

Objectius:

- Comprovació del funcionament de l'amplificador sumador de dues o més entrades.
- Comprovació del funcionament de l'amplificador restador.
- Comprovació dels resultats obtinguts amb els teòrics.

Material:

- 1 AOP 741 o equivalent.
- Resistències de diferents valors.

Estudi previ:

- Analitza el circuit de la **figura 1** i calcula V_o en funció de V_1 i V_2 i de les resistències del circuit.
- Troba l'expressió general per un nombre qualsevol d'entrades.
- Particularitza l'expressió anterior amb quatre entrades i per $R_2 = 2R_1$, $R_3 = 4R_1$, $R_4 = 8R_1$ i $R_f = R_1$.
- Realitzar una taula on apareixin totes les combinacions possibles de les entrades en una columna, si cadascuna d'elles pot adoptar dos valors de tensió ($0_v = 0$ lògic i $5_v = 1$ lògic), el número decimal corresponent a cadascuna de les entrades en una altra columna i el valor de la tensió de sortida en una tercera columna.
- Digues en què consisteix el circuit analitzat.
- Analitza el circuit de la **figura 2** i calcular V_o en funció de V_1 i V_2 i de les resistències del circuit. Particularitza l'expressió anterior per $R_1 = R_3$ i $R_2 = R_4$.

1–

Suposem:

$$I(+) = I(-) = 0$$

$$V(+) = V(-) = 0 \text{ ! Massa virtual}$$

$$0 - V_o / R_f = V_1 - 0 / R_1 + V_2 - 0 / R_2$$

$$- V_o / R_f = V_1 / R_1 + V_2 / R_2$$

$$\underline{V_o = - R_f (V_1 / R_1 + V_2 / R_2)}$$

2–

$$V_o = - R_f (V_1 / R_1 + V_2 / R_2 + \dots + V_n / R_n)$$

3–

$$V_o = - (R_f / R_1 \cdot V_1 + R_f / R_2 \cdot V_2 + R_f / R_3 \cdot V_3 + R_f / R_4 \cdot V_4)$$

$$V_o = - (R_1 / R_1 \cdot V_1 + R_1 / R_2 \cdot V_2 + R_1 / R_3 \cdot V_3 + R_1 / R_4 \cdot V_4)$$

$$V_o = - (V_1 + \frac{1}{2} \cdot V_2 + \frac{1}{4} \cdot V_2 + \frac{1}{8} \cdot V_4)$$

4-

V1	V2	nº dec.	Vo
0	0	0	0v
0	1	1	- 2.5v
1	0	2	- 5v
1	1	3	- 7.5v

•

Amplificador sumador que fa la mitja aritmètica (en valor absolut) de les senyals aplicades.

•

Suposem:

$$I(+)=I(-)=0$$

$$V(+)=V(-)=0$$

I1

$$I1 = V1 - V / R1$$

$$I1 = V - V_o / R2$$

$$V1 - V / R1 = V - V_o / R2$$

$$R2 (V1 - V) = R1 (V - V_o)$$

$$R2 \cdot V1 - R2 \cdot V = R1 \cdot V - R1 \cdot V_o$$

$$R2 \cdot V1 - R2 \cdot V - R1 \cdot V = - R1 \cdot V_o$$

$$(R2 \cdot V1 - R2 \cdot V - R1 \cdot V) / - R1 = V_o$$

$$(R2 \cdot V1 - V (R2 + R1)) / - R1 = V_o$$

$$\underline{V_o = (R2 \cdot V1 - V (R2 + R1)) / - R1}$$

I2

$$I2 = V2 - V / R3$$

$$I2 = V - 0 / R4$$

$$V2 - V / R3 = V - 0 / R4$$

$$R4 (V2 - V) = R3 (V - 0)$$

$$R4 \cdot V2 - R4 \cdot V = R3 \cdot V - R3 \cdot 0$$

$$R4 \cdot V2 - R4 \cdot V = R3 \cdot V$$

$$R4 \cdot V2 = R4 \cdot V + R3 \cdot V$$

$$R4 \cdot V2 = (R4 + R3) \cdot V$$

$$\underline{V = R4 \cdot V2 / R4 + R3}$$

*

$$Vo = (R2 \cdot V1 - V (R2 + R1)) / -R1$$

$$V = R4 \cdot V2 / R4 + R3$$

$$R2 \cdot V1 - V \cdot (R2 + R1) = Vo \cdot (-R1)$$

$$R2 \cdot V1 - (R4 \cdot V2 / R4 + R3) \cdot (R2 + R1) = Vo \cdot (-R1)$$

$$(R2 \cdot V1 - (R4 \cdot V2 / R4 + R3) \cdot (R2 + R1)) / -R1 = Vo$$

$$(-R2 \cdot V1 + (R4 \cdot V2 / R4 + R3) \cdot (R2 + R1)) / R1 = Vo$$

$$R1 = R3; R2 = R4$$

$$(-R2 \cdot V1 + (R2 \cdot V2 / R2 + R1) \cdot (R2 + R1)) / R1 = Vo$$

$$(-R2 \cdot V1 + (R2 \cdot V2)) / R1 = Vo$$

$$\mathbf{Vo = (-R2 \cdot V1 + (R2 \cdot V2)) / R1}$$

Procediment:

- Munta el **circuit de la figura 1** per diferents valors de resistències. Mesura el valor de la sortida i comprova que s'aproxima al valor esperat teòricament. Anota els diferents valors de la taula.
- Munta, ara, el circuit igual a l'anterior amb quatre entrades i amb valors de resistències que compleixin les relacions de l'apartat 3 de l'estudi previ. Completa la taula de l'apartat 4 de l'estudi previ amb una nova columna o apareixerà el valor de tensió de sortida mesurat per cadascun dels casos.
- Munta, ara, el **circuit del la figura 2** amb $R1 = 47k$ i $R2 = 100k$ i amb les altres

resistències que compleixin l'apartat 6 de l'estudi previ.

- Ajusta el generador de senyals perquè proporcioni un senyal sinusoidal de 500mV de pic i freqüència 1Khz, i aplica el senyal a l'entrada V1. Mitjançant un divisor de tensió amb un potenciòmetre aplica un senyal sinusoidal a V2 a partir, també, del mateix generador de funcions que V1.
- Connecta el canal 1 de l'oscil·loscopi al punt V2 i el canal 2 a la sortida de V0 del circuit. Moure lentament el cursor del potenciòmetre P observant la variació de tensions V2 i Vo.
- Compara en cada cas la tensió de sortida mesurada amb el valor teòric esperat.

1-

$R_f = 460k$

R1	R2	V1	V2	Vo teòric	Vo pràctic
100k	100k	100mV	100mV	- 920mV	1 v
100k	650k	100mV	100mV	- 506mV	0.5 v
650k	100k	100mV	100mV	- 506mV	0.5 v
100k	100k	100mV	50mV	-690mV	0.7 v
200k	100k	50mV	100mV	-690mV	0.7 v

Vo teòric:

$$V_o = - 460k \left(100mV / 100K + 100mV / 100K \right) = - 460 k \cdot 2A = - 920mV$$

$$V_o = - 460k \left(100mV / 100K + 100mV / 650K \right) = - 460 k \cdot 1.1A = - 506mV$$

$$V_o = - 460k \left(100mV / 650K + 100mV / 100K \right) = - 460 k \cdot 2A = - 506mV$$

$$V_o = - 460k \left(100mV / 100K + 50mV / 100K \right) = - 460 k \cdot 1.5A = - 690mV$$

$$V_o = - 460k \left(50mV / 100K + 100mV / 100K \right) = - 460 k \cdot 1.5A = - 690mV$$

2-

$R_1 = 10k$; $R_2 = 18k$; $R_3 = 39 k$; $R_4 = 82k$

V1	V2	V3	V4	Vo pràctic	Vo teòric
0	0	0	0	0 v	0 v
0	0	0	1	- 0.65 v	- 0.609v
0	0	1	0	- 1.3 v	- 1.25 v
0	0	1	1	- 1.95 v	- 1.875 v
0	1	0	0	- 2.8 v	- 2.77v
0	1	0	1	- 3.5 v	- 3.379v
0	1	1	0	- 4 v	- 4.052v
0	1	1	1	- 4.5 v	- 4.792v
1	0	0	0	- 5.2 v	- 5 v
1	0	0	1	- 6 v	- 5.69v
1	0	1	0	- 6.5 v	- 6.282v
1	0	1	1	- 6.7 v	- 6.891 v
1	1	0	0	- 7.4 v	- 7.77v
1	1	0	1	- 7.9 v	- 8.379v
1	1	1	0	- 8.8 v	- 9.052v
1	1	1	1	- 9.5 v	- 9.991 v

Vo teòric:

$$V_o = -R_f (V_1 / R_1 + V_2 / R_2 + V_3 / R_3 + V_4 / R_4)$$

$$V_o = -10 (0 / 10 + 0 / 18 + 0 / 39 + 0 / 82) = 0 \text{ v}$$

$$V_o = -10 (0 / 10 + 0 / 18 + 0 / 39 + 5 / 82) = -0.609 \text{ v}$$

$$V_o = -10 (0 / 10 + 0 / 18 + 5 / 39 + 0 / 82) = -1.25 \text{ v}$$

$$V_o = -10 (0 / 10 + 0 / 18 + 5 / 39 + 5 / 82) = -1.875 \text{ v}$$

$$V_o = -10 (0 / 10 + 5 / 18 + 0 / 39 + 0 / 82) = -2.77 \text{ v}$$

$$V_o = -10 (0 / 10 + 5 / 18 + 0 / 39 + 5 / 82) = -3.379 \text{ v}$$

$$V_o = -10 (0 / 10 + 5 / 18 + 5 / 39 + 0 / 82) = -4.052 \text{ v}$$

$$V_o = -10 (0 / 10 + 5 / 18 + 5 / 39 + 5 / 82) = -4.742 \text{ v}$$

$$V_o = -10 (5 / 10 + 0 / 18 + 0 / 39 + 0 / 82) = -5 \text{ v}$$

$$V_o = -10 (5 / 10 + 0 / 18 + 0 / 39 + 5 / 82) = -5.69 \text{ v}$$

$$V_o = -10 (5 / 10 + 0 / 18 + 5 / 39 + 0 / 82) = -6.282 \text{ v}$$

$$V_o = -10 (5 / 10 + 0 / 18 + 5 / 39 + 5 / 82) = -6.89 \text{ v}$$

$$V_o = -10 (5 / 10 + 5 / 18 + 0 / 39 + 0 / 82) = -7.77 \text{ v}$$

$$V_o = -10 (5 / 10 + 5 / 18 + 0 / 39 + 5 / 82) = -8.379 \text{ v}$$

$$V_o = -10 (5 / 10 + 5 / 18 + 5 / 39 + 0 / 82) = -9.052 \text{ v}$$

$$V_o = -10 (5 / 10 + 5 / 18 + 5 / 39 + 5 / 82) = -9.661 \text{ v}$$

4-

$$R_1 = 10 \text{ k} ; R_2 = 18 \text{ k} ; R_3 = 39 \text{ k} ; R_4 = 82 \text{ k}$$

V1	V2	Vo mesurat	Vo teòric
2 v	1 v	- 2 v	- 1.8 v
2 v	2 v	0 v	0 v
2 v	1.5 v	- 1 v	- 0.9 v
2 v	1.75 v	- 0.5 v	- 0.45 v

Vo teòric:

$$V_o = (-R_2 \cdot V_1 + (R_2 \cdot V_2)) / R_1$$

$$V_o = (-18 \text{ k} \cdot 2 \text{ v} + (18 \text{ k} \cdot 1 \text{ v})) / 10 \text{ k} = 36 - 18 / 10 = -1.8 \text{ v}$$

$$V_o = (-18 \text{ k} \cdot 2 \text{ v} + (18 \text{ k} \cdot 2 \text{ v})) / 10 \text{ k} = 36 - 36 / 10 = 0 \text{ v}$$

$$V_o = (- 18 \text{ k} \cdot 2 \text{ v} + (18 \text{ k} \cdot 1.5 \text{ v})) / 10 \text{ k} = 36 - 27 / 10 = - 0.9 \text{ v}$$

$$V_o = (- 18 \text{ k} \cdot 2 \text{ v} + (18 \text{ k} \cdot 1.75 \text{ v})) / 10 \text{ k} = 36 - 31.5 / 10 = - 0.45 \text{ v}$$

Opinió tècnica:

En aquesta pràctica hem après el funcionament de l'amplificador com sumador i com restador.

Hem comprovat el seu funcionament pràcticament i hem comparat el resulta obtingut pràcticament amb els resultats obtinguts teòricament.

Els objectius s'han aconseguit.