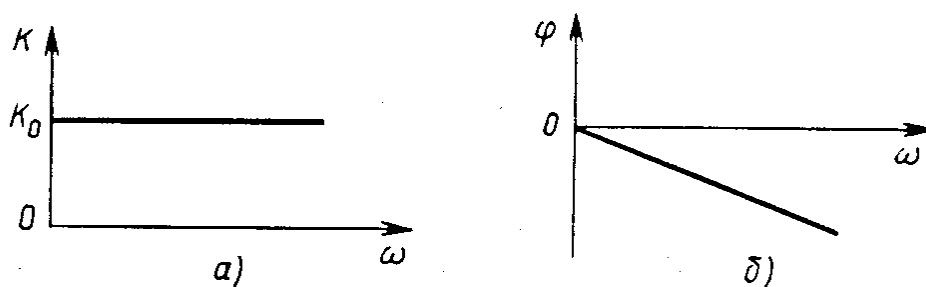


Рисунок 13.10

Нетрудно видеть, что $|\mathrm{d}\varphi(\omega)/\mathrm{d}\omega| = \mathrm{d}(\omega\tau_z)/\mathrm{d}\omega = \tau_z$, т.е. время задержки, обеспечиваемое линией задержки, пропорционально углу наклона ее фазо-частотной характеристики.

Условия (13.1) должны выполняться во всем диапазоне частот — от 0 до ω . Поэтому они технически нереализуемы. На практике условия (13.1) стремятся выполнить в той полосе частот, где сосредоточена основная доля энергии спектра импульса.

Простейшим и наиболее широкополосным устройством задержки является длинная линия, например, коаксиальный кабель. Включение этой линии между генератором и нагрузкой показано на рис. 3.11

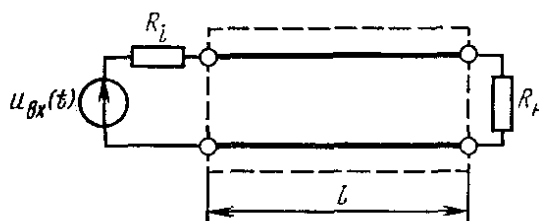


Рис. 13.11

Пусть L_n — погонная индуктивность, C_n — погонная емкость длинной линии. Тогда ее волновое сопротивление $\rho = \sqrt{L_n C_n}$. При согласованном включении ($R_i = R_h = \rho$) после появления на входе импульса $u_{BX}(t)$ в линии распространяется бегущая волна.

Значения $K(\omega)$ и $\varphi(\omega)$ определяются из следующих соотношений:

$$K(\omega) = e^{-\beta l}; \quad |\varphi(\omega)| = \frac{l}{v} \omega,$$

где β — коэффициент затухания линии, l — длина линии; $v = 1/\sqrt{L_n C_n}$ — фазовая скорость распространения волн в линии. Отсюда $\tau_z = d\varphi(\omega)/d\omega = l/v$.

Реальные параметры коаксиальных кабелей таковы, что при $\rho = 75 \dots 100 \text{ Ом}$ для получения задержки $\tau_z = 1 \text{ мкс}$ требуется длина кабеля $l \approx 200 \text{ м}$. Такая линия имеет неприемлемые для большинства случаев использования габариты и массу. Для уменьшения размеров кабеля следует снижать фазовую скорость v , чего можно достичь только за счет увеличения L_n или C_n . Увеличение только C_n , например, за счет заполнения кабеля диэлектриком с большим значением диэлектрической проницаемости ϵ_a , приводит к существенному уменьшению волнового сопротивления ρ , что затрудняет согласование линии. Поэтому основным путем увеличения времени задержки является увеличение L_n . Для этого применяют ряд конструктивных мер, например, спиральную намотку центральной жилы коаксиального кабеля. Однако и при этих усовершенствованиях длина кабеля l , необходимая для получения времени задержки 1 мкс, составляет несколько метров.

13.4. Формирователи импульсов

На базе логических элементов цифровых устройств могут быть сконструированы разнообразные генераторы импульсов. Вот несколько конкретных примеров.

Генератор по схеме на рисунке 1 (используются элементы 2И-НЕ с открытым коллектором) вырабатывает импульсы в широком диапазоне частот — от единиц герц до нескольких кГц. Зависимость частоты f (кГц) от емкости конденсатора $C1$ (пФ) выражается приближенной формулой $f \approx 3 \cdot 10^5 / C1$. Скважность импульсного напряжения практически равна 2. При снижении напряжения источника питания на 0,5 В частота генерируемых импульсов уменьшается на 20%.

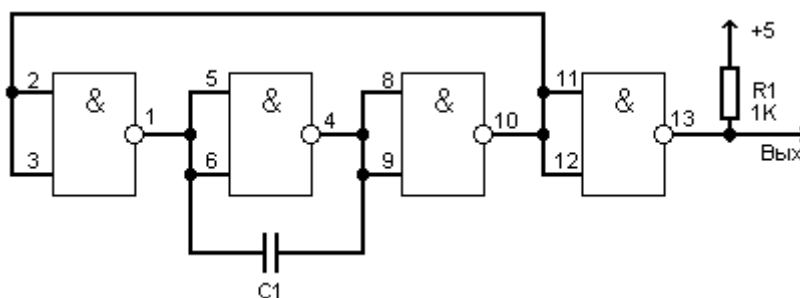


Рисунок 13.12

В генераторе по схеме на рисунке 13.12 длительность импульсов можно регулировать переменным резистором R2 (скважность изменяется от 1,5 до 3), а частоту - резистором R1. Например, в генераторе с $C1 = 0,1$ мкф при исключении резистора R2 только резистором R1 частоту генерируемых импульсов можно изменять от 8 до 125 кГц. Для получения другого диапазона частот необходимо изменить емкость конденсатора C1.

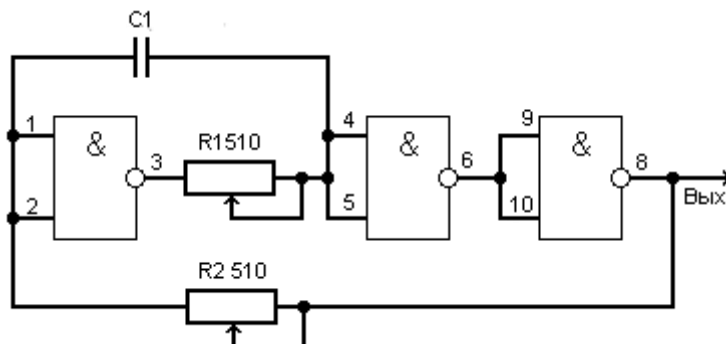


Рисунок 13.13

Широкое изменение частоты генерируемых импульсов (около 50 тысяч раз) обеспечивает устройство, собранное по схеме на рисунке 3. Минимальная частота импульсов здесь около 25 Гц. Длительность импульсов регулируют резистором R1. Частоту следования можно определить по формуле: $f = 1/(2R1C1)$, f - частота Гц, $R1$ - сопротивление Ом, $C1$ - ёмкость фарад.

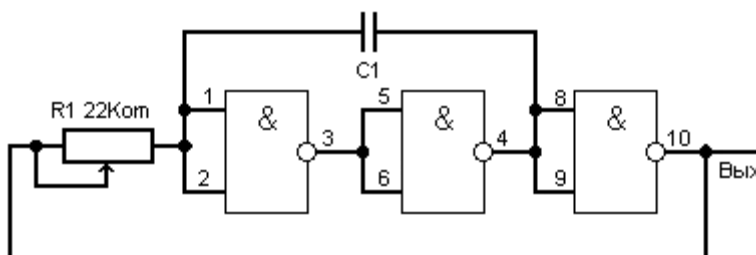


Рисунок 13.14

При реализации цифровых устройств различного назначения часто необходимо сформировать короткие импульсы по фронтам входного сигнала. В частности, такие импульсы используют для сброса счетчиков в качестве импульсов синхронизации при записи информации в регистры и т. д. На рисунке 4 изображены схема и временные диаграммы формирователя коротких отрицательных импульсов по положительному перепаду напряжения на его входе. При изменении напряжения $U_{вх}$ от низкого уровня до высокого этот перепад без задержки поступает на вход 13 элемента DD1.4. В то же время на входе 12 элемента DD1.4 напряжение высокого уровня сохраняется, в течение времени распространения сигнала через элементы DD1.1-DD1.3 (около 75 нс). В результате в течение этого времени на выходе устройства сохраняется напряжение низкого уровня. Затем на входе 12 устанавливается напряжение низкого уровня, а на выходе устройства - высокого. Таким образом, формируется короткий отрицательный импульс, фронт которого совпадает с фронтом входного

напряжения. Чтобы такое устройство использовать для формирования отрицательного импульса по срезу входного сигнала, его надо дополнить еще одним инвертором рисунок 13.15.

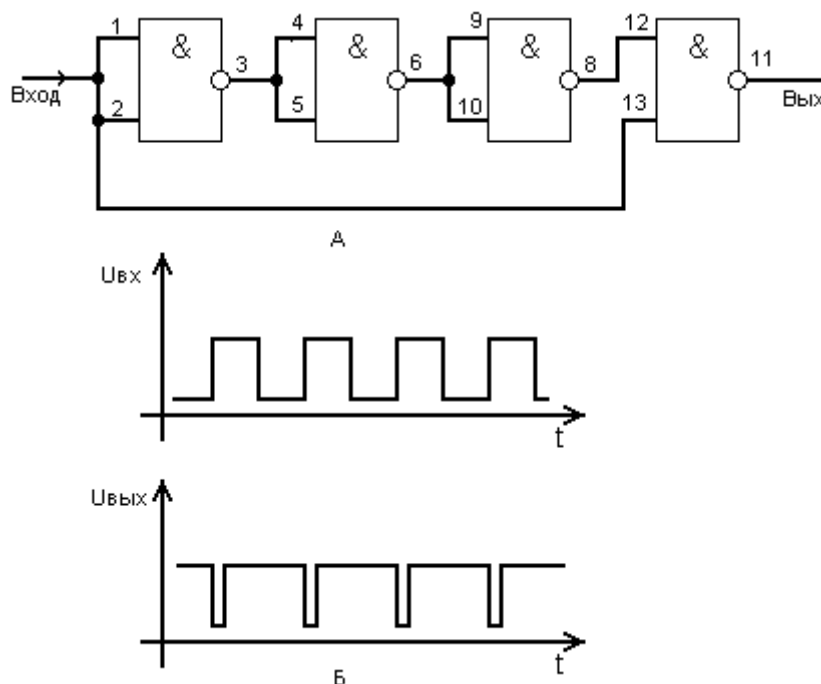


Рисунок 13.15

На рисунке 13.15 изображены схема и временная диаграмма работы формирователя импульсов по фронту и срезу входного сигнала. Длительность каждого сформированного импульса равна

$$t_{и1}=t_{и2}=nt_{1,0зд.р.}+(n+1)t_{0,1зд.р.}$$

Здесь n - четное число элементов, участвующих в задержке сигналов. Принцип работы этого формирователя аналогичен принципу работы описанных ранее формирователей коротких импульсов.

Широкое распространение получил формирователь коротких импульсов, схема и временная диаграмма работы которого изображены на рисунке 13.16. При напряжении низкого уровня на входе устройства конденсатор C_1 заряжается через резисторы R_1 и R_2 . При этом напряжение на выходе устройства имеет низкий уровень. При появлении на входе формирователя напряжения высокого уровня конденсатор C_1 начинает разряжаться через резистор R_2 . До тех пор, пока напряжение на конденсаторе не уменьшится до низкого уровня, на обоих входах элемента $DD1.2$, а следовательно, и на выходе формирователя присутствуют напряжения высоких уровней. Как только напряжение на конденсаторе станет меньше 0,4 В, уровень на выходе формирователя изменяется рисунок 13.17. Длительность импульса пропорциональна постоянной времени разрядки конденсатора и равна $t_{и}=3R_2 \cdot C_1$.

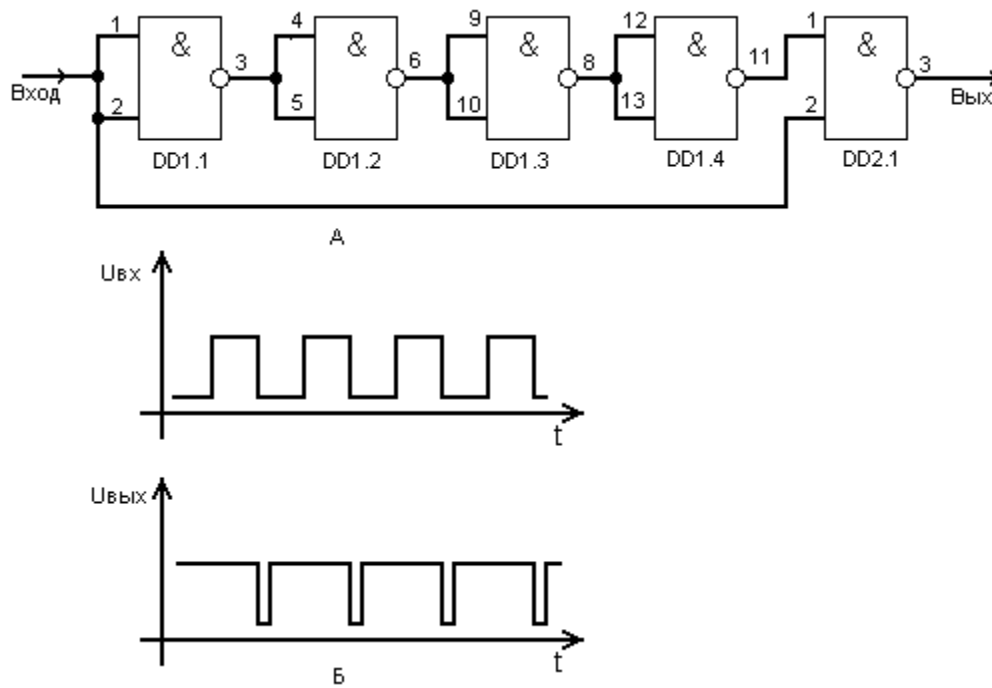


Рисунок 13.16

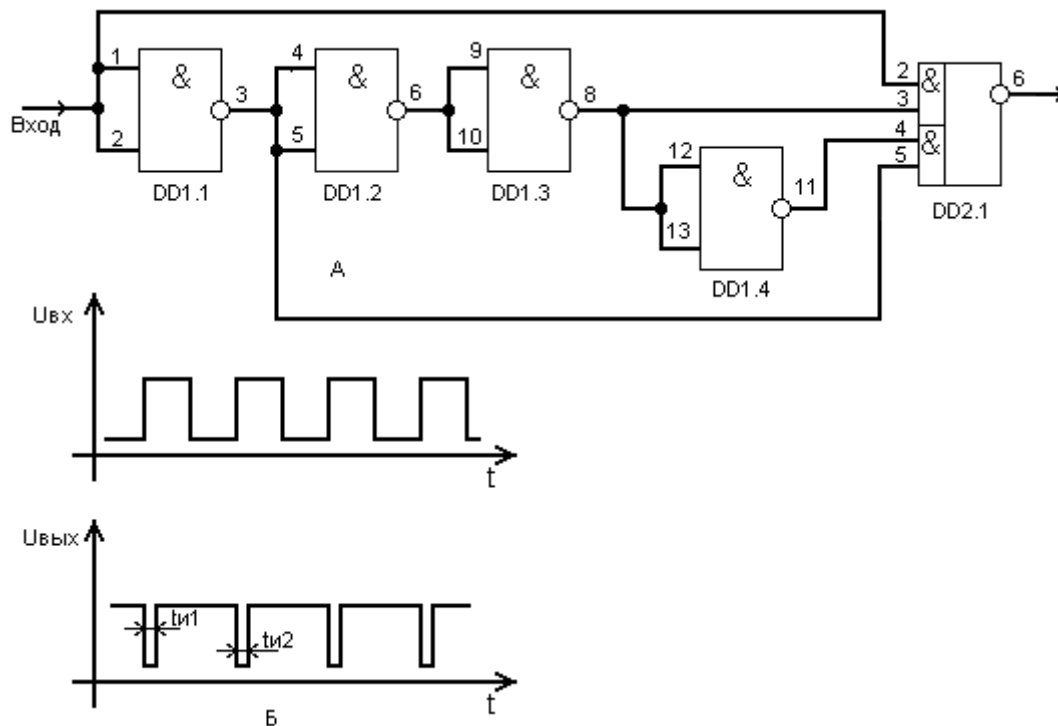


Рисунок 13.17

Формирователи импульсов имеются и в составе микросхем серии К155. Так, микросхема К155АГ1 представляет собой одновибратор с тремя входами, прямым и инверсным, выходами и выводами для подключения внешних времязадающих цепей рисунок 13.18. Одновибратор может запускаться как положительным, так и отрицательным перепадами входных сигналов при определенном напряжении, не зависящем от длительности входных импульсов. Переключается одновибратор отрицательным перепадом входного сигнала,

поданного на один из входов А, в то время как на вход В подано напряжение высокого уровня, или положительным перепадом, поданным, на вход В, если на одном из входов А или А1 присутствует напряжение низкого уровня.

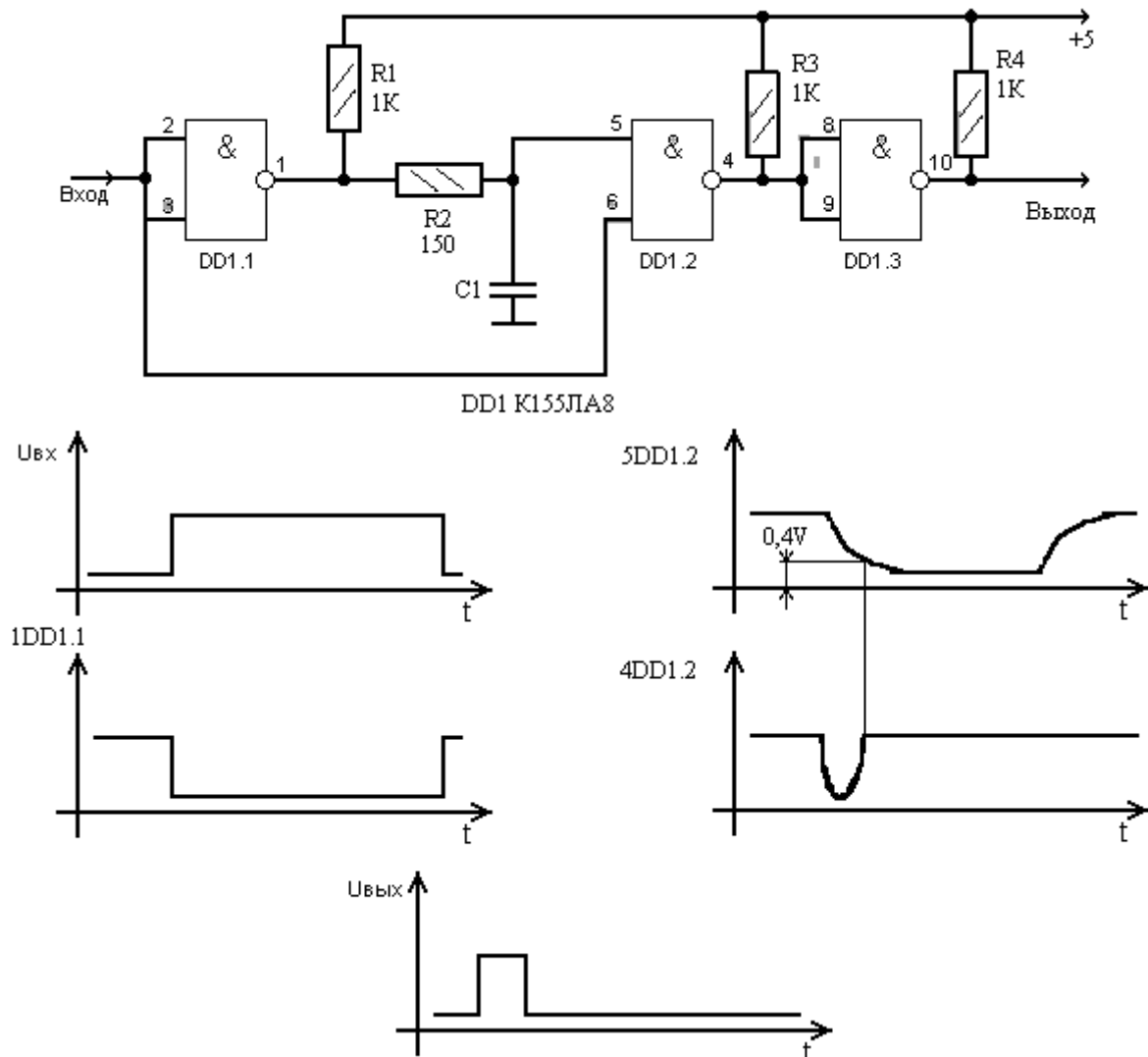


Рисунок 13.18

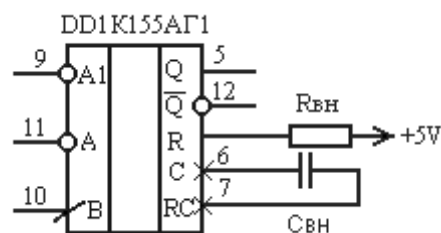


Рисунок 13.19

При максимальном сопротивлении резистора $R_{вн}=40$ кОм длительность выходного импульса не должна превышать $0,9T$, где T - период следования входных импульсов. Длительность выходного импульса зависит от сопротивления $R_{вн}=(0-40)$ кОм и $C=(0-1000)$ мкф и определяется формулой: $t_i=RC \ln 2$. Здесь $R=2к+R_{вн}$, $2к$ - сопротивление внутреннего резистора.

В состав серии K155 входит также микросхема K155АГЗ. В одном корпусе в ней содержатся два одновибратора. Варианты подключения внешних времязадающих элементов и временная диаграмма работы одновибратора изображены на рисунке 13.19. Одновибратор также запускается либо отрицательным (перепадом входного сигнала на входе А при высоком уровне на входах В и R, либо положительным перепадом положительным перепадом напряжения на входе В при низком уровне на входе А и высоком уровне на входе R. Длительность импульса t_{i1} определяется постоянной времени времязадающей цепи, но может быть уменьшена за счёт подачи на вход R напряжения низкого уровня при t_{i2}

13.5. Элементы индикации

Светодиод - элементарный полупроводниковый источник света, содержащий один или несколько испускающих свет кристаллов в одном корпусе с одной, формирующей световой поток, линзой. Чем больше кристаллов в корпусе, при прочих равных условиях, тем ярче и насыщеннее получается изображение, но и выше стоимость. Цветные светодиоды содержат в одном корпусе "вперемежку" красные, зеленые и синие кристаллы, что позволяет получить при смешении их излучения белый цвет и всю цветовую гамму. Основные параметры светодиодов - сила света и угол обзора по половинной мощности излучения. При использовании светодиодов с различной силой света и различным углом обзора получается светодиодные экраны разного назначения и соответственно разной стоимости.

Пиксель - Элементарная точка (цветная или монохромная) графического раstra. Разрешение светодиодного экрана, т.е. способность воспроизводить мелкие детали, измеряется количеством пикселей по вертикали и горизонтали. Так, например, компьютерный стандарт CGA имеет разрешение 320 x 200 пикселей. Каждый пиксель состоит из одного или большего числа светящихся элементов - светодиодов. Модуль - законченный блок отображения графической, видео и алфавитно-цифровой информации. Комплектуется автономным источником питания и необходимыми элементами управления. Является базовым "кирпичиком" для построения светодиодного экрана большого размера.

Элементы звуковой индикации предназначены для генерации звукового сигнала при подаче на них питающего или управляющего напряжения. Подобные устройства должны содержать минимальное количество дискретных радиоэлементов и работать в широком диапазоне изменения питающего напряжения и генерируемых частот. К стабильности частоты и форме импульсов повышенных требований, как правило, не предъявляется.

На рис. 1...7 приведены схемы элементов звуковой индикации, содержащие от 2 до 6 радиоэлементов, включая звукоизлучающий.

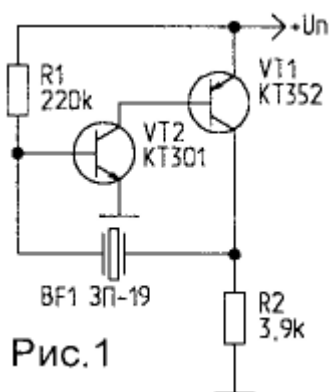


Рис.1.

Генератор импульсов (рис.1), выполненный на составном транзисторе структур п-р-п и р-п-р, не содержит конденсаторов, так как в качестве частотозадающего конденсатора использован пьезокерамический капсюль BF1. Генератор работает при изменении напряжения питания от 1 до 10 В и потребляет, соответственно, ток — от 0,4 до 5 мА.

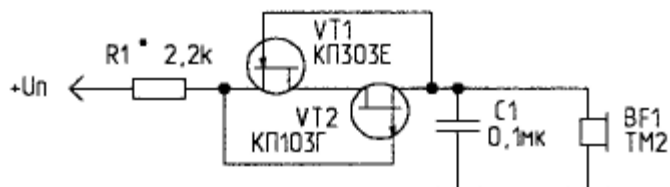


Рис.2

Звуковой индикатор (рис.2) выполнен на аналоге лямбда-диода и имеет в качестве нагрузки колебательный контур, в состав которого входит электромагнитный капсюль ТМ-2В и конденсатор С1. Генератор работает при напряжении питания 1,5...2,5 В с потребляемым током до 0,4 мА и вырабатывает колебания, близкие к синусоидальным.

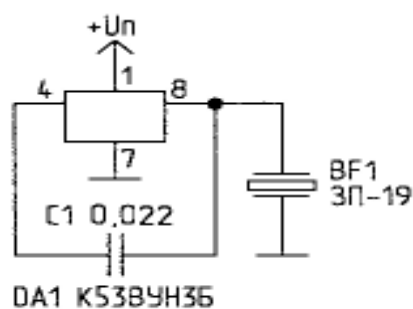


Рис.3

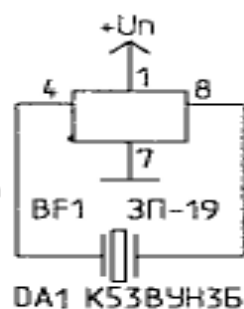


Рис.4

Простейший звуковой генератор с минимальным количеством навесных элементов может быть выполнен на микросхеме К538УНЗБ (рис.3, 4). Генератор работает в диапазоне питающих напряжений 2...6 В (потребляемый ток — 0,7...3 мА).

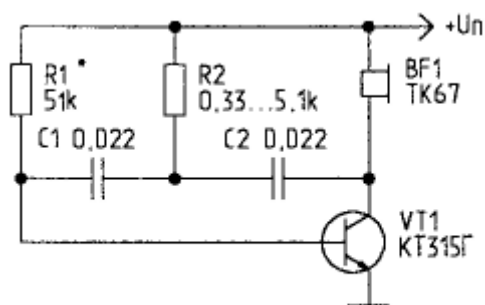


Рис.5

Звуковые индикаторы (рис.5...7) близки по построению к RC-генераторам с фазосдвигающими RC-цепочками, однако за счет использования вместо одного из элементов фазосдвигающей цепочки индуктивности (телефонный капсюль ТК-67 или ТМ-2В) работают с меньшим числом элементов и в большем диапазоне изменения напряжения питания. Так, звуковой генератор (рис.5) работоспособен при изменении напряжения питания в пределах 1...15 В (потребляемый ток — 2...60 мА). Частота генерации изменяется от 1 кГц ($U_{пит}=1,5$ В) до 1,3 кГц при 15 В. При коллекторном токе свыше 30 мА необходимо использовать более мощные транзисторы.

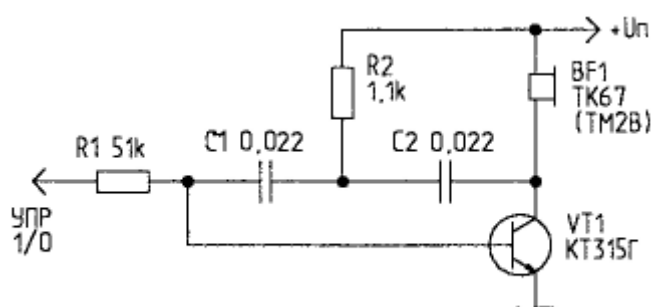


Рис.6

Управляемый звуковой индикатор (рис.6) также работает при $U_{пит}=1...15$ В; включение/выключение генератора производится подачей на его управляющий вход логических уровней, причем величина управляющего напряжения также может лежать в пределах 1...15 В.

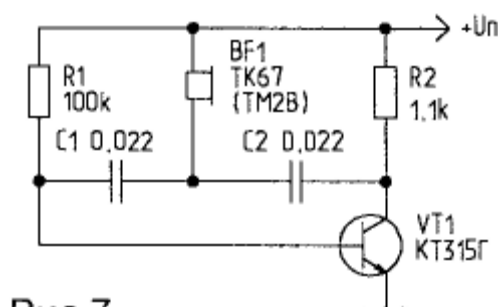


Рис.7

Звуковой генератор может быть выполнен и по схеме, приведенной на рис.7. Частота генерации возрастает с 740 Гц (ток потребления — 1,2 мА) при $U_{пит}=1,5$ В до 3,3 кГц (6,2 мА и 15 В). Наиболее стабильна частота генерации при изменении напряжения питания в пределах 3...11 В. Ее величина составляет 1,7 кГц, а изменение — в пределах $\pm 1\%$.

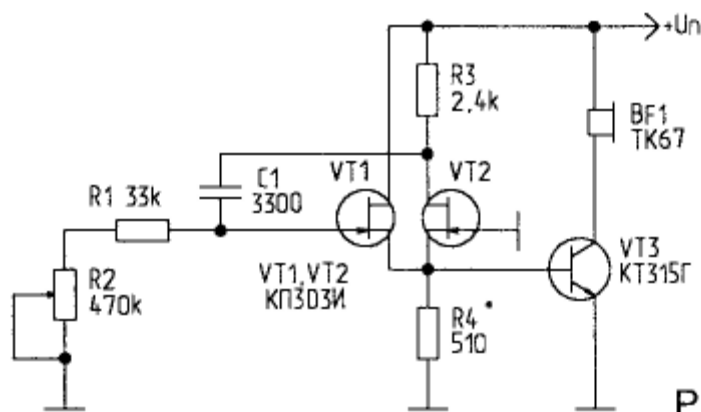


Рис.8

RC-генератор (рис.8) выполнен на полевых транзисторах. Подобная схема используется обычно при построении высокостабильных LC-генераторов. При указанных на схеме номиналах генерация возникает при напряжении питания свыше 1 В. При изменении напряжения питания с 2 до 10 В частота генерации понижается с 1,1 кГц до 660 Гц, потребляемый ток повышается, соответственно, с 4 до 11 мА. Варьированием емкости конденсатора $C1$ от 150 пФ до 10 мкФ и регулировкой сопротивления $R2$ могут быть получены импульсы частотой от единиц герц до 70 кГц и выше.

Представленные выше элементы звуковой индикации могут быть использованы в качестве экономичных элементов индикации состояния "включено/выключено" узлов и блоков радиоэлектронной аппаратуры, в частности светоизлучающих диодов, для дублирования световой индикации, для аварийной и "тревожной" сигнализации и т.д.

Звуковой генератор может быть выполнен и по схеме, приведенной на рис.7. Частота генерации возрастает с 740 Гц (ток потребления — 1,2 мА) при $U_{пит}=1,5$ В до 3,3 кГц (6,2 мА и 15 В). Наиболее стабильна частота генерации при изменении напряжения питания в пределах 3...11 В. Ее величина составляет 1,7 кГц, а изменение — в пределах $\pm 1\%$.

13.6 Оптоэлектронные развязки

В настоящее время в связи с развитием технологии полупроводниковых устройств расширяются возможности по использованию оптоэлектронных развязывающих устройств, оптических вентилях (оптронов). Принцип работы оптрона проиллюстрирован на рис. 9. Светоизлучающий диод, р-n-переход которого смещён в прямом направлении, излучает свет, воспринимаемый фототранзистором. Таким образом, осуществляется гальваническая развязка цепей, связанных со светодиодом, с одной стороны, и с фототранзистором, с другой.

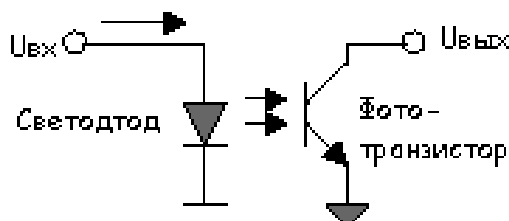


Рис. 9. Принцип работы оптрона

К достоинствам оптоэлектронных развязывающих устройств можно отнести:

- способность осуществлять развязку в широком диапазоне напряжений, в том числе до величины 500 В, что является значением, принятым при реализации систем ввода данных;
- возможность передавать сигналы на высокой частоте (до десятков МГц);
- малые габаритные размеры.