



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«МИРЭА – Российский технологический университет»

РТУ МИРЭА

ЛЕКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

по дисциплине

Цифровые устройства и микропроцессоры

Часть 1 (5 семестр)

Лекция 4

Основные характеристики элементов ТТЛ и КМДП логики

Серии микросхем

Обозначение

Микросхемы стандартной логики выпускаются очень многими фирмами, в т.ч. российскими, наиболее крупные производители: Texas Instruments, NXP (Philips), Nexperia, onsemi (ON Semiconductor, Fairchild), STMicroelectronics, Toshiba и др.

Самые распространенные серии (семейства) имеют обозначения: 4000, 74 (7400), в настоящее время в основном доминирует 74 серия. Изначально по ней выпускались только ТТЛ микросхемы, сейчас она является универсальной. Серия 54 аналогична 74-й, но имеет расширенный температурный диапазон. Существует не одна система обозначений (маркировки) микросхем, наиболее распространена следующая:

XX 74 XXX XXX XX

					Тип корпуса
					Функциональное назначение
					Подсерия (технология)
					Серия

Код производителя (некоторые производители не используют)

Обозначение некоторых подсерий:

- Без обозначений — стандартные ТТЛ-элементы;
- S (Schottky) — ТТЛШ;
- LS (Low Power Schottky) — ТТЛШ с малым потреблением;
- ALS (Advanced Schottky) — улучшенная ТТЛШ;
- F (FAST) — еще более быстрая ТТЛШ;
- C (CMOS) — стандартные КМОП-элементы;
- HC (High Speed CMOS) — высокоскоростная КМОП;
- HCT (High Speed CMOS with TTL inputs) — HC, совместимая по входу с ТТЛ;
- AC (Advanced CMOS) — улучшенная КМОП;
- ACT (Advanced CMOS with TTL inputs) — AC, совместимая по входу с ТТЛ;
- AHC — улучшенная КМОП;
- AUC — низковольтная КМОП;
- BCT (BiCMOS Technology) — BiCMOS-технология;
- ABT (Advanced BiCMOS Technology) — улучшенная BiCMOS;
- LVT (Low Voltage Technology) — с низким напряжением питания

и др.

Примеры:

SN74LVC08AD — 4 элемента 2И в корпусе SOIC от TI;

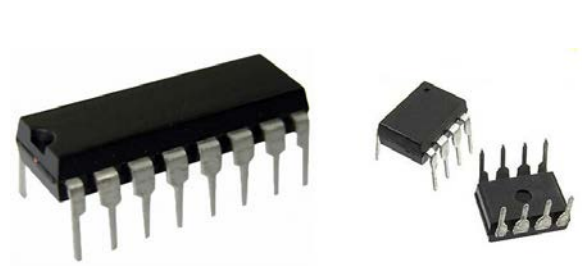
MC74AC245N — шинный формирователь в корпусе DIP от ON Semiconductor.

Если для какой-либо задачи имеет значение только выполняемая функция, то используют обозначение типа 74xx, например, 7414 (триггеры Шмитта), 74138 (дешифратор).

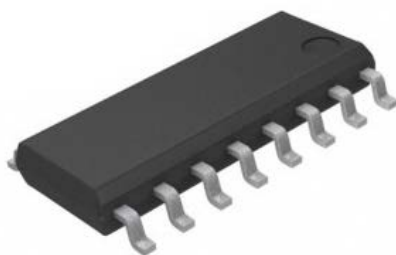
Отечественные микросхемы имеют иную систему обозначений. Серии разделяются по конструктивно-технологическим признакам, наиболее распространены 100, 133, 155, 531, 555, 1531, 1554, 1561 и др. Функциональное назначение кодируется двумя буквами (например, ЛА — элемент И-НЕ, ИЕ — счетчик и т.д.). В методических указаниях к лабораторным работам по данной дисциплине приведен перечень наиболее применяемых типов микросхем 74 серии.

Основные типы корпусов

DIP (Dual In-Line Package)



SOIC (Small-Outline Integrated Circuit)



SOP (Small Outline Package)



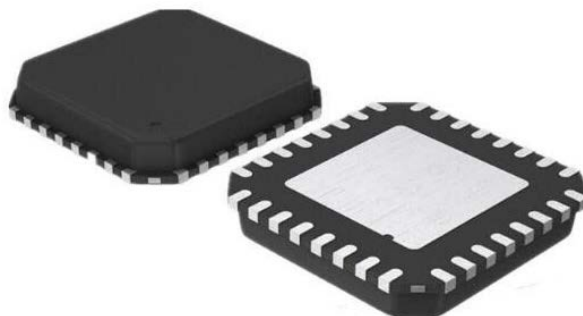
TSSOP (Thin Shrink Small Outline Package)



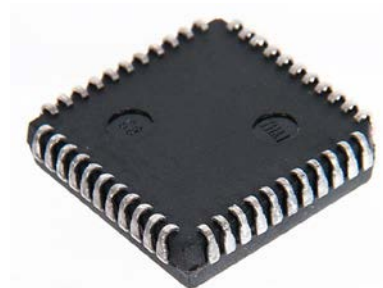
QFP (Quad Flat Package)



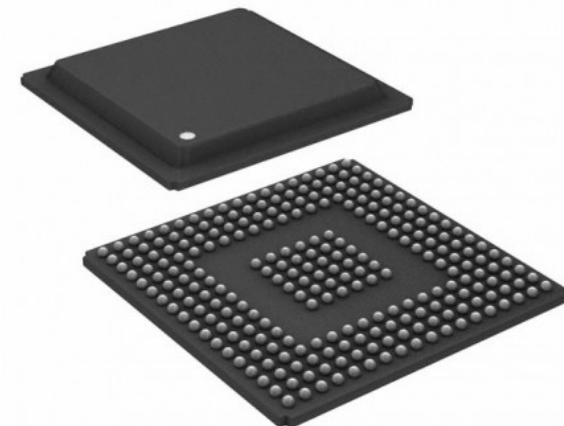
QFN (Quad Flat No-leads package)



PLCC (Plastic Leaded Chip Carrier)



BGA (Ball Grid Array)



Эксплуатационные параметры

- Номинальное напряжение питания (обозначается: U_n , E_n , V_{cc} и т.п.) и его допустимые отклонения. Для ТТЛ логики это обычно 5 В, 3.3 В и отклонение $\pm 5\ldots 10\%$, для КМДП — стандартный ряд: 5, 3.3, 2.5, 1.8, 1.5, 1.2, 0.8 В, в зависимости от серии/подсерии допускается работа в широком диапазоне (например 2...6 В, 1.2...3.6 В), имеются и высоковольтные устройства – до 18 В.

Семейства логических микросхем, производимых фирмой Texas Instruments:

0.8-V Logic AUC, AUP	1.2-V Logic AUC, AUP, AVC	1.5-V Logic AUC, AUP, AVC
1.8-V Logic ALVC, AUC, AUP, AVC, LVC, LV1T	2.5-V Logic ALVC, ALVT, AUC, AUP, AVC, LV, LV1T, LV-A, LVC	3.3-V Logic AC, AHC, ALB, ALVC, ALVT, AUP, AVC, LV, LV-A, LVC, LVT, LV1T, AUP1T
5-V Logic ABT, AC/ACT, AHC, AHCT, ALS, AS, BCT, F, LV, LV1T, LV-A, LS, S, TTL, CD4000, FCT2	5-V+ Logic CD4000	

- Предельно допустимый диапазон питающих, входных и выходных напряжений, которые могут быть приложены к выводам без повреждения элемента. Например, для микросхем с номинальным напряжением питания 3.3 В типичным является диапазон -0.5...5 В.

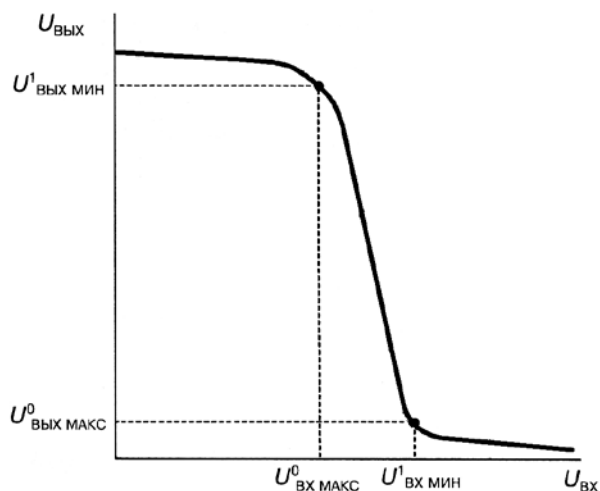
- Предельно допустимые выходные токи — $I_{\text{вых пред}}^0$, $I_{\text{вых пред}}^1$. Для большинства микросхем токи имеют порядок 5...20 мА, для некоторых модификаций — до 70 мА, в специализированных драйверах, работающих на линию передачи, этот ток может быть еще больше.

- Потребляемые токи или мощности в различных режимах.
- Рассеиваемая мощность. Зависит от типа корпуса.

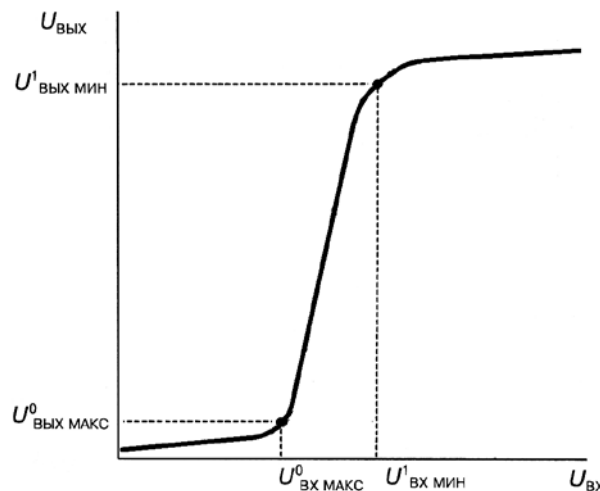
Статические параметры

Передаточная характеристика

Наиболее важная характеристика — передаточная $U_{\text{вых}} = f(U_{\text{вх}})$. Ниже показаны характеристики инвертора и повторителя.



Передаточная характеристика инвертора



Передаточная характеристика повторителя

Логические уровни

По передаточной характеристике определяются:

Выходные уровни при номинальной нагрузке:

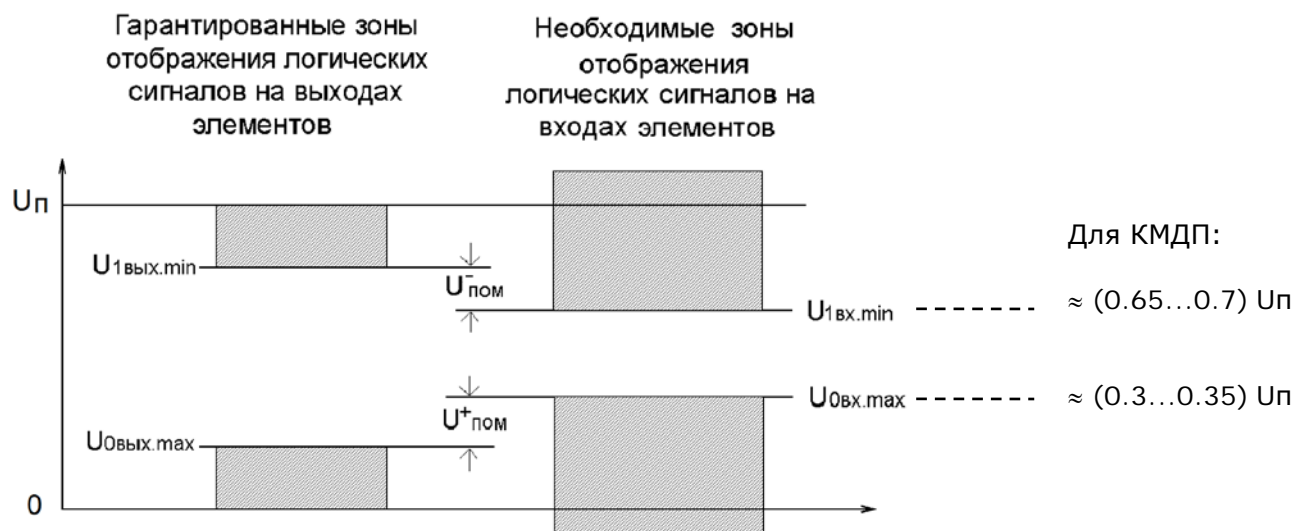
- $U^1_{\text{вых мин}}$ — минимальный выходной уровень напряжения лог. 1;
- $U^0_{\text{вых макс}}$ — максимальный выходной уровень напряжения лог. 0.

Входные уровни, при которых гарантируется заданное состояние элемента:

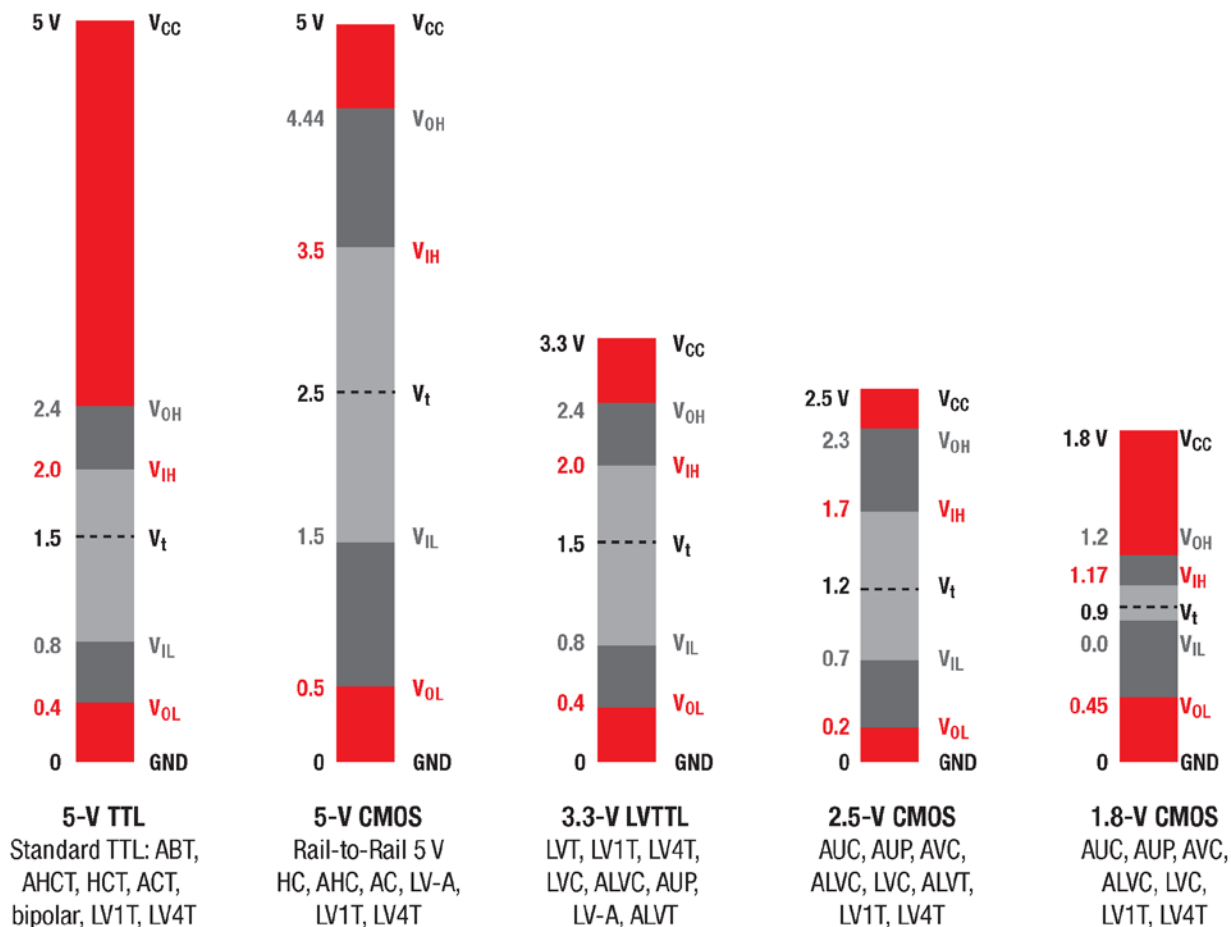
- $U^1_{\text{вх мин}}$ — минимальный входной уровень напряжения лог. 1;
- $U^0_{\text{вх макс}}$ — максимальный входной уровень напряжения лог. 0.

Примечание. Вместо индексов "мин", "макс" часто используют "пор" (пороговое).

Выходные уровни, а точнее, как они близко отстоят от потенциалов земли или питания, зависят от напряжения насыщения выходных транзисторов и дополнительных элементов, включенных последовательно с транзисторами.

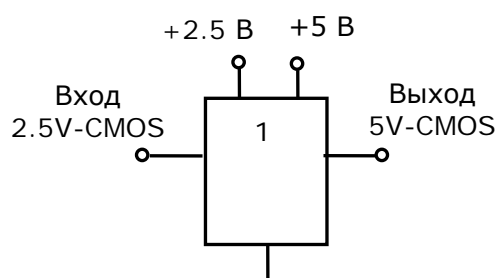
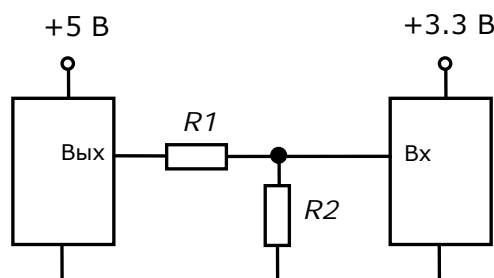


Типичные логические уровни различных семейств (из материалов фирмы Texas Instruments)



$V_{OH} — U^1_{\text{ВЫХ МИН}}$
 $V_{IH} — U^1_{\text{ВХ МИН}}$
 $V_{IL} — U^0_{\text{ВХ МАКС}}$
 $V_{OL} — U^0_{\text{ВЫХ МАКС}}$

В одном цифровом устройстве могут использоваться компоненты с различной технологией и различным напряжением питания. Например, без дополнительных согласований к выходу 5V-CMOS можно подключить 5V-TTL, а 3.3V-LVTTL и 2.5V-CMOS практически полностью совместимы по входам и выходам. В общем же случае необходимо использовать сдвиг и ограничение уровней, для этой цели применяют как простейшие резистивно-диодные схемы, так и специализированные логические элементы:



Помехозащищенность

Выходные уровни всегда «лучше» входных, так как с выхода сигнал подается на вход следующего, при этом возможны добавки в виде помех, при которых тем не менее должно происходить надежное переключение логического элемента.

Для уровня лог. 1 опасна отрицательная помеха, ее допустимый уровень:

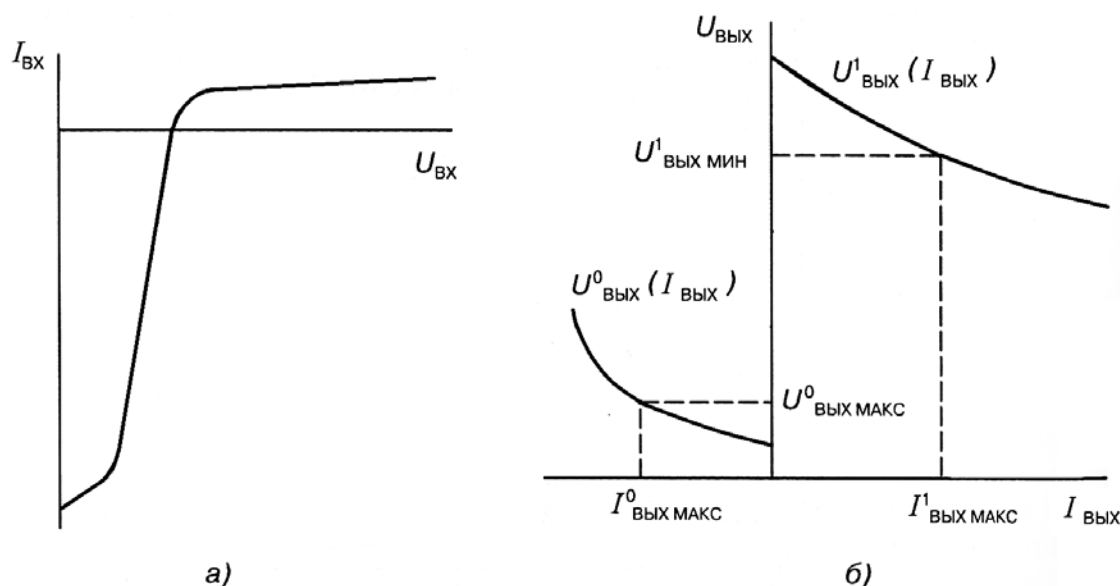
$$U_{ПОМ}^{-} = U_{ВЫХ\ МИН}^1 - U_{ВХ\ МИН}^1$$

Для уровня лог. 0 опасна положительная помеха, которая не должна превышать:

$$U_{ПОМ}^{+} = U_{ВХ\ МАКС}^0 - U_{ВЫХ\ МАКС}^0$$

В КМДП логике часто оба входных пороговых уровня практически совпадают и равны половине напряжения питания, передаточная характеристика — ступенчатая. Последствия такого решения — см. далее раздел «Триггер Шмитта».

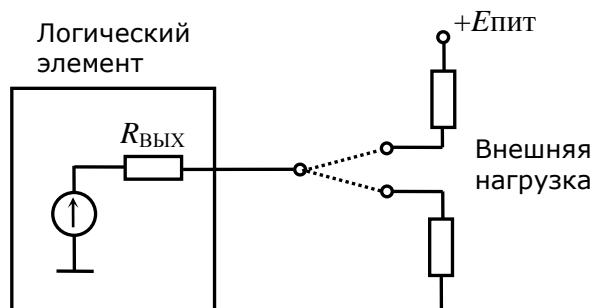
Входные и выходные характеристики



Входная (а) и выходные (б) характеристики логического элемента

Входная характеристика приведена для ТТЛ логики. В МДП транзисторах входной ток практически равен 0.

По выходным характеристикам можно оценить максимальные выходные токи, при которых логические уровни не снижаются (не повышаются) сверх заданных пределов. В ТТЛ логике максимальный ток лог. 0 обычно значительно превышает максимальный ток лог. 1, в КМДП логике токи симметричны. Выходные характеристики важны, когда к логическому элементу подключают какую-либо внешнюю нагрузку, в том числе входы других элементов. Изменение выходного напряжения от тока нагрузки удобно моделировать введением выходного сопротивления $R_{ВЫХ}$.

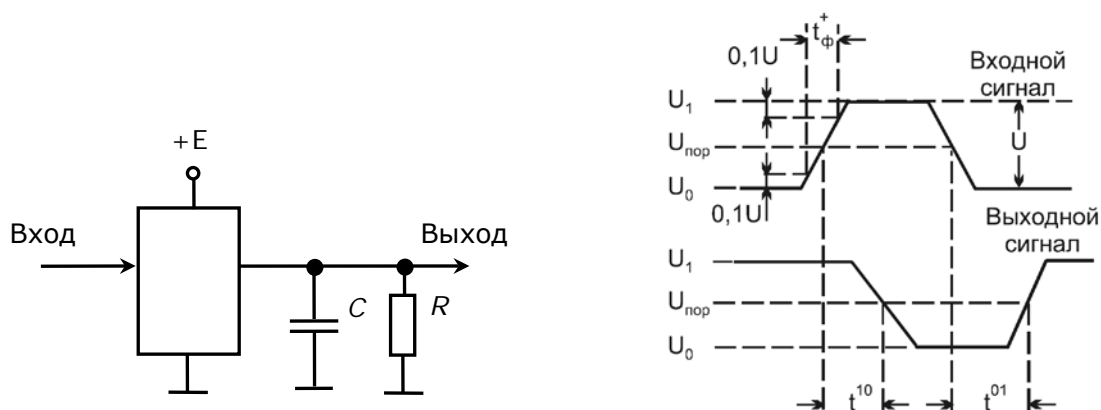


Задание на **самостоятельную** работу. Изобразить на общих осях входные и выходные характеристики для ТТЛ и КМДП (для возможности их сравнения).

Нагрузочная способность

Выходную характеристику также называют нагрузочной. Нагрузочная способность микросхемы определяется максимальным выходным током при нахождении выходных уровней в заданных пределах. Нагрузочную способность также определяют по наибольшему числу входов микросхем того же типа, которые можно подключить к выходу при сохранении правильного функционирования (так называемый коэффициент разветвления $K_{\text{разв}}$). Для ТТЛ типичный $K_{\text{разв}}$ около 10, для КМДП — более 100.

Динамические параметры (быстродействие)



Временные диаграммы процессов переключения инвертирующего логического элемента

- Временные задержки переключения t^{10} , t^{01} . Отсчитывается от среднего (между 1 и 0) уровня. Среднее время задержки распространения

$$t_{\text{ср}} = (t^{10} + t^{01}) / 2$$

Величина задержки различается на холостом ходу и при наличии внешней нагрузочной емкости, величина которой также указывается в технических характеристиках.

- Максимальная длительность фронта сигнала $t_{\text{ф}}$ в нс или скорость нарастания фронта в нс/В. Часто указывается отдельно для положительного и отрицательного фронта и для различных емкостей нагрузки. В некоторых семействах задается максимальная длительность фронта для входного сигнала.

- Максимальная частота переключения (МГц).
- Потребляемая мощность при переключении — может задаваться как для единичного переключения (так называемая энергия переключения), так и числом с размерностью мВт/МГц.

Примеры осциллограмм реальных логических сигналов

