

# D/A- konverter 1

## Indholdsfortegnelse

- 1.0 Indledning, side 2
  
- 2.0 Summationskobling, side 3
  - 2.1 Eksempel 1, side 7
  - 2.2 Facitliste til eksempel 1, side 8
  - 2.3 Eksempel 2, side 9
  - 2.4 Facitliste til eksempel 2, side 10
  
- 3.0 Opgaver, side 11
  
- 4.0 Facitliste, side 14

## 1.0 Indledning

Elektronik kan groft deles op i to hovedområder. Det drejer sig om analogteknik og digitalteknik.

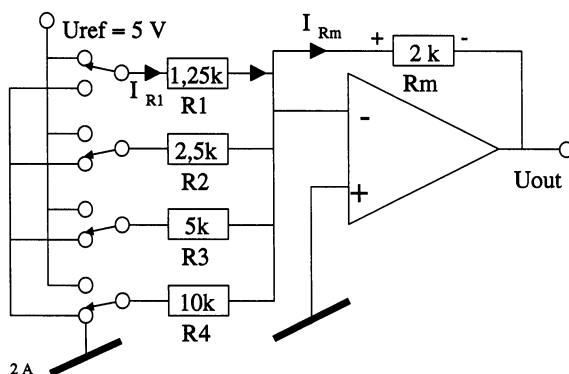
I praksis vil mange kredsløb indeholde begge områder. Derfor er det nødvendigt at have en "omsætter" mellem de to teknikker.

Der findes en række færdige kredsløb, som kan klare omsætningen.

I dette afsnit vises de grundlæggende kredsløb, der ligger til grund for de "færdige" kredsløb.

Et kredsløb, som omsætter fra et digital- til et analog signal, benævnes D/A-konverter.

## 2.0 Summationskobling



Tegningen viser en 4 bit D/A-konverter med vægtede modstande.

Ved hjælp af en omskifter kan modstandene enten kobles til en referencespænding eller til stel.

Med omskifteren i den viste stilling, svarer det til, at der er en binær værdi på "1000" på indgangen. ( Decimalværdien 8 ).

Udgangsspændingen kan beregnes, v.h.a strømmene i kredsløbet, eller ved at foretage beregninger på forstærkningen.

Strømmen i R1 er bestemt af R1 og Uref, fordi indgangen af operationsforstærkeren ligger på "virtuel stel".

$$I_{R1} = \frac{U_{ref}}{R1} = \frac{5 \text{ V}}{1,25 \text{ k}} = \underline{4 \text{ mA}}$$

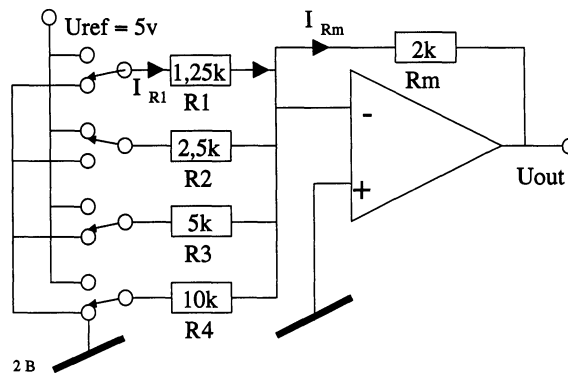
Da strømmen ikke løber ind i operationsforstærkeren, fortsætter den gennem Rm ind i operationsforstærkerens udgang.

Der er plus hvor strømmen løber ind i modstanden, og minus hvor den løber ud.

Udgangsspændingens størrelse bestemmes af strømmen i Rm.

$$U_{out} = -I_{Rm} \times R_m = -4 \text{ mA} \times 2 \text{ k}\Omega = \underline{-8 \text{ V}}$$

Minuset angiver at der er fasedrejning i opstillingen.



**Hvor stor er strømmen i R2 med omskifteren i den viste stilling?**

$I_{R2} =$  \_\_\_\_\_

$$I_{R2} = \frac{U_{ref}}{R2} = \frac{5\text{ V}}{2,5\text{ k}} = \underline{2\text{ mA}}$$

**Hvor stor er spændingen på udgangen, når  $I_{R2}$  er 2 mA?**

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

$$U_{out} = -I_{Rm} \times R_m = -2\text{ mA} \times 2\text{ k}\Omega = \underline{-4\text{ V}}.$$

**Beregn  $I_{Rm}$  samt  $U_{out}$  for binær værdien "0010" og "0001".**

$I_{Rm}$  "0010" = \_\_\_\_\_

$U_{out}$  for "0010" = \_\_\_\_\_

$I_{Rm}$  "0001" = \_\_\_\_\_

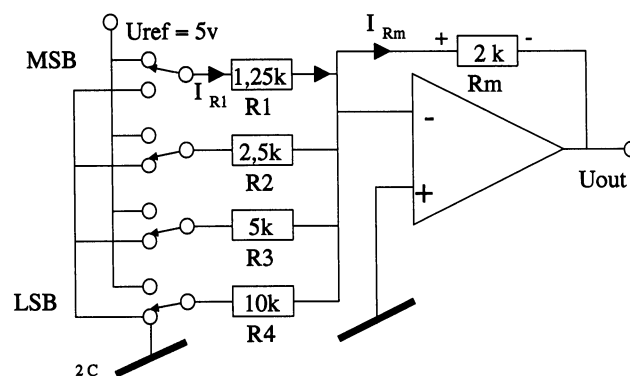
$U_{out}$  for "0001" = \_\_\_\_\_

$$I_{Rm} = I_{R3} = \frac{U_{ref}}{R3} = \frac{5\text{ V}}{5\text{ k}} = \underline{1\text{ mA}}$$

$$U_{out} = -I_{Rm} \times R_m = -1\text{ mA} \times 2\text{ k}\Omega = \underline{-2\text{ V}}$$

$$I_{Rm} = I_{R4} = \frac{U_{ref}}{R4} = \frac{5\text{ V}}{10\text{ k}} = \underline{0,5\text{ mA}}$$

$$U_{out} = -I_{Rm} \times R_m = -0,5\text{ mA} \times 2\text{ k}\Omega = \underline{-1\text{ V}}$$



Beregn forstærkningen i kredsløbet, kan udgangsspændingen findes.

MSB betyder Most Signifikant Bit.

LSB betyder Lowest Signifikant Bit.

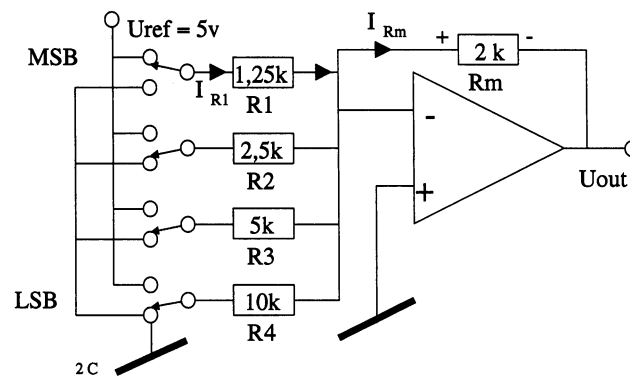
**Beregn spændingsforstærkningen fra MSB.**

AMSB = \_\_\_\_\_

$$AMSB = -\frac{R_m}{R_1} = -\frac{2\text{ k}}{1,25\text{ k}} = \underline{-1,6}$$

Forstærkningen bliver -1,6 gange. Minuset angiver at der er fasedrejning på  $180^\circ$  fra - indgang til udgang.

$$U_{outMSB} = AMSB \times U_{ref} = -1,6 \times 5\text{ V} = \underline{-8\text{ V}}$$



Kombineres de to formler, får man følgende.

$$U_{outMSB} = A_{MSB} \times U_{ref}$$

$$U_{outMSB} = -\frac{R_m}{R_1} \times U_{ref}$$

$$U_{outMSB} = -\frac{2 \text{ k}}{1,25 \text{ k}} \times 5 \text{ V} = \underline{\underline{-8 \text{ V}}}$$

Beregnes værdien af LSB på udgangen dividerer man værdien af MSB med 8. Her bliver LSB = -1 V

Kender man den maksimale spænding på udgangen, beregnes værdien af LSB ved at dividere med 15.

Er alle indgange "Hi", er max udgangsspænding -15 V

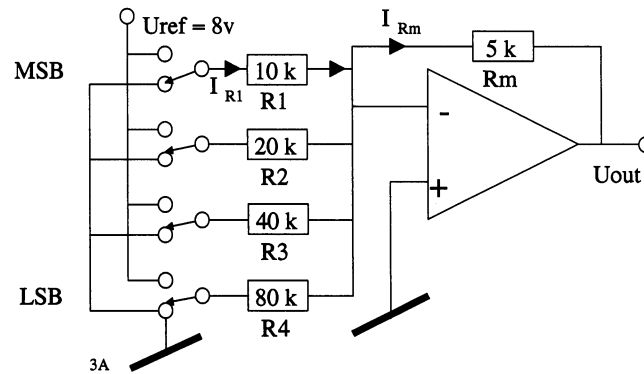
$$LSB = \frac{-15 \text{ V}}{15} = \underline{\underline{-1 \text{ V}}}$$

$$2. \text{ bit får værdien } 2 \times LSB = \underline{\underline{-2 \text{ V}}}$$

$$3. \text{ bit får værdien } 4 \times LSB = \underline{\underline{-4 \text{ V}}}$$

$$MSB \text{ får værdien } 8 \times LSB = \underline{\underline{-8 \text{ V}}}$$

## 2.1 Eksempel 1



Beregn værdien af LSB, bit 2, bit 3 og MSB.

Beregn  $U_{out}$  når indgangen har binærværdien "1001".

Beregn  $U_{out}$  når indgangen har binærværdien "1111".

LSB = \_\_\_\_\_

Bit 2 = \_\_\_\_\_

Bit 3 = \_\_\_\_\_

MSB = \_\_\_\_\_

"1001" = \_\_\_\_\_

"1111" = \_\_\_\_\_

## 2.2 Facitliste til eksempel 1

$$U_{\text{outLSB}} = -\frac{R_m}{R_4} \times U_{\text{ref}}$$

$$U_{\text{outLSB}} = -\frac{5 \text{ k}}{80 \text{ k}} \times 8 \text{ V} = \underline{\underline{-0,5 \text{ V}}}$$

$$U_{\text{out bit 2}} = U_{\text{outLSB}} \times 2 = -0,5 \text{ V} \times 2 = \underline{\underline{-1,0 \text{ V}}}$$

$$U_{\text{out bit 3}} = U_{\text{outLSB}} \times 4 = -0,5 \text{ V} \times 4 = \underline{\underline{-2,0 \text{ V}}}$$

$$U_{\text{outMSB}} = U_{\text{outLSB}} \times 8 = -0,5 \text{ V} \times 8 = \underline{\underline{-4,0 \text{ V}}}$$

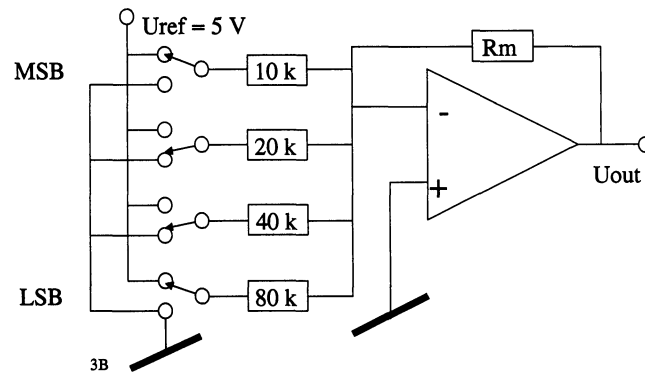
$$\text{"1001"} = U_{\text{outMSB}} + U_{\text{out LSB}} = -4,0 \text{ V} + (-0,5 \text{ V}) = \underline{\underline{-4,5 \text{ V}}}$$

$$\text{"1111"} = \text{MSB} + \text{bit 3} + \text{bit 2} + \text{LSB}$$

$$\text{"1111"} = -4,0 \text{ V} + (-2,0 \text{ V}) + (-1,0 \text{ V}) + (-0,5 \text{ V}) = \underline{\underline{-7,5 \text{ V}}}$$



## 2.3 Eksempel 2



Opgaven går bl. a. ud på at beregne  $R_m$ , så den viste indgangskombination giver  $-4,5\text{ V}$  på udgangen.

Binærværdien på indgangen = \_\_\_\_\_

Decimalværdien på indgangen = \_\_\_\_\_

Værdien af LSB = \_\_\_\_\_

Værdien af MSB = \_\_\_\_\_

$A =$  \_\_\_\_\_

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

## 2.4 Facitliste til eksempel 2

Den binære værdi på indgangen er 1001 = 9

Når binær værdien på indgangen og udgangsspændingen er fundet, kan værdien af LSB beregnes.

$$\text{LSB} = \frac{U_{\text{out}}}{9} = \frac{-4,5 \text{ V}}{9} = \underline{-0,5 \text{ V}}$$

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

MSB er 5 V. Når de andre indgange er 0 V, kan  $U_{\text{Rm}}$  beregnes.

$$U_{\text{Rm}} = U_{\text{out}} = \underline{-4 \text{ V}}$$

Forstærkningen fra MSB er

$$A = \frac{U_{\text{ref}}}{U_{\text{out}}} = \frac{-4 \text{ V}}{5 \text{ V}} = \underline{-0,8 \text{ g}}$$

$$A = -\frac{R_{\text{m}}}{R_1} = -0,8 \text{ g}$$

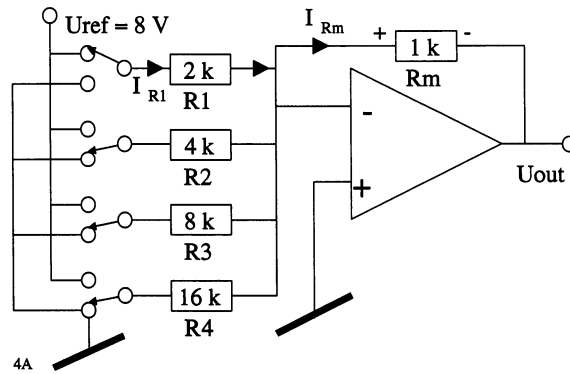
Ved omskrivning fås

$$R_{\text{m}} = A \times R_1 = 0,8 \times 10 \text{ k}\Omega = \underline{8 \text{ k}\Omega}$$

Minuset angiver fasedrejningen. Derfor medtages det ikke her.

## 3.0 Opgaver

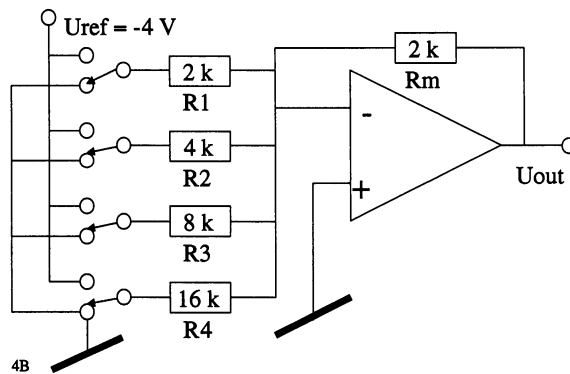
### Opgave 1



$IR1 =$  \_\_\_\_\_

$Uout =$  \_\_\_\_\_

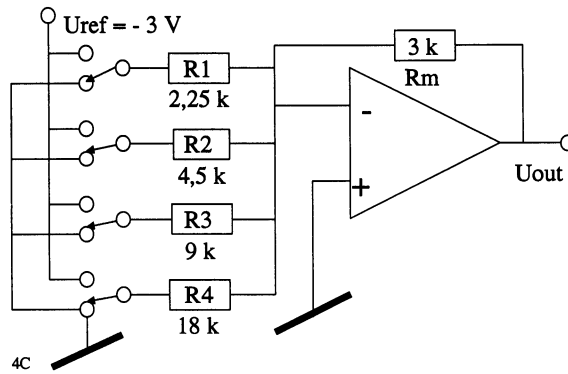
### Opgave 2



Værdien af LSB = \_\_\_\_\_

Værdien af MSB = \_\_\_\_\_

### Opgave 3

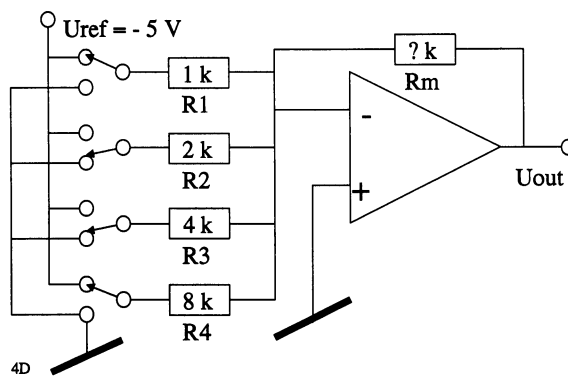


Max spændingen på udgangen = \_\_\_\_\_

Max strøm i Rm = \_\_\_\_\_

### Opgave 4

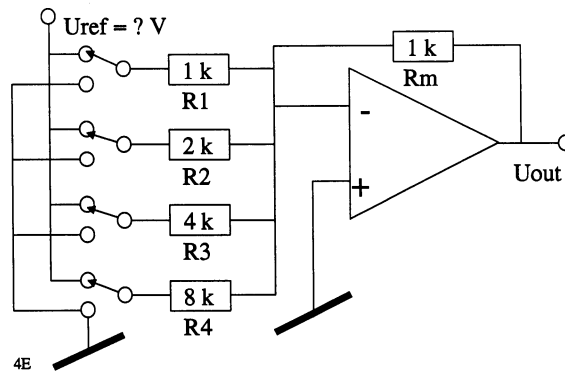
Bergn Rm så uout bliver 9 V.



Rm = \_\_\_\_\_

### Opgave 5

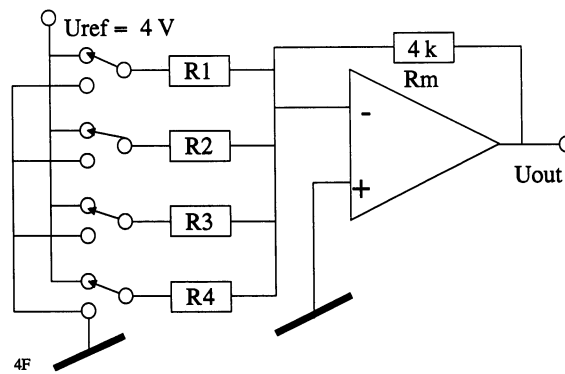
Beregn  $U_{ref}$  så udgangsspændingen max bliver  $-15\text{ V}$



$U_{ref}$  \_\_\_\_\_

### Opgave 6

Beregn  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  og  $R_4$  når strømmen i  $R_m$  er  $1,875\text{ mA}$



$R_1 =$  \_\_\_\_\_

$R_2 =$  \_\_\_\_\_

$R_3 =$  \_\_\_\_\_

$R_4 =$  \_\_\_\_\_



## 4.0 Facitliste

### Opgave 1

$$IR1 = 4 \text{ mA} \qquad U_{out} = - 4 \text{ V}$$

### Opgave 2

$$\text{Værdien af LSB} = 0,5 \text{ V} \qquad \text{Værdien af MSB} = 4 \text{ V}$$

### Opgave 3

$$\text{Max spændingen på udgangen} = 7,5 \text{ V}$$

$$\text{Max strøm i } R_m = 2,5 \text{ mA}$$

### Opgave 4

$$R_m = 1,6 \text{ k}\Omega$$

### Opgave 5

$$U_{ref} = 8 \text{ V}$$

### Opgave 6

$$R1 = 4 \text{ k}\Omega \qquad R2 = 8 \text{ k}\Omega \qquad R3 = 16 \text{ k}\Omega$$

$$R4 = 32 \text{ k}\Omega$$