

По формуле (8.16) находим

$$t_{\text{вкл}} = 1,5 \frac{2E_c C_{\text{вых}}}{b(E_{\text{з.вкл}} - U_0)^2},$$

где $C_{\text{вых}} = C_{\text{сп}} + C_{\text{зк}} + C_{\text{зи}} + C_{\text{зс}} K_U$.

Коэффициент усиления K_U определяем по формуле $K_U = SR_c$, где $S = b(E_{\text{з.вкл}} - U_0) = 0,5(15 - 3) = 6$ мА/В.

Подставив значение $K_U = 6$ в формулу для $C_{\text{вых}}$, получим $C_{\text{вых}} = 18$ пФ. Подставив значения $C_{\text{вых}} = 18$ пФ, $E_c = 15$ В, $b = 0,5$ мА/В², $E_{\text{з.вкл}} = 15$ В, $U_0 = 3$ В в формулу для $t_{\text{вкл}}$, находим, что $t_{\text{вкл}} = 11,5$ нс.

Длительность выключения определяем по формуле (8.17):

$$t_{\text{выкл}} = 2,2R_c C_{\text{вых}} = 2,2 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-12} = 40 \text{ нс.}$$

Вычисляем отношение длительностей выключения и включения:

$$t_{\text{выкл}}/t_{\text{вкл}} = 40/11,5 \approx 4.$$

8.19. Определить крутизну МДП-транзистора в схеме ключа с резистивной нагрузкой, необходимую для получения времени включения $t_{\text{вкл}} \leq 1$ мкс, если $E_c = 9$ В, $E_{\text{з.вкл}} = 9$ В, $U_0 = 3$ В, $C_{\text{вых}} = 200$ пФ.

Ответ: 0,76 мА/В.

8.20. Для схемы, приведенной на рис. 8.6, определить величину сопротивления R_c , при которой длительность переключения $t_{\text{пер}} \leq 600$ нс. Выходную емкость ключа принять равной 40 пФ, крутизна МДП-транзистора $S = 5$ мА/В.

Ответ: 7 кОм.

8.21. Рассчитать геометрические размеры канала МДП-транзистора (отношение w/L) в схеме ключа, приведенной на рис. 8.6, при которых время включения $t_{\text{вкл}} = 100$ нс. Принять $E_c = E_{\text{з.вкл}} = 15$ В, $C_{\text{вых}} = 100$ пФ, $U_0 = 3$ В, удельная емкость подзатворного диэлектрика $C_0 = 2 \cdot 10^{-8}$ Ф/см², подвижность носителей в канале $\mu = 500$ см²/(В·с).

Ответ: $w/L = 32$.

ГЛАВА 9

ЛОГИЧЕСКИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ МИКРОСХЕМЫ

§ 9.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В большинстве современных ЭВМ и цифровых устройств различного назначения обработка информации осуществляется с помощью двоичных чисел, операции над которыми выполняют логические элементы. Схемотехническая реализация со-

временных логических элементов осуществляется на основе интегральных микросхем (ИМС).

По способу кодирования информации различают потенциальные и импульсные интегральные логические элементы (ИЛЭ). Информация, обрабатываемая потенциальными логическими элементами, характеризуется отличающимися потенциальными уровнями. Если логической единице соответствует высокий потенциальный уровень, а логическому нулю — низкий, то такую логику называют положительной (позитивной). Наоборот, если логической единице соответствует низкий потенциальный уровень, то говорят об отрицательной (негативной) логике.

В импульсных логических элементах логической единице отвечает наличие импульса, а логическому нулю — его отсутствие.

Параметры логических интегральных микросхем. К параметрам логических ИМС относятся:

1) входное и выходное напряжения логической единицы $U_{\text{ВХ}}^1$ и $U_{\text{ВЫХ}}^1$ — значения высокого уровня напряжения на входе и выходе микросхемы*;

2) входное и выходное напряжения логического нуля $U_{\text{ВХ}}^0$ и $U_{\text{ВЫХ}}^0$ — значения низкого уровня напряжения на входе и выходе микросхемы;

3) входной $I_{\text{ВХ}}^1$ и выходной $I_{\text{ВЫХ}}^1$ токи логической единицы, входной $I_{\text{ВХ}}^0$ и выходной $I_{\text{ВЫХ}}^0$ токи логического нуля;

4) логический перепад сигнала $\Delta U_{\text{лог}} = U_{\text{ВЫХ}}^1 - U_{\text{ВЫХ}}^0$, пороговое напряжение $U_{\text{пор.сх}}$ — напряжение на входе, при котором состояние микросхемы изменяется на противоположное;

5) входное сопротивление логической ИМС — отношение приращения входного напряжения к приращению входного тока (различают $R_{\text{ВХ}}^0$ и $R_{\text{ВХ}}^1$), выходное сопротивление — отношение приращения выходного напряжения к приращению выходного тока (различают $R_{\text{ВЫХ}}^0$ и $R_{\text{ВЫХ}}^1$);

6) статическая помехоустойчивость — максимально допустимое напряжение статической помехи по высокому $U_{\text{пом}}^1$ и низкому $U_{\text{пом}}^0$ уровням входного напряжения, при котором еще не происходит изменения уровней выходного напряжения микросхемы;

7) средняя потребляемая мощность $P_{\text{потр.ср}} = (P_{\text{потр}}^0 + P_{\text{потр}}^1)/2$, где $P_{\text{потр}}^0$, $P_{\text{потр}}^1$ — мощности, потребляемые микросхемой в состоянии соответственно логического нуля и единицы на выходе;

* Логические операции, выполняемые микросхемами, указаны здесь для положительной логики.

8) коэффициент объединения по входу $K_{об}$, показывающий, какое число аналогичных логических ИМС можно подключить к входу данной схемы и определяющий максимальное число входов логической ИМС;

9) коэффициент разветвления по выходу $K_{разв}$, показывающий, какое количество аналогичных нагрузочных микросхем можно подключить к выходу данной ИМС, и характеризующий нагрузочную способность логической ИМС.

Динамические параметры логических ИМС можно проиллюстрировать с помощью временных диаграмм входного и выходного напряжений при переключении микросхемы (рис. 9.1). На временных диаграммах введены следующие обозначения: $t^{0,1}$ — время перехода из состояния логического нуля в состояние логической единицы, измеренное между уровнями 0,1 и 0,9 логического перепада сигнала; $t^{1,0}$ — время перехода из состояния логической единицы в состояние логического нуля, измеренное между уровнями 0,9 и 0,1 логического перепада сигнала; $t_{зд.р}^{1,0}$ — время задержки распространения сигнала при включении микросхемы, измеренное между уровнями 0,5 логического перепада входного и выходного сигналов; $t_{зд.р}^{0,1}$ — время задержки распространения сигнала при выключении микросхемы, измеренное между уровнями 0,5 логического перепада входного и выходного сигналов.

Среднее время задержки распространения сигнала $t_{зд.р.ср} = (t_{зд.р}^{1,0} + t_{зд.р}^{0,1})/2$.

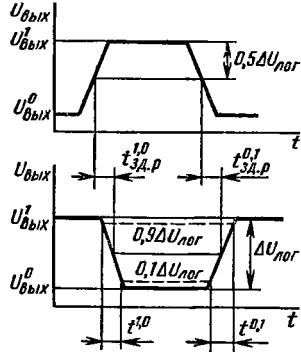


Рис. 9.1

§ 9.2. БАЗОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЛОГИЧЕСКИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

Логические ИМС объединяют в серии. В основе каждой серии лежит базовый элемент, представляющий собой электрическую схему, выполняющую логическую операцию И — НЕ либо ИЛИ — НЕ. От параметров базового элемента в значительной степени зависят свойства и функциональные возможности разрабатываемой серии логических микросхем.