

Кодирование тритов

В троичной цифровой технике применяют трёхуровневое (3-Level LevelCodedTernary, 3L LCT, «однопроводное»), двухуровневое двухбитное (2-Bit BinaryCodedTernary, 2B BCT, «двухпроводное») и двухуровневое трёхбитное (3-Bit BinaryCodedTernary, 3B BCT, «трёхпроводное») кодирование тритов.

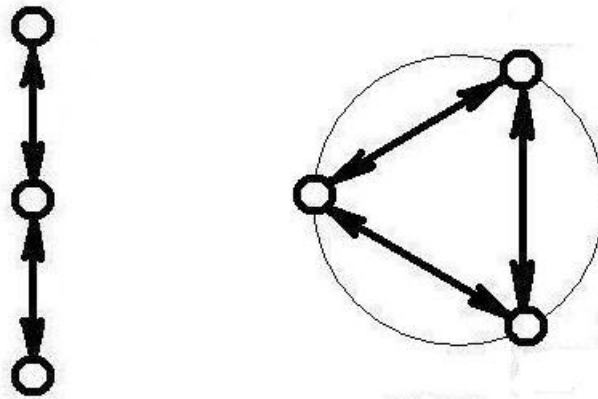


Рис.1. Графы переходов в одномерных (линейных) и в двумерных (плоскостных) троичных системах.

Количество возможных трёхуровневых, двухбитных и трёхбитных троичных кодировок определяется в **комбинаторике** и равно количеству **размещений** [1].

Кодирование тритов тремя уровнями («однопроводное»)

В случае 3-х уровневых троичных кодировок (3-Level LevelCodedTernary, 3L LCT) тритов множеством элементов n является 3-х элементное множество, например, $\{-1,0,+1\}$ ($n=3$), но может быть и другое множество из бесконечного количества уровней, главное, чтобы элементы были разными, а размещениями являются кортежи длиной по три элемента ($k=3$) из 3-х элементного множества элементов $\{-1,0,+1\}$ ($n=3$), например: $\langle -1,0,+1 \rangle \langle 0,+1,-1 \rangle \dots \langle +1,0,-1 \rangle \dots$

В трёхуровневой физической системе троичных логических элементов $n=3$ и $k=3$ и количество кодировок (кортежей, размещений) равно:

$$A_n^k = \frac{n!}{(n-k)!} = A_3^3 = \frac{3!}{(3-3)!} = \frac{3!}{0!} = 3! = 6.$$

Из них наиболее значимой является естественная трёхуровневая

кодировка:

$\langle -1,0,+1 \rangle = \langle -,0,+ \rangle = \langle \text{Negativ,Zero,Positiv} \rangle = \langle N,Z,P \rangle$.

Кодирование тритов двумя битами («двухпроводное»)

В случае 2-х битных троичных кодировок тритов множеством элементов n является 4-х элементное множество $\{00,01,10,11\}$ ($n=4$), а размещениями являются кортежи длиной по три элемента ($k=3$) из 4-х элементного множества элементов $\{00,01,10,11\}$ ($n=4$), например: $\langle 00,01,10 \rangle \langle 00,01,11 \rangle \dots \langle 01,10,11 \rangle \dots$

При двухбитном кодировании тритов возможны:

4 варианта кодирования нуля: 00, 01, 10, 11, из 4-х элементов ($n=4$);

4 варианта кодирования единицы: 00, 01, 10, 11, из 4-х элементов ($n=4$);

4 варианта кодирования двойки: 00, 01, 10, 11, из 4-х элементов ($n=4$).

При двухбитном кодировании тритов возможны:

4 варианта кодирования нуля: 00, 01, 10, 11, из 4-х элементов ($n=4$);

4 варианта кодирования единицы: 00, 01, 10, 11, из 4-х элементов ($n=4$);

4 варианта кодирования двойки: 00, 01, 10, 11, из 4-х элементов ($n=4$).

Некоторые двухбитные кодировки:

$\langle 0,1,2 \rangle = \langle 00,01,11 \rangle$ — 3 элемента ($k=3$),

$\langle 0,1,2 \rangle = \langle 01,00,10 \rangle$ — 3 элемента ($k=3$),

$\langle 0,1,2 \rangle = \langle 01,10,11 \rangle$ — 3 элемента ($k=3$),

т.е. кодировки являются кортежами (размещениями) длиной по 3 элемента ($k=3$) из 4-х элементного множества ($n=4$) (по три из четырёх, по 3 из 4).

Количество возможных кортежей длиной по 3 элемента ($k=3$) из множества $n=4$ равно:

$$A_n^k = \frac{n!}{(n-k)!} = A_4^3 = \frac{4!}{(4-3)!} = \frac{4!}{1!} = 4! = 24.$$

Из них наиболее часто используемыми и, поэтому, наиболее значимыми являются 6 нижеследующих кодировок тритов.

Две прямых кодировки:

$\langle 0,1,2 \rangle = \langle 00,01,11 \rangle$ — 2-х битный двоичнокодированный термометрический («градусниковый») троичный код (2-Level 2-Bit BinaryCodedTernary Thermometric, 2B BCT T),

$\langle 0,1,2 \rangle = \langle 00,01,10 \rangle$ — усечённый (без младшего бита) двоичнокодированный одноединичный трёхбитный 2-х битный троичный код (2-Level 2-Bit BinaryCodedTernary CutedUnoUnary, 2L 2B BCT CUU, 2B BCT CUU),

и две их инверсных кодировки:

$\langle 0,1,2 \rangle = \langle 11,10,00 \rangle$ — 2-х битный инверсный термометрический («градусниковый») троичный код,

$\langle 0,1,2 \rangle = \langle 10,01,00 \rangle$ — инверсный усечённый (без младшего бита) двоичнокодированный одноединичный трёхбитный 2-х битный троичный код.

Кодирование тритов тремя битами («трёхпроводное»)

В случае 3-х битных троичных кодировок тритов множеством элементов является 8-ми элементное множество $\{000,001,010,011,100,101,110,111\}$ ($n=8$), а размещениями являются кортежи длиной по три элемента ($k=3$) из 8-ми элементного множества элементов $\{000,001,010,011,100,101,110,111\}$, например: $\langle 001,010,100 \rangle$ $\langle 001,011,111 \rangle$... $\langle 110,101,011 \rangle$

В трёхбитных троичных кодах:

8-ми элементное множество — $\{000,001,010,011,100,101,110,111\}$, т.е. $n=8$ кортежи длиной по 3 элемента ($\langle 001,010,100 \rangle$... $\langle 001,011,111 \rangle$... $\langle 110,101,011 \rangle$...), т.е. $k=3$.

$$A_n^k = \frac{n!}{(n-k)!} = A_8^3 = \frac{8!}{(8-3)!} = \frac{8!}{5!} = \frac{8 \cdot 7 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1}{5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1} = 8 \cdot 7 \cdot 6 = 336.$$

Из них наиболее часто употребляются и поэтому наиболее значимы нижеследующие кодировки тритов:

$\langle 0,1,2 \rangle = \langle 001,010,100 \rangle$ — трёхбитный двоичнокодированный одноединичный (2-Level 3-Bit BinaryCodedTernary UnoUnary, 2L 3B BCT UU, 3B BCT UU, 3B BCT) троичный код,

$\langle 0,1,2 \rangle = \langle 001,011,111 \rangle$ — усечённый (без 000) «термометрический» («градусниковый») троичный код (2-Level 3-Bit BinaryCodedTernary CutedThermometric, 2L 3B BCT CT, 3B BCT CT)

и их инверсии соответственно:

$\langle 0,1,2 \rangle = \langle 110,101,011 \rangle$

$\langle 0,1,2 \rangle = \langle 110,100,000 \rangle$

При одновременной работе с трёхуровневыми и двухбитными тритами может быть $6 \cdot 24 = 144$ соответствия.

При одновременной работе с трёхуровневыми и трёхбитными тритами может быть $6 \cdot 336 = 2016$ соответствий.

При одновременной работе с двухбитными и трёхбитными тритами может быть $24 \cdot 336 = 8064$ соответствия.

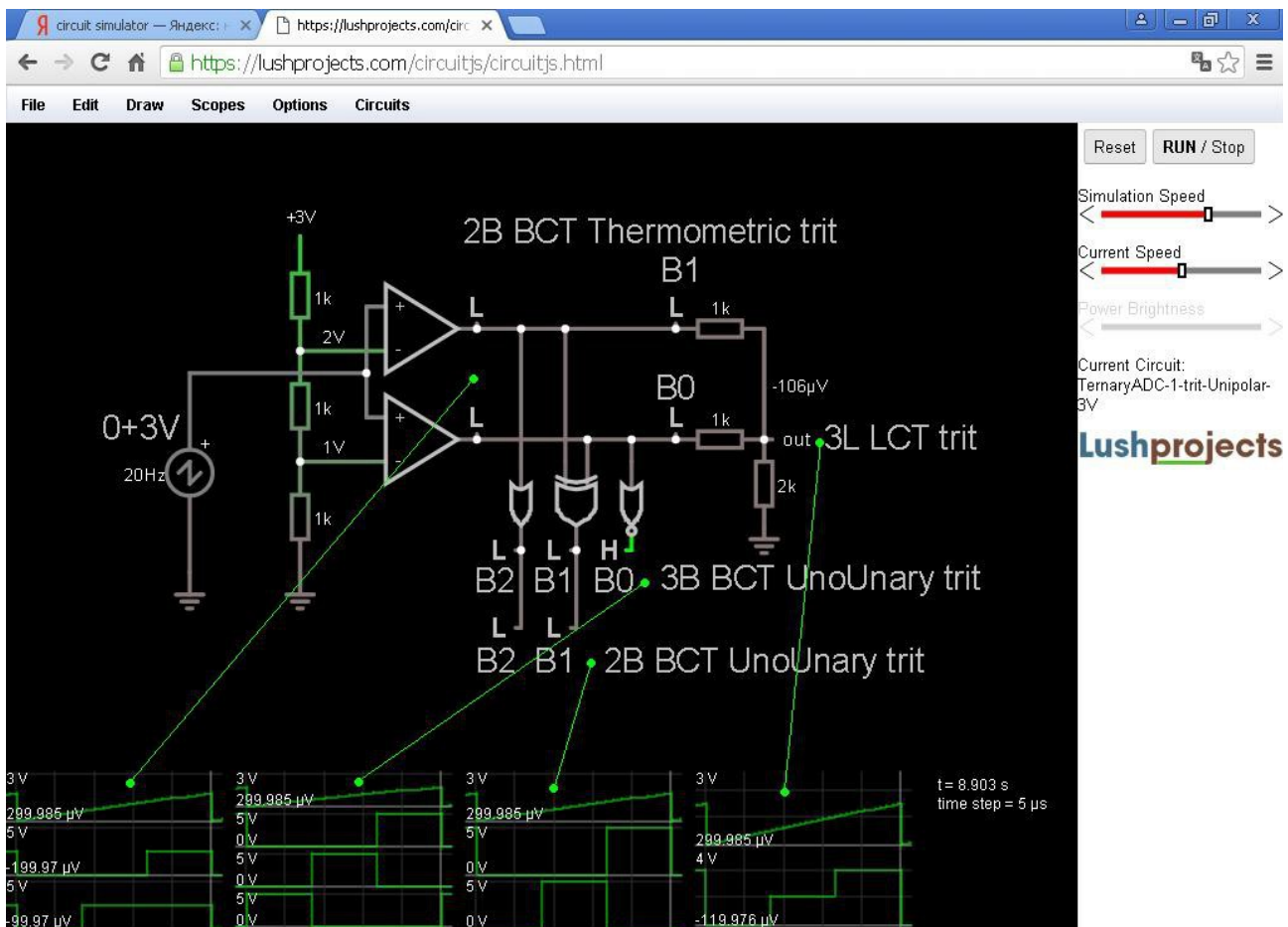


Рис.2. Снимок модели с троичным компаратором (одноразрядным троичным АЦП) и четырьмя наиболее часто встречающимися тритами: 2B BCT Thermometric, 3B BCT UnoUnary, 2B BCT UnoUnary и 3L LCT.

Включить Circuit Simulator с моделью: <http://tinyurl.com/y5v3o4sq>

Литература:

1. Размещение.

Андрей Куликов, Россия-Русь, Москва, Царицыно, версия 2024.02.03.