



ອີເລັກໂຕຣນິກຂັ້ນສູງ

**Advanced Electronics**

ສອນໂດຍ: ອຈ. ປທ. ແກ້ວກັນລະຍາ ສີຫາລາດ

Tel & WhatsApp: 020 55607618

Email: [ke.sihalath.nuol.edu.la](mailto:ke.sihalath.nuol.edu.la)

## ບົດທີ 4

### ອອບແອມ (Op-Amp)

- ຈໍຣ໌ ຟິນບຣິກ (George Philbrick) ເປັນຜູ້ພັດທະນາເຮັດໃຫ້ອອບແອມ ຮູ້ຈັກກັນຢ່າງກວ້າງຂວາງ ໂດຍໄດ້ອອກແບບແລະຜະລິດອອບແອມເປັນຫຼອດສູນຍາກາດດຽວ (Single Vacuum Tube Op-Amp) ໃນປີ ພ.ສ 2491 ເພື່ອໃຊ້ງານກັບອານາລັອກຄອມພິວເຕີ, ໃຊ້ງານໃນເຊີງຄະນິດສາດເທົ່ານັ້ນ ອອບແອມເປັນກຸ່ມວົງຈອນທີ່ໃຊ້ງານຫຼາຍທີ່ສຸດແບບໜຶ່ງໃນວົງຈອນອີເລັກໂຕຣນິກ, ທັງວົງຈອນຂະຫຍາຍສຽງ, ວົງຈອນເຄື່ອງມືວັດ, ວົງຈອນກຳເນີດສັນຍານ ແລະ ວົງຈອນອື່ນໆ ດ້ວຍເຕັກໂນໂລຊີທາງດ້ານໄອຊີ ດັ່ງນັ້ນ ອອບແອມຈຶ່ງກາຍເປັນໄອຊີທີ່ເອີ້ນໄດ້ວ່າ: “ມາດຕະຖານ” ເຊິ່ງພົບເຫັນກັນທົ່ວໄປໃນວົງຈອນອີເລັກໂຕຣນິກ

## 4.1 ອອບແອມ: ອອບແອມຄືຫຍັງ

- Op - Amp (Operational Amplifier IC) ຄືອຸປະກອນທີ່ມີອິນພຸດເປັນການຂະຫຍາຍແບບດິບເຟີເຣນຊຽນ (Differential) ແລະມີເອົ້າພຸດດຽວ ເຊິ່ງມີອັດຕາການຂະຫຍາຍສູງ ມີການນຳໄປໃຊ້ງານໃນວົງຈອນຂະຫຍາຍຕ່າງໆ ດັ່ງນີ້:

- Amplifier
- Integrator
- Differentiator
- Voltage Follower
- Oscillator
- Mathematical Circuit

## 4.1 ອອບແອມ: ອອບແອມຄືຫຍັງ

- OP - AMP ແຕ່ລະເບີທີ່ໂຮງງານຜະລິດມາຈະມີຄຸນສົມບັດບາງຢ່າງສະເພາະຕົວຕາມຄູ່ ມີຂອງໂຮງງານຜູ້ຜະລິດເຊັ່ນ:
  - High Voltage Gain
  - High Current Gain
  - Short - Circuit Protection
  - Low Power Consumption
  - Temperature Stability

## 4.1 ອອບແອມ: ອອບແອມຄືຫຍັງ

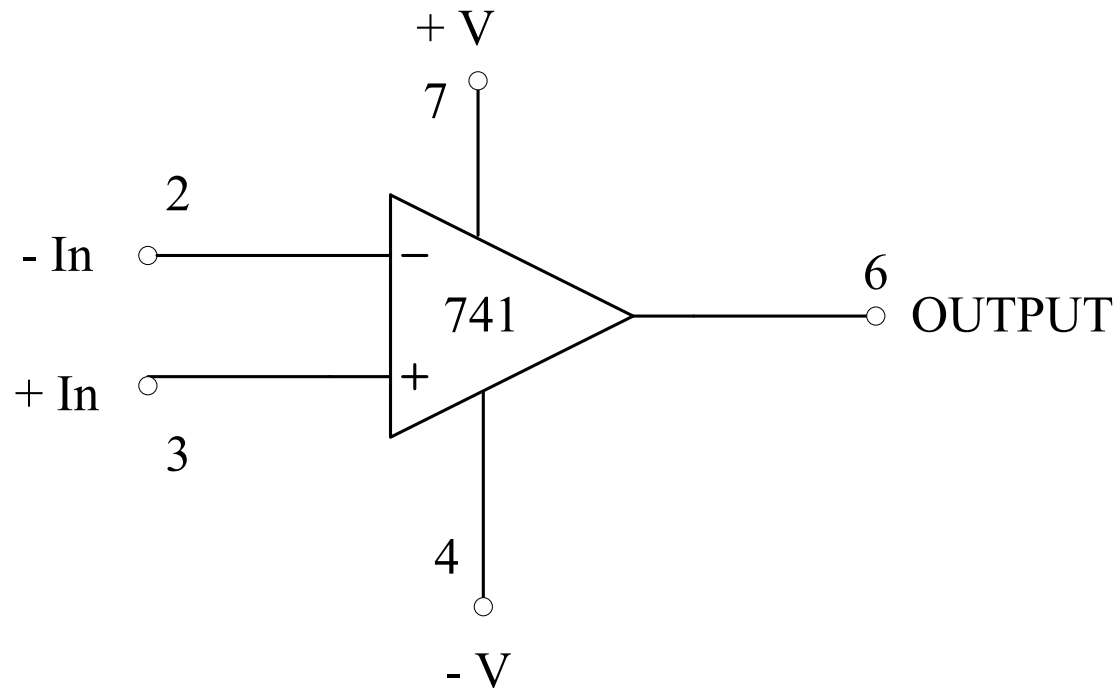
- ອອບແອມໃນປະຈຸບັນຢູ່ໃນຮູບແບບຂອງ IC ເຊິ່ງໄດ້ມີການພັດທະນາທີ່ສໍາຄັນ 2 ປະການຄື:
  1. ມີການນຳ FET ມາແທນ Bipolar Transistor ໂດຍນຳ JFET ມາເປັນສ່ວນອິນພຸດ ເຮັດໃຫ້ ກົນກະແສນ້ອຍ ສ່ວນ MOSFET ມາເປັນສ່ວນຂອງເອົ້າພຸດ ເຮັດໃຫ້ມີການທຳງານໄດ້ໄວຂຶ້ນ ແລະ ໃຊ້ງານທີ່ຄວາມຖີ່ສູງຂຶ້ນກວ່າເກົ່າ.
  2. ສາມາດສ້າງອອບແອມ 2 ຕົວ ແລະ 4 ຕົວ ໃນຖັງດຽວກັນ.

## 4.1 ອອບແອມ: ອອບແອມຄືຫຍັງ

- ການໃຊ້ງານຂອງອອບແອມ ມີການນຳໄປໃຊ້ງານຢ່າງກວ້າງຂວາງຄື:
  - High Current and /or High Voltage Capability
  - Sonar Send / Receive Modules
  - MPX Amp
  - Programmable Gain Amplifier
  - Automotive Instrumentation and Control
  - Communication IC
  - Radio/Audio/Video IC

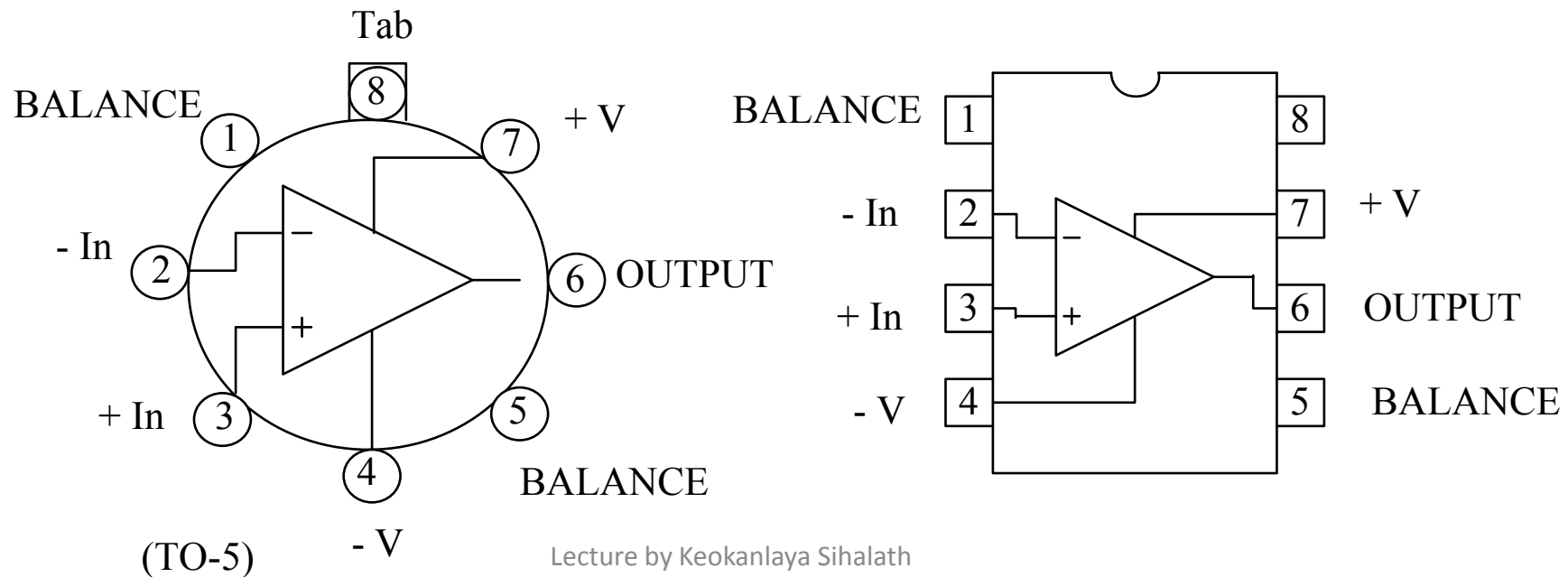
## 4.2 ອອບແອມ: ຄຸນສົມບັດຂອງອອບແອມ

- ສັນຍານລັກຈະໃຊ້ຮູບສາມລ່ຽມມີຂາທີ່ຕໍ່ກັບອຸປະກອນພາຍນອກ ຮູບສາມລ່ຽມສະແດງເຖິງການຂະຫຍາຍແລະທົດທາງການໄຫຼຂອງສັນຍານ ສ່ວນຊື່ຂາຂອງອອບແອມໄດ້ສະແດງການປຸງປາຍທັບຈຸດຕໍ່ກັບວົງຈອນພາຍໃນ



## 4.2 ອອບແອມ: ຄຸນສົມບັດຂອງອອບແອມ

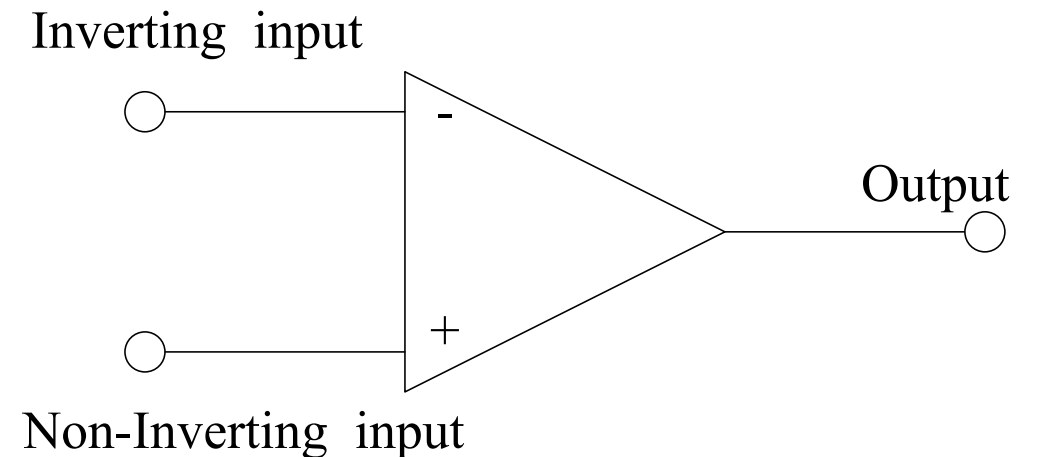
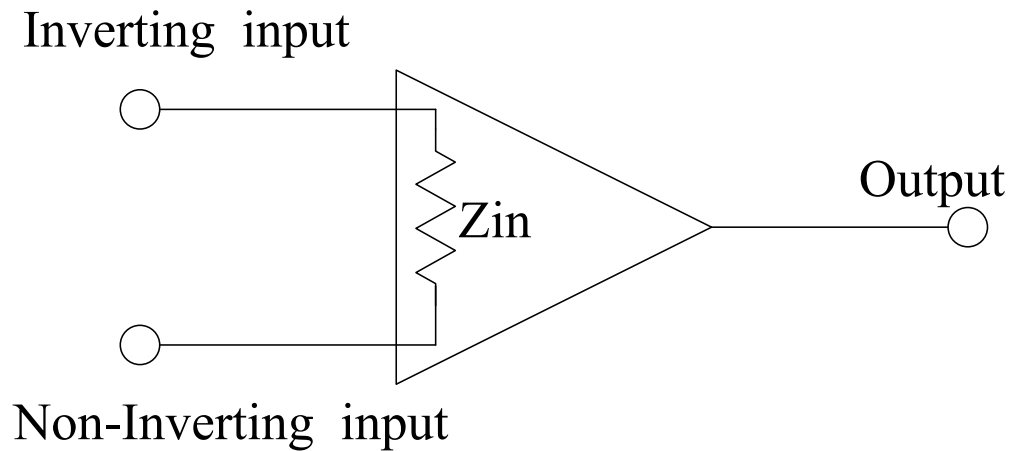
- ຕົວຖັງ ເນື່ອງຈາກວົງຈອນທີ່ປະກອບຂຶ້ນມາເປັນອອບແອມທີ່ສ້າງຂຶ້ນໃນແຜນຊິບທີ່ມີຂະໜາດນ້ອຍຫຼາຍ ດັ່ງນັ້ນຜູ້ຜະລິດ ຈຶ່ງຕ້ອງທຳການບັນຈຸຊິບນີ້ລົງໃນຕົວຖັງຫຼືເອີ້ນວ່າ: ແພກເກດ (Package) ເຊິ່ງອາດຈະເປັນ ພາດສະຕິກ, ຊີຣາມິກ, ແກ້ວ ຫຼື ໂລຫະກໍ່ໄດ້ລັກສະນະຕົວຖັງທີ່ພົບເຫັນມີຢູ່ 2 ແບບຄືຕົວຖັງແບບໂລຫະກົມ (TO-5) ເຊິ່ງຈະມີ 8, 10 ຫຼື 12 ຂາ ແລະ ຕົວຖັງ ແບບດິບ (DIP) ມີລັກສະນະເປັນຮູບສີ່ລ່ຽມມີຂາ ຕັ້ງແຕ່ 8 ຂາ ຂຶ້ນໄປເຖິງ 64 ຂາ





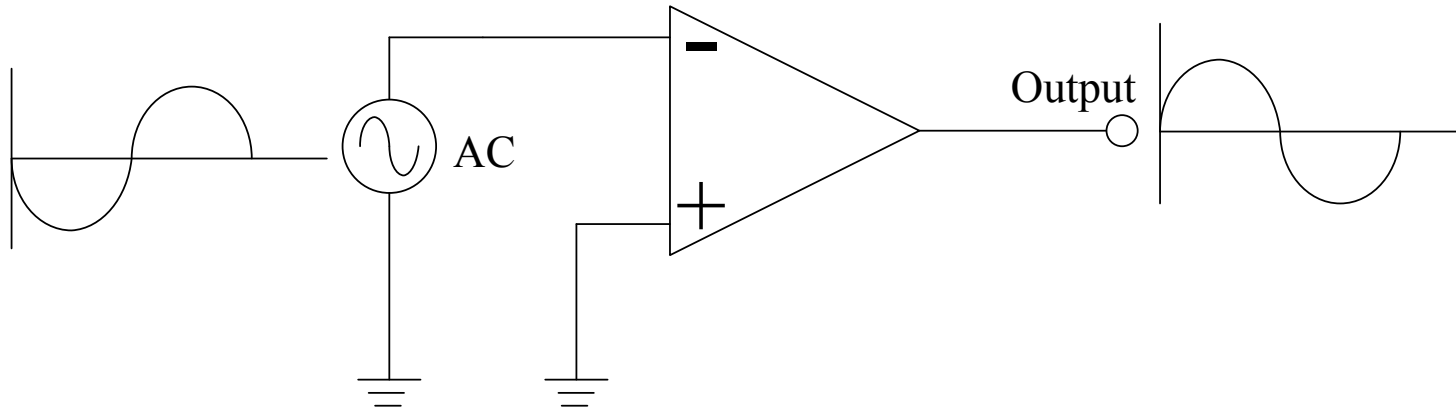
## 4.2 ອອບແອມ: ຄຸນສົມບັດຂອງອອບແອມ

- ຈາກຮູບສັນຍາລັກຂອງ OP-AMP ຈະແບ່ງອອກເປັນ 2 ສ່ວນຄື Input ແລະ Output ແລະນອກຈາກນີ້ໃນລາຍລະອຽດຍັງມີອີກຫຼາຍ ເຊັ່ນ: ພາກປັບ Offset ຂອງກະແສແລະ ແຮງດັນ



## 4.2 ອອບແອມ: ຄຸນສົມບັດຂອງອອບແອມ

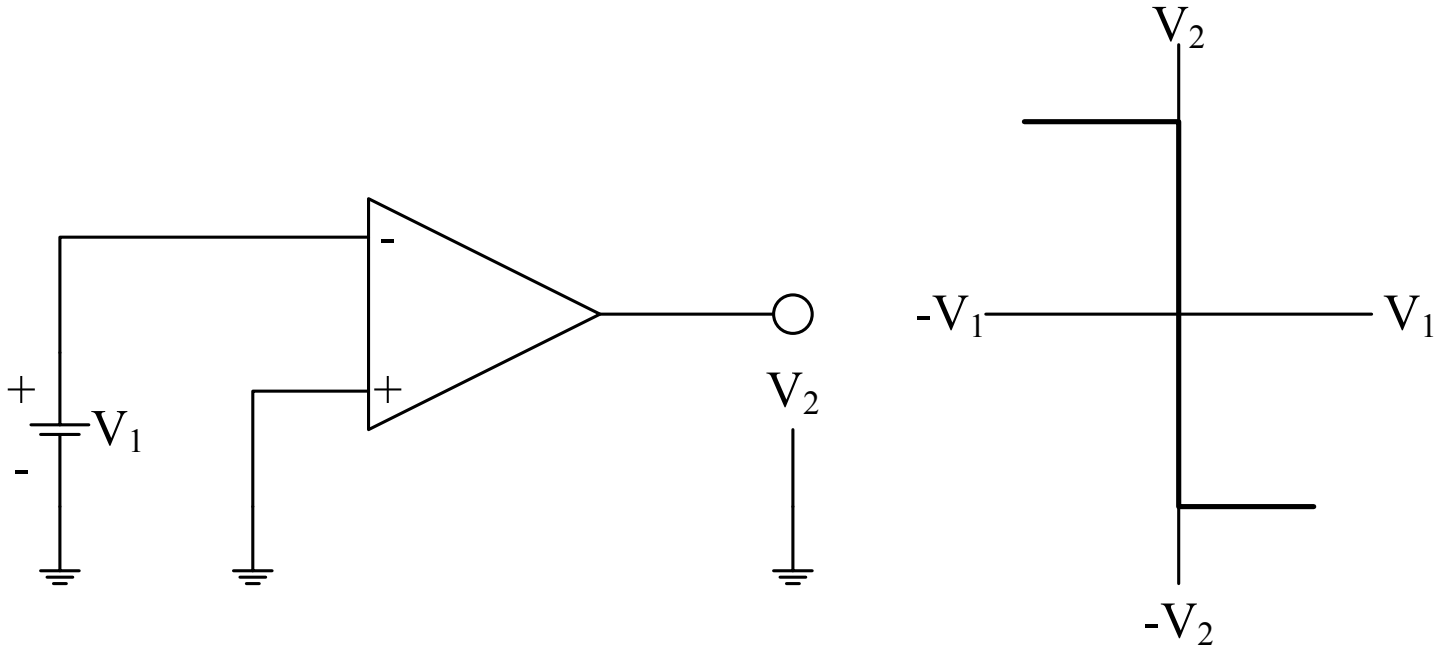
- ຂາ Inverting (ຂາທີ່ມີເຄື່ອງໝາຍ - ກຳກັບຢູ່) ມີຄຸນສົມບັດດັ່ງນີ້
- ຖ້າຫາກເຮົາປ້ອນສັນຍານເຂົ້າຂາ Inverting ສັນຍານອອກຈາກເອົ້າພຸດ ຈະມີເຟດຕ່າງກັບສັນຍານອິນ  $180^\circ$  (Outoff Phase  $180^\circ$ )



ການຂະຫຍາຍສັນຍານ AC ແບບ Open-Loop ໂດຍໃຊ້ວົງຈອນ Inverting amp

## 4.2 ອອບແອມ: ຄຸນສົມບັດຂອງອອບແອມ

- ຂາ Inverting (ຂາທີ່ມີເຄື່ອງໝາຍ - ກຳກັບຢູ່) ມີຄຸນສົມບັດດັ່ງນີ້



ກຣາບຄວາມສຳພັນລະຫວ່າງ  $V_1$  ແລະ  $V_2$

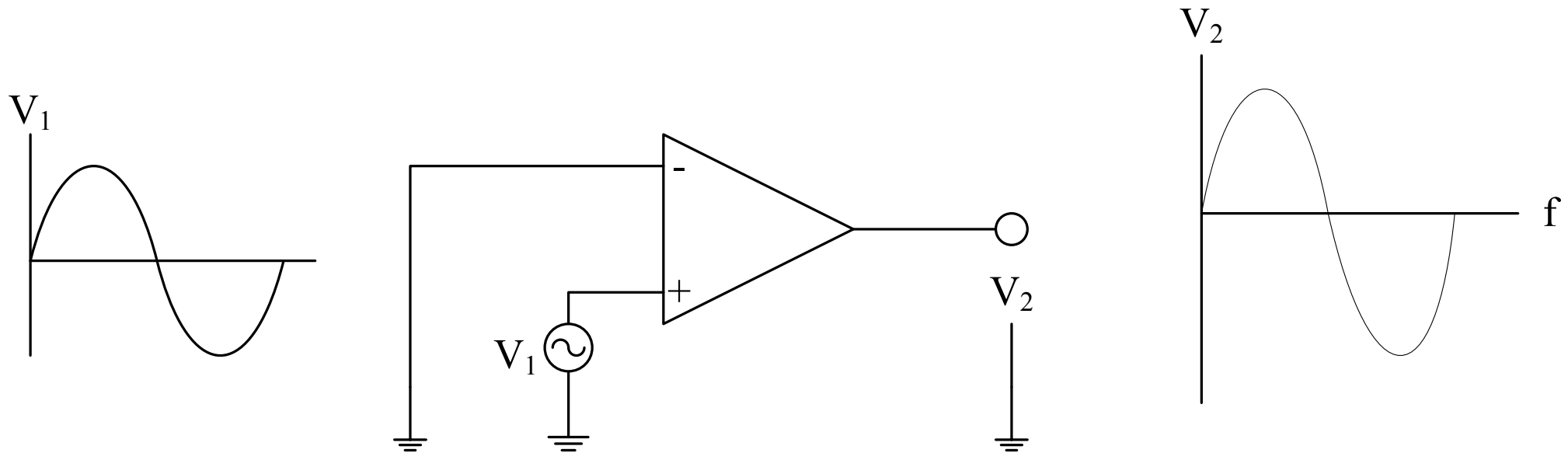
ການຂະຫຍາຍສັນຍານ DC ແບບ Open – Loop

## 4.2 ອອບແອມ: ຄຸນສົມບັດຂອງອອບແອມ

- ຂາ Inverting (ຂາທີ່ມີເຄື່ອງໝາຍ - ກຳກັບຢູ່) ມີຄຸນສົມບັດດັ່ງນີ້
- ຈາກວົງຈອນຂະຫຍາຍ DC ເຮົາຈະເບິ່ງຈາກກຣາບຄວາມສຳພັນລະຫວ່າງອິນພຸດ  $V_1$  ແລະ ເອົາພຸດ  $V_2$  ຈາກກຣາບເຮົາຈະໄດ້
  1. ຖ້າປັບຄ່າ  $V_1 = 0V$  ແລ້ວຈະໄດ້  $V_2 = 0V$
  2. ຖ້າປັບ  $V_1$  ຄ່າ  $> 0V$  ແລ້ວຈະໄດ້  $V_2$  ລົບຕໍ່າສຸດ
  3. ຖ້າປັບຄ່າ  $V_1 < 0V$  ແລ້ວຈະໄດ້  $V_2$  ເປັນບວກສູງສຸດ

## 4.2 ອອບແອມ: ຄຸນສົມບັດຂອງອອບແອມ

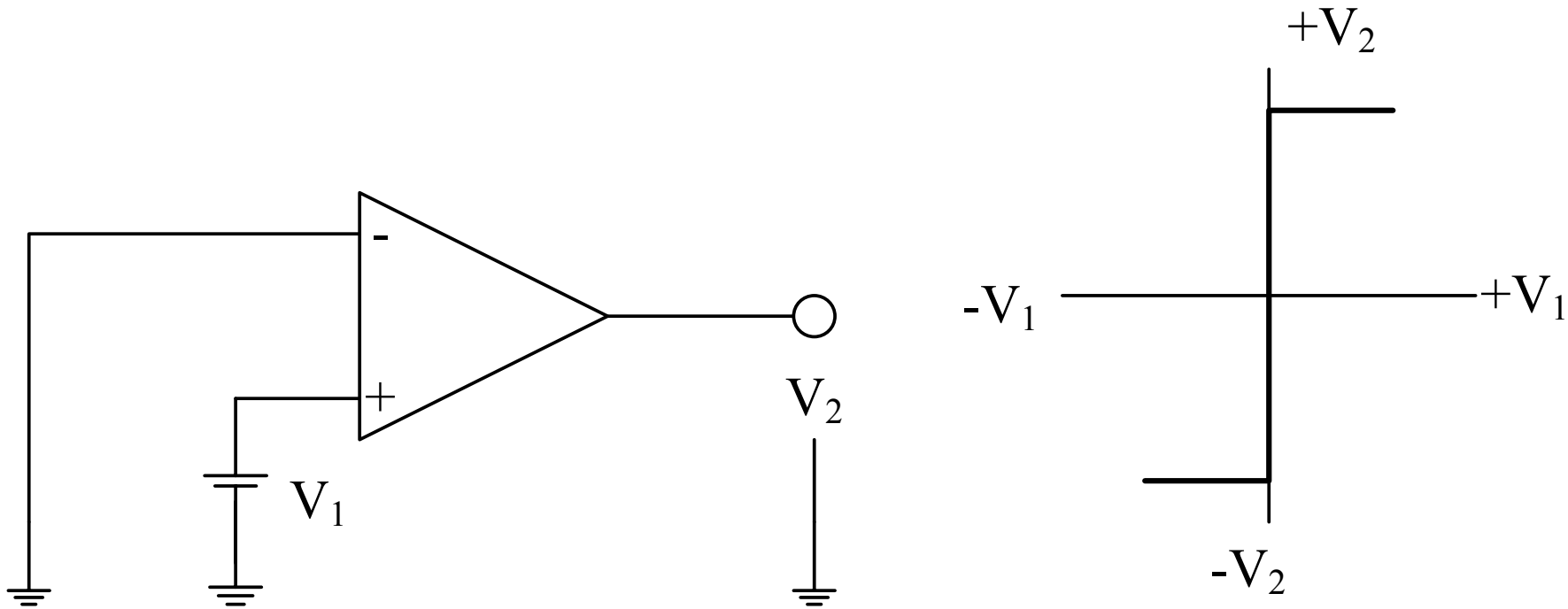
- ຂາ Non Inverting (ຂາທີ່ມີເຄື່ອງໝາຍບວກ + ກຳກັບຢູ່) ມີຄຸນສົມບັດດັ່ງນີ້
- ຖ້າຫາກປ້ອນສັນຍານເຂົ້າຂາ Non - Inverting ສັນຍານອອກທາງເອົ້າພຸດ ຈະມີເຟດດຽວກັນກັບສັນຍານທາງອິນພຸດ (Inphase)



ການຂະຫຍາຍສັນຍານ AC ແບບ Open - Loop ໂດຍໃຊ້ວົງຈອນ Non- Inverting - Amp

## 4.2 ອອບແອມ: ຄຸນສົມບັດຂອງອອບແອມ

- ຂາ Non Inverting (ຂາທີ່ມີເຄື່ອງໝາຍບວກ + ກຳກັບຢູ່) ມີຄຸນສົມບັດດັ່ງນີ້



ການຂະຫຍາຍສັນຍານ DC ແບບ Open - Loop ໂດຍໃຊ້ວົງຈອນ Non- Inverting Amp

## 4.2 ອອບແອມ: ຄຸນສົມບັດຂອງອອບແອມ

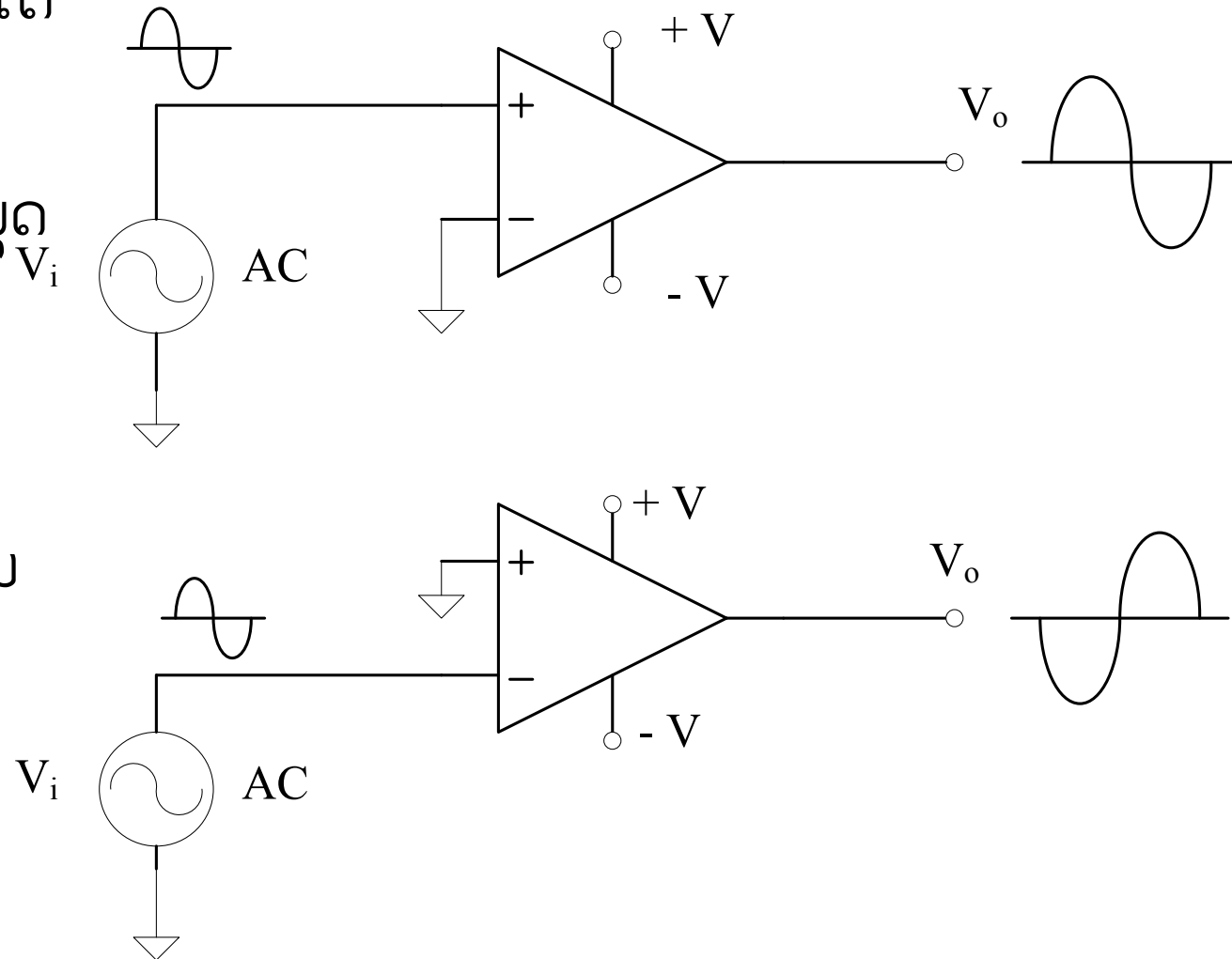
- ຂາ Non Inverting (ຂາທີ່ມີເຄື່ອງໝາຍບວກ + ກຳກັບຢູ່) ມີຄຸນສົມບັດດັ່ງນີ້
- ຈາກວົງຈອນຂະຫຍາຍສັນຍານ DC ຖ້າຫາກເບິ່ງກັບຄວາມສຳພັນລະຫວ່າງອິນພຸດ  $V_1$  ແລະ ເອົາພຸດ  $V_2$  ຈາກກາຣາບຈະໄດ້ວ່າ
  1. ຖ້າປັບຄ່າ  $V_1 = 0V$  ແລ້ວຈະໄດ້  $V_2 = 0V$
  2. ຖ້າປັບຄ່າ  $V_1 > 0V$  ແລ້ວຈະໄດ້  $V_2$  ມີຄ່າເປັນບວກສູງສຸດ
  3. ຖ້າປັບຄ່າ  $V_1 < 0V$  ແລ້ວຈະໄດ້  $V_2$  ມີຄ່າເປັນລົບຕໍ່າສຸດ

## 4.3 ອອບແອມ: ການທຳງານຂອງອອບແອມ

- ການທຳງານຂອງອອບແອມສາມາດແບ່ງໄດ້ ຕາມລັກສະນະການທຳງານໄດ້ 2 ລັກສະນະຄືລັກສະນະການທຳງານທີ່ອິນພຸດ ດຽວແລະການທຳງານທີ່ສອງອິນພຸດ

### 1. ການທຳງານທີ່ອິນພຸດດຽວ

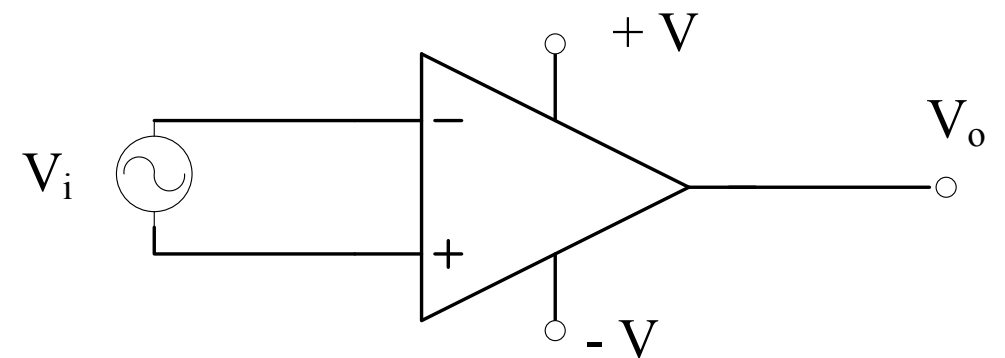
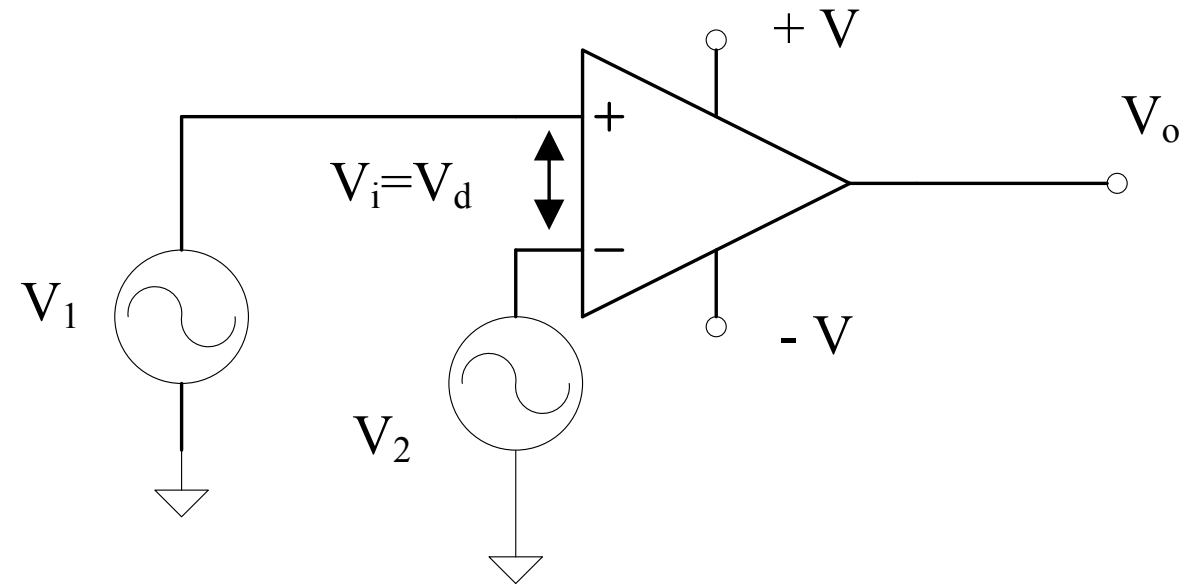
(Single Ended Input) ຄືການປ້ອນສັນຍານ ອິນພຸດທີ່ຂົ້ວໃດຂົ້ວໜຶ່ງ ສ່ວນຂົ້ວທີ່ເຫຼືອຕໍ່ ລົງກຣາວ





## 4.3 ອອບແອມ: ການທຳງານຂອງອອບແອມ

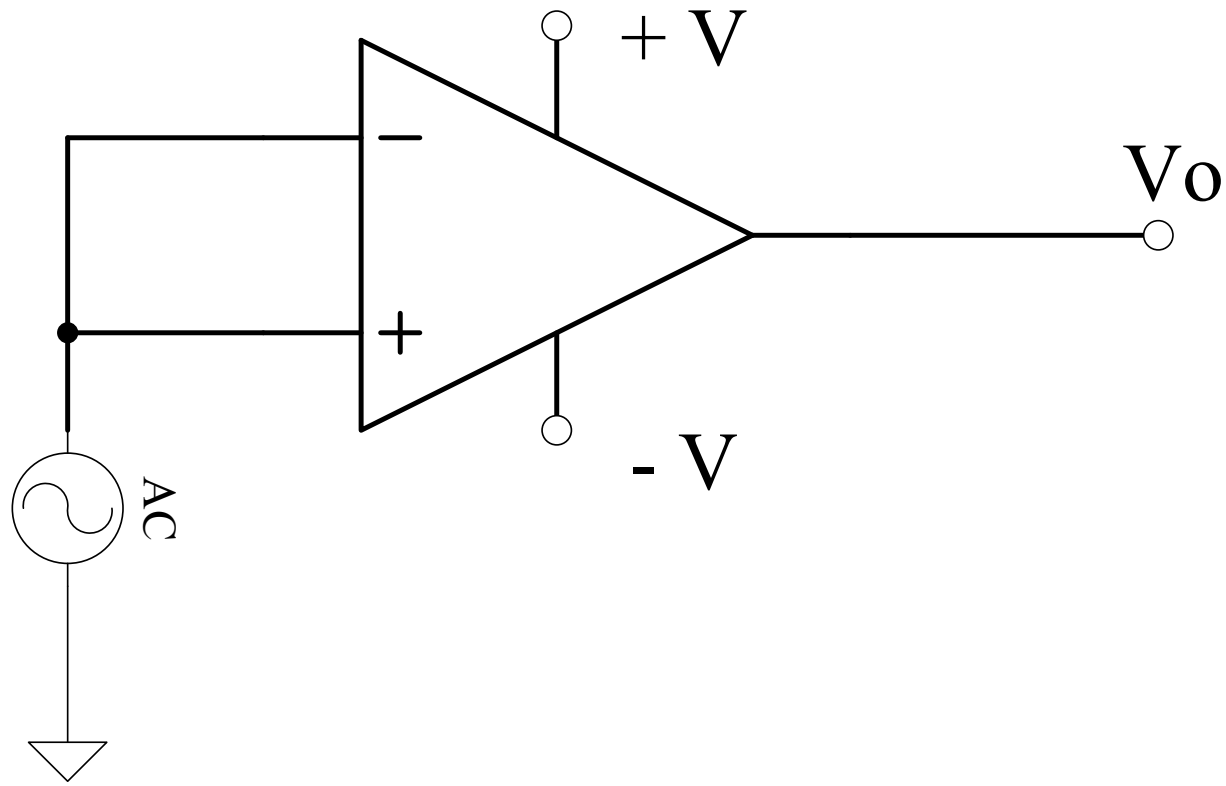
2. ການທຳງານທີ່ອິນພຸດສອງດ້ານ (Double Ended Input) ຄື ການປ້ອນສັນຍານອິນພຸດທັງສອງດ້ານ ເຊິ່ງແບ່ງອອກເປັນສອງແບບຄື ແບບດິບເຟເຣນຊຽນ (Differential) ທີ່ມີການປ້ອນສັນຍານອິນພຸດສອງສັນຍານທີ່ເປັນອິນສະຫຼະຕໍ່ກັນໃຫ້ກັບຂົ້ວອິນພຸດທັງສອງ ແລະ ແບບຄອມມອນໂມດ (Common Mode) ທີ່ມີການປ້ອນສັນຍານອິນພຸດຮ່ວມໃຫ້ກັບຂົ້ວອິນພຸດທັງສອງຂອງຂອງອອບແອມ



ສະແດງການທຳງານທີ່ອິນພຸດສອງດ້ານແບບດິບເຟເຣນຊຽນ

## 4.3 ອອບແອມ: ການທຳງານຂອງອອບແອມ

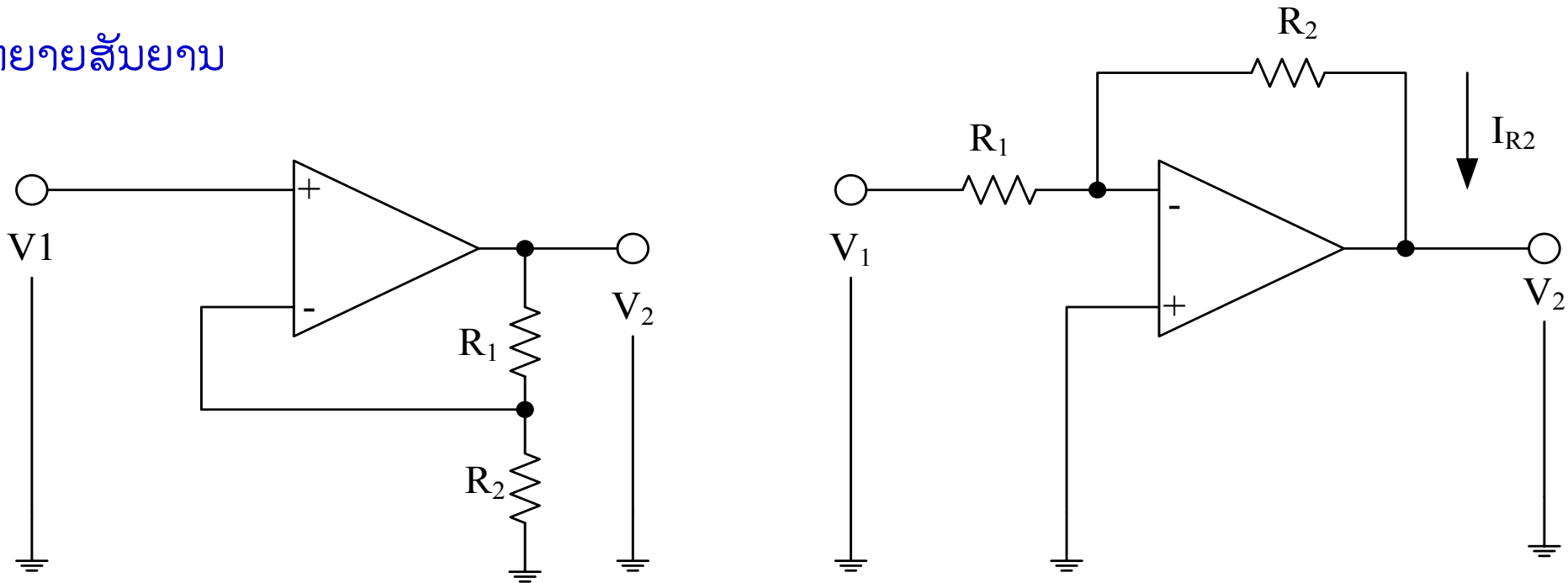
- ສະແດງການທຳງານທີ່ອີງໃສ່ແບບຄອມມອນໂມດ



## 4.4 ອອບແອມ: ການຕໍ່ Op-Amp ໃຊ້ງານທາງອີເລັກໂຕຣນິກ

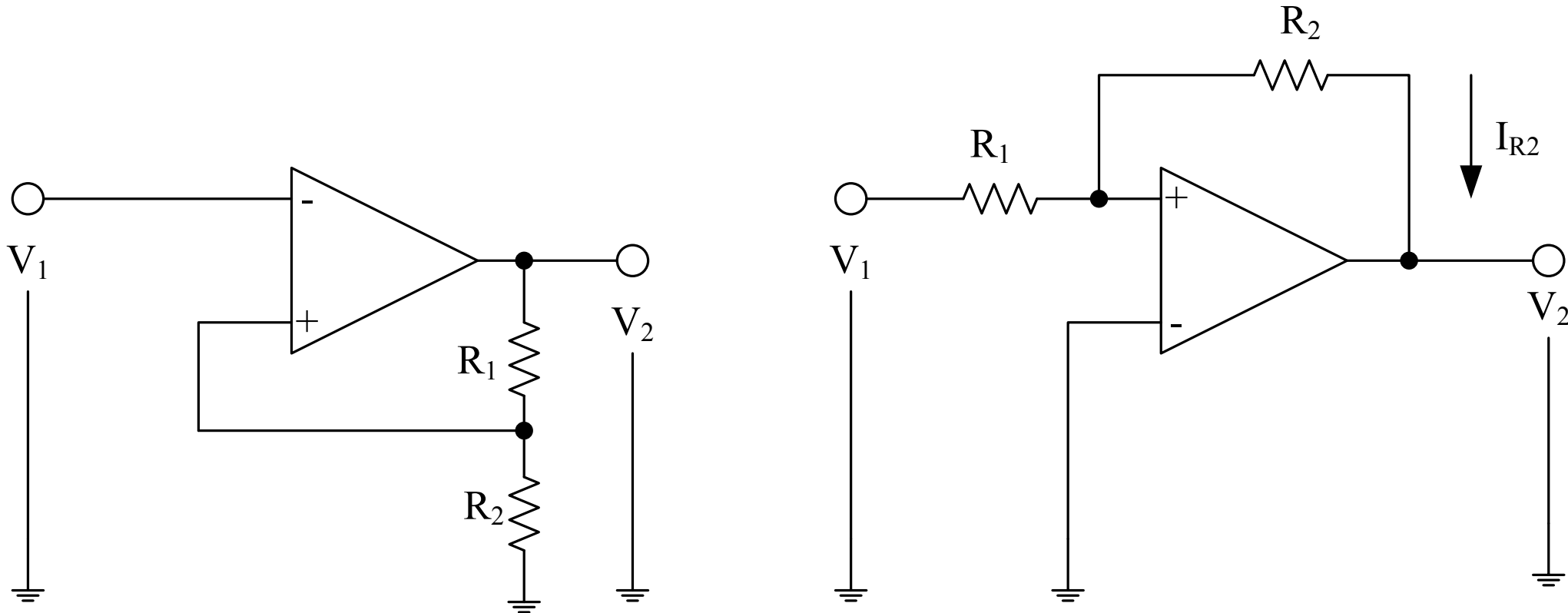
- ໃນປະຈຸບັນນີ້ OP-AMP ໄດ້ຖືກອອກແບບໃຊ້ງານຕ່າງໆ ຂຶ້ນຢູ່ກັບຄວາມສາມາດຂອງວິສະວະກອນ ແຕ່ທາກເຮົາຈະແບ່ງລັກສະນະການຕໍ່ໃຊ້ງານໂດຍເອົາເລື່ອງການຢ້ອນກັບ (Feedback) ເຊິ່ງຈະແບ່ງການຕໍ່ວົງຈອນ 2 ລັກສະນະຄື

1. ການຕໍ່ວົງຈອນໃຊ້ງານລັກສະນະ Negative Feedback ວົງຈອນຈຳພວກນີ້ຄືນຳໄປ ໃຊ້ເປັນວົງຈອນຂະຫຍາຍສັນຍານ



## 4.4 ອອບແອມ: ການຕໍ່ Op-Amp ໃຊ້ງານທາງອີເລັກໂຕຣນິກ

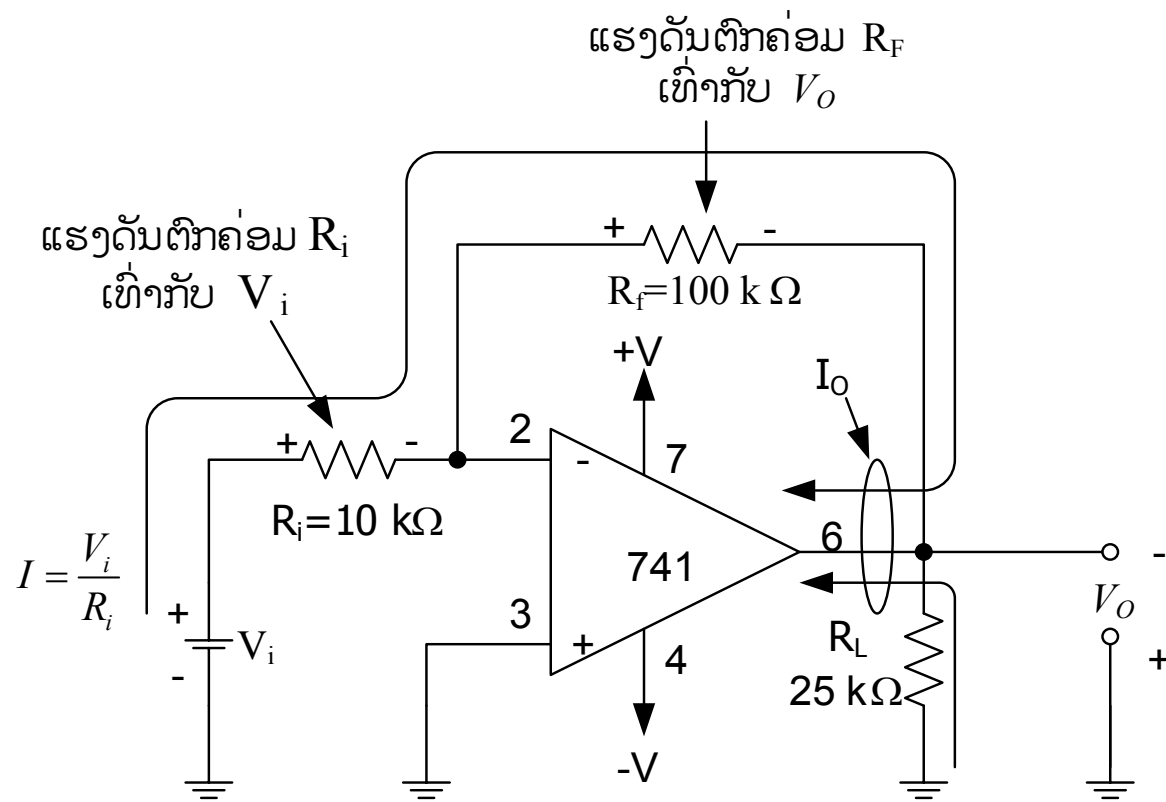
2. ການຕໍ່ວົງຈອນໃຊ້ງານລັກສະນະ Positive Feedback ວົງຈອນຈຳພວກນີ້  
ສ່ວນໃຫຍ່ນຳ ໄປໃຊ້ເປັນວົງຈອນອັດຊິເລເຕີ ແລະ ຜະລິດສັນຍານ



## 4.5 ອອບແອມ: ວົງຈອນຂະຫຍາຍແບບປີ້ນເຟດ

- ເປັນວົງຈອນຂະຫຍາຍທີ່ປ້ອນສັນຍານອິນພຸດເຂົ້າທີ່ຂາອິນເວີຕິ້ງ ຫຼື ຂາລົບ ເຊິ່ງຈະໃຫ້ເອົ້າພຸດທີ່ມີລັກສະນະສັນຍານປີ້ນເຟດກັບສັນຍານອິນພຸດ  $180^\circ$
- ວົງຈອນດັ່ງຮູບເປັນວົງຈອນຂະຫຍາຍໄດ້ຕັ້ງແຕ່ສັນຍານ AC ແລະ DC ອັດຕາການຂະຫຍາຍແບບລູບປິດ  $A_{CL}$  ຈາກ  $V_i$  ໄປສູ່  $V_o$  ຂຶ້ນຢູ່ກັບ  $R_f$  ແລະ  $R_i$  ເພື່ອທຳຄວາມໃຈກັບວົງຈອນແບບນີ້ ຂໍຍົກຂໍ້ແນະນຳ ດັ່ງກ່າວມາແລ້ວໃນບົດທີ 2 ມາສະເໜີໃໝ່ດັ່ງນີ້:
  1. ໃນກໍລະນີ  $V_o$  ບໍ່ອີ່ມຕົວ (Saturation) ຄວາມຕ່າງຂອງແຮງດັນລະຫວ່າງອິນພຸດບວກແລະ ລົບ ( $V_d$ ) ຈະເທົ່າກັບສູນ
  2. ປະລິມານກະແສທີ່ໄຫຼເຂົ້າຂາອິນພຸດທັງສອງຈະມີຄ່ານ້ອຍຫຼາຍ ຈົນຄິດວ່າບໍ່ມີກະແສໄຫຼເຂົ້າ.

## 4.5 ອອບແອມ: ວົງຈອນຂະຫຍາຍແບບປິ້ນເຟດ

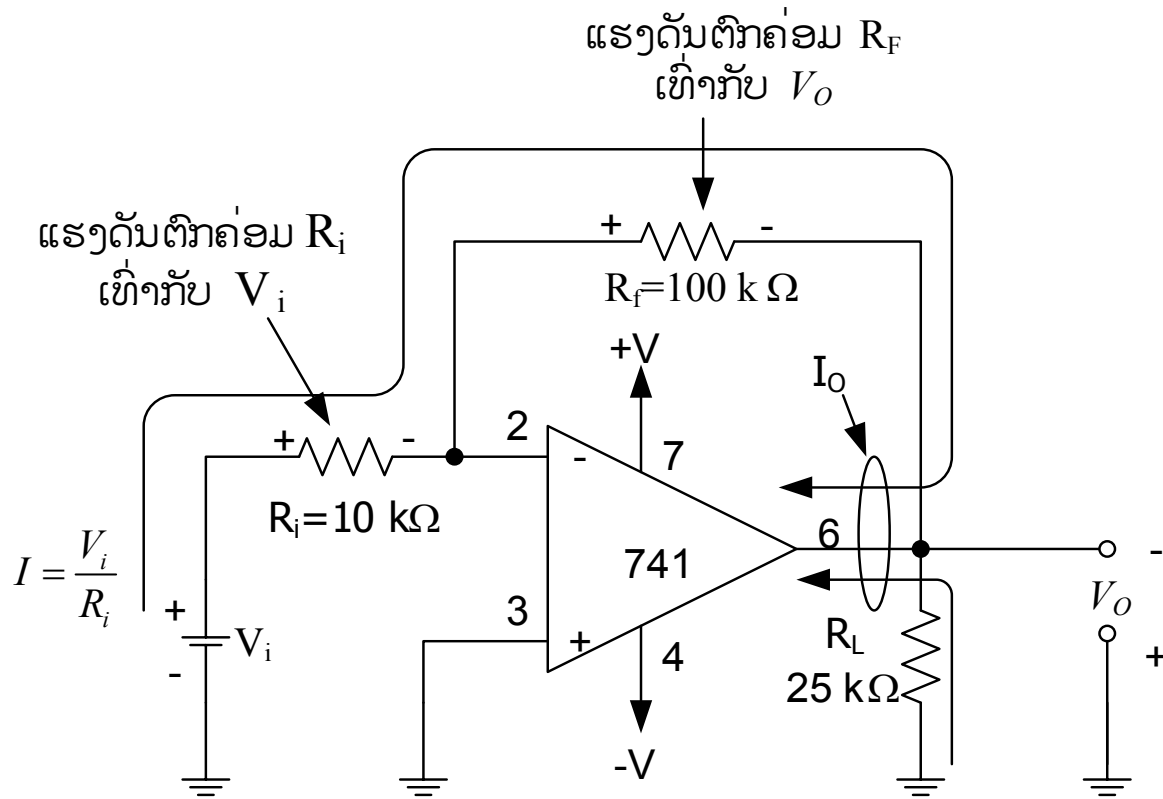


ຮູບທີ່ 1

$$V_o = -\frac{R_F}{R_i} \times V_i$$

- ເຮົາປ້ອນ  $+V_i$  ໃຫ້ກັບຂາລົບ (ຂາອິນເວີຕິ້ງ) ຜ່ານ ຕົວຕ້ານທານອິນພຸດ  $R_i$  ແລະໃຫ້  $R_f$  ເຊິ່ງເປັນຕົວຕ້ານທານຍ້ອນກັບ ຕໍ່ຢູ່ລະຫວ່າງຂາເອົາພຸດ ແລະອິນພຸດລົບ ສ່ວນຂາອິນພຸດບວກຕໍ່ຢູ່ກັບກາວ ສິ່ງທີ່ເຮົາຕ້ອງການກໍຄື  $A_{CL}$  ວ່າຈະມີຄ່າເທົ່າໃດ ເຊິ່ງຫາໄດ້ຈາກສູດ  $V_o/V_i$  ໂດຍ  $V_o$  ຫາໄດ້ຕາມຂັ້ນຕອນດັ່ງຕໍ່ໄປນີ້.
- ເມື່ອດົ້ນບວກປ້ອນເຂົ້າທີ່ຂາລົບຂອງອອບແອມ  $R_i$  ຈະເຮັດໜ້າທີ່ ແປງແຮງດັນໃຫ້ກະແສ  $I$  ຈາກນັ້ນ  $R_f$  ຈະເຮັດໜ້າທີ່ ແປງກະແສ  $I$  ໃຫ້ກັບມາຢູ່ໃນຮູບຂອງແຮງ ດັນອີກຄັ້ງ ໂດຍເປັນແຮງດັນທີ່ເປັນສັດສ່ວນກັບ  $V_i$

## 4.5 ອອບແອມ: ວົງຈອນຂະຫຍາຍແບບປິ້ນເຟດ

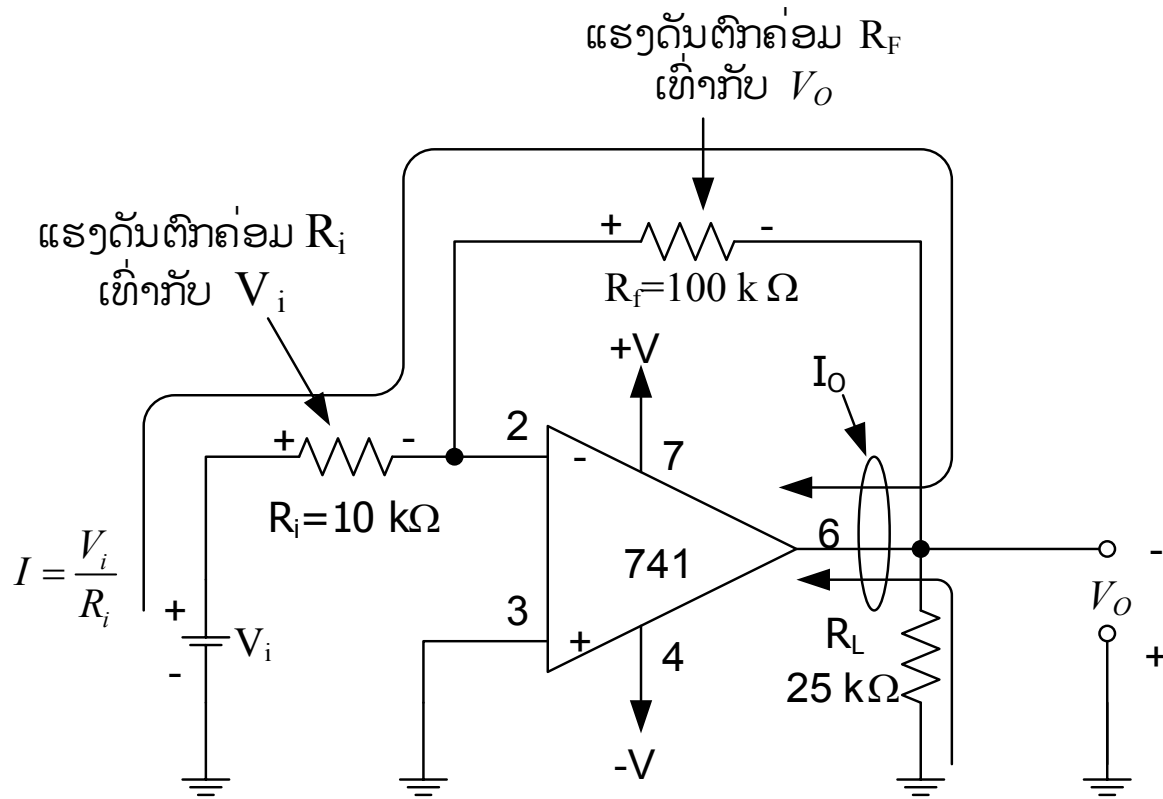


ຮູບທີ່ 1

ຈາກກົດເກນທີ່ວ່າຄວາມຕ່າງຂອງແຮງດັນລະຫວ່າງຂາບວກ ແລະຂາລົບເປັນສູນ ເຊິ່ງໝາຍຄວາມວ່າແຮງດັນທັງ 2 ຂາ ຕ້ອງເທົ່າກັນ ດັ່ງນັ້ນເມື່ອຂາອິນພຸດບວກໃນວົງຈອນນີ້ ຈຶ່ງ ຕໍ່ ລົງກຣາວ ຂາອິນພຸດລົບຈຶ່ງເໝືອນຕໍ່ຢູ່ກັບກຣາວນໍາ ກະແສທີ່ ໄຫຼຜ່ານ  $R_i$  ຈຶ່ງເກີດຄວາມຕ່າງແຮງ ດັນລະຫວ່າງ  $V_i$  ແລະກຣາວ ຕາມກົດຂອງໂອມໄດ້ກະແສດັ່ງນີ້.

$$I = \frac{V_i}{R_i} \quad \dots\dots\dots 1$$

## 4.5 ອອບແອມ: ວົງຈອນຂະຫຍາຍແບບປີ້ນເຟດ



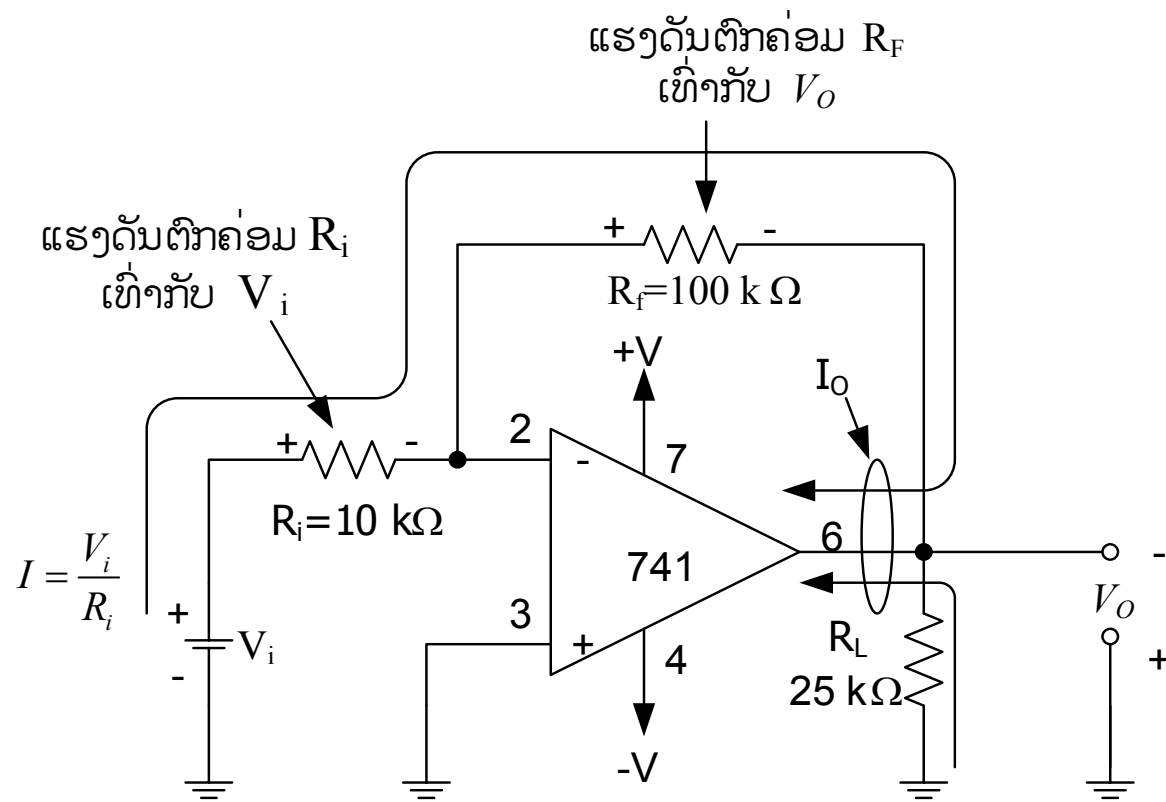
ຮູບທີ່ 1

ຈາກກົດເກນທີ່ວ່າບໍ່ມີກະແສໄຫຼເຂົ້າຂາອິນພຸດ 2  
ຂອງອອບແອມ ດັ່ງນັ້ນກະແສ  $I$  ທັງໝົດຈາກ  $R_i$  ຈະໄຫຼຜ່ານ  
ໄປຍັງ  $R_f$  ເຮັດໃຫ້ເກີດ  $V_{Rf}$  ຂຶ້ນ (ໂດຍບໍ່ມີການໄຫຼເຂົ້າຂາອິນ  
ພຸດລົບ)

$$V_{Rf} = I \times R_f = \frac{V_i}{R_i} \times R_f \quad \dots\dots\dots 2$$



## 4.5 ອອບແອມ: ວົງຈອນຂະຫຍາຍແບບປັ້ນເຟດ



ຮູບທີ່ 1

- ຈາກ  $V_{Rf}$  ປັ້ນແຮງດັນຕົກຄ່ອມ  $R_f$  ເຊິ່ງເກີດຈາກຄວາມຕ່າງແຮງດັນລະຫວ່າງ ກຣາວ ກັບ  $V_O$  ຕາມທິດທາງຂອງກະແສ
- ໃນຂະນະນີ້ ກະແສໄຫຼສືບເນື່ອງມາຈາກ  $I$  ຜ່ານກຣາວ ເຊິ່ງຢູ່ທາງຊ້າຍຂອງ  $R_f$  ມາຍັງ  $V_O$  ເຊິ່ງຢູ່ທາງຂວາ ຂອງ  $R_f$
- ສະແດງໃຫ້ເຫັນວ່າ  $V_O$  ໃນຕອນນີ້ມີແຮງດັນຕ່ຳກວ່າກຣາວ ຄືເປັນລົບ (ແຮງດັນຕົກຄ່ອມຂາ 2 ແລະຂາ 6 ຂອງອອບແອມມີຄ່າເທົ່າກັບ 0 ໂວນ)
- ດັ່ງນັ້ນໃນຂະນະທີ່  $V_i$  ເປັນບວກທຽບກັບກຣາວ  $V_O$  ກໍ່ຈະເປັນລົບ ເມື່ອທຽບກັບກຣາວ (ຈະຫັກລ້າງເປັນ 0 ໂວນພໍດີ) ສະນັ້ນ ຖ້າຄິດວ່າຂະໜາດຂອງ  $V_O = V_{Rf}$  ແລ້ວເຄື່ອງ ຂອງ  $V_O$  ກໍ່ຈະປັ້ນກັນກັບ  $V_{Rf}$  ດັ່ງນັ້ນຈາກສົມຜົນທີ່ (2) ຈະໄດ້

$$V_O = -V_i \times \frac{R_f}{R_i} \quad \dots\dots\dots 3$$

## 4.5 ອອບແອມ: ວົງຈອນຂະຫຍາຍແບບປິ່ນເຟດ

- ຈາກນິຍາມອັດຕາການຂະຫຍາຍແບບລູບປິດ  $A_{CL} = V_o/V_i$  ຈະໄດ້

$$A_{CL} = -\frac{V_o}{V_i} = \frac{-V_i \frac{R_f}{R_i}}{V_i}$$
$$A_{CL} = -\frac{R_f}{R_i} \quad \dots\dots\dots 4$$

- ເຄື່ອງໝາຍລົບໃນສົມຜົນທີ່ (4) ສະແດງວ່າຂົ້ວຂອງ  $V_o$  ຈະປິ່ນກັບທາງດ້ານ  $V_i$  ເຊິ່ງຈຸດນີ້ເອງທີ່ເຮັດໃຫ້ວົງຈອນຂະຫຍາຍນີ້ຈຶ່ງໄດ້ຊື່ວ່າ: ວົງຈອນຂະຫຍາຍແບບປິ່ນເຟດ (Inverting Amplifier) ເຊິ່ງອັດຕາການຂະຫຍາຍຂອງວົງຈອນນີ້ຈະຂຶ້ນຢູ່ກັບ  $R_f$  ແລະ  $R_i$  ເທົ່ານັ້ນ

## 4.5 ອອບແອມ: ວົງຈອນຂະຫຍາຍແບບປັ້ນເຟດ

ໂຫຼດແລະກະແສເອົ້າພຸດ

ກະແສເອົ້າພຸດ  $I_0$  ຂອງອອບແອມປະກອບດ້ວຍກະແສ 2 ສ່ວນຄື:

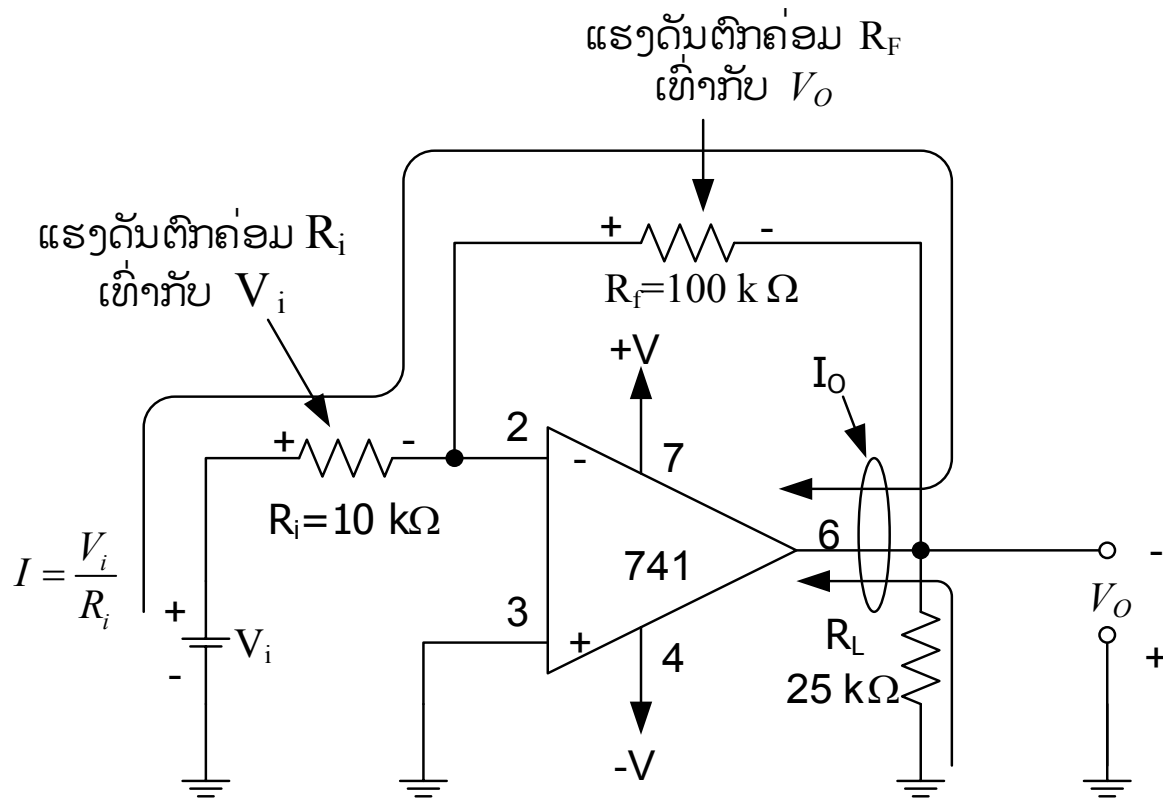
1. ກະແສທີ່ເກີດຈາກ  $V_0$  ຄ່ອມ  $R_L$  (ໃນຂະນະທີ່  $V_0$  ເປັນລົບ)  $I_L = V_0 / R_L$
2. ກະແສ  $I$  ທີ່ໄຫຼຜ່ານ  $R_f$  ມາຍັງເອົ້າພຸດ ເຊິ່ງທິດທາງຂອງ  $I$  ຈະຄືກັນກັບ  $I_L$  (ມີທິດທາງໄຫຼເຂົ້າຂາ 6 ຂອງອອບແອມ ດັ່ງຮູບທີ່ 1 ດັ່ງນັ້ນກະແສເອົ້າພຸດຂອງອອບແອມ  $I_0$  ຈະເທົ່າ ກັບ

$$I_0 = I + I_L \dots\dots (5)$$

ເຊິ່ງ  $I_0$  ຈະມີຄ່າຫຼາຍທີ່ສຸດຢູ່ລະຫວ່າງ 5mA -10mA ເທົ່ານັ້ນ

## 4.5 ອອບແອມ: ວົງຈອນຂະຫຍາຍແບບປິ້ນເຟດ

ຕົວຢ່າງທີ່ 4.1: ຈາກຮູບທີ່ 1 ໃຫ້  $R_f = 100 \text{ k}\Omega$  ແລະ  $V_i = 1 \text{ V}$  ຈົ່ງຫາ  $I$ ,  $V_o$  ແລະ  $A_{CL}$



ຮູບທີ່ 1

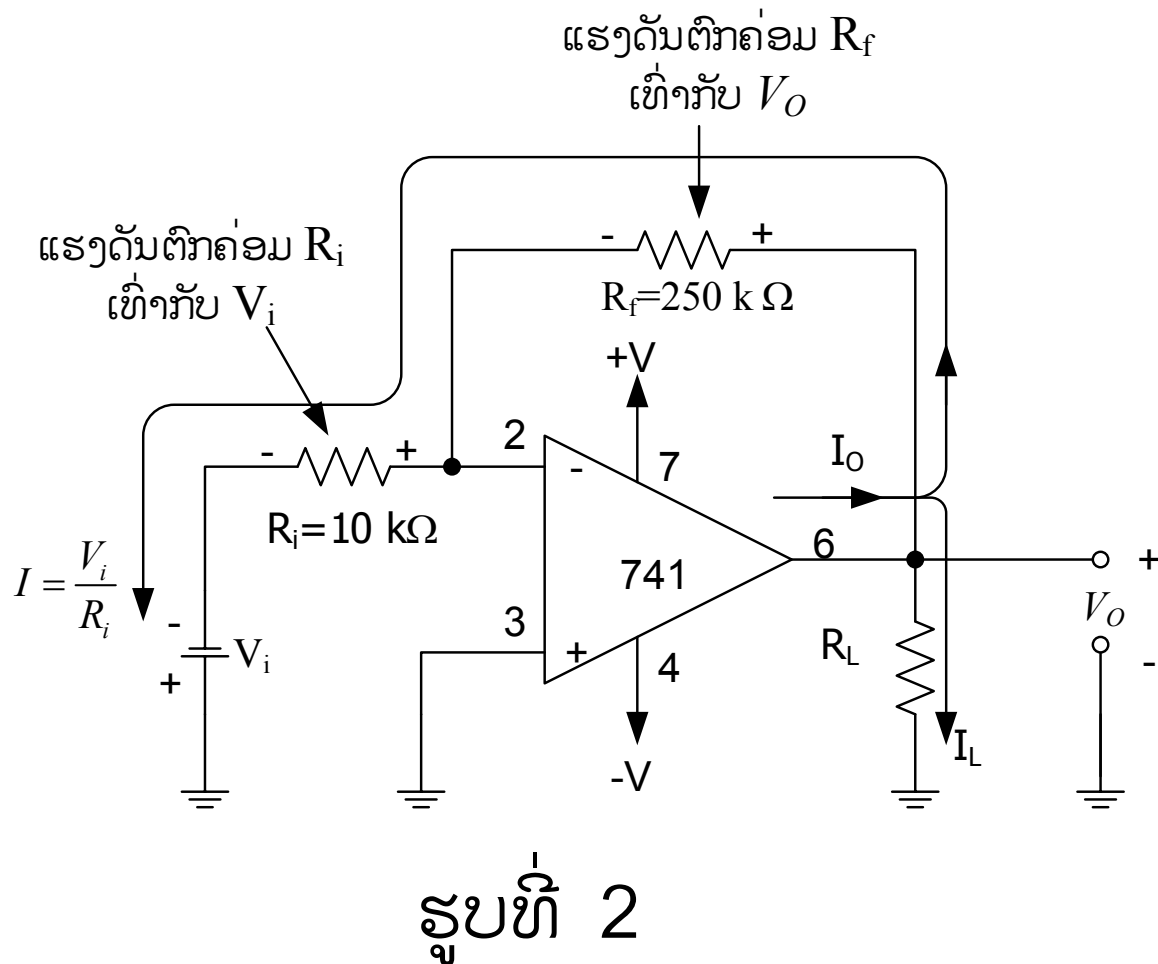
$$I = \frac{V_i}{R_i} = \frac{1 \text{ V}}{10 \text{ k}\Omega} = 0.1 \text{ mA}$$

$$V_o = -V_i \left( \frac{R_f}{R_i} \right) = -1 \text{ V} \left( \frac{100 \text{ k}\Omega}{10 \text{ k}\Omega} \right) = -10 \text{ V}$$

$$A_{CL} = -\frac{R_f}{R_i} = -\frac{100 \text{ k}\Omega}{10 \text{ k}\Omega} = -10$$

## 4.5 ອອບແອມ: ວົງຈອນຂະຫຍາຍແບບປັ້ນເຟດ

ເມື່ອປ້ອນແຮງດັນລົບທີ່ຂາອິນເວີຕິງ



- ຈາກຮູບທີ່ 2 ມີການປ້ອນ  $V_i$  ຜ່ານ  $R_i$  ເຂົ້າທາງອິນພຸດລົບ ໂດຍ  $V_i$  ທີ່ປ້ອນໃຫ້ມີແຮງດັນເປັນລົບ
- ດັ່ງນັ້ນເຮັດໃຫ້ທິດທາງຂອງກະແສຈິງ ດັ່ງວົງຈອນໃນຮູບທີ່ 1 ແຕ່ສົມຜົນທຸກໆ ສົມຜົນຈະຄືກັນກັບຕອນທຳອິດ ແລະ ເມື່ອພິຈາລະນາຈາກທິດທາງການ ໄຫຼຂອງກະແສໃນວົງຈອນຮູບທີ່ 2 ນີ້ແລ້ວ ຈະໄດ້ຂໍ້ສັງເກດວ່າ ໃນຂະນະທີ່ແຮງດັນ  $V_i$  ເປັນລົບ ຈະເຮັດໃຫ້  $V_o$  ເປັນບວກ

## 4.5 ອອບແອມ: ວົງຈອນຂະຫຍາຍແບບປັ້ນເຟດ

- ຕົວຢ່າງທີ່ 4.2 ສຳລັບວົງຈອນໃນຮູບທີ່ 2 ຖ້າໃຫ້  $R_f = 250 \text{ k}\Omega$  ແລະ  $V_i = -0.5 \text{ V}$  ຈົ່ງ ຫາ

(ກ)  $I$

$$I = \frac{V_i}{R_i} = \frac{-0.5 \text{ V}}{10 \text{ k}\Omega} = -0.05 \text{ mA}$$

(ຂ) ແຮງດັນຕົກຄ່ອມ  $R_f$

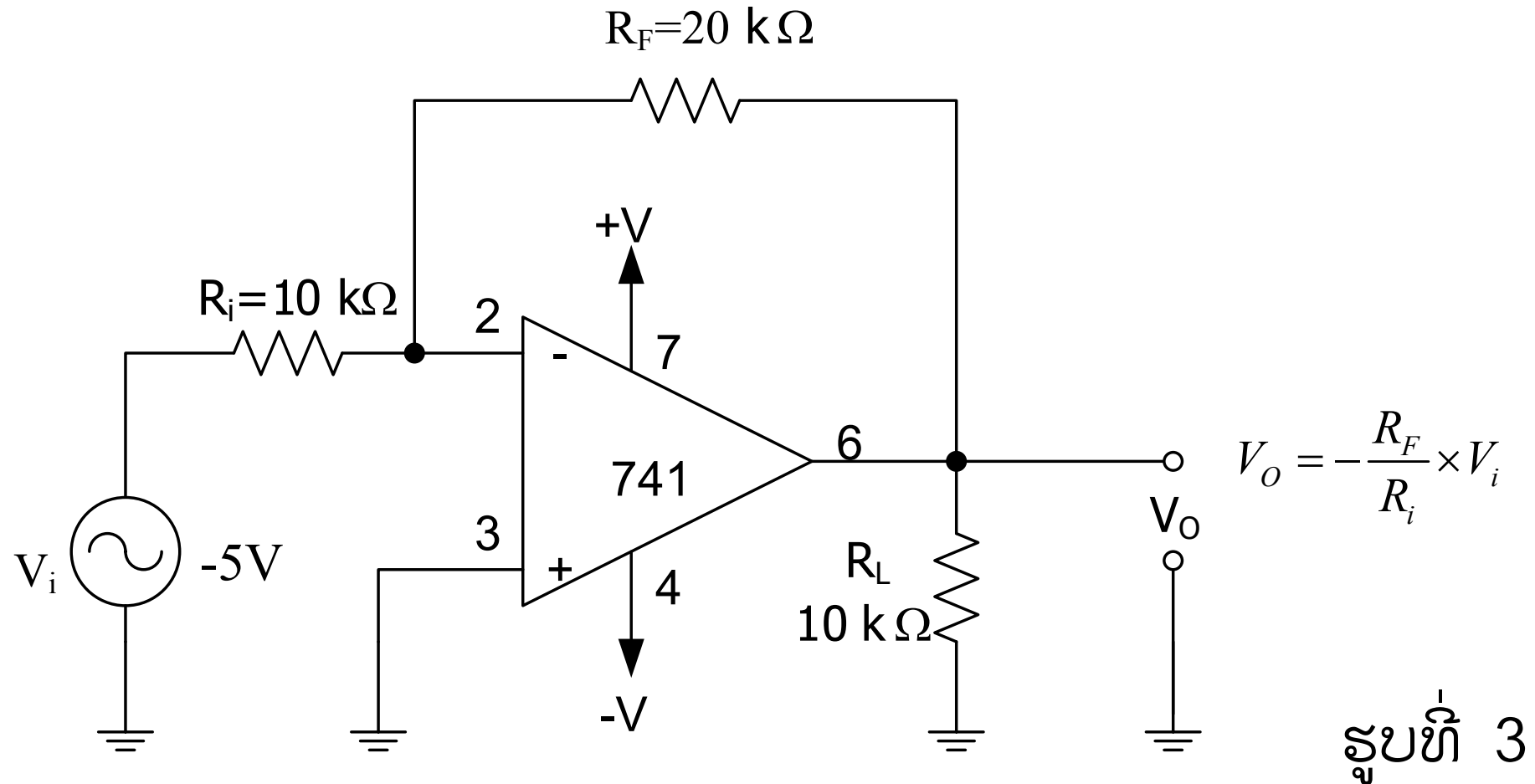
(ຄ)  $V_o$

$$\begin{aligned} V_{Rf} &= I \times R_f \\ &= -0.05 \text{ mA} \times 250 \text{ k}\Omega \\ &= -12.5 \text{ V} \end{aligned}$$

$$V_o = -V_i \left( \frac{R_f}{R_i} \right) = -(-0.5 \text{ V}) \left( \frac{250 \text{ k}\Omega}{10 \text{ k}\Omega} \right) = 12.5 \text{ V}$$

## 4.5 ອອບແອມ: ວົງຈອນຂະຫຍາຍແບບປິ້ນເຟດ

ເມື່ອປ້ອນ AC ໃຫ້ຂາອິນເວີຕິງ



## 4.5 ອອບແອມ: ວົງຈອນຂະຫຍາຍແບບປັ້ນເຟດ

ເມື່ອປ້ອນ AC ໃຫ້ຂາອິນເວີຕິງ

ຕົວຢ່າງທີ່ 4.3: ຈາກວົງຈອນໃນຮູບທີ່ 3 ຖ້າ  $R_f = 20\text{k}\Omega$  ແລະ  $R_i = 10\text{k}\Omega$  ຈົ່ງຄຳນວນຫາ  
ອັດຕາການຂະຫຍາຍ  $A_{CL}$  ແລະ  $V_o$

$$A_{CL} = -\frac{R_f}{R_i} = -\frac{20\text{k}\Omega}{10\text{k}\Omega} = -2$$

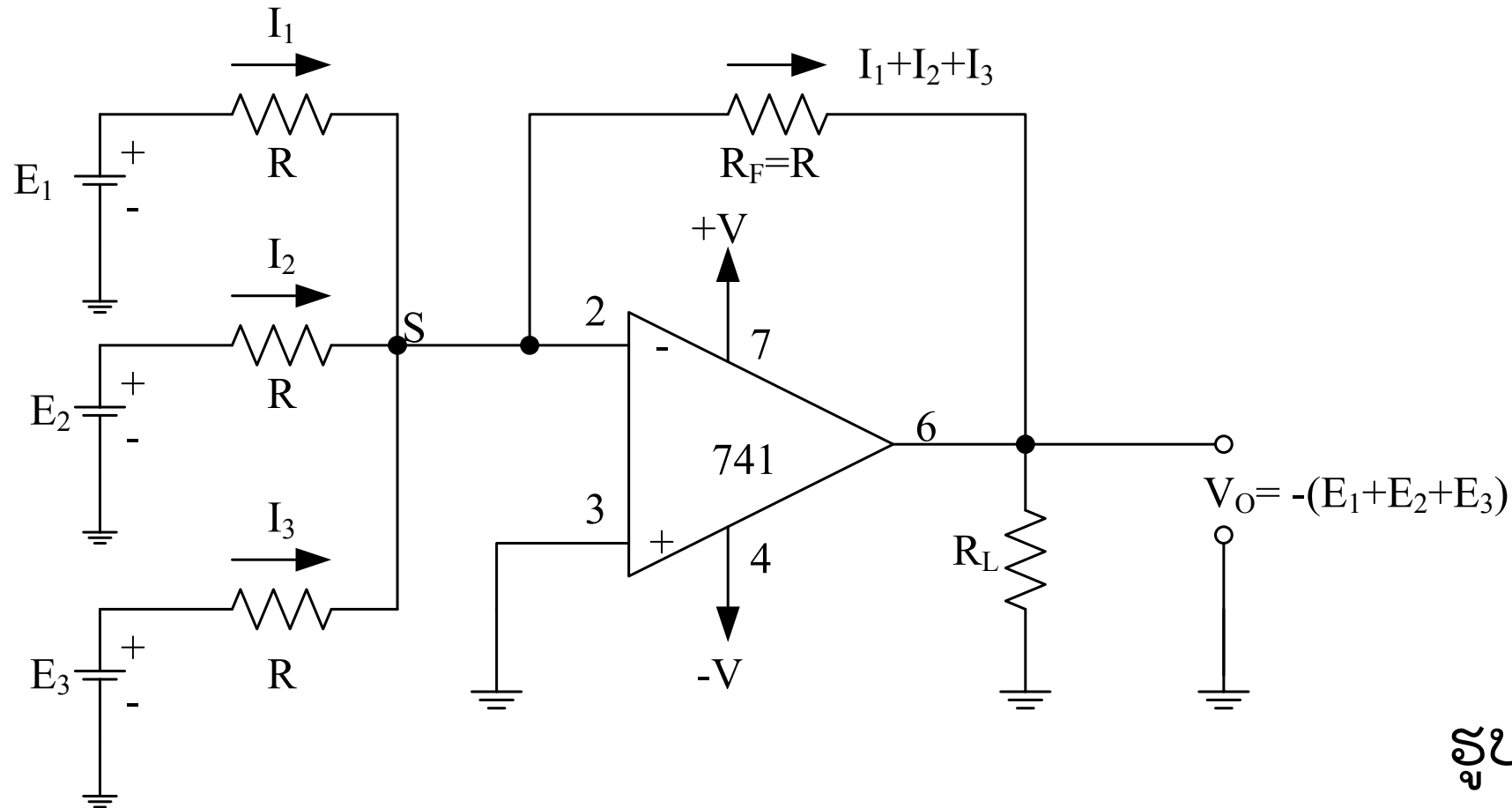
ຈາກສົມຜົນ:  $A_{CL} = \frac{V_o}{V_i}$

$$V_o = A_{CL} \times V_i = (-2)(-5\text{ V}) = 10\text{ V}$$



## 4.5 ອອບແອມ: ວົງຈອນຂະຫຍາຍແບບປັ້ນເຟດ

ວົງຈອນລວມສັນຍານແບບອິນເວີຕິ້ງ (Inverting Adder)



ຮູບທີ 4

## 4.5 ອອບແອມ: ວົງຈອນຂະຫຍາຍແບບປົ້ນເຟດ

### ວົງຈອນລວມສັນຍານແບບອິນເວີຕິງ (Inverting Adder)

- ວົງຈອນໃນຮູບທີ່ 4 ເປັນວົງຈອນທີ່ໃຊ້ລວມສັນຍານດ້ານອິນພຸດໃຫ້ອອກມາທີ່ດ້ານເອົ້າພຸດ ໂດຍສັນຍານເອົ້າພຸດທີ່ໄດ້ຈາກການລວມເຟດ ເມື່ອທຽບກັບດ້ານອິນພຸດ ເຊິ່ງເປັນໄປຕາມສົມຜົນທີ່ (6)

$$V_o = - (E_1 + E_2 + E_3) \quad \dots\dots(6)$$

- ພິຈາລະນາກະແສທີ່ເກີດຈາກແຫຼ່ງຈ່າຍໄຟ ແລະ R ທາງດ້ານອິນພຸດແຕ່ລະຕົວລວມກັນທີ່ຈຸດ S (ທີ່ຈຸດ S ຈະເໝືອນເປັນກຣາວ) ເຊິ່ງກະແສ  $I_1, I_2, I_3$  ຫາໄດ້ດັ່ງນີ້:

## 4.5 ອອບແອມ: ວົງຈອນຂະຫຍາຍແບບປິ້ນເຟດ

### ວົງຈອນລວມສັນຍານແບບອິນເວີຕິ້ງ (Inverting Adder)

- ພິຈາລະນາກະແສທີ່ເກີດຈາກແຫຼ່ງຈ່າຍໄຟ ແລະ R ທາງດ້ານອິນພຸດແຕ່ລະຕົວລວມກັນ ທີ່ຈຸດ S (ທີ່ຈຸດ S ຈະເໝືອນເປັນກວາດ) ເຊິ່ງກະແສ  $I_1, I_2, I_3$  ຫາໄດ້ດັ່ງນີ້:

$$I_1 = \frac{E_1}{R}; \quad I_2 = \frac{E_2}{R}; \quad I_3 = \frac{E_3}{R} \quad \dots\dots\dots 7$$

- ຈາກລັກສະນະຂອງວົງຈອນຂະຫຍາຍແບບອິນເວີຕິ້ງ ກະແສລວມ  $(I_1 + I_2 + I_3)$  ທີ່ໄຫຼ ເຂົ້າທີ່ຈຸດ S ຈະໄຫຼຜ່ານອອກມາ  $R_f$  ເກີດແຮງດັນຕົກຄ່ອມ  $R_f$  ເຊິ່ງມີຂະໜາດເທົ່າກັບ  $V_o$  ແຕ່ປິ້ນເຟດກັນ

$$V_o = - (I_1 + I_2 + I_3) \times R_f$$

## 4.5 ອອບແອມ: ວົງຈອນຂະຫຍາຍແບບປັ້ນເຟດ

### ວົງຈອນລວມສັນຍານແບບອິນເວີຕິ້ງ (Inverting Adder)

- ເມື່ອແທນຄ່າກະແສຈາກສົມຜົນທີ່ (7) ແລະໃຊ້  $R_f = R$  ລົງໄປໃນສົມຜົນ  $V_o$  ກໍ່ຈະໄດ້  $V_o$  ຕາມສົມຜົນທີ່ (6)

$$V_o = -\left(\frac{E_1}{R} + \frac{E_2}{R} + \frac{E_3}{R}\right)R$$

$$V_o = -(E_1 + E_2 + E_1)$$

## 4.5 ອອບແອມ: ວົງຈອນຂະຫຍາຍແບບປັ້ນເຟດ

**ຕົວຢ່າງທີ 4.4:** ໃນວົງຈອນຮູບທີ່ 4 ຖ້າໃຫ້  $E_1 = 2V$ ,  $E_2 = 3V$ ,  $E_3 = 1V$  ແລະຕົວຕ້ານ  
ທານທຸກໆ ຕົວມີຄ່າເທົ່າກັບ  $10\Omega$  ຈົ່ງຫາ  $V_o$

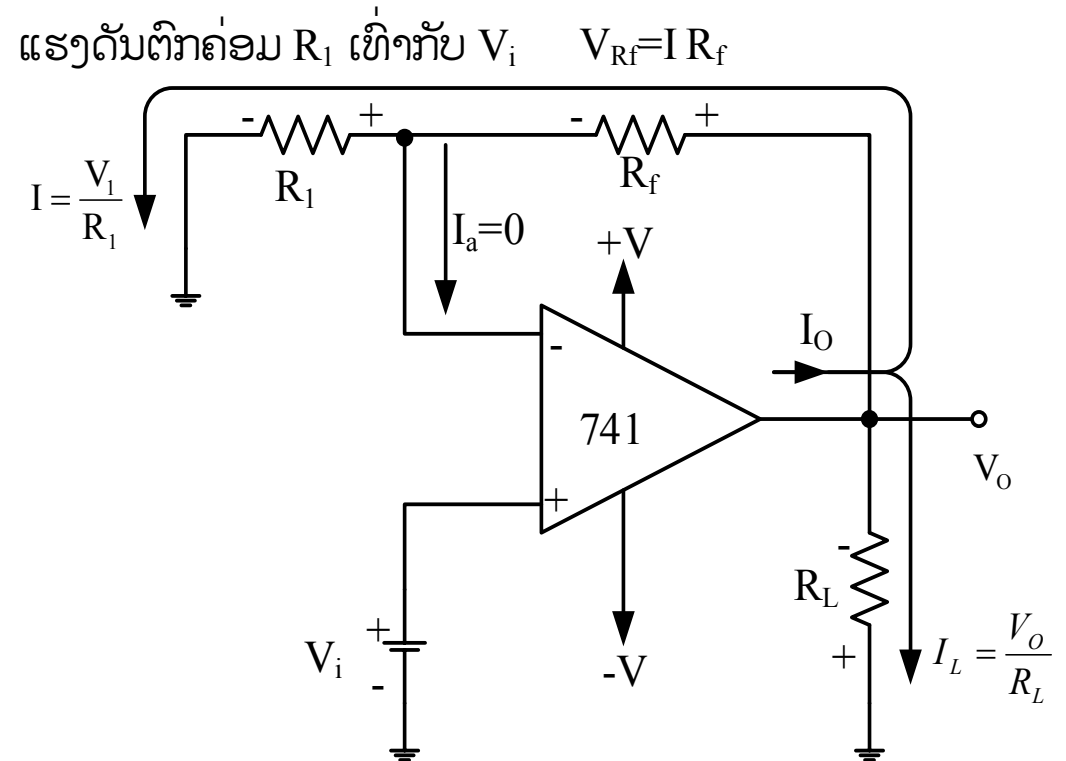
ຈາກສົມຜົນທີ່ (6)

$$\begin{aligned} V_o &= - ( E_1 + E_2 + E_3 ) \\ &= - (2V + 3V + 1V) = -6V \end{aligned}$$

## 4.6 ອອບແອມ: ວົງຈອນຂະຫຍາຍແບບບໍ່ປົນເຟດ

### ເມື່ອປ້ອນແຫຼ່ງຈ່າຍໄຟບວກ

- ວົງຈອນຂະຫຍາຍແບບນອນອິນເວີຕິ້ງ ຮູບທີ 8 (ກ) ເປັນວົງຈອນທີ່ໃຫ້ແຮງດັນເອົ້າພຸດ  $V_o$  ມີເຄື່ອງໝາຍຫຼືມີຂົ້ວຄືກັນກັບແຮງດັນທາງອິນພຸດ  $V_i$  ໃນການວິເຄາະວົງຈອນ ຈະຄືກັນກັບວົງຈອນອິນເວີຕິ້ງ ໂດຍໃຫ້ຖືວ່າຄວາມຕ້ານທານດ້ານອິນພຸດຂອງອອບແອມມີຂະໜາດຄ່າຫຼາຍເກີນ  $100\text{ M}\Omega$



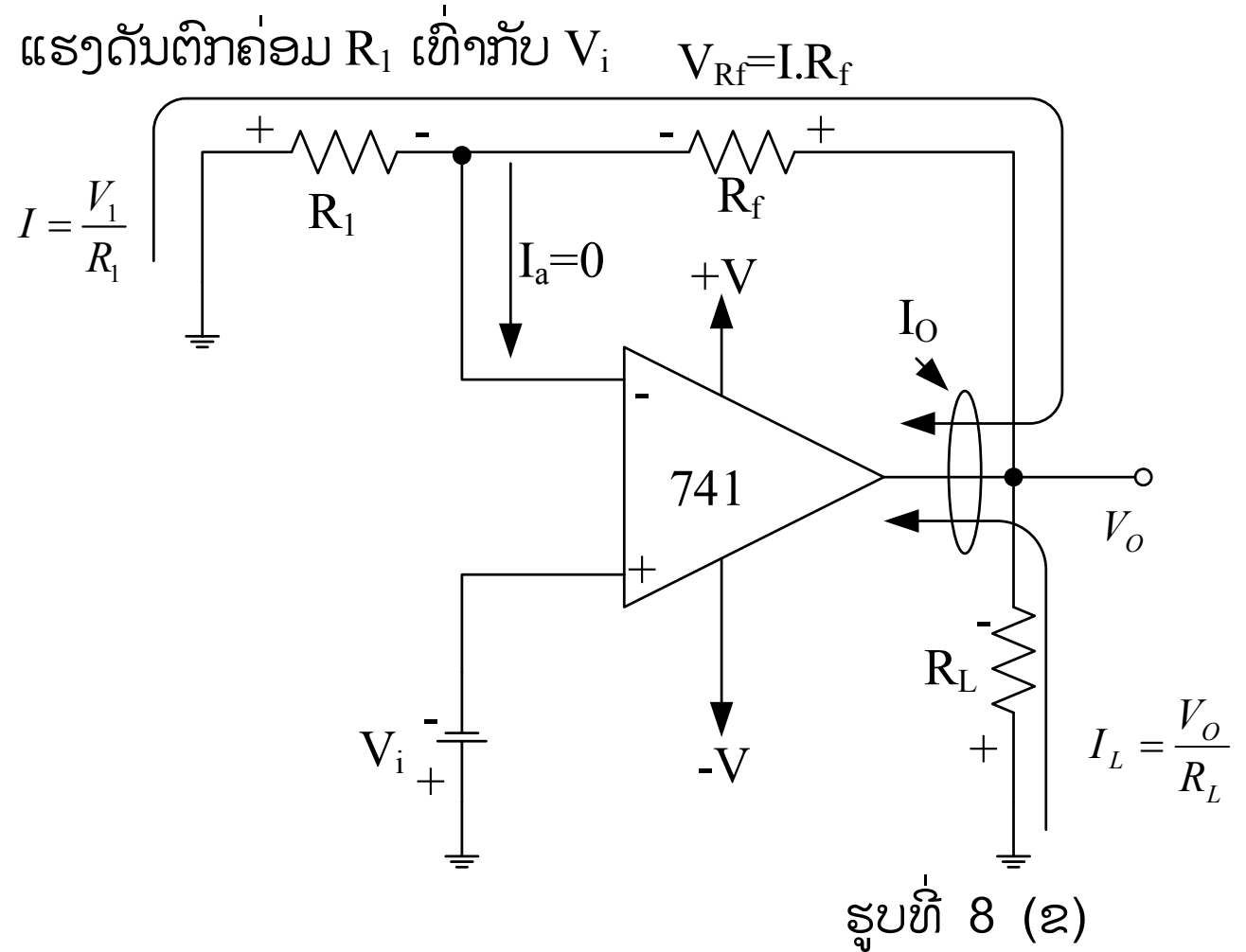
ຮູບທີ 8 (ກ)

## 4.6 ອອບແອມ: ວົງຈອນຂະຫຍາຍແບບບໍ່ປົ່ນເຟດ

### ເມື່ອປ້ອນແຫຼ່ງຈ່າຍໄຟລົບ

- ໂດຍທົດທາງຂອງກະແສຂຶ້ນຢູ່ກັບແຮງດັນ  $V_i$  ເຊິ່ງຄືຕອນຕົກຄ່ອມ  $R_i$  ສໍາລັບຮູບທີ່ 8 (ກ) ທີ່ຂາອິນພຸດລົບຈະສະເໜືອນມີແຮງດັນບວກ  $V_i$  ຢູ່ ດັ່ງນັ້ນກະແສຈຶ່ງໄຫຼຈາກດ້ານຂວາຂອງ  $R_f$  ມາ  $R_i$  ລົງກຮາວ ການໄຫຼເຂົ້າແບບນີ້ເຮັດໃຫ້ເກີດທົດທາງຂອງ  $I$  ເຊິ່ງຈະປົ່ນກັບ  $I$  ໃນຮູບທີ່ 8 (ຂ) ເມື່ອຮູ້  $I$  ແລ້ວຈຶ່ງສາມາດຫາຄ່າຄວາມຕ້ານແຮງດັນຕົກຄ່ອມ  $R_f$  ໄດ້

$$V_{Rf} = I \times R_f = \frac{V_i}{R_i} R_f$$



## 4.6 ອອບແອມ: ວົງຈອນຂະຫຍາຍແບບບໍ່ປົ່ນເຟດ

ເມື່ອ  $V_{Rf}$  ແລະ  $V_{R1}$  ເຊິ່ງເທົ່າກັບ  $V_i$  ແລ້ວສາມາດຫາໄດ້  $V_o$  ໄດ້

$$V_o = V_{Rf} + V_i$$

$$= \frac{E_i}{R_1} R_f + V_i$$

$$V_o = \left( 1 + \frac{R_f}{R_1} \right) V_i$$

ທຸກຄ່າ  $V_o$  ທີ່ຫາໄດ້ນຳມາໃຊ້ໃນການຫາອັດຕາຂະຫຍາຍຂອງວົງຈອນໄດ້ດັ່ງນີ້

$$A_{CL} = \frac{V_o}{V_i} = \frac{\left( 1 + \frac{R_f}{R_1} \right) V_i}{V_i}$$

$$A_{CL} = 1 + \frac{R_f}{R_1}$$



## 4.6 ອອບແອມ: ວົງຈອນຂະຫຍາຍແບບບໍ່ປົ່ນເຟດ

- ຕົວຢ່າງທີ່ 4.5 ຈາກວົງຈອນໃນຮູບ ຖ້າ  $V_i$  ເປັນຮູບຄື້ນຊາຍ ແລະ ຈຸດປາຍຂອງແຮງດັນຢູ່ທີ່  $2V$  ຈົ່ງຫາ

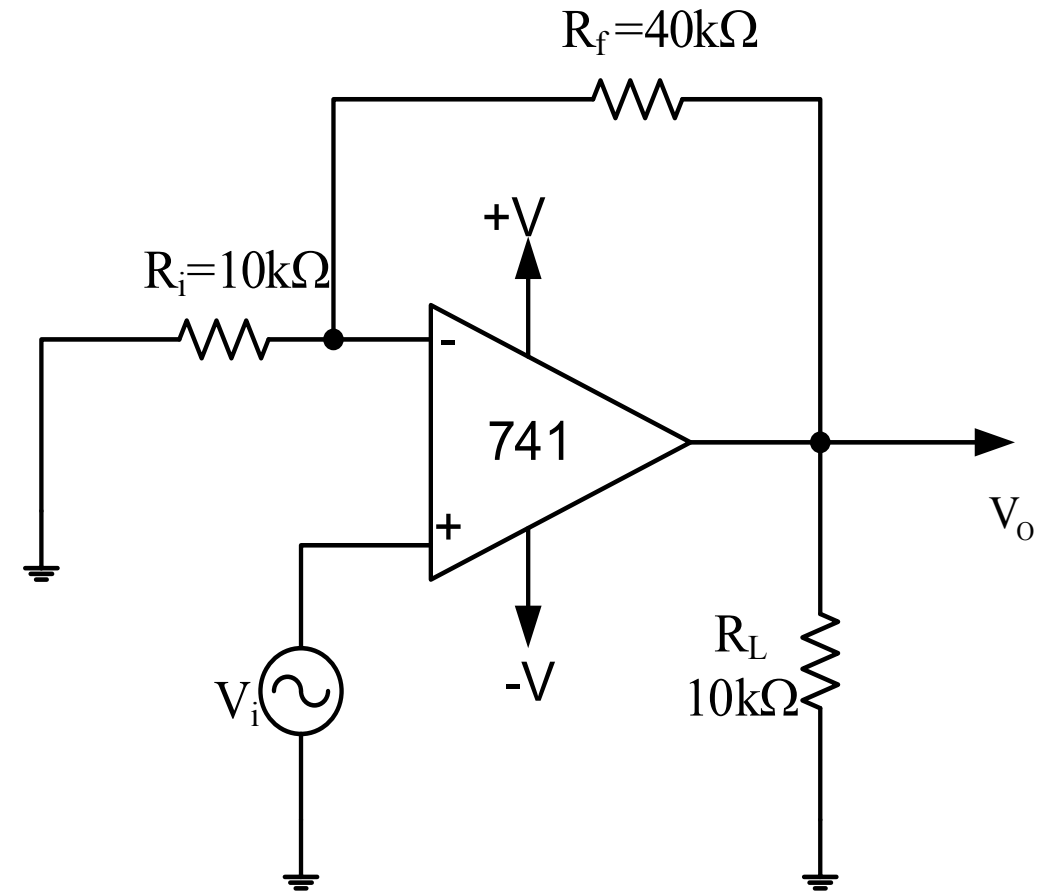
- ແຮງດັນເອົ້າພຸດຂອງວົງຈອນ
- ອັດຕາການຂະຫຍາຍຂອງວົງຈອນ

ແຮງດັນເອົ້າພຸດຂອງວົງຈອນ

$$V_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_i}\right) V_i = \left(1 + \frac{40k\Omega}{10k\Omega}\right) 2V = 10V$$

ອັດຕາການຂະຫຍາຍຂອງວົງຈອນ

$$A_{CL} = 1 + \frac{R_f}{R_i} = 1 + \frac{40k\Omega}{10k\Omega} = 5$$



## 4.6 ອອບແອມ: ວົງຈອນຂະຫຍາຍແບບບໍ່ປິ້ນເຟດ

ເມື່ອ  $V_{Rf}$  ແລະ  $V_{R1}$  ເຊິ່ງເທົ່າກັບ  $V_i$  ແລ້ວສາມາດຫາໄດ້  $V_o$  ໄດ້

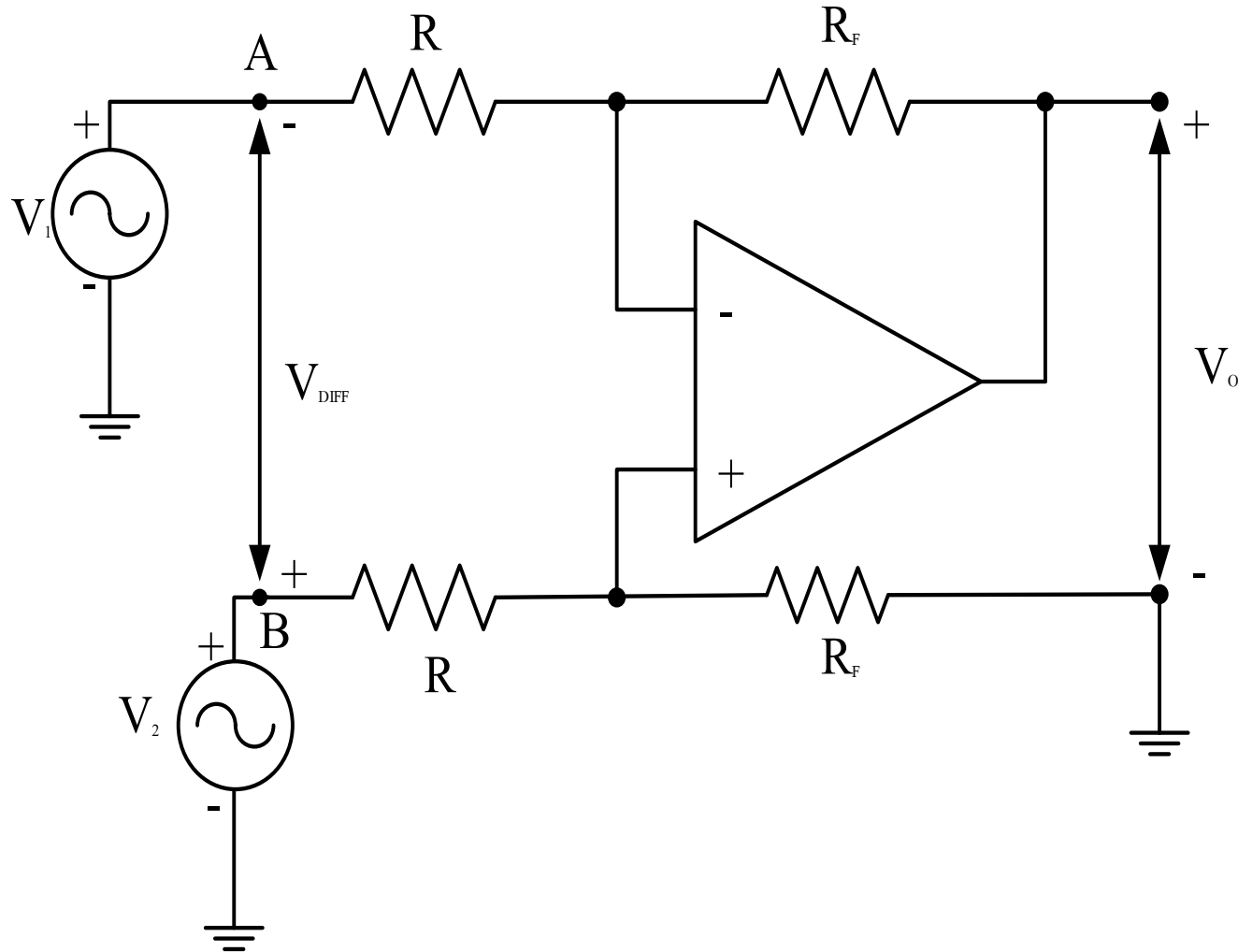
$$V_o = \left( 1 + \frac{R_f}{R_1} \right) V_i$$

$$A_{CL} = 1 + \frac{R_f}{R_1}$$

## 4.7 ອອບແອມ: ວົງຈອນຂະຫຍາຍຜົນຕ່າງ

- ວົງຈອນຂະຫຍາຍຜົນຕ່າງ (Difference Amplifier) ຈະນຳມາໃຊ້ໃນການຂະຫຍາຍສັນຍານຂະໜາດນ້ອຍ (ສັນຍານທີ່ມີຂະໜາດນ້ອຍ 10mV ລົງມາ) ເປັນວົງຈອນທີ່ສັນຍານເອົ້າພຸດເປັນຜົນຂອງການລົບຂອງສັນຍານອິນພຸດທັງສອງຈາກຈຸດ A ແລະ B ເຊິ່ງຄຸນສົມບັດຄືກັນກັບອິນພຸດຜົນຕ່າງຂອງອອບແອມມາດຕະຖານ ແຕ່ຕ່າງກັນທີ່ວົງຈອນຂະຫຍາຍມີການປ້ອນກັບທາງລົບ ໂດຍເອົາສັນຍານປ້ອນເຂົ້າທີ່ຂ້າອິນພຸດທັງສອງຂອງອອບແອມ ເຊິ່ງຖ້າອິນພຸດທັງສອງເທົ່າ ກັນກໍຈະເຮັດໃຫ້ເອົ້າພຸດ ອອກມາເປັນສູນ

## 4.7 ອອບແອມ: ວົງຈອນຂະຫຍາຍຜົນຕ່າງ

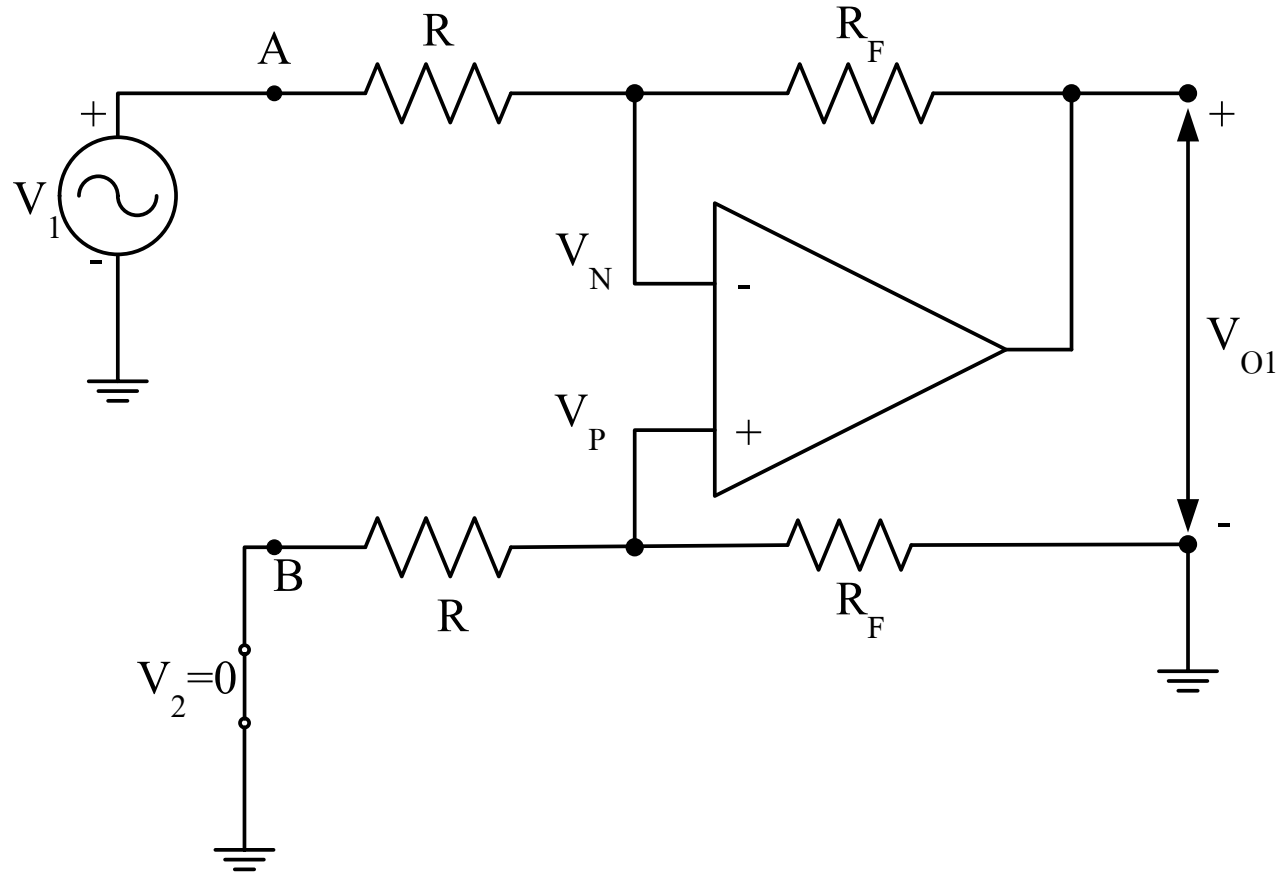


$$V_O = \frac{R_F}{R} (V_2 - V_1)$$

## 4.7 ອອບແອມ: ວົງຈອນຂະຫຍາຍຜົນຕ່າງ

- ເລີ່ມຈາກການໃຫ້  $V_2 = 0$  ດັ່ງນັ້ນ ຈຶ່ງເຫຼືອພຽງ  $V_1$  ຕົວດຽວທີ່ຜ່ານທາງອອບແອມເຂົ້າທາງ ອິນພຸດລົບຈະໄດ້ເອົາພຸດ

$$V_{O1} = -V_1 \left( \frac{R_f}{R} \right)$$



## 4.7 ອອບແອມ: ວົງຈອນຂະຫຍາຍຜົນຕ່າງ

- ຈາກນັ້ນໃຫ້  $V_1 = 0$  ເພື່ອຊອກຫາເອົາພຸດຈາກ  $V_2$  ທີ່ເຂົ້າທາງອິນພຸດບວກ ຈະໄດ້

$$V_P = V_2 \left( \frac{R_f}{R + R_f} \right)$$

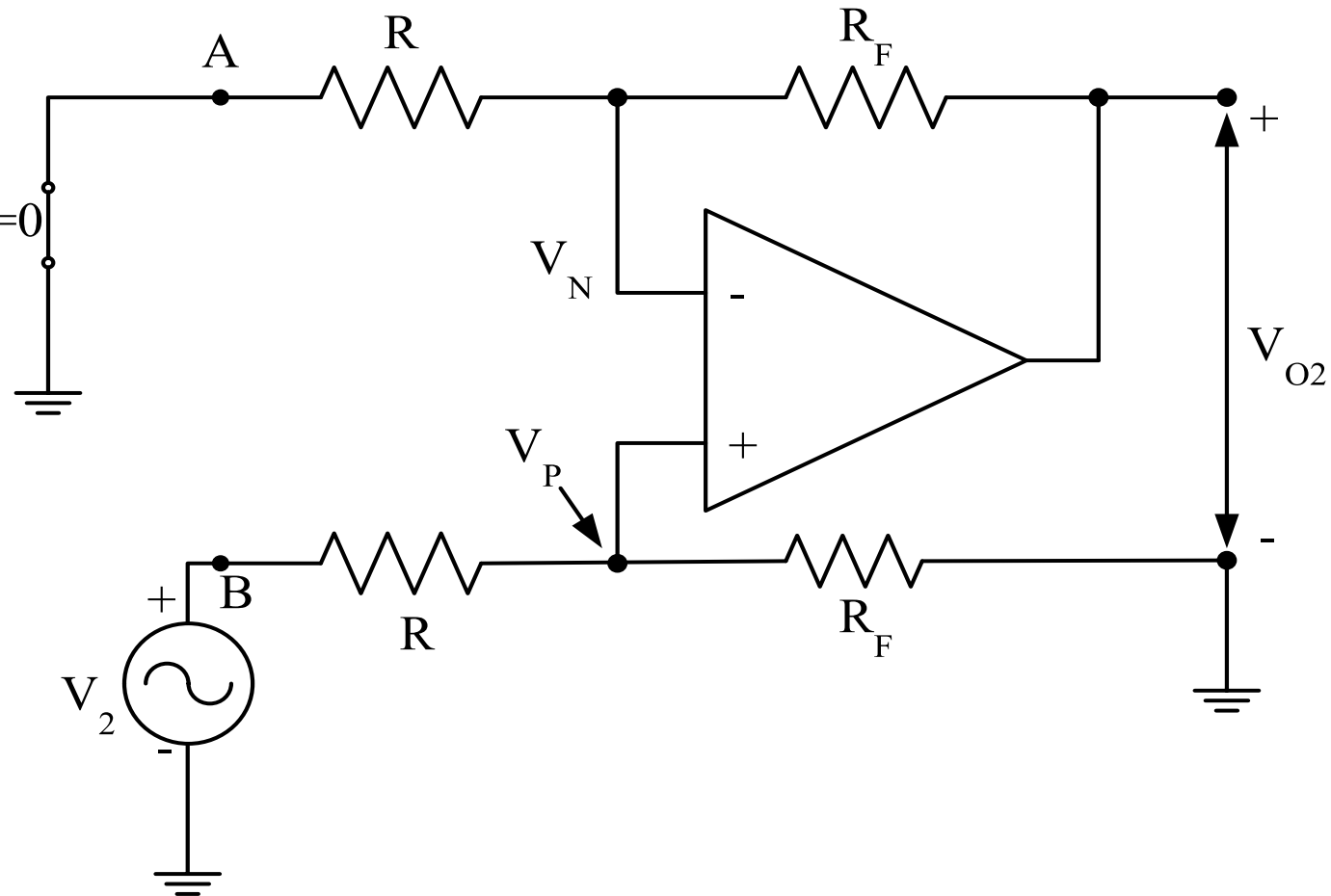
ແລະເອົາພຸດຈາກວົງຈອນຂະຫຍາຍ  
ແບບບໍ່ປິ່ນເຟດ ຫາໄດ້ຈາກ

$$V_{O2} = V_P \left( \frac{R + R_f}{R} \right)$$

ແທນຄ່າ  $V_P$  ຈະໄດ້

$$V_{O2} = V_2 \left( \frac{R_f}{R + R_f} \right) \left( \frac{R + R_f}{R} \right)$$

$$V_{O2} = V_2 \left( \frac{R_f}{R} \right)$$



## 4.7 ອອບແອມ: ວົງຈອນຂະຫຍາຍຜົນຕ່າງ

- ຜົນລວມຂອງ  $V_{O1}$  ແລະ  $V_{O2}$  ຈາກສົມຜົນຂ້າງເທິງຈະໄດ້ແຮງດັນເອົ້າພູຂອງວົງຈອນຂະຫຍາຍຜົນຕ່າງດັ່ງນີ້:

$$\begin{aligned} V_O &= V_{O1} + V_{O2} \\ &= -V_1 \left( \frac{R_f}{R} \right) + V_2 \left( \frac{R_f}{R} \right) \end{aligned}$$

$$V_O = \frac{R_f}{R} (V_2 - V_1)$$

ອັດຕາຂະຫຍາຍຂອງວົງຈອນຂະຫຍາຍຜົນຕ່າງຄື

$$A_V = \frac{V_O}{V_2 - V_1} = \frac{R_f}{R}$$

# ຈົບບົດຮຽນທີ 4