

## Návrh logických kombinačních obvodů (kodér, dekodér)

### Zadání

Funkce logického kombinačního obvodu může být zadána pomocí:

- ústní definice (mějme např. zadaná čísla 4270/1563),
- matematického výrazu,
- seznamu indexů,
- názvu kódu (binární, hexadecimální, oktalový, BCD, BCD+3, Gray, Johnson, Aiken, 1 z 10...),
- pravdivostní tabulkou

Kódy: BCD - binárně vyjádřená dekadická čísla 0 až 9,

BCD+3 - slouží k realizaci algoritmu násobení v assembleru pomocí sčítání,

Greyův - je používán pro snímače polohy, kdy přechod mezi sousedními kombinacemi nesmí obsahovat hazardní stavy,

Johnsonův, binární, oktalový, hexadecimální, výběrové kódy atd.

### Postup řešení

#### 1. Pravdivostní tabulka

Pro všechny typy zadání kromě zadání pomocí pravdivostní tabulky je nutné tabulku vytvořit. Zadání nemusí obsahovat všechny kombinace vstupních signálů. Nedefinované kombinace jsou tzv. neurčité stavy označované znakem X. Tabulka pro kodér se zadanými kódy 4 2 7 0 / 1 5 6 3:

| vstupní signály |   |   |   | výstupní signály |   |   |     |
|-----------------|---|---|---|------------------|---|---|-----|
| kód             | c | b | a | C                | B | A | kód |
| 4               | 1 | 0 | 0 | 0                | 0 | 1 | 1   |
| 2               | 0 | 1 | 0 | 1                | 0 | 1 | 5   |
| 7               | 1 | 1 | 1 | 1                | 1 | 0 | 6   |
| 0               | 0 | 0 | 0 | 0                | 1 | 1 | 3   |

Kód 4270 je vstupní a je zapsán zcela vlevo. Jeho binární vyjádření je v levé polovině pravdivostní tabulky. Vstupní signály se označují malými písmeny, která jsou uvedena v abecedním pořadí zleva doprava. Řazení zleva doprava odpovídá váze bitů, které rostou také zleva doprava – váhy binárních signálů jsou mocniny 2, tj.  $2^2=4$ ,  $2^1=2$ ,  $2^0=1$  a jejich součet dává desítkovou hodnotu čísla. Např.  $1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 6$ . Výstupní signály se označují velkými písmeny a také jsou uvedeny v abecedním pořadí zleva doprava. Výstupní kód 1563 je zapsán zcela vpravo.

#### 2. Minimalizace funkce - Karnaughovy mapy

Po vytvoření pravdivostní tabulky, která přesně definuje požadovanou funkci, je nutné funkci minimalizovat. Z mnoha možných metod je výhodné použití K. map. Pro každou

funkci musí být samostatná K. mapa. Pro více jak 5 proměnných již je lépe použít jinou metodu. K. mapy je nutné správně označit. Je více variant označení map. Na následujícím obrázku jsou uvedeny 2 možnosti se shodným významem:

|   |   |    |    |    |    |
|---|---|----|----|----|----|
|   |   | ba |    |    |    |
|   |   | 00 | 01 | 11 | 10 |
| c | 0 |    |    |    |    |
|   | 1 |    |    |    |    |

|   |  |   |  |   |  |
|---|--|---|--|---|--|
|   |  | a |  | b |  |
|   |  |   |  |   |  |
| c |  |   |  |   |  |
|   |  |   |  |   |  |

Do připravených K. map se zapíše minimalizovaná funkce, tak jak je dále řešen příklad:

|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
|   |   | A |   |   |   |
|   |   | a |   | b |   |
| c | 0 | 1 | X | X | 1 |
|   | 1 | 1 | X | 0 | X |

|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
|   |   | B |   |   |   |
|   |   | a |   | b |   |
| c | 0 | 1 | X | X | 0 |
|   | 1 | 0 | X | 1 | X |

|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
|   |   | C |   |   |   |
|   |   | a |   | b |   |
| c | 0 | 0 | X | X | 1 |
|   | 1 | 0 | X | 1 | X |

### 3. Smyčky v K. mapách

Pravidla pro tvorbu smyček:

- co nejmenší počet co největších smyček musí zahrnout všechna políčka s 1,
- počet políček ve smyčce může být jen mocnina 2, tj. 0, 1, 2, 4, 8, 16 ...,
- smyčky mohou být umístěny jen v pravoúhlém systému, nikdy ne úhlopříčně,
- okraje K. mapy spolu sousedí, takže smyčky mohou přecházet přes strany a rohy,
- do smyček je možné zahrnout i neurčitá stavy (pokud to nekoliduje se zadáním) podle výhodnosti při vytváření smyček, neurčitý stav lze tedy považovat za log. 0 nebo 1 podle potřeby.

Pokud není v mapě žádná hodnota (žádná 1) pro kterou by se smyčka měla vytvořit je funkce = 0. Pokud se v mapě vytvoří smyčka přes celou mapu je funkce = 1.

Následující obrázek ukazuje vytvořené smyčky:

|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
|   |   | A |   |   |   |
|   |   | a |   | b |   |
| c | 0 | 1 | X | X | 1 |
|   | 1 | 1 | X | 0 | X |

|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
|   |   | B |   |   |   |
|   |   | a |   | b |   |
| c | 0 | 1 | X | X | 0 |
|   | 1 | 0 | X | 1 | X |

|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
|   |   | C |   |   |   |
|   |   | a |   | b |   |
| c | 0 | 0 | X | X | 1 |
|   | 1 | 0 | X | 1 | X |

### 4. Zápis minimalizované funkce ze smyček

Zápis minimalizované funkce má tvar součtu součinů. Součinů je tolik, kolik je smyček. Čím je smyčka větší, tím méně má součin členů. Do součinu se zapisují ty proměnné, které v dané smyčce nemění svou hodnotu. Lze zapisovat i invertovanou funkci (minimalizace pro log. 0). Příklad řešení podle předchozích smyček je:

$$A = \bar{a}, \quad B = \bar{b} \cdot \bar{c} + a \cdot b, \quad C = b.$$

### 5. Úprava funkce pro zadaný typ log. obvodů

K úpravě je nutné použít 2 zákonů Booleovy algebry:

- zákon NEGACE-NEGACE
- zákon DeMorganův

Zadaným typem log obvodů mohou být hradla AND, OR, NAND, NOR nebo XOR

Nejčastěji jsou to hradla NAND.

Řešení příkladu pomocí hradel NAND vyžaduje pouze úpravu signálu B:

$$B = \bar{b} \cdot \bar{c} + a \cdot b = \overline{\overline{\bar{b} \cdot \bar{c} + a \cdot b}} = \overline{\overline{\bar{b} \cdot \bar{c}} \cdot \overline{a \cdot b}} = \overline{\overline{\bar{b} \cdot \bar{c}} \cdot \overline{a \cdot b}}.$$

## 6. Nakreslení schéma

Pro celý kombinační log. obvod je výhodné nakreslit v první řadě signálovou sběrnici obsahující všechny potřebné vstupní signály případně i s jejich negacemi. Na levé straně schématu se nakreslí svislý rozvod signálů  $a$ ,  $b$ ,  $c$  a s pomocí invertorů se vytvoří negované  $\bar{a}$ ,  $\bar{b}$ ,  $\bar{c}$ . Výška sběrnice se volí podle potřeby. Z této sběrnice se potom odebírají potřebné vstupní signály pro jednotlivé kombinační obvody. Využívá se pokud možno celých integrovaných obvodů:

- 7404 6x invertor
- 7400 4x 2vstupový NAND
- 7410 3x 3vstupový NAND
- 7420 2x 4vstupový NAND...

Nevyužité vstupy hradel se připojují na neutrální log. hodnotu - pro NAND je to log. 1, pro NOR je to log. 0, nebo se spojují se sousedním zapojeným vstupem.

Nakreslené schéma se opatří popisy označení hradel zohledňující pořadí hradla v konkrétním integrovaném obvodu např. IO1.1, IO1.2, IO1.3 ... typ 7400 a popisem čísel vývodů podle katalogových listů. (Označení IO1.3 říká, že se jedná o třetí hradlo v prvním integrovaném obvodě.) Tím je schéma připravené k realizaci na propojovacím poli.

## 7. Realizace schéma

Na propojovacím poli se vhodně rozmístí integrované obvody v doporučené poloze klíčem (zářezem) nahoru. To umožňuje snadnou orientaci vývodů, které jsou číslovány proti směru hodinových ručiček počínaje vývodem vlevo nahoře. Napájení je u log. obvodů většinou na vývodech vlevo dole (GND = zem = nulový potenciál = log. 0) a vpravo nahoře (+Ucc = 5V = log. 1). Napájení se zapojí jako první - rozvod napětí +5V červenými a 0V modrými vodiči. Ostatní signály se zapojí následně vhodně volenými barvami (jiné než červené a modré).

Řešený příklad vede ke následujícímu schéma připraveného k realizaci na propojovacím poli:

