

Dally, Harting and Aamodt: Digital Design Using VHDL

Kapitel 3

- 3.1 Vi använder en sanningstabell för att visa absorbtionsegenskapen

$$x \cdot (x + y) = x$$

x	y	$x + y$	$x \cdot (x + y)$
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	1
1	1	1	1

Figur 3.1 Sanningstabell

- 3.2 Återigen tar vi hjälp av en sanningstabell, nu för att visa likhets-egenskapen

$$x \cdot x = x$$

x	$x \cdot x$
0	0
1	1

Figur 3.2 Sannings-
tabell

- 3.3 Vi använder sanningstabell för att visa den associativa egenskapen som finns i två varianter. Först OCH-varianten

$$x \cdot (y \cdot z) = (x \cdot y) \cdot z$$

x	y	z	$y \cdot z$	$x \cdot (y \cdot z)$	$x \cdot y$	$(x \cdot y) \cdot z$
0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0
1	1	0	0	0	1	0
1	1	1	1	1	1	1

Figur 3.3a Sanningstabell

De två sidorna överensstämmer.



3.3 forts.

Och sedan ELLER-varianten

$$x + (y + z) = (x + y) + z$$

x	y	z	$y + z$	$x + (y + z)$	$x + y$	$(x + y) + z$
0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	0	1
0	1	0	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	1
1	0	1	1	1	1	1
1	1	0	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1

Figur 3.3 Sanningstabell

Även dom överensstämmer.

3.4 Vi skall visa att den distributiva regeln gäller. Även den finns i två varianter. Först OCH-ELLER-versionen

$$x \cdot (y + z) = x \cdot y + x \cdot z$$

x	y	z	$y + z$	$x \cdot (y + z)$	$x \cdot y$	$x \cdot z$	$x \cdot y + x \cdot z$
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	1	0	1	1
1	1	0	1	1	1	0	1
1	1	1	1	1	1	1	1

Figur 3.4a Sanningstabell för OCH över ELLER

Egenskapen stämmer.

Vi fortsätter med ELLER-OCH-versionen

$$x + y \cdot z = (x + y) \cdot (x + z)$$

3.4 forts.

x	y	z	$y \cdot z$	$x + y \cdot z$	$x + y$	$x + z$	$(x + y) \cdot (x + z)$
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	1	0	0
0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	1	1
1	0	1	0	1	1	1	1
1	1	0	0	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1

Figur 3.4 Sanningstabell för ELLER över OCH

Även den stämmer.

3.5 Vi skall visa att OCH och ELLER inte är detsamma som GÅNGER och PLUS. Vi tar ett slumpmässigt exempel som då skall uppfylla

$$x + y \cdot z = (x + y) \cdot (x + z)$$

$$x = 3, y = 4, z = 5$$

$$x + y \cdot z = 3 + 4 \cdot 5 = 3 + 20 = 23$$

$$(x + y) \cdot (x + z) = (3 + 4) \cdot (3 + 5) = 7 \cdot 8 = 56$$

Resultaten är olika

3.6 Vi tar en variant i taget. Först

$$\overline{x \cdot y \cdot z \cdot w} = \bar{x} + \bar{y} + \bar{z} + \bar{w}$$

x	y	z	w	$x \cdot y \cdot z \cdot w$	$\overline{x \cdot y \cdot z \cdot w}$	$\bar{x}$	$\bar{y}$	$\bar{z}$	$\bar{w}$	$\bar{x} + \bar{y} + \bar{z} + \bar{w}$
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1
0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1
0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1
0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1
0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1
0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1
1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1
1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1
1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1
1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1
1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1
1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1
1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1
1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0

Figur 3.6a Sanningstabell för $\overline{x \cdot y \cdot z \cdot w} = \bar{x} + \bar{y} + \bar{z} + \bar{w}$

Sidorna överensstämmer

3.6 forts.

och sedan

$$\overline{x + y + z + w} = \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} \cdot \bar{w}$$

x	y	z	w	$x + y + z + w$	$\overline{x + y + z + w}$	$\bar{x}$	$\bar{y}$	$\bar{z}$	$\bar{w}$	$\bar{x} \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} \cdot \bar{w}$
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0
0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0
0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0
0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0
0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0
0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0
0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0
1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0
1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0
1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0
1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0
1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0
1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0

Figur 3.6b Sanningstabell för $\overline{x + y + z + w} = \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} \cdot \bar{w}$

Återigen får vi samma resultat på båda sidorna

3.7 Vi skall illustrera dualitetsegenskapen

$$f^D(\bar{a}, \bar{b}, \dots) = \overline{f(a, b, \dots)}$$

Vi hittar på ett uttryck

$$\begin{aligned} f(x, y, z) &= x \cdot y + x \cdot z + y \cdot z = \overline{\bar{x} + \bar{y}} + \overline{\bar{x} + \bar{z}} + \overline{\bar{y} + \bar{z}} = \\ &= \overline{(\bar{x} + \bar{y}) \cdot (\bar{x} + \bar{z}) \cdot (\bar{y} + \bar{z})} \end{aligned}$$

$$f^D(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}) = (\bar{x} + \bar{y}) \cdot (\bar{x} + \bar{z}) \cdot (\bar{y} + \bar{z}) = \overline{f(x, y, z)}$$

Egenskapen gäller

3.8 Vi skall förenkla uttrycket

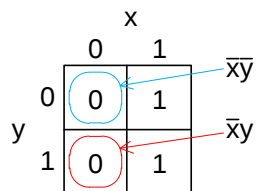
$$f = (x + y) \cdot (x + \bar{y}) = x \cdot x + x \cdot \bar{y} + x \cdot y + y \cdot \bar{y} = x + x \cdot \bar{y} + x \cdot y + 0 =$$

$$= x \cdot (1 + \bar{y} + y) = x$$

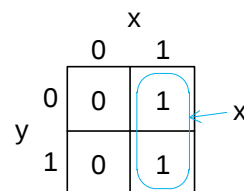
Vi kan även använda Karnaughdiagram men får då omforma uttrycket till sum-of-product-form (SOP)

$$\bar{f} = \overline{(x + y) \cdot (x + \bar{y})} = \overline{x + y} + \overline{x + \bar{y}} = \bar{x} \cdot \bar{y} + \bar{x} \cdot y = \bar{x} \cdot \bar{y} + \bar{x} \cdot y$$

Vi lägger in uttrycket i Karnaughdiagram, *Figur 3.8a*. Notera att då vi hanterar $\bar{f}$ så är det **nollorna** vi ska lägga in.



Figur 3.8a



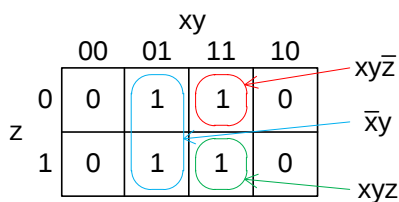
Figur 3.8b

3.9 En förenkling till

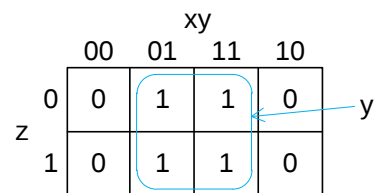
$$f = x \cdot y \cdot z + \bar{x} \cdot y + x \cdot y \cdot \bar{z} = x \cdot y \cdot (z + \bar{z}) + \bar{x} \cdot y = x \cdot y \cdot 1 + \bar{x} \cdot y =$$

$$= x \cdot y + \bar{x} \cdot y = (x + \bar{x}) \cdot y = y$$

Vi kan nå samma resultat med Karnaughdiagram



Figur 3.9a



Figur 3.9b

3.10 Vi skall förenkla uttrycket

$$f = (y \cdot \bar{z} + \bar{x} \cdot w) \cdot (x \cdot \bar{y} + z \cdot \bar{w}) =$$

$$= x \cdot y \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} + y \cdot z \cdot \bar{z} \cdot \bar{w} + x \cdot \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot w + \bar{x} \cdot z \cdot w \cdot \bar{w} =$$

3.10 forts.

$$= x \cdot 0 \cdot \bar{z} + y \cdot 0 \cdot \bar{w} + 0 \cdot \bar{y} \cdot w + \bar{x} \cdot z \cdot 0 = 0$$

3.11 Vi skall förenkla uttrycket

$$f = x \cdot y + x \cdot (z \cdot w + \bar{z} \cdot w) = x \cdot y + x \cdot (z + \bar{z}) \cdot w = x \cdot y + x \cdot w = x \cdot (y + w)$$

3.12 Vi skall förenkla uttrycket

$$\begin{aligned} f &= \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot w + \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot z \cdot w + x \cdot \bar{y} \cdot z \cdot w = \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot w + (\bar{x} + x) \cdot \bar{y} \cdot z \cdot w = \\ &= \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot w + \bar{y} \cdot z \cdot w = (\bar{x} \cdot \bar{y} + \bar{y} \cdot z) \cdot w = (\bar{x} + z) \cdot \bar{y} \cdot w \end{aligned}$$

Vi kan använda Karnaughdiagram

		xy			
		00	01	11	10
zw	00	0	0	0	0
	01	1	0	0	0
	11	1	0	0	1
	10	0	0	0	0

Figur 3.13a Karnaughdiagram

		xy			
		00	01	11	10
zw	00	0	0	0	0
	01	1	0	0	0
	11	1	0	0	1
	10	0	0	0	0

Figur 3.13b Förenklat Karnaughdiagram

3.13 Vi skall söka den duala funktionen till följande uttryck och svara på normalform

$$f(x, y) = x \cdot \bar{y} + \bar{x} \cdot y$$

$$f^D(x, y) = (x + \bar{y}) \cdot (\bar{x} + y) = x \cdot \bar{x} + x \cdot y + \bar{x} \cdot \bar{y} + y \cdot \bar{y} = x \cdot y + \bar{x} \cdot \bar{y}$$

3.14 Vi skall söka den duala funktionen till följande uttryck och svara på normalform

$$f(x, y, z) = x \cdot y + x \cdot z + y \cdot z$$

$$f^D(x, y, z) = (x + y) \cdot (x + z) \cdot (y + z)$$

3.15 Vi skall söka den duala funktionen till följande uttryck och svara på normalform

$$f(x, y, z) = x \cdot (y \cdot z + \bar{y} \cdot \bar{z}) + \bar{x} \cdot (y \cdot \bar{z} + \bar{y} \cdot z)$$

3.15 forts.

$$\begin{aligned}
 f^D(x,y,z) &= [x + (y + z) \cdot (\bar{y} + \bar{z})] \cdot [\bar{x} + (y + \bar{z}) \cdot (\bar{y} + z)] = \\
 &= (x + y \cdot \bar{y} + y \cdot \bar{z} + \bar{y} \cdot z + z \cdot \bar{z}) \cdot (\bar{x} + y \cdot \bar{y} + y \cdot z + \bar{y} \cdot \bar{z} + z \cdot \bar{z}) = \\
 &= (x + y \cdot \bar{z} + \bar{y} \cdot z) \cdot (\bar{x} + y \cdot z + \bar{y} \cdot \bar{z}) = \\
 &= x \cdot \bar{x} + x \cdot y \cdot z + x \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} + \bar{x} \cdot y \cdot \bar{z} + y \cdot y \cdot z \cdot \bar{z} + y \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} \cdot \bar{z} + \\
 &+ \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot z + y \cdot \bar{y} \cdot z \cdot z + \bar{y} \cdot \bar{y} \cdot z \cdot z = \\
 &= x \cdot y \cdot z + x \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} + \bar{x} \cdot y \cdot \bar{z} + \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot z
 \end{aligned}$$

3.16 Vi skall skriva uttrycket på normalform

$$\begin{aligned}
 x \cdot \bar{y} + \bar{x} \cdot z &= x \cdot \bar{y} \cdot (z + \bar{z}) + \bar{x} \cdot (y + \bar{y}) \cdot z = \\
 &= x \cdot \bar{y} \cdot z + x \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} + \bar{x} \cdot y \cdot z + \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot z
 \end{aligned}$$

3.17 Vi skall skriva uttrycket på normalform

$$\begin{aligned}
 f(x,y,z) = x &= x \cdot (y + \bar{y}) \cdot (z + \bar{z}) = x \cdot (y \cdot z + y \cdot \bar{z} + \bar{y} \cdot z + \bar{y} \cdot \bar{z}) = \\
 &= x \cdot y \cdot z + x \cdot y \cdot \bar{z} + x \cdot \bar{y} \cdot z + x \cdot \bar{y} \cdot \bar{z}
 \end{aligned}$$

3.18 Vi skall skriva uttrycket på normalform

$$\begin{aligned}
 f(x,y,z) = x &= x \cdot (y \cdot z + \bar{y} \cdot \bar{z}) + \bar{x} \cdot (y \cdot \bar{z} + \bar{y} \cdot z) = \\
 &= x \cdot y \cdot z + x \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} + \bar{x} \cdot y \cdot \bar{z} + \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot z
 \end{aligned}$$

3.19 Vi skall skriva ett uttryck på normalform men får börja med att ta fram uttrycket och det gör vi enklast med en sanningstabell som också direkt ger oss normalformstermerna

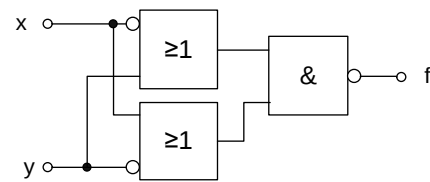
x	y	z	$f(x,y,z)$
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

Figur 3.19

3.19 forts.

$$f(x,y,z) = \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} + \bar{x} \cdot y \cdot z + x \cdot \bar{y} \cdot z + x \cdot y \cdot \bar{z}$$

3.20 Vi har kopplingsschemat i *Figur 3.20*, som kommer från bokens *Figure 3.10a*, sidan 56, och skall ta fram det förenklade logiska uttrycket för kopplingen

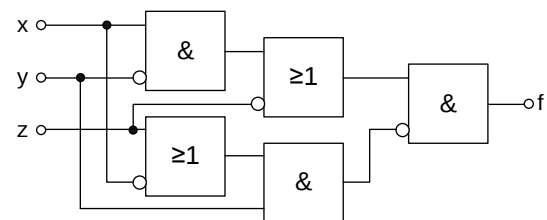


Figur 3.20

$$\overline{(\bar{x} + y) \cdot (x + \bar{y})} = \overline{\bar{x} + y} + \overline{x + \bar{y}} = \bar{\bar{x}} \cdot \bar{y} + \bar{x} \cdot \bar{\bar{y}} = x \cdot \bar{y} + \bar{x} \cdot y$$

Vi har en XOR-krets

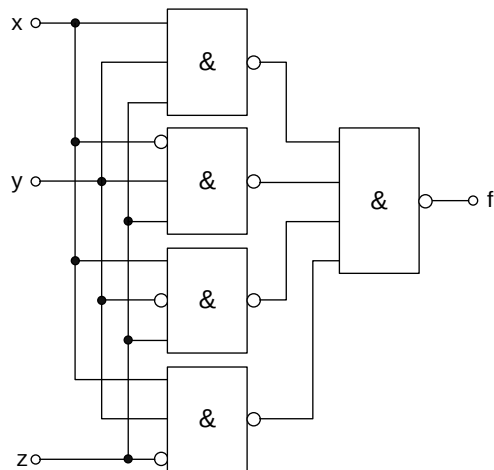
3.21 Vi har kopplingsschemat i *Figur 3.21*, som kommer från bokens *Figure 3.10b*, sidan 56, och skall ta fram det förenklade logiska uttrycket för kopplingen



Figur 3.21

$$\begin{aligned} f &= (x \cdot \bar{y} + \bar{z}) \cdot \overline{(\bar{x} + z) \cdot y} = (x \cdot \bar{y} + \bar{z}) \cdot (\bar{\bar{x} + z} + \bar{y}) = \\ &= (x \cdot \bar{y} + \bar{z}) \cdot (x \cdot \bar{z} + \bar{y}) = \\ &= x \cdot x \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} + x \cdot \bar{y} \cdot \bar{y} + x \cdot \bar{z} \cdot \bar{z} + \bar{y} \cdot \bar{z} = \\ &= x \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} + x \cdot \bar{y} + x \cdot \bar{z} + \bar{y} \cdot \bar{z} = \\ &= x \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} + x \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} + x \cdot \bar{y} + x \cdot \bar{z} + \bar{y} \cdot \bar{z} = \\ &= x \cdot \bar{y} \cdot (1 + \bar{z}) + x \cdot (1 + \bar{y}) \cdot \bar{z} + \bar{y} \cdot \bar{z} = x \cdot \bar{y} + x \cdot \bar{z} + \bar{y} \cdot \bar{z} \end{aligned}$$

3.22 Vi har kopplingsschemat i *Figur 3.22*, som kommer från bokens *Figure 3.10c*, sidan 56, och skall ta fram det förenklade logiska uttrycket för kopplingen

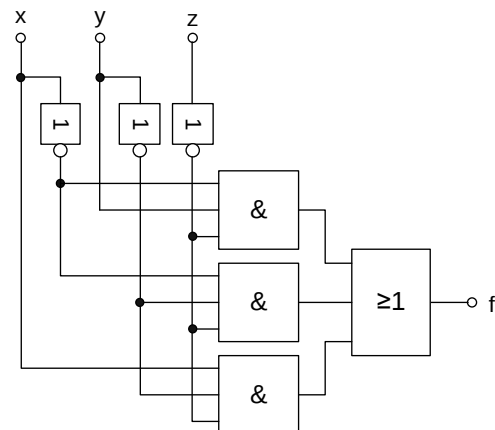


Figur 3.22

$$\begin{aligned}
 f &= \overline{\overline{x \cdot y \cdot z} \cdot \overline{\bar{x} \cdot y \cdot z} \cdot \overline{x \cdot \bar{y} \cdot z} \cdot \overline{x \cdot y \cdot \bar{z}}} = \\
 &= \overline{\overline{x \cdot y \cdot z}} + \overline{\overline{\bar{x} \cdot y \cdot z}} + \overline{\overline{x \cdot \bar{y} \cdot z}} + \overline{\overline{x \cdot y \cdot \bar{z}}} = \\
 &= x \cdot y \cdot z + \bar{x} \cdot y \cdot z + x \cdot \bar{y} \cdot z + x \cdot y \cdot \bar{z} = \\
 &= x \cdot y \cdot z + x \cdot y \cdot z + x \cdot y \cdot z + x \cdot y \cdot z + \bar{x} \cdot y \cdot z + x \cdot \bar{y} \cdot z + x \cdot y \cdot \bar{z} = \\
 &= (x + \bar{x}) \cdot y \cdot z + x \cdot (y + \bar{y}) \cdot z + x \cdot y \cdot (z + \bar{z}) = y \cdot z + x \cdot z + x \cdot y
 \end{aligned}$$

3.23 Vi skall ta fram en koppling som beskriver det oförenklade uttrycket

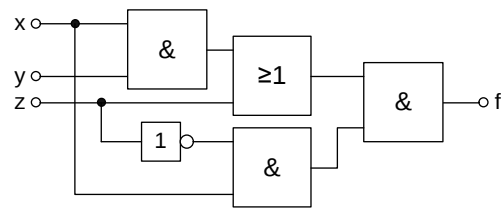
$$f(x, y, z) = \bar{x} \cdot y \cdot \bar{z} + \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} + x \cdot \bar{y} \cdot \bar{z}$$



Figur 3.23 Kretsschema

3.24 Vi skall ta fram en koppling som beskriver det oförenklade uttrycket

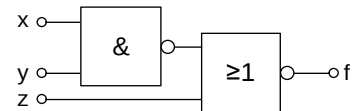
$$f(x, y, z) = (x \cdot y + z) \cdot (x \cdot \bar{z})$$



Figur 3.24 Kretsschema

3.25 Vi skall ta fram en koppling som beskriver det oförenklade uttrycket

$$f(x, y, z) = \overline{x \cdot y} + z$$



Figur 3.25 Kretsschema

3.26 Vi skall från systembeskrivningen ta fram ett oförenklat logiskt uttryck som vi sedan gör om till koppling. Vi startar med en sannings-tabell

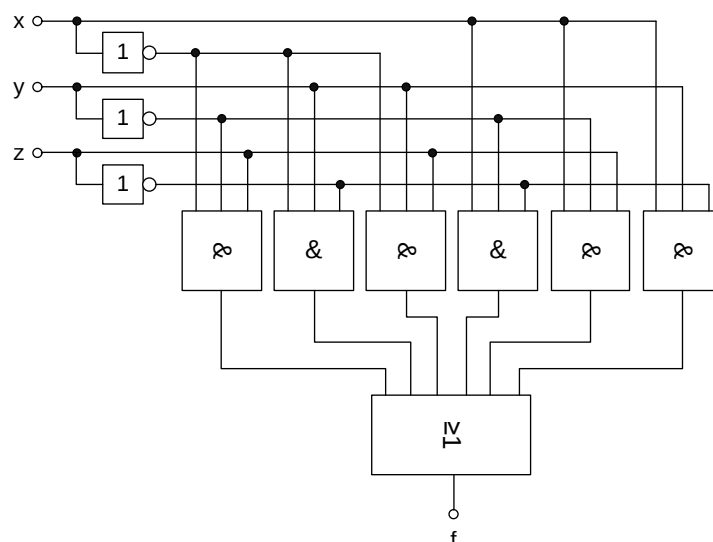
x	y	z	$f(x, y, z)$
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

Figur 3.26a Sanningstabell

Som ger uttrycket

$$f(x, y, z) = \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot z + \bar{x} \cdot y \cdot \bar{z} + \bar{x} \cdot y \cdot z + x \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} + x \cdot \bar{y} \cdot z + x \cdot y \cdot \bar{z}$$

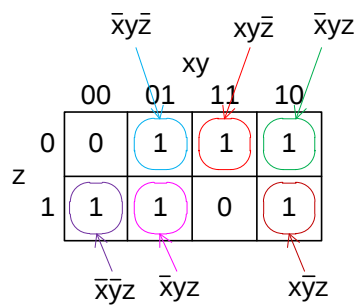
Och kopplingen i Figur 3.26b



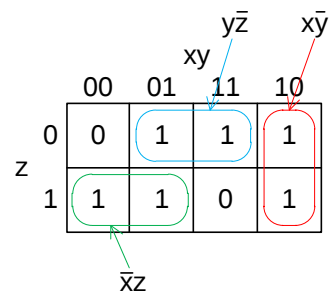
Figur 3.26b Oförenklat kretsschema

3.26 forts.

Låt oss förenkla med hjälp av Karnaughdiagram, *Figur 3.26c och d*



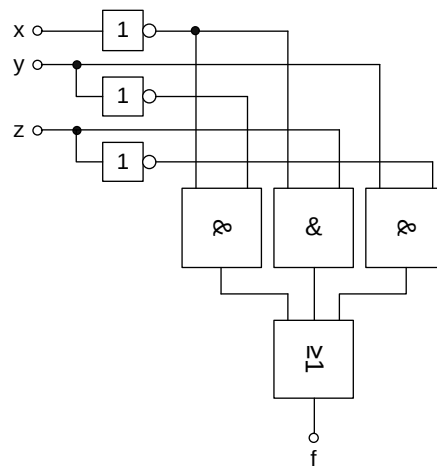
Figur 3.26c Karnaughdiagram



Figur 3.26d Minimering med Karnaughdiagram

Vi får det förenklade uttrycket nedan och det förenklade schemat i *Figur 3.26e*

$$f(x, y, z) = \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} + \bar{x} \cdot z + y \cdot \bar{z}$$



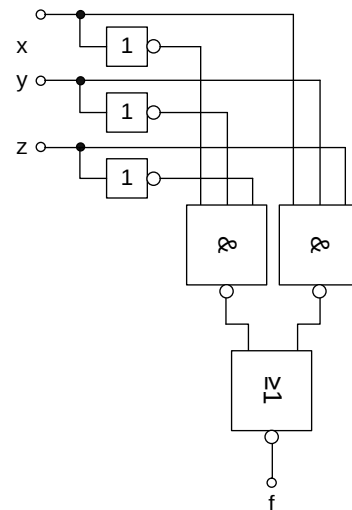
Figur 3.26e Förenklat kretschema

Vi kan alternativt se på nollorna

$$f(x, y, z) = \overline{\bar{x} \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} + x \cdot y \cdot z} = \overline{\bar{x} \cdot \bar{y} \cdot \bar{z}} \cdot \overline{x \cdot y \cdot z}$$

3.26 forts.

Här finns ingen förenkling och vi får schemat i *Figur 3.26f*



Figur 3.26f Förenklat kretschema

3.27 Vi skall skriva VHDL-kod som realiserar det logiska uttrycket

$$f(x,y,z) = x \cdot y + \bar{x} \cdot z$$

```

-----
-- ex3_27.vhdl  --
-----

```

```

LIBRARY ieee;
USE ieee.std_logic_1164.ALL;

ENTITY ex3_27 IS
    PORT (x:IN STD_LOGIC;
          y:IN STD_LOGIC;
          z:IN STD_LOGIC;
          f:OUT STD_LOGIC);
END ex3_27;

ARCHITECTURE arch_ex3_27 OF ex3_27 IS
BEGIN
    f<=(x AND y) OR
        (NOT(x) AND z);
END arch_ex3_27;

```

och simulerar med en do-fil

3.27 forts.

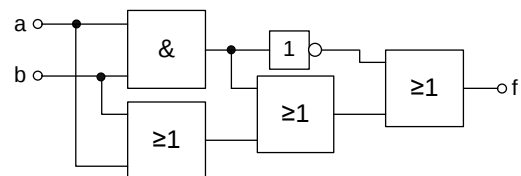
```
-----
-- ex3_27.do --
-----
```

```
restart -f -nowave
view signals wave
add wave x y z f
force x 0 0ns, 1 100ns -repeat 200ns
force y 0 0ns, 1 200ns -repeat 400ns
force z 0 0ns, 1 400ns -repeat 800ns
run 800ns
```

Lägg märke till att vi förenklar tilldelningen av värden till signalerna genom att behandla signalerna som symmetriska klocksignaler med olika periodtid

3.28 Vi har det logiska schemat i *Figur 3.11*, sidan 57, som vi upprepar i *Figur 3.28a*

a) Vi skall teckna det oförenklade logiska uttryck som beskriver figuren



Figur 3.28a Oförenklat kretschema

$$f(a, b) = a \cdot b + (a + b) + \overline{a \cdot b}$$

b) Vi tar fram uttryckets dualform

$$f^D(a, b) = (a + b) \cdot (a \cdot b) \cdot \overline{a + b}$$

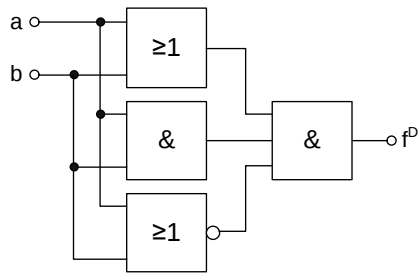
$$f^D(\bar{a}, \bar{b}) = (\bar{a} + \bar{b}) \cdot (\bar{a} \cdot \bar{b}) \cdot \overline{\bar{a} + \bar{b}}$$

$$\overline{f(a, b)} = \overline{a \cdot b + (a + b) + \overline{a \cdot b}} = \overline{a \cdot b} \cdot \overline{a + b} \cdot \overline{\overline{a \cdot b}} = \overline{a \cdot b} \cdot \overline{a + b} \cdot a \cdot b =$$

$$= (\bar{a} + \bar{b}) \cdot (\bar{a} \cdot \bar{b}) \cdot \overline{\bar{a} + \bar{b}} = f^D(\bar{a}, \bar{b})$$

3.28 forts.

c)



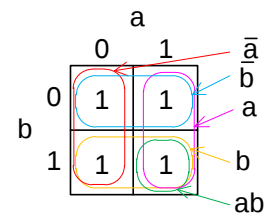
Figur 3.28b Oförenklad dualform

d) Vi förenkla ursprungsuttrycket

$$f(a,b) = a \cdot b + (a + b) + \overline{a \cdot b} = a \cdot b + a + b + \bar{a} + \bar{b}$$

$$= a \cdot b + (a + \bar{a}) + (b + \bar{b}) = a \cdot b + 1 + 1 = 1$$

Vi kan också göra det med Karnaughdiagram



Figur 3.28c Karnaughdiagram

e) $f(a,b) = a \cdot b + (a + b) + \overline{a \cdot b}$

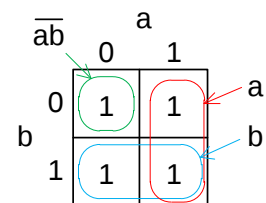
Tittar vi i kretsschemat så ser vi att vi har två grenar

Övre gren: $\overline{a \cdot b}$

Nedre gren: $a \cdot b + (a + b)$

Vi lägger in dessa i Karnaughdiagram, Figur 3.28d.

Vi kan se att tack vara inverteraren och summatorn så täcker vi alla möjliga kombinationer.



Figur 3.28d Karnaughdiagram