

Быстродействие двоичной, троичной и четверичной физических систем передачи данных

1. Частотные свойства сигналов физических систем логических элементов без учёта объёмов передаваемых данных.

Основные шаги методики (способа) определения частотных свойств обычной двоичной, троичной трёхбитной, троичной трёхуровневой и четверичной четырёхбитных систем.

В обычном двоичном сигнале (2-Level 1-Bit BinaryCodedBinary, 2L 1B BCB, «однопроводном») единичный уровень занимает 1/2 периода.

В троичном трёхбитном сигнале (2-Level 3-Bit BinaryCodedTernary, 2L 3B BCT, «трёхпроводном») единичный уровень занимает 1/3 периода.

В четверичном четырёхбитном сигнале (2-Level 4-Bit BinaryCodedQuadro, 2L 4B BCQ, «четырёхпроводном») единичный уровень занимает 1/4 периода.

В троичном трёхуровневом сигнале (3-Level LevelCodedTernary, 3L LCT, «однопроводном») сигнал трёхступенчатый, по 1/3 периода каждая ступень, для равной помехоустойчивости с двухуровневыми сигналами амплитуда троичного трёхуровневого сигнала должна быть в 2 раза больше, чем двухуровневых сигналов.

1. Сигналы в аналитическом виде раскладывались в ряды Фурье. В троичной трёхуровневой системе (3L LCT, «однопроводной»), для упрощения, рассматривался только счётный сигнал.

Ряд Фурье 2LCB.pdf http://andserkul.narod.ru/rjad_fure_2lcb.pdf

Ряд Фурье 2L3BBCT.pdf http://andserkul.narod.ru/rjad_fure_2l3bbct.pdf

Ряд Фурье 2L4BBCT.pdf http://andserkul.narod.ru/rjad_fure_2l4bbct.pdf

Ряд Фурье 3LCT.pdf http://andserkul.narod.ru/rjad_fure_3lct.pdf

По рядам Фурье вычислялись амплитуды гармоник спектров сигналов в линейных координатах, а, для проверки правильности разложения в ряды Фурье, по рядам Фурье восстанавливались исходные сигналы

S2LCBS.EXE <http://andserkul.narod.ru/S2LCBS.exe>

S2L3BBCT.EXE <http://andserkul.narod.ru/S2L3BBCT.exe>

S2L4BBCT.EXE <http://andserkul.narod.ru/S2L4BBCT.exe>

S3LCT2.EXE <http://andserkul.narod.ru/S3LCT2.exe>

3. Гармоники с нулевыми амплитудами исключались. Для линеаризации наклонов спектров, спектры пересчитывались в ЛАЧХ (диаграммы Боде). От амплитуд гармоник спектра брались десятичные логарифмы амплитуд и умножались на 20 дБ, от частот гармоник брались десятичные логарифмы частот. Наклоны спектров становились линейными и их становилось возможным аппроксимировать уравнениями наклонных прямых линий.

4. Через вершины оставшихся амплитуд гармоник проводились аппроксимирующие прямые наклонные линии. Коэффициенты уравнений аппроксимирующих наклонных прямых линий находились методом наименьших квадратов.

1. обычная двоичная

$$Y = -20.0033 * X - 3.9184$$

2. троичная трёхбитная
 $Y = -20.0009 * X - 5.1691$

3. четверичная четырёхбитная
 $Y = -20.2174 * X - 5.8724$

4. троичная трёхуровневая
 $Y = -20.0009 * X - 0.39908$

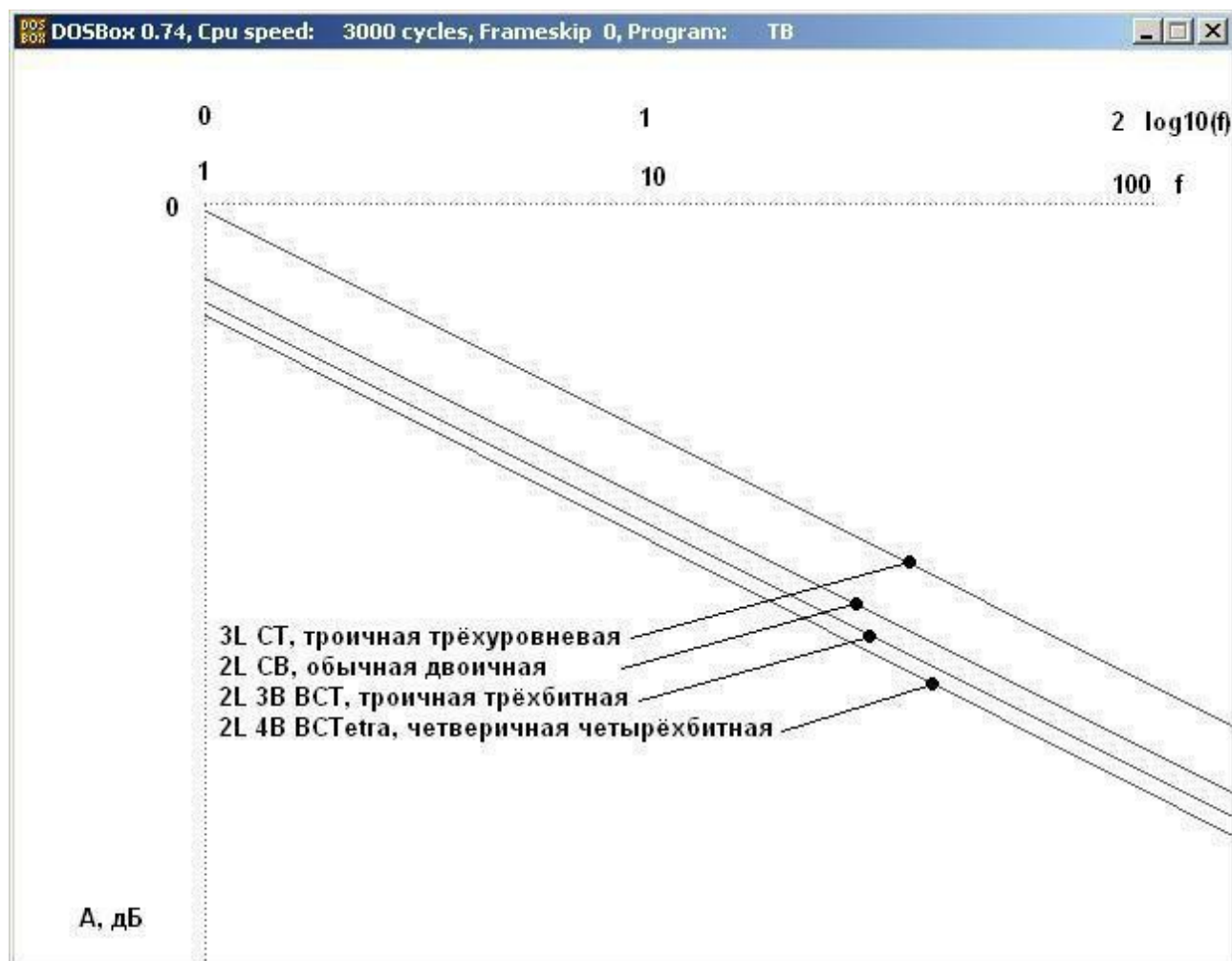


Рис.1. Графики наклонных прямых, аппроксимирующих диаграммы Бодэ (ЛАЧХ) спектров сигналов троичной трёхуровневой, обычной двоичной, троичной трёхбитной и четверичной четырёхбитной физических систем.

Наклоны всех аппроксимирующих прямых почти одинаковы и приблизительно равны 20дБ на декаду.

Сдвиги между наклонными прямыми линиями (спектрами) по оси десятичных логарифмов частот почти постоянны.

5.1. Качественное сравнение.

По спектрам (уравнениям аппроксимирующих наклонных прямых линий) видно, что спектр троичного трёхбитного сигнала, из-за того, что сигнал уже, чем двоичный сигнал и амплитуды гармоник в спектре меньше, чем амплитуды гармоник в спектре двоичного сигнала, проходит ниже спектра обычного двоичного сигнала, т.е. требует менее высокочастотную линию передачи данных с меньшей полосой пропускания.

Спектр четверичного четырёхбитного сигнала проходит ниже спектра троичного трёхбитного сигнала, т.е. четверичный четырёхбитный сигнал требует ещё менее высокочастотную линию передачи данных, чем троичный трёхуровневый сигнал.

Спектр троичного трёхуровневого сигнала проходит выше спектра обычного двоичного сигнала, т.е. троичный трёхуровневый сигнал требует более высокочастотную линию передачи данных, чем обычный двоичный сигнал.

5.2. Количественное сравнение только частотных свойств, без учёта объёмов передаваемых данных.

Для количественного сравнения определялись сдвиги между спектрами (наклонными прямыми линиями) по оси логарифмов частот, а по ним определялись относительные сдвиги по оси частот, которые тоже постоянны, по ним и определялись количественные соотношения высокочастотности линий передачи данных для рассмотренных физических систем без учёта информационных составляющих.

Сдвиги по оси логарифмов частот, для $Y=0$ вычислялись приравниванием правых частей уравнений к 0:

обычная двоичная

$$- 20.0033 \cdot X - 3.9184 = 0$$

$$X = 3.9184 / -20.0033 = -0.1959$$

$$f_2 = 10^{(-0,1959)} = 1.57$$

троичная трёхбитная

$$- 20.0009 \cdot X - 5.1691 = 0$$

$$X = 5.1691 / -20.0009 = -0.2584$$

$$f_{3B} = 10^{(-0,2584)} = 1.81$$

четверичная четырёхбитная

$$- 20.2174 \cdot X - 5.8724 = 0$$

$$X = 5.8724 / -20.2174 = -0.2905$$

$$f_{4B} = 10^{(-0,2905)} = 1.95$$

троичная трёхуровневая

$$- 20.0009 \cdot X - 0.39908 = 0$$

$$X = 0.39908 / -20.0009 = -0.01995$$

$$f_{3L} = 10^{(-0,01995)} = 1.047$$

Отношения частот к обычной двоичной:

троичная трёхбитная (2L 3B ВСТ):

$$f_{3B} / f_2 = 1.81 / 1.57 = 1.153 \text{ (115.3\%, т. е. +15.3\%)}$$

четверичная четырёхбитная (2L 4B ВСQuadro):

$$f_{4B} / f_2 = 1.95 / 1.57 = 1.242 \text{ (124.2\%, т. е. +24.2\%)}$$

троичная трёхуровневая (3L LCT):

$$f_{3L} / f_2 = 1.047 / 1.57 = 0.667 \text{ (66.7\%, т. е. -33.3\%), т. е. составляет } 2/3 \text{ от двоичной и на } 1/3 \text{ меньше двоичной.}$$

5.3. Выводы:

Полоса занимаемая спектром троичного трёхуровневого сигнала шире полосы спектра обычного двоичного сигнала и требует уменьшения тактовой частоты сигнала до 0,667 (на -33,3%, на 1/3). Кроме этого, для равной помехоустойчивости требуется в 2 раза больший размах сигнала.

Полоса частот занимаемая спектром троичного трёхбитного сигнала уже полосы частот занимаемой спектром обычного двоичного сигнала, что позволяет увеличить тактовую частоту сигнала при той же ширине полосы линии передачи данных до 1,153 (на +15,3%), но требует увеличения количества сигнальных проводов до 3-х, не считая общей «земли», на один разряд.

Полоса частот занимаемая спектром четверичного четырёхбитного сигнала уже полосы частот занимаемой спектром обычного двоичного сигнала, что позволяет увеличить тактовую частоту сигнала при той же ширине полосы линии передачи данных до 1,242 (на +24,2%), но требует увеличения количества сигнальных проводов до 4-х, не считая общей «земли», на один разряд.

В работе не учитывалось уменьшение помехоустойчивости от шумов и помех по оси времени при увеличении тактовой частоты.

Андрей Куликов, Россия-Русь, Москва, Царицыно, версия 2019.08.20.