

Быстродействие и аппаратурные затраты ВУ

1 Расчет быстродействия.

1.1 Время выполнения операций и номинальное быстродействие.

1.2 Время выполнения микрокоманды и тактовая частота.

1.3 Время выполнения микрооперации и задержка сигнала на логическом элементе.

2 Оценка аппаратурных затрат.

- **Знать:** методы расчета быстродействия и оценки аппаратурных затрат ВУ.
- **Уметь:** рассчитать номинальное быстродействие ВУ; максимальное, минимальное и средневзвешенное время выполнения микропрограмм; время выполнения микрокоманды и микрооперации, время задержки сигнала в заданной схеме, тактовую частоту работы ВУ. Сравнить два варианта ВУ по аппаратурным затратам.
- **Помнить:** о влиянии на результат оценки аппаратурных затрат выбранного критерия оценки.
- **Литература:** [1,14].

1 Расчет быстродействия

1.1 Время выполнения операций и номинальное быстродействие

- Время выполнения операций зависит от типа операции (короткая – типа суммирования или длинная – типа умножения); от формата данных (с фиксированной или плавающей запятой).
- Средневзвешенное время (T_C) и номинальное быстродействие (V_H) зависят от вероятностей появления различных операций и определяются следующим образом:

$$T_C = \sum_{i=1}^I T_i \times P_i, \quad V_H = \frac{1}{T_C},$$

где T_C – время, а P_i – вероятность выполнения операции i -го типа; I – число типов операций.

Зависимость номинального быстродействия от класса решаемых задач

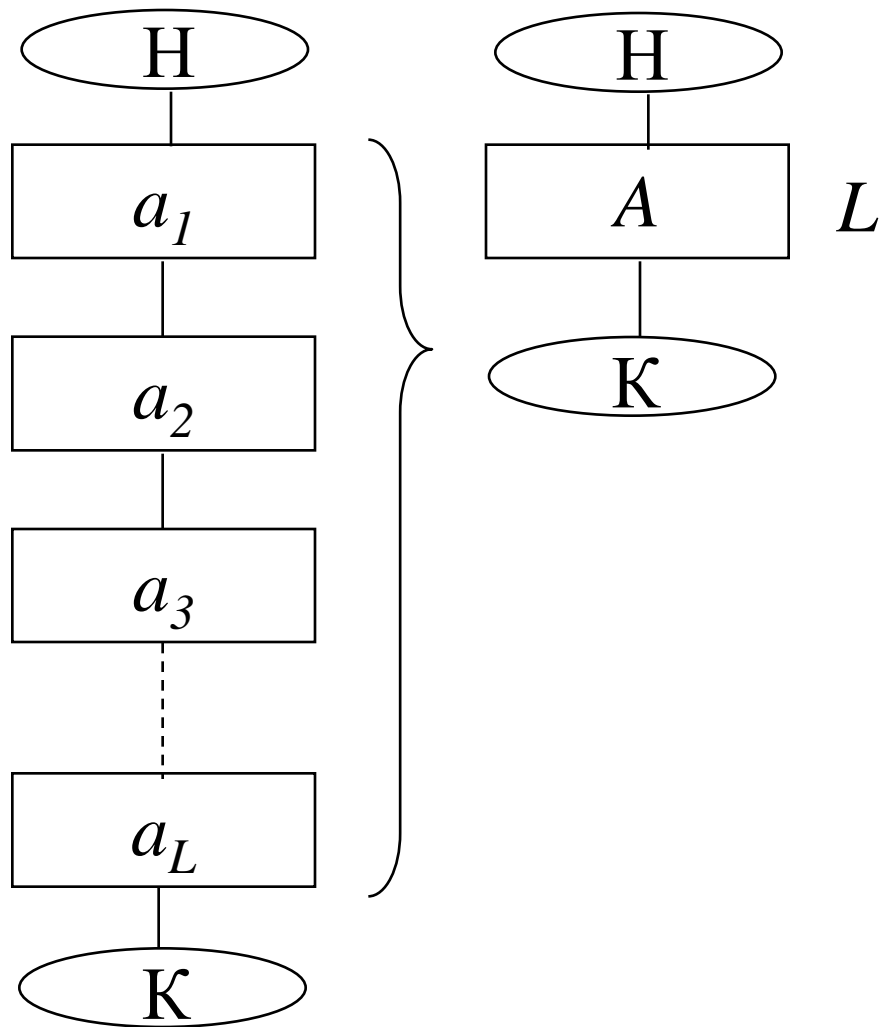
Операция	Время выполнения	Вероятность появления	
		Задача 1	Задача 2
О1 (к)	$1 * 10^{-6}$	0,1	0,9
О2 (д)	$10 * 10^{-6}$	0,9	0,1
Время (T_C) , мкс		9,1	1,9
Быстродействие (V_H)		$110 * 10^3$	$526 * 10^3$

- Возможно ли построение ВУ, номинальное быстродействие которого не зависело бы от класса решаемых задач?

Расчет времени выполнения операций по граф-схемам микропрограмм

- Время выполнения операции можно определить по формуле: $T = M \times t$,
где M – число выполняемых микрокоманд, а t – время выполнения одной микрокоманды.
- В общем случае говорят о минимальном, максимальном и среднем времени выполнения операции.
- Среднее число выполняемых микрокоманд определяется с учётом вероятностей ветвлений в микропрограмме.
- При расчёте среднего числа выполняемых микрокоманд в микропрограмме могут встретиться линейные, разветвлённые и циклические участки.

Линейный участок микропрограммы



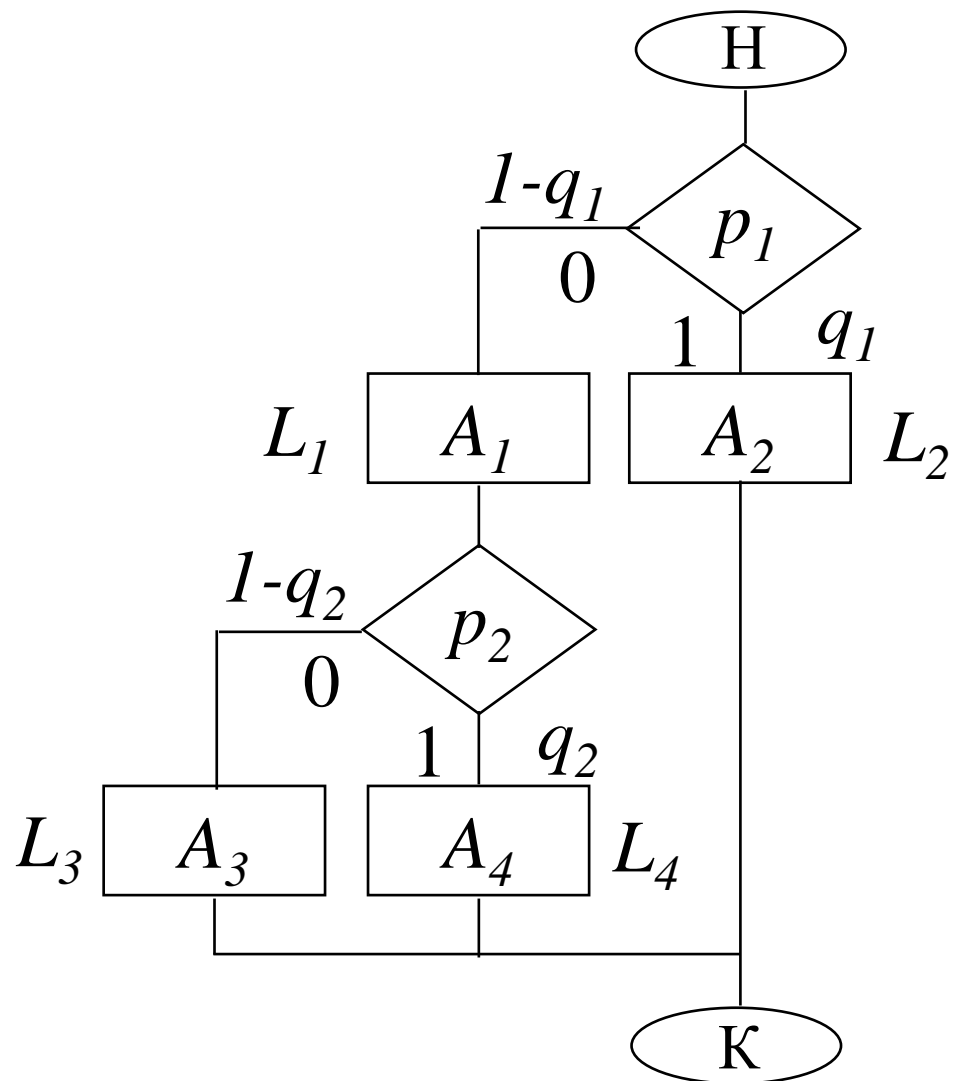
Для линейного участка микропрограммы среднее число выполняемых микрокоманд m_1 определяется простым подсчётом микрокоманд: $m_1 = L$.

Разветвлённый участок микропрограммы

В общем случае

$$m_2 = \sum_{k=1}^K L_k \cdot Q_k,$$

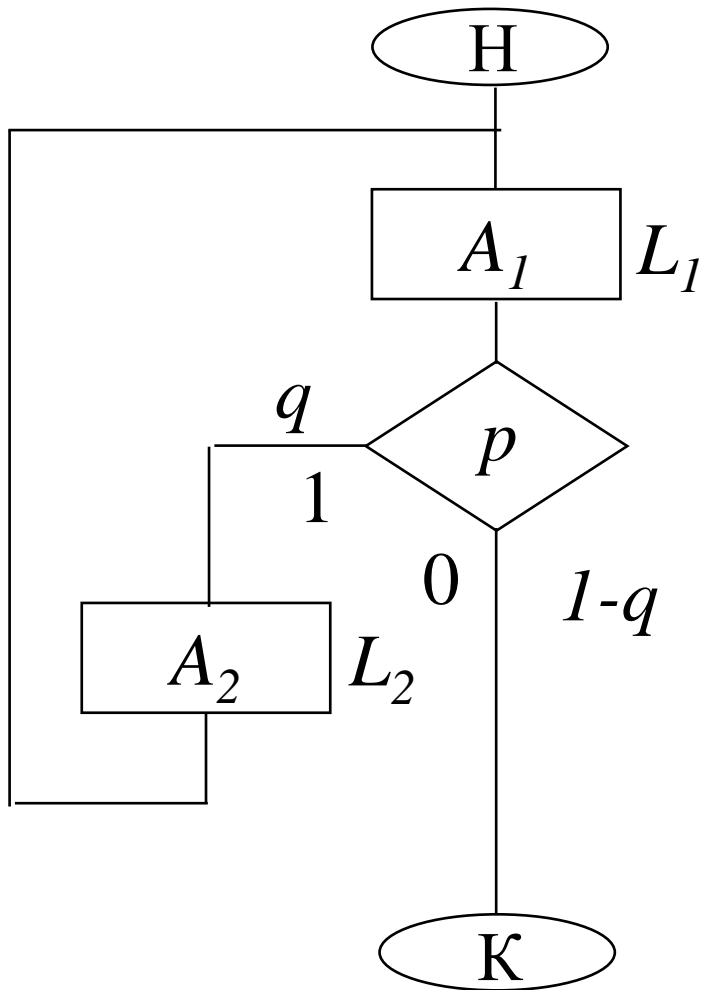
где K – число выделенных участков A_k ;
 L_k – среднее число выполняемых микрокоманд, характеризующих участок A_k ;
 Q_k – вероятность выполнения участка.



$$m_2 = q_1 \cdot L_2 + (1 - q_1) \cdot (L_1 + q_2 \cdot L_4 + (1 - q_2) \cdot L_3),$$

$$m_2 = L_1 \cdot (1 - q_1) + L_2 \cdot q_1 + L_3 \cdot (1 - q_1) \cdot (1 - q_2) + L_4 \cdot (1 - q_1) \cdot q_2.$$

Циклический участок микропрограммы



Для циклического участка микропрограммы среднее число выполняемых микрокоманд вычисляется следующим образом:

$$m_3 = \frac{L_1 + L_2 \cdot q}{1 - q},$$

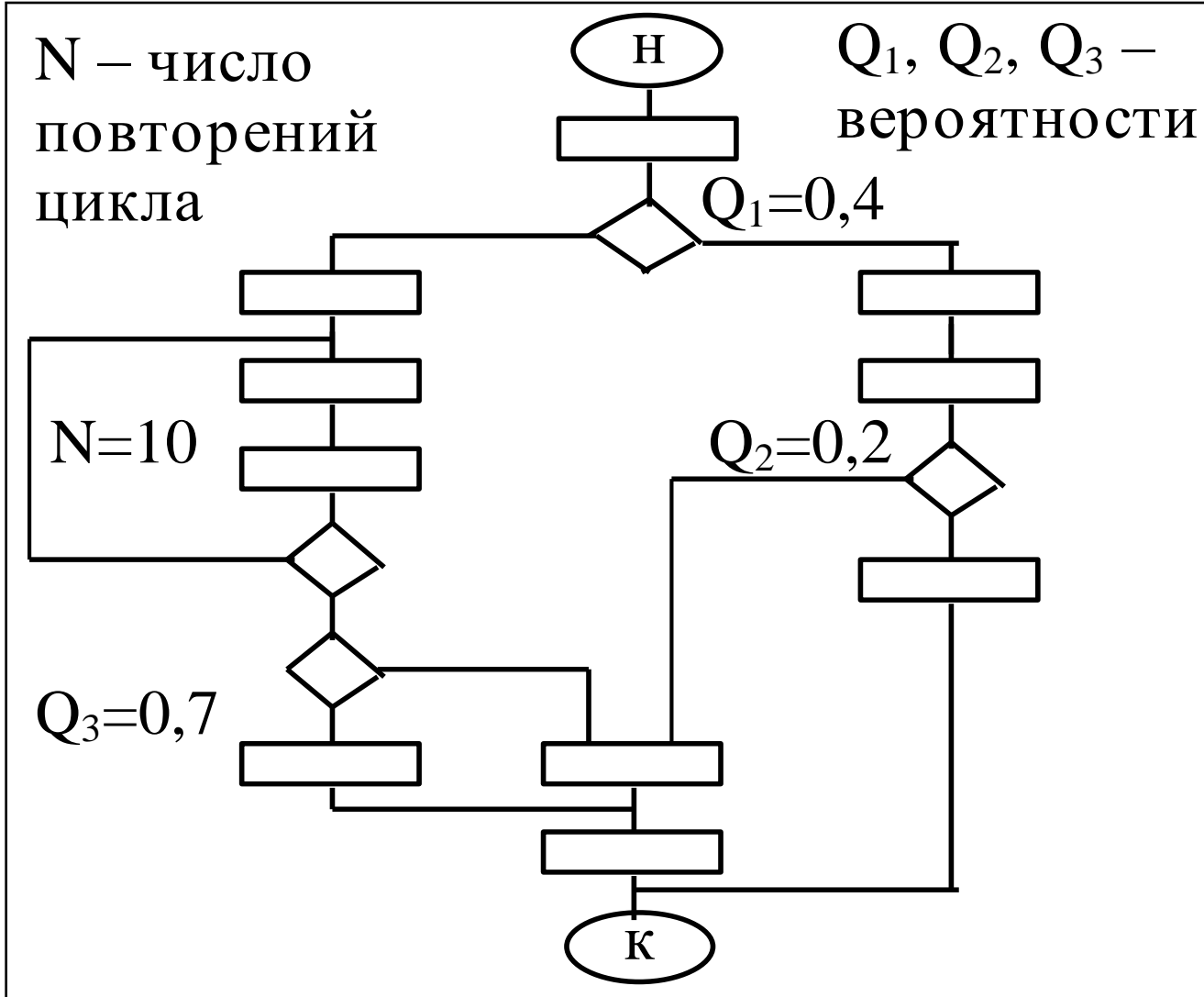
где q – вероятность повторения цикла.

Если рассматривается цикл с известным числом R выполнения основной части, то

$$m_3 = R \cdot L_1 + (R - 1) \cdot L_2.$$

Пример расчета времени выполнения операции

Рассчитать минимальное, максимальное и средневзвешенное время выполнения микропрограммы.



Время
выполнения
микрокоманды
 $t=0,1$ мкс.

$$T_{min}=0,4 \text{ МКС},$$

$$T_{max}=2,4 \text{ МКС},$$

$$T=t^*(1+0,6*(1+2*10+0,7*1+0,3*1)+0,4*(2+0,2*2+0,8*1))=1,5 \text{ МКС}.$$

1.2 Время выполнения микрокоманды и тактовая частота

- Как правило, время выполнения всех микрокоманд одинаково и занимает один тактовый период работы ВУ.
- Длительность тактового периода t складывается из времени задержки сигналов в ОУ – t_{OU} и времени задержки сигналов в УУ – t_{UU} : $t = t_{OU} + t_{UU}$.
- Тактовая частота работы ВУ: $F = 1/t$.
- Время задержки сигнала в ОУ можно представить следующим образом: $t_{OU} = \max\{t_1, t_2, \dots, t_s, \dots, t_S\}$, где t_s – время выполнения s -й микрооперации (МО), S – число МО. Время задержки сигнала в УУ определяется аналогично.

1.3 Время выполнения микрооперации и задержка сигнала на логическом элементе

Если время задержки сигнала на всех логических элементах устройства одинаково, то время выполнения МО можно оценить по формуле:

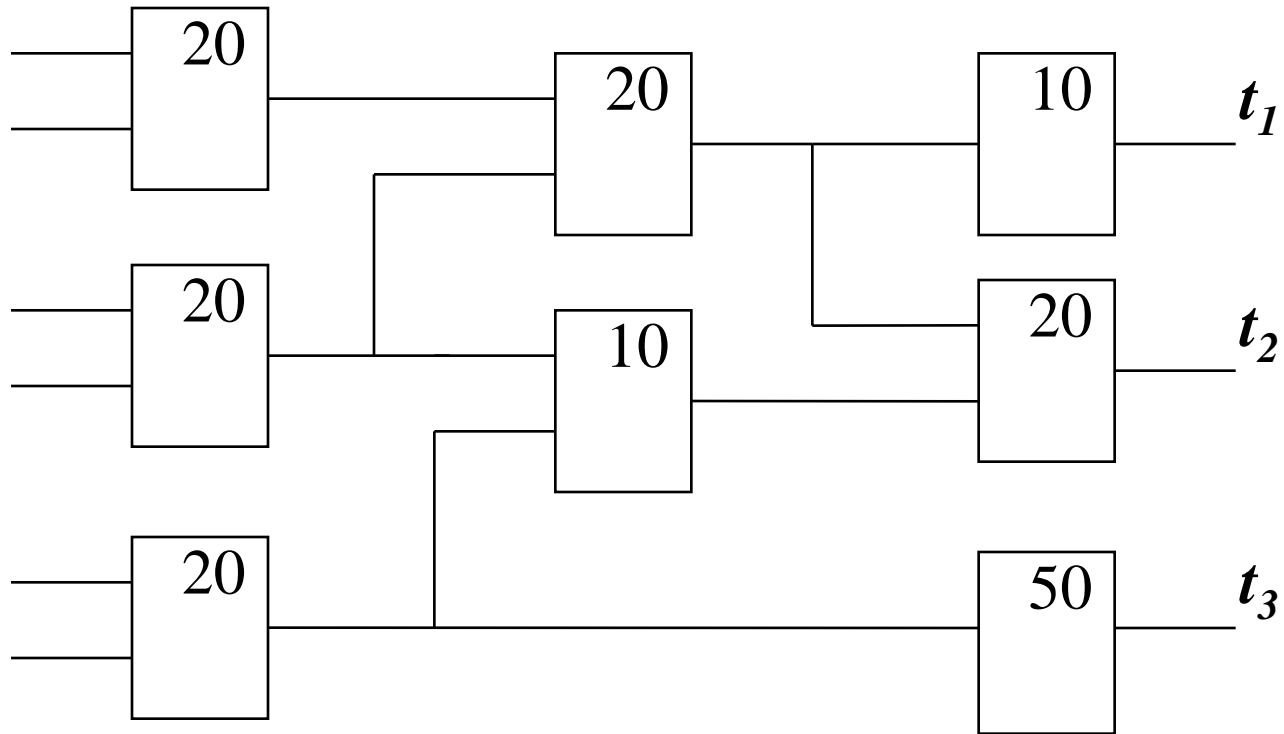
$$t_{MO} = \tau * (l_{KC} + l_T),$$

где τ — время задержки сигнала на логическом элементе;

l_{KC} — число логических элементов, через которые проходит сигнал в комбинационной части устройства при выполнении микрооперации;

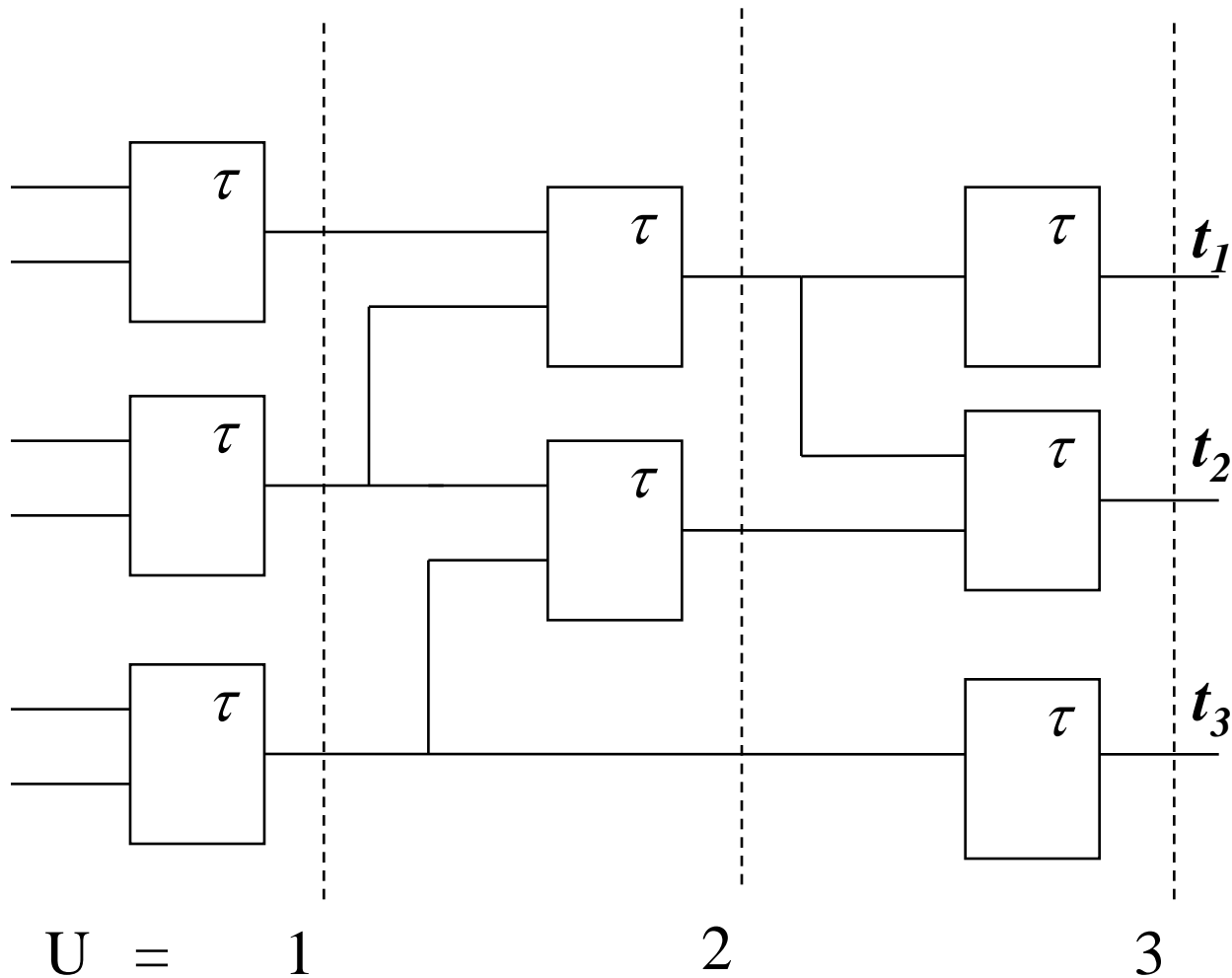
l_T — число логических элементов, через которые проходит сигнал при фиксации результата выполнения микрооперации в триггерах (обычно $l_T = 2, \dots, 4$).

Определение задержки сигнала в комбинационной схеме



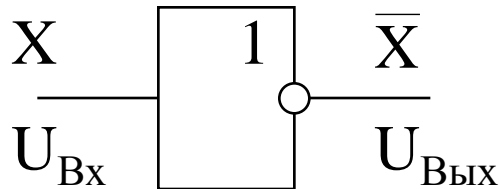
$$t = \max\{t_1, t_2, t_3\}$$

Определение задержки сигнала в комбинационной схеме (логические уровни)

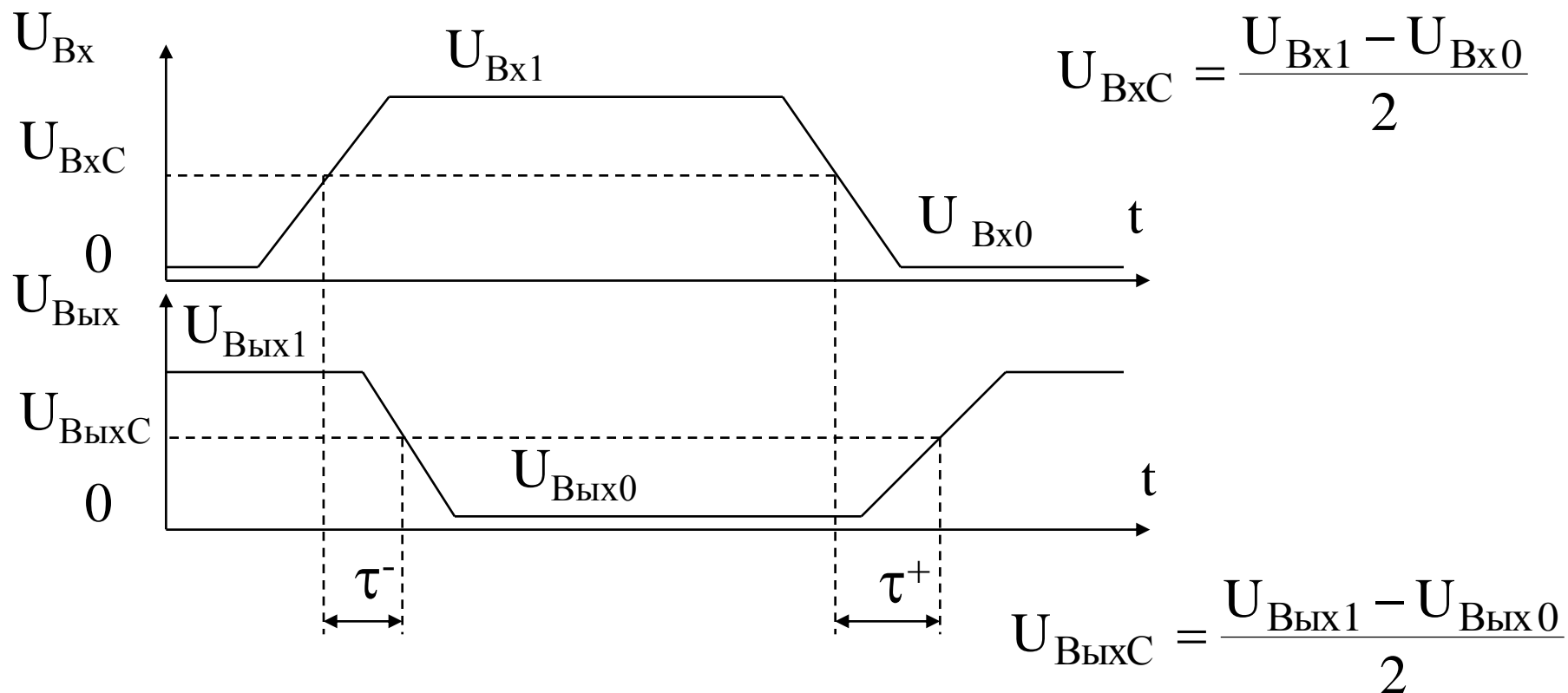


$$t = l_{\text{KC}} \tau, \quad l_{\text{KC}} = 3, \quad t = 3\tau$$

Определение задержки сигнала на логическом элементе



$$\tau = \frac{\tau^- + \tau^+}{2}$$



2 Оценка аппаратных затрат

На различных этапах проектирования используют разные критерии для оценки аппаратных затрат.

1) Структурный этап проектирования.

Разрядность и число регистров.

Длина микропрограммы.

Объем памяти микропрограмм.

2) Логических этап.

Число состояний автомата.

Число логических элементов в схеме.

Суммарное число входов у логических элементов в схеме.

Число символов в логической формуле, описывающей работу схемы.

Иногда на *логическом этапе* проектирования применяется метод единичного элемента.

В этом методе аппаратные затраты простейшего элемента (инвертора) принимаются за единицу, а затраты на остальные элементы выражаются через затраты на единичный элемент.

3) *Технический и конструкторско-технологический этапы*

Площадь кристалла.

Число интегральных микросхем.

Число посадочных мест на печатной плате и др.