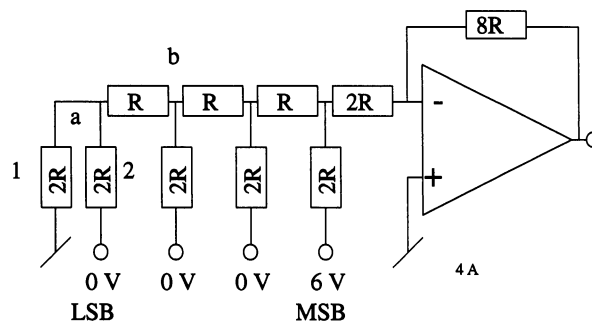


# D/A- konverter 2

## Indholdsfortegnelse

- 1.0 R-2R kobling, side 2
- 2.0 Eksempel 1, side 6
  - 2.1 Facitliste til eksempel 1, side 7
- 3.0 Eksempel 2, side 8
  - 3.1 Facitliste til eksempel 2, side 9
- 4.0 Opgaver, side 10
- 5.0 Facitliste, side 12

## 1.0 R-2R kobling



En D/A-konverter der ofte anvendes, er R-2R koblingen.

Modstandene i indgangen har enten værdien  $R$  eller  $2R$ .

Vælges den mindste til  $10k\Omega$ , er den store  $20k\Omega$ .

Skal der regnes på opstillingen, er der den fordel, at det kun er nødvendigt, at beregne hvilken værdi MSB får på udgangen.

Kender man den giver de andre sig selv, da det næste bit får den halve værdi af MSB osv.

Man går udfra at MSB = "1", og de andre indgange = "0".

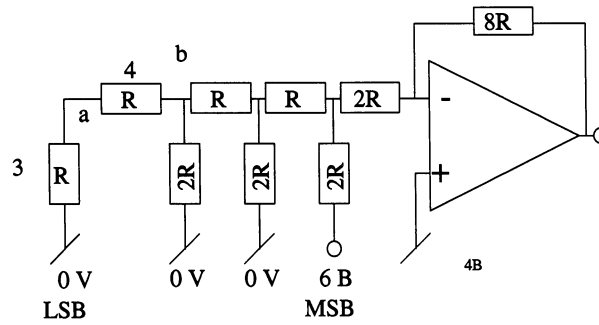
I det viste eksempel er  $U_{ref} = 6$  Volt og  $R_m = 8R$ .

Skal udgangsspændingen beregnes, gøres det lettest ved at finde strømmen i modstanden, der er forbundet til MSB.

Når strømmen skal beregnes, skal man finde den samlede modstand fra MSB til stel.

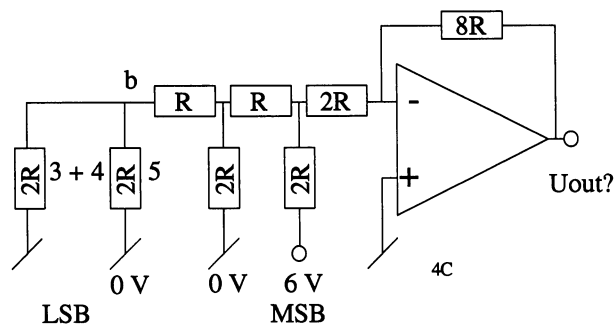
Man begynder ved punkt a, og finder den samlede værdi af modstandene 1 og 2. Modstand 1 og 2 parallelforbindes.

**Hvilken værdi får modstand 1 og 2?**



$1 // 2 = 2R // 2R = \underline{1R}$  eller blot  $R$ . Modstanden benævnes 3.

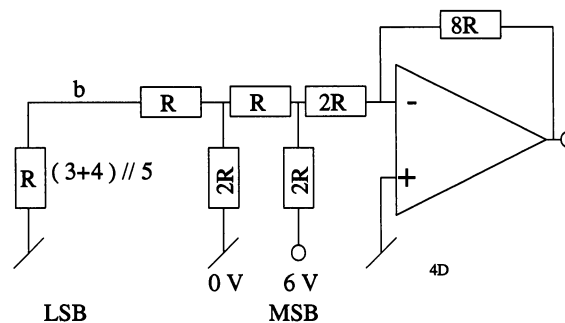
Fra punkt b lægger man modstand 3 og 4 sammen. Det giver  $2R$ .



Fra punkt b lægges modstand  $3+4$  "sammen" med modstand 5.

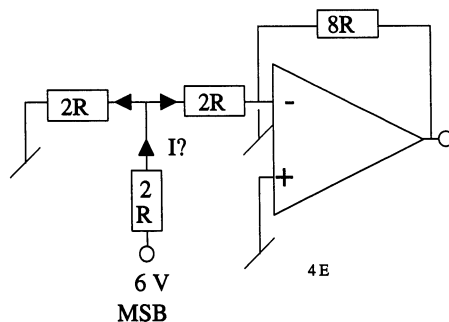
**Hvilken værdi får modstandene?**

$$(3+4) // 5 = 2R // 2R = \underline{R}$$



Sådan fortsætter man med alle modstandene til venstre for MSB.

**Hvilken værdi får modstandene til venstre for MSB?**



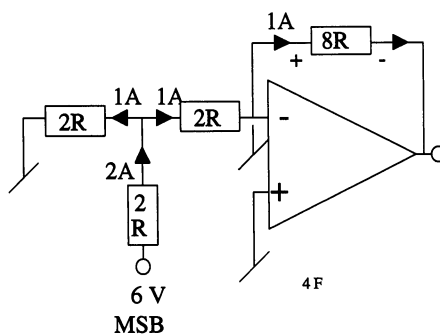
Den samlede modstand til venstre for MSB bliver  $2R$ .

Læg mærke til indgangen på operationsforstærkeren ligger til stel. Punktet kaldes Virtual Ground.

**Hvor stor er den samlede modstand fra MSB til stel?**

$$R_{\text{tot}} = (2R // 2R) + 2R = \underline{3R}$$

**Hvor stor bliver strømmen i modstanden?**



$$I = \frac{U_{\text{ref}}}{R_{\text{tot}}} = \frac{6\text{ V}}{3R} = \underline{2\text{ A}}$$

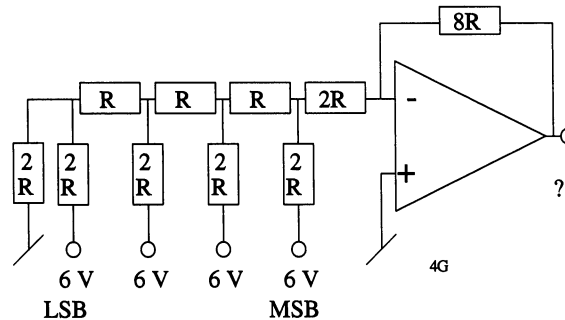
Da modstandene til venstre og højre er lige store, deler strømmen sig ligeligt. I hver modstand går der  $1\text{ A}$ . Den strøm der går ind til operationsforstærkeren fortsætter gennem  $R_m$  til udgangen.

Der er pludt hvor strømmen løber ind i modstanden, og minus hvor den løber ud. Spændingen på udgangen er derfor negativ.

**Hvor stor bliver spændingen på udgangen?**

Spændingen på udgangen bliver.

$$U_{\text{out MSB}} = I_{\text{Rm}} \times R_{\text{m}} = -1\text{A} \times 8R = \underline{-8\text{ V}}$$



Når værdien af MSB på udgangen kendes, kan værdien af de andre "Bit" beregnes.

Nr. 2 får værdien -4 V på udgangen.

Nr. 3 får værdien -2 V på udgangen.

LSB får værdien -1 V på udgangen.

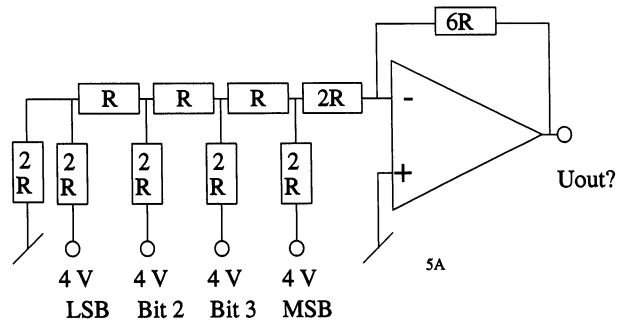
**Hvilken værdi bliver der på udgangen, når alle indgange er 6 V**

Hvis alle indgangene er forbundet til referencespændingen på 6 V, bliver udgangsspændingen  $-8\text{v} + (-4\text{v}) + (-2\text{v}) + (-1\text{v}) = \underline{-15\text{v}}$

Er den maximale spænding på udgangen fundet, kan værdien af LSB beregnes ved at dividere den med 15.

Her bliver LSB -1 V.

## 2.0 Eksempel 1



Beregn først  $I_{tot}$  og  $I_{Rm}$ .

$I_{tot}$  er ca. \_\_\_\_\_

$I_{Rm}$  er ca. \_\_\_\_\_

Beregn værdien af alle bit på udgangen.

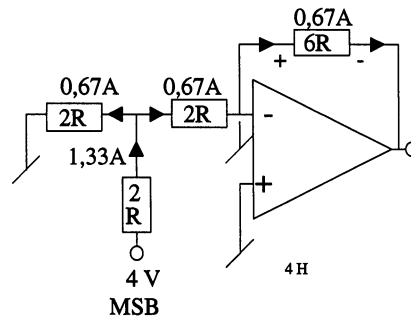
MSB er ca. \_\_\_\_\_

Bit 3 er ca. \_\_\_\_\_

Bit 2 er ca. \_\_\_\_\_

LSB er ca. \_\_\_\_\_

## 2.1 Facitliste til eksempel 1



Man starter fra MSB og finder den samlede modstand til venstre.

Den bliver  $2R$ .

Set fra MSB til stel er den samlede modstand  $3R$ .

Strømmen bliver.

$$I_{\text{tot}} = \frac{U_{\text{ref}}}{R_{\text{tot}}} = \frac{4 \text{ V}}{3 R} = \underline{1,33 \text{ A}}$$

Strømmen i  $R_m$  er.

$$I_{R_m} = \frac{I_{\text{tot}}}{2} = \underline{0,67 \text{ A}}$$

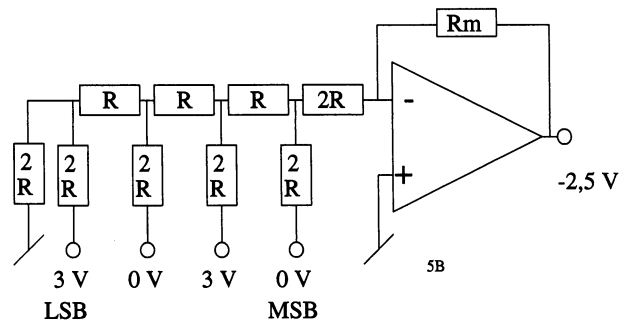
$$U_{\text{out MSB}} = I_{R_m} \times R_m = \underline{-4 \text{ V}}$$

$$\text{Bit 3} = \frac{\text{MSB}}{2} = \frac{4 \text{ V}}{2} = \underline{-2 \text{ V}}$$

$$\text{Bit 2} = \frac{\text{MSB}}{4} = \frac{4 \text{ V}}{4} = \underline{-1 \text{ V}}$$

$$\text{LSB} = \frac{\text{MSB}}{8} = \frac{4 \text{ V}}{8} = \underline{-0,5 \text{ V}}$$

### 3.0 Eksempel 2



På udgangen er der  $-2,5\text{ V}$  med den viste indgangskombination.

Beregn følgende.

Binærværdien på indgangen \_\_\_\_\_

Værdien af LSB er \_\_\_\_\_

Værdien af MSB er \_\_\_\_\_

$I_{\text{tot}}$  når MSB er  $3\text{ V}$ , og de andre indgange er  $0\text{ V}$ .

$I_{\text{tot}}$  er \_\_\_\_\_

Strømmen i  $R_m$  når MSB er  $3\text{ V}$ , og de andre er  $0\text{ V}$ .

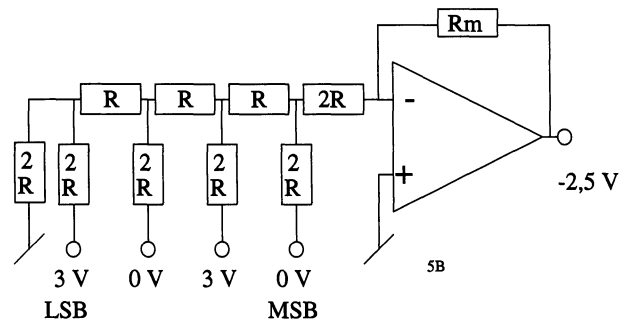
$I_{R_m}$  er \_\_\_\_\_

$U_{R_m}$  er \_\_\_\_\_

$R_m$  er \_\_\_\_\_



### 3.1 Facitliste til eksempel 2



Den binære værdi af indgangssignalet er "0101" = 5

Kender man den binære værdi og  $U_{out}$ , kan man værdien af LSB beregnes.

$$\text{LSB} = \frac{U_{out}}{5} = \frac{-2,5 \text{ V}}{5} = \underline{-0,5 \text{ V}}$$

Kender man LSB, kan MSB beregnes.

$$\text{MSB} = \text{LSB} \times 8 = -0,5 \text{ V} \times 8 = \underline{-4,0 \text{ V}}$$

Hvis MSB er 3 V og de andre indgange er 0 V, så er  $I_{tot}$ .

$$I_{tot} = \frac{U_{ref}}{R_{tot}} = \frac{3 \text{ V}}{3 R} = \underline{1 \text{ A}}$$

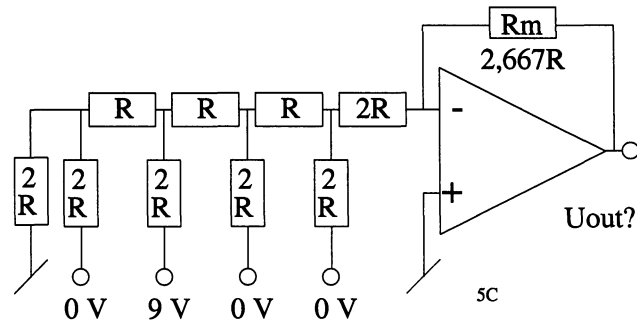
$$I_{Rm} = \frac{I_{tot}}{2} = \frac{1 \text{ A}}{2} = \underline{0,5 \text{ A}}$$

$U_{Rm}$  har samme værdi som  $U_{out} = -4 \text{ V}$

$$R_m = \frac{U_{Rm}}{I_{Rm}} = \frac{4 \text{ V}}{0,5 \text{ A}} = \underline{8 R}$$

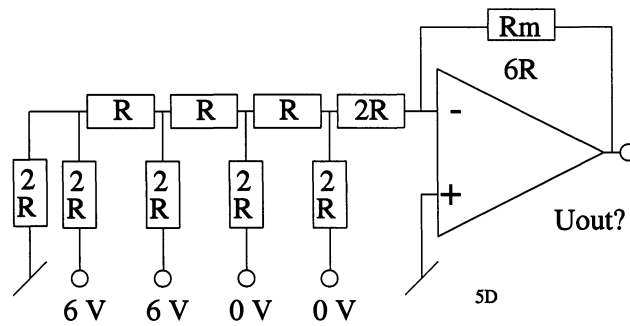
## 4.0 Opgaver

### Opgave 1



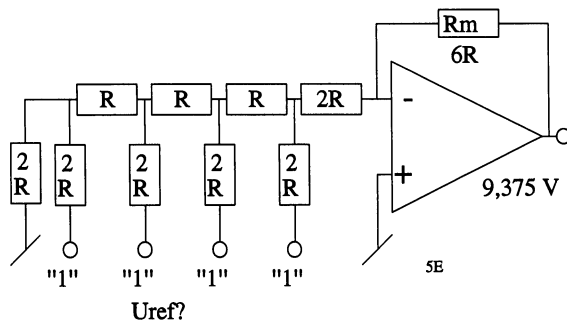
$U_{out} =$  \_\_\_\_\_

### Opgave 2



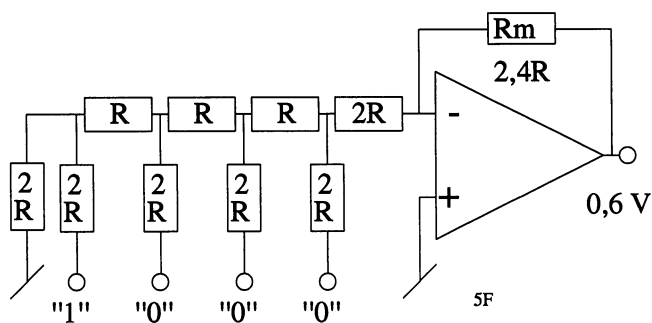
$U_{out} =$  \_\_\_\_\_

### Opgave 3



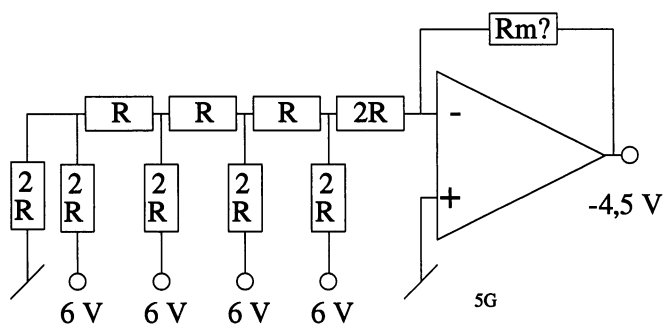
Uref = \_\_\_\_\_

### Opgave 4



Uref = \_\_\_\_\_

### Opgave 5



$R_m =$  \_\_\_\_\_

## 5.0 Facitliste

### Opgave 1

$$U_{out} = -1 \text{ V}$$

### Opgave 2

$$U_{out} = -2,25 \text{ V}$$

### Opgave 3

$$U_{ref} = -5 \text{ V}$$

### Opgave 4

$$U_{ref} = -12 \text{ V}$$

### Opgave 5

$$R_m = 2,4R$$