**Организация и функционирование ЭВМ**

**Лекция 2. Минимизация функций 4-х переменных картами Карно**

* 1. Текстовое определение устройства.

	Например, требуется разработать 4-битный инкрементор/инрементатор.
	То есть, устройство которое прибавляет1 к 4-битному значению на входе:


Переходим к таблице истинности – то есть для каждой входной комбинации данных выписываем соответствующую ей выходную комбинацию.
Входные комбинации выписываем в порядке двоичного счёта.



В табличке истинности значения всегда задаются в двоичной системе.
Колонки десятичных значений слева и справа добавлены для наглядности.
Простое мнемоническое правило для правильного выполнения двоичного счёта:
В самой правой колонке чередуются 0 и 1, в следующеё 00 11,

 в следующей 0000 1111, и в самой левой сначала идут 8 нулей, потом 8 единиц.
**Подробнее о двоичной системе счисления в конце этой лекции**

* 1. Задание устройства таблицей истинности

Алгоритм функционирования устройства может задаваться сразу таблицей истинности, например

Спроектируйте схему, которая работает в соответствии

со следующей таблицей истинности

x1 x2 x3 x4 y1 y2 y3 y4

0 0 0 0 0 0 0 1

0 0 0 1 0 0 1 0

0 0 1 0 0 0 1 1

0 0 1 1 0 1 0 0

0 1 0 0 0 1 0 1

0 1 0 1 0 1 1 0

0 1 1 0 0 1 1 1

0 1 1 1 1 0 0 0

1 0 0 0 1 0 0 1

1 0 0 1 1 0 1 0

1 0 1 0 1 0 1 1

1 0 1 1 1 1 0 0

1 1 0 0 1 1 0 1

1 1 0 1 1 1 1 0

1 1 1 0 1 1 1 1

1 1 1 1 0 0 0 0

* 1. Лобовое решение задачи

Для каждого выходного значения записываем логическую функцию как дизъюнкцию всех термов, при которых это выходное значение равно 1.

Например , в предыдущей таблице y1=1 в следующих случаях

x1 x2 x3 x4 y1

0 1 1 1 1

1 0 0 0 1

1 0 0 1 1

1 0 1 0 1

1 0 1 1 1

1 1 0 0 1

1 1 0 1 1

1 1 1 0 1

В частности y1 = 1 когда x1=1, x2=x3=x4=0

Соответствующий терм может быть записан так
 x1&(~x2)&(~x3)&(~x4) (здесь ~ означает отрицание (NOT), а & - операцию И - AND)
или короче так:
x1~x2~x3~x4

А вся логическая функция для y1 так (V обозначает операцию ИЛИ - OR):
y1 = ~x1x2x3x4 V

 x1~x2~x3~x4 V

 x1~x2~x3x4 V
 x1~x2x3~x4 V
 x1~x2x3x4 V

 x1x2~x3~x4 V

 x1x2~x3x4 V

 x1x2x3~x4

Термы выписаны в столбик, а не в строчку для большей наглядности.
В строчку эта функция записывается так:
y1 = ~x1x2x3x4 V x1~x2~x3~x4 V x1~x2~x3x4 V x1~x2x3~x4 V
 x1~x2x3x4 V x1x2~x3~x4 V x1x2~x3x4 V x1x2x3~x4

Минимизацией логической функции называется такое её эквивалентное преобразование, при котором уменьшается количество термов и/или количество элементов термах.

Например, для этой функции, минимизированный вариант выглядит так:
 y1=~x1 x2x3x4 V x1x2 V x1x3 V x1x4

Излагаемый далее метод минимизации логических функций от 4 аргументов «Карты Карно», предлагает механический способ минимизации, не требующий непосредственного выполнения математических операций.

В контрольных работах по теме «Проектирование» каждая вторая задача будет на минимизацию картами Карно и последующее создание схемы в HLCCAD по полученным логическим функциям.

**План минимизации картами Карно**

1. Составить таблицу истинности функции от 4-х переменных.
2. Перенести ее в карту Карно.
3. Покрыть все единички в карте Карно минимальным количеством прямоугольников максимальной площади.
4. Выписать ответ как дизьюнкцию термов ( каждому прямоугольнику соответствует свой терм ).
5. Термы прямоугольников площади 1(2,4,8) включают 4(3,2,1) переменных.
6. Переменная берется с инверсией , если она имеет только нулевое значение для данного прямоугольника и без инверсии , если - только единичное.
7. Переменная вовсе не включается в терм, если она имеет и нулевое и единичное значение для данного прямоугольника.

Рассмотрим последовательное выполнение всех пунктов плана для инкрементора.

Пункт 1 выполнен на рисунке справа.

****

1. **Перенести таблицу истинности в карту Карно**.

Поскольку у нас 4 выходных переменных создаём 4 карты Карно
(свою карту Карно для каждой выходной переменной)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Y1** **\**x2x1 x4x3 \ 00 01 11 10

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 00 |  |  |  |  |
| 01 |  |  |  |  |
| 11 |  |  |  |  |
| 10 |  |  |  |  |

 | **Y2** **\**x2x1 x4x3 \ 00 01 11 10

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 00 |  |  |  |  |
| 01 |  |  |  |  |
| 11 |  |  |  |  |
| 10 |  |  |  |  |

 |
| **Y3** **\**x2x1 x4x3 \ 00 01 11 10

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 00 |  |  |  |  |
| 01 |  |  |  |  |
| 11 |  |  |  |  |
| 10 |  |  |  |  |

 | **Y4** **\**x2x1 x4x3 \ 00 01 11 10

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 00 |  |  |  |  |
| 01 |  |  |  |  |
| 11 |  |  |  |  |
| 10 |  |  |  |  |

 |

**Обратите внимание:**1. Переменные выписываем в порядке, заданном в таблице истинности (x4x3x2x1)
первые две переменные x4x3 выписываем слева, другие (x2x1) - сверху.
2. Пары двоичных цифр и сверху и слева выписываем именно в порядке
 00, 01, 11, 10

Вносим все 1 в соответствующие карты Карно, например для Y1

x4 x3 x2 x1 y1

0 0 0 0 1

0 0 1 0 1

0 1 0 0 1

0 1 1 0 1

1 0 0 0 1

1 0 1 0 1

1 1 0 0 1

1 1 1 0 1

**Y1**

 x4 x3 x2 x1 y1

 0 0 0 0 1

 **\**x2x1

 x4x3 \ 00 01 11 10

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 00 | **1** |  |  |  |
| 01 |  |  |  |  |
| 11 |  |  |  |  |
| 10 |  |  |  |  |

 x4 x3 x2 x1 y1

 0 0 0 0 1

 0 0 1 0 1

 **\**x2x1

 x4x3 \ 00 01 11 10

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 00 | **1** |  |  | **1** |
| 01 |  |  |  |  |
| 11 |  |  |  |  |
| 10 |  |  |  |  |

 x4 x3 x2 x1 y1

 0 0 0 0 1

 0 0 1 0 1

 0 1 0 0 1

 **\**x2x1

 x4x3 \ 00 01 11 10

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 00 | **1** |  |  | **1** |
| 01 | **1** |  |  |  |
| 11 |  |  |  |  |
| 10 |  |  |  |  |

 x4 x3 x2 x1 y1

 0 0 0 0 1

 0 0 1 0 1

 0 1 0 0 1

 0 1 1 0 1

 **\**x2x1

 x4x3 \ 00 01 11 10

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 00 | **1** |  |  | **1** |
| 01 | **1** |  |  | **1** |
| 11 |  |  |  |  |
| 10 |  |  |  |  |

 x4 x3 x2 x1 y1

 0 0 0 0 1

 0 0 1 0 1

 0 1 0 0 1

 0 1 1 0 1

 1 0 0 0 1

 **\**x2x1

 x4x3 \ 00 01 11 10

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 00 | **1** |  |  | **1** |
| 01 | **1** |  |  | **1** |
| 11 |  |  |  |  |
| 10 | **1** |  |  |  |

 x4 x3 x2 x1 y1

 0 0 0 0 1

 0 0 1 0 1

 0 1 0 0 1

 0 1 1 0 1

 1 0 0 0 1

 1 0 1 0 1

 **\**x2x1

 x4x3 \ 00 01 11 10

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 00 | **1** |  |  | **1** |
| 01 | **1** |  |  | **1** |
| 11 |  |  |  |  |
| 10 | **1** |  |  | **1** |

 x4 x3 x2 x1 y1

 0 0 0 0 1

 0 0 1 0 1

 0 1 0 0 1

 0 1 1 0 1

 1 0 0 0 1

 1 0 1 0 1

 **\**x2x1

 x4x3 \ 00 01 11 10

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 00 | **1** |  |  | **1** |
| 01 | **1** |  |  | **1** |
| 11 |  |  |  |  |
| 10 | **1** |  |  | **1** |

 x4 x3 x2 x1 y1

 0 0 0 0 1

 0 0 1 0 1

 0 1 0 0 1

 0 1 1 0 1

 1 0 0 0 1

 1 0 1 0 1

 1 1 0 0 1

 **\**x2x1

 x4x3 \ 00 01 11 10

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 00 | **1** |  |  | **1** |
| 01 | **1** |  |  | **1** |
| 11 | **1** |  |  |  |
| 10 | **1** |  |  | **1** |

 x4 x3 x2 x1 y1

 0 0 0 0 1

 0 0 1 0 1

 0 1 0 0 1

 0 1 1 0 1

 1 0 0 0 1

 1 0 1 0 1

 1 1 0 0 1

 1 1 1 0 1

 **\**x2x1

 x4x3 \ 00 01 11 10

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 00 | **1** |  |  | **1** |
| 01 | **1** |  |  | **1** |
| 11 | **1** |  |  | **1** |
| 10 | **1** |  |  | **1** |

Аналогичным образом вносим все 1 в три другие карты Карно, получаем

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Y1** **\**x2x1 x4x3 \ 00 01 11 10

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 00 | **1** |  |  | **1** |
| 01 | **1** |  |  | **1** |
| 11 | **1** |  |  | **1** |
| 10 | **1** |  |  | **1** |

 | **Y2** **\**x2x1 x4x3 \ 00 01 11 10

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 00 |  | **1** |  | **1** |
| 01 |  | **1** |  | **1** |
| 11 |  | **1** |  | **1** |
| 10 |  | **1** |  | **1** |

 |
| **Y3** **\**x2x1 x4x3 \ 00 01 11 10

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 00 |  |  | **1** |  |
| 01 | **1** | **1** |  | **1** |
| 11 | **1** | **1** |  | **1** |
| 10 |  |  | **1** |  |

 | **Y4** **\**x2x1 x4x3 \ 00 01 11 10

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 00 |  |  |  |  |
| 01 |  |  | **1** |  |
| 11 | **1** | **1** |  | **1** |
| 10 | **1** | **1** | **1** | **1** |

 |

1. **Покрыть все единички в картах Карно минимальным количеством прямоугольников максимальной площади.**

Для покрытия единичек можно использовать только прямоугольники с площадью равной степени двойки (приведены ниже):



При этом карта Карно считается СКЛЕЕННОЙ ПО КРАЯМ !!!

То есть, например, в этой карте Карно

 **\**x2x1

 x4x3 \ 00 01 11 10

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 00 |  |  | **1** |  |
| 01 | **1** | **1** |  | **1** |
| 11 | **1** | **1** |  | **1** |
| 10 |  |  | **1** |  |

единички в столбике 11 могут быть покрыты таким кораблём



**Рассмотрим покрытия построенных карт Карно:**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Y1** **\**x2x1 x4x3 \ 00 01 11 10

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 00 | **1** |  |  | **1** |
| 01 | **1** |  |  | **1** |
| 11 | **1** |  |  | **1** |
| 10 | **1** |  |  | **1** |

 |

**Y1 покрывается одним кораблем**

****

Поскольку левый и правый края карты Карно считаются склеенными.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Y2** **\**x2x1 x4x3 \ 00 01 11 10

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 00 |  | **1** |  | **1** |
| 01 |  | **1** |  | **1** |
| 11 |  | **1** |  | **1** |
| 10 |  | **1** |  | **1** |

 |

Y2 может быть покрыта двумя повёрнутыми вертикально кораблями ****

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Y3** **\**x2x1 x4x3 \ 00 01 11 10

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 00 |  |  | **1** |  |
| 01 | **1** | **1** |  | **1** |
| 11 | **1** | **1** |  | **1** |
| 10 |  |  | **1** |  |

 |

**Y3 может быть покрыта тремя кораблями**двумя квадратными кораблями
****

Один из них покрывает пары единичек в левом и правом столбцах 00,10 (левая и правая границы карты Карно считаются склеенными), другой покрывает пары единички в столбцах 00 и 01.

Заметим, что каждую 1 можно покрывать сколько угодно раз.

В то же время нельзя покрывать пустые клеточки.

А также одним кораблём

****(Напомним, верхняя и нижняя границы считаются склеенными.)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Y4** **\**x2x1 x4x3 \ 00 01 11 10

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 00 |  |  |  |  |
| 01 |  |  | **1** |  |
| 11 | **1** | **1** |  | **1** |
| 10 | **1** | **1** | **1** | **1** |

 |

Y4 может быть покрыта такими 4 кораблями:

Один четверной


Два квадрата
****

Один из них покрывает пары единичек в левом и правом столбцах 00,10 .
Другой – в столбцах 00, 01.

И один одиночный



Покрывающий одиночную единичку в клетке 01-11.

**4. Выписать ответ как дизьюнкцию термов**
Каждому прямоугольнику соответствует свой терм
- Термы прямоугольников площади 1 включают 4 переменных.
- Термы прямоугольников площади 2 включают 3 переменных.
- Термы прямоугольников площади 4 включают 2 переменных.
- Термы прямоугольников площади 8 включают 1 переменную.

Переменная берется с инверсией ,
если она имеет только нулевое значение для данного прямоугольника

Переменная берется без инверсии , если - только единичное.

 Переменная вовсе не включается в терм, если она имеет и нулевое и единичное значение для данного прямоугольника.

**Выпишем логические функции по покрытиям построенных карт Карно:**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Y1** **\**x2x1 x4x3 \ 00 01 11 10

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 00 | **1** |  |  | **1** |
| 01 | **1** |  |  | **1** |
| 11 | **1** |  |  | **1** |
| 10 | **1** |  |  | **1** |

 |

**Y1 покрывается одним кораблем**

****

Поскольку левый и правый края карты Карно считаются склеенными.

Смотрим влево – для всех возможных сочетаний значений переменных x4x3 функция Y1 равна 1. Это означает, что она не зависит от переменных x4 и x3.
Смотрим вверх, выписываем шапки столбиков, в которых функция y1=1
x2x1
0 0
1 0
И когда переменная x2=0,
и когда переменная x2=1

Функция Y1 равна 1

Следовательно, она не зависит от переменной x2.
Остаётся переменная x1 причём равная 0.
Поэтому в ответ эта переменная попадает с инверсией.

**Y1=~x1**

И действительно если глянуть в таблицу истинности



можно заметить, что y1=1, когда x1=0 и
 y1=0, когда x1=1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Y2** **\**x2x1 x4x3 \ 00 01 11 10

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 00 |  | **1** |  | **1** |
| 01 |  | **1** |  | **1** |
| 11 |  | **1** |  | **1** |
| 10 |  | **1** |  | **1** |

 |

Y2 может быть покрыта двумя повёрнутыми вертикально кораблями ****

Первый корабль покрывает столбец 01.
**Смотрим влево** – при всех комбинациях переменных x4 и x3, функция равна 1,
 следовательно, она не зависит от переменных x4 и х3.
**Смотрим вверх** – x2=0, x1=1

 Следовательно, этот терм есть ~x2x1

Второй корабль покрывает столбец 10.

**Смотрим влево** – при всех комбинациях переменных x4 и x3, функция равна 1,
 следовательно, она не зависит от переменных x4 и х3.
**Смотрим вверх** – x2=1, x1=0

 Следовательно, этот терм есть x2~x1.
И окончательный ответ:

**Y2 = ~x2x1 V x2~x1.**
То есть, Y2 равен 1, если (x2=0 и х1=1) или (х2=1 и х1=0)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Y3** **\**x2x1 x4x3 \ 00 01 11 10

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 00 |  |  | **1** |  |
| 01 | **1** | **1** |  | **1** |
| 11 | **1** | **1** |  | **1** |
| 10 |  |  | **1** |  |

 |

**Y3 может быть покрыта тремя кораблями**двумя квадратными кораблями
****

Один из них покрывает пары единичек в левом и правом столбцах 00,10 (левая и правая границы карты Карно считаются склеенными),

**Смотрим влево** х4х3
 0 1

 1 1

 И когда переменная х4=0, и когда х4=1, функция равна 1,
 следовательно, она не зависит от переменной х4.
 Поскольку переменная x3=1 равна 1 берём её в ответ без
 инверсии

**Смотрим вверх** х2х1

1. 0
2. 0

И когда переменная х2=0, и когда х2=1, функция равна 1,
следовательно, она не зависит от переменной х2.
Поскольку переменная x1 равна 0 берём её в ответ с
инверсией

Итого, терм, соответствующий этому кораблю - x3~x1.

другой



покрывает пары единичек в столбцах 00 и 01.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Y3** **\**x2x1 x4x3 \ 00 01 11 10

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 00 |  |  | **1** |  |
| 01 | **1** | **1** |  | **1** |
| 11 | **1** | **1** |  | **1** |
| 10 |  |  | **1** |  |

 |

**Смотрим влево** х4х3
 0 1

 1 1

 И когда переменная х4=0, и когда х4=1, функция равна 1,
 следовательно, она не зависит от переменной х4.
 Поскольку переменная x3=1 равна 1 берём её в ответ без
 инверсии

**Смотрим вверх** х2х1

1. 0

0 1

И когда переменная х1=0, и когда х1=1, функция равна 1,
следовательно, она не зависит от переменной х1.
Поскольку переменная x2 равна 0 берём её в ответ с
инверсией

Итого, терм, соответствующий этому кораблю - x3~x2.

А также одним кораблём

****в столбце 11

(Напомним, верхняя и нижняя границы считаются склеенными.)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Y3** **\**x2x1 x4x3 \ 00 01 11 10

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 00 |  |  | **1** |  |
| 01 | **1** | **1** |  | **1** |
| 11 | **1** | **1** |  | **1** |
| 10 |  |  | **1** |  |

 |

**Смотрим влево** х4х3
 0 0

 1 0

 И когда переменная х4=0, и когда х4=1, функция равна 1,
 следовательно, она не зависит от переменной х4.
 Поскольку переменная x3 равна 0 берём её в ответ с
 инверсией

**Смотрим вверх** х2х1

1 1

Обе переменные равны 1, поэтому берём обе без инверсии

Итого, терм, соответствующий этому кораблю - ~x3x2x1.

**Итого**

**Y3 = x3~x1 V x3~x2 V ~x3x2x1**

То есть, Y3 =1 если
 x3=1 и x2=0 ИЛИ

 х3=1 и х1=0 ИЛИ
 х3=0 и х2=1 и х1=1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Y4** **\**x2x1 x4x3 \ 00 01 11 10

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 00 |  |  |  |  |
| 01 |  |  | **1** |  |
| 11 | **1** | **1** |  | **1** |
| 10 | **1** | **1** | **1** | **1** |

 |

Y4 может быть покрыта такими 4 кораблями:

Один четверной (в строке 10 )


**Смотрим влево** х4х3
 1 0

 Поскольку

 переменная х4 равна 1 берём её в ответ без инверсии
 переменная x3 равна 0 берём её в ответ с инверсией

**Смотрим вверх** при всех комбинациях переменных х2х1 функция равна 1.
 Следовательно, она не зависит от х2, х1

Итого, терм, соответствующий этому кораблю - x4~x3.

Два квадрата
****

Один из них покрывает пары единичек в левом и правом столбцах 00,10 .

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Y4** **\**x2x1 x4x3 \ 00 01 11 10

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 00 |  |  |  |  |
| 01 |  |  | **1** |  |
| 11 | **1** | **1** |  | **1** |
| 10 | **1** | **1** | **1** | **1** |

 |

**Смотрим влево** х4х3
 1 1
 1 0

 И когда переменная х3=1, и когда х3=0, функция равна 1,
 следовательно, она не зависит от переменной х3.
 Поскольку переменная x4 равна 1 берём её в ответ без
 инверсии

**Смотрим вверх** х2х1

1. 0

1 0

И когда переменная х2=0, и когда х2=1, функция равна 1,
следовательно, она не зависит от переменной х2.
Поскольку переменная x1 равна 0 берём её в ответ с
инверсией

Итого, терм, соответствующий этому кораблю - x4~x1.

Другой квадрат



– в столбцах 00, 01.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Y4** **\**x2x1 x4x3 \ 00 01 11 10

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 00 |  |  |  |  |
| 01 |  |  | **1** |  |
| 11 | **1** | **1** |  | **1** |
| 10 | **1** | **1** | **1** | **1** |

 |

**Смотрим влево** х4х3
 1 1
 1 0

 И когда переменная х3=1, и когда х3=0, функция равна 1,
 следовательно, она не зависит от переменной х3.
 Поскольку переменная x4 равна 1 берём её в ответ без
 инверсии

**Смотрим вверх** х2х1

1. 0

0 1

И когда переменная х1=0, и когда х1=1, функция равна 1,
следовательно, она не зависит от переменной х1.
Поскольку переменная x2 равна 0 берём её в ответ с
инверсией

Итого, терм, соответствующий этому кораблю - x4~x2.

И один одиночный



Покрывающий одиночную единичку в клетке 01-11.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Y4** **\**x2x1 x4x3 \ 00 01 11 10

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 00 |  |  |  |  |
| 01 |  |  | **1** |  |
| 11 | **1** | **1** |  | **1** |
| 10 | **1** | **1** | **1** | **1** |

 |

**Смотрим влево** х4х3
 0 1
 Переменная х4 равна 0, берём её в ответ с инверсией
 Переменная х3 равна 1, берём её в ответ без инверсии
**Смотрим вверх** х2х1

 1 1

 Переменная х2 равна 1, берём её в ответ без инверсии
 Переменная х1 равна 1, берём её в ответ без инверсии

Итого, терм, соответствующий этому кораблю - ~x4x3x2x1.

Окончательный ответ получаем объединяя термы с помощью операции ИЛИ

**Y4 = x4~x3 V x4~x1 V x2~x2 V ~x4x3x3x1**

То есть, Y4 = 1 если x4=1 и x3=0 ИЛИ
 х4=1 и х1=0 ИЛИ
 х4=1 и х2=0 ИЛИ
 х4=0 и х3=1 и х2=1 и х1 =1

Объединяя записи всех четырёх логических функций, получаем решение задачи

**Y1=~x1
Y2 = ~x2x1 V x2~x1
Y3 = x3~x1 V x3~x2 V ~x3x2x1
Y4 = x4~x3 V x4~x1 V x2~x2 V ~x4x3x3x1**

**Далее его нужно нарисовать в системе HLCCAD
с помощью элементов И, ИЛИ, НЕ (AND, OR, NOT).**

 Для проверки усвоения материала, попробуйте спроектировать декрементор.

**Синтез логических функций декрементатора**



**Минимизация логической функции y1**



**Минимизация логической функции y2.**



**Минимизация логической функции y3.**



**Минимизация логической функции y4.**



**Что делать на лекции для закрепления теории**

Проектирование

Карты Карно

Контроль

[1. Котенок](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951867&cid=1190) (1361 / 4) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1951867)

[2. Вакхабит](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951868&cid=1190) (751 / 7) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1951868)

[3. Количество нулей](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951869&cid=1190) (588 / 9) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1951869)

[4. Сумма делителей](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951870&cid=1190) (523 / 10) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1951870)

[5. Порядок](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951871&cid=1190) (629 / 9) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1951871)

[6. Степень](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951872&cid=1190) (475 / 11) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1951872)

[7. Ноль-единица](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951873&cid=1190) (590 / 9) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1951873)

[8. Делится ли на 2.3.4.5](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951874&cid=1190) (213 / 27) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1951874)

Обучение

**Если материал усвоен, и хочется проверить свои знания,
надо делать папку Контроль**

Командные олимпиады

Проектирование

Карты Карно

Контроль

[1. Котенок](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951867&cid=1190)

[2. Вакхабит](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951868&cid=1190)

[3. Количество нулей](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951869&cid=1190)

[4. Сумма делителей](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951870&cid=1190)

[5. Порядок](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951871&cid=1190)

[6. Степень](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951872&cid=1190)

[7. Ноль-единица](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951873&cid=1190)

[8. Делится ли на 2.3.4.5](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951874&cid=1190)

**Для каждого задания нужно сделать карты Карно, логические функции, нарисовать схему HLCCAD и отправить её на тестирование.**

**Если задание выполнено – переходить к следующему.**

 **Иначе – взять тест с DL, как показывается в задании
 «1. Подключение тестовых файлов в HLCCAD»****Командные олимпиады**

**Проектирование**

**Карты Карно**

Контроль

[1. Котенок](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951867&cid=1190) (1361 / 4) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1951867)

[2. Вакхабит](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951868&cid=1190) (751 / 7) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1951868)

[3. Количество нулей](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951869&cid=1190) (588 / 9) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1951869)

[4. Сумма делителей](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951870&cid=1190) (523 / 10) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1951870)

[5. Порядок](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951871&cid=1190) (629 / 9) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1951871)

[6. Степень](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951872&cid=1190) (475 / 11) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1951872)

[7. Ноль-единица](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951873&cid=1190) (590 / 9) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1951873)

[8. Делится ли на 2.3.4.5](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951874&cid=1190) (213 / 27) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1951874)

**Обучение**

01-Котенок

02-Вакхабит

03-Таблица Татьяны

04-Дробь

05-Грибочки

[1. **Подключение тестовых файлов в HLCCAD**](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951976&cid=1190)

**Найти ошибку, исправить и вновь отправить на тестирование**

**Если материал лекции не до конца усвоен, надо поработать в обучении:**

**Командные олимпиады**

**Проектирование**

**Карты Карно**

Контроль

[1. Котенок](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951867&cid=1190) (1361 / 4) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1951867)

[2. Вакхабит](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951868&cid=1190) (751 / 7) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1951868)

[3. Количество нулей](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951869&cid=1190) (588 / 9) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1951869)

[4. Сумма делителей](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951870&cid=1190) (523 / 10) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1951870)

[5. Порядок](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951871&cid=1190) (629 / 9) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1951871)

[6. Степень](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951872&cid=1190) (475 / 11) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1951872)

[7. Ноль-единица](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951873&cid=1190) (590 / 9) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1951873)

[8. Делится ли на 2.3.4.5](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951874&cid=1190) (213 / 27) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1951874)

**Обучение**

**01-Котенок**

[1. Название переменных](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951877&cid=1190)

[2. Границы Карты](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951878&cid=1190)

[3. Область определения функции](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951879&cid=1190)

[4. Внести 1 в таблицу (y1)](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951880&cid=1190)

[5. Внести 1 в таблицу (y2)](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951881&cid=1190)

[6. Внести 1 в таблицу (y3)](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951882&cid=1190)

[7. Внести 1 в таблицу (y4)](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951883&cid=1190)

[8. Покрыть карту (y1)](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951884&cid=1190)

[9. Покрыть карту (y2)](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951885&cid=1190)

[10. Покрыть карту (y3)](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951886&cid=1190)

[11. Покрыть карту (y4)](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951887&cid=1190)

[12. Логические функции (y1)](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951888&cid=1190)

[13. Логические функции (y2)](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951889&cid=1190)

[14. Логические функции (y3)](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951890&cid=1190)

[15. Логические функции (y4)](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951891&cid=1190)

[16. Внести корпуса](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951892&cid=1190)

[17. Составить схему как пазл](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951893&cid=1190)

[18. На схеме указать 1 и 0 (1)](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951894&cid=1190)

[19. На схеме указать 1 и 0 (2)](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951895&cid=1190)

**02-Вакхабит**

**03-Таблица Татьяны**

**04-Дробь**

**05-Грибочки**

[1. Подключение тестовых файлов в HLCCAD](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1951976&cid=1190) (310 / 10) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1951976)

**Выполнение этих заданий обязательно снимет все оставшиеся вопросы.**

**Много полезной дополнительной информации можно найти здесь**Видео-уроки решения задач первой контрольной [**2**](http://dl.gsu.by/theory.jsp?id=5744&cid=419)

[**Создание устройств для арифметических выражений**](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=781399&cid=756)

[**Обучение проектированию устройств в HLCCAD**](http://dl.gsu.by/theory.jsp?id=4515&cid=593)

**Что порешать после лекции
для закрепления материала, повышения оценки, отработки пропусков**

**Оценка – Обучение – Элементная база – Флеш-задания -
Обучение решению задач из контрольных 1-5
 01-Котенок … 05 - Грибочки**

**Оценка**

Контрольный срез

Контроль практики

Контроль теории

Индивидуальные задания

**Обучение**

Подготовка к контрольному срезу

Подготовка к контролю практики

Введение/системы счисления

**Элементная база**

Флеш-лекции (Работа в HLCCAD)

Флеш-лекции

[1. Карты Карно (7 апреля 2009)](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1949874&cid=1190) (1 / 2150) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1949874)

[2. Карты Карно (14 сентября 2008 года)](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1949875&cid=1190) (0 / 4501) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1949875)

[3. Карты Карно (21 июля 2008 года)](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1949876&cid=1190) (1 / 2278) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1949876)

[4. Обучающий клип 1](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1949877&cid=1190) (47 / 108) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1949877)

[5. Подпись карты 2\*4](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1949878&cid=1190) (43 / 118) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1949878)

[6. Подпись карты 4\*4](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1949879&cid=1190) (39 / 129) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1949879)

[7. Обучающий клип 2](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1949880&cid=1190) (31 / 162) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1949880)

[8. Заполнение карты 2\*4](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1949881&cid=1190) (33 / 152) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1949881)

[9. Заполнение карты 4\*4](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1949882&cid=1190) (35 / 144) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1949882)

[10. Обучающий клип 3](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1949883&cid=1190) (28 / 178) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1949883)

[11. Покрытие карты 2\*4](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1949884&cid=1190) (31 / 161) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1949884)

[12. Покрытие карты 4\*4](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1949885&cid=1190) (37 / 136) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1949885)

[13. Обучающий клип 4](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1949886&cid=1190) (8 / 563) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1949886)

[14. Построение логической функции по карте 2\*4](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1949887&cid=1190) (11 / 422) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1949887)

[15. Построение логической функции по карте 4\*4](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1949888&cid=1190) (3 / 1265) [Log](http://dl.gsu.by/taskLogView.jsp?cid=1190&nid=1949888)

**Флеш-задания**

**Обучение решению задач из контрольных 1-5**

**01-Котенок**

[1. Название переменных](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1949892&cid=1190)

[2. Границы Карты](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1949893&cid=1190)

[3. Область определения функции](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1949894&cid=1190)

[4. Внести 1 в таблицу (y1)](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1949895&cid=1190)

[5. Внести 1 в таблицу (y2)](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1949896&cid=1190)

[6. Внести 1 в таблицу (y3)](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1949897&cid=1190)

[7. Внести 1 в таблицу (y4)](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1949898&cid=1190)

[8. Покрыть карту (y1)](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1949899&cid=1190)

[9. Покрыть карту (y2)](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1949900&cid=1190)

[10. Покрыть карту (y3)](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1949901&cid=1190)

[11. Покрыть карту (y4)](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1949902&cid=1190)

[12. Логические функции (y1)](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1949903&cid=1190)

[13. Логические функции (y2)](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1949904&cid=1190)

[14. Логические функции (y3)](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1949905&cid=1190)

[15. Логические функции (y4)](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1949906&cid=1190)

[16. Внести корпуса](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1949907&cid=1190)

[17. Составить схему как пазл](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1949908&cid=1190)

[18. На схеме указать 1 и 0 (1)](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1949909&cid=1190)

[19. На схеме указать 1 и 0 (2)](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1949910&cid=1190)

**02-Вакхабит**

**03-Таблица Татьяны**

**04-Дробь**

**05-Грибочки**

**Для наиболее продвинутых**

### Оценка – Индивидуальные задания - По выбору – Проектирование цифровых устройств – По таблицам истинности

### В каждой папке к оценке добавляется не более одной задачи!!!

**Оценка**

Контрольный срез

Контроль практики

Контроль теории

**Индивидуальные задания**

Обязательные

**По выбору**

**Проектирование цифровых устройств**

Логические элементы

По логическим функциям

**По таблицам истинности**

[1. Количество нулей](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1947219&cid=1190) (588 / 9)

[2. Порядок](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1947220&cid=1190) (629 / 9)

[3. Сумма делителей](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1947221&cid=1190) (523 / 10)

[4. Ноль-единица](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1947222&cid=1190) (590 / 9)

[5. Степень](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1947223&cid=1190) (475 / 11)

[6. Делится ли на 2.3.4.5](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1947224&cid=1190) (213 / 27)

[7. Sort 3](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1947225&cid=1190) (187 / 21)

[8. Sort 5](http://dl.gsu.by/task.jsp?nid=1947226&cid=1190) (100 / 39)

**Двоичная система счисления**

 Люди привыкли считать в десятичной системе счисления, составляя все числа из цифр 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. Например, 349 – 3 сотни, 4 десятка, 9 единиц. Из истории известно, что это связано с наличием 10 пальцев на руках у человека. В этом смысле так оказалось, что «у компьютеров всего два пальца» и, соответственно, всего две цифры: 0 и 1. И именно из этих цифр составляются все числа. Арифметика в двоичной системе упрощена. Рассмотрим сложение:

 0 + 0 = 0

 0 + 1 = 1

 1 + 0 = 1

 1 + 1 = 10 (0 и 1 переноса в следующий разряд)

Теперь, зная правила сложения, попробуем посчитать в двоичной системе.

Исходное число 0.

0 + 1 = 1

1 + 1 = 10 (это, кстати, 2 в десятичной системе)

10 + 1 = 11 (3 в десятичной системе)

 10

 +

 1

 ---

 11

11+1 = 100 (4 в десятичной системе счисления)

 1 (перенос из младшего разряда)

 11

 + 1

 -------

 100

100 + 1 = 101 (5 в десятичной системе счисления)

 100

 +

 1

 ------

 101

Заполните самостоятельно таблицу двоичного счета от 0 до 15 и сверьте с таблицей, приведенной далее.

|  |  |
| --- | --- |
| 0 | 0 |
| 1 | 1 |
| 2 | 10 |
| 3 | 11 |
| 4 | 100 |
| 5 | 101 |
| 6 | 110 |
| 7 | 111 |
| 8 | 1000 |
| 9 | 1001 |
| 10 | 1010 |
| 11 | 1011 |
| 12 | 1100 |
| 13 | 1101 |
| 14 | 1110 |
| 15 | 1111 |

Как проверять правильность представления числа в двоичной системе счисления?

В десятичной системе веса цифр – степени числа 10: справа налево (от младшего разряда в старшему) 1, 10, 100 (10\*10), 1000 (10\*10\*10) и т.д. В двоичной системе счисления веса цифр – степени числа 2: 1, 2, 4 (2\*2), 8 (2\*2\*2) … (справа налево, от младшего разряда к старшему).

 Например, 1101 = 1 \* 8 + 1\* 4 + 0\* 2 + 1 \* 1 = 13.

Хорошо, мы научились считать в двоичной системе счисления. А если мы хотим узнать двоичное представление числа 130 (а не 13, которое уже есть в таблице). Неужели обязательно считать в двоичном виде до 130? Нет, необязательно, можно воспользоваться алгоритмом, представленным ниже.

В общем случае для перевода числа X из десятичной системы счисления в двоичную, достаточно последовательно делить на 2 число X и получающиеся частные, и записывать остатки как цифры двоичного числа от младшего к старшему. Например, для числа 130:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | Частное  | Остаток  | Текущее представление ответа  |
| 130 | 130/2  | 65 | 0 | 0 |
| 65 |  65/2 | 32 | 1 | 10 |
| 32 | 32/2 | 16 | 0 | 010 |
| 16 | 16/2 | 8 | 0 | 0010 |
| 8 | 8/2 | 4 | 0 | 00010 |
| 4 | 4/2 | 2 | 0 | 000010 |
| 2 | 2/2 | 1 | 0 | 0000010 |
| 1 | 1/2 | 0 | 1 | 10000010 |