

Применение КМДП-инверторов в рассматриваемых ИС определяет их основные электрические параметры. Для всех серий КМДП ИС характерны большие входные сопротивления (порядка  $10^{12}$  Ом), т. е. входные токи, по сути дела, определяются токами утечек. Поэтому можно считать, что КМДП ИС по входам управляются напряжением. Второй особенностью КМДП ИС является малое потребление тока от источника питания в статическом режиме (без учета тока нагрузки). Это объясняется тем, что в любом из двух состояний один из МДП-транзисторов закрыт.

Рассмотрим подробнее основные электрические параметры. **Входной ток.** Различают входные токи  $I_{вх}^0$  (лог. 0) и  $I_{вх}^1$  (лог. 1), возникающие при подаче на вход напряжения 0 и  $U_{н.п}$  соответственно. Основное влияние на этот ток оказывает диодная схема защиты, используемая на входах ИС. Входной ток КМДП ИС очень мал. Например, максимальное значение входного тока для всех ИС серии 564 не превышает 0,05 мкА при  $t = +25^\circ\text{C}$  и 1 мкА при  $t = +125^\circ\text{C}$ . Как правило, входные токи измеряются при максимальном  $U_{н.п}$ .

**Входное напряжение.** Значения входного напряжения выбираются с учетом влияния помех. Гарантированная для КМДП ИС помехоустойчивость составляет 30 % от номинального напряжения источника питания. Это означает, что логические уровни в КМДП ИС могут быть определены как напряжения, составляющие не менее 70 % (лог. 1) и не более 30 % (лог. 0) напряжения источника питания. На рис. 3.9 показаны области гаран-

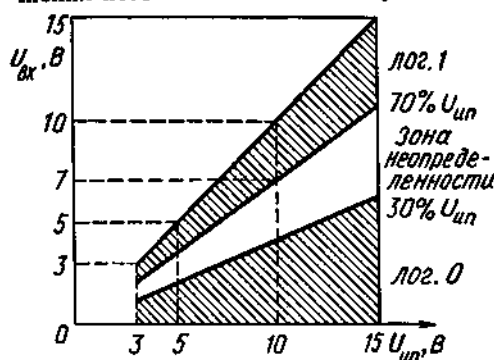


Рис. 3.9. Гарантированные значения помехоустойчивости КМДП ИС при изменении напряжения питания

тированной помехоустойчивости в диапазоне напряжения питания 3...15 В.

Следует обратить внимание, что  $U_{вх}$  не должно превышать напряжение  $U_{н.п}$  более чем на 0,2 В (кроме ИС преобразователей уровней и ЛН1, ЛН2) и  $U_{вх}$  не должно быть меньше минус 0,2 В, поскольку в противном случае откроются охранные диоды в схеме защиты и ИС выйдет из строя. Не рекомендуется также подавать на вход импульсы синхронизации с большой длительностью фронтов, так как при больших значениях указанных времен наведенная помеха может стать причиной ошибочной работы схемы. Кроме этого, КМДП-инверторы ИС долгое время находятся в усилительном режиме, поэтому возникает значительный сквозной ток, который может перегреть и разрушить структуру.

По этой же причине входы КМДП ИС не должны оставаться неприсоединенными. Реальную опасность представляют случаи разьединения печатных плат, находящихся под напряжением питания, когда через разъем сигналы от одной ИС поступают на другую. Здесь следует предусматривать шунтирующие резисторы (к  $U_{н.п}$  или общей шине).

Требования к входному напряжению необходимо учитывать в релаксационных устройствах с применением конденсаторов, при коммутации которых входные напряжения на ИС могут как превышать  $U_{н.п}$ , так и принимать отрицательные значения.

**Выходное напряжение.** Различают выходное напряжение  $U_{вых}^0$  (лог. 0) и выходное напряжение  $U_{вых}^1$  (лог. 1). Измерение этих напряжений осуществляется при токе нагрузки  $I_H = 0$ . В КМДП ИС отклонение выходных напряжений  $U_{вых}^0$  и  $U_{вых}^1$  от уровней напряжения 0 и  $U_{н.п}$  очень небольшое и достигает 10 мВ при  $t = 25^\circ\text{C}$  и 50 мВ при  $t = 125^\circ\text{C}$ . Это является одним из факторов, повышающих, как было сказано выше, помехоустойчивость ИС.

При нагрузке КМДП ИС номинальным током нагрузки и в условиях помех уровни  $U_{вых}^0$  и  $U_{вых}^1$  изменяются и составляют

0,5...2,8 В от уровней 0 и  $U_{н.п.}$ . Это необходимо учитывать при разработке электронных интегральных устройств, особенно при согласовании ИС разного типа и с электронными схемами на дискретных элементах. Именно эти значения  $U_{вых}^0$  и  $U_{вых}^1$  приведены в таблицах основных параметров КМДП ИС при определенных величинах  $U_{н.п.}$ .

**Выходной ток.** Выходной ток характеризует нагрузочную способность ИС по постоянному току. Различают выходные токи  $I_{вых}^0$  и  $I_{вых}^1$ . Первый представляет собой ток, входящий в ИС при открытом  $n$ -канальном и закрытом  $p$ -канальном транзисторе выходного каскада. Второй является током, выходящим из ИС при закрытом  $n$ -канальном и открытом  $p$ -канальном транзисторе. Для различных типов ИС токи  $I_{вых}^0$  и  $I_{вых}^1$  могут отличаться в десятки раз из-за сильного различия размеров каналов транзисторов выходного каскада. При понижении температуры эти токи увеличиваются, что связано с уменьшением сопротивления канала открытого транзистора приблизительно на  $0,3\% / ^\circ\text{C}$ .

Номинальные величины выходных токов зависят от напряжения питания ИС. Это объясняется изменением уровня напряжений на затворах МДП-транзисторов. Например, для ИС 561ЛА8  $I_{вых}^0 = 0,12$  мА,  $I_{вых}^1 = 0,22$  мА при  $U_{н.п.} = 5$  В;  $I_{вых}^0 = 0,25$  мА,  $I_{вых}^1 = 0,55$  мА при  $U_{н.п.} = 10$  В.

При замыкании выходной шины на общую шину (шину питания) ток короткого замыкания будет определяться сопротивлением  $R_p(R_n)$  открытого  $p(n)$ -канального транзистора. Значения  $R_p$  и  $R_n$  для маломощных ИС могут быть приняты равными 1000 и 300 Ом соответственно.

Следует принимать меры защиты выходов КМДП ИС. Надо избегать случайных замыканий выходов буферных элементов с повышенным выходным током на провод питания. Нельзя соединять выходы обычных элементов непосредственно, поскольку произойдет замыкание одного из каналов на источник питания.

Если требуется параллельное соединение входов и выходов элементов, они должны быть из одного корпуса микросхемы. Нельзя применять емкости нагрузки  $C_n > 5000$  пФ для буферных и высоковольтных оконечных элементов, поскольку такой незаземленный конденсатор равноценен перемычке короткого замыкания.

Если проектируются релаксационные устройства на КМДП ИС, то в них следует ограничивать токи перезарядки конденсаторов на уровне допустимых выходных токов. С этой целью можно использовать токоограничивающие резисторы.

Связь выходного тока микросхемы с важнейшим параметром цифровых ИС — нагрузочной способностью (коэффициентом разветвления по выходу) состоит в обеспечении необходимой скорости перезаряда входных емкостей нагрузочных ИС. Нагрузочная способность КМДП ИС очень высока, поскольку такие ИС нужно возбуждать только для переключения из одного логического состояния в другое, а постоянное протекание тока

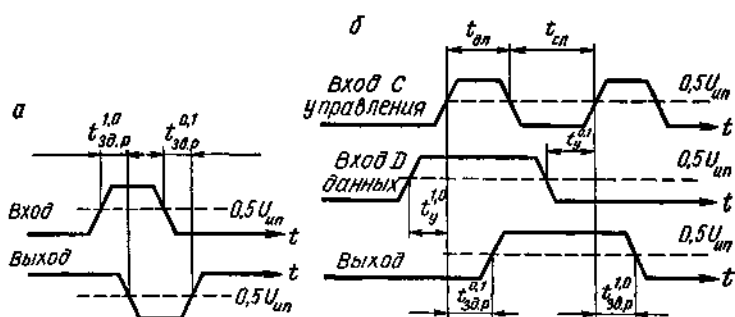


Рис. 3.10. Основные временные параметры КМДП ИС:  
 а — асинхронных; б — синхронизируемых

в их входных цепях обеспечивать нет необходимости. (Напомним, что входные токи КМДП ИС в статическом состоянии составляют доли микроампера.) Фактический коэффициент разветвления по выходу КМДП ИС определяется из необходимого частотного диапазона работы цифровой ИС (или времени переключения) и рассчитывается с учетом суммарной емкости на выходе ИС (сумма входных емкостей, подключаемых ИС, навесных элементов, монтажа и т. д.) и выходного тока нагрузки при заданном напряжении питания. Нагрузочная способность КМДП ИС достигает 1000 (входов, аналогичных ИС) на частотах до нескольких кГц.

**Временные параметры.** На рис. 3.10, а показаны основные временные параметры КМДП ИС, характеризующие задержку распространения сигнала от входа к выходу при включении ( $t_{зд,р}^{0,1}$ ), когда действие сигнала на входе приводит к изменению состояния на выходе с 0 на 1, и выключении ( $t_{зд,р}^{1,0}$ ), когда действие сигнала на входе приводит к изменению состояния на выходе с 1 на 0. Задержки  $t_{зд,р}^{0,1}$  и  $t_{зд,р}^{1,0}$  в общем случае даже для ИС одного типа оказываются различными, что связано с различием сопротивлений открытых *p*- и *n*-канальных транзисторов выходного каскада, приводящим к разным постоянным времени нагрузочных цепей.

Для ИС с памятью или синхронизируемых ИС число временных параметров увеличивается, поскольку на входе ИС оказываются действующими уже два вида сигналов — управляющие и информационные, для которых оказывается необходимым выполнение определенных временных соотношений. На рис. 3.10, б показаны основные временные параметры синхронизируемых ИС. В числе новых введен параметр  $t_y$ , представляющий собой время опережения установки данного *D* относительно фронта синхросигнала *C*. За время  $t_y$  данное *D* должно быть до появления сигнала *C* предварительно установлено в памяти ИС, а с появлением сигнала *C* ИС должна перейти в режим хранения

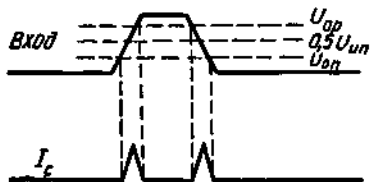


Рис. 3.11. Возникновение сквозных токов в КМДП-инверторе

этого данного. Кроме того, в число параметров ИС вводятся минимальная длительность  $t_{дл}$  синхроимпульсов  $C$  и минимальный интервал следования  $t_{сл}$  между ними.

К временным параметрам ИС можно также отнести и минимальную длительность импульсов сброса в нуль (для счетчиков, регистров, триггеров и т. д.), записи начального значения и т. д. Количество временных параметров ИС зависит от ее сложности.

Следует отметить, что быстродействие ИС КМДП растет практически пропорционально увеличению напряжения питания. Например, для серии К561 при  $U_{и.п} = 15$  В типовое значение времени задержки  $t_{зд.р} \approx 50$  нс на логический элемент достигнуто именно за счет повышения максимально допустимого напряжения питания. Основным фактором, определяющим допустимое напряжение питания, является напряжение пробоя  $n$ -кармана, в котором создаются МДП-транзисторы с каналом  $p$ -типа, или  $p$ -кармана для МДП-транзисторов с каналом  $n$ -типа (см. рис. 3.8).

**Ток потребления.** Для КМДП ИС ток потребления  $I_{пот}$  образуется из трех составляющих:

$$I_{пот} = I_y + I_3 + I_c,$$

где  $I_y$  — ток утечки обратно смещенных  $p$  —  $n$ -переходов;

$I_3$  — ток перезаряда нагрузочной емкости  $C_n$ ;

$I_c$  — сквозной ток.

Значение  $I_y$  характеризует ток потребления в статическом режиме и для одного инвертора обычно не превышает десятков наноампер.

Токи  $I_3$  и  $I_c$  характерны только для динамического режима и возникают в процессе переключения КМДП-инвертора из одного состояния в другое. Для тока  $I_3$  имеем  $I_3 = C_n dU_{вых}/dt$ , откуда видно, что ток перезаряда не зависит от параметров транзистора. Сквозной ток  $I_c$  образуется в момент переключения, когда оба транзистора в комплементарной паре оказываются некоторое время одновременно открытыми (рис. 3.11). Значение  $I_c$  зависит от параметров транзисторов и может быть определено только по выходным экспериментально снятым характеристикам транзисторов.

Таким образом, фактически потребляемый ток КМДП ИС зависит от частоты ее переключения и может изменяться в широких пределах. В таблицах основных параметров приведено значение тока потребления в статическом режиме.