

*Kunthavai Naacchiyaar Government Arts College (W)*  
*(Autonomous), Thanjavur-613 007.*

*Department of Physics*



*ANALOG ELECTRONICS*

*18K5P08*

- 1. Dr.M.Kayalvizhi, (UNIT-II & IV)*  
*Dept. of Physics, Kngac, TNJ.*
- 2. Mrs.V.P.Akila, (UNIT-V)*  
*Dept. of Physics, Kngac, TNJ.*

# ANALOG ELECTRONICS

## UNIT-II: TRANSISTORS

**Transistors-Transistors action-Characteristics of Common Emitter and Common Base Configuration-Transistor as an Amplifier in CE Arrangement-Transistor Biasing-Voltage Divider Method-FET-N Channel-P Channel FET-Performance and Characteristics-JFET-Common Source FET Amplifier.**

---

### Transistor

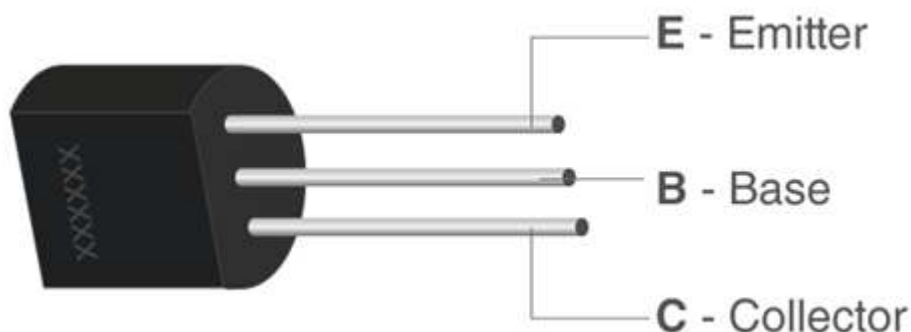
A transistor is a type of a semiconductor device that can be used to both conduct and insulate electric current or voltage. A transistor basically acts as a switch and an amplifier. In simple words, we can say that a transistor is a miniature device that is used to control or regulate the flow of electronic signals.

Transistors are one of the key components in most of the electronic devices that are present today. Developed in the year 1947 by three American physicists John Bardeen, Walter Brattain and William Shockley, the transistor is considered as one of the most important inventions in the history of science.

### Parts of a Transistor

A typical transistor is composed of three layers of semiconductor materials or more specifically terminals which helps to make a connection to an external circuit and carry the current. A voltage or current that is applied to anyone pair of the terminals of a transistor controls the current through the other pair of terminals. There are three terminals for a transistor. They are;

- Base: This is used to activate the transistor.
- Collector: It is the positive lead of the transistor.
- Emitter: It is the negative lead of the transistor.



### Types of Transistors

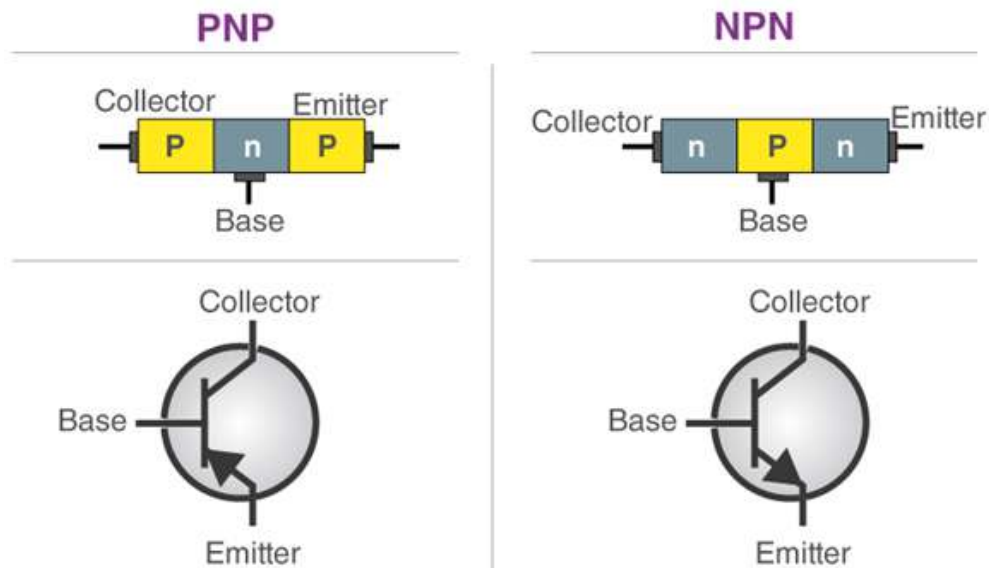
Based on how they are used in a circuit there are mainly two types of transistors.

## Bipolar Junction Transistor (BJT)

The three terminals of BJT are base, emitter and collector. A very small current flowing between base and emitter can control a larger flow of current between the collector and emitter terminal.

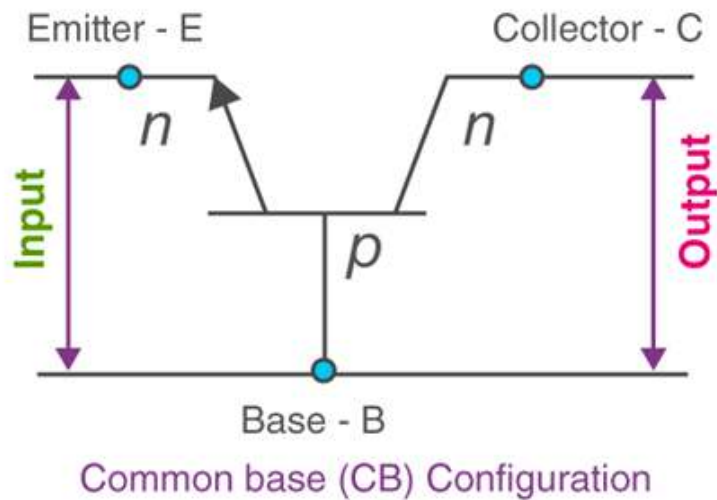
Furthermore, there are two types of BJT. These include;

- P-N-P Transistor: It is a type of BJT where one n-type material is introduced or placed between two p-type materials. In such a configuration, the device will control the flow of current. PNP transistor consists of 2 crystal diodes which are connected in series. The right side and left side of the diodes are known as the collector-base diode and emitter-base diode respectively.
- N-P-N Transistor: In this transistor, we will find one p-type material that is present between two n-type materials. N-P-N transistor is basically used to amplify weak signals to strong signals. In NPN transistor, the electrons move from the emitter to collector region resulting in the formation of current in the transistor. This transistor is widely used in the circuit.

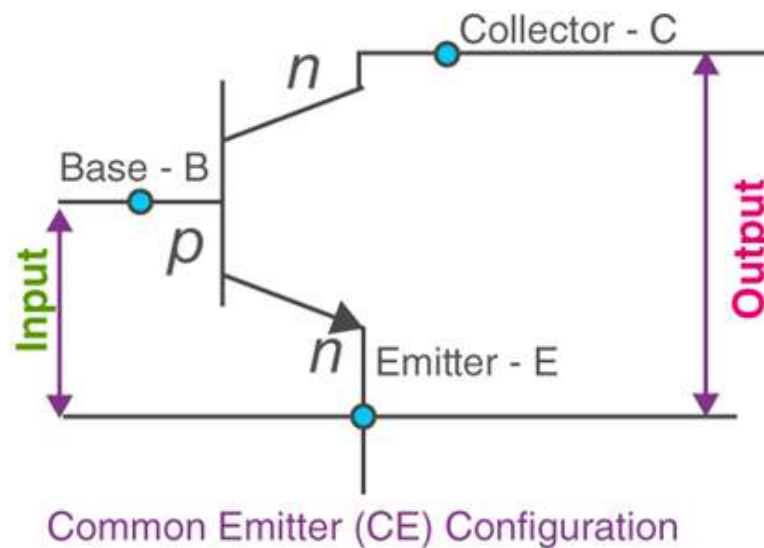


There are three types of configuration as a common base (CB), common collector (CC) and common emitter (CE).

In Common Base (CB) configuration the base terminal of the transistor is common between input and output terminals.



In Common Emitter (CE) configuration the emitter terminal is common between the input and the output terminals.



## Working of a Transistor

BJT consists of three terminals (Emitter, Base and Collector). It is a current-driven device where two P-N junctions exist within a BJT.

One P-N junction exists between emitter and base region and the second junction exists between the collector and base region. A very small amount of current flow through emitter to the base can control a reasonably large amount of current flow through the device from emitter to collector.

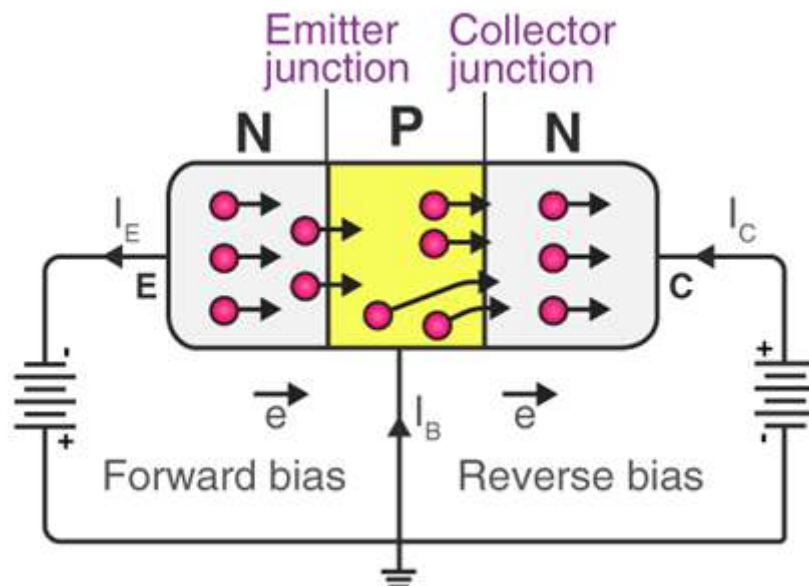
In usual operation of BJT, the base-emitter junction is forward biased and the base-collector junction is reverse biased. When a current flows through the base-emitter junction, a current will flow in the collector circuit.

In order to explain the working of the transistor, let us take an example of an NPN transistor. The same principles are used for PNP transistor except that the current carriers are holes and the voltages are reversed.

## Operation of NPN Transistor

The emitter of NPN device is made by n-type material, hence the majority carriers are electrons. When the base-emitter junction is forward biased the electrons will move from the n-type region towards the p-type region and the minority carriers holes moves towards the n-type region.

When they meet each other they will combine enabling a current to flow across the junction. When the junction is reverse biased the holes and electrons move away from the junction, and now the depletion region forms between the two areas and no current will flows through it.



When a current flows between base and emitter the electrons will leave the emitter and flow into the base as shown above. Normally the electrons will combine when they reach the depletion region.

But the doping level in this region is very low and the base is also very thin. Which means that most of the electrons are able to travel across the region without recombining with holes. As a result, the electrons will drift towards the collector.

By this way, they are able to flow across what is effectively reverse-biased junction and the current flows in the collector circuit.

## Characteristics of a Transistor

Characteristics of the transistor are the plots which can represent the relation between the current and the voltage of a transistor in a particular configuration.

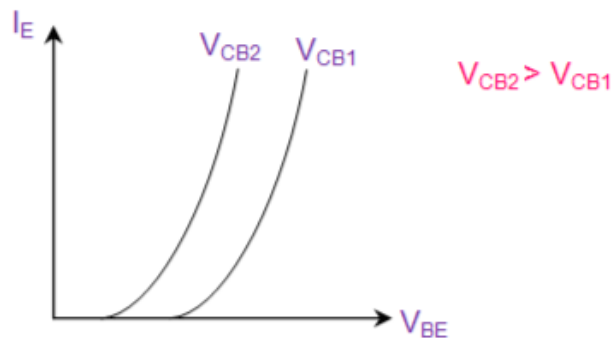
There are two types of characteristics.

- Input characteristics: It will give us the details about the change in input current with the variation in input voltage by keeping output voltage constant.
- Output characteristics: It is a plot of output current with output voltage by keeping input current constant.
- Current transfer Characteristics: This plot shows the variation of output current with the input current by keeping the voltage constant.

### Input Characteristics

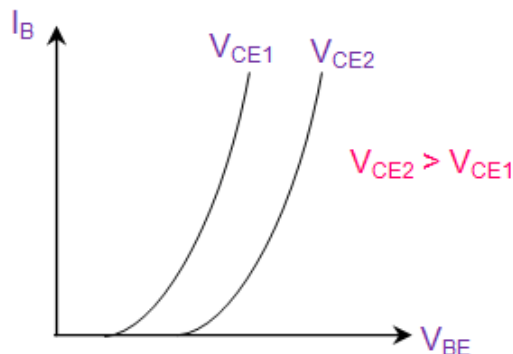
#### CB Configuration

This chart will describe the variation of emitter current,  $I_E$  with base – Emitter voltage,  $V_{BE}$  keeping collector voltage constant,  $V_{CB}$ .



#### CE Configuration

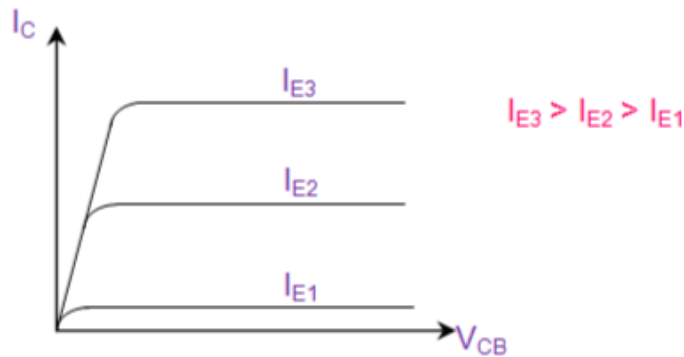
Here it shows the variation in  $I_B$  in accordance with  $V_{BE}$  by keeping  $V_{CE}$  constant.



## Output Characteristics

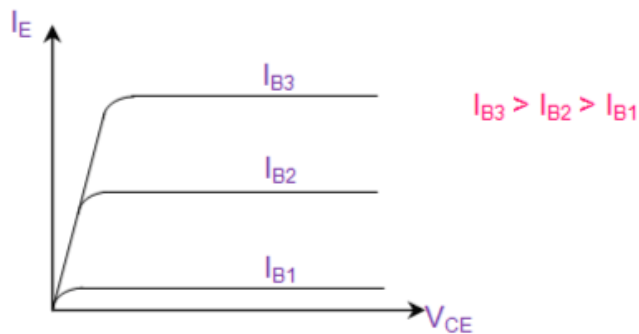
### CB Configuration

This chart shows the variation of collector current,  $I_C$  with  $V_{CB}$  by keeping emitter current  $I_E$  constant.



### CE Configuration

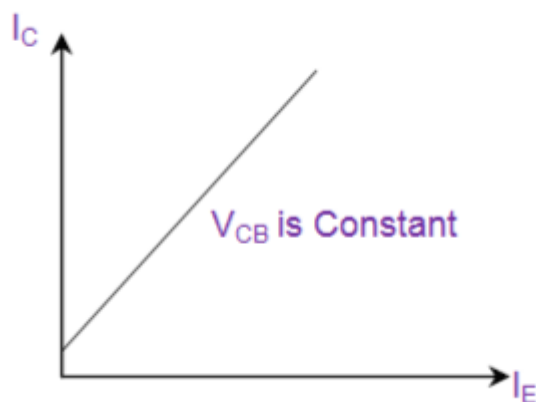
Here it shows the variation in  $I_C$  with the changes in  $V_{CE}$  by keeping  $I_B$  constant.



## Current Transfer Characteristics

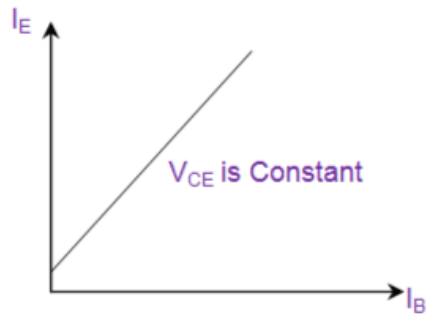
### CB Configuration

It gives the variation of  $I_C$  with the  $I_E$  by keeping  $V_{CB}$  as constant.



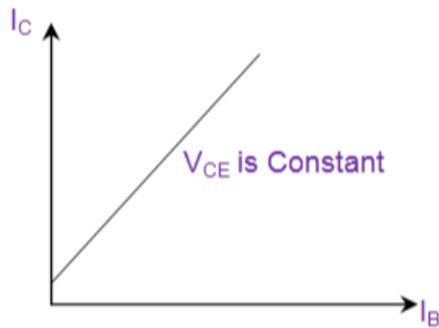
## CC Configuration

This shows the variation of  $I_E$  with  $I_B$  by keeping  $V_{CE}$  constant.



## CE Configuration

Here it shows the variation of  $I_C$  with  $I_B$  by keeping  $V_{CE}$  constant.



## Advantages of Transistor

- Lower cost and smaller in size.
- Smaller mechanical sensitivity.
- Low operating voltage.
- Extremely long life.
- No power consumption.
- Fast switching.
- Better efficiency circuits can be developed.
- Used to develop a single integrated circuit.

## Limitations of Transistors

Transistors also have few limitations. They are as follows;

- Transistors lack higher electron mobility.
- Transistors can be easily damaged when electrical and thermal events arise. For example, electrostatic discharge in handling.
- Transistors are affected by cosmic rays and radiation.

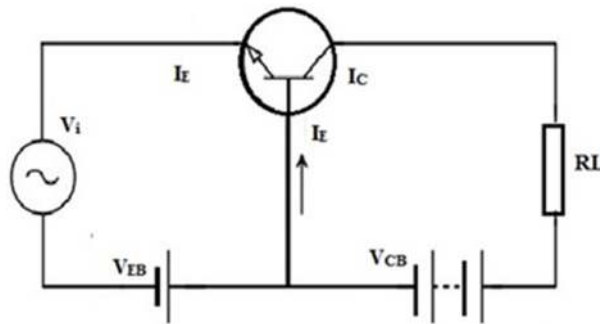


## TRANSISTOR AS AN AMPLIFIER IN CE CONFIGURATION

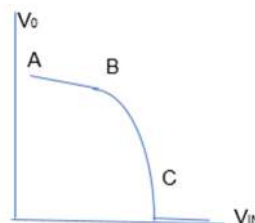
- One of the key characteristics of a transistor is that it can be used as an amplifier. Transistors can act as amplifiers while they are functioning in the active region or when it is correctly biased. The need for transistor as an amplifier arises when we want to increase or amplify the input signal. A transistor can take in a very small weak signal through the base junction and release the amplified signal through the collector.

### Common-Emitter Configuration

- For a transistor to work as an amplifier we usually use the common-emitter configuration. The figure below shows how the transistor is set up when it is connected in a circuit as an amplifier.



- In the figure given above, the input is connected in forward-biased and the output is connected in reverse-biased. The input signal is applied on the base-emitter junction and the output is taken through the load in emitter-collector junction. There is also an application of DC voltage in the input circuit for amplification. Besides, a small change in signal voltage results in the change of emitter current which is mainly due to the low resistance in the input circuit.
- The output is taken across the load connected on the output side. The load can be in any combination of R, L or C. The load resistance is of high value which causes a large voltage drop. Overall, the weak signal is thus amplified in the collector circuit.
- However, to work as an amplifier, the transistor has to work in the active region of the output voltage versus input voltage curve as seen in the figure below.

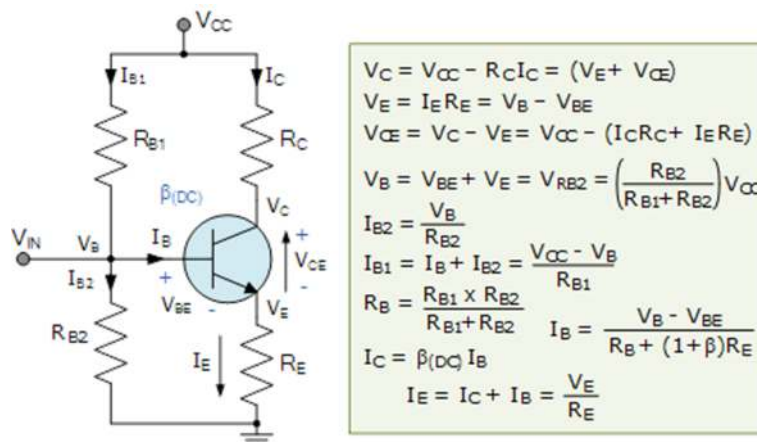


In the above graph, we have AB as the cut-off region, BC as the active region and from C we have a line parallel to X-axis, which is the saturation region.

## Transistor Biasing

Transistor Biasing is the process of setting a transistors DC operating voltage or current conditions to the correct level so that any AC input signal can be amplified correctly by the transistor

### Voltage Divider Transistor Biasing



Here the common emitter transistor configuration is biased using a voltage divider network to increase stability. The name of this biasing configuration comes from the fact that the two resistors  $R_{B1}$  and  $R_{B2}$  form a voltage or potential divider network across the supply with their center point junction connected the transistors base terminal as shown.

This voltage divider biasing configuration is the most widely used transistor biasing method. The emitter diode of the transistor is forward biased by the voltage value developed across resistor  $R_{B2}$ . Also, voltage divider network biasing makes the transistor circuit independent of changes in beta as the biasing voltages set at the transistors base, emitter, and collector terminals are not dependant on external circuit values.

To calculate the voltage developed across resistor  $R_{B2}$  and therefore the voltage applied to the base terminal we simply use the voltage divider formula for resistors in series. Generally the voltage drop across resistor  $R_{B2}$  is much less than for resistor  $R_{B1}$ . Clearly the transistors base voltage  $V_B$  with respect to ground, will be equal to the voltage across  $R_{B2}$ . The amount of biasing current flowing through resistor  $R_{B2}$  is generally set to 10 times the value of the required base current  $I_B$  so that it is sufficiently high enough to have no effect on the voltage divider current or changes in Beta. The goal of Transistor Biasing is to establish a known quiescent operating point, or Q-point for the bipolar transistor to work efficiently and produce an undistorted output signal. Correct DC biasing of the transistor also establishes its initial AC operating region with practical biasing circuits using either a two or four-resistor bias network. In bipolar transistor circuits, the Q-point is represented by  $(V_{CE}, I_C)$  for the NPN transistors or  $(V_{EC}, I_C)$  for PNP transistors. The stability of the base bias network and therefore the Q-point is generally assessed by considering the collector current as a function of both Beta ( $\beta$ ) and temperature.

## FIELD EFFECT TRANSISTOR

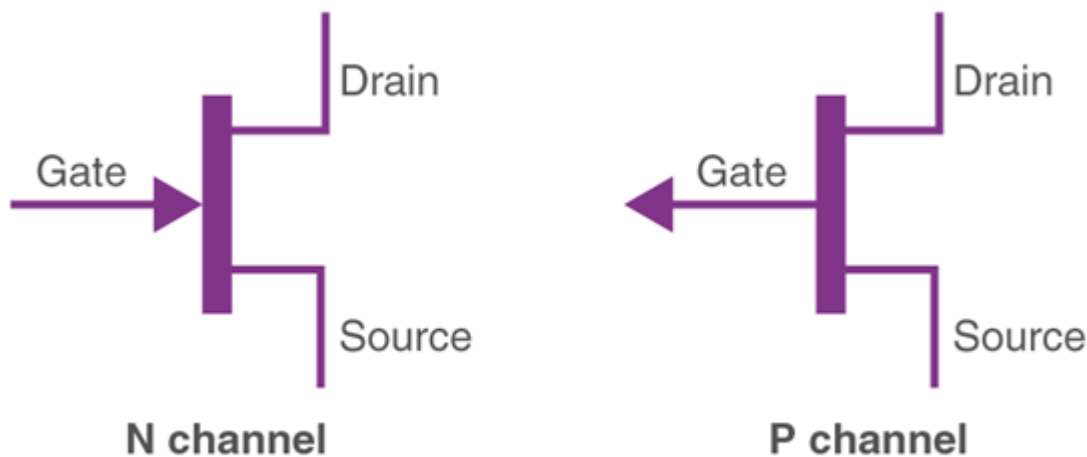
The FET transistor (field-effect transistor) controls the form and thus the conductivity of the charge carrier in a semiconductor through an electric field. As they undergo an operation of a single-carrier type these FET transistors are also called **unipolar transistors**. All the forms of FET have high input impedance. The input current regulates the conductivity of a non-FET transistor and thus is low in the input impedance. A field-effect transistor's terminals have applied a voltage through which conductivity is regulated. The voltage that was applied to the gate creates an electric field in the device which causes repulsion and attraction to charges that are carried amid the two terminals. The conductivity is also affected due to the density of those charge carriers.

### History of FET Transistor

**Julius Edgar** filed the first patent for a field-effect transistor in 1926 and then **Oskar Heil** too did the same in 1934. The junction gate field-effect transistor was created when **William Shockley** of the **Bell Labs** observed and elucidated the transistor effect in 1947. More developments were made to the device in later years of the 20<sup>th</sup> century.

### Field Effect Transistor (FET)

- For FET, the three terminals are Gate, Source and Drain. The voltage at the gate terminal can control a current between source and drain. FET is a unipolar transistor in which N channel FET or P channel FET are used for conduction. The main applications of FETs are in low noise amplifier, buffer amplifier and an analogue switch.

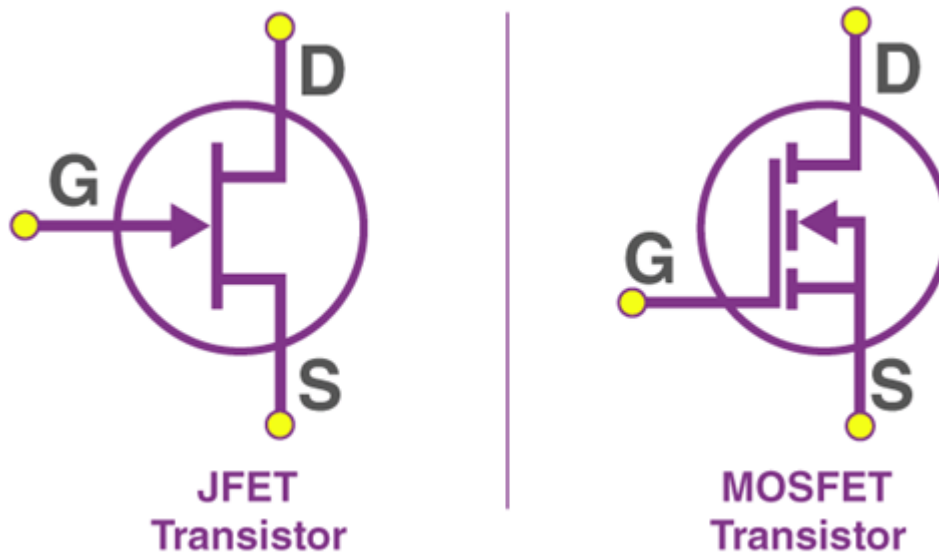


FET (Field Effect Transistor)

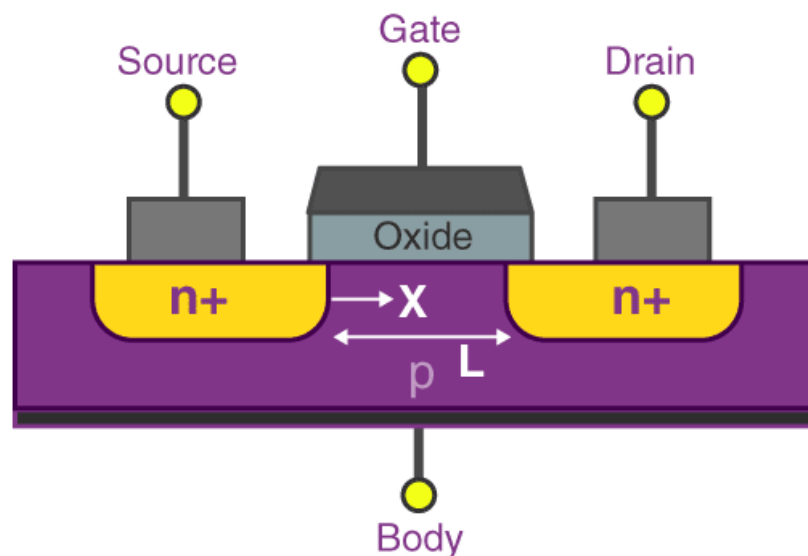
## Types of FETs:

There are two types of Field Effect Transistors:

- Junction Field Effect Transistor (JFET)
- Metal oxide semiconductor Field Effect Transistor (MOSFET)



## Essential Information concerning FETs



There are two types of FET's one will be in which the current is taken primarily by majority carriers and thus are **majority charge carrier devices**. The other will be where the current flow is primarily due to the minority carriers and thus are called **minority charge carrier devices**. The electrons flow to the

drain from the source through active channels in the device. The ohmic contacts connect both the terminal conductors to the semiconductors. The source terminal and the gate have a potential between them and the conductivity of the channel is a function of it.

There are three terminals when it comes to FET:

- $I_S$  is the term used for the current that enters through our first terminal that is the source.
- $I_D$  is the term used for the current that leaves the channel through the drain (D). The voltage between drain to source is  $V_{DS}$ .
- The channels conductivity is modulated by the gate (G).  $I_D$  can be controlled by applying a voltage at G.

The functions of the above-mentioned gates explain their names. The working of these gates is similar to a gate in real life as in the terminal controls when they open and when they close. The gate can either choose to permit the passage of electrons or stop it.

## Parameters of JFET

### Transconductance

Transconductance is the ratio of change in drain current ( $\delta I_D$ ) to change in the gate to source voltage ( $\delta V_{GS}$ ) at a constant drain to source voltage ( $V_{DS} = \text{Constant}$ ).

$$g_m = \frac{\delta I_D}{\delta V_{GS}} \text{ at constant } V_{DS}$$

### Output Resistance

Output resistance is the ratio of change of drain to source voltage ( $\delta V_{DS}$ ) to the change of drain current ( $\delta I_D$ ) at a constant gate to source voltage ( $V_{GS} = \text{Constant}$ ). The ratio is denoted as  $r_d$ .

$$r_d = \frac{\delta V_{DS}}{\delta I_D} \text{ at constant } V_{GS}$$

### Amplification Factor

The amplification factor is defined as the ratio of change of drain voltage ( $\delta V_{DS}$ ) to change of gate voltage ( $\delta V_{GS}$ ) at a constant drain current ( $I_D = \text{Constant}$ ).

$$\mu = \frac{\delta V_{DS}}{\delta V_{GS}} \text{ at constant } I_D$$

## UNIT-II

### திரான்சிற்றர்கள் [Transistors]

1948ம் ஆண்டு, பாடீன் (BARDEEN), பிரற்றேன் (BRATTAIN) சொக்லி (SCHOCKLEY) ஆகியோரினால் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட திரான்சிற்றர் ஆனது இலத்திரனியல் புரட்சி ஏற்பட வழிவகுத்தது. இன்றைய முக்கிய இலத்திரனியல் உபகரணங்களான தொகுதிச்சுற்று (IC), ஒளி இலத்திரனியல் உபகரணங்கள் (optoelectronics devices), நுண் இயக்கிகள் (micro processors), கைக்கடக்கமான கணனிகள் (Compact Computers), என்பவற்றின் உருவாக்கத்திற்கு திரான்சிற்றரின் கண்டுபிடிப்பே வழிகோலியது. பெரிய ஒரு அறை அளவிலான கணனிகள், கைக்கடக்கமான கணனிகளாக இன்று மாற்றம் பெற்றதற்கு திரான்சிற்றரின் கண்டுபிடிப்பே காரணமாகும். திரான்சிற்றர்கள் பருமனில் சிறியதாகவும், விலை குறைவானதாகவும் இருப்பதுடன் குறைந்த வோல்ற்றளவைப் பயன்படுத்தி குறைந்த சக்தி விரயத்துடன் இயங்கக்கூடியதாகவும் விரைவாகச் செயற்படக்கூடியதாகவும் இருப்பது இதன் சிறப்பியல்பாகும்.

மின்னைக்காவும் சுமைக் காவிகளை அடிப்படையாகக் கொண்டு திரான்சிற்றரை இரு வகையாக பிரிக்கலாம்.

- (i) இரு முனைவு திரான்சிற்றர் (The bipolar or junction transistor - BJT)
- (ii) ஒரு முனைவு திரான்சிற்றர் (The unipolar or field effect transistor - FET)

ஒரு முனைவு திரான்சிற்றரில் இலத்திரன் அல்லது துளை, மின்னைக்கடத்தும் சுமைக்காவிகளாகத் தொழிற்படுகின்றது. இரு முனைவு திரான்சிற்றர்களில் இலத்திரன்களும், துளைகளும் சுமைக்காவிகளாகக் காணப்படுகின்றன. நாம் இரு முனைவுத்திரான்சிற்றரைப் பற்றி இவ்வத்தியாயத்திலே சற்று விபரமாக ஆராய்வோம்.

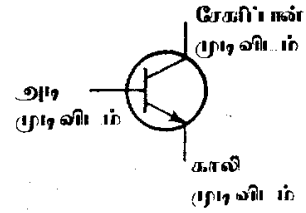
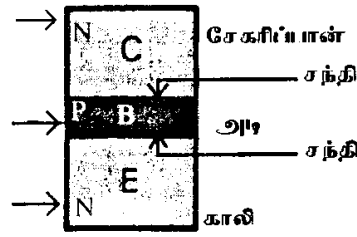
#### இரு முனைவு திரான்சிற்றர்

இது தனி ஒருவகைக் குறைகடத்திச் சாலகத்தில் இரண்டு p-n சந்திகளைக் கொண்ட ஓர் அமைப்பாகும். p-வகைக் குறைகடத்தியானது இரு n-வகைக் குறைகடத்திகளுக்கிடையில் இருக்குமாறு மாகபடுத்தப்பட்ட குறைகடத்தியை n-p-n திரான்சிற்றர் எனவும், nவகைக் குறைகடத்தியானது இரு p-வகைக் குறைகடத்திகளுக்கிடையில் இருக்குமாறு மாகபடுத்தப்பட்ட குறைகடத்தியை p-n-p திரான்சிற்றர் எனவும் இரு வகைப்படுத்தலாம்.

n-p-n திரான்சிற்றரில் பிரதான சுமைக்காவி சுயாதீன இலத்திரன்

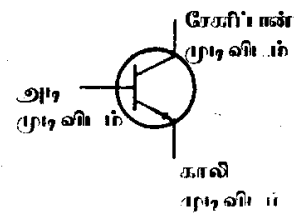
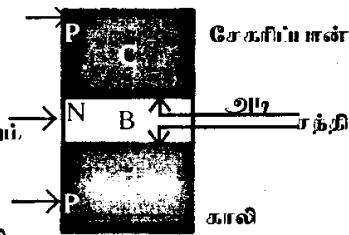
களாகவும், p-n-p திரான்சிற்றரில் பிரதான சுமைக்காவி துளைகளாகவும் இருக்கும். மின்புலமொன்றில் இலத்திரனின் நகர்வுக்கதி துளையின் நகர்வுக்கதியை விட உயர்வு என்பது முன்னைய அத்தியாயத்தில் பார்த்தோம். உயர் மீட்டிற்ன் உடைய சுற்றுக்களிலும் கணனிச்சுற்றுக்களிலும், விரைவான தொழிற்பாட்டிற்காக n-p-n திரான்சிற்றர்களே பயன்படுத்தப்படுகின்றன. ஜேர்மானிய திரான்சிற்றர்களை விட சிலிக்கன் திரான்சிற்றர்கள் ஒப்பீட்டளவில் குறைந்தளவே, வெப்பநிலையினால் பாதிக்கப்படுகின்றன. இதனால் விரைவான தொழிற்பாட்டிற்கும், வெப்பநிலை மாற்றங்களால் பாதிக்கப்படுவதை இயன்ற அளவு குறைப்பதற்குமாக சிலிக்கன் n-p-n திரான்சிற்றர்கள் பெரிதும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. உருக்கள் 1 (a), (b) ஆனது n-p-n, p-n-p வகை திரான்சிற்றர்களின் அமைப்பையும், குறியீடுகளையும் காட்டுகின்றன.

குறைந்தளவில்  
மாகபடுத்தப்பட்ட  
இலத்திரன்களை  
சேகரிக்கும் பகுதி  
குறைந்தளவில்  
மாகபடுத்தப்பட்ட  
இலத்திரன்கள்  
கூட்டுபகுதி  
பிரகையாக  
மாகபடுத்தப்பட்ட  
இலத்திரன்களைக்  
காழ்ப்பகுதி



உரு 1 (a) NPN திரான்சிற்றரின் எளிய அமைப்பு மற்றும் குறியீடு வடிவம்

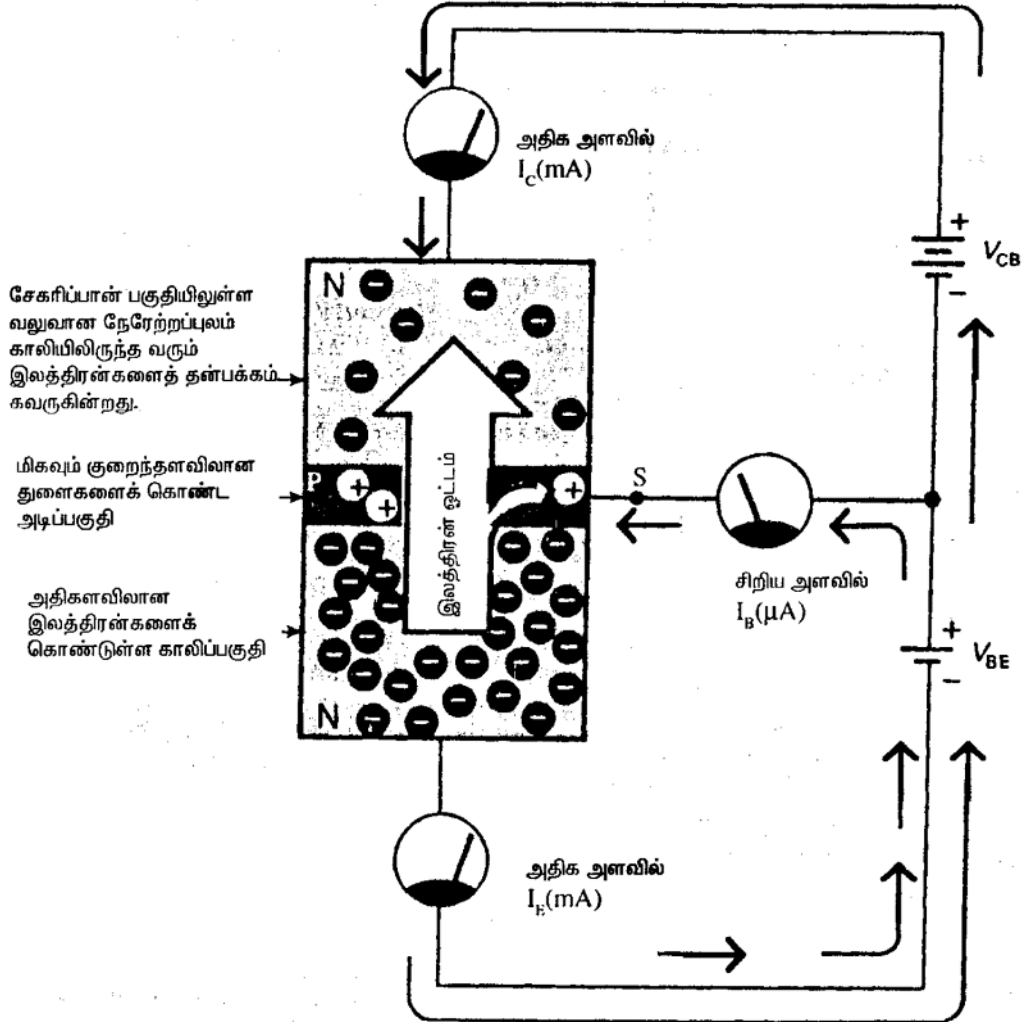
குறைந்தளவில்  
மாகபடுத்தப்பட்ட  
துளைகளை சேகரிக்கும்  
பகுதி  
குறைந்தளவில்  
மாகபடுத்தப்பட்ட  
துளைகளை கூட்டுபகுதி  
பகுதி.  
பிரகையாக  
மாகபடுத்தப்பட்ட  
துளைகளைக்  
காழ்ப்பகுதி



உரு 1 (b) PNP திரான்சிற்றரின் எளிய அமைப்பு மற்றும் குறியீடு வடிவம்

இரு வகை திரான்சிற்றர்களிலும் நடுப்பகுதி “அடி” (BASE) எனவும், மற்றைய பகுதிகள் “காலி” (Emitter), “சேகரிப்பான்” (Collector) எனவும் அழைக்கப்படும். இரு வகை உபகரணங்களிலும் அடி ஆனது மெல்லியதாகவும், குறைந்த அளவில் மாசுபடுத்தப்பட்டும் இருக்கும். காலி ஆனது மிகையாக மாசுபடுத்தப்பட்டும் இருக்கும். இதனை உருக்கள் 1 (a), (b) தெளிவாகக் காட்டுகின்றது. இவ்வாறு திரான்சிற்றரின் பகுதிகள் பிரிக்கப்பட்டதன் நோக்கம் பற்றியும் திரான்சிற்றர் எவ்வாறு இயங்குகின்றது என்பது பற்றியும் இனிவரும் பகுதிகளில் விரிவாகப் பார்ப்போம்.

### திரான்சிற்றர் ஒன்றின் செயற்பாடு



உரு 2 NPN வகை திரான்சிற்றர் ஒன்றினூடான மின்னோட்டங்கள்



திரான்சிற்றர் ஒன்றினைச் செயற்பட வைப்பதற்கு அதிலுள்ள இரு p-n சந்திகளையும் முறையாகக் கோடலிடல் வேண்டும். திரான்சிற்றர் ஒன்று செவ்வனே தொழிற்பட அதிலுள்ள காலி (E)- அடி (B)- சந்தி முன்முகக்கோடலிலும் அடி (B)- சேகரிப்பான் (C) சந்தி பின்முகக்கோடலிலும் இணைக்கப்பட்டிருத்தல் வேண்டும். இவ்வகை கோடலானது திரான்சிற்றரின் அடி- காலிச் சந்தியின் தடை, அடி சேகரிப்பான் சந்தி தடையிலும் பார்க்கப் பெருமளவில் குறைக்கும். உரு 2 ஆனது ஒரு n-p-n திரான்சிற்றரின் முறையான சுற்றமைப்பைக்காட்டுகின்றது. திரான்சிற்றர் ஆனது உண்மையிலேயே இரு p-n சந்திகளின் தொழிற்பாட்டையே பிரதிபலிக்கின்றதெனில் மின்னோட்டம்  $I_B, I_E$  என்பன அதிக அளவிலும்  $I_C$  ஆனது பூச்சியமாகவும் இருத்தல் வேண்டும். ஆனால் அவ்வாறு நிகழ்வதில்லை. திரான்சிற்றரின் அடிப்பகுதியானது மிகவும் சிறிய அளவிலேயே மாகபடுத்தப்பட்டிருப்பதனாலும், மற்றைய பகுதிகளாகிய சேகரிப்பான், காலிப்பகுதிகளுடன் ஒப்பிடுகையில் மிகவும் சிறிய பருமனையே கொண்டிருப்பதனாலும் ( $\approx 0.0025\text{cm}$ ) இவை மிகச் சிறிய அளவு எண்ணிக்கையான துளைகளையே கொண்டிருக்கும். அதாவது காலிப்பகுதியினுடாக அடிப்பகுதியினுள்ளே நுளையும் எல்லா இலத்திரன்களுடனும், நொதுமல் செய்யக்கூடிய அளவிற்கு போதுமான துளைகளை இப்பகுதி கொண்டிருக்க மாட்டாது.

நாம் கூறியது போன்று அடி-காலிச்சந்தியானது முன்முக கோடலில் இருப்பதனால் பெருமளவு இலத்திரன்கள் மின்கலத்திலிருந்து திரான்சிற்றரின் காலிப்பகுதியுடாக அடிப்பகுதியை நோக்கித்தள்ளப்படும் அடிப்பகுதியை அடைந்த இவ்விலத்திரன்களில் மிகச்சிறிய அளவிலான பகுதியே அங்குள்ள துளைகளால் நொதுமல் செய்யப்பட்டு சிறியளவிலான ஒரு மின்னோட்டம்  $I_B$  ஐ ( $\mu\text{A}$  வரிசையில்) தோற்றுவிக்கும், இம்மின்னோட்டம் அடி மின்னோட்டம், என அழைக்கப்படும். திரான்சிற்றரின் சேகரிப்பான் பகுதியானது அழுத்த வேறுபாடு கூடிய மின்கலமொன்றின் ( $V_{CB}$ ) நேர்முனைவுடன் இணைக்கப்பட்டிருப்பதால், இப்பகுதியில் வலுவான ஓர் நேர்ஏற்றப்புலம் தோற்றுவிக்கப்படும். இப்புலமானது அடிப்பகுதிக்கு வந்து சேர்ந்த பெருமளவு இலத்திரன்களைத் தன்பக்கம் இழுத்துக் கொள்ளும். எனவே அதிக அளவிலான ஒரு மின்னோட்டம்  $I_C$  (mA வரிசையில்) இப்பகுதியில் தோற்றுவிக்கப்படும். இம்மின்னோட்டம்

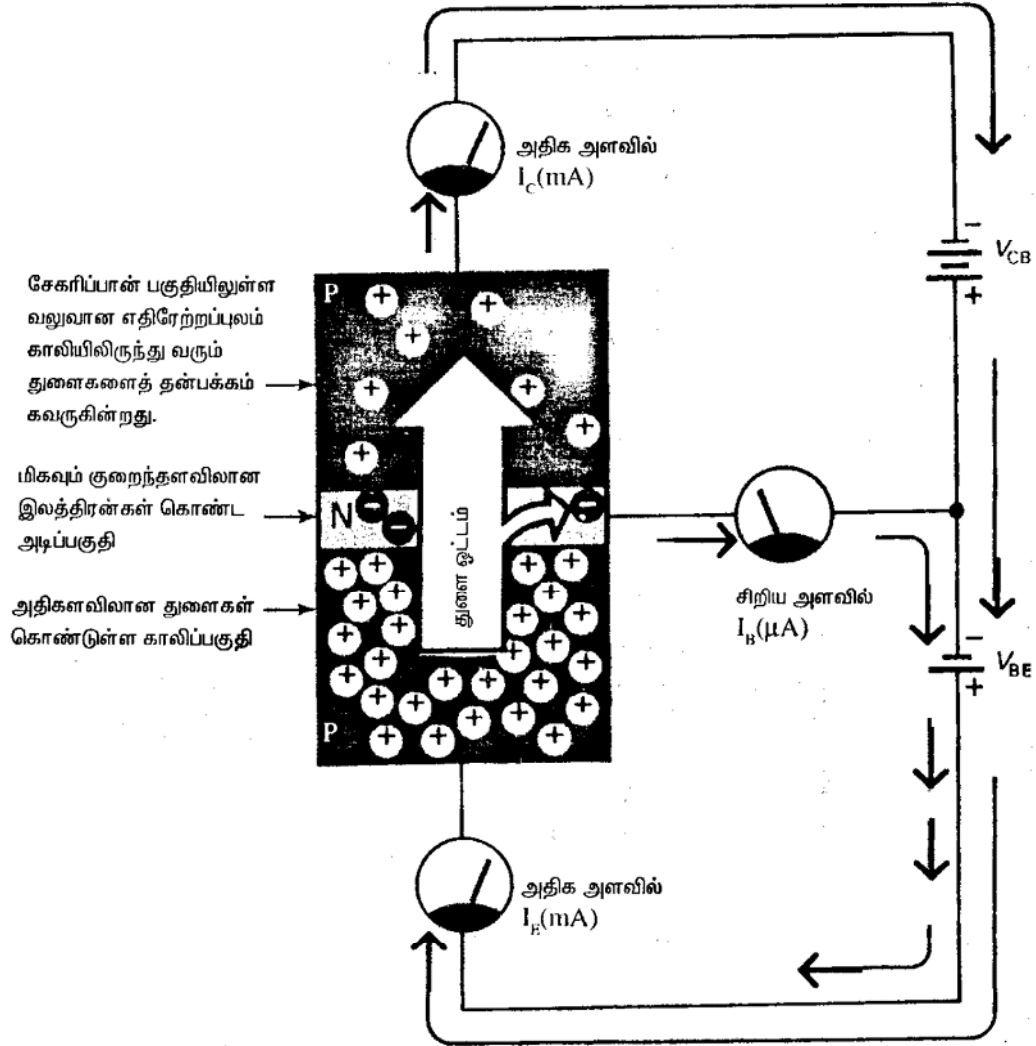
சேகரிப்பான் மின்னோட்டம் என, அழைக்கப்படும். அதாவது மின்னோட்டம்  $I_E$  இன் பெறுமானத்தில் ஏறத்தாழ 99%,  $I_C$  ஆகவே இருக்கும். இம்மின்னோட்டங்களுக்கிடையேயான தொடர்பினை பின்வருமாறு நாம் எழுதலாம்.

$$I_E = I_C + I_B$$

$$100\% = 99\% + 1\%$$

இங்கு அடிமின்னோட்டம்  $I_B$  மிகவும் சிறியதாயினும் திரான்சிற்றரின் தொழிற்பாட்டுக்கு இதுவே மிகவும் முக்கியமானதொன்றாகும்.

உரு 2 இலே S என்னும் இடத்திலே சுற்று அறுபட்டால்,  $V_{CB}$  மற்றும்  $V_{BE}$  தொடராக இணைத்து மின்னோட்டம்  $I_C$  ஐ தொடர்ந்தும் உருவாக்கும் என நீங்கள் ஊகிக்கலாம். ஆனால் இவ்வாறு ஒரு போதும் நிகழமாட்டாது. ஒரு திரான்சிற்றரின் அடி-காஸிச் சந்தி முன்முகக்கோடலில் இருக்கும் சந்தர்ப்பத்தில் மட்டுமே அதன் காலியானது இலத்திரீன்களை மின்கலத்திலிருந்து உள்வாங்கக்கூடிய நிலையில் இருக்கும். சுற்றானது S இல் அறுபடும்போது இம்முன்முகக்கோடலும் இல்லாது போய்விடுவதால் சுற்றில் எந்தவித மின்னோட்டமும் நிகழாது. நாம் விபரித்த இச்சம்பவமானது அடி மின்னோட்டம், திரான்சிற்றரின் இயக்கத்திற்கு எவ்வளவு முக்கியமானது என்பதைத் தெளிவாக உணர்த்துகின்றது. எனவே திரான்சிற்றரில் அடி மின்னோட்டம்  $I_B$  யே, சேகரிப்பான் மின்னோட்டம்  $I_C$  இனைக் கட்டுப்படுத்துகின்றது என்பது தெளிவாகின்றது. அடி மின்னோட்டம்  $I_B$  பூச்சியமெனில்  $I_C$  யும் பூச்சியமாகும்.  $I_B$  யின் பெறுமானம் அதிகரிக்கப்பட அதிகளவு இலத்திரீன்கள் மின்கலத்திலிருந்து காலியினுள் செலுத்தப்படும். இதனால்  $I_C$  யின் அளவும் கூடும். இருவாயிகளில் நிகழ்வது போன்று திரான்சிற்றர்களிலும் சிறுபான்மைக் காலிகளால் கசிவு மின்னோட்ட மொன்று உருவாக்கப்படும். இவற்றின் பெறுமானம் மிகவும் சிறியதென்பதால் அவற்றினை நாம் புறக்கணிக்கலாம்.



உரு 3 PNP வகை திரான்சிற்றர் ஒன்றினூடான மின்னோட்டங்கள்

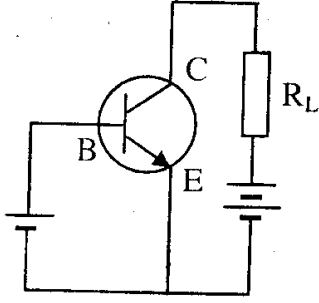
உரு 3 ஆனது p-n-p திரான்சிற்றர் ஒன்றின் சுற்றமைப்பை காட்டுகின்றது. இவ்வகை திரான்சிற்றர்களில் துளைகளே ஏற்றக்காவி களாகும். துளைகளின் சலனம் இலத்திரன்களிலும் குறைவு என்பதனால் துளைகளின் வேகம் இலத்திரன்களின் வேகத்திலும் குறைவாகும். நாம் முன்னர் கூறியது போன்று இவற்றின் பாவனை தற்காலத்தில் குறைவாகும். எனவே நாம் இனிவரும் பகுதிகளில் எமது கவனத்தினை n-p-n திரான் சிற்றர் பக்கமே திருப்புவோம்.

## திரான்சிற்றரில் பயன்படுத்தப்படும் உருவமைப்புக்கள்

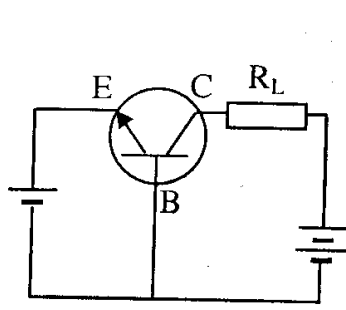
திரான்சிற்றர் ஒன்றானது மூன்று விதமாக சுற்றுக்களில் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. அவையாவன.

1. பொதுக்காலி உருவமைப்பு
2. பொது அடி உருவமைப்பு
3. பொது சேகரிப்பான் உருவமைப்பு

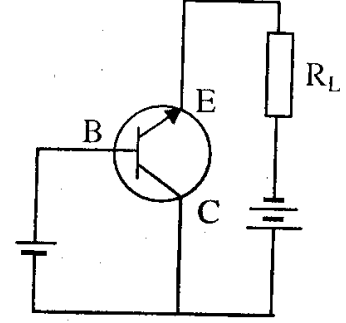
திரான்சிற்றர் ஒன்றில் மூன்று முடிவிடங்கள் உள்ளன. எனவே, இவற்றில் ஏதாவது ஒரு முனை எந்த ஒரு திரான்சிற்றர் சுற்றிலேயும் பெய்ப்பு, பயப்பிற்கு பொதுவாக அமையும். இவ்வாறு பொதுவாக அமையும் முடிவிடத்தினை கருதிற் கொண்டே மேற்கூறிய மூன்று வித உருவமைப்புகளும் வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. உரு 4 ஆனது இச்சுற்றமைப்புக்களை வேறுபடுத்திக் காட்டுகின்றது.



பொதுக்காலி சுற்றமைப்பு



பொது அடிச் சுற்றமைப்பு



பொதுச் சேகரிப்பான் சுற்றமைப்பு

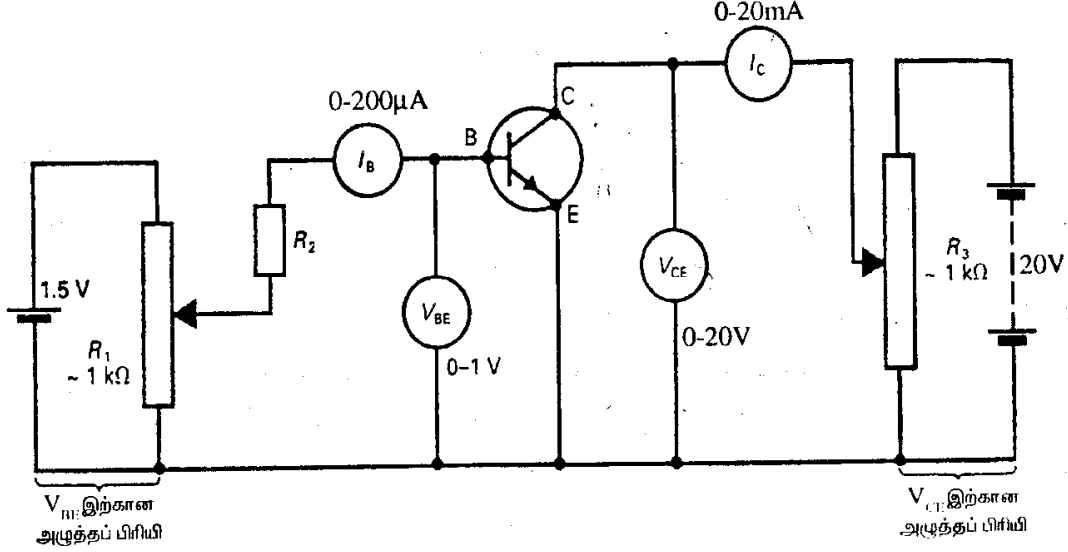
உரு 4 திரான்சிற்றரினது மூன்று வகை சுற்றமைப்புகள்

உதாரணமாக பொதுக்காலி உருவமைப்பிலே திரான்சிற்றரின் காலி முடிவிடம் பெய்ப்புக்கும் பயப்பிற்கும் பொதுவாக இருப்பதினை அவதானிக்கலாம். இம்மூன்று வகைச் சுற்றமைப்புகளும் தமக்கென தனித்தனியான சிறப்பியல்புகளைக் கொண்டுள்ளன. இருந்த போதிலும் நாம் இனிவரும் பகுதிகளில் பொதுக்காலி உருவமைப்பிலேயே எமது கவனத்தை பெருமளவில் செலுத்துவோம். ஏனெனில் இவ்வமைப்பிலேயே மின்னோட்டம், வோல்ற்றளவு, வலு ஆகிய மூன்று விரிவாக்கம் அடைகின்றன.

### பொதுக்காலிச் சுற்றமைப்பின் சிறப்பியல்புகள்

இருவாயிகளைப்போல் திரான்சிற்றரிலும் சில சிறப்பியல்பு வரைபுகளை வரைவதன் மூலம் பல தகவல்களைப் பெற்றுக்கொள்ளலாம். அவையாவன  $I_C$  எதிர்  $I_B$  வரைபு,  $I_C$  எதிர்  $V_{CE}$  வரைபு,  $I_B$  எதிர்  $V_{BE}$

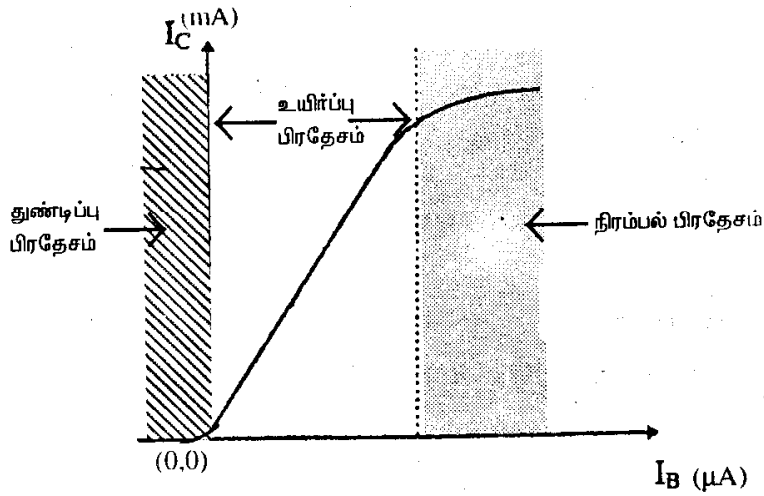
வரைபு என்பனவாகும். உரு 5 ஆனது இவ்வரைபுகளுக்குப் பாவிக்கக்கூடிய எளிய சுற்றமைப்பை காட்டுகின்றது.



உரு 5 பொதுகாலி சிறப்பியல்பு வரைபுகளுக்குரிய சுற்றமைப்பு

(1)  $V_{CE}$  மாறாத நிலையில்  $I_C$  எதிர்  $I_B$  வரைபு

உரு 6 ஆனது சேகரிப்பானுக்கும் காலிக்கும் இடையேயுள்ள அழுத்தவேறுபாடு  $V_{CE}$  மாறாது உள்ளபோது அடிமின்னோட்டம்  $I_B$  யுடன் சேகரிப்பான், மின்னோட்டம்  $I_C$  யானது எவ்வாறு மாறுகின்றது என்ப தனைக் காட்டுகின்றது. இவ்வரைபானது மூன்று பகுதிகளைக் கொண்டு ள்ளது.



உரு 6 பொதுக்காலிச் சுற்றமைப்பில்  $V_{CE}$  மாறாதநிலையில்  $I_C$  எதிர்  $I_B$  வரைபு

(a) துண்டிப்புப் பிரதேசம் (cut off region)

அடிமின்னோட்டம்  $I_B$  பூச்சியமெனின் சேகரிப்பான் மின்னோட்டம்  $I_C$ யும் பூச்சியமாகும் என்பதனை தெளிவாகமுன்னர் பார்த்தோம். வரைபில் நிழற்படுத்தப்பட்ட பகுதியானது இதனை மேலும் விளக்குகின்றது.  $I_B$  இப்பிரதேசத்தில் பூச்சிய அல்லது எதிர்ப்பெறுமானங்களை எடுப்பதினை வரைபு குறிக்கின்றது.  $I_B$  இன் எதிர்ப்பெறுமானம் என்பது அடி காலிச் சந்தி பின்முகக்கோடலில் இருப்பதினைக் குறிக்கின்றது. நாம் முன்னர் பார்த்ததுபோல் அடி-காலிச் சந்தி பின்முகக்கோடலில் இருந்தாலோ அல்லது அடிமின்னோட்டம்  $I_B$  மின் பெறுமானம் பூச்சியமாக இருந்தாலோ திரான்சிற்றர் இயங்கமாட்டாது. இந்நிலையில் திரான்சிற்றரானது அதன் துண்டிப்பு நிலையில் உள்ளது என அழைக்கப்படும். திரான்சிற்றரினை ஆளிச் சுற்றுகளில் உபயோகிக்கும்போது, அது இத்துண்டிப்பு நிலையினை எடுக்கின்றது. இங்கு  $I_C \approx 0$  எனக் கருதலாம்.

(b) உயிர்ப்புப் பிரதேசம் (active region)

ஒரு திரான்சிற்றரிலிருந்து உச்சப்பலனான விரியலாக்கத்தினைப் பெற்றுக் கொள்வதற்கு அதன்  $I_B, I_C$  ஆகிய மின்னோட்டப் பெறுமானங்களை இப்பிரதேசத்தில் இருக்கத்தக்கதாக அமைத்துக்கொள்ளல் மிகவும் அவசியமான ஒன்றாகும். இந்நிலையில் திரான்சிற்றரானது அதன் உயிர்ப்பு நிலையில் உள்ளது என அழைக்கப்படும். திரான்சிற்றர் விரியலாக்கிச் சுற்றுகளில் உபயோகிக்கப்படும்போது அது உயிர்ப்பு நிலையில் இருப்பது மிகவும் அவசியமாகும்.  $I_B$  இற்கும்  $I_C$  இற்கும் இடையேயான தொடர்பு இப்பிரதேசத்தில் ஏகபரிமாணமானது என்பது வரைபிலிருந்து தெளிவாகின்றது.  $I_C$  இற்கும்  $I_B$  மிற்குமிடையேயுள்ள விகிதம் நேர்மின்னோட்ட நயம்  $\beta$  எனப்படும்.

$$\text{நேர் மின்னோட்ட நயம் } (\beta) = \frac{I_C}{I_B}$$

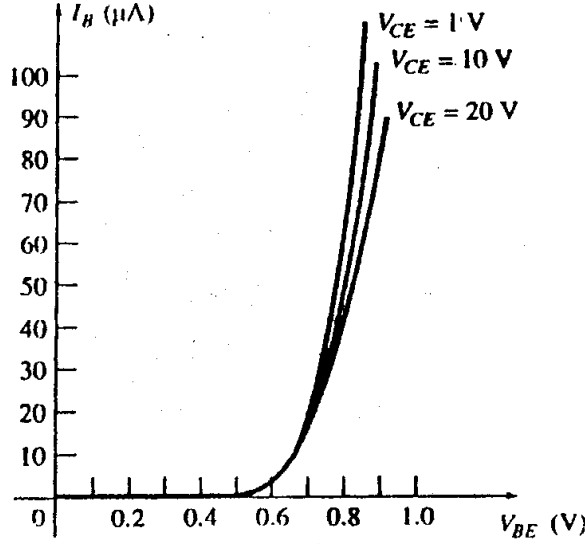
இங்கு  $\beta$  ஆனது வெப்பநிலை, திரான்சிற்றர் கொண்டுள்ள பதார்த்தம் என்பவற்றிலும் அடிமின் அளவிலும் தங்கியுள்ளது.

(c) நிரம்பல் பிரதேசம் (saturation region)

இப்பிரதேசத்தில்  $I_C$  யானது  $I_B$  யுடன் சீராக அதிகரிக்கும் தன்மையினைக் காட்டவில்லை. இப்பிரதேசத்தில் திரான்சிற்றரின் இரு சந்திகளும் முன்முகக்கோடலில் இருக்கும். இப்பிரதேசத்தினுள்  $I_C$  யானது  $I_B$

யுடன் பெருமளவில் விகிதசமனாக மாற்றமடையாது. இந்நிலையில் திரான்சிற்றர் அதன் நிரம்பல் நிலையில் உள்ளது என அழைக்கப்படும். திரான்சிற்றர், ஆளிச்சுற்றுுகளில் இந்நிலையினை எடுக்கின்றது. இங்கு  $V_{CE} \approx 0$  எனக் கருதலாம்.

(2)  $V_{CE}$  மாறாத நிலையில்  $I_B$  எதிர்  $V_{BE}$  வரைபு



உரு 7 பொதுக்காலிச் சுற்றமைப்பில்  $V_{CE}$  மாறாதநிலையில்  $I_B$  எதிர்  $V_{BE}$  வரைபு

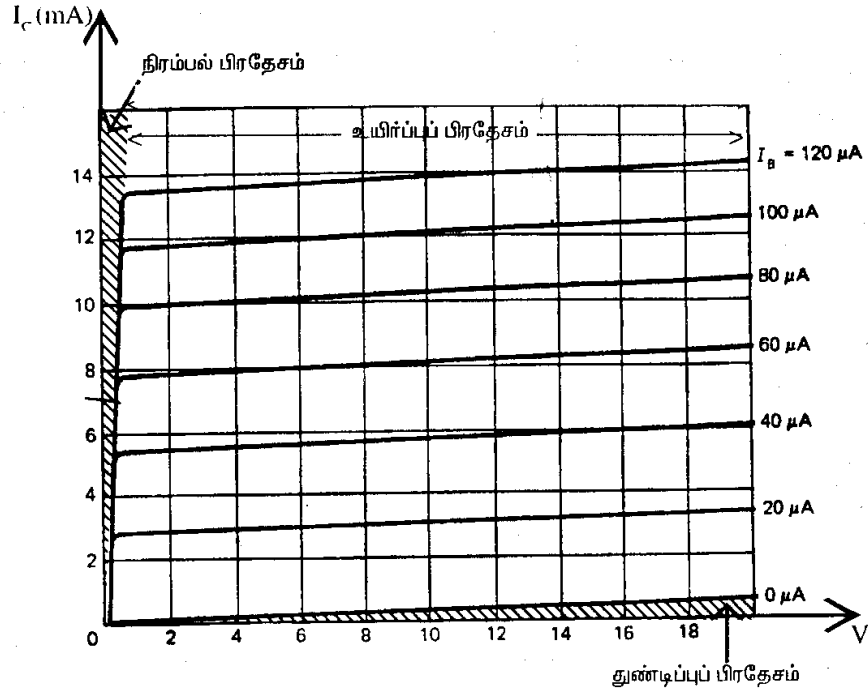
உரு 7 ஆனது சேகரிப்பானுக்கும், காலிக்குமிடையேயுள்ள அழுத்தவேறுபாடு  $V_{CE}$  மாறாது உள்ளபோது அடிமின்னோட்டம்  $I_B$  ஆனது காலிக்கும் அடிக்குமிடையேயுள்ள அழுத்தவேறுபாட்டுடன் எவ்வாறு மாறுபடுகின்றது என்பதைக்காட்டுகின்றது. அடி-காலி அழுத்தம்  $V_{BE}$  யின் ஒரு குறிப்பிட்ட பெறுமானம் வரை,  $I_B$  யின் பெறுமானத்தில் உயர்ச்சியிராதுசிலிக்கன் திரான்சிற்றருக்கு இப்பெறுமானம் ஏறக்குறைய 0.7V ஆகவும் ஜேர்மானியத்திற்கு 0.3V ஆகவும் இருக்கும். இந்நிலையில் வளையியின் சாய்வு ஏறத்தாழ நிலைக்குத்தாக இருப்பது வளையியில் இருந்து அவதானிக்கக்கூடியதாக உள்ளது. பொதுக்காலிச் சுற்றமைப்பில்  $V_{BE}$  இலே ஏற்படும் மாற்றத்திற்கும்  $I_B$  இலே ஏற்படும் மாற்றத்திற்கும் இடையேயான விகிதமானது பெய்ப்புத் தடை (input resistance)  $\gamma_i$  என வரையறுக்கப்படும்.

$$\text{பெய்ப்புத்தடை } (\gamma_i) = \frac{V_{BE} \text{ இல் ஏற்படும் மாற்றம்}}{I_B \text{ இல் ஏற்படும் மாற்றம்}}$$

$$\gamma_i = \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B}$$

இங்கு  $\Delta V_{BE}$  ஆனது அடிமின்னோட்டத்தில் ஏற்படும் மாற்றம் ( $\Delta I_B$ ) காரணமாக  $V_{BE}$  யில் ஏற்படும் மாற்றத்தினைக் குறிக்கும். இந்நிலையில்  $V_{CE}$  இனது பெறுமானம் மாறாது இருத்தல் வேண்டும்.

(3)  $I_B$  மாறாத நிலையில்  $I_C$  எதிர்  $V_{CE}$  வரைபு



உரு 8 பொதுக்காலிச் சுற்றமைப்பில்  $I_B$  மாறாத நிலையில்  $I_C$  எதிர்  $V_{CE}$  வரைபு

உரு. 8 ஆனது அடிமின்னோட்டத்தின் வெவ்வேறு பெறுமானங்களுக்குரிய  $I_C$  எதிர்  $V_{CE}$  வரைபினைக் காட்டுகின்றது. இவ்வரைபிலே நாம் முன்னர் கூறிய திரான்சிற்றர் எடுக்கக்கூடிய மூன்று நிலைகளுக்குரிய பிரதேசங்களும் தெளிவாகக் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. இவ்வரைபின் உயிர்ப்புப் பிரதேசத்தினைக் கவனமாக உற்று நோக்குவீர்களானால்  $I_C$  மாறாது உள்ளபோது,  $V_{CE}$  இல் ஏற்படும் பெரிய அதிகரிப்பானது  $I_C$  யில் மிகச் சிறிய அதிகரிப்பையே ஏற்படுத்துகின்றது என்பது தெளிவாகும். உதாரணமாக  $I_B = 20 \mu A$  மாறா மின்னோட்டத்தின்போது,  $V_{CE}$  இன் 2V இலிருந்து 18V வரையிலான அதிகரிப்பிற்கு,  $I_C$  யில் ஏற்படும் அதிகரிப்பானது மிக



மிகச்சிறியதாகும். அதாவது  $V_{CE}$  இன் பெறுமானத்தில் ஏற்படும் ஏற்ற இறக்கமானது  $I_C$  மில் குறிப்பிடும்படியான மாற்றமெதனையும் ஏற்படுத்தாது. இன்னொரு விதமாகக் கூறின்,  $I_C$  இல் ஏற்படும் சிறிய மாற்றமொன்றானது  $V_{CE}$  இன் பெறுமானத்தில் பெருமளவு மாற்றத்தை ஏற்படுத்தும். திரான்சிற்றர் ஒன்றின் இக்குணவியல்புகளே அவற்றினை சிறந்த வோல்ற்றளவு விரியலாக்கிகளாக உபயோகிக்க வழியமைக்கின்றன. இவை பற்றிப்பின்னர் தெளிவாகப் பார்ப்போம்.  $V_{CE}$  இனது பெறுமானம் மிகவும் சிறியதாகவுள்ள போது, அது  $I_C$  பெறுமானத்தில் பெருமளவு தாக்கத்தினை ஏற்படுத்துகின்றது என்பதனையும் உரு 8 தெளிவாக உணர்த்துகின்றது. திரான்சிற்றர் உருவாக்கும் நேரோட்ட மின்னோட்ட நயம் ( $\beta$ ), இனால் தரப்படுவது போன்று திரான்சிற்றர் ஒன்று உருவாக்கும் ஆடலோட்ட மின்னோட்ட நயம் ( $\beta_{ac}$ ),  $I_C$  இல் ஏற்படும் மாற்றத்திற்கும்  $I_B$  இல் ஏற்படும் மாற்றத்திற்கும் இடையேயான விகிதத்தினால் தரப்படும்.

ஆடலோட்ட மின்னோட்ட நயம்  $(\beta_{ac}) = \frac{I_C \text{ இல் ஏற்படும் மாற்றம்}}{I_B \text{ இல் ஏற்படும் மாற்றம்}}$

$$\beta_{ac} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$$

அதாவது ஆடலோட்ட மின்னோட்ட நயமானது,  $I_B$  இலே ஏற்படுத்தும் ஒரு சிறிய மாற்றமானது  $I_C$  மிலே ஏற்படுத்தும் மாற்றத்தின் ஒரு அளவீடு ஆகும். இந்நிலையில்  $V_{CE}$  இன் பெறுமானம் மாறாது. ஆடலோட்ட அறிகுறியின் சிறிய அதிர்வெண்களில்  $\beta$  மற்றும்  $\beta_{ac}$  இன் பெறுமானங்களில் குறிப்பிடத்தக்க அளவு வேறுபாடு இருக்கமாட்டாது. பொதுக்காவிச் சுற்றமைப்பிலுள்ள திரான்சிற்றர் ஒன்றினது  $V_{CE}$  இல் ஏற்படும் மாற்றத்திற்கும்  $I_C$  இல் ஏற்படும் மாற்றத்திற்கும், இடையேயான விகிதம் பயப்புத்தடை  $\gamma_0$  என வரையறுக்கப்படும். இந்நிலையில்  $I_B$  மாறாது இருத்தல் வேண்டும்.

பயப்பு தடை ( $\gamma_0$ ) =  $\frac{V_{CE} \text{ இல் ஏற்படும் மாற்றம்}}{I_C \text{ இல் ஏற்படும் மாற்றம்}}$

$$\gamma_0 = \frac{\Delta V_{CE}}{\Delta I_C}$$

நாம் மேலே கூறியது போன்று, பொதுக்காவிச் சுற்றமைப்பிலே  $I_C$  இல் ஏற்படும் ஒரு சிறிய மாற்றமானது  $V_{CE}$  இலே ஒரு பெரிய மாற்றத்

தினை ஏற்படுத்தும். இதனால் இவ்வகைச் சுற்றமைப்புகளில் பயப்பு தடை  $\gamma_0$  இனது பெறுமானம் உயர்வானதாக அமையும்.

உரு 8 இலுள்ள இவ்வரைபிலே  $I_B$  இன் பெறுமானம் பூச்சியமாக உள்ளபோது,  $V_{CE}$  இன் அதிகரித்த பெறுமானத்திற்கு  $I_C$  இனது பெறுமானம் பூச்சியத்திலும் பார்க்கச் சற்று உயர்வான பெறுமானத்தினைக் காட்டுவதினை நீங்கள் அவதானிக்கலாம். திரான்சிற்றரின் அடி-சேகரிப்பான் சந்தியிலுள்ள சிறுபான்மை சுமைக்காவிக்களே இதற்குக் காரணமாகும். n-p-n வகை திரான்சிற்றர் ஒன்றிலே துளைகள் சிறுபான்மைக்காவிக்களாகும். நாம் முன்னர் கூறியதுபோன்று இவற்றினால் உருவாக்கப்படும் மின்னோட்டம் மிகவும் சிறிய பெறுமானத்தினையே கொண்டிருக்கும். எனவே இவற்றினை நாம் புறக்கணிக்கலாம். அதாவது  $I_B$  ஆனது பூச்சியமாக உள்ளபோது  $I_C$  இனது பெறுமானமும் ஏறத்தாழ பூச்சியமே ஆகும். இந்நிலையில் திரான்சிற்றர் இயங்கமாட்டாது. நாம் முன்னர் கூறியது போன்று திரான்சிற்றர் இப்பிரதேசத்தில் துண்டிப்பு நிலையில் இருக்கும்.

$V_{CE}$  இனது பெறுமானம் பூச்சியத்தை அண்மிக்கின்றபோது பின்முகக்கோடலில் இருக்கும், அடி-சேகரிப்பான் சந்தி முன்முகக்கோடல் நிலைக்கு மாறுகின்றது. இந்நிலையில்  $I_B$  யானது  $I_C$  இனைக் கட்டுப்படுத்த முடியாது இருக்கும். இந்நிலையே திரான்சிற்றரின் நிரம்பல் நிலை எனப்படும்.

## UNIT-IV: OPERATIONAL AMPLIFIERS

**The basic Operational Amplifiers-Characteristics-Inverting and Non-Inverting Operational Amplifier-Basic uses of Operational Amplifier as Sign and Scale Changer-Phase Shifter-Adder-Subtractor-Differentiator-Integrator-Comparator-Differential Operational Amplifier-CMRR-Solving Simultaneous Differential Equations (II Order only).**

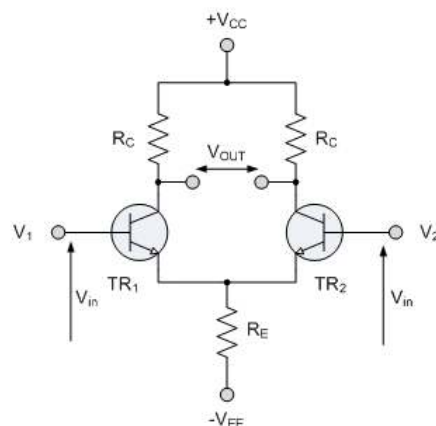
---

### Operational Amplifier

Ideal Operational Amplifier As well as resistors and capacitors, Operational Amplifiers, or Op-amps as they are more commonly called, are one of the basic building blocks of Analogue Electronic Circuits. It is a linear device that has all the properties required for nearly ideal DC amplification and is used extensively in signal conditioning, filtering or to perform mathematical operations such as add, subtract, integration and differentiation. An ideal operational amplifier is basically a 3-terminal device that consists of two high impedance inputs, one an Inverting input marked with a negative sign, ("-") and the other a Non-inverting input marked with a positive plus sign ("+"). The amplified output signal of an Operational Amplifier is the difference between the two signals being applied to the two inputs. In other words the output signal is a differential signal between the two inputs and the input stage of an Operational Amplifier is in fact a differential amplifier as shown below.

The amplified output signal of an Operational Amplifier is the difference between the two signals being applied to the two inputs. In other words the output signal is a differential signal between the two inputs and the input stage of an Operational Amplifier is in fact a differential amplifier as shown below.

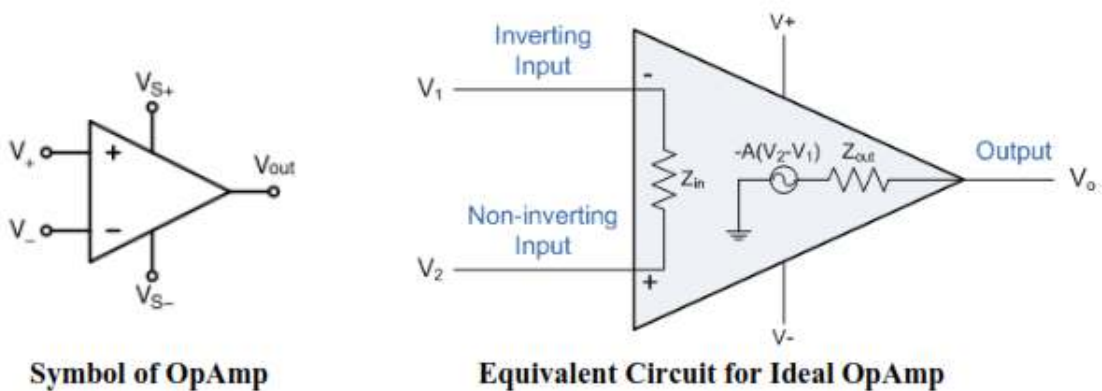
### Differential Amplifier



The circuit shows a generalized form of a differential amplifier with two inputs marked  $V_1$  and  $V_2$ . The two identical transistors  $TR_1$  and  $TR_2$  are both biased at the same operating point with their emitters connected together and

returned to the common rail,  $-V_{EE}$  by way of resistor  $R_E$ . The circuit operates from a dual supply  $+V_{CC}$  and  $-V_{EE}$  which ensures a constant supply. As the two base inputs are out of phase with each other, the output voltage,  $V_{OUT}$ , is the difference between the two input signals. So, as the forward bias of transistor  $TR_1$  is increased, the forward bias of transistor  $TR_2$  is reduced and vice versa. Then if the two transistors are perfectly matched, the current flowing through the common emitter resistor,  $R_E$  will remain constant. Ideal Operational Amplifiers have an output of low impedance that is referenced to a common ground terminal and it should ignore any common mode signals. That means, if identical signals are applied to both the inverting and non-inverting inputs there should be no change at the output. However, in real amplifiers there is always some variation and the ratio of the change to the output voltage with regards to the change in the common mode input voltage is called the Common Mode Rejection Ratio or CMRR.

Operational Amplifiers have a very high open loop DC gain, commonly known as the Open Loop Differential Gain, and is given the symbol ( $A_o$ ). By applying some form of Negative Feedback we can produce an operational amplifier circuit with a very precise gain characteristic that is dependent only on the feedback used. An operational amplifier only responds to the difference between the voltages at its two input terminals, known commonly as the "Differential Input Voltage" and not to their common potential. Then if the same voltage potential is applied to both terminals the resultant output will be zero



## PARAMETER-IDEALIZED CHARACTERISTIC

### Voltage Gain, ( $A$ )

Infinite - The main function of an operational amplifier is to amplify the input signal and the more open loop gain it has the better, so for an ideal amplifier the gain will be infinite.

### Input impedance, ( $Z_{in}$ )

Infinite - Input impedance is assumed to be infinite to prevent any current flowing from the source supply into the amplifiers input circuitry.

### Output impedance, ( $Z_{out}$ )

Zero - The output impedance of the ideal operational amplifier is assumed to be zero so that it can supply as much current as necessary to the load.

### **Bandwidth, (BW)**

Infinite - An ideal operational amplifier has an infinite Frequency Response and can amplify any frequency signal so it is assumed to have an infinite bandwidth.

### **Offset Voltage, ( $V_{io}$ )**

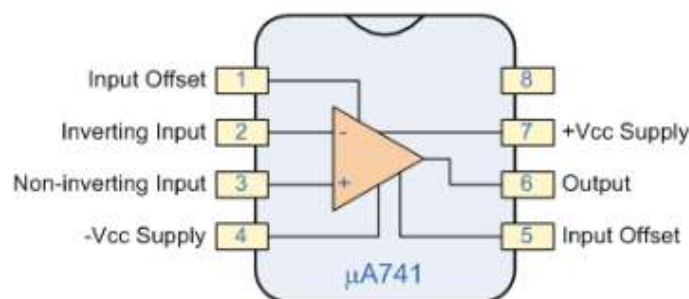
Zero - The amplifiers output will be zero when the voltage difference between the inverting and non-inverting inputs is zero.

It is important to remember two properties known as the golden rules, as they help understand the working of the amplifier with regards to analysis and design of operational amplifier circuits.

1. No current flows into either input terminal (the current rule)
2. The differential input offset voltage is zero (the voltage rule).

### **Op-amp types**

Operational amplifiers can be connected using external resistors or capacitors in a number of different ways to form basic "Building Block" circuits such as, Inverting, NonInverting, Voltage Follower, Summing, Differential, Integrator and Differentiator type amplifiers. There are a very large number of operational amplifier IC's available to suit every possible application. The most commonly available and used of all operational amplifiers is the industry standard 741 type IC.

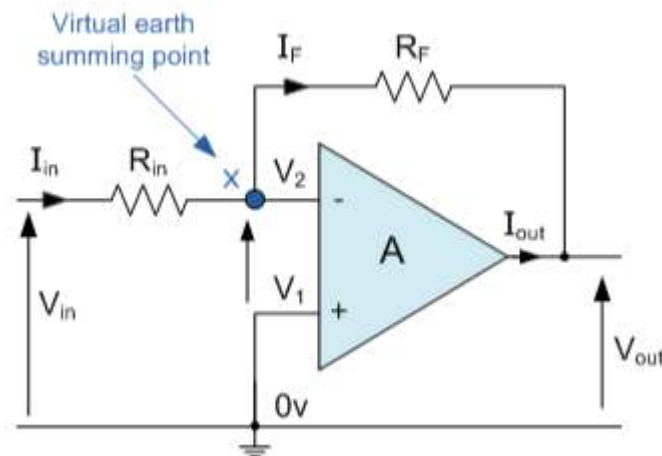


### **Inverting Amplifier**

**Inverting Amplifier** The open loop gain of an ideal Operational Amplifier can be very high, up to about 1,000,000 (120dB) or more. However, this very high gain is of no real use to us as it makes the amplifier both unstable and hard to control as the smallest of input signals, just a few microvolts, would be enough to cause the output to saturate and swing towards one or the other of the voltage supply rails losing control. As the open loop DC gain of an operational amplifier is extremely high we can afford to lose some of this gain by connecting a suitable resistor across the amplifier from the output terminal back to the inverting input terminal to both reduce and control the overall

gain of the amplifier. This then produces an effect known commonly as Negative Feedback, and thus produces a very stable Operational Amplifier system. Negative Feedback is the process of "feeding back" some of the output signal back to the input, but to make the feedback negative we must feed it back to the "Negative input" terminal using an external Feedback Resistor called  $R_f$ . This feedback connection between the output and the inverting input terminal produces a closed loop circuit to the amplifier resulting in the gain of the amplifier now being called its Closed-loop Gain. This results in the inverting input terminal having a different signal on it than the actual input voltage as it will be the sum of the input voltage plus the negative feedback voltage giving it the label or term of a Summing Point. We must therefore separate the real input signal from the inverting input by using an Input Resistor,  $R_{in}$ . As we are not using the positive non-inverting input this is connected to a common ground or zero voltage terminal as shown below. But the effect of this closed loop feedback circuit results in the voltage at the inverting input equal to that at the non-inverting input producing a Virtual Earth summing point because it will be at the same potential as the grounded reference input.

### Inverting Amplifier Circuit



In inverting amplifier circuit the operational amplifier is connected with feedback to produce a closed loop operation. There are two very important rules to remember about inverting amplifiers: "no current flows into the input terminal" and that " $V_1$  equals  $V_2$ ". This is because the junction of the input and feedback signal (X) is at the same potential as the positive (+) input which is at zero volts or ground then, the junction is a "Virtual Earth". Because of this virtual earth node the input resistance of the amplifier is equal to the value of the input resistor,  $R_{in}$ . Then by using these two rules one can find the equation for calculating the gain of an inverting amplifier, using first principles.

Current ( $i$ ) flows through the resistor network as shown.

$$i = \frac{V_{in}}{R_{in}} = -\frac{V_o}{R_f}$$

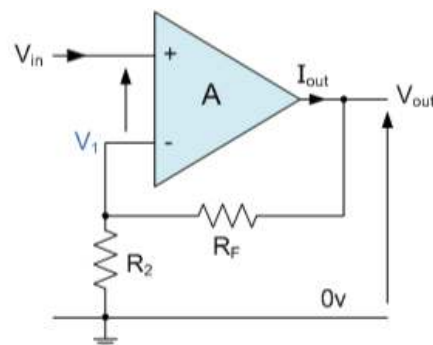
The negative sign in the equation indicates an inversion of the output signal with respect to the input as it is 180° out of phase. This is due to the feedback being negative in value. Then, the Closed-Loop Voltage Gain of an Inverting Amplifier is given as.

$$Gain = \frac{V_o}{V_{in}} = -\frac{R_f}{R_{in}}$$

## Non-inverting Amplifier

The second basic configuration of an operational amplifier circuit is that of a Noninverting Amplifier. In this configuration, the input voltage signal, ( $V_{in}$ ) is applied directly to the Non-inverting (+) input terminal which means that the output gain of the amplifier becomes "Positive" in value in contrast to the "Inverting Amplifier" circuit whose output gain is negative in value. Feedback control of the non-inverting amplifier is achieved by applying a small part of the output voltage signal back to the inverting (-) input terminal via a  $R_f - R_2$  voltage divider network, again producing negative feedback. This produces a Non-inverting Amplifier circuit with very good stability, a very high input impedance,  $R_{in}$  approaching infinity (as no current flows into the positive input terminal) and a low output impedance,  $r_{out}$  as shown below.

## Non-inverting Amplifier Circuit



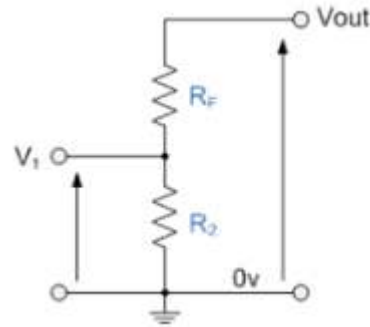
Since no current flows into the input of the amplifier,  $V_1 = V_{in}$ . In other words the junction is a "Virtual Earth" summing point. Because of this virtual earth node, the resistors  $R_f$  and  $R_2$  form a simple voltage divider network across the amplifier and the voltage gain of the circuit is determined by the ratios of  $R_2$  and  $R_f$  as shown below.

## Equivalent Voltage Divider Network

Then using the formula to calculate the output voltage of a potential divider network, we can calculate the output Voltage Gain of the Non-inverting Amplifier as:

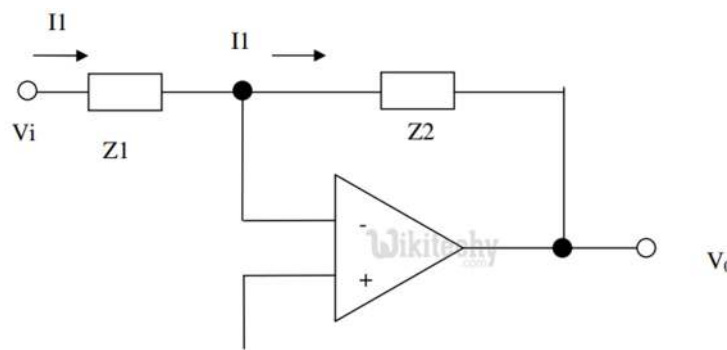
$$V_o = V_{in} \left( 1 + \frac{R_f}{R_2} \right)$$

$$\text{Gain} = \frac{V_o}{V_{in}} = 1 + \frac{R_f}{R_2}$$



We can see that the overall gain of a Non-Inverting Amplifier is greater but never less than 1, is positive and is determined by the ratio of the values of  $R_f$  and  $R_2$ . If the feedback resistor  $R_f$  is zero the gain will be equal to 1, and if resistor  $R_2$  is zero the gain will approach infinity, but in practice it will be limited to the operational amplifiers open-loop differential gain, ( $A_o$ ).

### Sign Changer (Phase Inverter)



The basic inverting amplifier configuration using an op-amp with input impedance  $Z_1$  and feedback impedance  $Z_f$ . If the impedance  $Z_1$  and  $Z_f$  are equal in magnitude and phase, then the closed loop voltage gain is -1, and the input signal will undergo a  $180^\circ$  phase shift at the output. Hence, such circuit is also called phase inverter. If two such amplifiers are connected in cascade, then the output from the second stage is the same as the input signal without any change of sign. Hence, the outputs from the two stages are equal in magnitude but opposite in phase and such a system is an excellent paraphase amplifier.

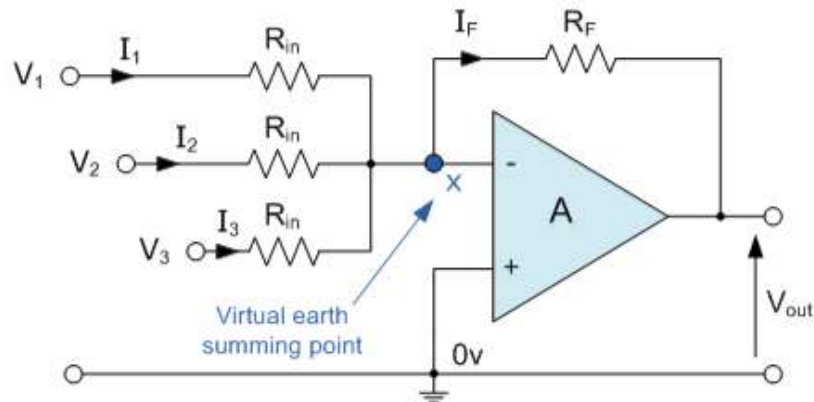
### Scale Changer

Referring the above diagram, if the ratio  $Z_f / Z_1 = k$ , a real constant, then the closed loop gain is  $-k$ , and the input voltage is multiplied by a factor  $-k$  and the scaled output is available at the output. Usually, in such applications,  $Z_f$  and  $Z_1$  are selected as precision resistors for obtaining precise and scaled value of input voltage.



## Summing Amplifier

The Summing Amplifier is a very flexible circuit based upon the standard Inverting Operational Amplifier configuration. We saw previously that the inverting amplifier has a single input signal applied to the inverting input terminal. If we add another input resistor equal in value to the original input resistor,  $R_{in}$  we end up with another operational amplifier circuit called a Summing Amplifier, "Summing Inverter" or even a "Voltage Adder" circuit as shown below



The output voltage, ( $V_{out}$ ) now becomes proportional to the sum of the input voltages,  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  etc. Then we can modify the original equation for the inverting amplifier to take account of these new inputs thus:

$$I_F = I_1 + I_2 + I_3 = -\left[\frac{V_1}{R_{in}} + \frac{V_2}{R_{in}} + \frac{V_3}{R_{in}}\right]$$

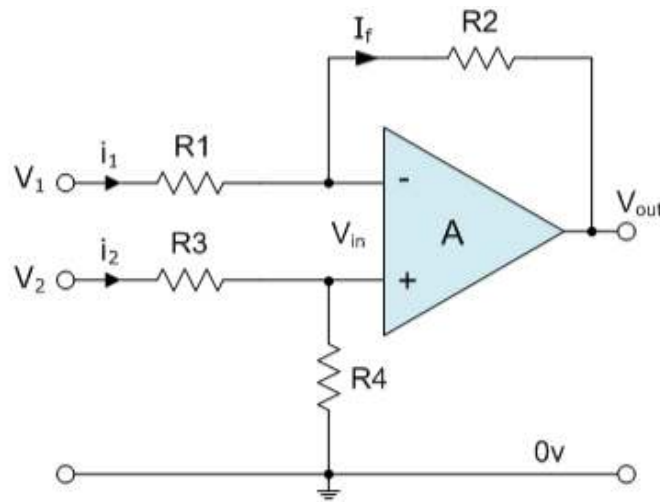
$$\text{then, } V_{out} = -\frac{R_F}{R_{in}}(V_1 + V_2 + V_3)$$

The Summing Amplifier is a very flexible circuit indeed, enabling us to effectively "Add" or "Sum" together several individual input signals. If the input resistors are all equal a unity gain inverting adder can be made. However, if the input resistors are of different values a "scaling summing amplifier" is produced which gives a weighted sum of the input signals.

## Subtractor Amplifier

Up to now we have used only one input to connect to the amplifier, using either the "Inverting" or the "Non-inverting" input terminal to amplify a single input signal with the other input being connected to ground. But we can also connect signals to both of the inputs at the same time producing another common type of operational amplifier circuit called a differential amplifier. The resultant output voltage will be proportional to the "Difference" between the two input signals,  $V_1$  and  $V_2$ . This type of circuit can also be used as a subtractor.

## Subtractor Circuit



The transfer function for a differential amplifier circuit is given as:

$$V_o = -\frac{R_2}{R_1}V_1 + \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)\left(\frac{R_4}{R_3 + R_4}\right)V_2$$

When  $R_1 = R_3$  and  $R_2 = R_4$  the transfer function formula can be modified to the following:

$$V_o = \frac{R_2}{R_1}(V_2 - V_1)$$

If all the resistors are all of the same ohmic value the circuit will become a Unity Gain Differential Amplifier and the gain of the amplifier will be 1 or Unity.

One major limitation of this type of amplifier design is that its input impedances are lower compared to that of other operational amplifier configurations, for example, a noninverting (single-ended input) amplifier. Each input voltage source has to drive current through an input resistance, which has less overall impedance than that of the op-amps input alone. One way to overcome this problem is to add a Unity Gain Buffer Amplifier such as the voltage follower seen in the previous tutorial to each input resistor. This then gives us a differential amplifier circuit with very high input impedance and is the basis for most "Instrumentation Amplifiers", mainly used to amplify very small differential signals from strain gauges, thermocouples or current sensing resistors in motor control systems.

## The Differentiator Amplifier

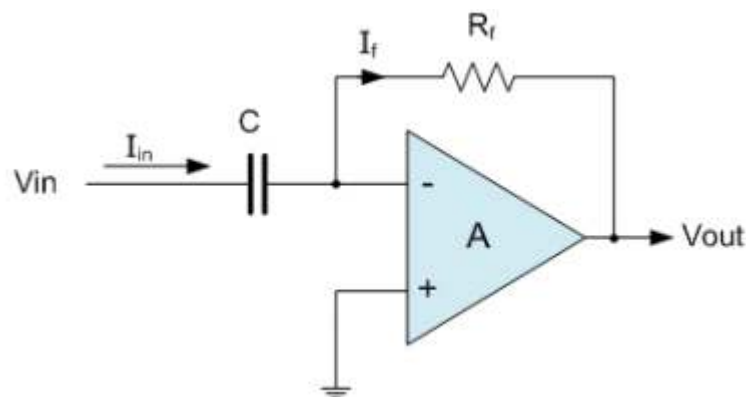
The basic differentiator amplifier circuit is the exact opposite to that of the Integrator operational amplifier circuit. Here, the position of the capacitor and resistor have been reversed and now the Capacitor, C is connected to the

input terminal of the inverting amplifier while the Resistor,  $R_f$  forms the negative feedback element across the operational amplifier. This circuit performs the mathematical operation of Differentiation, i.e. it produces a voltage output which is proportional to rate-of-change of the input voltage and the current flowing through the capacitor. In other words the faster or larger the change to the input voltage signal, the greater the input current, the greater will be the output voltage change in response becoming more of a "spike" in shape. As with the integrator circuit, we have a resistor and capacitor forming an RC Network across the operational amplifier and the reactance ( $X_c$ ) of the capacitor plays a major role in the performance of a differentiator amplifier.

### Differentiator Amplifier Circuit

The basic differentiator amplifier circuit is the exact opposite to that of the Integrator operational amplifier circuit. Here, the position of the capacitor and resistor have been reversed and now the Capacitor,  $C$  is connected to the input terminal of the inverting amplifier while the Resistor,  $R_f$  forms the negative feedback element across the operational amplifier. This circuit performs the mathematical operation of Differentiation, i.e. it produces a voltage output which is proportional to rate-of-change of the input voltage and the current flowing through the capacitor. In other words the faster or larger the change to the input voltage signal, the greater the input current, the greater will be the output voltage change in response becoming more of a "spike" in shape. As with the integrator circuit, we have a resistor and capacitor forming an RC Network across the operational amplifier and the reactance ( $X_c$ ) of the capacitor plays a major role in the performance of a differentiator amplifier.

### Differentiator Amplifier Circuit



Since the node voltage of the operational amplifier at its inverting input terminal is zero, the current,  $i$  flowing through the capacitor will be given as:

$$i_{IN} = I_F \quad \text{and} \quad I_F = -\frac{V_o}{R_F}$$

The Charge on the Capacitor = Capacitance x Voltage across the Capacitor

$$Q = C \times V_{IN}$$

The rate of change of this charge is

$$\frac{dQ}{dt} = C \frac{dV_{IN}}{dt}$$

but  $dQ/dt$  is the capacitor current  $i$

$$i_{IN} = C \frac{dV_{IN}}{dt} = I_F$$

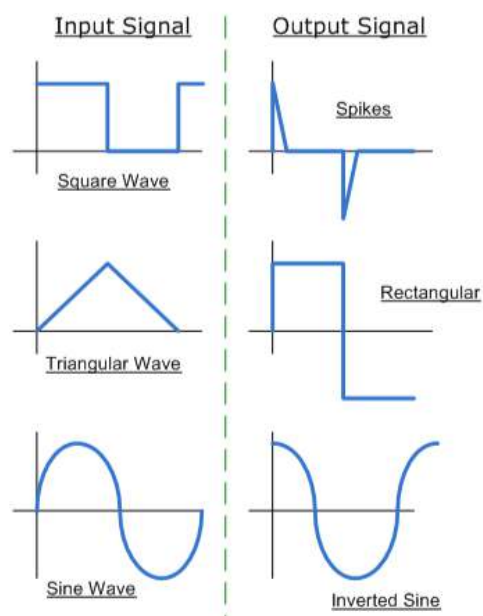
From which we have an ideal voltage output for the Differentiator Amplifier is given as:

$$V_O = -R_F C \frac{dV_{IN}}{dt}$$

Therefore, the output voltage  $V_{out}$  is a constant  $-R_f.C$  times the derivative of the input voltage  $V_{in}$  with respect to time. The minus sign indicates a  $180^\circ$  phase shift because the input signal is connected to the inverting input terminal of the operational amplifier.

## Differentiator Waveforms

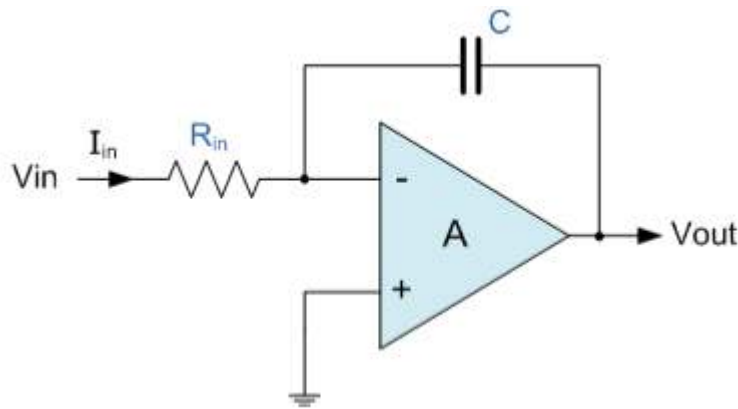
If we apply a constantly changing signal such as a Square-wave, Triangular or Sine-wave type signal to the input of a differentiator amplifier circuit the resultant output signal will be changed and whose final shape is dependent upon the RC time constant of the Resistor/Capacitor combination.



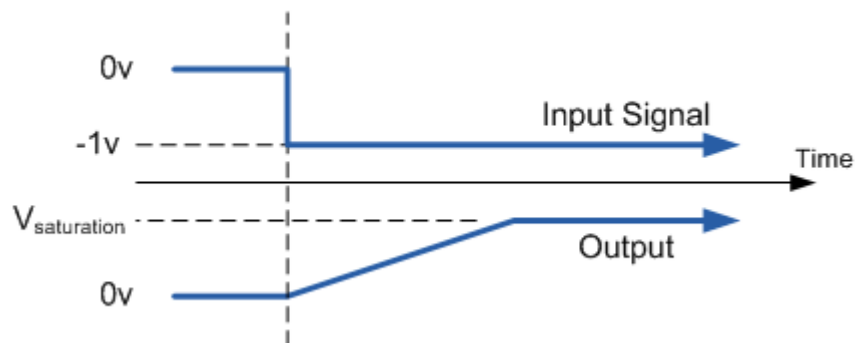
## The Integrator Amplifier

Till now we saw how an operational amplifier can be used as part of a positive or negative feedback amplifier or as an adder or subtractor type circuit using pure resistors in both the input and the feedback loop. But what if we were to change the purely Resistive ( $R_f$ ) feedback element of an inverting amplifier to that of a reactive element, such as a Capacitor,  $C$ . We now have a resistor and capacitor combination forming an RC Network across the operational amplifier as shown below

### Integrator Amplifier Circuit

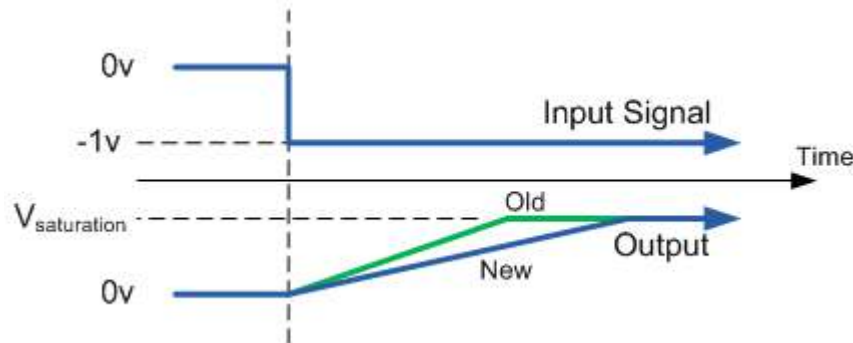


The integrator amplifier performs the mathematical operation of integration, that is, we can cause the output to respond to changes in the input voltage over time and the integrator amplifier produces a voltage output which is proportional to that of its input voltage with respect to time. In other words the magnitude of the output signal is determined by the length of time a voltage is present at its input as the current through the feedback loop charges or discharges the capacitor.



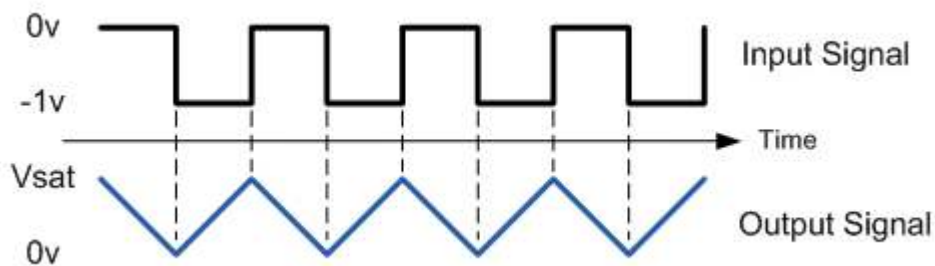
When a voltage,  $V_{in}$  is firstly applied to the input of an integrating amplifier, the uncharged capacitor  $C$  has very little resistance and acts a bit like a short circuit (voltage follower circuit) giving an overall gain of less than 1, thus resulting in zero output. As the feedback capacitor  $C$  begins to charge up, the ratio of  $Z_f/R_{in}$  increases producing an output voltage that continues to increase until the capacitor is fully charged. At this point the ratio of feedback

capacitor to input resistor ( $Z_f/R_{in}$ ) is infinite resulting in infinite gain and the output of the amplifier goes into saturation as shown in the diagram. (Saturation is when the output voltage of the amplifier swings heavily to one voltage supply rail or the other with no control in between).



The rate at which the output voltage increases (the rate of change) is determined by the value of the resistor and the capacitor, "RC time constant". By changing this RC time constant value, either by changing the value of the Capacitor, C or the Resistor, R, the time in which it takes the output voltage to reach saturation can also be changed.

If we apply a constantly changing input signal such as a square wave to the input of an Integrator Amplifier then the capacitor will charge and discharge in response to changes in the input signal. This results in an output signal with a sawtooth waveform and its frequency is dependent upon the time constant (RC) of the circuit. This type of circuit is also known as a Ramp Generator and the transfer function is given below.



Since the node voltage of the integrating op-amp at its inverting input terminal is zero, the current  $I_{in}$  flowing through the input resistor is given as:

$$I_{in} = \frac{V_{in}}{R}$$

The current flowing through the feedback capacitor C is given as:

$$I_{in} = C \frac{dV_{out}}{dt}$$

Assuming that the input impedance of the op-amp is infinite (ideal op-amp), no current flows into the op-amp terminal. Therefore, the nodal equation at the inverting input terminal is given as:

$$\frac{V_{in}}{R} = C \frac{dV_{out}}{dt} = 0$$

From which we have an ideal voltage output for the Integrator Amplifier as:

$$V_{out} = -\frac{1}{RC} \int V_{in} dt = -\frac{1}{j\omega RC} V_{in}$$

Where  $j\omega = 2\pi f$  and the output voltage  $V_{out}$  is a constant  $1/RC$  times the integral of the input voltage  $V_{in}$  with respect to time. The minus sign (-) indicates a  $180^\circ$  phase shift because the input signal is connected directly to the inverting input terminal of the op-amp.

## COMPARATOR

### Op-Amps Open Loop Gain

The output of an op amp can swing positive and negative to a maximum voltage close to the supply rail potentials. For example, the maximum output voltage for the popular 741 op amp, when connected to a  $\pm 18V$  supply is  $\pm 15V$ .

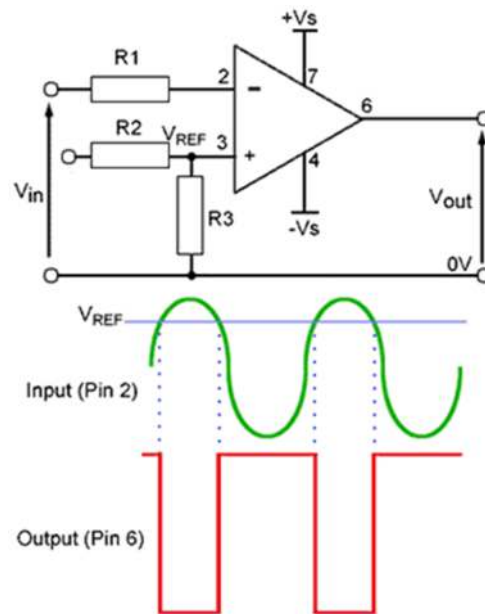
Because the open loop gain of an op amp is extremely high however, (typically 10,000 to one million) means that without negative feedback, any input that creates a difference in voltage between the two input pins greater than  $\pm 150\mu V$  may be amplified by, for example 100,000 or more times, and drive the output into saturation; the output will then appear to be 'stuck' either at its maximum or minimum value.

Using the maximum open loop gain in this way can be useful when either dealing with extremely small (and low frequency or DC) inputs in instrumentation or medical applications, or for comparing two voltages, using the op amp as a comparator. In this mode the output will go to either a maximum high or minimum low level, depending on whether one input is just a few micro volts higher or lower than a reference voltage applied to the other input.

### Comparator

Basic op amp types such as the 741 will perform adequately as comparators in simple circuits, such as a temperature controlled switch that is required to switch on or off a circuit when the input voltage from a temperature sensor is

higher or lower than a preset reference value. In Figure a reference voltage is applied to the non-inverting input, whilst a variable voltage is applied to the inverting input. Whenever the voltage applied to pin 2 is higher than the reference voltage on pin 3 the output will be at a low voltage, only slightly higher than  $-V_s$  and if pin 2 is at a lower voltage than pin 3, the output voltage will be high, slightly less than  $+V_s$ .



However, standard op amps are designed for low power amplification purposes and if they are driven into, then out of saturation, it takes some time for the output voltage to recover and for the op amp to begin operating in a linear manner once more.

Op amps designed as amplifiers are not particularly suited to use as comparators especially where the input signals are changing rapidly in such applications as audio level sensors or analogue to digital converters. Another problem with the basic comparator arrangement illustrated in Fig 6.6.1 that is addressed by op amps specially designed as comparators rather than amplifiers, is that of noise. If there is a significant amount of noise on the input signal, especially when the input signal voltage is close to the reference voltage level, the high frequency voltage variations caused by the random nature of the noise will make the input signal voltage higher and lower than the reference voltage in rapid succession, causing the output to momentarily oscillate between its maximum and minimum voltage levels. However this problem is overcome in many dedicated comparators by applying hysteresis.

## **Solving differential equations using operational amplifiers**

Introduction: An operational amplifier ("op amp") is a differential-input, high gain voltage amplifier, usually packaged in the form of a small integrated



circuit. The term "operational" dates back to the early days of analog computers when these devices were employed in circuits that performed mathematical operations such as addition, subtraction, integration, and the solution of differential equations. Today's op amps are used in a much wider variety of circuits and operate at considerably lower voltages and powers; however, the name remains. The modern operational amplifier is a very useful and versatile building block for thousands of circuits in applications as diverse as audio, video, communications, process control and instrumentation.

### **Analog computation:**

There are two main types of computer. What you probably think of when you say "computer" is a digital computer. Numbers are represented by sets of 1's and 0's where 1 and 0 are represented by two different voltages, (typically +5V, and 0V). Operations are simple logical operations (i.e. AND, OR, etc.) or arithmetic operations (i.e. addition or subtraction). Calculus-type operations are very complicated to do. The other type is the analogue computer, where numbers are represented by continuously varying quantities. Typically, voltage is the quantity used. You are already familiar with OPAMP circuits for different mathematical operations using various voltages. These circuits can be combined to solve various differential equations. Some exemplary circuits are given in this experiment

$$\text{Solving } \frac{dy}{dt} + ky = c$$

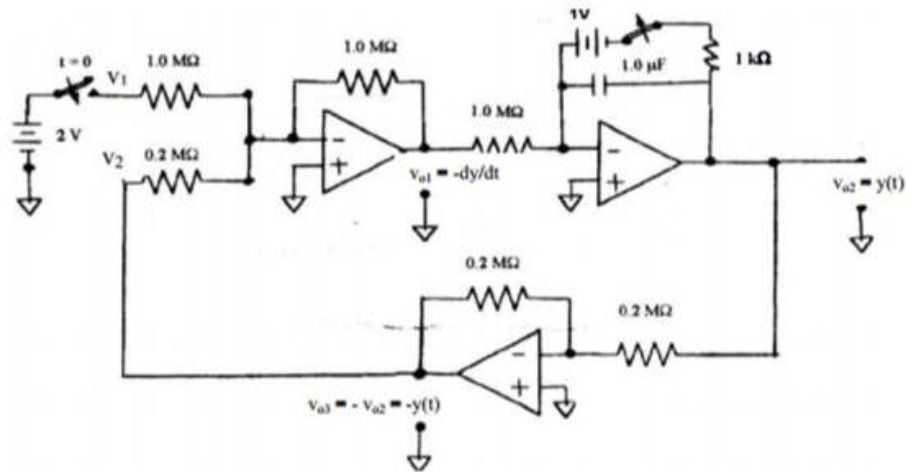
This is an equation which may describe damped oscillation or charge on a capacitor or a simple radioactive decay. Let's take the case where  $y(t)$  is displacement in meter and assume arbitrary values of  $k$  and  $c$  such that the equation has the following form

$$\frac{dy}{dt} + 5y = 2$$

As an analog, we can let the output of the integrator be proportional to displacement, i.e.

$$V_o(t) = K y(t)$$

Note that in order to maintain linear operation and obtain an accurate solution, we must always be careful to scale output voltages so as not to saturate the op amp. Assuming that  $V_{SAT} \approx 12$  Volts for the op amp and that the maximum of  $y(t) \leq 12m$ , we can design an op amp circuit to simulate the system by scaling the output voltage of the integrator to be 1 Volt/m, i.e.,  $V_o(t) = y(t)$  or  $K = 1$  Volt/m. Figure shows one of many possible op amp circuits that can be used to simulate the given differential equation.



### Procedure:

Set up the circuit in Figure. Note that three op amps are used: one as a summing amplifier, one as an integrator, and one as an inverting amplifier. Also, switches and DC voltages, shown as batteries, are included in the circuit in order to (1) the initial condition of  $y(0) = -1\text{m}$  ( $V_{O2}(0) = -1\text{V}$ ) to the feedback capacitor during "reset", i.e.,  $t < 0$ , and (2) the step input of  $2\text{m}$  ( $V_1 = 2\text{V}$ ) to the input of the integrator during "operation", i.e.,  $t \geq 0$ . Connect the  $y$  voltage output to the  $y$  input of a SCOPE, and connect the  $x$  input to the time generator circuit of Experiment 1. The analog computer simulation shown in Figure was obtained as follows. First, the output of the integrator was chosen to represent the displacement, i.e.,  $V_{O2} = y(t)$ . Choosing  $R_i = 1\text{ M}\Omega$  and  $C = 1\text{ }\mu\text{F}$  so that  $R_i C = 1\text{ second}$ ,

$$V_{O1} = -dV_{O2}/dt = -dy/dt = -2 + 5y = -2 + 5V_{O2}$$

Resetting the time generator circuit. Observe the plots of  $y$  vs  $t$  obtained (as a solution to this equation) by switching on the circuit. Find solutions for various values of  $k$  and various initial values of  $y$ .

## UNIT-IV

### செயற்பாட்டுப் பெருக்கி

செயற்பாட்டுப் பெருக்கி (operational amplifier) அல்லது வினை மிகைப்பி என்பது நேரடியாகப் பிணைந்த (coupled) உயர் ஈட்ட மின்னணியல் மின்னழுத்த மிகைப்பியாகும். இதன் உள்ளீடு இருமுனைகளின் மின்னழுத்த வேறுபாட்டு உள்ளீடாகும். இதன் வெளியீடு ஒரு முனையிலேயே அமையும். இந்த உருவமைப்பில், இது தரை சார்ந்த வெளியீட்டு மின்னழுத்தத்தை, உள்ளீட்டு முனைகளில் உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டை விட நூறாயிர மடங்கு மிகுத்து தருகிறது.

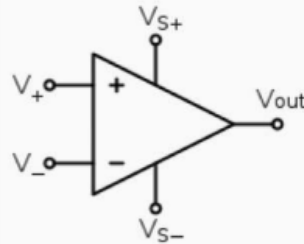
### செயற்பாட்டுப் பெருக்கி Operational amplifier



நுண் A741 ஒருங்கிணைப்புச் சுற்றமைப்பு, வெற்றிகண்ட வினை மிகைப்பி

இவை முதலில் ஒப்புமைக் கணினிகளுக்காக உருவாக்கப்பட்டன. இதில் இவை நேரியல், நேரிலா, அலைவெண்சார் சுற்றதர்களில் கணித வினைகளை நிறைவேற்றின.

### இலத்திரனியல் குறியீடு



வினை மிகைப்பி சுற்றதர் விளக்கப்படக் குறியீடுகள். இதன் செருகிகள் மேல் குறிப்பிட்டவாறு பெயரிடப்படுகின்றன.

வினை மிகைப்பியின் பன்முகப் பயன்பாட்டு இயல்பு, இதை ஒப்புமைச் சுற்றதர்களின் அடிப்படைக் கட்டமைப்பு உறுப்பாக்கியது. எதிர்நிலைப் பின்னூட்டத்தைப் பயன்படுத்தி, இதன் பான்மை, ஈட்டம், உள்ளீட்டு, வெளியீட்டு மறிப்பு, குறிகையைக் கையாளும் பட்டையகலம் ஆகியவற்றைப் புறச்சுற்றதரின் உறுப்புகளைச் சார்ந்தே கணிக்கலாம். இவை மிகைப்பியின் வெப்பநிலைக் கெழுக்களையோ தொழிலகச் செய்நுட்பங்களையோ சார்ந்தமைவதில்லை.



வினை மிகைப்பியின் தொகுச்சுற்றமைப்புச் சில்லுகள்

நடப்பில் உள்ள வினை மிகைப்பி ஒரு குறிகையின் வீச்சைப் பல மடங்காக மிகைப்படுத்தி தரும். மேலும், வினை மிகைப்பி கூட்டல், தொகையிடல், வகையிடல் போன்ற கணிதவினைகளையும் ஏரண வினைகளையும் செய்யும். ஆகையால்தான் வினை மிகைப்பி மின்சுற்றதர் உறுப்புகளில் மிகவும் அடிப்படையான உறுப்பாகும்.

வினை மிகைப்பி ஒருவகை வேறுபாட்டு மிகைப்பி மட்டுமே ஆகும். பிறவகை வேறுபாட்டு மிகைப்பிகளில் முழு வேறுபாட்டு மிகைப்பி (இது வினை மிகைப்பியை ஒத்ததே என்றாலும் இதில் இருவேறு வெளியீடுகள் அமைகின்றன), கருவி மிகைப்பி (வழக்கமாக இது மூன்று வினை மிகைப்பிகளாடி ஆனதாகும்), தனிப்படுத்தும் மிகைப்பி (இது கருவி மிகைப்பியை ஒத்ததே என்றாலும் இயல்பு வினை மிகைப்பி இயக்கத்தை அழிக்கும் பொது மின்னழுத்தக் குறிகைகளை ஏற்கும் பொறுதி கொண்டதாகும்), எதிர்நிலைப் பின்னூட்ட மிகைப்பி (வழக்கமாக இதுஒன்று அல்லது அதற்கும் மேற்பட்ட வினை மிகைப்பிகளாலும் தடைசார் பின்னூட்ட வலையாலும் ஆனதாகும்) ஆகியவற்றை உள்ளடக்கும்.

## வினை மிகைப்பியின் இயக்கம்

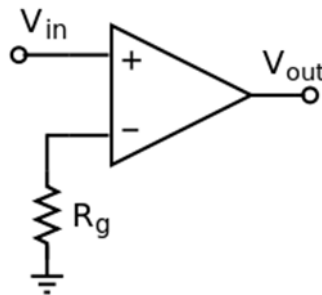
மிகைப்பியின் வேறுபாட்டு உள்ளீடுகளில்  $V_+$  மின்னழுத்தமுள்ள நே மி உள்ளீடும்  $V_-$  எதிர்மின்னழுத்தமுள்ள அலையாக்க உள்ளீடும் அமையும்; கருத்தியலாக வினை மிகைப்பி இந்த இருமின்னழுத்தங்களுக்கு இடையி அமையும் வேறுபாட்டு மின்னழுத்தத்தையே மிகுக்கிறது. இது உள்ளீட்டு வேறுபாட்டு மின்னழுத்தம் எனப்படுகிறது. வினை மிகைப்பியின் வெளியீட்டு மின்னழுத்தம்  $V_{out}$  பின்வரும் சமன்பாட்டால் தரப்படுகிறது.

$$V_{out} = A_{OL}(V_+ - V_-)$$

இங்கு,  $A_{OL}$  என்பது மிகைப்பியின் மின்னளியல் திறந்த கண்ணி ஈட்டம் ஆகும். இங்கு திறந்த கண்ணி வெளியீட்டில் இருந்து உள்ளீட்டுக்குப் பின்னூட்டம் இல்லாமையைக் குறிக்கிறது.

## திறந்த கண்ணி மிகைப்பி

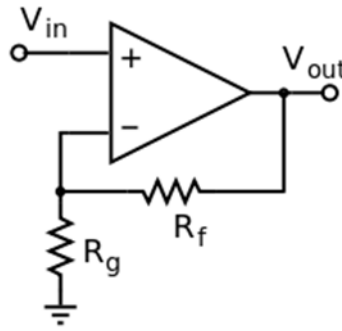
$A_{OL}$  இன் மதிப்பு மிகவும் பேரளவாக அமைகிறது (தொகுசுற்றதர் வினை மிகைப்பிகளுக்கு இது 100,000 ஆகவோ அல்லது அதற்கும் கூடுதலாகவோ அமையும்); எனவே,  $V_+$ ,  $V_-$  ஆகிய மின்னழுத்தங்களுக்கு இடையில் உள்ள மிகவும் சிறிய மின்னழுத்த வேறுபாடு கூட மிகைப்பியின் வெளியீட்டு மின்னழுத்தத்தை மின்னழுத்த வழங்கல் மதிப்பளவுக்கு மிகுக்கிறது. வழங்கல் மின்னழுத்தத்துக்குச் சமமான அல்லது கூடுதலான நிலைமை மிகைப்பியின் தெவிட்டல் நிலை அல்லது நிறைவு நிலை எனப்படும்.  $A_{OL}$  மதிப்பளவு தொழிலகச் செயல்முறைகளால் கட்டுப்படுத்தப்பாடுவதில்லை என்பதால் திறந்தகண்ணி மிகைப்பியை தனித்த வேறுபாட்டு மிகைப்பியாகப் பயன்படுத்தமுடியாது.



எதிர்ப்பின்னூட்டமில்லாத வினை மிகைப்பி (ஒப்பிடுவான்)

எதிர்நிலைப் பின்னூட்டமோ (வேறுபாட்டு வினை மிகைப்பி) நேர்நிலைப் பின்னூட்டமோ (மீளாக்க மிகைப்பி) இல்லாதபோது வினை மிகைப்பி ஒப்பிடுவானாகச் செயல்படுகிறது. நேரடியாகவோ  $R_g$  எனும் தரை தடையாலோ அலையாக்க உள்ளீட்டை தரையின் மதிப்பில்(0V) இறுத்தும்போது, நே மி உள்ளீட்டு மீனழுத்தம்  $V_{in}$  நேர்மதிப்புடன் அமையும். வெளியீட்டு மின்னழுத்தமும் பெரும நேர்மதிப்பில் இருக்கும்;  $V_{in}$  மதிப்பு எதிர்மதிப்பில் இருந்தால், வெளியீட்டு மின்னழுத்தம் பெரும எதிர்மதிப்பில் இருக்கும். வெளியீட்டில் இருந்து எந்தவொரு உள்ளீட்டுக்கும் பின்னூட்டம் இல்லாததால், இது திறந்த கண்ணி சுற்றதர் ஆகும். இது ஒப்பிடுவானாகச் செயல்படும்.

### இணைந்த கண்ணி மிகைப்பி



எதிர்நிலைப் பின்னூட்டம் உள்ள வினை மிகைப்பி (நே மி மிகைப்பி அல்லது அலையாக்காத மிகைப்பி)

முன்கணித்த இயக்கம் வேண்டியபோது, எதிர்நிலைப் பின்னூட்டம் வெளியீட்டு மின்னழுத்தத்தின் ஒரு பகுதி அலையாக்க உள்ளீட்டுக்குத் தரப்படுகிறது. இணைந்த கண்ணிப் பின்னூட்டம் சுற்றதரின் ஈட்டத்தைப் பெரிதும் குறைக்கிறது. எதிர்ப்பின்னூட்டம் ப்யன்படும்போது, சுற்றதரின் ஒட்டுமொத்த ஈட்டம் பின்னூட்ட வலையால் தீர்மானிக்கப்படுகிறது. இது மிகைப்பியின் இயக்கப் பான்மையைச் சர்ந்தருப்பதில்லை. பின்னூட்டவலையின் உறுப்புகள் மிகைப்பியின் உள்ளீட்டு மறிப்போடு ஒப்பிடும்போது மிகச் சிறியனவாக அமைகின்றன. வினை மிகைப்பியின் திறந்த கண்ணி துலங்கல் மதிப்பாகிய  $A_{OL}$  சுற்றதர்ச் செயல்திறத்தை பெரிதும் தாக்குவதில்லை.

## UNIT-V: INTEGRATED CIRCUITS

Integrated circuits - Advantages and disadvantages of ICs - Scale of integration – Classification of ICs by structure – Epitaxial Growth – Masking and Etching – Monolithic Integrated Circuit Fabrication Process – Fabrication of IC Components – Popular Applications of ICs.

---

### ICs

An IC is a complete electronic circuit in which both active and passive components are fabricated on an extremely tiny single chip of silicon.

### Advantages of ICs

#### 1. Extremely Small Physical Size

Often the size is thousands of times smaller than a discrete circuit. The various components and their interconnection are distinguishable only under a power microscope.

#### 2. Very Small weight

Its pack more circuitry into an IC package, weight and size are of great importance in military and space applications, for consumers it always in primary consideration.

#### 3. Reduced cost

It is a major advantage of ICs. The reduction in cost per unit is due to fact that all circuit components in the wafer, hundreds of similar wafers are produced. IC's cost as much as individual transistor.

#### 4. Extremely High Reliability

In the reason of absence of soldered connections, need for fewer interconnections these are major cause of circuit failures. In fact IC logic gate has been found to be 100,00 times more reliable than a vacuum tube and transistor.

Obviously, higher reliability means IC's work for longer without giving any trouble, it is most reliable from both military and consumer applications.

#### 5. Solution for Small-signal Operation

ICs various components are very close in each other in or on silicon wafer. Their chance of stray electrical pick up is practically nil. Hence, it makes very suitable for small signal operations.

## 6.Low Power Consumption

ICs are suitable for low power operations than bulky discrete circuits.

## 7.Easy Replacement

ICs are hardly ever replacement in case of failure, it is more economical to replace them than to repair them.

### **Disadvantages of ICs**

1. Coils or inductors cannot be fabricated
2. Fairly low voltages
- 3.They can handle only limited amount of power
- 4.They are quite delicate and cannot withstand rough handling or excessive heat.<

### **Scale of Integration**

Number of electronic circuits can be fitted into a standard size IC increasing each year passing. In fact, whole electronic systems rather than just a circuit are incorporated in one package.

Method of classifying the amount of circuit as follows:

#### 1.SSI- small scale integration

In this case, the circuits contained in one package is less than 30(< than 50).>

#### 2.MSI-medium scale integration

Number of circuits per package is between 30 and 100(between 50 and 500).

#### 3.LSI- large scale integration

Circuit density in between 100 and 100,00(in between 500 and 300,00).

#### 4.VLSI-very large scale integration

The electronic system on a single wafer of silicon containing circuits in excess of 100,000(> 100,00).



## Classification of ICs by Structure

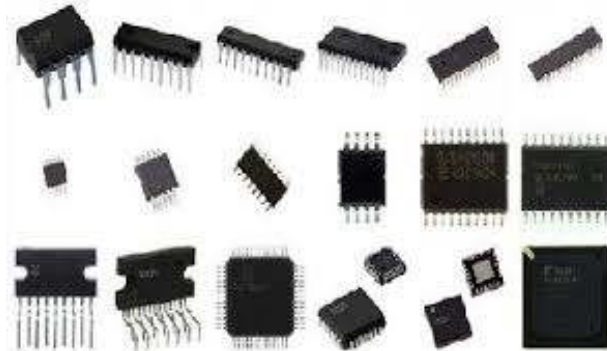
ICs can be classified into three types:

### 1. Monolithic Integrated Circuits

The word 'mono' means 'single stone' a single-solid structure. In all circuit components (both active and passive components) are fabricated in a single crystalline called wafer. In transistor and diode components are fabricated spots using epitaxial diffusion techniques.

Components interconnection are provided on the surface and connecting wires are taken out to the terminals.

Disadvantages of monolithic ICs are in wide, but monolithic process has been found to be economical.



### 2. Thick and Thin film IC's

The essential difference between thick-film and thin-film ICs is not their relative thickness but method of depositing the film. They both differ in monolithic ICs. Here ICs are not formed on the silicon wafer but on the surface of an insulating substance as glass or a ceramic material. Only passive components (resistors, capacitors) are formed through thick or thin-film techniques on the insulating surface. The active elements (transistors, diodes) are added as discrete elements to functional circuit.

The difference between the thick and thin-film techniques is the process forming passive components and the metallic conduction pattern.

#### (a) Thin-film ICs

Circuits are constructed by film of conducting material mask on the surface of glass or ceramic. Resistors and conductors are varying in width and thickness of film and different resistivity. Capacitors are sandwiching an insulating oxide film between two conducting film. Inductors can be made by depositing a spiral information of film. External components transistors and diodes are inter connected by wire bonds

(i) vacuum evaporation

The vapourised material is deposited through a set of mask on the glass or ceramic substrate contained in vacuum.

(ii) cathode sputtering

The atoms from cathode made of desired film material are deposited on the substrate located in between cathode and anode.

(b)Thick-film Ics

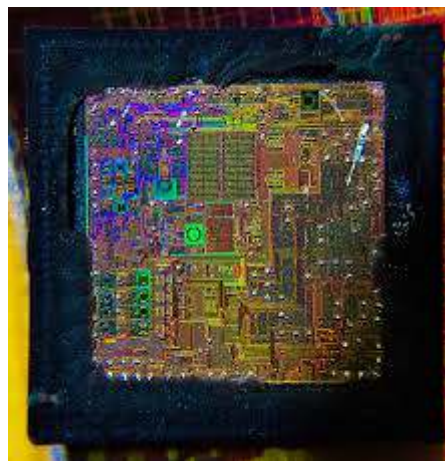
In this Ics are as printed thin-film circuits. Those silk-screen printing techniques are to create pattern on the substrate. The screen are made of mesh (pulverized glass or aluminium) which have conductive, resistive or dielectric properties. After printing the circuits are fired in high temperature furnace and fuse to the insulating substrate.

3.Hybrid or multichip Ics

In this circuits the inter-connections are formed a individual chip by combination of film and monolithic IC techniques. In such circuits active components are formed with a silicon wafer which is covered with an insulating layer such as  $\text{SiO}_2$ .Connections are made the film to the monolithic structure through 'windows' cut in the  $\text{SiO}_2$  layer.

### **Classification of Ics by Function**

#### **IC Terminology**



1.Bonding- attachment of wires to an IC.

2.Chip-an extremely small part of a silicon wafer IC is fabricated.

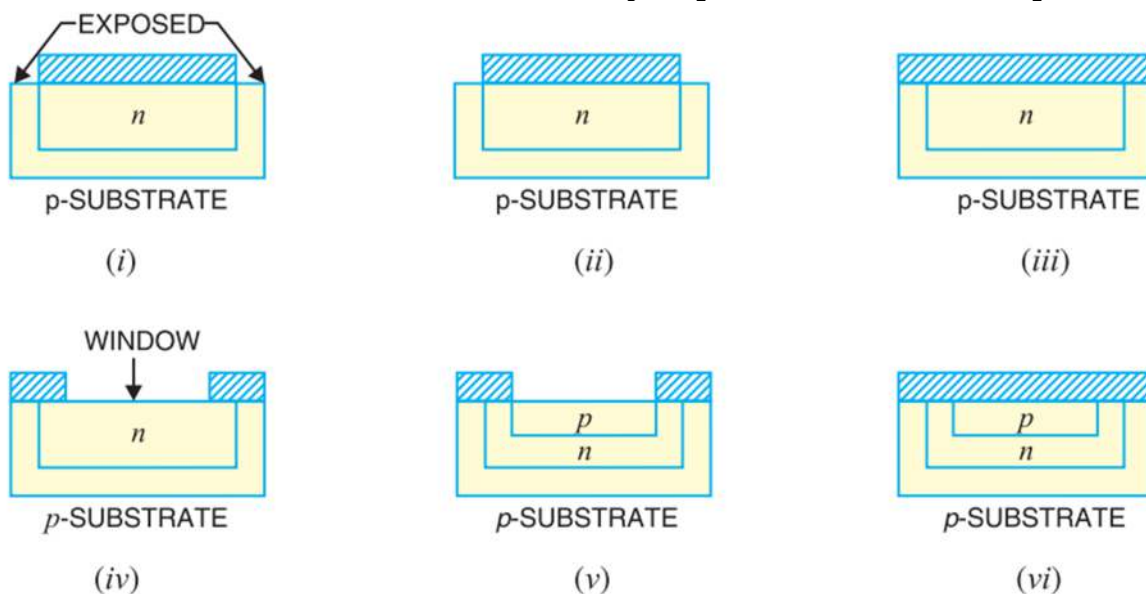
3.Circuit probing-to check the proper electrical performance of each IC with help of probes.

4.Die- same as chip.

5. Diffusion-introduction of controlled small quantities of a material into the crystal structure for modifying its electrical characteristics.
6. Diffusion mask-it is a glass plate with the circuit pattern on it. Light areas impurities diffuses, but not through its dark ones.
7. Encapsulation-putting cap over the Ic.
8. Epitaxy-physical placement of materials on a surface.
9. Etching-removal of surface material from a chip.
10. Metallization-providing ohmic contacts and inter-connections by evaporating aluminium over chip.
11. Photoresist-a photo sensitive emulsion hardens exposed to uv light.
12. Scribing-Incising or cutting with a sharp point.
13. Wafer-a thin slice of a semiconductor material in circular in shape a number of ICs are fabricated.

### **Integrated circuit fabrication**

The normal components of an IC are transistors, diodes, resistors and capacitors. The transistor is the most complicated component all other parts are fabricated with transistor processes. The steps involved in the fabrication of monolithic IC by epitaxial diffusion process.



### **1. Wafer preparation**

P-type silicon bar is taken and cut into slices called wafers. These wafers being polished and finished to serve as a base or substrate for hundreds of ICs.

## **2.Epitaxial Growth**

N-type of silicon layer (15 micron thick) is now grown on the P-type substrate by placing the wafer in a furnace at 1200c and introducing a gas containing phosphorous. It is in this epitaxial layer that all active and passive components of an Ic are formed .

## **3.Oxidation**

A thin layer of silicon dioxide (Sio<sub>2</sub>) is grown over the N-type layer by exposing the wafer to oxygen atmosphere at 1000c.

## **4.Photolithographic process**

This involves etching on sio<sub>2</sub> layer with help of Photographic mask, photo resist and etching solution. It helps to select particular area of N-type to an isolation diffusion process.

## **5.Isolation diffusion**

The wafer is subjected to a P-type by which N-type layer is isolated into islands on which transistor or other is fabricated. The heavily doped regions P<sup>+</sup> result in isolation between active and passive components will be formed in N-type islands of epitaxial layer.

## **6 Base and Emitter Diffusion**

The P-type base of transistor is diffused into the N-type layer as a collector. The steps followed in 4and 5 by the use of Photoresist and mask creates windows in sio<sub>2</sub> layer. It is carried out in a Phosphorus atmosphere. Next, N-type emitter is diffused into the base and no other is required for the resistor material itself for the purpose. Also for one NPN transistor and one resistor fabricated.

## **7.Pre-Ohmic Etch**

Good metallic Ohmic contact with diffused layers, N<sup>+</sup> regions are diffused into the structure by sio<sub>2</sub> layer, photoresist and masking process.

## **8.Metallization**

It is by making inter connections and providing bonding pads around the chip for later connections of wires. On leaving these desired portion aluminium over entire surface by evaporation.

## **9.Circuit probing**

Ic on the wafer is checked electrically for performance by placing probes on the bonding pads. Faulty chips are marked and discarded and broken down into individual chips.

### 10.Scribing and separating into chips

Metallization is complete, wafer is broken down into chips as ICs, wafers are first scribed with a diamond tipped tool and then separate into single chips.

### 11.Mounting and Packing

The individual chip is very small and brittle. It is cemented or soldered to gold-plated header through which leads have already been connected.

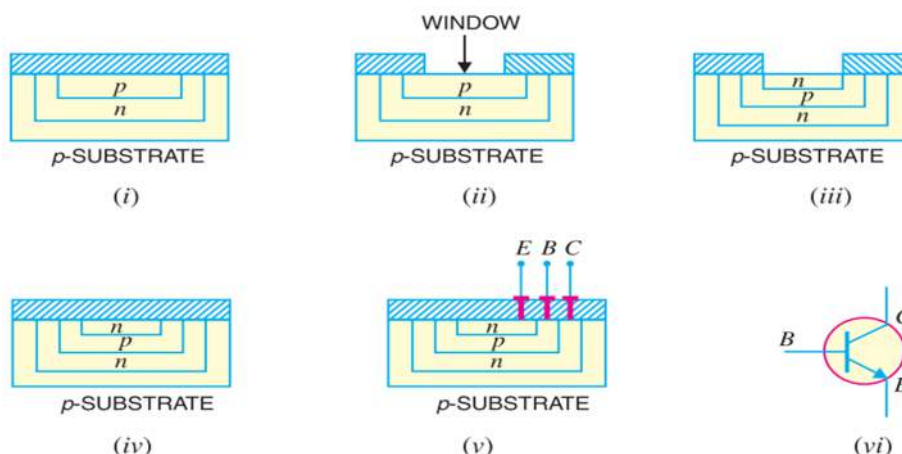
There are many packages exist to hermetically seal the IC. These are

- (i) TO package upto 14 pins, TO-5 8 terminal package.TO provides electromagnetic shielding cannot be provided by ceramic or plastic packages.
- (ii) flat package-14 terminal flat package.
- (iii) dual-in-line-plastic package-14-terminal plastic DIL package.

### 12.Encapsulation

A cap is placed over the circuit and sealing is done in an inert atmosphere.

#### Fabrication of IC Components



### Transistors

The NPN transistor is formed by successive impurity diffusion into N-type epitaxial layer deposited on the top surface of a P-type substrate. The sio2 layer is etched to the diffusion into desired

portion of the epitaxial layer. Diffusion is complete, the top surface is covered with  $\text{SiO}_2$  layer and metal contacts are made to different transistor region.

### **Applications of ICs**

1. Integrated circuit design has ensured the rapid adoption of standardized ICs in place of designs using discrete transistors.

2. ICs are now used in virtually all electronic equipment and have revolutionized the world of electronics. Computers, mobile phones, and other digital home appliances are now inextricable parts of the structure of modern societies, made possible by the small size and low cost of ICs.

3. ICs, such as sensors, power management circuits, and operational amplifiers (op-amps), work by processing continuous signals. They perform analog functions such as amplification, active filtering, demodulation, and mixing

4. IC firms to penetrate the industrial market and eventually the consumer market. Integrated circuits began to appear in consumer products. A typical application was FM inter-carrier sound processing in television receivers.

5. The application of MOS LSI chips to computing was the basis for the first microprocessor.

## UNIT-V

### ஒருங்கிணைந்த சுற்று

#### ஒருங்கிணைந்த சுற்று

ஒரு தொகுப்புச் சுற்று அல்லது ஒருங்கிணைந்த சுற்று அல்லது ஒற்றைக்கல் ஒருங்கிணைப்புச் சுற்று(monolithic integrated circuit) என்பது மண்ணியம் போன்ற குறைக்கடத்திப் பொருளாலான ஒரு சிறிய தகடில் அமைக்கப்பட்ட பல செயல்திறனுள்ள மற்றும் செயல்திறனற்ற உறுப்புகளும் அவற்றின் இணைப்புச் சுற்றுகளும் சேர்ந்த கூட்டமைப்பு ஆகும்.

#### ஒருங்கிணைந்த சுற்றுகளின் நன்மைகள்

- 1.தனித்துவமான கூறுகளை ஒன்றோடொன்று இணைப்பதன் மூலம் ஒருங்கிணைந்த சுற்றுகளின் முக்கிய நன்மைகள் பின்வருமாறு:
- 2.மிகவும் சிறிய அளவு - தனித்துவமான சுற்றுகளை விட ஆயிரம் மடங்கு சிறியது. குறைக்கடத்தி பொருளின் ஒற்றை சிப்பில் பல்வேறு சுற்று கூறுகளை இட்டுக்கட்டியதே இதற்குக் காரணம்.
- 3.மினியேட்டரைஸ் செய்யப்பட்ட சுற்று காரணமாக மிகக் குறைந்த எடை.
- 4.ஒரு சிறிய குறைக்கடத்தி செதில் ஒரே நேரத்தில் நூற்றுக்கணக்கான ஒத்த சுற்றுகளை ஒரே நேரத்தில் உற்பத்தி செய்வதால் மிகக் குறைந்த செலவு. ஒரு ஐ.சி.யின் வெகுஜன உற்பத்தியின் காரணமாக ஒரு தனிப்பட்ட டிரான்சிஸ்டரைப் போலவே செலவாகும்.
- 5.சாலிடர் மூட்டுகளை நீக்குவதாலும், குறைவான தொடர்புகள் தேவைப்படுவதாலும் மிகவும் நம்பகமானவை.
- 6.அவற்றின் சிறிய அளவு காரணமாக குறைந்த மின் நுகர்வு.
- 7.அவற்றை சரிசெய்வதை விட அவற்றை மாற்றுவது மிகவும் சிக்கனமாக இருப்பதால் எளிதாக மாற்றுவது.
- 8.ஒட்டுண்ணி கொள்ளளவு விளைவு இல்லாததால் இயக்க வேகம் அதிகரித்தது.

#### ஒருங்கிணைந்த சுற்றுகளின் தீமைகள்

- 1.தனித்துவமான கூறுகளை ஒன்றோடொன்று இணைப்பதன் மூலம் ஒருங்கிணைந்த சுற்றுகளின் முக்கிய தீமைகள் பின்வருமாறு:
- 2.ஒரு ஐ.சி.யில் பல்வேறு கூறுகள் ஒரு சிறிய குறைக்கடத்தி சிப்பின் பகுதியாகும், மேலும் தனித்தனி கூறு அல்லது கூறுகளை அகற்றவோ

மாற்றவோ முடியாது, எனவே, ஒரு ஐ.சியில் உள்ள எந்தவொரு கூறுகளும் தோல்வியுற்றால், முழு ஐ.சி-யையும் புதியதாக மாற்ற வேண்டும்.

3.அதிக சக்தி (10 W ஐ விட அதிகமாக) ஐ.சி.க்களை உற்பத்தி செய்ய முடியாததால் வரையறுக்கப்பட்ட சக்தி மதிப்பீடு.

4.குறைக்கடத்தி சில்லு மேற்பரப்பில் தூண்டல் மற்றும் மின்மாற்றிகளை உருவாக்குவது சாத்தியமில்லை என்பதால், குறைக்கடத்தி சில்லுடன் வெளிப்புறமாக தூண்டிகள் மற்றும் மின்மாற்றிகள் இணைக்கும் தேவை.

5.ஐ.சி.க்கள் மிகவும் குறைந்த மின்னழுத்தத்தில் செயல்படுவதால் குறைந்த மின்னழுத்தத்தில் செயல்படும்.

6.கடினமான கையாளுதலையோ அல்லது அதிக வெப்பத்தையோ தாங்க முடியாது என்பதால் கையாளுவதில் மிகவும் மென்மையானது.9.தீவிர வெப்பநிலையில் செயல்படும் அதிக திறன்.

### ஒருங்கிணைப்பு அளவு

எலக்ட்ரானிக் சர்க்யூட்டின் எண்ணிக்கையை ஒவ்வொரு ஆண்டும் கடந்து செல்லும் ஒரு நிலையான அளவு ஐ.சி.க்கு பொருத்த முடியும். உண்மையில், ஒரு சுற்றுக்கு பதிலாக முழு மின்னணு அமைப்புகளும் ஒரே தொகுப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. சுற்று அளவை பின்வருமாறு வகைப்படுத்தும் முறை:

1.SSI- சிறிய அளவிலான ஒருங்கிணைப்பு இந்த வழக்கில், ஒரு தொகுப்பில் உள்ள சுற்றுகள் 30 க்கும் குறைவாக (50 ஐ விட 50) .>

2.எம்எஸ்ஐ-நடுத்தர அளவிலான ஒருங்கிணைப்பு ஒரு தொகுப்புக்கான சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை 30 முதல் 100 வரை (50 முதல் 500 வரை).

3.LSI- பெரிய அளவிலான ஒருங்கிணைப்பு சுற்று அடர்த்தி 100 முதல் 100,00 வரை (500 முதல் 300,00 வரை).

4.விஎல்எஸ்ஐ-மிகப் பெரிய அளவிலான ஒருங்கிணைப்பு 100,000 க்கும் அதிகமான (> 100,00) சுற்றுகள் கொண்ட சிலிக்கான் ஒற்றை செதில் மின்னணு அமைப்பு.



## கட்டமைப்பு அடிப்படையில் ஐ.சி.களின் வகைப்பாடு

ஐ.சி.களை மூன்று வகைகளாக வகைப்படுத்தலாம்:

### 1. மோனோலிதிக் ஒருங்கிணைந்த சுற்றுக்கள்

'மோனோ' என்ற சொல்லுக்கு 'ஒற்றை கல்' என்பது ஒரு ஒற்றை-திட அமைப்பு என்று பொருள். அனைத்து சுற்று கூறுகளிலும் (செயலில் மற்றும் செயலற்ற கூறுகள்) வேஃபர் எனப்படும் ஒற்றை படிகமாக புனையப்பட்டவை. டிரான்சிஸ்டர் மற்றும் டையோட்கள் கூறுகள் எபிடாக்சியல் பரவல் நுட்பங்களைப் பயன்படுத்தி புனையப்பட்ட புள்ளிகள்.

கூறுகள் ஒன்றோடொன்று இணைத்தல் மேற்பரப்பில் வழங்கப்படுகிறது மற்றும் இணைக்கும் கம்பிகள் முனையங்களுக்கு வெளியே கொண்டு செல்லப்படுகின்றன.

மோனோலிதிக் ஐ.சி.களின் தீமைகள் பரவலாக உள்ளன, பி.டி. மோனோலிதிக் செயல்முறை சிக்கனமானது என்று கண்டறியப்பட்டுள்ளது.



### 2. திக் மற்றும் மெல்லிய படம் IC's

தடிமனான-திரைப்படம் மற்றும் மெல்லிய-பட ஐ.சி.களுக்கு இடையிலான அத்தியாவசிய வேறுபாடு அவற்றின் ஒப்பீட்டு தடிமன் அல்ல, ஆனால் படத்தை டிபோஸ்டிங் செய்யும் முறை ஆகும். இவை இரண்டும் ஒற்றைக்கல் ஐ.சி.களில் வேறுபடுகின்றன. கண்ணாடி என ஒரு இன்சுலேடிங் பொருளின் மேற்பரப்பில் சிலிக்கான் செதில்களில் இங்கே ஐ.சி கள் உருவாகவில்லை. ஒரு பீங்கான் பொருள். மட்டுமே செயலற்ற கூறுகள் (மின்தடையங்கள், மின்தேக்கிகள்) இன்சுலேடிங் மேற்பரப்பில் தடிமனான அல்லது மெல்லிய-பட நுட்பங்கள் உருவாகின்றன. செயலில் உள்ள கூறுகள் (டிரான்சிஸ்டர்கள், டையோட்கள்) செயல்பாட்டு சுற்றுக்கு தனித்துவமான கூறுகளாக சேர்க்கப்படுகின்றன.

தடிமனான மற்றும் மெல்லிய-திரைப்பட நுட்பங்களுக்கிடையிலான வேறுபாடு செயலற்ற கூறுகளை உருவாக்கும் செயல்முறை மற்றும் உலோக கடத்தல் முறை ஆகும்.

(அ)மெல்லிய-திரைப்பட ஐ.சி.

கண்ணாடி அல்லது பீங்கான் மேற்பரப்பில் பொருள் முகமூடியை நடத்துவதன் மூலம் கட்டப்பட்ட சுற்றுகள். ரெசிஸ்டர்கள் மற்றும் கடத்திகள் படத்தின் அகலம் மற்றும் தடிமன் மற்றும் வெவ்வேறு எதிர்ப்புத்திறன் ஆகியவற்றில் வேறுபடுகின்றன. மின்தேக்கிகள் இரண்டு நடத்துகின்ற படங்களுக்கு இடையில் ஒரு இன்சுலேடிங் ஆக்சைடு படத்தை சாண்ட்விச் செய்கின்றன. படத்தின் சுழல் தகவல். வெளிப்புற கூறுகள் டிரான்சிஸ்டர்கள் மற்றும் டையோக்கள் கம்பி பிணைப்புகளால் இணைக்கப்பட்டுள்ளன

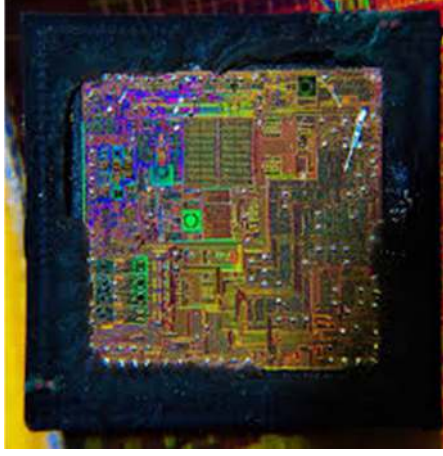
(i) வெற்றிட ஆவியாதல் ஆவியாக்கப்பட்ட பொருள் வெற்றிடத்தில் உள்ள கண்ணாடி அல்லது பீங்கான் அடி மூலக்கூறு மீது முகமூடி தொகுப்பு மூலம் டெபாசிட் செய்யப்படுகிறது.

(ii) கேத்தோடு துளைத்தல் காதோட் தயாரிக்கப்பட்ட விரும்பிய படப் பொருட்களிலிருந்து வரும் அணுக்கள் கேத்தோடு மற்றும் அனோடைக்கு இடையில் அமைந்துள்ள அடி மூலக்கூறில் வைக்கப்படுகின்றன.

(ஆ) அடர்த்தியான படம் ஐ.சி. இந்த ஐ.சி.களில் அச்சிடப்பட்ட மெல்லிய-திரைப்பட சுற்றுகள் உள்ளன. பட்டு-திரை அச்சிடும் நுட்பங்கள் அடி மூலக்கூறில் வடிவத்தை உருவாக்குவதாகும். திரை கண்ணி (துளையிடப்பட்ட கண்ணாடி அல்லது அலுமினியம்) மூலம் தயாரிக்கப்படுகிறது, அவை கடத்தும், எதிர்ப்பு அல்லது மின்கடத்தா பண்புகளைக் கொண்டுள்ளன. சுற்றுகளை அச்சிட்ட பிறகு அதிக வெப்பநிலை உலையில் சுடப்பட்டு இன்சுலேடிங் அடி மூலக்கூறுக்கு உருகும்.

3.ஹைப்ரிட் அல்லது மல்டிச்சிப் ஐ.சி.எஸ் இந்த சுற்றுகளில் திரைப்படம் மற்றும் மோனோலிதிக் ஐசி நுட்பங்களின் கலவையால் இடை-இணைப்புகள் ஒரு தனிப்பட்ட சில்லு உருவாகின்றன. அத்தகைய சுற்றுகளில் செயலில் உள்ள கூறுகள் ஒரு சிலிக்கான் செதிலுடன் உருவாகின்றன, இது சியோ 2 போன்ற ஒரு இன்சுலேடிங் லேயரால் மூடப்பட்டிருக்கும். சியோ 2 லேயரில் 'ஜன்னல்கள்' வெட்டு மூலம் அழுத்தவும்.

## செயல்பாடு மூலம் ஐ.சி.களின் வகைப்பாடு ஐசி சொல்



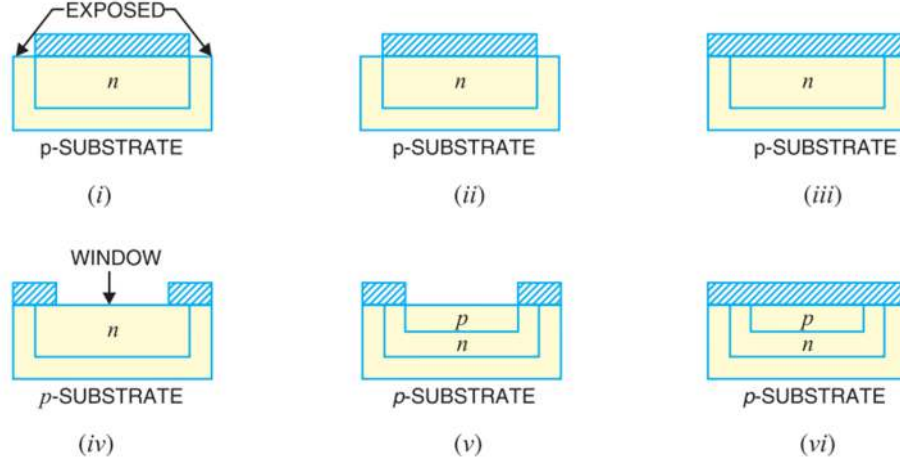
1. பிணைப்பு- ஒரு ஐ.சி.க்கு கம்பிகளை இணைத்தல்.
- 2.சிப்-சிலிக்கான் செதில் ஐ.சியின் மிகச் சிறிய பகுதி புனையப்பட்டது.
- 3.சர்க்யூட் ஆய்வு-ஒவ்வொரு ஐசியின் சரியான மின் செயல்திறனை ஆய்வுகள் உதவியுடன் சரிபார்க்க.
- 4.Die- சில்லு போன்றது.
5. ஒரு பொருளின் கட்டுப்படுத்தப்பட்ட சிறிய அளவிலான பரவல்- அறிமுகம் அதன் மின் பண்புகளை மாற்றுவதற்காக படிக்க அமைப்பில்.
6. டிஃப்ரூஷன் மாஸ்க்-இது ஒரு கண்ணாடி தட்டு, அதன் மீது சுற்று வடிவத்துடன். ஒளி பகுதிகள் அசுத்தங்கள் பரவுகின்றன, ஆனால் அதன் இருண்டவை வழியாக அல்ல.
7. ஐ.சி.க்கு மேல் தொப்பி-போடும் தொப்பி
8. ஒரு மேற்பரப்பில் பொருட்களின் எபிடாக்ஸி-ப physical தீக இடம்.
9. ஒரு சிப்பிலிருந்து மேற்பரப்பு பொருளை அகற்றுதல்-நீக்குதல்.
10. மெட்டலைசேஷன்-வழங்கும் ஓமிக் தொடர்புகள் மற்றும் இடை-இணைப்புகள் மூலம் அலுமினியத்தை சில்லு வழியாக ஆவியாக்குவது.
11. ஃபோட்டோரெசிஸ்ட்-ஒரு புகைப்பட உணர்திறன் குழம்பு uv ஒளியை வெளிப்படுத்துகிறது.

12. கூர்மையான புள்ளியுடன் எழுதுதல்-தூண்டுதல் அல்லது வெட்டுதல்.

13.வேஃபர் - அரைக்கடத்தி மெட்டிரின் வட்ட வடிவத்தின் மெல்லிய துண்டு பல ஐ.சி.க்கள் புனையப்பட்டுள்ளன.

### ஒருங்கிணைந்த சுற்று புனைகதை

ஒரு ஐசியின் இயல்பான கூறுகள் டிரான்சிஸ்டர்கள், டையோட்கள், மின்தடையங்கள் மற்றும் மின்தேக்கிகள் ஆகும். டிரான்சிஸ்டர் மிகவும் சிக்கலான அங்கமாகும், மற்ற அனைத்து பகுதிகளும் டிரான்சிஸ்டர் செயல்முறைகளுடன் புனையப்பட்டவை. எபிடாக்சியல் பரவல் செயல்முறை மூலம் மோனோலிதிக் ஐ.சி தயாரிப்பதில் ஈடுபட்டுள்ள படிகள்.



### 1. பாதுகாப்பான தயாரிப்பு

பி-வகை சிலிக்கான் பட்டை எடுத்து செதில்கள் எனப்படும் துண்டுகளாக வெட்டப்படுகிறது. இந்த செதில்கள் மெருகூட்டப்பட்டு நூற்றுக்கணக்கான ஐ.சி.களுக்கு ஒரு தளமாக அல்லது அடி மூலக்கூறாக பணியாற்ற முடிக்கப்படுகின்றன.

### 2.எபிடாக்சியல் வளர்ச்சி

என்-வகை சிலிக்கான் லேயர் (15 மைக்ரோம் தடிமன்) இப்போது பி-வகை அடி மூலக்கூறில் 1200 சி வெப்பநிலையில் ஒரு உலையில் வைப்பதன் மூலமும் பாஸ்பரஸ் கொண்ட ஒரு வாயுவை அறிமுகப்படுத்துவதன் மூலமும் வளர்க்கப்படுகிறது. இந்த எபிடாக்சியல் லேயரில் இது ஒரு செயலில் மற்றும் செயலற்ற கூறுகள் ic உருவாகின்றன.

### 3.ஆக்ஸிஜனேற்றம்

1000c இல் ஆக்ஸிஜன் வளிமண்டலத்திற்கு செதில்களை வெளிப்படுத்துவதன் மூலம் N- வகை அடுக்குக்கு மேல் சிலிக்கான் டை ஆக்சைடு (SiO<sub>2</sub>) ஒரு மெல்லிய அடுக்கு வளர்க்கப்படுகிறது.

### 4.போட்டோலிதோகிராஃபிக் செயல்முறை

புகைப்பட முகமூடி, புகைப்பட எதிர்ப்பு மற்றும் பொறித்தல் தீர்வு ஆகியவற்றின் உதவியுடன் SiO<sub>2</sub> லேயரை பொறிப்பது இதில் அடங்கும். இது N- வகையின் குறிப்பிட்ட பகுதியை தனிமைப்படுத்தும் பரவல் செயல்முறைக்கு தேர்ந்தெடுக்க உதவுகிறது.

### 5. தனிமை பரவல்

டிரான்சிஸ்டர் அல்லது பிற புனையப்பட்ட தீவுகளில் என்-வகை அடுக்கு தனிமைப்படுத்தப்பட்ட ஒரு பி-வகைக்கு உட்பட்டது. பெரிதும் ஊக்கமளிக்கப்பட்ட பகுதிகள் பி + செயலில் மற்றும் செயலற்ற கூறுகளுக்கு இடையில் தனிமைப்படுத்தப்படுவதால் எபிடாக்சியலின் என்-வகை தீவுகளில் உருவாகும் அடுக்கு.

### 6 அடிப்படை மற்றும் உமிழ்ப்பான் பரவல்

டிரான்சிஸ்டரின் பி-வகை அடிப்படை ஒரு சேகரிப்பாளராக என்-வகை அடுக்கில் பரவுகிறது. ஃபோட்டோரெஸ்டிரீஸ் மற்றும் முகமூடியின் பயன்பாடு 4 மற்றும் 5 இல் பின்பற்றப்பட்ட படிகள் சியோ 2 லேயரில் சாளரங்களை உருவாக்குகின்றன. இது ஒரு பாஸ்பரஸ் வளிமண்டலத்தில் மேற்கொள்ளப்படுகிறது. இல், என்-வகை உமிழ்ப்பான் அடித்தளத்தில் பரவுகிறது மற்றும் இந்த நோக்கத்திற்காக மின்தடை பொருளுக்கு வேறு எதுவும் தேவையில்லை. மேலும் ஒரு NPN டிரான்சிஸ்டர் மற்றும் ஒரு மின்தடை புனையப்பட்டவை.

### 7.Pre-Ohmic Etch

பரவலான அடுக்குகளுடன் நல்ல உலோக ஓமிக் தொடர்பு, N + பகுதிகள் சியோ 2 லேயர், ஃபோட்டோரெசிஸ்டாண்ட் மறைத்தல் செயல்முறை மூலம் கட்டமைப்பில் பரவுகின்றன.

### 8. மெட்டலைசேஷன்

கம்பிகளின் இணைப்பிற்கான இடை இணைப்புகளை உருவாக்குவதன் மூலமும், சிப்பைச் சுற்றி பிணைப்புத் திண்டுகளை வழங்குவதன் மூலமும் ஆகும். இந்த விரும்பிய பகுதியை அலுமினியத்தை முழு மேற்பரப்பிலும் ஆவியாதல் மூலம் விட்டு விடுகிறது.

## 9.சர்க்யூட் ஆய்வு

பிணைப்புத் திண்டுகளில் ஆய்வுகளை வைப்பதன் மூலம் செயல்திறனுக்காக மின்சாரம் சரிபார்க்கப்படுகிறது. தவறான சில்லுகள் குறிக்கப்பட்டு அப்புறப்படுத்தப்பட்டு தனிப்பட்ட சில்லுகளாக உடைக்கப்படுகின்றன.

## 10. சில்லுகளாகப் பிரித்தல் மற்றும் பிரித்தல்

மெட்டலைசேஷன் முடிந்தது, செதில்கள் ஐ.சி.க்களாக சில்லுகளாக பிரிக்கப்படுகின்றன, செதில்கள் முதலில் வைர நனைத்த கருவி மூலம் எழுதப்பட்டு பின்னர் ஒற்றை சில்லுகளாக பிரிக்கப்படுகின்றன.

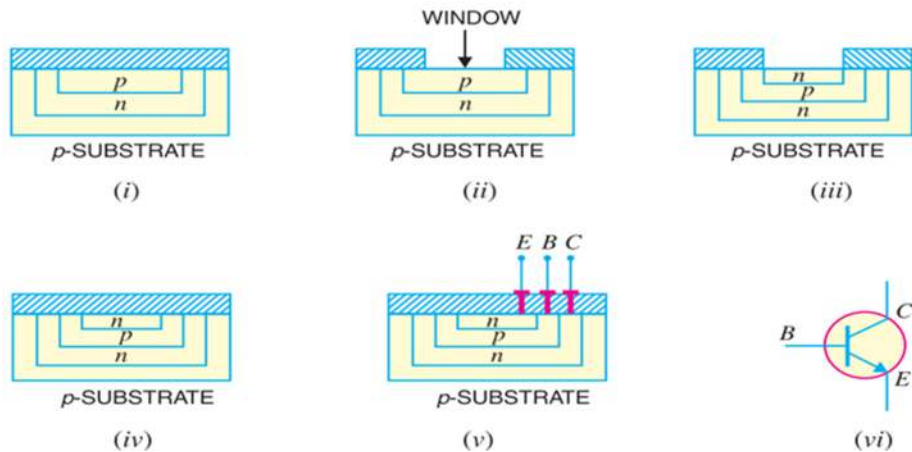
## 11. மவுண்டிங் மற்றும் பேக்கிங்

தனிப்பட்ட சிப் மிகவும் சிறியது மற்றும் உடையக்கூடியது. இது தங்கம் பூசப்பட்ட தலைப்புக்கு சிமென்ட் செய்யப்பட்டுள்ளது அல்லது கரைக்கப்படுகிறது, இதன் மூலம் தடங்கள் ஏற்கனவே இணைக்கப்பட்டுள்ளன. ஐ.சி.க்கு முத்திரையிட பல தொகுப்புகள் உள்ளன. இவை (i) 14 ஊசிகளை, TO-5 8 முனைய தொகுப்பு வரை தொகுக்க வேண்டும். TO பீங்கான் அல்லது பிளாஸ்டிக் தொகுப்புகளால் மின்காந்த கவசத்தை வழங்க முடியாது. (ii) பிளாட் தொகுப்பு -14 முனைய பிளாட் தொகுப்பு. (iii) இரட்டை-லில்னே-பிளாஸ்டிக் தொகுப்பு -14-முனைய பிளாஸ்டிக் டிஜிஎல் தொகுப்பு.

## 12.செயல்பாடு

சுற்றுக்கு மேல் ஒரு தொப்பி சுற்றுக்கு மேல் ஒரு தொப்பி வைக்கப்பட்டு, சீல் ஒரு மந்தமான வளிமண்டலத்தில் செய்யப்படுகிறது.

## ஐசி கூறுகளின் ஃபேப்ரிகேஷன்



## திரிதடையம்

பி-வகை அடி மூலக்கூறின் மேல் மேற்பரப்பில் டெபாசிட் செய்யப்பட்ட என்-வகை எபிடாக்சியல் லேயரில் அடுத்தடுத்த தூய்மையற்ற பரவலால் என்.பி.என் டிரான்சிஸ்டர் உருவாகிறது. சியோ 2 அடுக்கு எபிடாக்சியல் லேயரின் விரும்பிய பகுதிக்கு பரவுவதற்கு பொறிக்கப்பட்டுள்ளது. பரவல் முடிந்தது, மேல் மேற்பரப்பு சியோ 2 லேயரண்ட் உலோக தொடர்புகள் வெவ்வேறு டிரான்சிஸ்டர் பகுதிக்கு

### 1c களின் பயன்பாடுகள்

1. ஒருங்கிணைந்த சுற்று வடிவமைப்பு தனித்துவமான டிரான்சிஸ்டர்களைப் பயன்படுத்தி வடிவமைப்புகளுக்கு பதிலாக தரப்படுத்தப்பட்ட ஐ.சி.க்களை விரைவாக ஏற்றுக்கொள்வதை உறுதி செய்துள்ளது.

2. ஐ.சி.க்கள் இப்போது கிட்டத்தட்ட எல்லா மின்னணு சாதனங்களிலும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன மற்றும் மின்னணு உலகில் புரட்சியை ஏற்படுத்தியுள்ளன. கணினிகள், மொபைல் போன்கள் மற்றும் பிற டிஜிட்டல் வீட்டு உபகரணங்கள் இப்போது நவீன சமூகங்களின் கட்டமைப்பின் பிரிக்க முடியாத பகுதிகளாக இருக்கின்றன, அவை சிறிய அளவு மற்றும் குறைந்த விலை ஐ.சி.களால் சாத்தியமானது.

சென்சார்கள், மின் மேலாண்மை சுற்றுகள் மற்றும் செயல்பாட்டு பெருக்கிகள் (ஒப்-ஆம்ப்ஸ்) போன்ற 3.IC கள் தொடர்ச்சியான சமிக்ஞைகளை செயலாக்குவதன் மூலம் செயல்படுகின்றன. அவை பெருக்கம், செயலில் வடிகட்டுதல், நீக்குதல் மற்றும் கலத்தல் போன்ற அனலாக் செயல்பாடுகளைச் செய்கின்றன

தொழில்துறை சந்தையிலும் இறுதியில் நுகர்வோர் சந்தையிலும் ஊடுருவ 4.IC நிறுவனங்கள். நுகர்வோர் தயாரிப்புகளில் ஒருங்கிணைந்த சுற்றுகள் தோன்றத் தொடங்கின. ஒரு பொதுவான பயன்பாடு தொலைக்காட்சி பெறுநர்களில் எஃப்எம் இன்டர்-கேரியர் ஒலி செயலாக்கம் ஆகும்.

5. கணிப்பொறிக்கு MOS LSI சில்லுகள் பயன்படுத்துவது முதல் நுண்செயலிக்கு அடிப்படையாக இருந்தது.

## ANALOG ELECTRONICS

### REFERENCE:

1. V.K.Mehta & Rohit Mehta, 2012, Principles of Electronics - S.Chand & Company, Ram Nagar, New Delhi-110 055. (UNIT-II)
2. S. Reginald Jeyakumar, S.Nimalan, P.Ravirajan, 1999, அடிப்படை இலத்திரனியல் (Basic Electronics) – TPS Publishers, ES Printers, 257/1E-Galle Road, Wellawatte, Srilanka. (UNIT-II)
3. V.Vijayendran, 2012, Introduction to Integrated Electronics (Digital & Analog) - K.Viswanathan (Printers & Publishers) PVT. LTD., Chennai-31. (UNIT-IV)
4. A.Sundaravelusamy, 2011, Applied Physics Paper - II - Priya Publications, 31, South Street, Anna Nagar, Karur-639 002. (UNIT-II & UNIT-IV)
5. A.Sundaravelusamy, 2009, மின்னணுவியல் (Electronics) - Priya Publications, 31, South Street, Anna Nagar, Karur-639 002. (UNIT-II & UNIT-IV)
6. B.L. Theraja ,2009, Basic electronics (Solid state) -S.Chand & Company, Ram Nagar, New Delhi-110 055. (UNIT-V)

### SOURCE:

1. <https://byjus.com/jee/transistor/>
2. [https://www.electronics-notes.com/articles/analogue\\_circuits/operational-amplifier-op-amp/op-amp-basics.php](https://www.electronics-notes.com/articles/analogue_circuits/operational-amplifier-op-amp/op-amp-basics.php)
3. [https://ta.wikipedia.org/wiki/செயற்படு\\_பெருக்கி](https://ta.wikipedia.org/wiki/செயற்படு_பெருக்கி)
4. <https://ta.wikipedia.org/wiki/தொகுசுற்று>