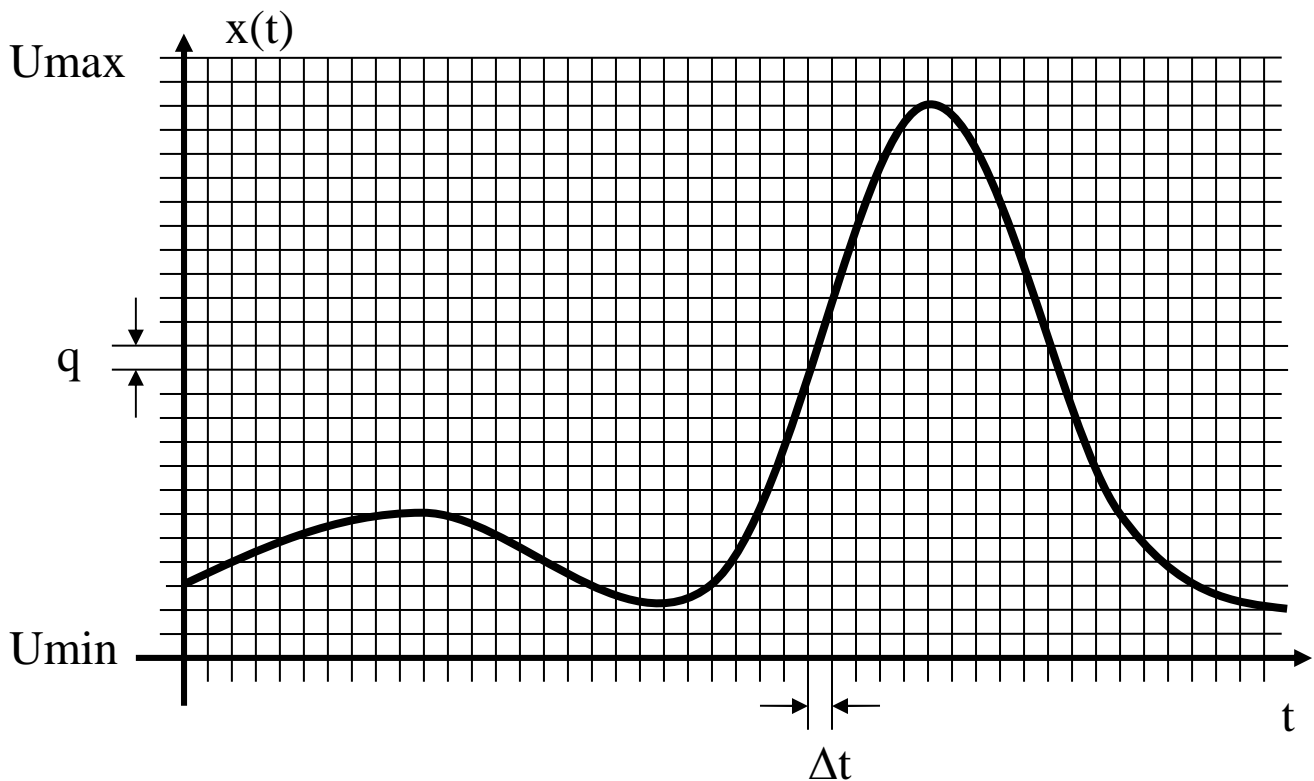


ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ

Александриди Т.М., Матюхина Е.С.

При построении АСОИУ очень часто возникает необходимость преобразования информации из аналоговой формы представления в дискретную и обратно.



$$q = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{2^n}$$

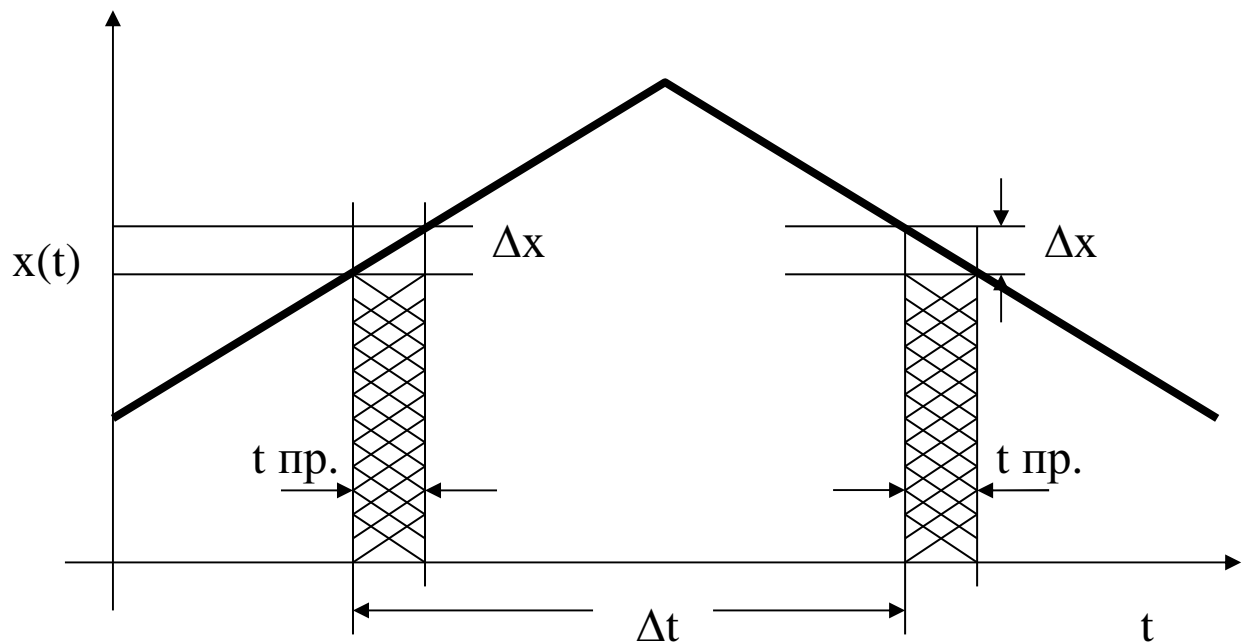
n – Количество двоичных разрядов в цифровом коде
 q – Шаг квантования или разрешающая способность
 Δt – Шаг квантования по времени

$$f_{\text{КВ}} = \frac{1}{\Delta t} \text{ – частота квантования (частота преобразования)}$$

Характеристики АЦП:

1) Разрешающая способность

2) Быстродействие — определяется временем преобразования - $t_{\text{пр}}$.



$t_{\text{пр}}$ — Время преобразования, от начала измерения аналоговой величины до получения цифрового кода

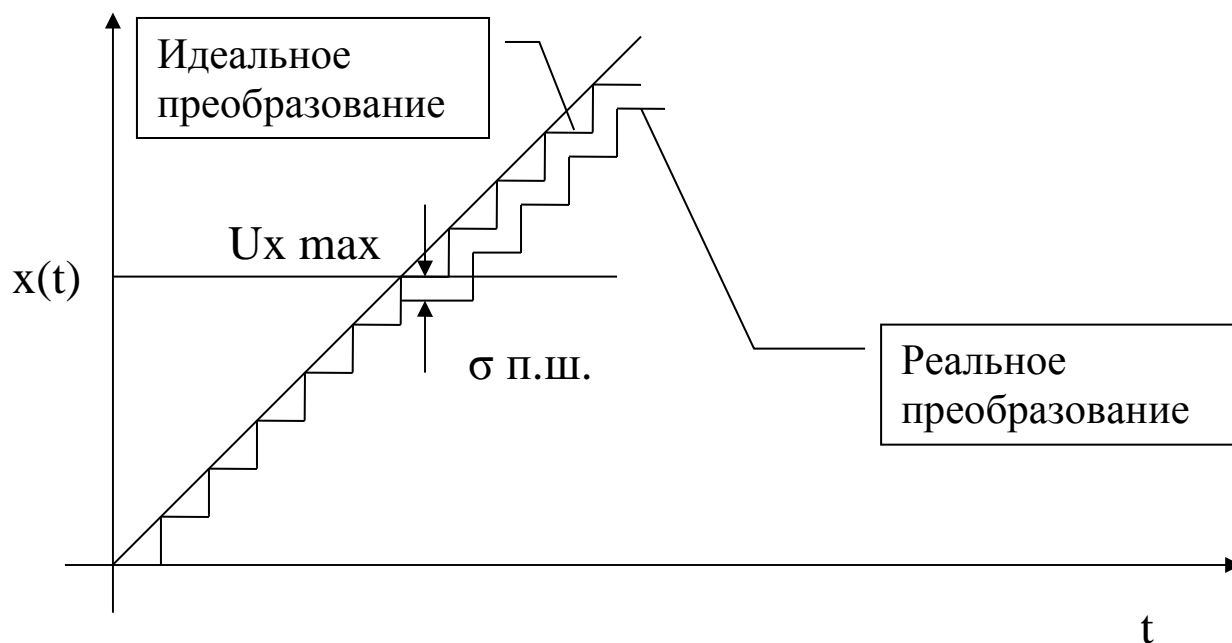
Δx — Изменение аналоговой величины за время измерения

$$\Delta x \leq q/2$$

Частота преобразования:

$$f_{\text{пр}} = \frac{1}{t_{\text{пр}}}$$

3) Точность преобразования



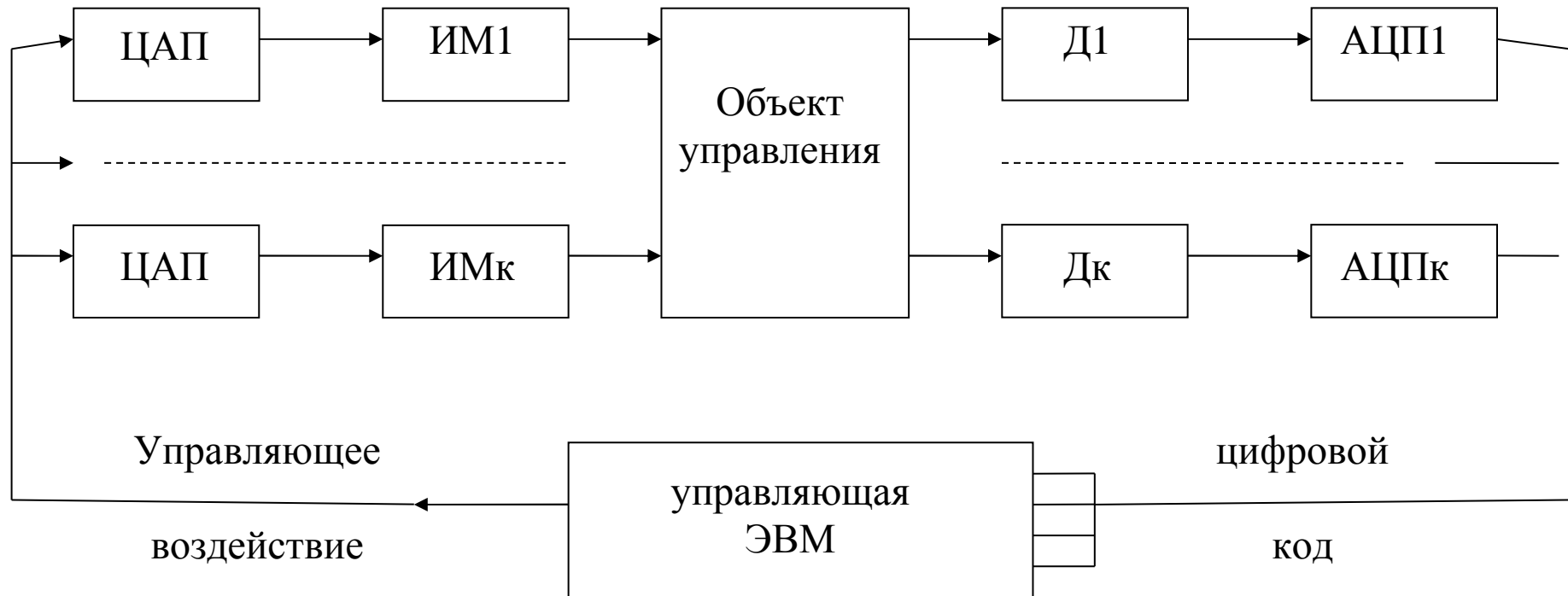
$U_x \text{ max}$ – Максимальное значение
измеряемой величины

$\sigma \text{ п.ш.}$ – Погрешность полной
шкалы

$$\Delta \sigma \leq q/2$$

Характеристика реального преобразования нелинейна.

Обобщенная схема АСОИУ реального объекта



АЦП – аналого-цифровой преобразователь

Д – датчик

ЦАП – цифроаналоговый преобразователь

ИМ – исполнительные механизмы

Классификация АЦП

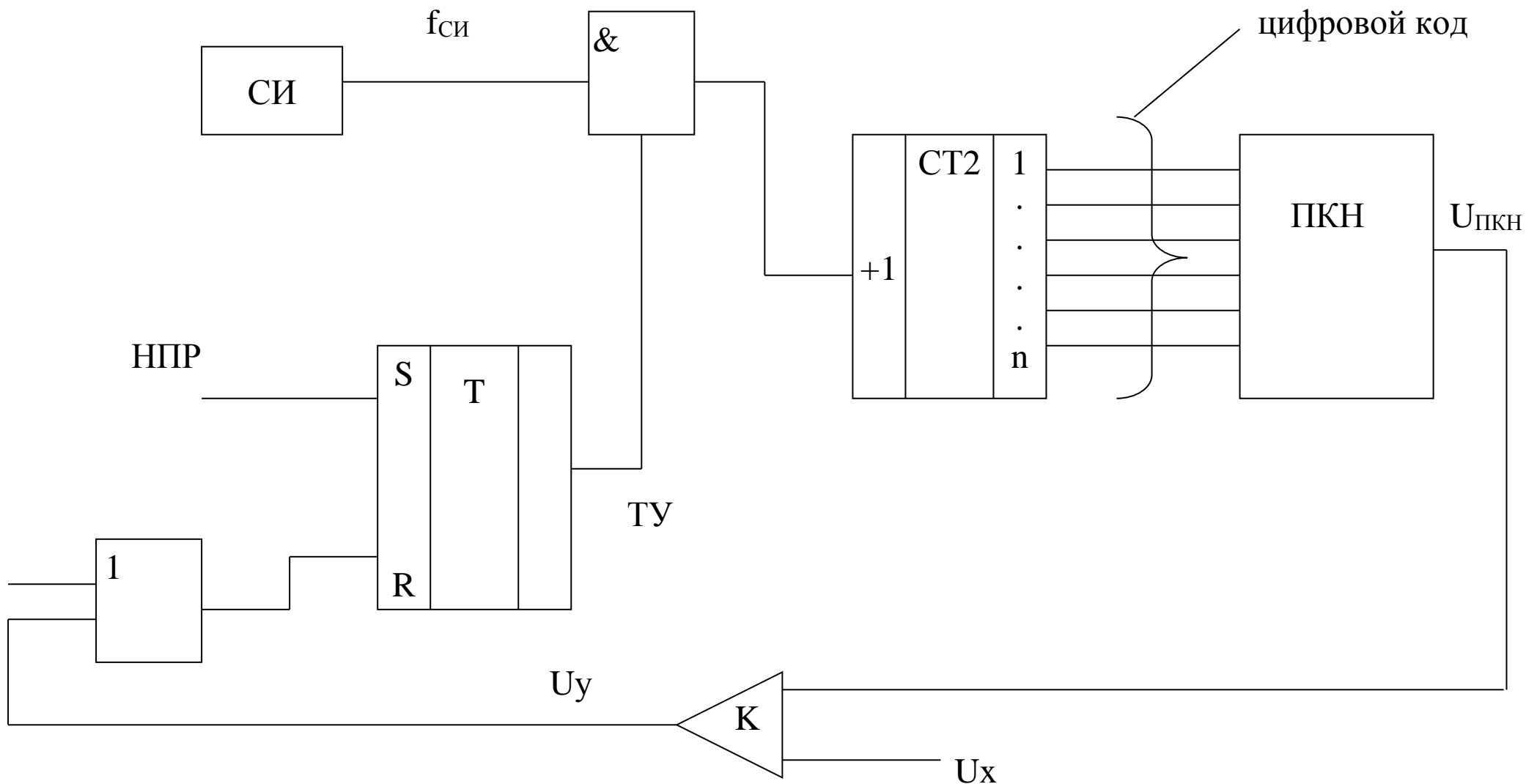
- 1) По виду аналоговой величины (физической природе)
 - преобразование напряжения в код (ПНК) или преобразование кода в напряжение (ПКН)
 - преобразование перемещения в двоичный код
 - преобразование угла поворота вала в код
 - преобразование частоты в код
и т.п.
- 2) По методу измерения различают
 - АЦП последовательного счета
 - АЦП поразрядного кодирования (взвешивания)
АЦП считывания

ПНК последовательного счета

Отличительная особенность метода последовательного счета – наличие одного эталона для измерения.

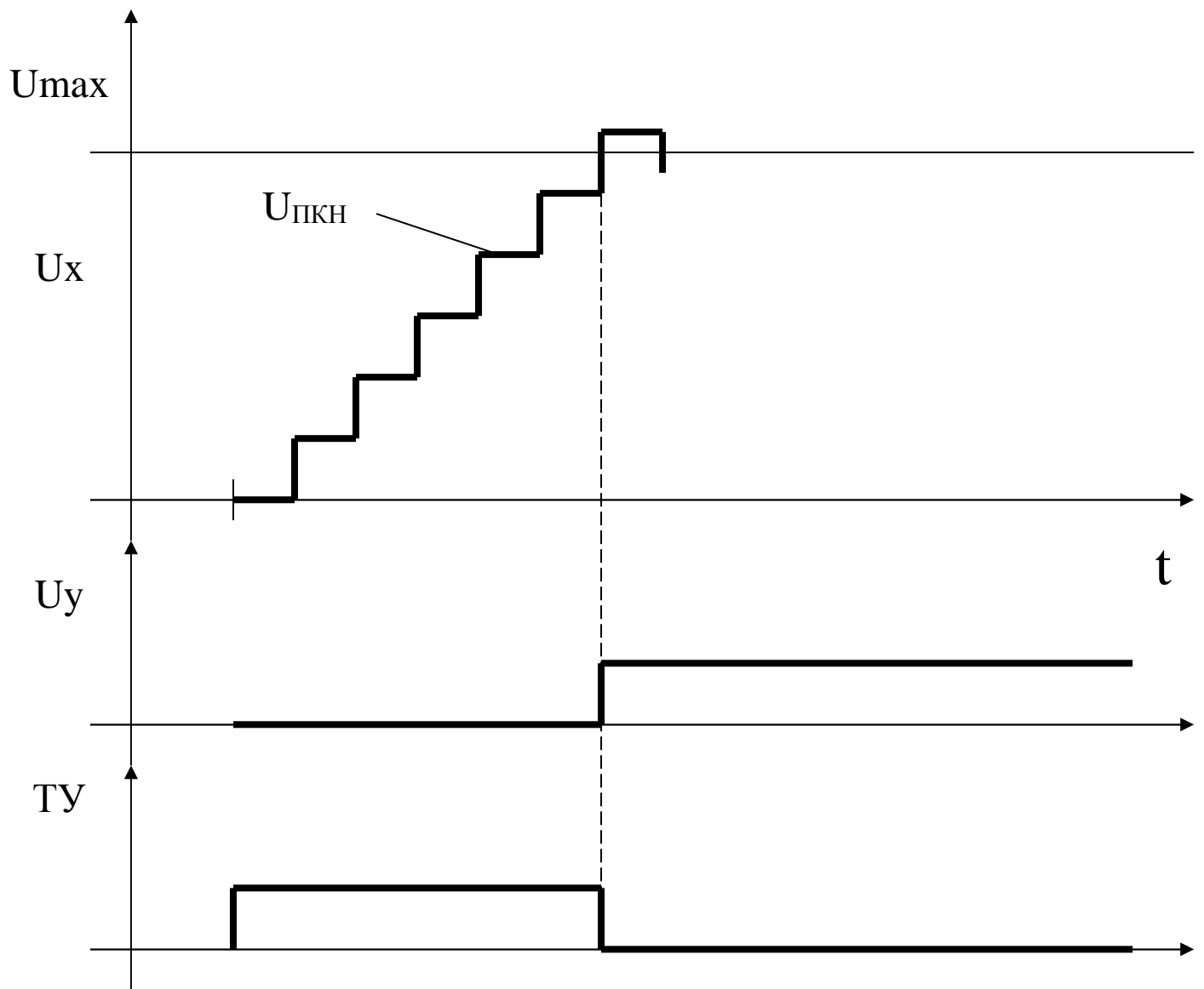
$$U_{\text{э}} = q = \frac{U_{\text{макс}} - U_{\text{мин}}}{2^n}$$

Упрощенная функциональная схема



ТУ – триггер управления

К – компаратор (для сравнения аналоговых величин)



ЕСЛИ $U_x < U_{пнк}$ 'ТО' $U_y = 0$
 ЕСЛИ $U_x \geq U_{пнк}$ 'ТО' $U_y = 1$

Достоинство:

➤ простота

Недостаток:

➤ медленный

$$\tau = \frac{1}{f_{СИ}}$$

$$t_{пр. \max} = r \times 2^n$$

ПНК по методу поразрядного кодирования (взвешивания)

Отличается тем, что для измерения используется n-малое эталонов.

$$\mathcal{E}_1 = \frac{U_{\max}}{2}$$

$$\mathcal{E}_2 = \frac{U_{\max}}{2^2}$$

$$\mathcal{E}_i = \frac{U_{\max}}{2^i}$$

$$\mathcal{E}_n = \frac{U_{\max}}{2^n}$$

Процесс измерения аналогичен процессу взвешивания на весах, но гирь больше.

1 шаг измерения $U_{\text{ПНК1}} = \mathcal{E}_1$

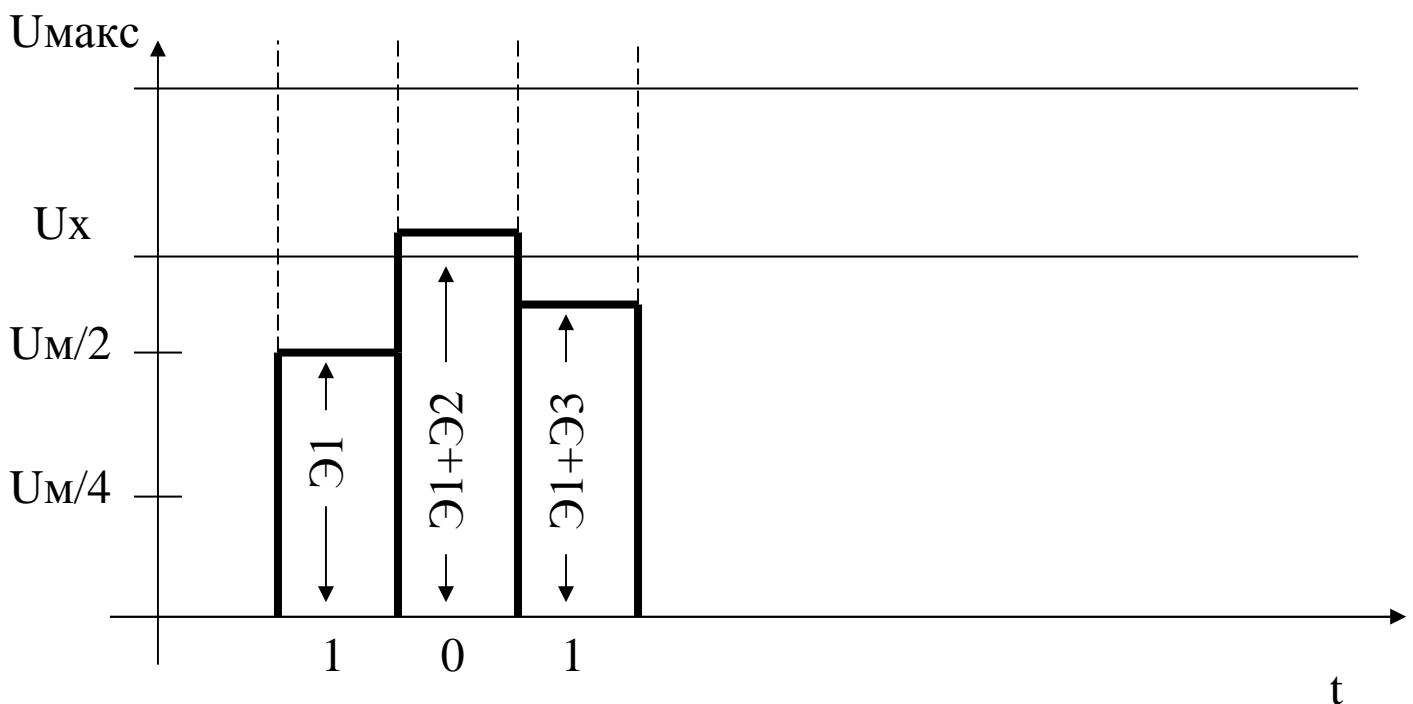
ЕСЛИ $U_x > U_{\text{ПНК1}}$ 'ТО' $U_{\text{ПНК2}} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2$; $Q_1:=1$

ЕСЛИ $U_x < U_{\text{ПНК1}}$ 'ТО' $U_{\text{ПНК2}} = \mathcal{E}_2$; $Q_1:=0$

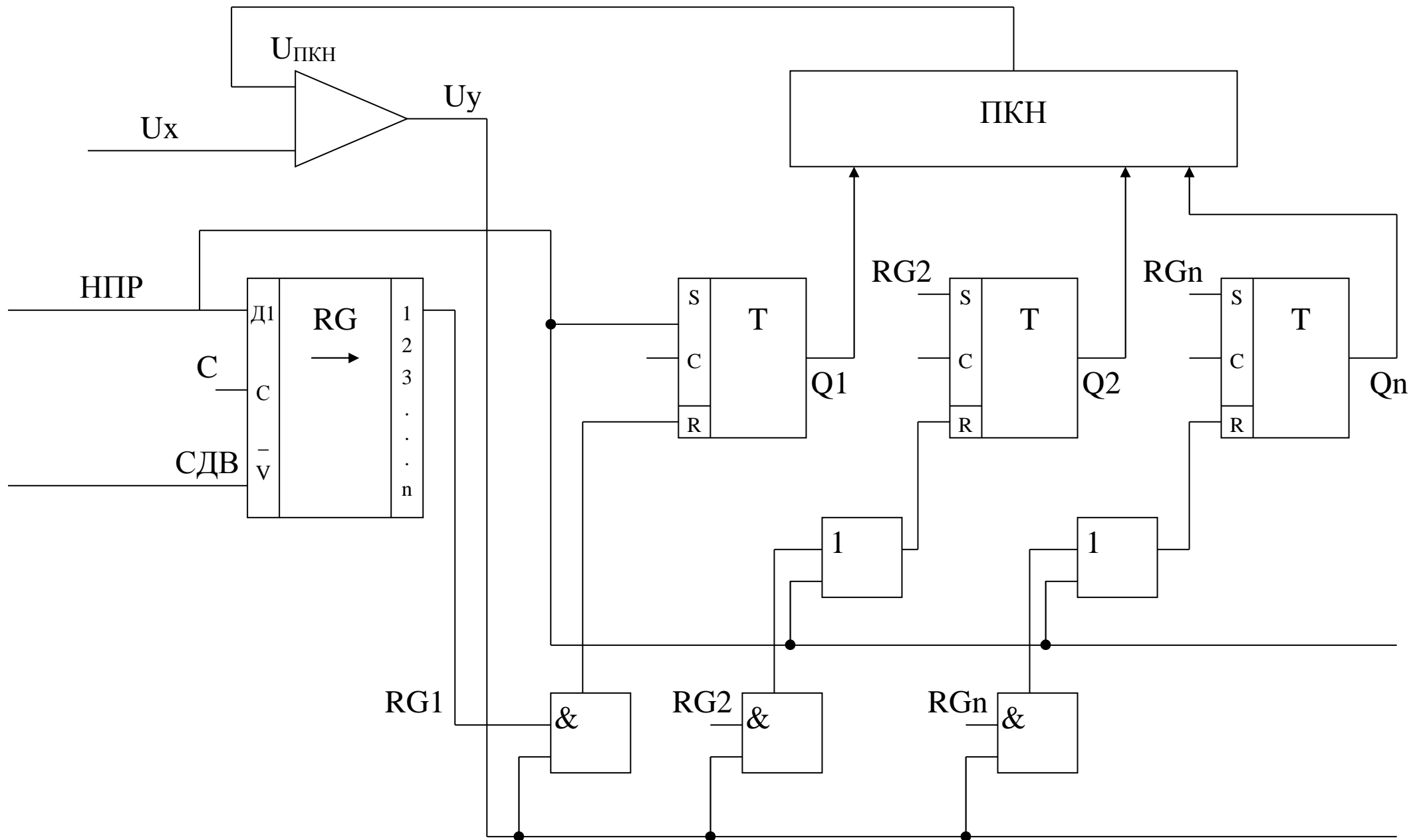
2 шаг измерения

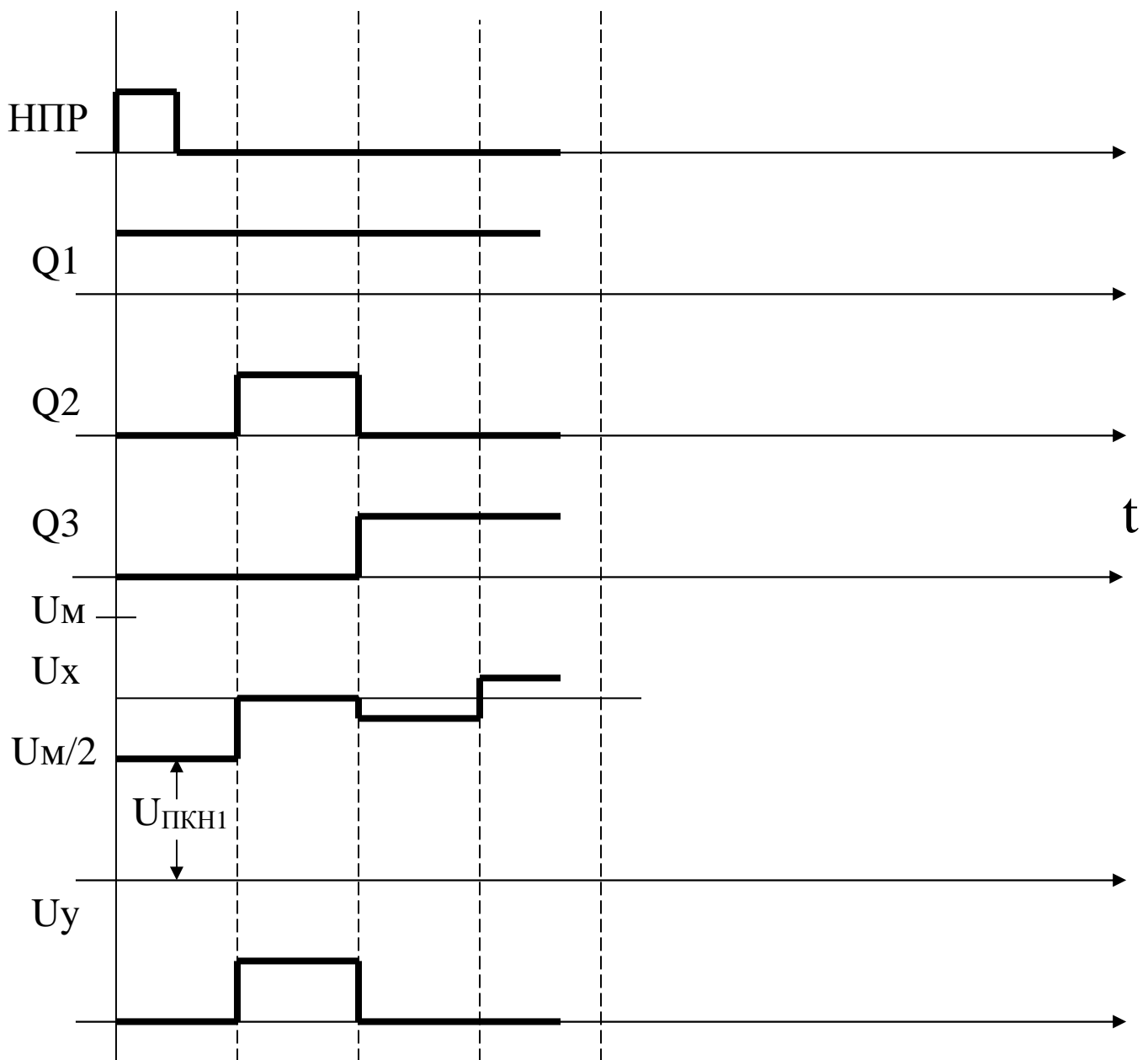
ЕСЛИ $U_x > U_{\text{ПНК2}}$ 'ТО' $U_{\text{ПНК3}} = U_{\text{ПНК2}} + \mathcal{E}_3$; $Q_2:=1$

ЕСЛИ $U_x < U_{\text{ПНК2}}$ 'ТО' $U_{\text{ПНК3}} = U_{\text{ПНК2}} - \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3$; $Q_2:=0$



Упрощенная функциональная схема





I такт $U_x > U_{ПКН1} = \mathcal{E}1$

$U_y = 0 \quad Q1 = 1$

II такт $U_x > U_{ПКН2} = \mathcal{E}1 + \mathcal{E}2$

$U_x > U_{ПКН2}$

$U_y = 1 \quad Q2 = 0$

III такт $U_{ПКН3} = \mathcal{E}1 - \mathcal{E}2 + \mathcal{E}3$

Быстродействие

$$\tau = \tau_{сдв.}$$

$$t_{пр.} = \tau_{сдв.} \times n$$

ПНК по методу считывания

Метод отличается тем, что для сравнения с измеряемой величиной используется $(2^n - 1)$ эталонов. Измеряемая аналоговая величина одновременно сравнивается со всеми эталонами и за один такт сравнения сразу получается двоичный код измеряемой величины.

$t_{\text{пр.}} = \tau$ – время одного измерения.

Достоинство:

- метод наиболее быстроедействие

Недостаток:

- сложен по количеству оборудования

Используется для небольшого количества разрядов (от 3 до 6).

Упрощенная функциональная схема 3-х разрядного ПКН

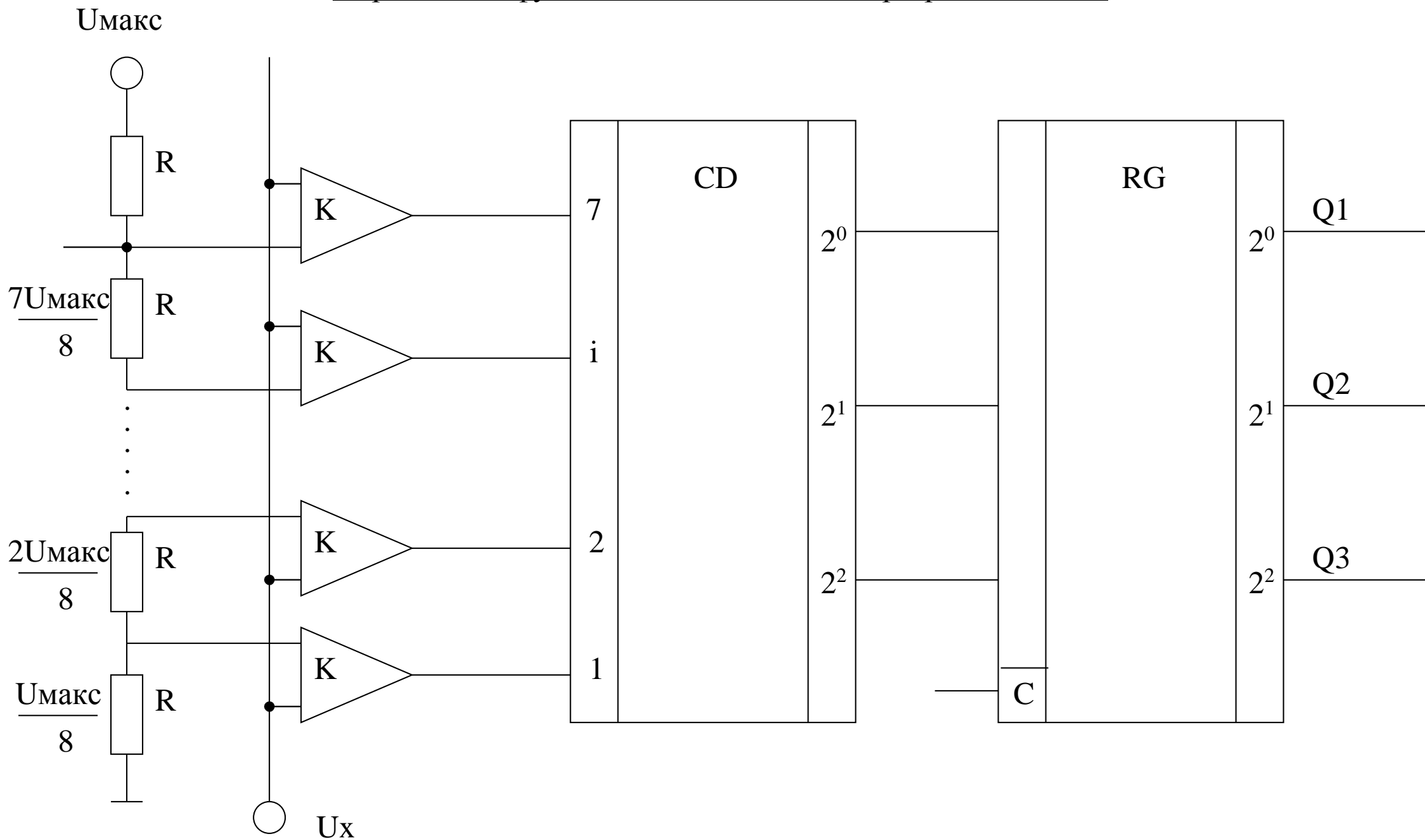
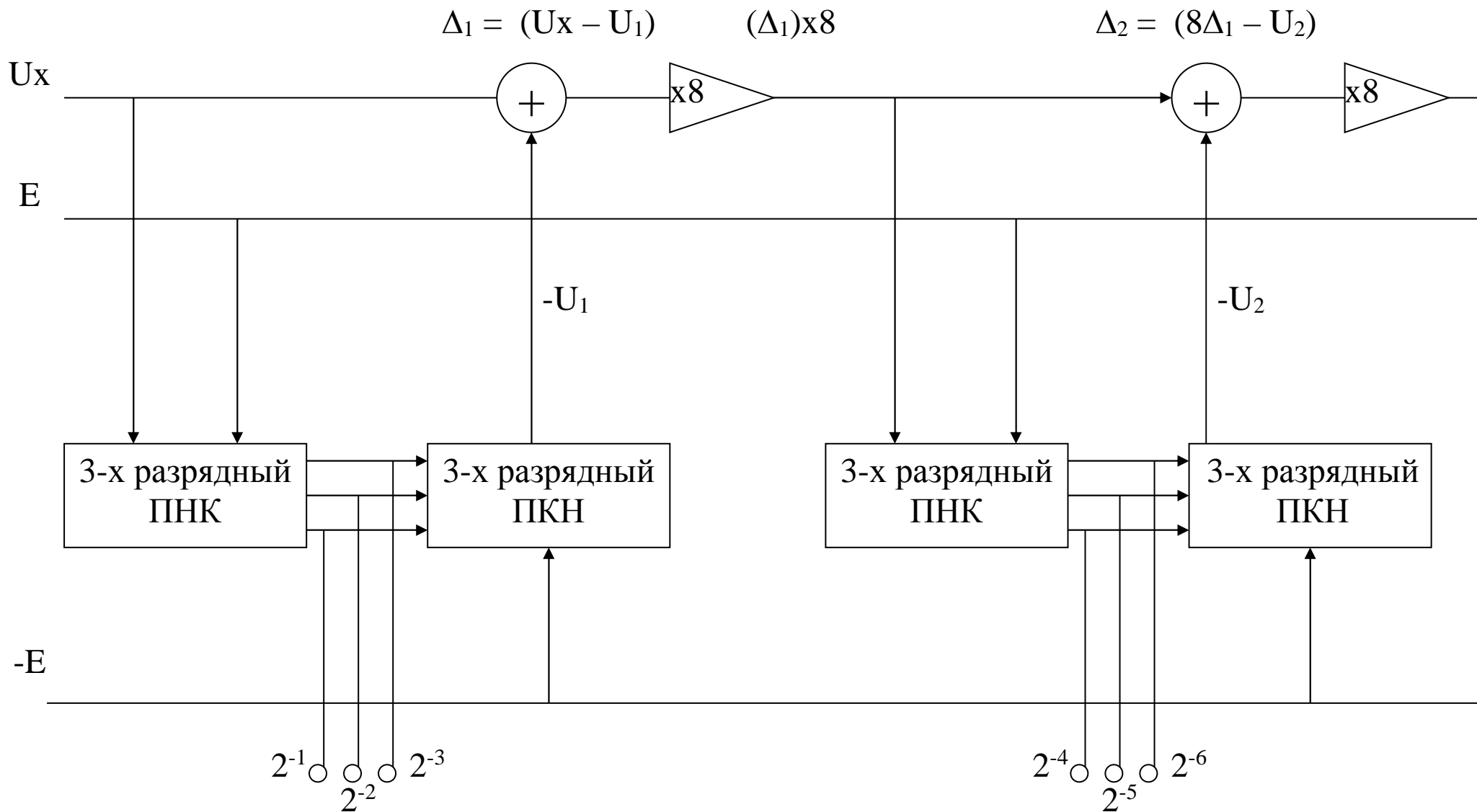


Таблица истинности шифратора

	7	6	...	2	1	Q3	Q2	Q1
$0 \leq U_x \leq 1/8$	0	0		0	0	0	0	0
$1/8 \leq U_x \leq 2/8$	0	0		0	1	0	0	1
$2/8 \leq U_x \leq 3/8$	0	0		1	1	0	1	0
$7/8 \leq U_x \leq U_{\text{макс}}$	1	1		1	1	1	1	1

Последовательно – параллельный ПНК. Упрощенная функциональная схема



Промышленный выпуск стандартных ПНК

Параметры интегральных ПНК

	Типы ИС	Число разрядов	tпр. МКС	Uмакс	Метод преобразования
1	K572 ПВ1	12	17	±15В	Поразр. кодир.
2	K110 7ПВ1	6	0,1	4В	Считыв.
3	K110 7ПВ3	6	20мс	4В	Считыв.

Цифроаналоговые преобразователи

ЦАП

Классификация:

- По виду преобразуемой величины:
 - 1) преобразование напряжения в код ПКН
 - 2) преобразование тока в код ПКТ
 - 3) преобразование кода в перемещение
 - 4) преобразование кода во временной интервал
 - 5) преобразование кода в угол поворота вала
- и т.д.

Преобразование кода в напряжение (ток)



$$U_{\text{вых}} = U_{\text{макс}}(Q_1 \times 2^{-1} + Q_2 \times 2^{-2} + \dots + Q_n \times 2^{-n})$$

$$U_{\text{вых}} = U_{\text{макс}} \sum_{i=1}^n Q_i \times 2^{-i}$$

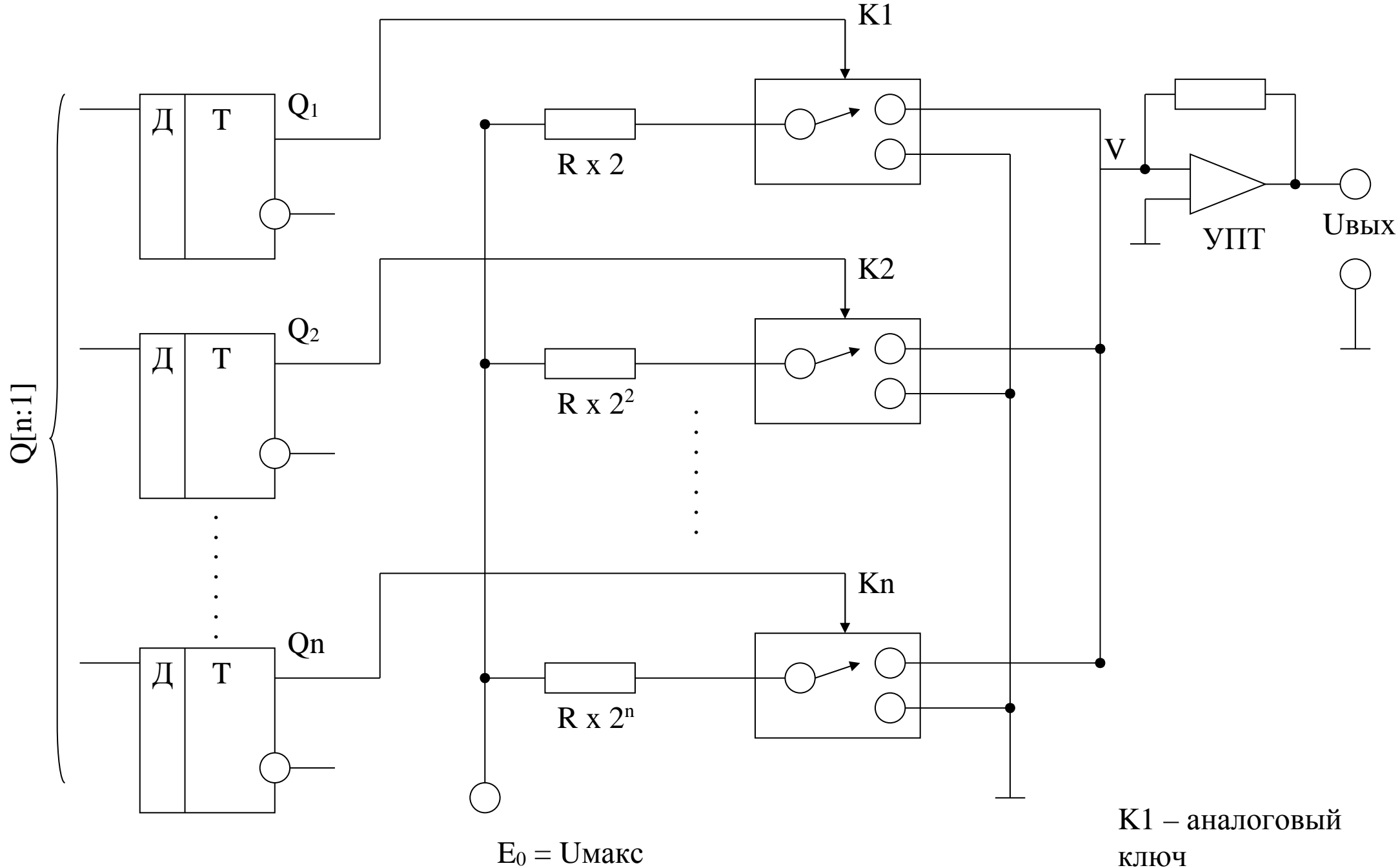
➤ ПКТ

$$I_{\text{вых}} = I_{\text{макс}} \sum_{i=1}^n Q_i \times 2^{-i}$$

Используются две схемы для реализации этих выражений:

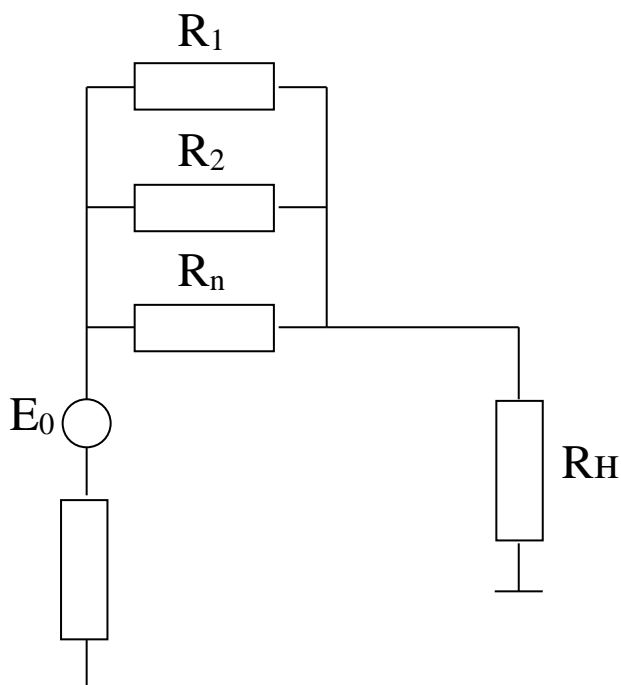
- 1) ПКН на матрице весовых сопротивлений
- 2) ПКН на матрице сопротивлений $R - 2R$

1) ПКН на матрице весовых сопротивлений



‘ЕСЛИ’ $Q_i = 1$ ‘ТО’ K_i замыкается на V
‘ЕСЛИ’ $Q_i = 0$ ‘ТО’ K_i замыкается на $0B$

Эквивалентная схема



Замкнут только ключ K_i

$$I_i = \frac{E}{R_i + R_N}$$

$$I_{BX} = \frac{E}{\sum_{i=1}^n Q_i R_i + R_N}$$

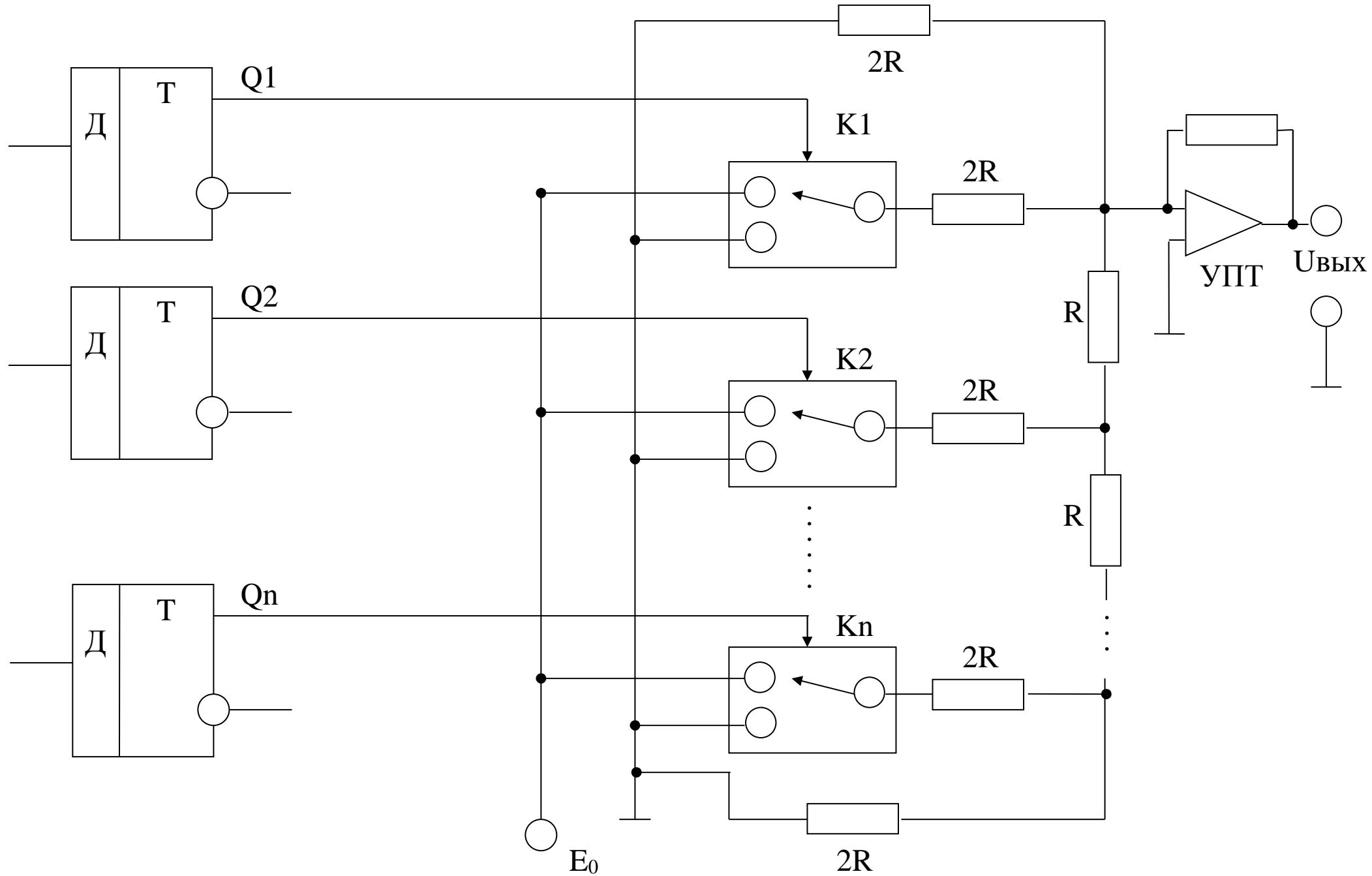
Достоинство:

- простота и надежность

Недостаток:

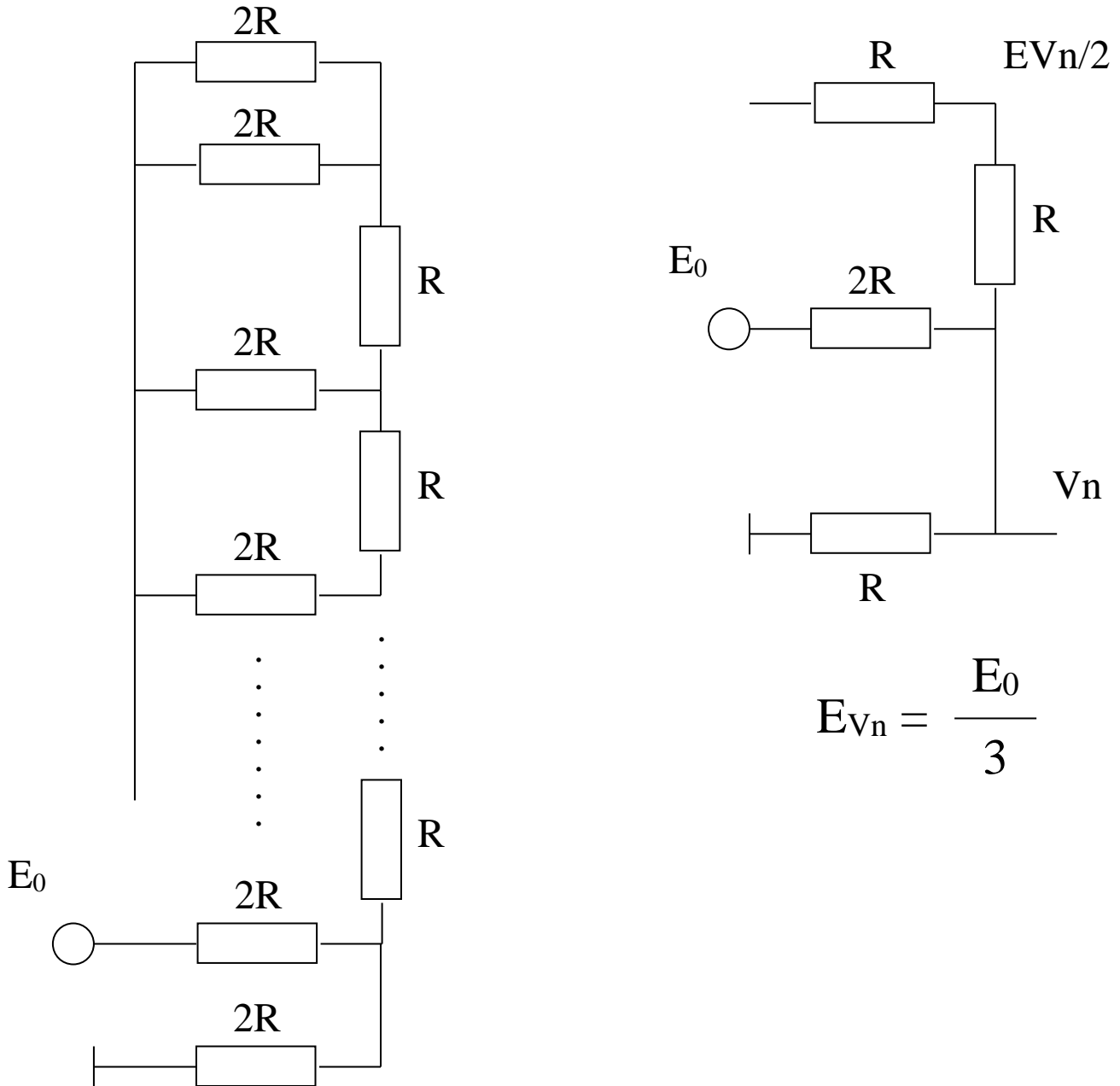
- необходимость большого количества точных сопротивлений, трудна для интегрального исполнения

2) ПКН на матрице сопротивлений $R - 2R$



‘ЕСЛИ’ $K_1 = 1$ ‘ТО’ $2R$ подключается к E_0
 ‘ЕСЛИ’ $K_1 = 0$ ‘ТО’ $2R$ подключается к $0B$

$Q[1:n] := 0001$



$$U_{BXV} = E/3(Q_n 2^{-n} + Q_{n-1} 2^{-(n-1)} + \dots + Q_1 2^{-1})$$

Достоинство схемы:

- всего два номинала сопротивлений ($2R$ и R), простота реализации в интегральных исполнениях, схема имеет постоянное выходное сопротивление $R_{\text{вых}} = (2/3)R$

В интегральном исполнении реализуется только цифровая часть схемы, а УПТ подключается из вне.

Параметры ЦАП ПКН

Тип ИС	Число разрядов	Структура	σ п.ш. %	t уст. МКС	Технология
К572 ПА1	10	$R - 2R$	3 %	5	ТТЛ
К549 ПА1	12	комбинация $R - 2R$ и R_i	$\pm 0,5$ %	3,5	К-МОП
К1108 ПА1	12	$R - 2R$	$\pm 0,3$ %	0,4	ТТЛ
К1118 ПА11	8	R_i	3 %	20 н/с	ЭСЛ

Характеристики ПКН

1) Разрешающая способность

$$q = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{2^n}$$

2) Точность σ п.ш. – погрешность полной шкалы %

3) Динамические характеристики, определяющие быстродействие преобразования. $t_{уст}$ – время установления, интервал времени между моментом поступления преобразуемого кода до момента установления на выходе ПНК соответствующего $U_{вых}$ с допустимой точностью.

В момент перехода от одних кодов к другим происходит включение и выключение аналоговых ключей (K_i) в нескольких разрядах, это вызывает появление пиков тока (напряжения) в момент переключения.

4) $f_{пр. \max}$ – максимальная частота, с которой могут поступать на вход преобразуемые коды.