அலகு
9

குறைகடத்தி எலக்ட்ரானியல் (SEMICONDUCTOR ELECTRONICS)

"எலக்ட்ரானியலே இந்நாளின் நிச்சயவெற்றியாளன்"

– ஜான்ஃபோர்டு

கற்றலின் நோக்கங்கள்

இந்த அலகில் மாணவர்கள் அறிந்து கொள்ள இருப்பது

- குறைகடத்திகளில் ஆற்றல் பட்டை படம்
- குறைகடத்திகளின் வகைகள்
- PN சந்தி டையோடு உருவாக்கம் மற்றும் அதன் V-I சிறப்பியல்புகள்
- அலைதிருத்தும் செயல்முறை
- டிரான்சிஸ்டர்கள் மற்றும் அதன் பயன்பாடுகள்
- இலக்க மற்றும் தொடர் சைகைகள்
- லாஜிக் கேட்டுகள்
- பூலியன் இயற்கணிதம்
- டீ மார்கனின் தேற்றங்கள்

L5S3K8

9.1 அறிமுகம்

நமது அன்றாட வாழ்வின் ஒரு பகுதியாக எலக்ட்ரானியல் அமைந்துள்ளது. அலைபேசிகள், கணினிகள், தொலைக்காட்சிகள், இசைக் கருவிகள் எலக்ட்ரானியல் தத்துவங்களின் அடிப்படையிலேயே செயல்படுகின்றன. அறை குளிரூட்டிகள், மைக்ரோ அலை சமையற்கலன்கள், பாத்திரங்களைத் தூய்மையாக்கும் இயந்திரங்கள் மற்றும் துணி துவைக்கும் இயந்திரங்களில் பல்வேறு செயல்பாடுகளைச் செய்ய எலக்ட்ரானியல் மின்சுற்றுகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. மேலும் தகவல்தொடர்பு அமைப்புகள், மருத்துவத்துறையில் நோய் கண்டுணரும் கருவிகள் மற்றும் சிகிச்சை அளிக்கும் கருவிகளில் பயன்படுவதோடு மட்டுமல்லாமல், பணமளிக்கும் தானியங்கி இயந்திரங்கள் (ATM) போன்ற பல்வேறுபட்ட துறைகளில் இதன் பயன்பாடு பரந்து விரிந்து காணப்படுகிறது.

எலக்ட்ரானியலின் பரிணாம வளர்ச்சி

எலக்ட்ரானியலின் வரலாறு 1897இல் J.A. பிளமிங் என்பவரின் வெற்றிட டையோடுகளின் கண்டுபிடிப்புடன் தொடங்கப்பெற்றது. இதன் தொடர்ச்சியாக மின் சைகைகளைக் கட்டுப்படுத்த லி டீ பாரஸ்ட் என்பவர் வெற்றிட டிரையோடுகளை வடிவமைத்தார். இவை நான்கு மற்றும் ஐந்து முனை வெற்றிடக்குழாய்களை உருவாக்க பயன்பட்டன.

இதனை தொடர்ந்து இருமுனை சந்தி டிரான்சிஸ்டரை 1948இல் பர்டீன், பிரைடன் மற்றும் ஷாக்லி ஆகியோர் கண்டுபிடித்ததின் விளைவால் டிரான்சிஸ்டர் யுகம் தொடங்கியது. இதற்காக 1956இல் இவர்கள் நோபல் பரிசு பெற்றனர். ஜெர்மானியம் மற்றும் சிலிக்கான் குறைகடத்தி பொருள்களின் உருவாக்கம், இந்த டிரான்சிஸ்டரை மேலும் பிரபலமாக்கியதால், பல்வேறு எலக்ட்ரானியல் சுற்றுகளிலும் பயன்படுத்த முடிந்தது.

பிற்காலங்களில் குறைவான விலையும் அளவில் சிறியதுமான ஒற்றைப் படிகத்தில் ஒட்டுமொத்த எலக்ட்ரானியல் சுற்றுகளும் அமைக்கப்பட்ட தொகுப்புச்

UNIT-9_XII-Physics_Vol-2_Tamil.indd 192 9/12/2019 12:56:56 PM

சுற்றுகள் (Integrated circuits) கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. 1958இலிருந்து தொகுப்புச் சுற்றுகள், பல்லாயிரக்கணக்கான எலக்ட்ரானியல் கூறுகளை ஒரே படிகத்தில் அமைத்து சிறிய அளவு, நடுத்தர அளவு, அதிக அளவு, மற்றும் மிக அதிக அளவுகளில் உருவாக்கப்பட்டன. கணினிகளின் வடிவமைப்பைச் சிறப்பாக்கிய இலக்க தொகுப்புச்சுற்றுகள், இந்தத் தொழில்நுட்பத்தை மேலும் மெருகேற்றின. இந்த அனைத்து விதமான மாற்றங்களும் 1969இல் இண்டெல் நிறுவனம் நுண் செயலியை (micro processor) உருவாக்க வழி ஏற்படுத்தின.

இந்த எலக்ட்ரானியல் புரட்சியானது, பிற்காலங்களில் கணினி தொழில்நுட்பம் முன்னேற வழிவகுத்தது. தற்போது உலகமானது, கண்களால் காணக்கூடிய மிகச்சிறிய நானோ அளவிலுள்ள பொருள்களை நோக்கிச் செல்கிறது. இம்முறை கற்பனை செய்ய இயலாத அளவிற்குப் பொருள்களைச் சிறியதாக்கிப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. முதன் முதலில் கண்டுபிடிக்கப்பட்டபோது அறையின் அளவிற்கு இருந்த கணினி தற்போது மடிக்கணினி, உள்ளங்கை கணினி, ஐ பாட் முதலியனவாக மாறியுள்ளது.

சிறிதுகாலத்திற்கு முன்பு, IBM நிறுவனம் அரிசியின் முனையின் அளவிற்கு ஒப்பிடத்தக்க அளவில் அதாவது ஒவ்வொரு பக்கமும் 0.33 மி.மீ அளவுள்ள மிகச்சிறிய கணினியை உருவாக்கியது படம் 9.1 (உ).

எலக்ட்ரானியல் என்பது, டிரான்சிஸ்டர் மற்றும் நுண் படிகங்களைப் பயன்படுத்தி மின்சுற்றுகளை வடிவமைக்கும் தொழில்நுட்பத்தை உள்ளடக்கிய இயற்பியலின் ஒரு பிரிவு ஆகும். இது குறைகடத்திகளில் எலக்ட்ரான் மற்றும் துளைகளின் செயல் மற்றும் இயக்கத்தை விவரிக்கிறது. செயல்திறன் கூறுகளான டிரான்சிஸ்டர்கள், டையோடுகள், தொகுப்புச்சுற்றுகள் மற்றும் உணர்விகளும் செயல்திறனற்ற கூறுகளான மின்தடைகள், மின்தூண்டிகள், மின்தேக்கிகள் மற்றும் மின்மாற்றிகளை உள்ளடக்கிய மின் சுற்றுகளைப்பற்றி எலக்ட்ரானியல் விளக்குகிறது.

குறிப்பாக இந்த அலகானது, குறைகடத்தி கருவிகளான p–n சந்தி டையோடுகள், இருமுனை சந்தி டிரான்சிஸ்டர்கள் மற்றும் லாஜிக் சுற்றுகளைப் பற்றி விவரிக்கிறது.

> **குறிப்பு**
>
> செயல்திறனற்ற கூறுகள்: ஒரு மின்சுற்றில் மின் திறனை உற்பத்தி செய்ய இயலாத கூறுகள்.
>
> செயல்திறனுள்ள கூறுகள்: ஒரு மின்சுற்றில் மின் திறனை உற்பத்தி செய்யும் கூறுகள்.

(அ)

(ஆ) (இ)

(ஈ) (உ)

படம் 9.1 கணினிகளின் பரிணாம வளர்ச்சி

(அ) உலகின் முதல் கணினிகளில் ஒன்று

(ஆ) மேசைக் கணினி (இ) மடிக்கணினி

(ஈ) உள்ளங்கை கணினி

(உ) IBM நிறுவனத்தினால் நிறுவப்பட்ட மிக மெல்லிய கணினி

> **உங்களுக்குத் தெரியுமா?**
>
> உலகின் முதல் கணினியான ENIAC ஆனது பென்சில்வேனியா பல்கலைக்கழகத்தில் J. பிரெஸ்பிர் ஏக்கர்ட் மற்றும் ஜான் மெக்காலே ஆகியோர்களால் கண்டபிடிக்கப்பட்டது. இதன் வடிவமைப்பு 1943இல் தொடங்கி 1946இல் முடிவடைந்தது. இது 1800 சதுர அடி பரப்பளவில் அமைந்திருந்தது. இதில் 18,000 வெற்றிடக் குழாய்கள் இருந்தன மேலும் இது 50 டன் அளவிற்கு எடையைக் கொண்டிருந்தது.

9.1.1 திண்மங்களில் ஆற்றல் பட்டை படம்

ஒரு தனித்த அணுவில், எலக்ட்ரான் ஆற்றல் மட்டங்கள் அதிக தொலைவில் பிரித்து

UNIT-9_XII-Physics_Vol-2_Tamil.indd 193 9/12/2019 12:56:56 PM

வைக்கப்பட்டு, அதன் ஆற்றல் அணுக்கருவைச் சுற்றும் வட்டப்பாதையால் தீர்மானிக்கப்படுகிறது. எனினும், திண்மங்களில் அணுக்கள் நெருக்கமாக அமைந்துள்ளதால், அருகருகே உள்ள அணுக்களின் வெளிச்சுற்றுப்பாதை ஆற்றல் நிலைகளில் உள்ள எலக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் மட்டங்கள் ஒன்றையொன்று பாதிக்கின்றன. இதனால், திண்மங்களில் உள்ள எலக்ட்ரான்களின் இயக்கம் தனித்த அணுவில் உள்ளதைவிடப் பெரிய அளவில் மாறுபட்டிருக்கும்.

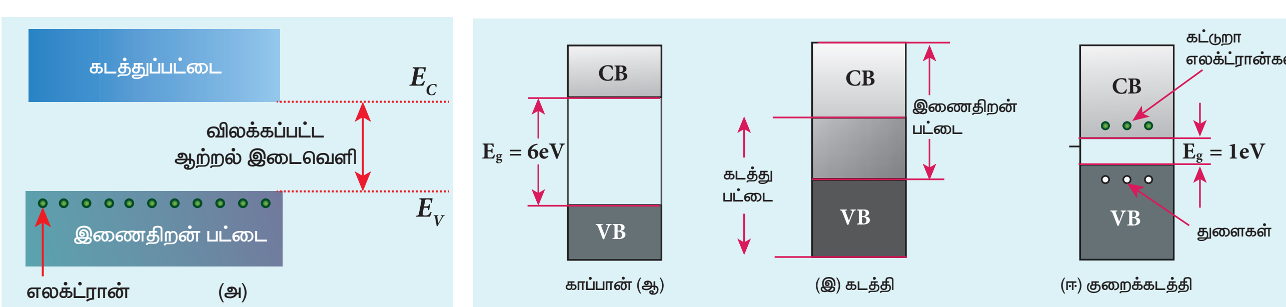
ஓர் அணுவில் உள்ள இணைதிறன் எலக்ட்ரான்களே பிணைப்பின் இயல்பிற்குக் காரணமாக அமைகின்றன. வெளி சுற்றுப் பாதையில் ஒரு எலக்ட்ரானைக் கொண்ட ஓர் அணுவினைக் கருதுவோம். எனவே இணைதிறன் எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை ஒன்று ஆகும். இது போன்று இரு அணுக்களை அருகருகே கொண்டு வரும்போது, ஒவ்வோர் அணுவின் இணைதிறன் சுற்றுப்பாதைகளும் இரண்டாகப் பிரியும். இதேபோல் எலக்ட்ரான் அற்ற சுற்றுப்பாதைகளும் இரண்டாகப் பிரியும். இந்த சுற்றுப்பாதைகளின் ஆற்றல் சமமாக இருப்பதால் இந்த இரு சுற்றுப்பாதைகளில் ஏதேனும் ஒன்றைத் தேர்ந்தெடுக்க எலக்ட்ரான்களுக்கு வாய்ப்பு உள்ளது.

இந்த அமைப்பிற்கு மேலும் மூன்றாவது அணுவினைக் கொண்டு வந்தால், மூன்று அணுக்களின் இணைதிறன் சுற்றுப்பாதைகளும் எலக்ட்ரான் இல்லாத சுற்றுப்பாதைகளும் மூன்றாகப் பிரியும்.

இயல்பாக, ஒரு திண்மமானது மில்லியன் கணக்கில் அணுக்களைக் கொண்டிருக்கும். இவை ஒன்றுக்கொன்று நெருக்கமாக வரும் போது இணைதிறன் சுற்றுப்பாதைகளும், எலக்ட்ரான் இடம்பெறாத சுற்றுப்பாதைகளும் அணுக்களின் எண்ணிக்கைக்கு ஏற்ப பிரிகின்றன. இந்நிலையில் ஆற்றல் மட்டங்கள் மிக நெருக்கமாக அமைந்து ஒரு அணுவின் ஆற்றல் மட்டத்திலிருந்து மற்றொன்றின் ஆற்றல் மட்டத்தை வேறுபடுத்த முடியாத அளவிற்கு அவை பட்டையாக அமைவதை படம் 9.2 இல் காணலாம். **மிக அதிக எண்ணிக்கையில் மிகக்குறைந்த ஆற்றல் இடைவேளையில் நெருக்கமாக அமைந்த ஆற்றல் மட்டங்களின் இந்த பட்டைகள், ஆற்றல் பட்டைகள் எனப்படும்.**

இணைதிறன் சுற்றுப்பாதைகளினால் உருவாக்கப்படும் ஆற்றல் பட்டை இணைதிறன் பட்டை எனவும் எலக்ட்ரான்கள் இடம் பெறாமல், அவற்றின் ஆற்றல் அதிகரித்தால் மட்டும் தாவும் காலியான பட்டைகள், கடத்துப் பட்டை எனப்படும்.

இணைதிறன் பட்டைக்கும், கடத்து பட்டைக்கும் இடையேயுள்ள ஆற்றல் இடைவெளி, விலக்கப்பட்ட ஆற்றல் இடைவெளி எனப்படும். எலக்ட்ரான்கள் விலக்கப்பட்ட ஆற்றல் இடைவெளியில் இருக்க முடியாது. படம் 9.2 (அ)இல் இணைதிறன் மற்றும் கடத்து பட்டைகள் காட்டப்பட்டுள்ளன. E_v என்பது இணைதிறன் பட்டையில் பெரும ஆற்றலையும் E_c என்பது கடத்துபட்டையில் சிறும ஆற்றலையும் குறிக்கின்றன. விலக்கப்பட்ட ஆற்றல் இடைவெளி $E_g = E_c - E_v$ ஆகும். அடிநிலையிலிருந்து மேலே செல்ல எலக்ட்ரானின் இயக்க ஆற்றல் அதிகரிக்கும் (அணுக்கருவிற்கு அருகில் இருந்து தொலைவில் செல்லும் போது) மற்றும் நிலை ஆற்றல் குறைந்து கொண்டே செல்வது அணுக்கருவிற்கு அருகில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள் அதிகமாக பிணைக்கப்பட்டு அதிக நிலை ஆற்றல் பெற்றுள்ளதைக் காட்டுகிறது. எனவே அணுக்கருவிற்கு அருகில் உள்ள எலக்ட்ரான்களைக் கிளர்ச்சியடையச் செய்ய அதிக ஆற்றல் தேவைப்படுகிறது. இணைதிறன் பட்டையில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள் அணுக்கருவுடன் தளர்வாகப் பிணைக்கப்பட்டிருப்பதால் அவை எளிதாகக் கிளர்ச்சியடையச் செய்யப்படுகின்றன.



படம் 9.2 (அ) இணைதிறன்பட்டை, கடத்து பட்டை மற்றும் விலக்கப்பட்ட ஆற்றல் இடைவெளி ஆகியவற்றின் விளக்கப்படம் (ஆ) காப்பான் (இ) கடத்தி (ஈ) குறைகடத்தி ஆகியவற்றின் ஆற்றல் பட்டை அமைப்பு.

குறிப்பு

வட்டப்பாதையில் சுற்றும் எலக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் எலக்ட்ரான் வோல்ட் (eV) என்னும் அலகில் அளவிடப்படுகிறது.

9.1.2 பொருள்களின் வகைப்பாடு

ஆற்றல் பட்டை வரைபடத்தின் உதவியுடன் திண்மங்கள் காப்பான்கள், கடத்திகள் மற்றும் குறைகடத்திகள் என வகைப்படுத்தப்படுகின்றன.

9.1.2.1 காப்பான்கள்

காப்பான்களின் ஆற்றல் பட்டை அமைப்பு படம் 9.2 (ஆ)ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இணைதிறன் பட்டை மற்றும் கடத்து பட்டை ஆகியவை மிக அதிக அளவு ஆற்றல் இடைவெளியால் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. காப்பான்களில் விலக்கப்பட்ட ஆற்றல் இடைவெளி தோராயமாக 6 eV ஆகும். இந்த ஆற்றல் இடைவெளி மிக அதிகமாக இருப்பதால் மிக வலிமையான மின்புலம் அல்லது வெப்பநிலை அதிகரிப்பினால்கூட எலக்ட்ரான்களால் இணைதிறன் பட்டையிலிருந்து கடத்துபட்டைக்கு நகர இயலாது. எனவே, இவ்வகைப் பொருள்களில் கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் ஏறக்குறைய இல்லை என்பதால் மின்னோட்டம் பாய்வதற்கு வாய்ப்பு இல்லை, இவை காப்பான்கள் எனப்படும். இதன் மின்தடை எண்ணின் நெடுக்கம் $10^{11}-10^{19}\,\Omega\text{m}$ என அமையும்.

9.1.2.2 கடத்திகள்

கடத்திகளில், இணைதிறன் பட்டை மற்றும் கடத்து பட்டைகள் ஒன்றன்மீது ஒன்று பொருந்தியிருக்கும். இது படம் 9.2 (இ)யில் காட்டப்பட்டுள்ளது. எனவே, கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் எளிதாக இணைதிறன் பட்டையிலிருந்து கடத்துபட்டைக்குச் செல்லும். இதன் விளைவாகக் கடத்துபட்டையில் மிக அதிக எண்ணிக்கையில் கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் இடம்பெறும். எனவே, மிகக் குறைந்த வெப்பநிலைகளில்கூட மின் கடத்தல் நடைபெறும். கடத்திகளை மின்புலத்தில் வைக்கும்போது அது போதுமான ஆற்றலை எலக்ட்ரான்களுக்கு அளித்து அவற்றைக் குறிப்பிட்ட திசையில் இழுத்துச் செல்வதால் மின்னோட்டம் உருவாகிறது. கடத்திகளின் மின்தடை எண்ணின் மதிப்பு $10^{-2}\,\Omega\text{m}$ மற்றும் $10^{-8}\,\Omega\text{m}$ க்கு இடையே அமையும்.

9.1.2.3 குறை கடத்திகள்

குறைகடத்திகளில், இணைதிறன் மற்றும் கடத்துபட்டைகளுக்கிடைப்பட்ட ஆற்றல் இடைவெளி குறுகியதாக $\left(E_g < 3\,eV\right)$ இருக்கும். குறிப்பிட்ட ஒரு வெப்பநிலையில், திண்மங்களில் வெப்ப அதிர்வானது அணுக்களுக்கிடைப்பட்ட சகப்பிணைப்பினை முறிக்கும். (சகப்பிணைப்பு என்பது எலக்ட்ரான் பகிர்வின் மூலம் நிலையான எலக்ட்ரான் அமைப்பைப் பெறுவதற்கான ஒரு பிணைப்பு முறையாகும்). இதனால் இணைதிறன் பட்டையிலிருந்து கடத்துபட்டைக்கு சில எலக்ட்ரான்கள் விடுவிக்கப்படுகின்றன. கட்டுறா எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை குறைவாக இருப்பதால் குறைகடத்திகளின் கடத்துதிறன் கடத்திகளைப்போல அதிகமாக இருக்காது. குறைகடத்திகளின் மின்தடை எண்ணின் மதிப்பு $10^{-5}\,\Omega\text{m}$ மற்றும் $10^{6}\,\Omega\text{m}$ க்கு இடையில் அமையும்.

குறிப்பு

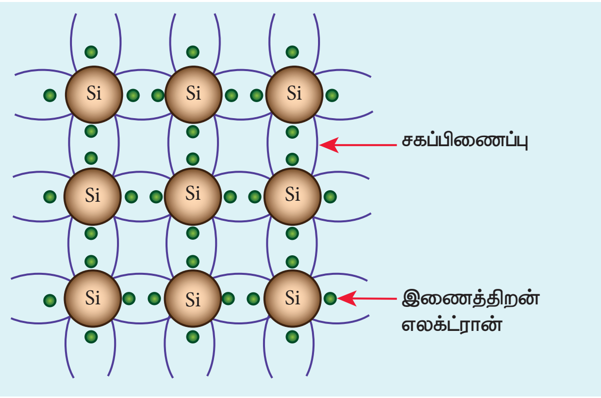
குறைகடத்திகளில், இணைதிறன் பட்டையில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள் பிணைக்கப்பட்ட எலக்ட்ரான்கள் என்பதால், அவை மின்கடத்தலுக்கு பயன்படாது.

குறைகடத்திகளின் வெப்பநிலையை மேலும் அதிகரிக்கும்போது கடத்துபட்டைக்கு அதிக எலக்ட்ரான்கள் உயர்த்தப்படுவதால் மின்கடத்தல் அதிகரிக்கும். எனவே, வெப்பநிலை அதிகரிக்கும் போது மின்கடத்தலும் அதிகரிக்கும் எனக்கூறலாம். அல்லது வெப்பநிலை அதிகரிக்கும் போது மின்தடை குறையும் எனவும் கூறலாம். இவ்வாறு, குறைகடத்தியானது எதிர்க்குறி மின்தடை வெப்பநிலை எண்ணைக் கொண்டுள்ளது. குறைகடத்திப்பொருள்களில் முக்கியமானவை சிலிக்கான் (Si) மற்றும் ஜெர்மானியம் (Ge) ஆகும். அறை வெப்பநிலையில் சிலிக்கான் மற்றும் ஜெர்மானியம் ஆகியவற்றின் விலக்கப்பட்ட ஆற்றல் இடைவெளி முறையே 1.1 eV மற்றும் 0.7 eV ஆகும்.

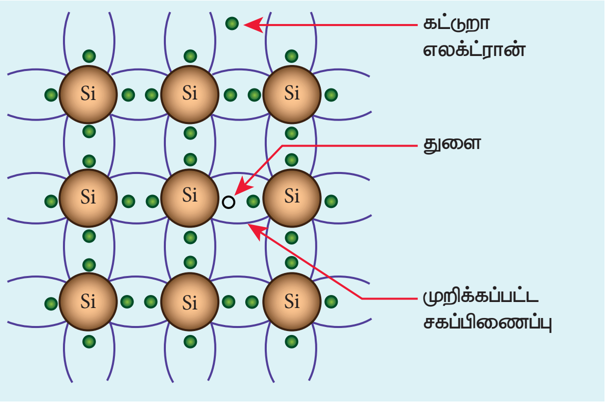
9.2 குறை கடத்திகளின் வகைகள்

9.2.1 உள்ளார்ந்த குறை கடத்திகள்

மாசுகள் எவையும் கலக்காத தூய்மையான குறை கடத்தியானது உள்ளார்ந்த குறைகடத்தி எனப்படும். இங்கு மாசு என்பது, அதன் படிக அணிக்கோவையில் பிற அணுக்கள் இடம்பெறுவது ஆகும். படம் 9.3 (அ) இல் சிலிக்கானின் படிக அணிக்கோவை காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒவ்வொரு சிலிக்கான் அணுவின் வெளிச்சுற்றுப்பாதையிலும்



(அ)



(ஆ)

படம் 9.3 (அ) சிலிக்கான் படிக தளத்தின் இருபரிமாண அமைப்பு (ஆ) உள்ளார்ந்த சிலிக்கான் படிகத்தில் உள்ள கட்டுறா எலக்ட்ரான், துளை மற்றும் முறிக்கப்பட்ட சகப்பிணைப்பு

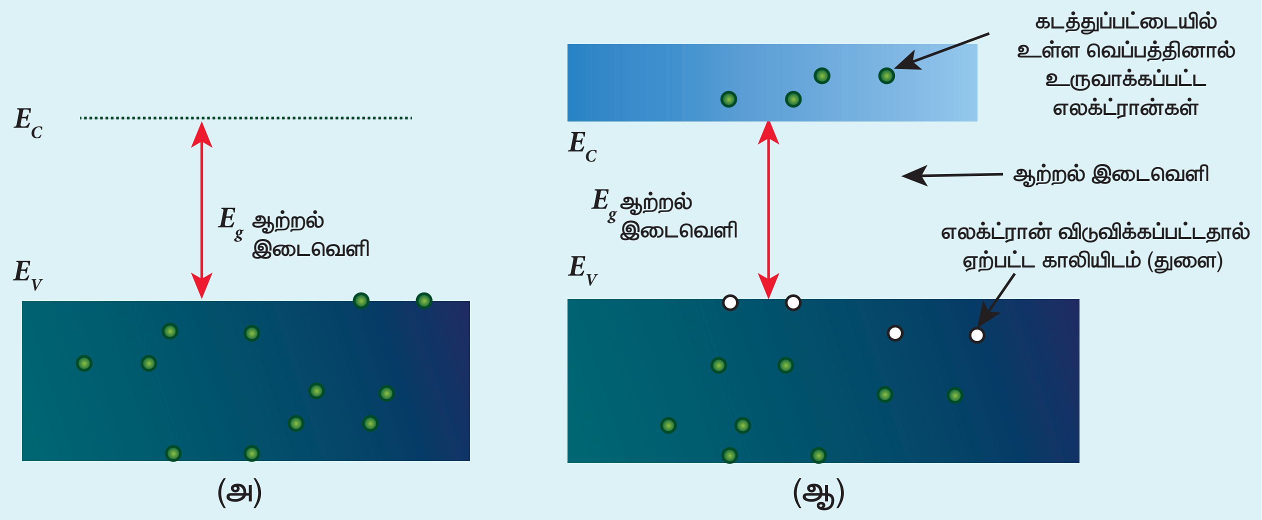
நான்கு எலக்ட்ரான்கள் அருகிலுள்ள அணுக்களுடன் சகப்பிணைப்பில் ஈடுபட்டு அணுக்கோவையை உருவாக்கியுள்ளன. படம் 9.4 (அ) இல் இந்த நிலைக்கான ஆற்றல் பட்டை படம் காட்டப்பட்டுள்ளது.

குறைந்த வெப்பநிலையே சில சகப்பிணைப்புகளை முறிக்க போதுமானதாக அமைந்து எலக்ட்ரான்களை அணிக்கோவையிலிருந்து விடுவிப்பதைப் படம் 9.3 (ஆ) இல் காணலாம். இதன் விளைவாக இணைதிறன் பட்டையில் ஒரு சில நிலைகள் காலியானதாக மாறிவிடும் மற்றும் கடத்துபட்டையில் ஒரு சில நிலைகளில் எலக்ட்ரான்கள் இடம்பெறும். இதனை படம் 9.4 (ஆ) இல் காணலாம்.

இணைதிறன் பட்டையில் காணப்படும் காலியிடம் துளைகள் எனப்படும். துளைகள் என்பதில் எலக்ட்ரான்கள் இல்லாமல் இருப்பதால் அவை நேர்மின் துகளாகக் கருதப்படுகின்றன. எனவே குறை கடத்திகளில் எலக்ட்ரான்கள் மற்றும் துளைகள் என இரு வகை மின்னூட்ட ஊர்திகள் உள்ளன.

உள்ளார்ந்த குறைகடத்திகளில், கடத்து பட்டையிலுள்ள எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையும், இணைதிறன் பட்டையிலுள்ள துளைகளின் எண்ணிக்கையும் சமமாக அமையும்.

கடத்துபட்டையில் மின்னோட்டம் எலக்ட்ரான்கள் மூலமும், இணைதிறன் பட்டையில் மின்னோட்டம் துளைகள் மூலமும் ஏற்படும். இந்த மின்னோட்டங்கள் முறையே I_e மற்றும் I_h எனக் குறிக்கப்படும்.



படம் 9.4 (அ) உள்ளார்ந்த குறைகடத்தியில் இணைதிறன் பட்டை மற்றும் கடத்து பட்டை (ஆ) கடத்து பட்டையில் உள்ள வெப்பத்தினால் உருவாக்கப்பட்ட எலக்ட்ரான்கள் மற்றும் அறை வெப்பநிலையில் இணைதிறன் பட்டையிலிருந்து கடத்து பட்டைக்கும் எலக்ட்ரான்கள் இடம் பெயர்ந்த பிறகு ஏற்பட்ட காலியிடம் (துளை)

குறிப்பு

துளை என்பதின் வரையறை: எலக்ட்ரான் கிளர்ச்சி அடையும் போது, சகப்பிணைப்பு முறியும். எனவே, கிளர்ச்சி அடைந்த எலக்ட்ரான் பிணைப்பினை முழுமையாக்க காலியிடத்தை ஏற்படுத்தும். இந்த எலக்ட்ரான் பற்றாக்குறை துளை எனப்பெயரிடப்பட்டுள்ளது.

மொத்த மின்னோட்டம் (I) ஆனது எப்போதும் எலக்ட்ரான் மின்னோட்டம் (I_e) மற்றும் துளை மின்னோட்டம் (I_h) ஆகியவற்றின் கூடுதலாகவே அமையும். $I = I_e + I_h$

0 K வெப்பநிலையில் உள்ளார்ந்த குறைகடத்திகள் காப்பான்களாகவே செயல்படும். வெப்பநிலை அதிகரிக்கும்போது மின்னூட்ட ஊர்திகளும் (எலக்ட்ரான்கள் மற்றும் துளைகள்) அதிகரிக்கும். உள்ளார்ந்த குறைகடத்திகளின் ஆற்றல் மட்டப் படம் (9.4 ஆ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. உள்ளார்ந்த குறைகடத்திகளில் மின்னூட்ட ஊர்திகளின் செறிவு என்பது கடத்துபட்டையில் உள்ள எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை அல்லது இணைதிறன் பட்டையில் உள்ள துளைகளின் எண்ணிக்கைக்குச் சமமாகும்.

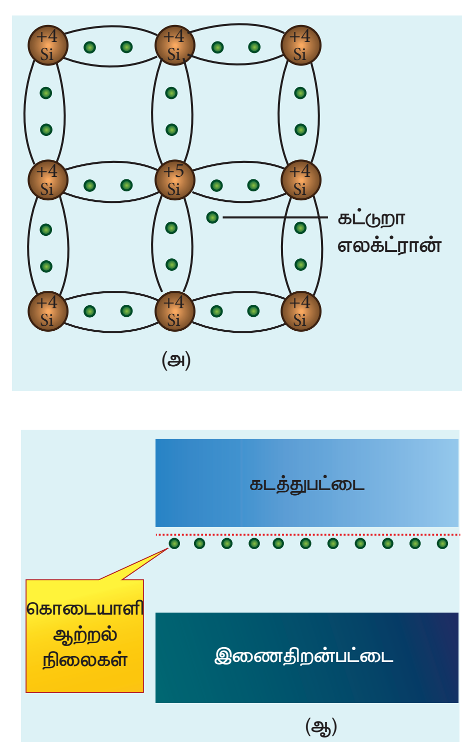
9.2.2 புறவியலான குறைகடத்திகள்

உள்ளார்ந்த குறைகடத்திகளில் உள்ள மின்னூட்ட ஊர்திகளின் செறிவு அதிக திறனுள்ள எலக்ட்ரானியல் கருவிகளை உருவாக்க போதுமானதாக இருக்காது. உள்ளார்ந்த குறைகடத்திகளில் மாசு அணுக்களைச் சேர்ப்பது மின்னூட்ட ஊர்திகளின் செறிவை அதிகரிக்க ஒரு வழியாக அமைகிறது. அதாவது, **உள்ளார்ந்த குறைகடத்திகளுடன் மாசுகளைச் சேர்க்கும் நிகழ்வு மாசூட்டுதல் எனப்படும்.** இம்முறை குறைகடத்திகளில் மின்னூட்ட ஊர்திகளின் (எலக்ட்ரான்கள் மற்றும் துளைகள்) செறிவினை அதிகரித்து, அதன் மின் கடத்துதிறனையும் அதிகரிக்கிறது. இந்த மாசு அணுக்கள் மாசூட்டிகள் எனப்படும். மாசூட்டலின் அளவு 100ppm (மில்லியனில் ஒரு பங்கு) ஆக இருக்கும்.

9.2.2.1 n–வகை குறைகடத்தி

ஒரு தூய ஜெர்மானியம் (அல்லது சிலிக்கான்) படிகத்துடன் தொகுதி V இல் உள்ள ஐந்து இணைதிறன் தனிமங்களான பாஸ்பரஸ், ஆர்சனிக் மற்றும் ஆண்டிமனி ஆகியவற்றை மாசூட்டும்போது n–வகை குறைகடத்திகள் பெறப்படுகின்றன. இது படம் 9.5 (அ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த மாசூட்டிகள் ஐந்து இணைதிறன் எலக்ட்ரான்களைக் கொண்டவை; ஆனால், ஜெர்மானியம் நான்கு இணைதிறன் எலக்ட்ரான்களை கொண்டது. மாசூட்டல் செயல்முறையின்போது சில ஜெர்மானிய அணுக்களுக்குப் பதிலாக தொகுதி V மாசூட்டிகள் சேர்க்கப்படுகின்றன. மாசு அணுவின் ஐந்து இணைதிறன் எலக்ட்ரான்களுள் நான்கு எலக்ட்ரான்கள் அருகிலுள்ள நான்கு ஜெர்மானிய அணுக்களுடன் சகப்பிணைப்பில் இணைக்கப்படுகின்றன. மாசு அணுவின் ஐந்தாவது எலக்ட்ரான் அணுக்கருவுடன் தளர்வாக இணைக்கப்பட்டும் சகப்பிணைப்பில் இணைக்கப்படாமலும் உள்ளது

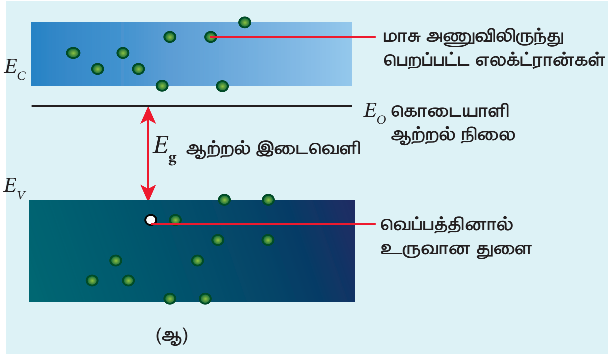
மாசூட்டி அணுவில் தளர்வாக இணைக்கப்பட்டுள்ள ஐந்தாவது எலக்ட்ரானின் ஆற்றல் நிலையானது, கடத்தும் பட்டையின் விளிம்புக்கு சற்றுக்கீழே அமைந்துள்ளது. இது கொடையாளி ஆற்றல் நிலை எனப்படும். இதனை படம் 9.5 (ஆ)இல் காணலாம். அறை வெப்பநிலையில் இந்த எலக்ட்ரான்கள் வெப்ப ஆற்றலை உட்கவர்ந்து கொண்டு கடத்துப்பட்டையை அடையும். இது படம் 9.6 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. மேலும் புற



படம் 9.5 n – வகை புறவியலான குறைகடத்தி (அ) படிக தளத்துடன் தளர்வாக பிணைக்கப்பட்ட கட்டுறா எலக்ட்ரான் (ஆ) கொடையாளி ஆற்றல் நிலையைக் குறித்தல்.

UNIT-9_XII-Physics_Vol-2_Tamil.indd 197 9/12/2019 12:56:59 PM

மின்புலத்தினால்கூட தளர்வாகப் பிணைக்கப்பட்ட எலக்ட்ரான்கள் கட்டுறா நிலைக்கு மாற்றப்பட்டு மின்னோட்டம் கடத்தப்படும்.



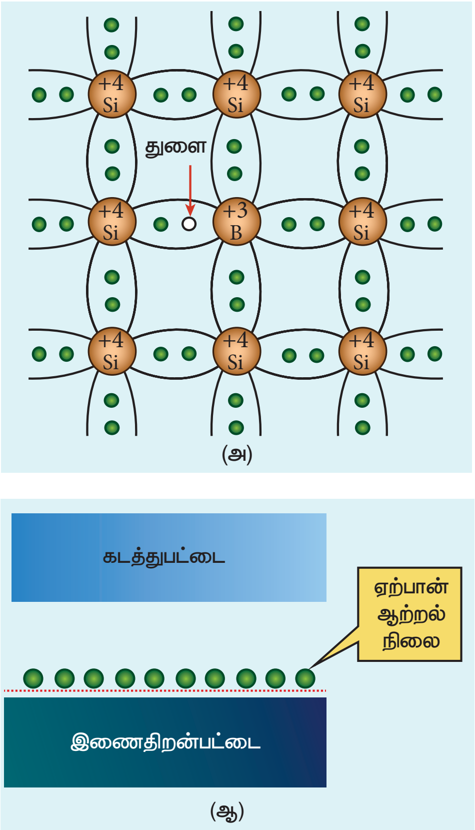
படம் 9.6 இணைதிறன் பட்டையில் உள்ள வெப்பத்தினால் உருவாக்கப்பட்ட துளை மற்றும் கடத்துப் பட்டையில் மாசு அணுக்களால் உருவாக்கப்பட்ட கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் (n வகை குறைகடத்தி).

உள்ளார்ந்த குறைகடத்தியில் இணைதிறன் பட்டையிலிருந்து எலக்ட்ரானை, கடத்து பட்டைக்கு மாற்ற தேவைப்படும் ஆற்றல் ஜெர்மானியம் மற்றும் சிலிக்கானில் முறையே 0.7eV மற்றும் 1.1eV ஆகும், ஆனால், கொடையாளி எலக்ட்ரானைக் கட்டுறா நிலைக்குக் கொண்டு செல்ல தேவைப்படும் ஆற்றல் ஜெர்மானியம் மற்றும் சிலிக்கானுக்கு முறையே 0.01 eV மற்றும் 0.05 eV மட்டுமே என்பதை முக்கியமாகக் கவனிக்க வேண்டும்.

தொகுதி V ல் இணைதிறன் மாசு அணுக்கள் கடத்து பட்டைக்கு ஓர் எலக்ட்ரானை அளிப்பதால், அவை கொடையாளி மாசுகள் எனப்படும். எனவே, கடத்து பட்டையில் வெப்ப அதிர்வின் காரணமாக உள்ள எலட்ரான்களுடன் கூடுதலாக ஒவ்வொரு மாசு அணுவும் ஓர் எலக்ட்ரானை அளிக்கும். வெப்பத்தினால் உண்டாக்கப்பட்ட எலக்ட்ரான்கள் இணைதிறன் பட்டையில் துளையை உண்டாக்கும். எனவே n–வகை குறைகடத்தியில் எலக்ட்ரான்கள் பெரும்பான்மை ஊர்திகளாகவும், துளைகள் சிறுபான்மை ஊர்திகளாகவும் அமைந்துள்ளன. ஐந்து இணைதிறன் கொண்ட மாசு சேர்க்கப்பட்டுள்ள இந்த குறைகடத்தி n–வகை குறைகடத்தி எனப்படும்.

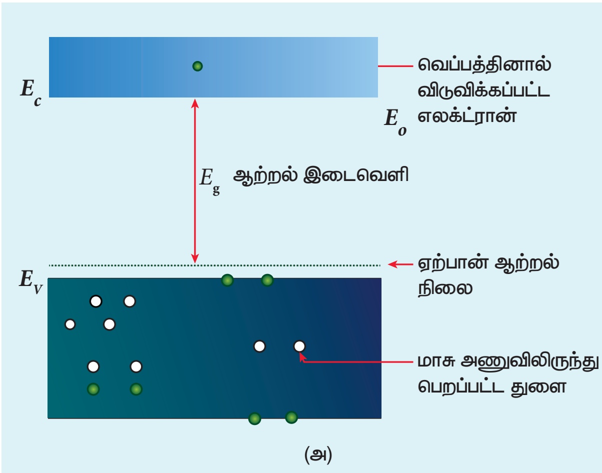
9.2.2.2 p –வகை குறைகடத்தி

தொகுதி III இல் உள்ள போரான், அலுமினியம், கேலியம் மற்றும் இண்டியம் போன்ற மூன்று இணைதிறன் கொண்ட தனிமங்களின் அணுக்கள் ஜெர்மானியம் அல்லது சிலிக்கான் படிகத்துடன் சேர்க்கப்பட்டு, p –வகை குறைக்கடத்திகள் பெறப்படுகின்றன. மாசு அணுவின் மூன்று இணைதிறன் எலக்ட்ரான்கள் அருகிலுள்ள ஜெர்மானிய அணுவுடன் பிணைக்கப்பட்டுள்ளதைப் படம் 9.7 (அ)இல் காணலாம். ஜெர்மானிய அணுவில் நான்கு இணைதிறன் எலக்ட்ரான்கள் இருப்பதால் ஜெர்மானிய படிகத்தில் மாசுஅணுவின் ஓர் எலக்ட்ரான் நிலை காலியாக அமையும். சகப்பிணைப்பில் எலக்ட்ரான் இல்லாத வெளியானது 'துளை' என அழைக்கப்படுகிறது.



படம் 9.7 p–வகை புறவியலான குறைகடத்தி (அ) மாசு அணுவினால் உருவாக்கப்பட்ட துளை (ஆ) ஏற்பான் ஆற்றல் நிலையைக் குறித்தல்.

அருகிலுள்ள நான்கு அணுக்களுடன் சகப்பிணைப்பினை நிறைவு செய்ய மாசு அணுவிற்குக் கூடுதலாக ஓர் எலக்ட்ரான் தேவைப்படுகிறது. **இந்த மாசு அணுக்கள் அருகிலுள்ள உள்ள அணுக்களிலிருந்து எலக்ட்ரானை ஏற்றுக்கொள்ளும். எனவே, இவ்வகை மாசு அணு ஏற்பான் மாசு எனப்படும்.** ஒவ்வொரு மாசு அணுவினால் தோற்றுவிக்கப்படும் துளைகளின் ஆற்றல் மட்டம் இணைதிறன் பட்டைக்குச் சற்று மேலே அமையும். இதனை ஏற்பான் ஆற்றல் நிலை என்கிறோம். இதனைப் படம். 9.7 (ஆ) இல் காணலாம்.



படம் 9.8 கடத்து பட்டையில் வெப்பத்தினால் உருவாக்கப்பட்ட எலக்ட்ரான் மற்றும் மாசு அணுவினால் இணைதிறன் பட்டையில் உருவாக்கப்பட்ட துளைகள் (p–வகை குறைக்கடத்தி)

ஒவ்வோர் ஏற்பான் அணுவிற்கும் இணைதிறன் பட்டையில் ஒரு துளை இருக்கும். மேலும், அதனுடன்கூட வெப்பத்தினால் உருவாக்கப்பட்ட எலக்ட்ரான்களும் இருக்கும். இந்தப் புறவியலான குறைகடத்திகளில், துளைகள் பெரும்பான்மை ஊர்திகளாகவும், வெப்பத்தினால் விடுவிக்கப்பட்ட எலக்ட்ரான்கள் சிறுபான்மை ஊர்திகளாகவும் செயல்படும் என்பதைப் படம் 9.8 இல் காணலாம். இம்முறையில் உருவாக்கப்பட்ட குறைகடத்திகள் p–வகை குறைகடத்திகள் எனப்படும்.

> **உங்களுக்குத் தெரியுமா?**
> உள்ளார்ந்த குறைகடத்தியில் நடுநிலை அணுக்களையே நாம் மாசுகளாக சேர்ப்பதன் விளைவாக n-வகை மற்றும் p-வகை குறைகடத்திகள் மின்சுமையற்று நடுநிலையாகவே இருக்கும்.

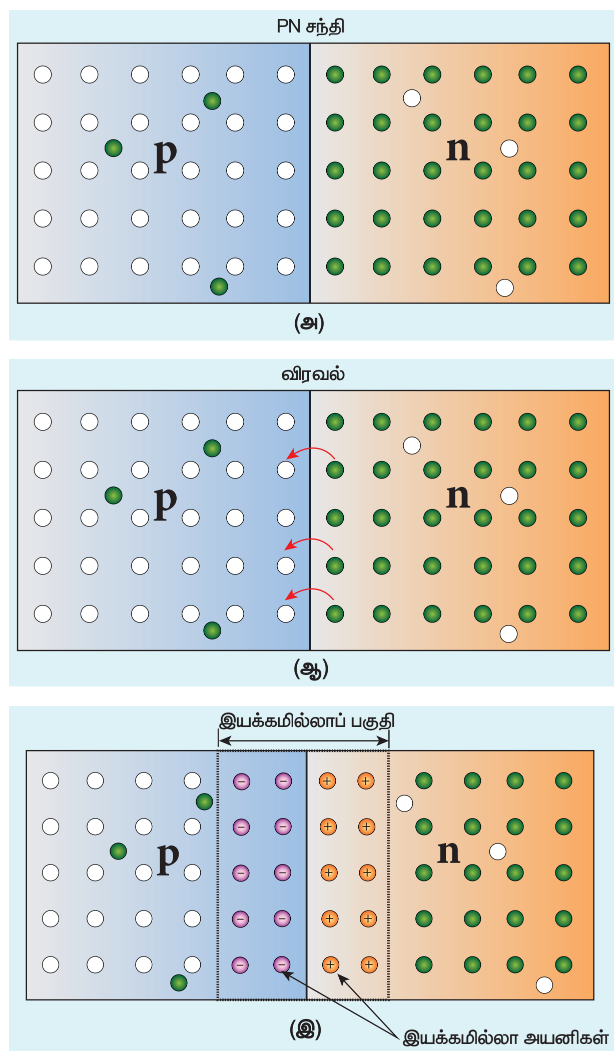
9.3 டையோடுகள்

9.3.1 P-N சந்தி உருவாக்கம்

9.3.1.1 இயக்கமில்லாப்பகுதி உருவாக்கம்

படம் 9.9 (அ) இல் காட்டியுள்ளவாறு n–வகை மற்றும் p–வகை குறைகடத்திகளைச் சேர்க்கும் போது p–n சந்தி உருவாகிறது. n–பகுதியில் அதிக எலக்ட்ரான் செறிவும், p–பகுதியில் அதிக துளைகளின் செறிவும் இருப்பதால், எலக்ட்ரான்கள் n–பகுதியிலிருந்து p–பகுதிக்கு விரவுகின்றன இந்த எலக்ட்ரான் செறிவு வேறுபாட்டின் காரணமாக, விரவல் மின்னோட்டம் ஏற்படுகிறது. p–பகுதியில் நுழையும் எலக்ட்ரான் அப்பகுதியிலுள்ள துளையை அடைவதால், அவை எதிர்மின் சுமையைப் பெறும். இந்த எலக்ட்ரான்களால் n–பகுதியில் ஏற்படும் துளைகள் p–பகுதியிருந்து n–பகுதிக்கு விரவும் துளைகளுக்கு சமமாக அமையும். எலக்ட்ரான்களும் துளைகளும் மின்னூட்டம் அற்றவையாக இருந்தால் இருபகுதிகளிலும் எலக்ட்ரான் மற்றும் துளைகளின் செறிவு சமமாகும்வரை விரவல் நடைபெறும். இது இரு வாயுக்கள் ஒன்றையொன்று தொடும்போது ஏற்படும் நிகழ்வினைப் போன்று அமையும்.

ஆனால் p–n சந்தியில், எலக்ட்ரான்களும் துளைகளும் சந்தியின் அடுத்த பகுதிக்குச்



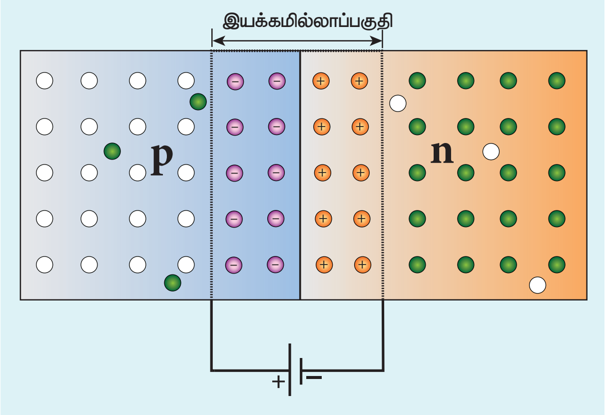
படம் 9.9 (அ) P-N சந்தி (ஆ) சந்தியின் குறுக்கே எலக்ட்ரான்களின் விரவல் (இ) இயக்கமில்லாப் பகுதியில் உள்ள இயக்கமில்லா அயனிகள்

செல்லும்போது மாசு அணுவின்மீது மின்னூட்டத்தை ஏற்படுத்துவதால் அவை படிக தளத்தில் நிலையாகப் பொருத்தப்பட்டு நகர முடியாமல் இருக்கும். n–பகுதியில் நேர்மின் அயனிக்கூடும் p–பகுதியில் எதிர்மின் அயனிக்கூடும் அமையும். இதனைப் படம் 9.9 (இ) இல் காணலாம். n–வகை பகுதியின் நேர்மின் அயனிகளின் கூடு மற்றும் p–வகை பகுதியின் எதிர்மின் அயனிகளின் கூடுகளுக்கிடையே மின்புலம் (E) உருவாகும். இந்த மின்புலமானது, கட்டுறா மின்னூட்ட ஊர்திகளை அப்பகுதியிலிருந்து நீக்குவதால், அங்கு கட்டுறா மின்னூட்ட ஊர்திகளின் குறைவு ஏற்படும். இது இயக்கமில்லாப் பகுதி என அழைக்கப்படுகிறது. மின்புலம் E– இன் காரணமாகச் சந்தியில் V_b என்ற மின்னழுத்த அரண் உருவாகிறது

சந்திகளின் குறுக்கே மின்னூட்ட ஊர்திகளின் இந்த விரவல் தொடர்வதால், p–பகுதியில் எதிர்மின் அயனிகள் எதிர்மின்னூட்ட வெளியை உருவாக்கும். இதேபோல் n–பகுதியில் நேர்மின் அயனிகளால் நேர்மின்னூட்ட வெளி உருவாகும். நேர்மின்னூட்ட வெளி p–பகுதியிலுள்ள எலக்ட்ரான்களை n–பகுதிக்கும், எதிர்மின்னூட்ட வெளியானது துளைகளை n–பகுதியிலிருந்து p–பகுதிக்கும் ஈர்க்கும், சந்தியில் தோன்றிய மின்புலத்தினாலேயே இந்த இயக்கம் நடைபெற்று இழுப்பு மின்னோட்டத்தை உருவாக்கும். விரவல் மின்னோட்டமும், இழுப்பு மின்னோட்டமும் எதிரெதிர் திசையில் அமைந்து குறிப்பிட்ட ஒரு கணத்தில் இவை இரண்டும் சமமாகும். இவ்வாறு p–n சந்தி உருவாகிறது.

9.3.1.2 சந்தி மின்னழுத்தம் அல்லது மின்னழுத்த அரண்

இயக்கமில்லாத பகுதியில் குறிப்பிட்ட ஒரு நிலை வரை மின்னூட்ட ஊர்திகளின் மறு இணைப்பு நடைபெறும். அதன்பின்னர் இயக்கமில்லாத பகுதியானது மேற்கொண்டு கட்டுறா மின்னூட்டங்கள் சந்தியின் குறுக்கே விரவுவதை தடுக்கும். இதற்குக் காரணம், சந்தியின் குறுக்கே இருபுறங்களிலும் உள்ள நகர இயலாத அயனிகள் உருவாக்கும் மின்னழுத்தம் ஆகும். எனவே, இயக்கமில்லாப் பகுதியின் உட்புறத்திற்கு விரவ முயற்சிக்கும் எலக்ட்ரான்கள் எதிர்மின் அயனிகளின் அரணால் விரட்டப்படும். ஆனால், இந்த கட்டுறா எலக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் போதுமான அளவு இருந்தால் அவை அரணை முறித்து p–பகுதியில் நுழைந்து அங்கிருக்கும் துளையுடன் இணைந்து மற்றோர் எதிர்மின் அயனியை உருவாக்கும்.

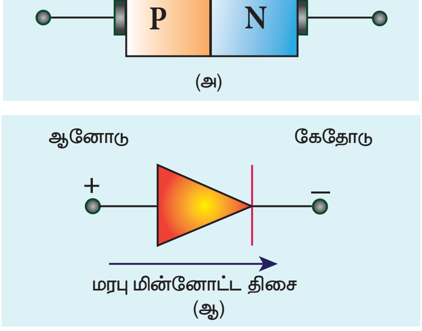


படம் 9.10 சந்தியின் குறுக்கே உருவாகும் மின்னழுத்த அரண்

இயக்கமில்லாப் பகுதியின் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடானது எலக்ட்ரான்களின் இந்த விரவலினால் குறிப்பிட்ட ஒரு மதிப்பு அதாவது சமநிலையை எய்தும்வரை அதிகரித்துக் கொண்டே செல்லும். இந்நிலையில், இயக்கமில்லாப் பகுதியின் அகவிலக்கு விசையானது, மேலும் கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் சந்தியின் குறுக்கே விரவுவதைத் தடுக்கும். இந்த இயக்கமில்லாப் பகுதியின் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு **மின்னழுத்த அரண்** எனப்படும். இதனைப் படம் 9.10 இல் காணலாம். சிலிக்கான் மற்றும் ஜெர்மானியத்திற்கு $25\,^{0}C$ வெப்பநிலையில் மின்னழுத்த அரணின் மதிப்பு முறையே 0.7V மற்றும் 0.3V ஆகும்.

9.3.2 P–N சந்திடையோடு

ஒரு p–வகை குறைகடத்தியும் n–வகை குறைகடத்தியும் இணைந்து ஒரு p–n சந்தி டையோடு உருவாக்கப்படுகிறது. இது ஒரு p–n சந்தியைக் கொண்ட கருவி ஆகும். இது படம் 9.11 (அ)–இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதன் மின்சுற்றுக் குறியீடு படம் 9.11 (ஆ)–இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 9.11 p-n சந்தி டையோடு
(அ) குறியீட்டுப்படம் (ஆ) மின்சுற்று குறியீடு

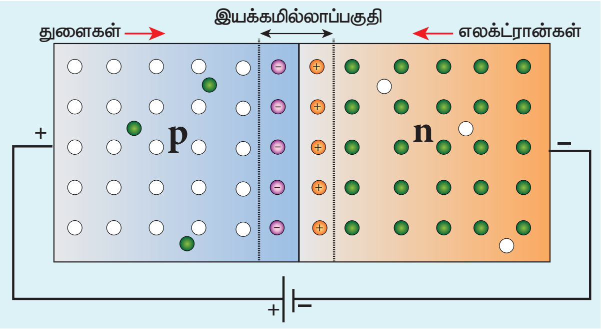
9.3.2.1 டையோடினைச் சார்புபடுத்துதல்

புற ஆற்றலை அளித்து மின்னூட்ட ஊர்திகள் மின்னழுத்த அரணை முறிக்கவும் மேலும், அவை குறிப்பிட்ட ஒரு திசையில் இயக்கத்தை மேற்கொள்ளவும் செய்வது சார்புபடுத்துதல் எனப்படும். இதன் மூலம் மின்னூட்ட ஊர்திகள் சந்தியை நோக்கியும் அல்லது சந்தியை விட்டு விலகியும் இயங்குகின்றன. **p–n சந்திக்கு அளிக்கப்படும் புற மின்னழுத்தம் சார்பு மின்னழுத்தம் எனப்படும்.** p–n சந்திக்கு அளிக்கப்படும் மின்முனைகளைப் பொருத்து, சார்புபடுத்துதல் இரு வகைப்படும். அவை

1. முன்னோக்குச் சார்பு
2. பின்னோக்குச் சார்பு

முன்னோக்குச் சார்பு

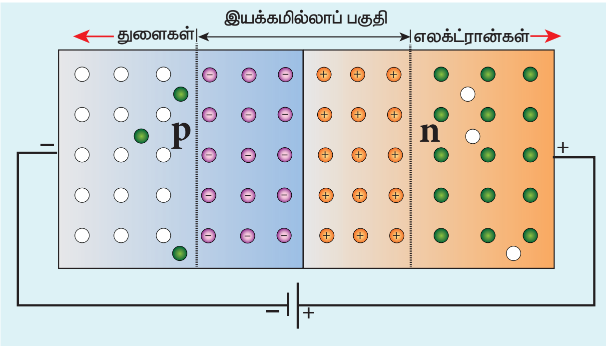
புற மின்னழுத்த மூலத்தின் நேர்மின்வாய் p–பகுதியுடனும், எதிர்மின்வாய் n–பகுதியுடனும் இணைக்கப்படுவது முன்னோக்குச் சார்பு எனப்படும். இது படம் 9.12–இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. முன்னோக்குச் சார்பு மின்னழுத்தத்தின் காரணமாக எலக்ட்ரான்கள் p–பகுதிக்கும், துளைகள் n–பகுதிக்கும் செல்கின்றன. இதன் காரணமாகச் சந்தியில் அயனிகளின் மறு இணைப்பு ஏற்பட்டு இயக்கமில்லாத பகுதியின் அகலம் குறையும். இதனால், மின்னழுத்த அரணும் குறையும். அளிக்கப்படும் மின்னழுத்தம் அதிகரிக்கப்படும்போது இயக்கமில்லாப் பகுதியும் மின்னழுத்த அரணும் மேலும் குறையும். இதன்விளைவாகச் சந்தியின் வழியே செல்லும் எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை மிக அதிகமாவதால் சந்தி வழியே பாயும் மின்னோட்டமானது அடுக்குக்குறி முறையில் அதிகரிக்கும்.



படம் 9.12 முன்னோக்கு சார்பில் உள்ள p-n சந்தியின் குறியீட்டு படம்

பின்னோக்குச் சார்பு

மின்கலத்தின் நேர்மின்வாய் n–பகுதியுடனும் எதிர்மின்வாய் p–பகுதியுடனும் இணைக்கப்பட்டால் சந்தியானது, பின்னோக்குச் சார்பில் அமையும். இது படம் 9.13 – இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 9.13 பின்னோக்கு சார்பில் உள்ள p-n சந்தியின் குறியீட்டு படம்

மின்கலத்தின் நேர்மின்முனை n–வகைப் பொருளுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளதால் அதிலுள்ள எலக்ட்ரான்கள் நேர்மின்னழுத்தத்தை நோக்கி ஈர்க்கப்படும். மேலும் p–வகை பொருளிலுள்ள துளைகள் மின்கலத்தின் எதிர் மின்வாயை நோக்கி நகரும் (இரண்டுமே சந்தியைவிட்டு விலகிச் செல்லும்). இதனால் சந்தியில் இயக்கமில்லாத அயனிகளின் எண்ணிக்கையும், இதன் விளைவாக இயக்கமில்லாப் பகுதியின் அகலமும், மின்னழுத்த அரணும் அதிகரிக்க வழி ஏற்படும். இதனால் இருபுறங்களிலும் உள்ள பெரும்பான்மை மின்னூட்ட ஊர்திகள் சந்தியைக் கடக்க பெருந்தடையை எதிர் கொள்கின்றன. இதனால் சந்தியின் குறுக்கே பாயும் விரவல் மின்னோட்டம் பெரும்பாலும் குறையும்.

இருப்பினும், சிறுபான்மை ஊர்திகளின் காரணமாகச் சந்தியின் குறுக்கே சிறிய அளவு மின்னோட்டம் பாயும். பெரும்பான்மை ஊர்திகளுக்கு அளிக்கப்பட்ட பின்னோக்குச் சார்பானது சிறுபான்மை ஊர்திகளுக்கு முன்னோக்குச் சார்பாக அமைகிறது. பின்னோக்குச் சார்பின் காரணமாக ஏற்படும் மின்னோட்டம், பின்னோக்குத் தெவிட்டிய மின்னோட்டம் எனப்படும். இது I_s எனக் குறிப்பிடப்படுகிறது.

பின்னோக்குத் தெவிட்டிய மின்னோட்டம் அளிக்கப்படும் மின்னழுத்தத்தைச் சார்ந்து அமையாமல் வெப்பத்தினால் உருவாக்கப்பட்ட சிறுபான்மை ஊர்திகளை மட்டும் சார்ந்திருக்கும். மிகச்சிறிய மின்னழுத்ததினால்கூட சிறுபான்மை ஊர்திகளைச் சந்தியை கடக்கச் செய்ய முடியும்.

குறிப்பு

சிலிக்கான் டையோடில் ஒவ்வொரு 10^0C வெப்பநிலைக்குப் பின்னோக்கு தெவிட்டிய மின்னோட்டமானது இரு மடங்காகும்.

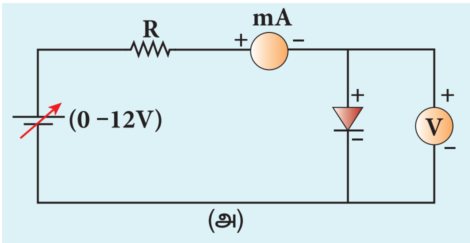
UNIT-9_XII-Physics_Vol-2_Tamil.indd 201 9/12/2019 12:57:01 PM

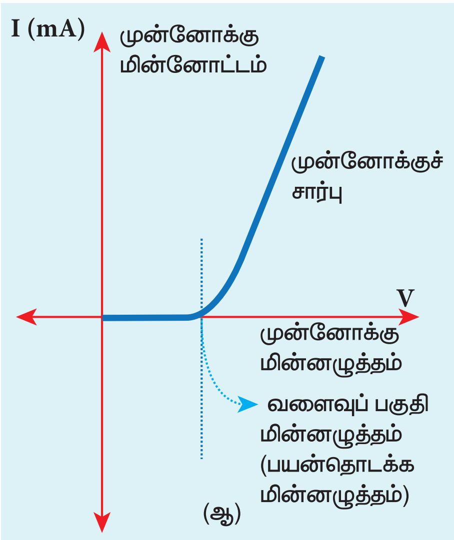
9.3.3 சந்திடையோடின் சிறப்பியல்புகள்

9.3.3.1 முன்னோக்குச் சார்பு சிறப்பியல்புகள்

இது டையோடானது முன்னோக்குச் சார்பில் உள்ளபோது, டையோடின் குறுக்கே அளிக்கப்படும் மின்னழுத்தத்திற்கும் டையோடு வழியாகச் செல்லும் மின்னோட்டத்திற்கும் இடையேயுள்ள தொடர்பினை அறிவது ஆகும்.

p–n சந்தி டையோடு முன்னோக்குச் சார்பில் உள்ளதை படம் 9.14 (அ)–இல் காணலாம். புறமின்தடை (R) ஆனது டையோடு வழியாகச் செல்லும் மின்னோட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்துகிறது. மாறி மின்னழுத்த மூலத்தின் (DC) மூலம் சார்பு மின்னழுத்தத்தை மாற்றி டையோடின் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்ததை மாற்றலாம். முன்னோக்குச் சார்பு மின்னழுத்தமும் அதற்குரிய **முன்னோக்குச் சார்பு மின்னோட்டமும் குறித்துக்கொள்ளப்படுகின்றன. முன்னோக்கு சார்பு மின்னழுத்தம் (V)யை x–அச்சிலும், மின்னோட்டம் (I)யை y–அச்சிலும் எடுத்துக் கொண்டு வரைபடம் ஒன்று வரையப்படுகிறது. இந்த வரைபடமே p–n சந்தி டையோடின் முன்னோக்குச் சார்பு V-I சிறப்பியல்பு வரைபடம் ஆகும்.** படம் 9.14 (ஆ) இல் இது காட்டப்பட்டுள்ளது.





படம் 9.14 p-n சந்தி டையோடு (அ) முன்னோக்கு சார்பில் உள்ள டையோடு (ஆ) முன்னோக்கு சார்பு சிறப்பியல்பு வரைபடம்

இந்த வரைபடத்திலிருந்த நான்கு முடிவுகள் பெறப்படுகின்றன

(i) **அறை வெப்பநிலையில் டையோடு வழியாக குறிப்பிட்ட ஒரு அளவு மின்னோட்டம் பாய, மின்னழுத்த அரணுக்குச் சமமான மின்னழுத்த வேறுபாடு தேவைப்படுகிறது. இந்த மின்னழுத்தம் பயன் தொடக்க மின்னழுத்தம் அல்லது வெட்டு மின்னழுத்தம் அல்லது வளைவுப் பகுதி மின்னழுத்தம் (V_{th}) என அழைக்கப்படுகிறது.** இது தோராயமாக ஜெர்மானியத்திற்கு 0.3V ஆகவும், சிலிக்கானுக்கு 0.7V ஆகவும் அமைந்துள்ளது. பயன்தொடக்க மின்னழுத்தத்தை விட குறைவாக அளிக்கப்பட்ட மின்னழுத்தங்களில் ஏற்படும் மின்னோட்டம் புறக்கணிக்க தக்க அளவு குறைவாக இருக்கும். பயன் தொடக்க மின்னழுத்தத்தைவிட அதிகமான மின்னழுத்தங்களில், மின்னழுத்தம் சிறிது அதிகரித்தாலும் மின்னோட்டம் கணிசமான அளவு உயரும்.

(ii) வரைபடத்திலிருந்து மின்னோட்டமானது நேர்போக்கில் அமையாமல் அடுக்குக்குறி முறையில் அமைகிறது. எனவே, இது ஓம் விதிக்கு உட்படாது.

(iii) மின்னழுத்தத்தில் ஏற்படும் சிறிய மாறுபாட்டிற்கும் (ΔV), மின்னோட்டத்தில் ஏற்படும் சிறிய மாறுபாட்டிற்கும் (ΔI) இடைப்பட்ட விகிதம் முன்னோக்கு மின்தடை (r_f) எனப்படும். எனவே $r_f = \frac{\Delta V}{\Delta I}$

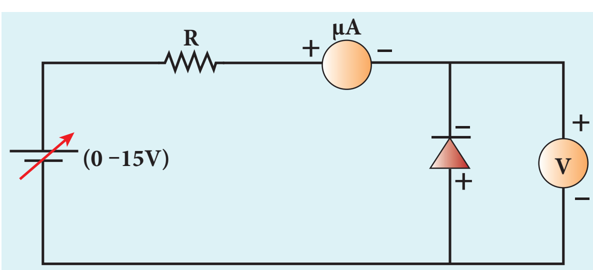
(iv) டையோடானது முன்னோக்குச் சார்பில் உள்ளபோது, கடத்தி போல் செயல்படுகிறது.

எனினும், டையோடில் குறிக்கப்பட்ட மின்னழுத்தத்தைவிட அதிக அளவு மின்னழுத்தத்தை அளிக்கும்போது, மிக அதிக அளவு மின்னோட்டம் ஏற்பட்டு அதிக வெப்பத்தின் காரணமாகச் சந்தியானது பாதிக்கப்படும். இது டையோடின் முறிவுநிலை எனப்படும். இந்த மின்னழுத்தம் முறிவுநிலை மின்னழுத்தம் எனப்படும். எனவே, டையோடினைப் பாதுகாப்பாகப் பயன்படுத்த அதனை பயன் தொடக்க மின்னழுத்தம் மற்றும் முறிவு மின்னழுத்தங்களுக்கு இடையே செயல்படுத்த வேண்டும்.

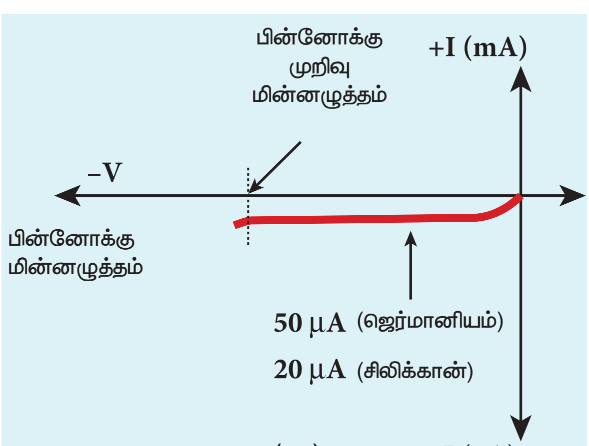
9.3.3.2 பின்னோக்குச் சார்பு சிறப்பியல்புகள்

பின்னோக்குச் சார்பு சிறப்பியல்புகளை ஆராய படம் 9.15(அ) இல் காட்டப்பட்டுள்ள மின்சுற்று பயன்படுத்தப்படுகிறது, பின்னோக்குச் சார்பில், p–பகுதியானது மின்னழுத்த மூலத்தின் (DC) எதிர்மின் வாயுடனும் n–பகுதியானது மின்னழுத்த மூலத்தின் நேர்மின் வாயுடனும் இணைக்கப்படுகின்றன.

பின்னோக்குச் சார்பு மின்னழுத்தத்திற்கும், சந்தியின் குறுக்கே பாயும் மின்னோட்டத்திற்கும் இடையே ஒரு வரைபடம் வரையப்படுகிறது. இது p–n சந்தியின் பின்னோக்குச் சார்பு சிறப்பியல்பு வரைபடம் எனப்படும். இது படம் 9.15 (ஆ) இல் காட்டப்படுள்ளது. இந்தச் சார்பினால், சந்தியின் குறுக்கே μA அளவிற்கு மிகச் சிறிய மின்னோட்டம் பாயும். இது சிறுபான்மை ஊர்திகளின் இயக்கத்தினால் ஏற்படுகிறது. இது, கசிவு மின்னோட்டம் அல்லது பின்னோக்குத் தெவிட்டிய மின்னோட்டம் என அழைக்கப்படுகிறது. மேலும், இந்த மின்னோட்டமானது அளிக்கப்படும் மின்னழுத்தத்தை சார்ந்திருக்காது. டையோடில் குறிப்பிடப்பட்டுள்ள அளவுவரை மட்டுமே பின்னோக்கு மின்னழுத்தத்தை அளிக்க வேண்டும் இல்லையெனில், டையோடானது முறிவு நிலைக்குச் சென்றுவிடும்

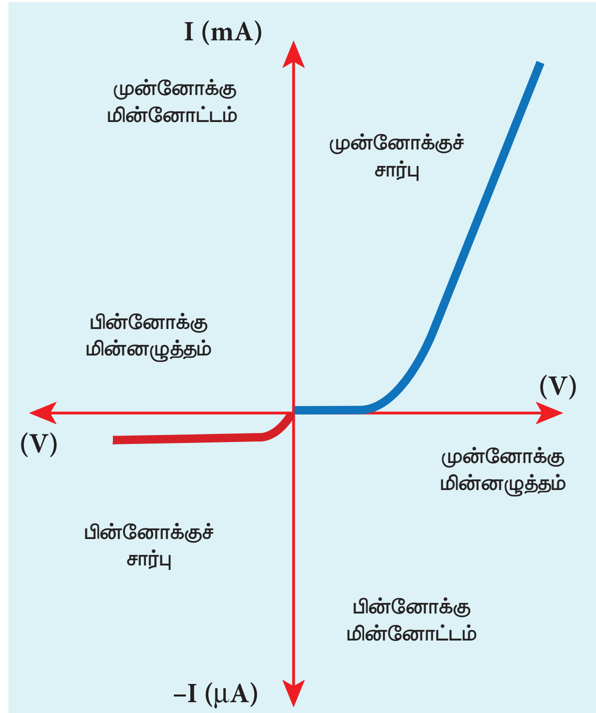


(அ)



(ஆ)

படம் 9.15 p-n சந்தி டையோடு (அ) பின்னோக்குச் சார்பில் உள்ள டையோடு (ஆ) பின்னோக்குச் சார்பு சிறப்பியல்பு வரைபடம்



படம் 9.16 ஒரு டையோடின் முன்னோக்கு மற்றும் பின்னோக்கு சிறப்பியல்பு

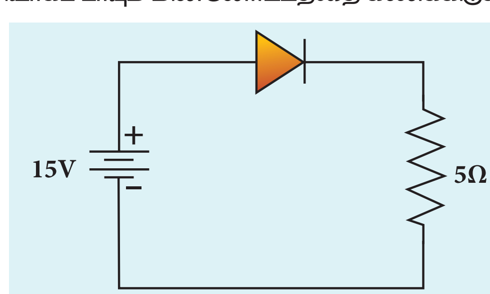
குறிப்பு
நல்லியல்பு டையோடு: முன்னோக்குச் சார்பில் உள்ள போது கடத்தியாகவும், பின்னோக்குச் சார்பில் உள்ள போது காப்பானாகவும் செயல்படும். இதன் மின்னழுத்த அரண் சுழியெனக் கொண்டால் இது மின்தடையாகச் செயல்படும்.

படம் 9.16இல் முன்னோக்கு மற்றும் பின்னோக்கு சார்பு சிறப்பியல்புகள் காட்டப்பட்டுள்ளன.

எடுத்துக்காட்டு 9.1

C4N3D9

ஒரு நல்லியல்பு டையோடு மற்றும் ஒரு 5Ω மின்தடையும் தொடரிணைப்பில் ஒரு 15V மின்னழுத்த மூலத்துடன் பின் வரும் படத்தில் உள்ளவாறு இணைக்கப்பட்டுள்ளன எனில் டையோடின் வழியாகப் பாயும் மின்னோட்டத்தை கணக்கிடுக?



UNIT-9_XII-Physics_Vol-2_Tamil.indd 203 9/12/2019 12:57:02 PM

தீர்வு

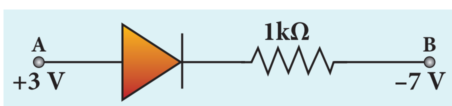
டையோடானது நல்லியல்பு கொண்டது மேலும் அது, முன்னோக்குச் சார்பிலும் உள்ளது. இதனால், அது சுழி மின்னழுத்த அரண் கொண்ட மூடிய சாவியாகச் செயல்படுகிறது. எனவே, ஓம்விதியைப் பயன்படுத்தி டையோடு வழியாகச் செல்லும் மின்னோட்டத்தைக் கணக்கிடலாம்.

$$V = IR$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{15}{5} = 3\,A$$

எடுத்துக்காட்டு 9.2

ஒரு நல்லியல்பு டையோடு ஒன்றைக் கருதுவோம். இங்கு AB வழியாகப் பாயும் மின்னோட்டத்தின் மதிப்பைக் காண்க.



தீர்வு

இது ஒரு முன்னோக்குச் சார்பிலுள்ள நல்லியல்பு டையோடு என்பதால் மின்னழுத்த அரண் புறக்கணிக்கப்படுகிறது.

AB வழியாக பாயும் மின்னோட்டத்தை ஓம் விதியை பயன்படுத்திக் கணக்கிடலாம்.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{3-(-7)}{1 \times 10^3} = \frac{10}{10^3} = 10^{-2}\,A = 10\,mA$$

9.3.4 திருத்துதல்

மாறுதிசை மின்னோட்டத்தை நேர் திசை மின்னோட்டமாக மாற்றும் செயல்முறை திருத்துதல் எனப்படும். இப்பகுதியில், நாம் இருவகையான திருத்திகளான அரை அலைதிருத்தி மற்றும் முழு அலை திருத்தி ஆகியவற்றைப் பற்றி விவரிப்போம்.

9.3.4.1 அரை அலை திருத்தி மின்சுற்று:

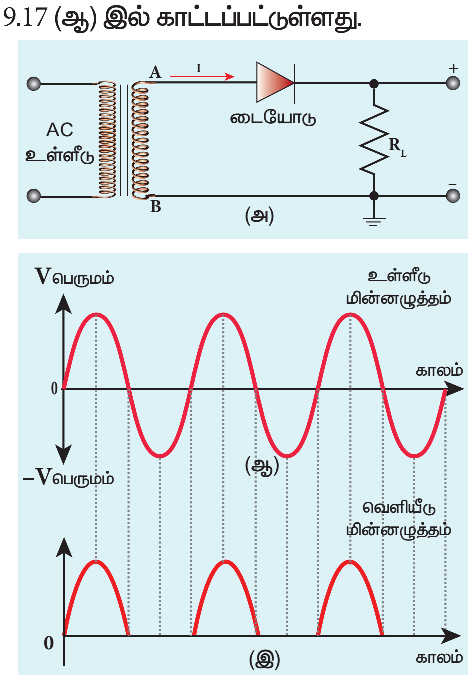
அரை அலை திருத்தியின் மின்சுற்று படம் 9.17 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இச்சுற்றில் ஒரு மின்மாற்றி, ஒரு p–n சந்தி டையோடு மற்றும் ஒரு மின்தடை ஆகியவை உள்ளன. அரை அலை திருத்தி சுற்றில் AC உள்ளீடின் நேர் அரை அலையோ அல்லது எதிர் அரை அலையோ செலுத்தப்பட்டு மற்றொரு பகுதி தடுக்கப்படுகிறது. எனவே, உள்ளீடின் ஒரு பகுதி மட்டுமே வெளியீட்டை அடையும். எனவே, இது அரை அலைதிருத்தி எனப்படும். இங்கு p − n சந்தி டையோடு திருத்தி டையோடாகச் செயல்படுகிறது.

உள்ளீடு சைகையின் நேர் அரை அலையின் போது:

AC உள்ளீடு சைகையின் நேர் அரை அலையானது மின்சுற்றுக்கு அளிக்கப்படும்போது, A முனையானது B முனையைப் பொருத்து நேர் மின்முனையாகச் செயல்படுகிறது. எனவே டையோடானது முன்னோக்குச் சார்பில் அமைந்து மின்னோட்டத்தைக் கடத்துகிறது. பளு மின்தடை R_L வழியாக மின்னோட்டம் பாய்ந்து, அதில் V_0 என்ற மின்னழுத்தம் உருவாகிறது. இந்த மின்னழுத்தம் V_0இன் அலை வடிவம் படம் 9.17 (இ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

உள்ளீடு சைகையின் எதிர் அரை அலையின் போது

மின்சுற்றின் வழியாக உள்ளீடு AC சைகையின் எதிர் அரை அலையினை செலுத்தும்போது A முனையானது B முனையைப் பொருத்து எதிர்மின் முனையாகச் செயல்படும். இப்போது, டையோடு பின்னோக்குச் சார்பில் அமைந்து மின்னோட்டத்தைக் கடத்தாது. எனவே R_L வழியே எவ்வித மின்னோட்டமும் பாயாது. டையோடின் பின்னோக்குத் தெவிட்டிய மின்னோட்டம் இங்குப் புறக்கணிக்கத்தக்கது. R_L வழியே எவ்வித மின்னழுத்த இறக்கமும் இல்லாததால் ac உள்ளீடின் எதிர் அரைச்சுற்று வெளியீட்டில் பெறப்படாது. வெளியீடு அலை வடிவம் படம் 9.17 (ஆ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 9.17 (அ) அரை அலை திருமின்சுற்று (ஆ) உள்ளீடு மின்னழுத்தம் (இ) வெளியீடு மின்னழுத்தம்

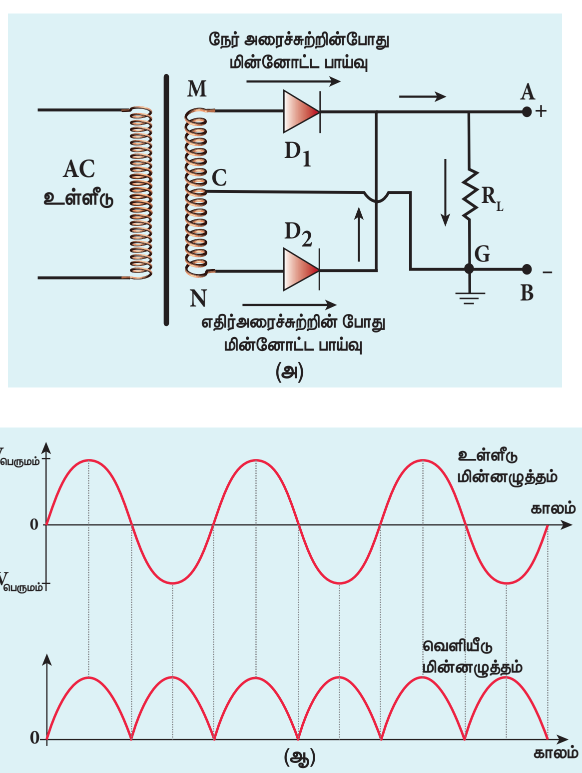
அரை அலை திருத்தியின் வெளியீடு, நிலையான நேர்திசை மின்னோட்டமாக இல்லாமல், சுழியிலிருந்து குறிப்பிட்ட மதிப்புவரை அதிகரித்து மீண்டும் சுழியாகும் வரை குறையும். இது துடிப்பு மின்னழுத்தம் எனப்படும் அலையாக அமையும். மின்னழுத்த எலக்ட்ரானியல் கருவிகளில் பயன்படுத்த இயலாது. மாறாத மற்றும் நிலையான மின்னழுத்தமே எலக்ட்ரானியல் கருவிகளுக்கு தேவை. எனவே அரை அலைத்திருத்தியிலிருந்து வெளிவரும் கூடி குறையும் மின்னழுத்தத்தை வடிக்கட்டிச் சுற்றுகளையும், மின்னழுத்த கட்டுப்படுத்திச் சுற்றுகளையும் பயன்படுத்தி மாறாத நிலையான மின்னழுத்தமாக மாற்றப்படும்.

அலைதிருத்தியின் பயனுறுதிறன் என்பது வெளியீடு dc திறனுக்கும், சுற்றுக்கு உள்ளீடாக அளிக்கப்பட்ட ac திறனுக்கும் இடைப்பட்ட விகிதம் (η) ஆகும். அரை அலை அலைதிருத்தியில் இதன் மதிப்பு 40.6% ஆகும்.

குறிப்பு

சுற்றில் டையோடின் முனைகளை மாற்றினால், ac உள்ளீடு சைகையின் எதிர் அரைச்சுற்று வெளியீடாகப் பெறப்பட்டு நேர் அரைச்சுற்று தடுக்கப்படும்.

9.3.4.2 முழு அலை திருத்தி



படம் 9.18 (அ) முழு அலை திருத்தி மின்சுற்று
(ஆ) உள்ளீடு மற்றும் வெளியீட்டு அலை வடிவங்கள்

உள்ளீடு AC சைகையின் நேர் மற்றும் எதிர் அரைச் சுற்றுகள் இவ்வகை அலைதிருத்தி வழியாக செலுத்தப்படுவதால் இவை முழு அலை திருத்தி என அழைக்கப்படுகின்றன. இந்த மின்சுற்று படம் 9.18 (அ) – இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் இரண்டு p – n சந்தி டையோடுகள், மையச்சாவி மின்மாற்றி மற்றும் ஒரு பளு மின்தடை (R_L) ஆகியவை உள்ளன. மைய முனையானது பொதுவாக தரைஇணைப்பு அல்லது சுழி மின்னழுத்த குறிப்பு புள்ளியாக கருதப்படுகிறது. மையச்சாவி மின்மாற்றியின் காரணமாக, ஒவ்வொரு டையோடினால் திருத்தப்படும் வெளியீடு மின்னழுத்தமானது மொத்த துணைச் சுற்று மின்னழுத்தத்தில் பாதியளவே இருக்கும்.

உள்ளீடு சைகையின் நேர் அரை அலையின் போது

மின்சுற்று வழியாக உள்ளீடு சைகையின் நேர் அரைச்சுற்றைச் செலுத்தும்போது M ஆனது நேர் மின் முனையாகவும், G ஆனது சுழிமின்னழுத்தமாகவும், N ஆனது எதிர் மின் முனையாகவும் அமையும். இதனால் டையோடு D_1 முன்னோக்குச் சார்பிலும், டையோடு D_2 பின்னோக்குச் சார்பிலும் அமைகின்றன. எனவே டையோடு D_1 மின்னோட்டத்தை MD_1AGC பாதை வழியே கடத்துகிறது. இதன் விளைவாக மின்னழுத்தத்தின் நேர் அரைச் சுற்று R_L இன் குறுக்கே G லிருந்து C திசையில் ஏற்படுகிறது.

உள்ளீடு சைகையின் எதிர் அரை அலையின் போது

மின்சுற்று வழியாக ac உள்ளீடு சைகையின் எதிர் அரைச்சுற்றைச் செலுத்தும்போது, N ஆனது எதிர்மின் முனையாகவும், G ஆனது சுழி மின்னழுத்தமாகவும் M ஆனது நேர் மின் முனையாகவும் அமைகின்றன. இதனால் டையோடு D_2 முன்னோக்குச் சார்பிலும் D_1 பின்னோக்குச் சார்பிலும் அமைகின்றன. எனவே டையோடு D_1 ஆனது மின்னோட்டத்தை ND_2BGC என்னும் பாதையில் கடத்துகிறது. இதன் விளைவாக R_L ன் குறுக்கே மின்னழுத்தத்தின் எதிர் அரைச்சுற்றிலும் மின்னழுத்தமானது G யிலிருந்து C திசையில் ஏற்படுகிறது.

எனவே, முழு அலைதிருத்தியில் உள்ளீடின் நேர் மற்றும் எதிர் அரை அலைகள் பளு R_L வழியாக ஒரே திசையில் செலுத்தப்படுவதைப் படம் 9.18 (ஆ) இல் காணலாம். இரண்டு அரைச்சுற்றுகளின் போதும் ac உள்ளீடுகள் திருத்தப்பட்டாலும், வெளியீடானது துடிப்புத்தன்மையுடனேயே அமைகிறது,

முழு அலைதிருத்தியின் பயனுறுதிறன் (η) ஆனது அரை அலைதிருத்தியின் பயனுறு திறனைப்

UNIT-9_XII-Physics_Vol-2_Tamil.indd 205 9/12/2019 12:57:05 PM

போல் இருமடங்காக அதாவது 81.2% ஆக அமையும். இதற்குக் காரணம் ac உள்ளீடு மூலத்தின் நேர் மற்றும் எதிர் அரைச் சுற்றுகள் திருத்தப்படுவது ஆகும்.

குறிப்பு

மையச் சாவி மின்மாற்றி: துணைச்சுற்றின் மையப்புள்ளியில் உள்ள சாவி, இணைப்பு தர ஏதுவான வசதி கொண்டுள்ளது. இதன்மூலம், துணைச் சுருளின் ஒரு மையத்திற்கும் மையப் புள்ளிக்கும் இடையே தூண்டப்பட்ட மின்னழுத்தத்தை அளவிடலாம். மையச் சாவி இணைப்புப் புள்ளி தரையிணைப்பு செய்யப்பட்டால் துணைச் சுற்றுக்குக் குறுக்கே அளிக்கப்படும் மின்னழுத்தம் பாதியளவு மதிப்பைப் பெறும். எடுத்துக்காட்டாக துணைச்சுற்றின் குறுக்கே அளிக்கப்படும் மின்னழுத்தம் 240V எனில் துணைச்சுற்றின் ஒரு முனைக்கும் மையச் சாவி இணைப்பிற்கும் உள்ள மின்னழுத்தம் +120V மற்றும் மற்றொரு முனைக்கு உள்ள மின்னழுத்தம் –120V ஆகும்.

9.3.5 முறிவு செயல்முறை

டையோடில் சிறுபான்மை ஊர்தியால் ஏற்படும் பின்னோக்கு மின்னோட்டம் அல்லது பின்னோக்குத் தெவிட்டிய மின்னோட்டம் மிகக்குறைவு ஆகும். p – n சந்திக்கு அளிக்கப்படும் பின்னோக்கு மின்னழுத்தத்தை குறிப்பிட்ட ஒரு அளவிற்குமேல் அதிகரித்தால், சந்தியானது முறிவடையும், இம் மின்னழுத்தம் முறிவு மின்னழுத்தம் எனப்படும். இது இயக்கமில்லாப் பகுதியின் அகலத்தைப் பொருத்து, அல்லது மாசூட்டல் அளவைப் பொருத்து அமையும்.

இயல்பான p–n சந்தி இம்மின்னழுத்தத்தின் மூலம் பாதிப்புக்குள்ளாகும். செனார் டையோடு போன்று சிறப்புமுறையில் வடிவமைக்கப்பட்ட டையோடுகள் முறிவுப்பகுதியில் செயல்பட்டு மின்னழுத்தம் கட்டுப்படுத்தும் சுற்றுகளில் பயன்படுகிறது. பின்னோக்கு மின்னழுத்தத்தை அதிகரிப்பதால் முறிவு ஏற்படுவதற்குக் காரணமான இரண்டு இயக்க முறைகள் உள்ளன.

9.3.5.1 செனார் முறிவு

மிக அதிக அளவு மாசூட்டப்பட்ட p – n சந்திகளில் $<10^{-6}$m க்கு குறைவான அளவுகளில் மெல்லிய இயக்கமில்லாப் பகுதி இருக்கும். சந்திகளின் குறுக்கே முறிவு எல்லைவரை பின்னோக்கு மின்னழுத்தத்தை அதிகரிக்கும் போது, 3×10^{7} V m^{-1} அளவுக்கு வலிமையான மின்புலம் மெல்லிய இயக்கமில்லாப் பகுதியின் குறுக்கே உருவாக்கப்படுகிறது. இந்த மின்புலம் படிக தளத்தில் உள்ள சகப்பிணைப்பை முறித்து அதன் மூலம் எலக்ட்ரான் – துளை ஜோடியை உருவாக்கும் அளவு போதுமான வலிமை கொண்டது ஆகும். இந்த விளைவு **செனார் முறிவு** எனப்படும். இந்நிலையில் மேற்கொண்டு மிகச் சிறிய அளவில் பின்னோக்கு மின்னழுத்தத்தை அதிகரித்தாலும் கூட அது மிக அதிக அளவு மின்னூட்ட ஊர்திகளை உருவாக்கும். எனவே, சந்தியானது முறிவுப் பகுதியில் மிகக்குறைந்த மின்தடையைக் கொண்டிருக்கும்.

இவ்வாறு, அணிக்கோவை தளத்தில் உள்ள பிணைப்புகளை முறித்து அதன் மூலம் எலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுகின்றன. இச்செயல்முறை **அக புல உமிழ்வு அல்லது புல அயனியாக்கம்** என்று பெயர். இச்செயல்முறைக்குத் தேவைப்படும் மின்புலம் 10^{6} V m^{-1} என்ற அளவில் அமையும்.

9.3.5.2. சரிவு முறிவு

சரிவு முறிவானது குறைந்த அளவு மாசூட்டப்பட்டு அகலமான இயக்கமில்லாப் பகுதிகளைக் கொண்ட சந்திகளில் நடைபெறுகிறது. இங்கு, மின்புலமானது முறிவினை ஏற்படுத்தும் அளவுக்கு வலிமையானதாக அமையாது. ஆனால், இந்த வெப்பத்தினால் உருவாக்கப்பட்ட சிறுபான்மை ஊர்திகள் இந்த மின்புலத்தினால் முடுக்கப்பட்டு போதுமான அளவு இயக்க ஆற்றலைப் பெறுகின்றன. இவை இயக்கமில்லாப் பகுதியில் செல்லும் போது குறைகடத்தி அணுக்களுடன் மோதி சகப்பிணைப்பை முறித்து எலக்ட்ரான் – துளை ஜோடிகளை உருவாக்குகின்றன.

புதியதாக உருவாக்கப்பட்ட மின்னூட்ட ஊர்திகளும் மின்புலத்தினால், முடுக்கப்பட்டு மோதல்களினால் மேலும் மின்னூட்ட ஊர்திகளை உருவாக்குகின்றன. இந்த ஒட்டுமொத்த செயல்முறை பெருமளவு மின்னூட்ட ஊர்திகளைச் சந்தியின் குறுக்கே ஏற்படுத்தி பின்னோக்கு மின்தடையைக் குறைக்கும். இதனால் டையோடு மின்னோட்டம் திடீரென உயரும்.

குறிப்பு

(i) 4 V க்கு குறைவான பின்னோக்கு மின்னழுத்தத்தில் செனார் முறிவு அதிகமாக இருக்கும்.

(ii) 6 V க்கு அதிமான பின்னோக்கு மின்னழுத்தத்தில் சரிவு முறிவு அதிகமாக இருக்கும்

(iii) 4 மற்றும் 6 V க்கு இடைப்பட்ட மின்னழுத்தத்தில் இரண்டு விளைவுகளுமே இருக்கும்.

UNIT-9_XII-Physics_Vol-2_Tamil.indd 206 9/12/2019 12:57:05 PM

9.3.6 செனார் டையோடு

செனார் டையோடு என்பது அதிக அளவு மாசூட்டப்பட்டுப் பின்னோக்குச் சார்பில் செயல்படுத்தப்படும் சிலிக்கான் டையோடு ஆகும். இதனைக் கண்டுபிடித்த C. செனார் என்பவரின் பெயரினால் இது அழைக்கப்படுகிறது. இது முறிவுப் பகுதியில் செயலாற்றும் வகையில் சிறப்பாக வடிவமைக்கப்பட்டுள்ளது. சிலிக்கான் டையோடுகளில் முறிவு மின்னழுத்தம் 2V முதல் 1000 V வரையிலான நெடுக்கத்தில் அமையுமாறு மாசூட்டல் அளவானது மாற்றி அமைக்கப்படுகிறது.

முன்பகுதியில் விளக்கியவாறு பின்னோக்குத் மின்னழுத்தத்தால் இயக்கமில்லாப் பகுதியில் ஏற்படுத்தப்படும் வலிமையான மின் புலமானது சகப் பிணைப்பை முறிப்பதால் செனார் முறிவு ஏற்படுகிறது. இதனால் மிக அதிக அளவில் உருவாக்கப்படும் எலக்ட்ரான்களும் துளைகளும் பின்னோக்குத் தெவிட்டிய மின்னோட்டத்தை உண்டாக்குகின்றன. இந்த மின்னோட்டமானது, புறமின்தடை மற்றும் டையோடினால் பயன்படுத்தப்படும் திறன் ஆகிய இரண்டினாலும் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. படம் 9.19 (அ) மற்றும் 9.19 (ஆ) இல் முறையே செனார் டையோடு மற்றும் மின்சுற்றுக் குறியீடு ஆகியவை காட்டப்பட்டுள்ளன.

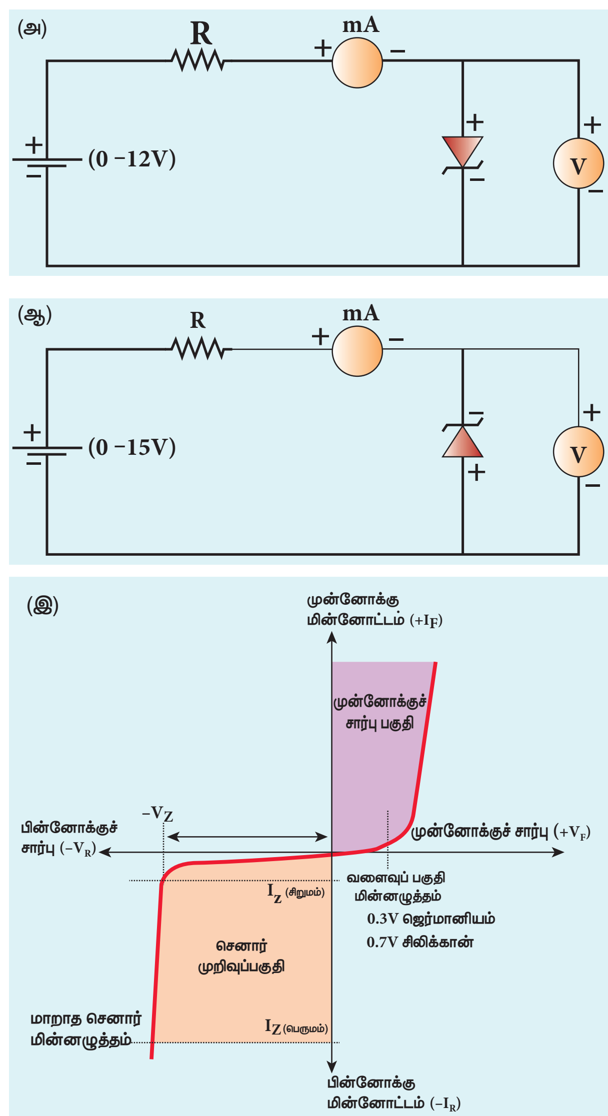
இது சாதாரண p–n சந்தி டையோடினைப் போலவே அமையும் ஆனால் கேதோடு மின் வாயானது ஆங்கில எழுத்து 'z' வடிவில் அமையும்: அம்புக்குறியானது மரபு மின்னோட்டத்தின் திசையைக் குறிக்கும். படம் 9.19 (அ) இல் உள்ள கருப்பு வளையம் கேதோடு மின்வாயைக் குறிக்கிறது.

படம் 9.19 செனார் டையோடு (அ) வணிக ரீதியான படம் (ஆ) மின்சுற்று குறியீடு

9.3.6.1 செனார் டையோடின் V – I சிறப்பியல்புகள்

செனார் டையோடின் முன்னோக்கு மற்றும் பின்னோக்குச் சிறப்பியல்புகளை அறிவதற்கான மின் சுற்றுகள் படம் 9.20 (அ) மற்றும் 9.20 (ஆ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளன. 9.20 (இ) இல் செனார் டையோடின் சிறப்பியல்பு காட்டப்பட்டுள்ளது. செனார் டையோடின் முன்னோக்குச் சார்பு சிறப்பியல்பு சாதாரண p–n சந்தி டையோடினை போன்றே அமைகிறது. இது தோராயமாக 0.7 V மின்னழுத்தத்தில் மின்னோட்டத்தைக் கடத்தத் தொடங்குகிறது. எனினும், செனார் டையோடின் பின்னோக்குச் சிறப்பியல்பு மிகவும் முக்கியத்துவம் வாய்ந்தது. பின்னோக்கு மின்னழுத்தத்தை அதிகரிக்க பொதுவாக மிகச்சிறிய அளவு பின்னோக்கு மின்னோட்டம் உருவாக்கப்படும். ஆனால், செனார் டையோடில் பின்னோக்கு மின்னழுத்தத்தை முறிவு மின்னழுத்திற்கு சமமான அளவுக்கு உயர்த்தும்போது மின்னோட்ட உயர்வு மிக அதிகமாக இருக்கும். முறிவுப்பகுதி முழுவதும் மின்னழுத்தமானது பெரும்பாலும் மாறிலியாகவே அமையும். படம் 9.20 (இ) இல் $I_{Z(பெருமம்)}$ ஆனது பெரும பின்னோக்கு மின்னோட்டத்தை குறிக்கிறது.

பின்னோக்கு மின்னோட்டம் மேலும் அதிகரிக்கும்போது, டையோடானது சேதமடையும். பின்னோக்குச் சிறப்பியல்பின் முக்கிய பண்புகள் $V_Z \rightarrow$ செனார் முறிவு மின்னழுத்தம் $I_{Z(சிறுமம்)} \rightarrow$ முறிவுக்குறிய சிறும மின்னோட்டம்



படம் 9.20 செனார் டையோடு (அ) முன்னோக்குச் சார்பு (ஆ) பின்னோக்குச் சார்பு (இ) V-I சிறப்பியல்பு

UNIT-9_XII-Physics_Vol-2_Tamil.indd 207 9/12/2019 12:57:06 PM

$I_{Z(\text{பெருமம்})} \rightarrow$ பெரும திறன் இழப்பினால் கட்டுப்படுத்தப்படும் பெரும மின்னோட்டம் ஆகியவை.

பின்னோக்குச் சார்பில் செயல்படுத்தப்படும் சௌனர் டையோடானது V_zஐ விட அதிக மின்னழுத்தத்தையும் I_z(பெருமம்) ஐவிட குறைவான மின்னோட்டத்தையும் கொண்டிருக்கும். பின்னோக்குச் சிறப்பியல்பானது உண்மையான செங்குத்துக் கோடு அல்ல. இதன் பொருள் டையோடானது மிகச்சிறிய அளவு சௌனர் இயக்க மின்னெதிர்ப்பைக் கொண்டிருத்தலே ஆகும். சௌனர் மின்தடை என்பது, சிறப்பியல்பின் முறிவுப் பகுதியில் வரையப்படும் சாய்வின் தலைகீழ் மதிப்பாகும். இதன்பொருள் சௌனர் மின்னோட்டம் அதிகரிக்கும்போது பின்னோக்கு மின்னழுத்தம் மிகச்சிறிய அளவே அதிகரிக்கும் என்பதாகும். எனினும், இதனைப் புறக்கணிக்கலாம். நல்லியல்பு சௌனர் டையோடு முறிவுப் பகுதியில் நுழையும் போது அதன் மின்னழுத்தத்தில் மாற்றம் இருக்காது. அதாவது I_z கணிசமாக உயர்ந்தாலும் V_z ஆனது பெரும்பாலும் மாறிலியாகவே அமையும்.

குறிப்பு

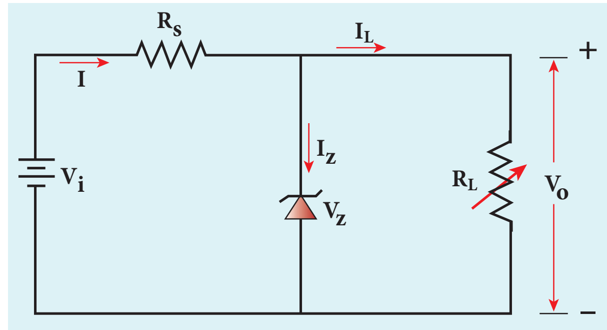
சௌனர் டையோடு முறிவுப் பகுதியில் நுழைவதற்கு முன்பு அளிக்கப்படும் பெரும மின்னழுத்தம் பெரும பின்னோக்கு சார்பு மின்னழுத்தம் எனப்படும். வணிக ரீதியாக இது PIV அளவீடு எனப்படும்.

பயன்பாடுகள்

1. மின்னழுத்த கட்டுப்படுத்தியாகவும்
2. மின்னழுத்தங்கள் அளவிடும் கருவியாகவும்
3. சார்புபடுத்தும் மின்சுற்று வலைகளில் குறிப்பு மின்னழுத்தத்தை அளிக்கவும்
4. எதிர்பாராத விதமாக அளிக்கப்படும் அதிகப்படியான மின்னழுத்தங்களினால் கருவிகள் பழுதடையாமல் இருக்கவும் சௌனர் டையோடு பயன்படுத்தப்படுகிறது.

9.3.6.2 சௌனர் டையோடு ஒரு மின்னழுத்த கட்டுப்படுத்தியாகச் செயல்படுதல்:

முறிவுப் பகுதியில் செயல்படும் ஒரு சௌனர் டையோடு மின்னழுத்த கட்டுப்படுத்தியாகச் செயல்படுகிறது. உள்ளீடு மின்னழுத்தம் V_i அல்லது பளு மின்னோட்டம் I_L ஆகியவை மாறினாலும் கூட மாறாத வெளியீடு மின்னழுத்தத்தை இது அளிக்கிறது. இதற்காகப் பயன்படும் மின்சுற்று படம் 9.21 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த மின்சுற்றில் சௌனர் டையோடு மூலம், உள்ளீடு மின்னழுத்தம் V_i ஆனது V_Z (சௌனர் மின்னழுத்தம்) என்னும் மாறாத மின்னழுத்தமாக வெளியீட்டில் கிடைக்கிறது. இது V_0 என்றும் குறிக்கப்படுகிறது. உள்ளீடு மின்னழுத்தம் V_Z க்கு குறைவாக மாறும் வரை, வெளியீடு மின்னழுத்தம் மாறிலியாக நிலை நிறுத்தப்படுகிறது.



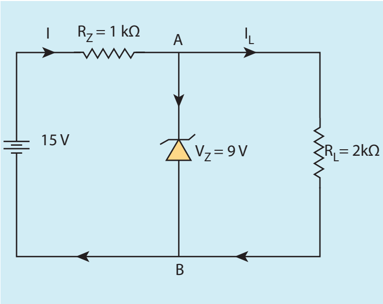
படம் 9.21 சௌனர் டையோடின் மூலம் மின்னழுத்தம் கட்டுப்படுத்துதலை அறிய உதவும் மின்சுற்று

டையோடின் குறுக்கே V_Z ஐ விடஅதிகமாக மின்னழுத்தம் உருவாகும் போது, டையோடானது முறிவுப்பகுதிக்கு நுழையும். இது தொடர் மின்தடை R_s வழியாக ஓரளவு அதிகமான மின்னோட்டத்தைக் கடத்தும். R_s வழியாக பாயும் மொத்த மின்னோட்டம் I ஆனது டையோடு மின்னோட்டம் I_Z மற்றும் பளு மின்னோட்டம் I_L ஆகியவற்றின் கூடுதலாகும் $\left(I = I_Z + I_L\right)$ இந்த மொத்த மின்னோட்டமானது பெரும சௌனர் மின்னோட்டத்தைவிடக் குறைவாகத்தான் இருக்கும் என்பதை இங்குக் கவனிக்க வேண்டும்.

இங்கு எல்லா நிலைகளிலும் $V_o = V_Z$ ஆகும். இவ்வாறு வெளியீடு மின்னழுத்தம் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 9.3

பளு மின்தடை $1\ \text{k}\Omega$ ஆக இருக்கும்போது சௌனர் டையோடு வழியாக பாயும் மின்னோட்டத்தைக் கணக்கிடுக (இங்கு டையோடு நல்லியல்பு கொண்டது எனக் கருத வேண்டும்).



தீர்வு

AB யின் குறுக்கே மின்னழுத்தம் $V_Z = 9V$

R ன் குறுக்கே மின்னழுத்த இறக்கம் $= 15 - 9 = 6V$

எனவே R ன் வழியே பாயும் மின்னோட்டம்

$$I = \frac{6}{1 \times 10^3} = 6\ mA$$

பளு மின்தடைக்குக் குறுக்கே மின்னழுத்தம் $V_{AB} = 9V$

பளு மின்தடை வழியே பாயும் மின்னோட்டம்

$$I_L = \frac{V_{AB}}{R_L} = \frac{9}{2 \times 10^3} = 4.5\ mA$$

செனார் டையோடு வழியே பாயும் மின்னோட்டம்

$$I_Z = I - I_L = 6mA - 4.5mA = 1.5\ mA$$

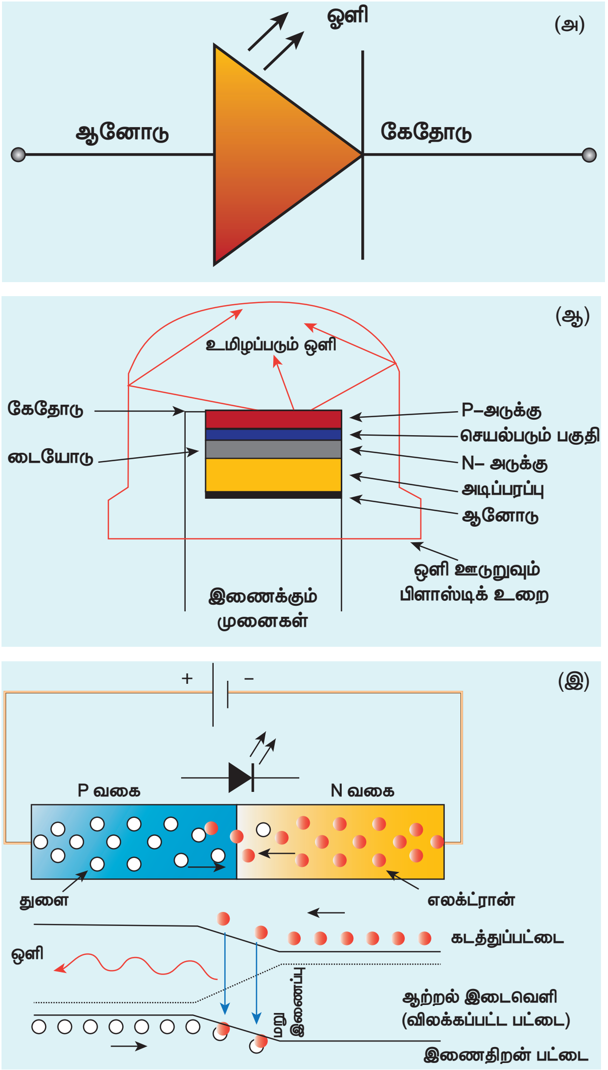
9.3.7 ஒளி எலக்ட்ரானியல் கருவிகள்

ஒளி எலக்ட்ரானியல் கருவிகள் குறைகடத்திகள் மூலம் மின்னாற்றலை ஒளியாகவும், ஒளியைப் மின்னாற்றலாகவும் மாற்றும் சாதனங்களில் பயன்படுகின்றன. இச்சாதனங்கள் ஒளியை பயனுள்ள வழியில் உபயோகப்படுத்தும் எலக்ட்ரானியல் கருவிகளாகும். இப்பகுதியில் நாம் சில முக்கிய ஒளி எலக்ட்ரானியல் கருவிகளான ஒளி உமிழ் டையோடு, ஒளி டையோடு மற்றும் சூரிய மின்கலங்களைப் பற்றி விவாதிப்போம்.

9.3.7.1 ஒளி உமிழ்வு டையோடு (LED)

LED என்பது முன்னோக்குச் சார்பில் அமைக்கப்பட்டுக் கட்புலனாகும் மற்றும் கட்புலனாகாத ஒளியை உமிழும் p–n சந்தி டையோடு ஆகும். இந்நிகழ்வில் மின்னாற்றலானது ஒளி ஆற்றலாக மாறுவதால், இது மின் ஒளிர்வு எனவும் அழைக்கப்படும். LED இன் மின்சுற்றுக் குறியீடு படம் 9.22 (அ)இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

வணிக அடிப்படையில் பயன்படுத்தப்படும் LED இன் குறுக்கு வெட்டு படம் 9.22 (ஆ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் p–பகுதி, n–பகுதி மற்றும் அடிப்பரப்பு ஆகியவை உள்ளன. குறிப்பிட்ட ஒரு திசையில் ஒளியைச் செலுத்துவதற்கு ஒளி ஊடுருவும் சன்னல் ஒன்று உள்ளது. LED வழியாக பாயும் முன்னோக்கு மின்னோட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்த சார்புபடுத்தும் மூலத்துடன் தொடரிணைப்பில் ஒரு புற மின்தடை இணைக்கப்பட்டுள்ளது. மேலும், இதில் ஆனோடு மற்றும் கேதோடு எனும் இரு முனைகள் உள்ளன.



படம் 9.22 (அ) ஒளி உமிழ் டையோடின் மின் சுற்று குறியீடு (ஆ) ஒளி உமிழ் டையோடின் உட்பகுதி தோற்றம் (இ) மறு இணைப்பு செயல்பாட்டினை விளக்கும் குறியீட்டு படம்

p–n சந்தியானது முன்னோக்குச் சார்பில் அமைக்கப்பட்டால், n–பகுதியில் உள்ள கடத்து பட்டை எலக்ட்ரான்கள் மற்றும் p–பகுதியில் உள்ள இணைதிறன் பட்டை துளைகள் சந்தியின் குறுக்கே விரவுகின்றன. அவை சந்தியைக் கடந்தபிறகு, அதிகப்படியான சிறுபான்மை ஊர்திகளாகின்றன [p–பகுதிக்குச் சென்ற எலக்ட்ரான்கள் மற்றும் n–பகுதிக்குச் சென்ற துளைகள்] இந்த அதிகப்படியான சிறுபான்மை ஊர்திகள் அவற்றிற்கு எதிரான மின்னூட்டமுள்ள அப்பகுதிகளுக்குறிய பெரும்பான்மை ஊர்திகளுடனான மறு இணைப்பில் ஈடுபடுகின்றன. அதாவது, கடத்து பட்டைஎலக்ட்ரான்கள் இணைதிறன் பட்டையின் துளைகளுடன் மறு இணைப்பில் ஈடுபடுகின்றன. இது படம் 9.22 (இ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

UNIT-9_XII-Physics_Vol-2_Tamil.indd 209 9/12/2019 12:57:09 PM

மறு இணைப்பு நிகழ்வின்போது, ஆற்றலானது, ஒளி (கதிர்வீச்சு) அல்லது வெப்ப (கதிர்வீச்சற்ற) வடிவில் வெளியிடப்படுகிறது. கதிர்வீச்சு மறு இணைப்பில், hv ஆற்றலுள்ள ஃபோட்டான் வெளியிடப்படுகிறது. கதிர்வீச்சற்ற மறு இணைப்பில், ஆற்றலானது வெப்ப வடிவில் வெளியிடப்படும்.

வெளியிடப்படும் ஒளியின் நிறமானது பொருளின் ஆற்றல் பட்டை இடைவெளியைப் பொருத்து அமையும். எனவே, LED க்கள் பல்வேறு நிறங்களில் அதாவது நீலம் (SiC), பச்சை (AlGaP) மற்றும் சிவப்பு (GaAsP) ஆகிய நிறங்களில் கிடைக்கின்றன. தற்போது ஒளி உமிழ்வு டையோடுகள் வெள்ளை நிறத்தில் (GaInN) கூடக் கிடைக்கின்றன.

பயன்பாடுகள்

U2J7M6

- அறிவியல் மற்றும் ஆய்வகக் கருவிகளின் முன்பக்க பலகையில் சுட்டு விளக்காகப் (Indicator lamp) பயன்படுகிறது.
- ஏழு உறுப்பு காட்சித் திரையாகப் (seven segment display) பயன்படுகிறது.
- போக்குவரத்துச் சைகை விளக்குகள், அவசர கால ஊர்திகளின் விளக்குகள் போன்றவற்றில் பயன்படுகிறது
- தொலைக்காட்சி, அறை குளிரூட்டி ஆகியவற்றின் தொலை இயக்கிக் கருவியாகப் பயன்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 9.4

GaAsP னால் உருவாக்கப்பட்ட LED லிருந்து வெளிப்படும் ஒளியின் அலைநீளத்தைக் கண்டுபிடி. இந்தக் குறைகடத்தியின் விலக்கப்பட்ட ஆற்றல் இடைவெளி 1.875 eV ஆகும். வெளிப்படும் ஒளியின் நிறத்தையும் குறிப்பிடுக. [$h = 6.6 \times 10^{-34}$ Js எனக் கொள்க]

தீர்வு

$$E_g = \frac{hc}{\lambda}$$

எனவே,

$$\lambda = \frac{hc}{E_g} = \frac{6.6\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{1.875\times1.6\times10^{-19}}$$

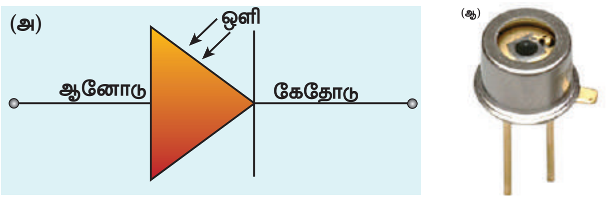
$$= 660\ nm$$

அலை நீளத்தின் மதிப்பு 660 nm என்பது, சிவப்பு நிற ஒளிக்கு உரியது ஆகும்.

9.3.7.2 ஒளி டையோடுகள்

மின் சைகைகளை ஒளியியல் சைகைகளாக மாற்றும் p–n சந்தி டையோடு ஒளி டையோடு எனப்படும். எனவே, ஒளி டையோடின் செயல்பாடு LED–இன் செயல்பாட்டுக்கு நேர் எதிரானது ஆகும். ஒளி டையோடு பின்னோக்குச் சார்பில் செயல்படும். இதன் மின்சுற்றுக் குறியீடு படம் 9.23 (அ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. அதிலுள்ள அம்புக்குறிகள் ஒளி அதன்மீது படுவதைக் குறிக்கின்றன.

இக்கருவியில் ஒளி உணர்வு உள்ள குறைகடத்தி பொருளாலான p–n சந்தியானது பாதுகாப்பாக ஒரு நெகிழிப் பெட்டியில் படம் 9.23 (ஆ) இல் உள்ளவாறு வைக்கப்பட்டுள்ளது. இதில் p–n சந்திமீது ஒளி விழ ஏதுவாக ஒளி ஊடுருவும் ஒரு சிறிய சன்னல் உள்ளது. ஒளி டையோடின் p–n சந்தி மீது ஒளிபட்டவுடன் மின்னோட்டத்தை உற்பத்தி செய்வதால் அவை ஒளி உணர்விகள் எனப்படுகின்றன.



படம் 9.23 (அ) மின் சுற்று குறியீடு (ஆ) ஒளி டையோடின் குறியீட்டுத் தோற்றம்

போதுமான ஆற்றல் கொண்ட போட்டான் hv ஆனது, டையோடின் இயக்கமில்லாப் பகுதிமீது படும்போது, இணைதிறன் பட்டையிலுள்ள சில எலக்ட்ரான்கள் கடத்து பட்டைக்கு செல்கின்றன. இதனால், இணைதிறன் பட்டையில் துளைகள் உருவாகின்றன. இது எலக்ட்ரான் – துளை இணையை உருவாக்கும். எலக்ட்ரான் – துளை இணையின் எண்ணிக்கை p–n சந்தி மீது படும் ஒளியின் செறிவினைப் பொருத்து அமையும். இங்கு இந்த எலக்ட்ரான்கள் மற்றும் துளைகள் மறு இணைப்பு ஏற்படுவதற்கு முன்பே, பின்னோக்குச் சார்பு மின்னழுத்தம் கொண்டு மின்புலத்தினால் உருவாக்கப்பட்ட சந்தியின் குறுக்கே எதிரெதிராக விரட்டப்படுகின்றன. அதாவது, துளைகள் n–பகுதிக்கும், எலக்ட்ரான்கள் p–பகுதிக்கும் செல்கின்றன.

இதனைப் புற மின்சுற்றில் இணைக்கும்போது, எலக்ட்ரான்கள் புறமின் சுற்றில் பாய்ந்து ஒளி மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்தும்.

படும் ஒளியின் செறிவு சுழியாக இருக்கும் போதும், புறக்கணிக்கத் தக்க அளவு பின்னோக்கு மின்னோட்டம் இருக்கும். படும் ஒளி இல்லாத

UNIT-9_XII-Physics_Vol-2_Tamil.indd 210 9/12/2019 12:57:10 PM

நிலையில் ஏற்படும் இந்த பின்னோக்கு மின்னோட்டம், இருள் மின்னோட்டம் எனப்படும். இது வெப்பத்தினால் உருவாக்கப்பட்ட சிறுபான்மை ஊர்திகளால் ஏற்படுகிறது.

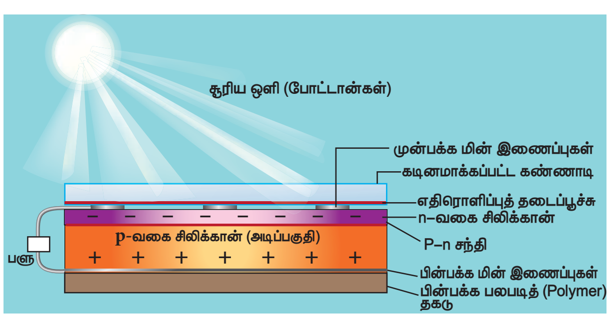
பயன்பாடுகள்

- எச்சரிக்கை மணி அமைப்பு
- கிடைத்தள இயக்கத்திலுள்ள இயங்குபட்டையில் எண்ணிக்கைக் கருவியாக பயன்படுதல்
- ஒளி கடத்திகள்
- குறுந்தகடு இயக்கிகள், புகை கண்டுணர்விகள்
- மருத்துவத் துறையில் x–கதிர்கள் மூலம் உடல் உறுப்புகளைக் கண்டுணர்ந்து கணினி மூலம் வரைபடமாக அளித்தல்.

9.3.7.2 சூரிய மின்கலம்

சூரிய மின்கலம் அல்லது ஒளி வோல்டா மின்கலமானது, ஒளி வோல்டா விளைவினால் ஒளி ஆற்றலை நேரடியாக மின்னோட்டமாகவோ அல்லது மின்னழுத்த வேறுபாடாகவோ மாற்றும் சாதனமாகும். இது p–n சந்தியில் சூரிய ஒளிபடும் போது மின்னியக்கு விசையை உருவாக்கும் பொதுவான p–n சந்தி டையோடு ஆகும். சூரிய மின்கலங்கள் இரு வகைப்படும். அவை p–வகை மற்றும் n–வகை ஆகும்.

இரண்டு வகைகளிலும் p–வகை மற்றும் n–வகை சிலிக்கான்கள் இணைந்து, சூரிய மின்கலத்தின் p–n சந்தியை உருவாக்குகின்றன. p–வகை சூரிய மின்கலனில் p–வகை சிலிக்கான் அடிப்பகுதியும், அதன்மீது மீநுண்ணிய n–வகை சிலிக்கான் படலமும் உள்ளன. இது படம் 9.24 இல் காணப்பட்டுள்ளது. இதற்கு வேறுபாடாக n–வகை சூரிய மின்கலனில் எதிர்மறையான இணைப்பு பயன்படுத்தப்படுகிறது. p–வகை சிலிக்கானின் மறுபுறம் உலோகப் பூச்சு ஏற்படுத்தப்பட்டு, பின்புற மின் இணைப்பிற்குப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. n–வகை சிலிக்கானின் மேற்பகுதியில் உலோக



படம் 9.24 சூரிய மின்கலத்தின் குறுக்குவெட்டுத் தோற்றம்

வலைச்சட்டம் பதிய வைக்கப்பட்டு முன்புற மின் இணைப்பிற்குப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. சூரிய மின்கலத்தின் மேற்பகுதியில் எதிரொளிப்பை கட்டுப்படுத்தும் பூச்சும், வலிமையான கண்ணாடியும் பதிய வைக்கப்பட்டுள்ளன.

சூரிய மின்கலனில் எலக்ட்ரான் துளை இணையானது சந்திக்கு அருகில் உட்கவரப்படும் ஒளியினால் உருவாக்கப்படுகின்றன. இயக்கமில்லாப் பகுதியில் மின்புலத்தின் காரணமாக, மின்னூட்ட ஊர்திகள் பிரிக்கப்படுகின்றன. எலக்ட்ரான்கள் n–வகை சிலிக்கானை நோக்கியும், துளைகள் p–வகை சிலிக்கான் படலத்தை நோக்கியும் நகர்கின்றன. n–பகுதியை அடையும் எலக்ட்ரான்களை முன்புற மின் இணைப்பு மின்வாயும், p–பகுதியை அடையும் துளைகளை பின்புற மின் இணைப்பு மின்வாயும் சேகரிப்பதால் மின்கலத்தின் குறுக்கே மின்னழுத்த வேறுபாடு உருவாகும். சூரிய மின்கலத்துடன் வெளிப்புற பளு இணைக்கப்படும்போது அதன் வழியாக, ஒளி மின்னோட்டம் பாயும்.

அதிக எண்ணிக்கையில் சூரிய மின்கலன்கள் தொடரிணைப்பாகவோ பக்க இணைப்பாகவோ இணைக்கப்பட்டு சூரிய மின்கலன் பலகையாகவோ, தொகுப்பாகவோ உருவாக்கப்படுகின்றன. அதிக சூரிய மின்கலன் பலகைகள் ஒன்றுடன் ஒன்று இணைக்கப்பட்டு சூரிய தகடுகளின் தொகுப்பு உருவாக்கப்படுகிறது. மிக அதிக மின்திறன் பயன்பாடுகளில் சூரிய பலகைகள் மற்றும் சூரிய தகடுகளின் தொகுப்பு ஆகியவை பயன்படுகின்றன.

பயன்பாடுகள்

- கணிப்பான்கள், கடிகாரங்கள், பொம்மைகள் ஆகியவற்றில் சூரிய மின்கலன்கள் அதிகளவும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. சூரிய மின்கலன்கள் நகரும் மின்வழங்கிகளில் பயன்படுகிறது.
- செயற்கைக் கோள் மற்றும் விண்வெளி பயன்பாடுகளில் பயன்படுகிறது.
- சூரிய பலகைகள் மின்னோட்டத்தை உருவாக்க பயன்படுகின்றன.

9.4 இரு முனை சந்தி டிரான்சிஸ்டர் (BJT)

அறிமுகம்

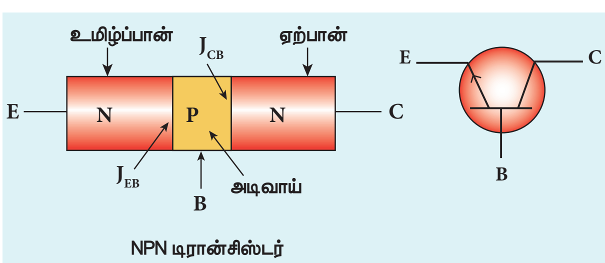
1951 ல், வில்லியம் ஷாக்லி என்பவர் டிரான்சிஸ்டரின் நவீன வடிவத்தை உருவாக்கினார்.

UNIT-9_XII-Physics_Vol-2_Tamil.indd 211 9/12/2019 12:57:10 PM

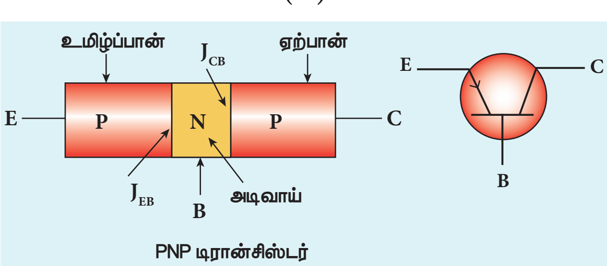
இது இருபதாம் நூற்றாண்டின் தொழில்நுட்ப புரட்சியை ஏற்படுத்த உதவிய குறைகடத்தி கருவி ஆகும். டிரான்சிஸ்டரில் வெப்ப இழப்பு குறைவாகும். இப்பண்பு ஆயிரக்கணக்கில் மீச்சிறு டிரான்சிஸ்டர்களைக் கொண்ட தொகுப்புச் சுற்றை உருவாக்க அடிப்படையாக இருந்தது. வேகமாக முன்னேறிவரும் எலக்ட்ரானியல் தொழில் துறையில் அதிக அளவு பயன்பாடுகளுக்கு தொகுப்புச் சுற்றின் தோற்றம் வழிவகை செய்துள்ளது.

இரு முனை சந்தி டிரான்சிஸ்டர் (BJT)

சிலிக்கான் அல்லது ஜெர்மானிய குறைகடத்தி படிகத்தில் n–வகை பொருளானது இரண்டு p–வகை பொருள்களுக்கிடையே இடையீட்டு அடுக்காக வைக்கப்படுகிறது (PNP டிரான்சிஸ்டர்) அல்லது ஒரு p–வகை பொருள் இரண்டு n–வகை பொருள்களுக்கிடையே இடையீட்டுப் பொருளாக அமைக்கப்படுகிறது (NPN டிரான்சிஸ்டர்). ஈரப்பதத்திலிருந்து பாதுகாக்க டிரான்சிஸ்டரானது உலோக அல்லது நெகிழிப் பெட்டியில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. டிரான்சிஸ்டரின் இரு வகைகளும் மின்சுற்று குறியீடுகளும் படம் 9.25இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



(அ)



(ஆ)

படம் 9.25 (அ) NPN டிரான்சிஸ்டர் மற்றும் அதன் மின்சுற்று குறியீட்டு படம் (ஆ) PNP டிரான்சிஸ்டர் மற்றும் அதன் மின்சுற்று குறியீட்டுப்படம்.

இவ்வாறு உருவாக்கப்பட்ட மூன்று பகுதிகள் உமிழ்ப்பான், அடிவாய் மற்றும் ஏற்பான் ஆகியவை முறையே E, B மற்றும் C எனப் பெயரிடப்பட்டு முனைகள் அல்லது மின் இணைப்பு அமைப்பு ஏற்படுத்தப்பட்டுள்ளது. BJT என்பது இரு p–n சந்திகளைக் கொண்டுள்ளதால், உமிழ்ப்பான் – அடிவாய் சந்தி (J_{EB}) மற்றும் ஏற்பான் – அடிவாய் சந்தி (J_{CB}) ஆகிய இரு சந்திகளின் குறுக்கே இரண்டு இயக்கமில்லாப் பகுதிகள் உருவாகின்றன.

உமிழ்ப்பான் முனையில் p–லிருந்து n–க்கு குறிக்கப்பட்டுள்ள அம்புக்குறி மரபு மின்னோட்டத்தின் திசையைக் குறிக்கிறது.

உமிழ்ப்பான்

உமிழ்ப்பானின் முக்கிய செயல்பாடு பெரும்பான்மை ஊர்திகளை ஏற்பான் பகுதிக்கு அடிவாய் வழியாகத் தருவது ஆகும். எனவே, மற்ற இரு பகுதியைவிட உமிழ்ப்பான் ஆனது, அதிக அளவு மாசூட்டப்பட்டிருக்கும்.

அடிவாய்

மற்ற இருபகுதியைவிட (10^{-6} m) அடிவாய் ஆனது மெல்லியதாகவும் குறைந்த அளவு மாசூட்டப்பட்டிருக்கும்.

ஏற்பான்

உமிழ்ப்பானிலிருந்து அடிவாய் வழியாகச் செலுத்தப்படும் பெரும்பான்மை ஊர்திகளை ஏற்பதே ஏற்பானின் முக்கிய செயல்பாடு ஆகும். எனவே ஏற்பானின் அளவு மற்ற இரு பகுதியை விடப் பெரியதாகவும் அமைக்க வேண்டும். ஏனெனில், இது அதிக மின் திறனைப் பயன்படுத்த வேண்டியுள்ளது. மேலும், இது ஓரளவு மாசூட்டப்பட்டிருக்கும்.

> **உங்களுக்குத் தெரியுமா?**
>
> வடிவம் மற்றும் மாசூட்டல் அளவின் வேறுபாட்டின் காரணமாக உமிழ்ப்பானுக்கு பதிலாக ஏற்பானுக்கும் ஏற்பானுக்கு பதிலாக உமிழ்ப்பானுக்கும் இணைப்புகள் தர இயலாது.

டிரான்சிஸ்டரை சார்பு படுத்துதல்:

டிரான்சிஸ்டரின் முனைகளுக்கு இடையே உரிய dc மின்னழுத்தத்தை அளிப்பது சார்பு படுத்துதல் எனப்படும்.

டிரான்சிஸ்டர் சார்புபடுத்துதலின் பல்வேறு வகைகள்:

செயல்படும் முன்னோக்கு சார்புச் நிலை:

இந்த வகைச் சார்பில் உமிழ்ப்பான் – அடிவாய் சந்தி முன்னோக்குச் சார்பிலும், ஏற்பான் – அடிவாய் சந்தி பின்னோக்குச் சார்பிலும் இருக்கும்

UNIT-9_XII-Physics_Vol-2_Tamil.indd 212 9/12/2019 12:57:11 PM

டிரான்சிஸ்டரானது செயல்படும் நிலையில் அமையும். இப்போது டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கியாகச் செயல்படும்.

தெவிட்டிய நிலை:

இங்கு, உமிழ்ப்பான் – அடிவாய் சந்தியும், ஏற்பான் – அடிவாய் சந்தியும் முன்னோக்குச் சார்பில் அமையும். டிரான்சிஸ்டரின் சந்திகளின் குறுக்கே மிக அதிக அளவு மின்னோட்டம் பாயும். இந்நிலையில் டிரான்சிஸ்டரானது மூடிய சாவியாகச் செயல்படும்.

வெட்டு நிலை:

இந்த நிலையில் உமிழ்ப்பான் – அடிவாய் சந்தியும், ஏற்பான் – அடிவாய் சந்தியும் பின்னோக்குச் சார்பில் அமையும். இந்த நிலையில் டிரான்சிஸ்டர் திறந்த சுற்றாகச் செயல்படும்.

குறிப்பு

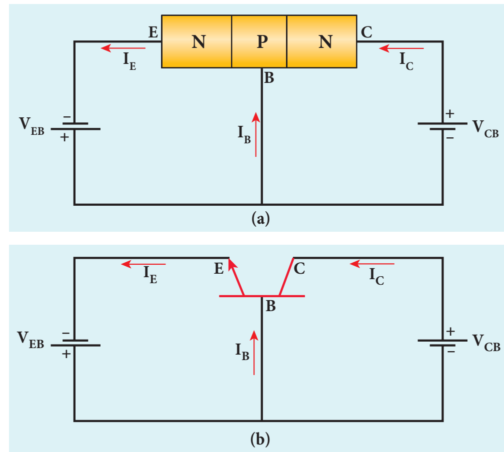
PNP டிரான்சிஸ்டரில் அடிவாயும் ஏற்பானும் உமிழ்ப்பானைப் பொருத்து எதிர்மின்வாயாக இருப்பதை நடுவில் உள்ள N குறிக்கிறது. ஆனால், NPN டிரான்சிஸ்டரில் அடிவாயும் ஏற்பானும் உமிழ்ப்பானைப் பொருத்து நேர்மின் வாயாக இருப்பதை நடுவில் உள்ள P குறிக்கிறது.

9.4.1 டிரான்சிஸ்டர் மின்சுற்று வடிவமைப்புகள்

டிரான்சிஸ்டர் செயல்படும்போது, அதன் முனைகளில் ஏதேனும் ஒரு முனை, உள்ளீடு மற்றும் வெளியீடு மின்சுற்றுகளுக்குப் பொதுவாக பயன்படுத்துவதைப் பொருத்து, மூன்று வகைப்பட்ட மின்சுற்று அமைப்புகள் உள்ளன.

9.4.1.1 பொது அடிவாய் (CB) வடிவமைப்பு:

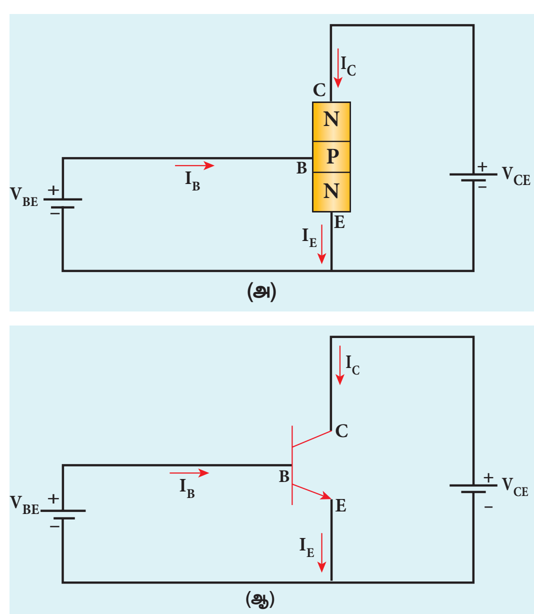
இங்கு உள்ளீடு மற்றும் வெளியீடு மின்சுற்றுகளில் பொதுவாக அடிவாய் அமையும். படம் 9.26 (அ) மற்றும் 9.26 (ஆ)இல் இதற்கான குறியீடு மற்றும் மின்சுற்றுகள் காட்டப்பட்டுள்ளன. உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டம் I_E உள்ளீடு மின்னோட்டமாகவும், ஏற்பான் மின்னோட்டம் I_C ஆனது வெளியீடு மின்னோட்டமாகவும் அமையும். உள்ளீடு சைகையானது உமிழ்ப்பான் – அடிவாய் முனைகளுக்கு இடையே அளிக்கப்பட்டு வெளியீடானது ஏற்பான் – அடிவாய் முனைகளுக்கிடையே பெறப்படும்.



படம் 9.26 பொது அடிவாய் நிலை அமைப்பில் NPN டிரான்சிஸ்டர் (அ) மின்சுற்று குறியீட்டுப்படம் (ஆ) மின்சுற்று குறியீடு

9.4.1.2 பொது உமிழ்ப்பான் மின்சுற்று வடிவமைப்பு

இந்த வடிவமைப்பில், உமிழ்ப்பான் ஆனது உள்ளீடு மற்றும் வெளியீடு ஆகிய இரண்டு மின்சுற்றுகளுக்கும் பொதுவானதாக அமையும். இது படம் 9.27இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. அடிவாய் மின்னோட்டம் I_B உள்ளீடு மின்னோட்டமாகவும், ஏற்பான் மின்னோட்டம் I_c ஆனது வெளியீடு மின்னோட்டமாகவும் அமையும். உள்ளீடு சைகையானது ஏற்பான் மற்றும் அடிவாய் முனைகளுக்கிடையே அளிக்கப்படுகிறது. ஏற்பான் மற்றும் உமிழ்ப்பான் முனைகளுக்கிடையே வெளியீடு அளவிடப்படுகிறது.



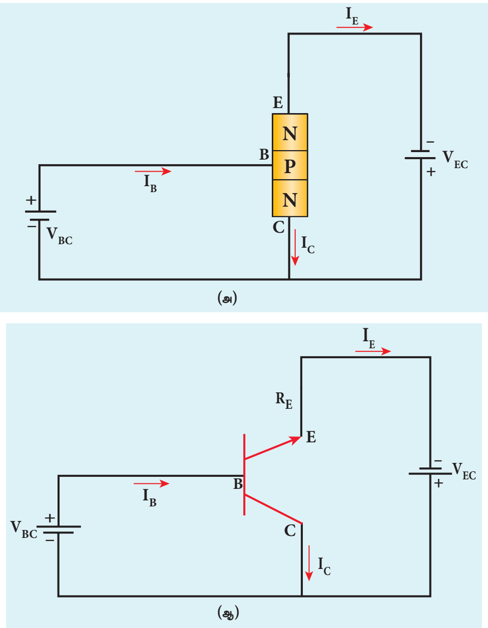
படம் 9.27 பொது உமிழ்ப்பான் நிலை அமைப்பில் NPN டிரான்சிஸ்டர் (அ) மின்சுற்று குறியீட்டுப்படம் (ஆ) மின்சுற்று குறியீட்டு

9.4.1.3 பொது ஏற்பான் மின்சுற்று வடிவமைப்பு

இங்கு உள்ளீடு மற்றும் வெளியீடு மின்சுற்றுகளுக்குப் பொதுவானதாக ஏற்பான் அமைவதை படம் 9.28 இல் காணலாம். அடிவாய் மின்னோட்டம் I_B உள்ளீடு மின்னோட்டமாகவும், ஏற்பான் மின்னோட்டம் I_E வெளியீடு மின்னோட்டமாகவும் அமையும்.

உள்ளீடு சைகையானது அடிவாய் மற்றும் உமிழ்ப்பான் முனைகளுக்கிடையே அளிக்கப்படுகிறது. உமிழ்ப்பான் மற்றும் ஏற்பான் முனைகளுக்கிடையே வெளியீடு அளவிடப்படுகிறது.

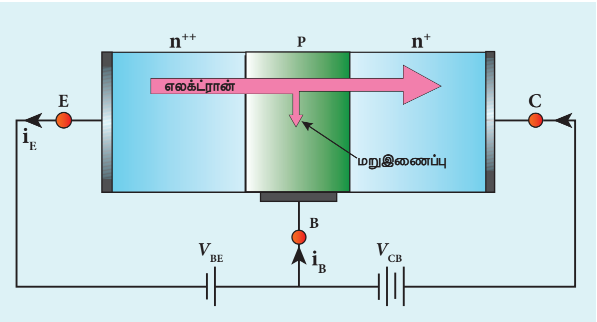
> **குறிப்பு** பொது ஏற்பான் வடிவமைப்பில் வெளியீடு உமிழ்ப்பானிலிருந்து பெறப்படுவதால் இச்சுற்று உமிழ்ப்பான் பின்தொடர்ச்சுற்று எனவும் அழைக்கப்படுகிறது.



படம் 9.28 பொத ஏற்பான் நிலை அமைப்பில் NPN டிரான்சிஸ்டர் (அ) மின்சுற்று குறியீட்டுப்படம் (ஆ) மின் சுற்று குறியீடு

9.4.2 பொது அடிவாய் நிலையில் டிரான்சிஸ்டரின் செயல்பாடு

பொது அடிவாய் நிலையில் NPN டிரான்சிஸ்டரின் செயல்பாடு பின்வருமாறு விவரிக்கப்படுகிறது. முன்னோக்குச் சார்பு செயல்படும் நிலையில் பொது அடிவாய் NPN டிரான்சிஸ்டரில் பாயும் மின்னோட்டம் படம் 9.29 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 9.29 டிரான்சிஸ்டரில் மின்னோட்ட பாய்வு

அடிப்படையில், BJT என்பது இரு p–n சந்தி டையோடுகள் பின்புறமாக இணைக்கப்பட்டுள்ளதைப் போன்று கருதலாம். டிரான்சிஸ்டரின் முன்னோக்குச் செயல் சார்பில், V_{EB} என்னும் மின்னழுத்த மூலத்தின் உதவியால் உமிழ்ப்பான் – அடிவாய் சந்தி முன்னோக்குச் சார்பிலும் ஏற்பான் – அடிவாய் சந்தி V_{CB} எனும் மின்னழுத்த மூலத்தின் உதவியால் பின்னோக்குச் சார்பிலும் வைக்கப்படும். உமிழ்ப்பான் – அடிவாய் சந்தியின் இயக்கமில்லாப் பகுதியை முன்னோக்குச் சார்பு குறைக்கும். ஆனால், ஏற்பான் – அடிவாய் சந்தியின் இயக்கமில்லாப் பகுதியைப் பின்னோக்குச் சார்பு அதிகரிக்கும். எனவே, உமிழ்ப்பான் – அடிவாய் சந்தியில் மின்னழுத்த அரண் குறையும். ஆனால், ஏற்பான் – அடிவாய் சந்தியில் மின்னழுத்த அரண் அதிகரிக்கும். உமிழ்ப்பான் – அடிவாய் சந்தியின் குறுக்கே மின்னழுத்தம் V_{EB} எனவும் ஏற்பான் – அடிவாய் சந்தியின் குறுக்கே மின்னழுத்தம் V_{CB} எனவும் குறிக்கப்படுகின்றன.

NPN டிரான்சிஸ்டரில், உமிழ்ப்பானில் பெரும்பான்மை ஊர்திகள் எலக்ட்ரான்கள் ஆகும். உமிழ்ப்பான் அதிக அளவு மாசூட்டபட்டுள்ளதால், அதில் மிக அதிகஅளவு எண்ணிக்கையில் எலக்ட்ரான்கள் இருக்கும். உமிழ்ப்பான் – அடிவாய் சந்தியின் குறுக்கே முன்னோக்குச் சார்பின் காரணமாக உமிழ்ப்பான் பகுதியிலுள்ள எலக்ட்ரான்கள் அடிவாய்க்குச் செல்லும். இது உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டத்தை (I_E) உருவாக்கும் இந்த எலக்ட்ரான்கள் அடிவாயை அடைந்தபிறகு, அப்பகுதியிலுள்ள துளைகளுடன் இணையமுற்படும். ஆனால் அடிவாயானது மிக மெல்லியதாகவும் குறைந்த அளவே மாசூட்டப்பட்டுள்ளதாலும் எல்லா எலக்ட்ரான்களுடன் இணைய போதுமான துளைகள் இருப்பதில்லை. எனவே, பெரும்பாலான எலக்ட்ரான்கள் ஏற்பானை அடையும்.

UNIT-9_XII-Physics_Vol-2_Tamil.indd 214 9/12/2019 12:57:12 PM

இறுதியாக, ஏற்பான் பகுதியை அடைந்த எலக்ட்ரான்கள் அங்குள்ள நேர் மின்னழுத்தத்தால் கவரப்பட்டு வெளிச்சுற்றுக்குப் பாய்கிறது. இது ஏற்பான் மின்னோட்டம் I_C ஐ உருவாக்குகிறது. அடிவாயில் நடைபெற்ற இணைப்பினால் இழக்கப்பட்ட துளைகளை சார்பு மின்னழுத்தம் V_{EE} மீண்டும் அளித்து அடிவாய் மின்னோட்டம் I_B ஐ உருவாக்குகிறது. அடிவாய் மின்னோட்டத்தின் அளவு மைக்ரோ ஆம்பியர் அளவில் இருக்கும். ஆனால், உமிழ்ப்பான் மற்றும் ஏற்பான் மின்னோட்டங்கள் மில்லி ஆம்பியர் அளவில் இருக்கும்.

உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டம் சுழியெனில், ஏற்பான் மின்னோட்டமும் பெரும்பாலும் சுழியாகும் என்பதைக் கவனிக்க வேண்டும். எனவே BJT நிச்சயமாக ஒரு மின்னோட்டத்தால் கட்டுப்படுத்தப்படும் கருவி ஆகும். கிர்ஃகாப் விதிகளைப் பயன்படுத்தி உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டமானது ஏற்பான் மற்றும் அடிவாய் மின்னோட்டங்களின் கூடுதலாக எழுதலாம்.

$$I_E = I_B + I_C$$

அடிவாய் மின்னோட்டத்தின் மதிப்பு மிகக் குறைவு என்பதால் $I_E \approx I_C$ என எழுதலாம். மேலும் வெப்பத்தினால் உருவாக்கப்படும் எலக்ட்ரான்களால் ஏற்படும் பின்னோக்குத் தெவிட்டிய மின்னோட்டமும் ஏற்பான் மின்னோட்டத்தின் மற்றொரு கூறாக அமையும். இது (I_{CO}) எனக்குறிக்கப்படும். இந்த I_{CO}வின் மதிப்பு ட்ரான்சிஸ்டரின் வெப்பநிலையைச் சார்ந்து அமையும். எனவே உயர்வெப்பநிலைகளில் டிரான்சிஸ்டரின் நிலைப்புத்தன்மையை நன்கு உற்றுநோக்கவேண்டும். ஏற்பான் மின்னோட்டத்திற்கும், உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டத்திற்கும்இடைப்பட்டதகவுமுன்னோக்கு மின்னோட்ட பெருக்கம் (α_{dc}) எனப்படும்.

$$\alpha_{dc} = \frac{I_C}{I_E}$$

ஒரு டிரான்சிஸ்டரின் α மதிப்பு அதன் தரத்தை அளவிடும். α வின் மதிப்பு அதிகமெனில் டிரான்சிஸ்டர் நன்கு செயல்படும். இதன் பொருள் ஏற்பான் மின்னோட்டம் உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டத்திற்கு ஏறக்குறைய சமமாக இருக்கவேண்டும். α வின் மதிப்பு ஒன்றைவிடக் குறைவாக அதாவது 0.95 லிருந்து 0.99 வரை இருக்கும். இது ஏற்பான் மின்னோட்டமானது, உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டத்தில் 95% முதல் 99% வரை இருப்பதைக் காட்டுகிறது.

குறிப்பு

1) மரபு மின்னோட்டத்தின் திசையானது துளையின் இயக்கத்திசையில் அமையும்
2) NPN டிரான்சிஸ்டரில் மின்னோட்டமானது அடிவாயிலிருந்து உமிழ்ப்பானுக்குச் செல்லும்
3) உமிழ்ப்பான் – அடிவாய் சந்தி குறைந்த மின்தடையுடனும் ஏற்பான் அடிவாய் – சந்தி அதிக மின்தடையுடனும் இருக்கும்.

PNP டிரான்சிஸ்டரின் செயல்பாடு

PNP டிரான்சிஸ்டரின் செயல்பாடு NPN டிரான்சிஸ்டரின் செயல்பாட்டைப் போன்றதே. வேறுபாடாக, உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டம் I_E ஆனது துளைகளாலும், அடிவாய் மின்னோட்டம் I_B ஆனது எலக்ட்ரான்களாலும் ஏற்படும். எனினும் வெளிச்சுற்றில் மின்னோட்டமானது எலக்ட்ரான்களின் பாய்வினால் மட்டுமே ஏற்படும்.

எடுத்துக்காட்டு 9.5

பொது அடிவாய் நிலை அமைப்பிலுள்ள உள்ள டிரான்சிஸ்டரின் $\alpha = 0.95$, $I_E = 1\ mA$ ஆகும் எனில் I_C மற்றும் I_B மதிப்புகளைக் காண்க

தீர்வு

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E}$$

$$I_C = \alpha I_E = 0.95 \times 1 = 0.95\ mA$$

$$I_E = I_B + I_C$$

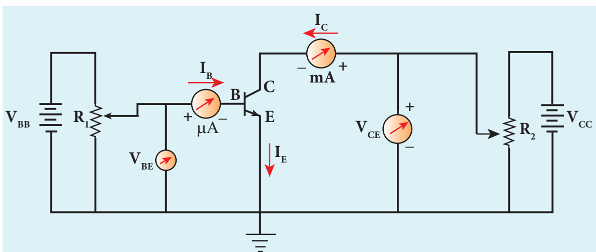
$$\therefore I_B = I_C - I_E = 1 - 0.95 = 0.05\ mA$$

9.4.3 பொது உமிழ்ப்பான் டிரான்சிஸ்டரின் நிலைச் சிறப்பியல்புகள்

மின் சுற்றுகளில் டிரான்சிஸ்டரைச் சிறப்பாகப் பயன்படுத்துவதற்கு உள்ளீடு மின்தடை, வெளியீடு மின்தடை மற்றும் டிரான்சிஸ்டரின் மின்னோட்டப் பெருக்கம் போன்ற குறிப்பிட்ட சில பண்புகளைத் தெரிந்துகொள்வது மிக முக்கியமாகும். NPN டிரான்சிஸ்டரில் பொது உமிழ்ப்பான் அமைப்பில் நிலை சிறப்பியல்பு பண்புகளை அறிய உதவும்

UNIT-9_XII-Physics_Vol-2_Tamil.indd 215 9/12/2019 12:57:15 PM

மின்சுற்று படம் 9.30இல் தரப்பட்டுள்ளது. V_{BB} மற்றும் V_{CC} ஆகிய சார்புபடுத்தும் மின்னழுத்தங்கள் முறையே அடிவாய்–உமிழ்ப்பான் மற்றும் ஏற்பான்–உமிழ்ப்பான் சந்திகளுக்கு அளிக்கப்பட்டுள்ளன. அடிவாய்–உமிழ்ப்பான் சந்தி மின்னழுத்தம் V_{BE} எனவும் ஏற்பான்– உமிழ்ப்பான் சந்தி மின்னழுத்தம் V_{CE} எனவும் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளன. மின்தடைமாற்றிகள் R_1 மற்றும் R_2 ஆகியவை முறையே அடிவாய் மற்றும் ஏற்பான் மின்னோட்டங்களை மாற்றப் பயன் படுத்தப்படுகின்றன.



படம் 9.30 பொது உமிழ்ப்பான் நிலை அமைப்பில் NPN டிரான்சிஸ்டரின் நிலைச் சிறப்பியல்பு

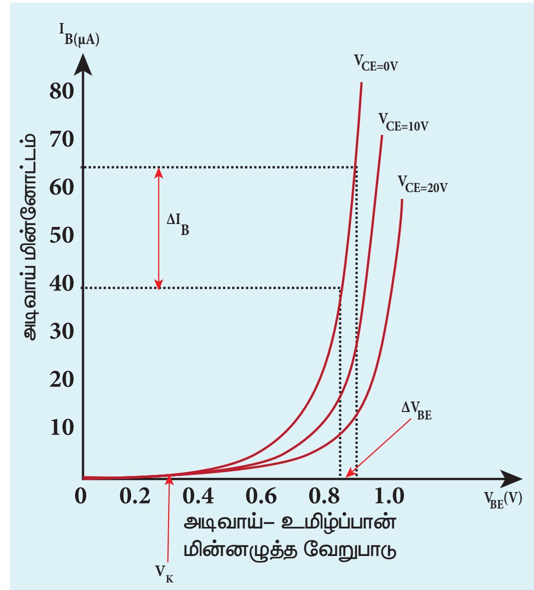
BJT யின் நிலைச் சிறப்பியல்புகள்

1. உள்ளீடு சிறப்பியல்பு
2. வெளியீடு சிறப்பியல்பு
3. பரிமாற்றுச் சிறப்பியல்பு ஆகியவை ஆகும்.

9.4.3.1 உள்ளீடு சிறப்பியல்பு

உள்ளீடு சிறப்பியல்பு வரை கோடுகள், ஏற்பான் உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்தவேறுபாடு மாறிலியாக உள்ளபோது அடிவாய் மின்னோட்டம் (I_B) மற்றும் அடிவாய் – உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாடு (V_{BE}) ஆகியவற்றிற்கு இடையே உள்ள தொடர்பினைத் (V_{CE}) தருகிறது இது படம் 9.31இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

முதலில், ஏற்பான் உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாடு (V_{CE}) குறிப்பிட்ட ஒரு மதிப்பில் இருக்குமாறு செய்யப்படுகிறது [சந்தியைப் பின்னோக்கு சார்பில் வைக்க, இது 0.7V க்கு அதிகமாக இருத்தல் வேண்டும்]. பின்பு அடிவாய் உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாடு (V_{BE}) தகுந்த படிகளாக அதிகரிக்கப்பட்டு அவற்றிற்குரிய அடிவாய் மின்னோட்டம் (I_B) பதிவு செய்யப்படுகிறது. (V_{BE}) ஐ X–அச்சிலும். (I_B) ஐ, Y–அச்சிலும் வைத்து வரைபடம் வரையப்படுகிறது. இச்செய்முறை V_{CE} யின் பல்வேறு மதிப்புகளுக்குத் திரும்பச் செய்யப்படுகிறது.



படம் 9.31 பொது உமிழ்ப்பான் நிலை அமைப்பில் உள்ள NPN டிரான்சிஸ்டரின் உள்ளீடு சிறப்பியல்பு

வரைபடத்திலிருந்து பின்வரும் முடிவுகள் பெறப்படுகின்றன.

- இந்த வளைகோடு சாதாரண p–n சந்தி டையோடின் முன்னோக்குச் சார்பு சிறப்பியல்பினைப் போன்று உள்ளது.
- பயன் தொடக்க மின்னழுத்தம் அல்லது வளைவுப் பகுதி மின்னழுத்தம் (V_k) என்னும் மின்னழுத்தத்திற்குக் கீழே அடிவாய் மின்னோட்டம் மிகச் சிறிய அளவில் அமையும். இம்மின்னழுத்த மதிப்பு சிலிக்கான் டிரான்சிஸ்டருக்கு 0.7V எனவும் ஜெர்மானியம் டிரான்சிஸ்டருக்கு 0.3V எனவும் அமையும். பயன்தொடக்க மின்னழுத்தத்திற்கு அதிகமான மின்னழுத்தங்களில், அடிவாய் – உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்தத்தைப் பொருத்து அடிவாய் மின்னோட்டமும் அதிகரிக்கும்.
- ஏற்பான்–உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாடு அதிகரிக்கும்போது, அடிவாய் மின்னோட்டம் குறைவதைக் கவனிக்கவேண்டும். இது வளைகோட்டை வெளிப்புறத்தை நோக்கி நகர்த்தும். இதற்குக் காரணம் ஏற்பான்–உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாடு அதிகரித்தால் இயக்கமில்லாப் பகுதியின் அகலம் அதிகரித்து, அதன் மூலம் அடிவாயின் அகலம் குறைவதால் அடிவாய் மின்னோட்டமும் குறையும்

உள்ளீடு மின்னெதிர்ப்பு

ஏற்பான்– உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாடு (V_{CE}) மாறிலியாக உள்ளபோது அடிவாய் – உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் (ΔV_{BE})

ஏற்பட்ட மாறுபாட்டிற்கும் அடிவாய் மின்னோட்டத்தில் (ΔI_B) ஏற்பட்ட மாறுபாட்டிற்கும் இடைப்பட்ட விகிதம் உள்ளீடு மின்னெதிர்ப்பு (r_i) எனப்படும். உள்ளீடு மின்னெதிர்ப்பானது வளைகோட்டின் அடிப்பகுதியில் நேர்போக்காக அமையாது.

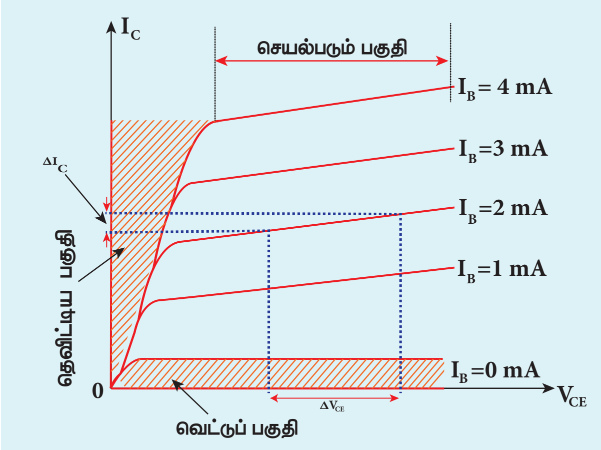
$$r_i = \left(\frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B}\right)_{V_{CB}}$$

பொது உமிழ்ப்பான் நிலை அமைப்பில் உள்ள ஒரு டிரான்சிஸ்டருக்கு உள்ளீடு மின்னெதிர்ப்பு அதிகமாக இருக்கும்.

9.4.3.2 வெளியீடு சிறப்பியல்புகள்

மாறாத உள்ளீடு மின்னோட்டத்தில் (I_B) ஏற்பான் மின்னோட்டத்தில் ஏற்படும் மாறுபாட்டிற்கும் (ΔI_C) அதற்குரிய ஏற்பான்–உமிழ்ப்பான் மாறுபாட்டிற்கும் (ΔV_{CE}) உள்ள தொடர்பினை வெளியீடு சிறப்பியல்பு அளிக்கிறது. இதனைப் படம் 9.32–இல் காணலாம்

முதலில், அடிவாய் மின்னோட்டம் (I_B) குறிப்பிட்ட ஒரு மதிப்பில் வைக்கப்படுகிறது. பின்பு உரிய படிகளில் ஏற்பான்–உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாடு அதிகரிக்கப்பட்டு அதற்குரிய ஏற்பான் மின்னோட்டம் பதிவு செய்யப்படுகிறது. (V_{CE}) ஐ x–அச்சிலும் I_C ஐ y-அச்சிலும் கொண்டு வரைபடம் ஒன்று வரையப்படுகிறது. இச்செயல்முறை வெவ்வேறு I_B மதிப்புகளுக்குச் செய்யப்படுகிறது. சிறப்பு வளைகோட்டில் உள்ள நான்கு முக்கிய பகுதிகள் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.



படம் 9.32 பொது உமிழ்ப்பான் நிலை அமைப்பிலுள்ள NPN டிரான்சிஸ்டரின் வெளியீட்டு சிறப்பியல்பு

(i) *தெவிட்டிய பகுதி*

V_{CE} ஆனது 0 V ஐவிட அதிகரிக்கும்போது I_C ஆனது I_B ஐ பொருத்து ஒரு தெவிட்டிய மதிப்புவரை அதிகரிக்கும். (ஓம்விதிக்கு உட்படும் பகுதி OA) இது வளைவுப் பகுதி மின்னழுத்தம் எனப்படும். டிரான்சிஸ்டர்கள் எப்போதும் இந்த மின்னழுத்தத்திற்கு அதிகமான மின்னழுத்தங்களிலேயே செயல்படுகின்றன .

(ii) *வெட்டுப்பகுதி*

அடிவாய் மின்னோட்டத்தைச் (I_B) சுழி மதிப்பாகக் கொண்ட பிறகும்கூட சிறிய அளவு ஏற்பான் மின்னோட்டம் (I_C) பாயும். இதற்கு காரணம் ஏற்பான்– அடிவாய் சந்தியிலுள்ள சிறுபான்மை ஊர்திகள் ஆகும். இது பரப்புக் கசிவு மின்னோட்டம் (I_{CEO}) ஆகும். இந்தப்பகுதி வெட்டுப்பகுதி என அழைக்கப்படுகிறது. ஏனெனில் இங்கு உண்மையான ஏற்பான் மின்னோட்டம் நிறுத்தப்படுவதே ஆகும்.

(iii) *செயல்படும் பகுதி*

இப்பகுதியில் உமிழ்ப்பான் அடிவாய் பகுதி, முன்னோக்குச் சார்பிலும் ஏற்பான்– அடிவாய் பகுதி, பின்னோக்குச் சார்பிலும் வைக்கப்படுகின்றன. இப்பகுதியில் செயல்படும் டிரான்சிஸ்டர்கள் மின்னழுத்தம், மின்னோட்டம் மற்றும் மின்திறன் பெருக்கத்திற்குப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

(iv) *முறிவுப் பகுதி*

உற்பத்தியாளரால் குறிப்பிடப்பட்ட மதிப்பைவிட ஏற்பான் உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்தவேறுபாடு (V_{CE}) அதிகரிக்கப்படும்போது, ஏற்பான் மின்னோட்டம் (I_C) மிகப்பெரிய அளவு அதிகரித்து டிரான்சிஸ்டரின் சந்திகள் முறிவடையும். இந்தச் சரிவு முறிவு டிரான்சிஸ்டரைச் சேதமடையச் செய்யும்.

வெளியீடு மின்னெதிர்ப்பு

அடிவாய் மின்னோட்டம் (I_B) மாறாதபோது, ஏற்பான்– உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் ஏற்படும் மாறுபாட்டிற்கும் (ΔV_{CE}) அதற்குரிய ஏற்பான் மின்னோட்டத்தில் (ΔI_C) ஏற்பட்ட மாறுபாட்டிற்கும் இடையே உள்ள விகிதம் வெளியீடு மின்னெதிர்ப்பு (r_0) எனப்படும்.

$$r_o = \left(\frac{\Delta V_{CE}}{\Delta I_C}\right)_{I_B}$$

பொது உமிழ்ப்பான் நிலையிலுள்ள டிரான்சிஸ்டரின் வெளியீடு மின்னெதிர்ப்பு மிகக்குறைவு ஆகும்.

9..4.3.3 மின்னோட்ட பரிமாற்று சிறப்பியல்பு

இது ஏற்பான்– உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த V_{CE} வேறுபாடு மாறிலியாக உள்ளபோது அடிவாய்

UNIT-9_XII-Physics_Vol-2_Tamil.indd 217 9/12/2019 12:57:19 PM

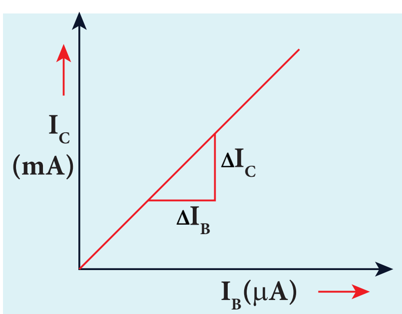
மின்னோட்டத்தைப் பொருத்து (I_B) ஏற்பான் மின்னோட்டத்தில் I_C ஏற்படும் மாறுபாட்டைத் தருகிறது. இதனைப் படம் 9.33 இல் காணலாம். I_B ஆனது சுழியாக இருக்கும்போதுகூட சிறிய அளவு I_C பாய்கிறது. இது பொது உமிழ்ப்பான் கசிவு மின்னோட்டம் (I_{CEO}) எனப்படும். இதற்குக் காரணம் சிறுபான்மை ஊர்திகளின் பாய்வு ஆகும்.

முன்னோக்கு மின்னோட்டப் பெருக்கம்

ஏற்பான் – உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டம் (V_{CE}) மாறாதநிலையில் ஏற்பான் மின்னோட்டத்தில் ஏற்பட்ட மாறுபாட்டிற்கும் (ΔI_C) அடிவாய் மின்னோட்டத்தில் ஏற்பட்ட மாறுபாட்டிற்கும் (ΔI_B) உள்ள தகவு, முன்னோக்கு மின்னோட்டப் பெருக்கம், (β) எனப்படும்.

$$\beta = \left(\frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}\right)_{V_{CE}}$$

இதன் மதிப்பு மிக அதிகமாக இருக்கும். பொதுவாக இதன் நெடுக்கம் 50லிருந்து 200 வரை இருக்கும். இது உற்பத்தியாளரால் குறிப்பிடப்பட்டு, டிரான்சிஸ்டரின் வடிவமைப்பைப் பொருத்திருக்கும். β –வின் மதிப்பு 1000 அளவிற்கு அதிகம் கொண்ட டிரான்சிஸ்டர்களும் உண்டு.



படம் 9.33 பொது உமிழ்ப்பான் நிலை அமைப்பிலுள்ள NPN டிரான்சிஸ்டரின் மின்னோட்ட பரிமாற்றுச் சிறப்பியல்பு

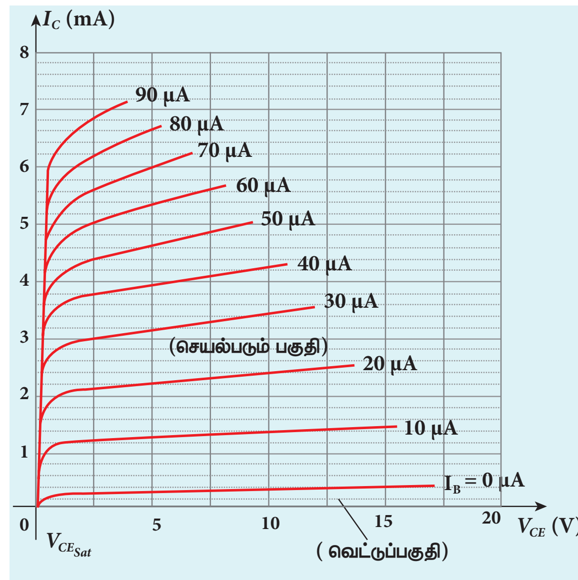
9.4.3.4 α மற்றும் β ஆகியவற்றிற்கு இடையேயுள்ள தொடர்பு

பொது அடிவாய் வடிவமைப்பில் மின்னோட்டப் பெருக்கம் α மற்றும் பொது உமிழ்ப்பான் மின்னோட்ட பெருக்கம் β ஆகியவற்றிற்கு இடையேயுள்ள தொடர்பு பின்வருமாறு தரப்படுகிறது.

$$\alpha = \frac{\beta}{1+\beta} \quad \text{(அல்லது)} \quad \beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$$

எடுத்துக்காட்டு 9.6

பொது உமிழ்ப்பான் நிலையில் ஒரு டிரான்சிஸ்டரின் வெளியீடு சிறப்பியல்பு படத்தில் தரப்பட்டுள்ளது. V_{CE} =15 V எனில் I_C–யின் மதிப்பைக் கணக்கிடுக. மேலும் V_{CE} யின் மதிப்பு 10 V ஆக மாற்றப்படும் போது I_C–யின் மதிப்பைக் கணக்கிடுக



$V_{CE} = 15\ V$ எனில், $I_C = 1.5\ \mu A$

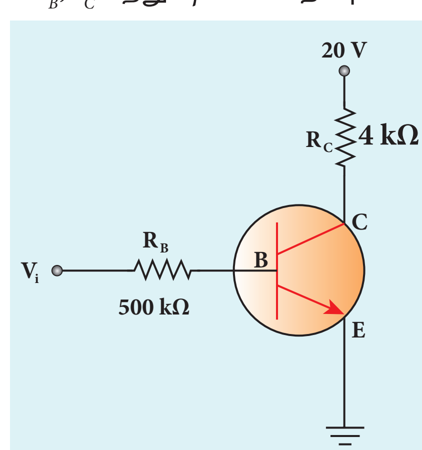
V_{CE} –யின் மதிப்பு 10 Vஆக மாற்றப்பட்டால், $I_C = 1.4\ \mu A$

குறிப்பு

டிரான்சிஸ்டரின் செயல்படும் பகுதியில் ஏற்பான் மின்னோட்டமானது ஏற்பான் – உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாட்டைச் சார்ந்து இருக்காது.

எடுத்துக்காட்டு 9.7

படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள மின்சுற்றில் உள்ளீடு மின்னழுத்தம் $V_i = 20\ V$, $V_{BE} = 0\ V$ மற்றும் $V_{CE} = 0\ V$ எனில் I_B, I_C மற்றும் β வின் மதிப்புகள் யாவை?



UNIT-9_XII-Physics_Vol-2_Tamil.indd 218 9/12/2019 12:57:20 PM

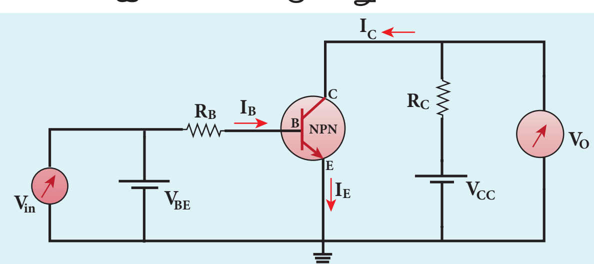
$$I_B = \frac{V_i}{R_B} = \frac{20V}{500k\Omega} = 40\ \mu A \left[\because V_{BE} = 0V\right]$$

$$I_C = \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{20V}{4k\Omega} = 5\ mA \left[\because V_{CE} = 0V\right]$$

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{5\ mA}{40\ \mu A} = 125$$

9.4.4 டிரான்சிஸ்டர் ஒரு சாவியாகச் செயல்படுதல்

டிரான்சிஸ்டரானது தெவிட்டிய மற்றும் வெட்டு நிலையில் ஒரு சிறு கட்டுப்படுத்தும் சைகை மூலம் ஒரு மின்சுற்றை மூடி (ON) அல்லது திறக்கும் (OFF) எலக்ட்ரானியல் சாவியாக செயல்படுகிறது. இது படம் 9.34 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 9.34 டிரான்சிஸ்டர் சாவியாக செயல்படுதல்

- **உள்ளீடில் ஒரு dc மின்னழுத்த மூலம் உள்ளபோது [தெவிட்டிய பகுதி]**

மிக அதிக உள்ளீடு மின்னழுத்தம் ($V_{in} = +5V$) அளிக்கப்படும்போது, அடிவாய் மின்னோட்டம் (I_B) அதிகரிக்கும். இது ஏற்பான் மின்னோட்டத்தை (I_C) அதிகரிக்கும். இதனால் டிரான்சிஸ்டர் தெவிட்டிய பகுதிக்குள் நுழையும் (சாவி மூடுதல் –ON)

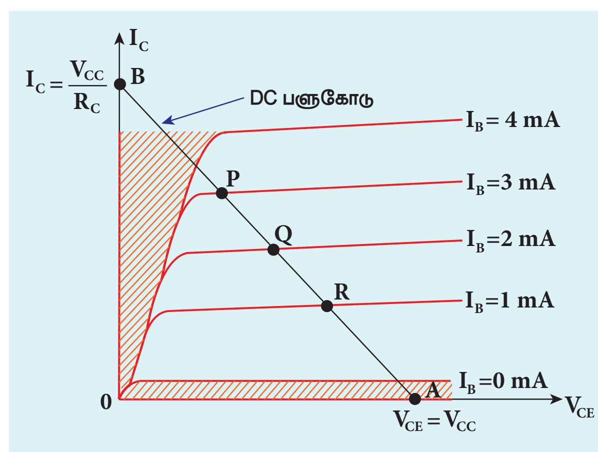
ஏற்பான் மின்னோட்டத்தில் (I_C) ஏற்படும் உயர்வு, R_C இன் குறுக்கே மின்னழுத்த வேறுபாட்டை அதிகரிக்கும். இதனால், வெளியீடு மின்னழுத்தம் சுழியை நெருங்கும். எனவே, டிரான்சிஸ்டர் மூடிய சாவியாகச் செயல்பட்டு இயங்கு (ON) நிலைக்குச் சமமானதாக மாறுகிறது.

- **உள்ளீடில் dc மின்னழுத்த மூலம் இல்லாத நிலையில் (வெட்டுப் பகுதி)**

மிகக்குறைந்த உள்ளீடு மின்னழுத்தம் ($V_{in} = 0V$) அளிக்கப்படும்போது, அடிவாய் மின்னோட்டம் (I_B) குறைந்து அதன்மூலம், ஏற்பான் மின்னோட்டம் (I_C) குறைக்கப்படும். தற்போது டிரான்சிஸ்டர் R_C ஆனது வெட்டுப் பகுதிக்குள் நுழையும் (இயங்காதநிலை – OFF) டிரான்சிஸ்டரானது அதிக உள்ளீட்டிற்குக் குறைந்த வெளியீட்டையும், குறைந்த உள்ளீட்டிற்கு அதிக வெளியீட்டையும் அளிக்கிறது என்பது இங்கு தெளிவாகிறது. மேலும், வெளியீடு மின்னழுத்தமானது அளிக்கப்பட்ட உள்ளீடு மின்னழுத்தித்திற்கு எதிராக அமையும். எனவே, டிரான்சிஸ்டரானது கணினி லாஜிக் சுற்றுகளில் புரட்டியாக (NOT கேட்) பயன்படுத்தப்படுகிறது.

9.4.5 செயல்படும் புள்ளி

செயல்படும் புள்ளி என்பது டிரான்சிஸ்டரானது திறம்பட செயல்படும் புள்ளியாகும். dc பளுகோடு என்பது V_{CC} ($I_C = 0$எனும்போது) மற்றும் I_C (V_{CE} = 0 எனும்போது) ஆகிய மதிப்புகளைக் கொண்டு வரையப்பட்ட வரைகோடு ஆகும். வெளியிடு சிறப்பியல்பு வளைகோட்டுடன் மேற்பொருத்தி வரையப்பட்ட dc பளுகோடானது, டிரான்சிஸ்டரின் செயல்படும் புள்ளியைப் பற்றி அறிய உதவுகிறது. இது படம் 9.35 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 9.35 பொது உமிழ்ப்பான் நிலை அமைப்பிலுள்ள NPN டிரான்சிஸ்டரின் வெளியீட்டு சிறுப்பியல்புடன் dc பளுகோடு

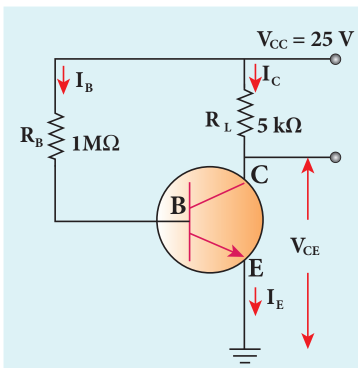
படம் 9.35 இல் புள்ளிகள் P, Q, R ஆகியவை Q–புள்ளிகள் அல்லது தொடக்க புள்ளிகள் எனப்படும். இவை டிரான்சிஸ்டரின் செயற்படும் புள்ளி அல்லது குறிப்பு புள்ளி எனப்படுகின்றன. செயற்படும் புள்ளியானது dc பளுகோட்டின் மையத்தில் தேர்வு செய்யப்பட்டால் (புள்ளி Q) டிரான்சிஸ்டரானது பெருக்கியாகத் திறம்பட செயலாற்றும். செயல்படும் புள்ளி என்பது, உருக்குலைவு இல்லாமல் கிடைக்கும் பெரும அளவு சைகையைத் தீர்மானிக்கிறது.

UNIT-9_XII-Physics_Vol-2_Tamil.indd 219 9/12/2019 12:57:23 PM

டிரான்சிஸ்டரானது திறந்த சாவியாகச் செயல்படும் போது Q–புள்ளியானது வெட்டுப்பகுதியிலும், மூடிய சாவியாகச் செயல்பட தெவிட்டிய பகுதியிலும் தேர்வு செய்யப்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 9.8

படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள பொது உமிழ்ப்பான் டிரான்சிஸ்டர் மின்சுற்றில் மின்னோட்டம் பெருக்கம் 120 ஆகும் எனில் dc பளுகோட்டை வரைந்து அதில் Q புள்ளியைக் குறிக்க (V_{BE} யின் மதிப்பு புறக்கணிக்கப்படுகிறது).



தீர்வு

$\beta = 120$

அடிவாய் மின்னோட்டம்

$$I_B = \frac{25V}{1M\Omega} = \frac{25}{1\times10^6} = 25\ \mu A$$

$$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$

$$I_C = \beta I_B$$

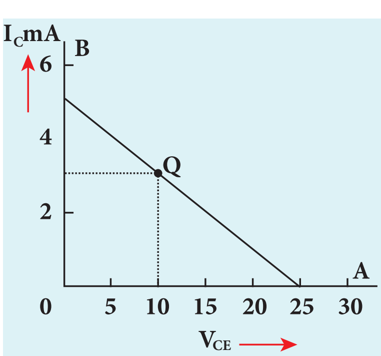
$$I_C = 120\times25\ \mu A$$

$$I_C = 3mA$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$

$$V_{CE} = 25 - 3\ mA \times 5k$$

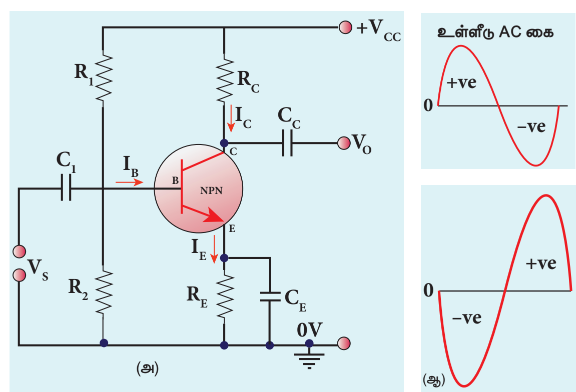
$$V_{CE} = 10V$$



9.4.6 டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கியாகச் செயல்படுதல்

செயல்படும் நிலையில் உள்ள டிரான்சிஸ்டரானது வலுக்குறைந்த சைகைகளைப் பெருக்கும் திறன் கொண்டது. **பெருக்கம் என்பது, சைகையின் வலிமையை அதிகரிக்கும் செயல்முறையாகும் (வீச்சினை அதிகரித்தல்).** மிக அதிக அளவு பெருக்கம் தேவையெனில், டிரான்சிஸ்டர்கள் பிணைப்பு மின்பொருள்களான மின்தடை, மின்தேக்கி மற்றும் மின் மாற்றிகள் மூலம் வரிசையாக இணைக்கப்படுகின்றன. இவை பல்நிலை பெருக்கி எனப்படும்.

ஒரு நிலை பெருக்கி மின் சைகைகளைப் பெருக்குவது படம் 9.36(அ) இல் விவரிக்கப்பட்டுள்ளது. ஒரு நிலை என்பது ஒரு டிரான்சிஸ்டர் மற்றும் இணைப்பு பொருள்களைக் குறிக்கிறது. NPN டிரான்சிஸ்ட்ரானது பொது உமிழ்ப்பான் வடிவமைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ளது.



படம் 9.36 (அ) டிரான்சிஸ்டர் ஒரு பெருக்கியாக செயல்படுதல் (ஆ) 180^0 கட்ட வேறுபாட்டுடன் உள்ள உள்ளீடு மற்றும் வெளியீடு அலை வடிவங்கள்

வெளியிடப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாட்டை அளவிடுவதற்காக ஏற்பான் சுற்றில் R_C என்ற மின்தடையானது தொடரிணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. மின்தேக்கி C_1 ஆனது ac மின்னழுத்தத்தை மட்டுமே தம் வழியே அனுமதிக்கும். உமிழ்ப்பான் புற வழி மின்தேக்கி C_E ஆனது பெருக்கப்பட்ட ac சைகைக்குக் குறைந்த மின்மறுப்புப் பாதையை அளிக்கிறது. பிணைப்பு மின்தேக்கி C_C ஆனது பெருக்கியின் ஒரு நிலையை அடுத்த நிலையுடன் இணைக்கப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. பல்நிலை பெருக்கியை உருவாக்க, V_S என்ற சீரிசையாக மாறும் உள்ளீடு சைகையானது அடிவாய் – உமிழ்ப்பான் சந்திக்குக்

UNIT-9_XII-Physics_Vol-2_Tamil.indd 220 9/12/2019 12:57:25 PM

குறுக்கே அளிக்கப்படுகிறது. வெளியீடானது ஏற்பான்–உமிழ்ப்பானுக்குக் குறுக்கே பெறப்படுகிறது.

ஏற்பான் மின்னோட்டம், $I_C = \beta I_B \quad \left[\because \beta = \frac{I_C}{I_B}\right]$

வெளியீட்டுச் சுற்றுக்குக் கிர்ஃகாப்பின் மின்னழுத்த விதியைப் பயன்படுத்த, ஏற்பான் உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்தம் பின்வருமாறு தரப்படுகிறது.

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$

பெருக்கியின் செயல்பாடு

- *உள்ளீடு சைகையின் நேர் அரை அலையின்போது*

உமிழ்ப்பான் அடிவாய்க்குக் குறுக்கே முன்னோக்கு மின்னழுத்தம் உள்ளீடு சைகையினால் அதிகரிக்கப்படும். இதன் விளைவாக அடிவாய் மின்னோட்டம் (I_B) அதிகரிக்கும். இதனால் ஏற்பான் மின்னோட்டம் (I_c) யானது, β மடங்கு அதிகரிக்கும். இது RC யின் குறுக்கே மின்னழுத்த இறக்கத்தை ($I_c R_c$) அதிகரித்து ஏற்பான் உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாட்டை (V_{CE}) குறைக்கும். எனவே, நேர்மறை உள்ளீடு சைகை, வெளியீட்டில் பெருக்கப்பட்ட எதிர்மறை சைகையாக உருவாகிறது. இதனால் வெளியீட்டு சைகை 180^0 திருப்பப்படுகிறது. இது படம் 9.36 (ஆ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

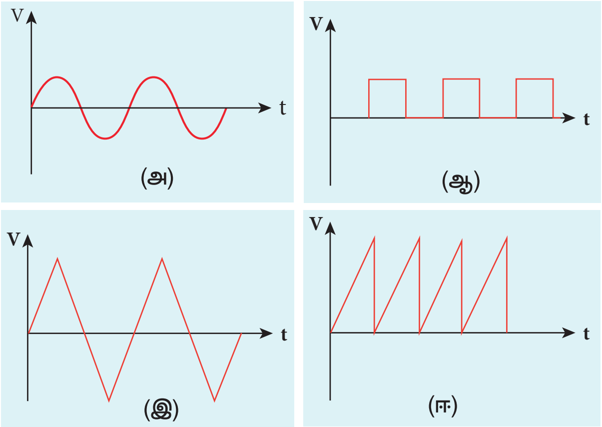
- *உள்ளீடு சைகையின் எதிர் அரை அலையின்போது,*

உமிழ்ப்பான்– அடிவாய் குறுக்கே உள்ள முன்னோக்கு மின்னழுத்தத்தை உள்ளீடு சைகை (V_S) குறைக்கிறது. இதன் விளைவாக அடிவாய் மின்னோட்டம் (I_B) குறைந்து ஏற்பான் மின்னோட்டம் (I_c) அதிகரிக்கிறது. ஏற்பான் மின்னோட்டத்தில் ஏற்படும் உயர்வு R_c யின் குறுக்கே மின்னழுத்த இறக்கம் குறைந்து, ஏற்பான்– உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாடு (V_{CE}) அதிகரிக்கும். எனவே, எதிர்மறை உள்ளீடு சைகை வெளியீட்டில் பெருக்கப்பட்ட நேர்மறை சைகையை ஏற்படுத்துகிறது. இவ்வாறு உள்ளீடு சைகையின் எதிர் அரைச்சுற்றின்போதும் 180^0 கட்ட வேறுபாடு உருவாக்கப்படுகிறது. இது படம் 9.36 (ஆ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

9.4.7 டிரான்சிஸ்டர் அலை இயற்றியாகச் செயல்படுதல்

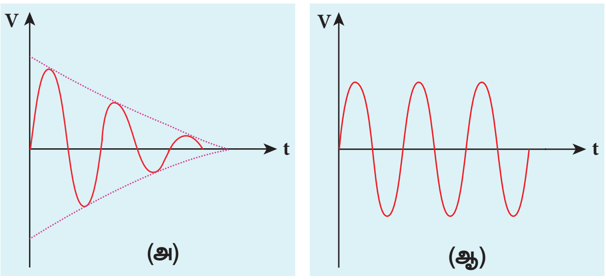
ஓர் எலக்ட்ரானியல் அலை இயற்றி என்பது, dc ஆற்றலை, குறைந்த அதிர்வெண் (Hz) முதல் மிக அதிக அதிர்வெண் (MHz) வரை உள்ள ac ஆற்றலாக மாற்றும் சாதனமாகும். எனவே, இது மாறுதிசை மின்னோட்டம் அல்லது மாறுதிசை மின்னழுத்த மூலமாகும். பெருக்கியைப்போல் அல்லாமல் அலை இயற்றி செயல்பட, புற சைகை மூலம் (external signal source) ஏதும் தேவைப்படுவதில்லை.

அடிப்படையில், அலை இயற்றிகள் இரு வகைப்படும். **சைன் வடிவமுள்ள மற்றும் சைன் வடிவமற்ற** அலை இயற்றிகள் ஆகும். சைன் வடிவமுள்ள அலை இயற்றியானது மாறாத வீச்சு மற்றும் அதிர்வெண் கொண்ட சைன் அலைகளை ஏற்படுத்தும். இது படம் 9.37(அ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஆனால் சைன் வடிவமற்ற அலை இயற்றிகள் சைன் வடிவமற்ற சதுரஅலை, முக்கோண அலை அல்லது ரம்பப்பல் அலை போன்ற அலைகளை உருவாக்கும். இது படம் 9.36(ஆ, இ, ஈ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 9.37 (அ) சைன் வடிவமுள்ள அலை வடிவம் (ஆ) சதுர அலை வடிவம் (இ) முக்கோண அலை வடிவம் (ஈ) ரம்பப் பல் அலை வடிவம்

சைன் வடிவமுள்ள அலைவுகள் இரு வகைப்படும். அவை **தடையுறு அலைவுகள் மற்றும் தடையற்ற அலைவுகள்.** தடையுறு அலைவுகளில் ஆற்றல் இழப்பின் காரணமாகக் காலத்தைப் பொருத்து மின் அலைவுகளின் வீச்சு குறையும். இது படம் 9.38(அ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. தடையற்ற அலைகள் படம் 9.38(ஆ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



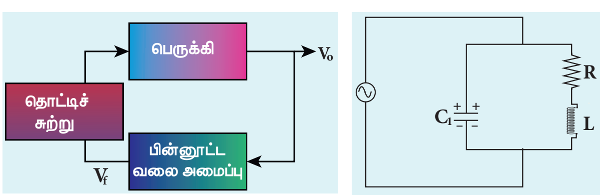
படம் 9.38 (அ) தடையுறு அலைகள் (ஆ) தடையற்ற அலைகள்

டிரான்சிஸ்டர் அலை இயற்றி

அலை இயற்றிச் சுற்றில் தொட்டிச் சுற்று, பெருக்கி மற்றும் பின்னூட்டச்சுற்று ஆகியவை படம் 9.39 இல் காட்டியுள்ளவாறு இருக்கும். தொட்டிச்சுற்றானது மின் அலைவுகளைத் தோற்றுவித்து, டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கிக்கு ac உள்ளீடு சைகையை அளிக்கும் மூலமாகச் செயல்படுகிறது. பெருக்கியானது உள்ளீடு ac சைகையைப் பெருக்குகிறது. பின்னூட்டச் சுற்றானது வெளியீட்டின் ஒரு பகுதியைத் தொட்டிச் சுற்றுக்கு அளித்து அதன் மூலம் ஆற்றல் இழப்பின்றித் தடையற்ற அலைவுகளை ஏற்படுத்துகிறது. எனவே, அலை இயற்றிக்குப் புற உள்ளீடு சைகை தேவைப்படுவதில்லை. வெளியீடானது தாமாகவே தொடர்ச்சியாக அமையும்.

பெருக்கி டிரான்சிஸ்டர்

பெருக்கிச் சுற்று முன்னரே, பகுதி 9.4.5 இல் விவரிக்கப்பட்டுள்ளது.



(அ) (ஆ)

படம் 9.39 (அ) அலை இயற்றியின் கட்டப்படம் (ஆ) தொட்டிச்சுற்று

பின்னூட்ட வலை அமைப்பு

வெளியீட்டின் ஒரு பகுதியை உள்ளீடிற்கு அளிக்கும் சுற்று பின்னூட்டச் சுற்று எனப்படும். வெளியீட்டின் ஒரு பகுதியைச் சமமான கட்டத்தில் உள்ளீடுடன் பின்னூட்டம் செய்யும்போது உள்ளீடு சைகையின் எண் மதிப்பு அதிகரிக்கும். இதுவே தொடர்ச்சியான அலைவுகளுக்குத் தேவையானது ஆகும்.

தொட்டிச்சுற்று

LC தொட்டிச்சுற்றில் ஒரு மின் நிலைமமும், ஒரு மின்தேக்கியும் படம் 9.39 இல் காட்டியவாறு பக்க இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. DC மூலத்தின் மூலம் தொட்டிச்சுற்றுக்கு ஆற்றல் அளிக்கும்போது மின் நிலைமம் மற்றும் மின்தேக்கியில் ஆற்றல் அடுத்தடுத்துச் சேகரிக்கப்படுகிறது. இது குறிப்பிட்ட அதிர்வெண் கொண்ட மின் அலைவுகளைத் தோற்றுவிக்கிறது. (பார்க்க +2, வகுப்பு இயற்பியல் தொகுதி I பகுதி 4.9.1). ஆனால், நடைமுறை அலைஇயற்றிகளில் மின்தடைகள், மின்நிலைமச் சுருள்கள், மின்தேக்கி ஆகியவற்றில் ஆற்றல் இழப்பு ஏற்படுகிறது. மின்தேக்கியில் ஒவ்வொரு முறையும் மின்னேற்றமும் மின்னிறக்கமும் நடைபெறும் போது, இந்த ஆற்றல் இழப்பைச் சரிசெய்ய அலையின் சிறிதளவு ஆற்றல் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதனால் அலைவுகளின் வீச்சு படிப்படியாகக் குறையும். தொட்டிச்சுற்று தடையுறு மின் அலைவுகளைத் தோற்றுவிக்கும். எனவே, தடையற்ற அலைவுகளைத் தோற்றுவிக்க வெளியீட்டுச் சுற்றிலிருந்து உள்ளீட்டுச் சுற்றுக்கு நேர்பின்னூட்டம் அளிக்கப்படுகிறது.

L மற்றும் C இன் மதிப்புகளைப் பின்வரும் சமன்பாட்டில் பயன்படுத்த அலைவுகளின் அதிர்வெண் கண்டறியப்படுகிறது.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

தொடர்ச்சியான அலைவுகளுக்கானப் பர்க்கௌசன் (Barkhausen) நிபந்தனைகள்

அலை இயற்றிகளில் தொடர்ச்சியான அலைவுகள் ஏற்பட பின்வரும் நிபந்தனைகள் பூர்த்தி செய்யப்படவேண்டும். அவை பர்க்கௌசன் நிபந்தனைகள் எனப்படும்.

- மின்சுற்று வலையைச் சுற்றி கட்ட வேறுபாடு 0^0 அல்லது 2π–ன் முழு எண் மடங்காக இருக்க வேண்டும்.
- வலை பெருக்கம் ஒன்றாக இருக்கவேண்டும் $|A\beta| = 1$

இங்கு A என்பது பெருக்கியின் மின்னழுத்த பெருக்கம். β என்பது பின்னூட்டத்தகவு [உள்ளீட்டில் அளிக்கப்படும் வெளியீட்டின் சிறு பகுதி].

வெவ்வேறு வகையான தொட்டிச்சுற்றுகளின் அடிப்படையில் அலை இயற்றிச் சுற்றுகள் பலவகைப்படும். எடுத்துக்காட்டு: ஹார்ட்லி அலை இயற்றி, கால்பிட் அலை இயற்றி, கட்டப்பெயர்ச்சி அலை இயற்றி மற்றும் படிக அலை இயற்றி போன்றவை.

அலை இயற்றிகளின் பயன்பாடுகள்

- காலத்தைப் பொருத்து மீண்டும் மீண்டும் ஏற்படும் சைன் வடிவமுள்ள மற்றும் சைன் வடிவமற்ற அலைகளைத் தோற்றுவிக்கின்றன.
- ரேடியோ அதிர்வெண் ஊர்தி அலைகளைத் தோற்றுவிக்கின்றன.
- ஒலித் தொனியை ஏற்படுத்துகின்றன.
- இலக்கச் சுற்றுகளில் காலச்சைகைகளை தோற்றுவிக்கின்றன.
- தொலைக்காட்சி மற்றும் கேதோடு கதிர் அலை இயற்றிகளில் அதிர்வெண் மாற்றும் மின் சுற்றுகளாகப் பயன்படுகின்றன.

UNIT-9_XII-Physics_Vol-2_Tamil.indd 222 9/12/2019 12:57:27 PM

எடுத்துக்காட்டு 9.9

ஓர் இசைவுறு ஏற்பான் அலை இயற்றியில், 150 μH மாறா மதிப்பு கொண்ட மின் நிலைமம் உள்ளது. அதில் பயன்படுத்தப்படும் மாறும் மின்தேக்கியின் நெடுக்கத்தைக் கண்டுபிடிக்கவும். அதிர்வெண் பட்டையின் அதிர்வெண் 500 kHz லிருந்து 1500 kHz வரை இருக்கும் எனக் கொள்க.

ஒத்திசைவு அதிர்வெண், $f_o = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

இதனைச் சுருக்க $C = \dfrac{1}{4\pi^2 f_o^2 L}$

அதிர்வெண் 500 KHz என இருக்கும்போது,

$$C = \frac{1}{4\times 3.14^2 \times (500\times 10^3)^2 \times 150\times 10^{-6}}$$

= 676 pF

அதிர்வெண் 10 KHz என இருக்கும்போது,

$$C = \frac{1}{4\times 3.14^2 \times (1500\times 10^3)^2 \times 150\times 10^{-6}}$$

= 75 pF

எனவே மின் தேக்கியின் நெடுக்கம் 75 – 676 pF ஆகும்

9.5 இலக்கமுறை எலக்ட்ரானியல் (Digital Electronics)

இலக்கமுறை எலக்ட்ரானியல் என்பது, இலக்கமுறை சைகைகளைக் கையாளும் எலக்ட்ரானியலின் ஒரு பிரிவு ஆகும். இது சைகை செயலாக்கம், தகவல்தொடர்பு ஆகிய பயன்பாடுகளில் உள்ள நவீன செயலாக்கச் சுற்றுகள் முதல் மிகச்சிறிய சுற்றுகள் வரை அதிக அளவில் பயன்படுகிறது. சிறந்த செயல்திறன், துல்லியம், வேகம், நெகிழ்வுத் தன்மை மற்றும் இரைச்சல் எதிர்ப்பு ஆகிய காரணங்களுக்காக தொடர் சைகைகளை விட இலக்க முறை சைகைகள் தேர்ந்தெடுக்கப்படுகின்றன.

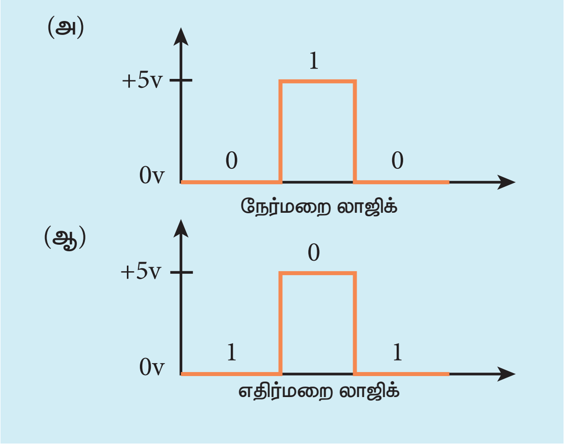
9.5.1 தொடர் மற்றும் இலக்கமுறை சைகைகள்

எலக்ட்ரானியலில் இரு வேறுபட்ட வகையான சைகைகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. அவை (i) தொடர் மின் சைகைகள் மற்றும் (ii) இலக்கமுறை சைகைகள். தொடர் மின் சைகையானது நேரத்தைப் பொருத்து, தொடர்ச்சியாக மாறுபடும் மின்னழுத்தம் அல்லது மின்னோட்டத்தைக் கொண்டது. அத்தகைய சைகைகள் திருத்தி சுற்றுகளிலும் மற்றும் டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கிச் சுற்றுகளிலும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

இலக்கமுறை சைகைகள் மின்னழுத்தங்களின் தனித்தனி மதிப்புகள் மட்டுமே கொண்ட சைகைகள் ஆகும். இலக்கமுறை சைகைகளுக்கு இரு நிலைகள் தேவை: இயக்கு மற்றும் நிறுத்து. இயக்கு ஒரு நிலையாகவும், நிறுத்து மற்றொரு நிலையாகவும் கருதப்படுகின்றன. இந்த இரு நிலைகளை உயர்நிலை (இயக்கு) அல்லது தாழ்நிலை (நிறுத்து) மற்றும் மூடியநிலை (இயக்கு) அல்லது திறந்தநிலை (நிறுத்து) எனவும் வரையறுக்கலாம். பூலியன் இயற்கணிதத்தில், இந்த உயர் மற்றும் தாழ் நிலைகள் 1 அல்லது 0 என்ற இரும எண்களைப் பயன்படுத்தி வரையறுக்கப்படுகின்றன. நிலை 1 குறிப்பது: சுற்றின் இயக்க நிலை, உயர் மின்னழுத்தம், ஒரு மூடிய சாவி. அதுபோன்றே, நிலை 0 குறிப்பது: சுற்றின் நிறுத்தியநிலை, தாழ் மின்னழுத்தம் அல்லது ஒரு திறந்த சுற்று.

நேர் மற்றும் எதிர் லாஜிக்

இலக்கமுறை அமைப்புகளில் இரு மின்னழுத்த மட்டங்கள் உள்ளன: 5 V (உயர்வு நிலை) மற்றும் 0 V (தாழ் நிலை). படம் 9.40 இல் காட்டியுள்ளவாறு, ஒரு நேர் லாஜிக் அமைப்பில் இரும எண் 1 ஆனது 5V ஐக் குறிக்கிறது மற்றும் 0 ஆனது 0 V ஐக் குறிக்கிறது. ஆனால் எதிர்லாஜிக் அமைப்பில், நிலை 1 ஆனது 0 V யும் மற்றும் நிலை 0 ஆனது 5 V யும் குறிக்கின்றன.



படம் 9.40 (அ) நேர்மறை மற்றும் (ஆ) எதிர்மறை லாஜிக்

9.5.2 லாஜிக் கேட்டுகள் (Logic gates)

லாஜிக் கேட் என்பது, இலக்க முறை சைகைகளை அடிப்படையாகக் கொண்டு செயல்படுகின்ற ஒரு எலக்ட்ரானியல் சுற்று ஆகும்.

UNIT-9_XII-Physics_Vol-2_Tamil.indd 223 9/12/2019 12:57:28 PM

பெரும்பாலான இலக்க முறை அமைப்புகளின் அடிப்படைக் கட்டமைப்புகளாக லாஜிக் கேட்டுகள் கருதப்படுகின்றன. அவை ஒரு வெளியீடு மற்றும் ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட உள்ளீடுகளையும் கொண்டவை. மூன்று வகையான அடிப்படை லாஜிக் கேட்டுகள் உள்ளன; அவை AND, OR மற்றும் NOT ஆகும். பிற லாஜிக் கேட்டுகள் Ex–OR, NAND மற்றும் NOR ஆகும். இவற்றை அடிப்படை லாஜிக் கேட்டுகளிலிருந்து உருவாக்கலாம்.

இலக்கமுறை எலக்ட்ரானியல், லாஜிக் செயல்பாடுகளைக் கையாளுகிறது. மாறிகள், லாஜிக் மாறிகள் (logical variables) என அழைக்கப்படுகின்றன. லாஜிக் கூட்டல் (+) மற்றும் லாஜிக் பெருக்கல் (.) போன்ற செயலிகள் லாஜிக் செயலிகள் (logical operators) எனப்படும். லாஜிக் செயலிகள் (+, –) ஆனது லாஜிக் மாறிகள் (A, B) மீது செயல்பட்டால், அது லாஜிக் மாறிலி (Y) ஐ தருகிறது. இந்தச் செயல்பாட்டைக் குறிக்கும் சமன்பாடு லாஜிக் கூற்று (logical statement) எனப்படும்.

உதாரணமாக,

லாஜிக் செயலி : +

லாஜிக் மாறிகள்: A, B

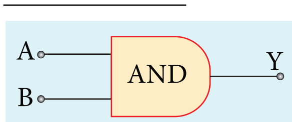
லாஜிக் மாறிலி: Y

லாஜிக் கூற்று: Y = A + B

உள்ளீடுகளின் சாத்தியமான சேர்க்கைகள் மற்றும் அதற்கேற்ற வெளியீடு ஆகியவை அட்டவணை வடிவில் கொடுக்கப்படுகின்றன. இந்த அட்டவணை, உண்மை அட்டவணை எனப்படும். லாஜிக் கூட்டல், பெருக்கல், புரட்டுதல் போன்ற அடிப்படை லாஜிக் செயல்பாடுகளை செயல்படுத்தும் சுற்றுகள் கீழே விவாதிக்கப்பட்டுள்ளன.

AND கேட்

சுற்றுக் குறியீடு:



(அ)

உள்ளீடுகள்		வெளியீடு
A	B	$Y = A + B$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

(ஆ)

படம் 9.41 (அ) இரு உள்ளீடு AND கேட்
(ஆ) உண்மை அட்டவணை

இரு உள்ளீடுகள் கொண்ட ஒரு AND கேட்டின் சுற்றுக் குறியீடு படம் 9.41 (அ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. A மற்றும் B ஆகியவை உள்ளீடுகள் மற்றும் Y வெளியீடு ஆகும். இது ஒரு லாஜிக் கேட். எனவே A, B மற்றும் Y ஆகியவை 1 அல்லது 0 என்ற மதிப்பைக் கொண்டிருக்கலாம்.

பூலியன் சமன்பாடு

$Y = A \,.\, B$

இது லாஜிக் பெருக்கலை மேற்கொள்கிறது மற்றும் அது எண்கணித பெருக்கலில் இருந்து மாறுபட்டது.

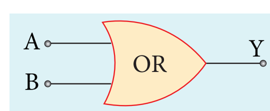
லாஜிக் செயல்பாடு

அனைத்து உள்ளீடுகளும் உயர்வு நிலையில் (1) இருந்தால் மட்டுமே, AND கேட்டின் வெளியீடு உயர்வு நிலையில் (1) இருக்கும். பிற நேர்வுகளில் வெளியீடு தாழ்வுநிலையில் இருக்கும். அது உண்மை அட்டவணையில் காட்டப்பட்டுள்ளது (படம் 9.41 (ஆ)).

OR கேட்

சுற்றுக் குறியீடு

இரு உள்ளீடுகள் கொண்ட ஒரு OR கேட்டின் சுற்றுக்குறியீடு படம் 9.42 (அ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. A மற்றும் B ஆகியவை உள்ளீடுகள் மற்றும் Y வெளியீடு ஆகும்.



(அ)

உள்ளீடுகள்		வெளியீடு
A	B	$Y = A + B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

(ஆ)

படம் 9.42 (அ) இரு உள்ளீடு OR கேட்
(ஆ) உண்மை அட்டவணை

பூலியன் சமன்பாடு

Y = A + B

இது லாஜிக் கூட்டலை மேற்கொள்கிறது மற்றும் அது எண்கணித கூட்டலில் இருந்து மாறுபட்டது.

லாஜிக் செயல்பாடு

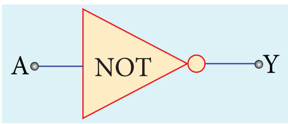
உள்ளீடுகளில் ஏதேனும் ஒன்று அல்லது இரண்டுமே உயர்வு நிலையில் இருந்தால், OR கேட்டின் வெளியீடு உயர்வு நிலையில் (லாஜிக் நிலை 1) இருக்கும். OR கேட்டின் உண்மை அட்டவணை படம் 9.42 (ஆ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

UNIT-9_XII-Physics_Vol-2_Tamil.indd 224 9/12/2019 12:57:28 PM

NOT கேட்

சுற்றுக் குறுயீடு

NOT கேட்டின் சுற்றுக் குறியீடு படம் 9.43 (அ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. A ஆனது உள்ளீடு மற்றும் Y வெளியீடு ஆகும்.



(அ)

உள்ளீடு	வெளியீடு
A	$Y=\overline{A}$
0	1
1	0

(ஆ)

படம் 9.43 (அ) NOT கேட் (ஆ) உண்மை அட்டவணை

பூலியன் சமன்பாடு

$$Y=\overline{A}$$

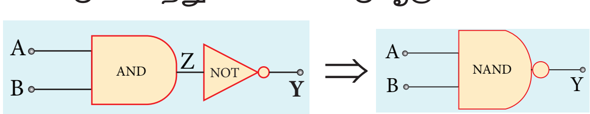
லாஜிக் செயல்பாடு

வெளியீடானது உள்ளீட்டின் நிரப்பி ஆகும். இது ஒரு மேற்கோட்டால் குறிப்பிடப்படுகிறது. இது புரட்டி (inverter) என்றும் அழைக்கப்படுகிறது. உள்ளீடு A ஆனது 0 எனில், வெளியீடு Y ஆனது 1. அதாவது மறுதலையாக இருப்பதை உண்மை அட்டவணை உணர்த்துகிறது. NOT கேட்டின் உண்மை அட்டவணை படம் 9.43 (ஆ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

NAND கேட்

சுற்றுக் குறுயீடு

NAND கேட்டின் சுற்றுக் குறியீடு படம் 9.44 (அ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. A மற்றும் B ஆனது உள்ளீடுகள் மற்றும் Y வெளியீடு ஆகும்.



(அ)

உள்ளீடு		வெளியீடு (AND)	வெளியீடு (NAND)
A	B	Z= A.B	$Y=\overline{A.B}$
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

(ஆ)

படம் 9.44 (அ) இரு உள்ளீடு NAND கேட் (ஆ) உண்மை அட்டவணை

பூலியன் சமன்பாடு

$$Y=\overline{A.B}$$

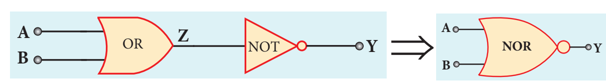
லாஜிக் செயல்பாடு

வெளியீடு Y ஆனது AND செயல்பாட்டின் நிரப்பியாக உள்ளது. சுற்றானது ஒரு AND கேட் மற்றும் அதனைத் தொடர்ந்து ஒரு NOT கேட்டைக் கொண்டுள்ளது. எனவே அது NAND என குறிப்பிடப்படுகிறது. அனைத்து உள்ளீடுகளும் உயர்நிலையில் இருந்தால் மட்டுமே, வெளியீடு லாஜிக் நிலை 0 வில் இருக்கும். பிற நேர்வுகளில் வெளியீடு உயர்வு நிலையில் (லாஜிக் நிலை 1) இருக்கும். NAND கேட்டின் உண்மை அட்டவணை படம் 9.44 (ஆ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

NOR கேட்

சுற்றுக் குறியீடு

NOR கேட்டின் சுற்றுக் குறியீடு படம் 9.45 (அ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. A மற்றும் B ஆனது உள்ளீடுகள் மற்றும் Y வெளியீடு ஆகும்.



(அ)

உள்ளீடு		வெளியீடு (OR)	வெளியீடு (NOR)
A	B	Z=A+B	$Y=\overline{A+B}$
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

(ஆ)

படம் 9.45 (அ) NOR கேட் (ஆ) உண்மை அட்டவணை

பூலியன் சமன்பாடு

$$Y=\overline{A+B}$$

லாஜிக் செயல்பாடு

Y ஆனது OR செயல்பாட்டின் நிரப்பி (A OR B) ஆகும். சுற்றானது ஒரு OR கேட் மற்றும் அதனைத் தொடர்ந்து ஒரு NOT கேட்டைக் கொண்டுள்ளது. இது NOR எனக் குறிப்பிடப்படுகிறது. அனைத்து உள்ளீடுகளும் தாழ்வு நிலையில் இருந்தால், வெளியீடு உயர்வு நிலையில் உள்ளது. உள்ளீடுகளின் பிற சேர்க்கைகளுக்கு, வெளியீடு தாழ்வு நிலையில் உள்ளது. NOR கேட்டின்

UNIT-9_XII-Physics_Vol-2_Tamil.indd 225 9/12/2019 12:57:30 PM

உண்மை அட்டவணை படம் 9.45 (ஆ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

EX–OR கேட்

சுற்றுக் குறியீடு

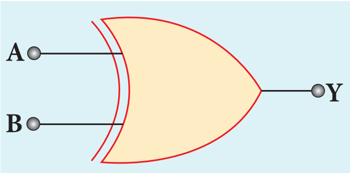
EX–OR கேட்டின் சுற்றுக் குறியீடு படம், 9.46 (அ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது A மற்றும் B ஆனவை உள்ளீடுகள் மற்றும் Y வெளியீடு ஆகும். EX–OR செயல்பாடு ⊕ என குறிக்கப்படுகிறது.

பூலியன் சமன்பாடு

$$Y = A.\overline{B} + \overline{A}.B$$

$$Y = A \oplus B$$

லாஜிக் செயல்பாடு



(அ)

உள்ளீடு		வெளியீடு (Ex-OR)
A	B	$Y = A \oplus B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

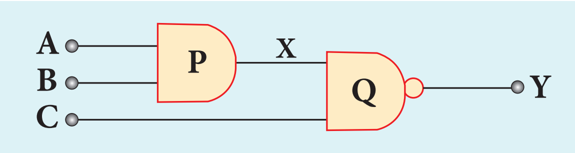
(அ)

படம் 9.46 (அ) EX-OR கேட் (ஆ) உண்மை அட்டவணை

இரு உள்ளீடுகளில் ஏதேனும் ஒன்று உயர்வு நிலையில் இருந்தால், வெளியீடு உயர்வு நிலையில் உள்ளது. இரு உள்ளீடுகளுக்குமேல் கொண்ட EX–OR கேட்டில் ஒற்றைப்படை எண்ணிக்கையிலான உள்ளீடுகள் உயர்வு நிலையில் உள்ளபோது, வெளியீடு உயர்வு நிலையில் இருக்கும். EX – OR கேட்டின் உண்மை அட்டவணை படம் 9.46 (ஆ) காட்டப்பட்டுள்ளது

எடுத்துக்காட்டு 9.10

கீழ்க்காணும் சுற்றில் A, B மற்றும் C ஆகிய மூன்று உள்ளீடுகள் அனைத்தும் முதலில் 0 மற்றும் பிறகு 1 என இருந்தால், வெளியீடு Y என்ன?

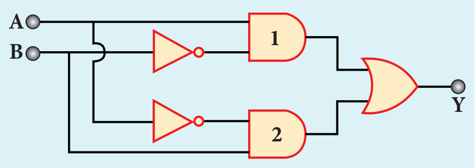


தீர்வு

A	B	C	$X = A \cdot B$	$Y = \overline{X \cdot C}$
0	0	0	0	1
1	1	1	1	0

எடுத்துக்காட்டு 9.11

கீழ்க்காணும் லாஜிக் கேட்களின் சேர்க்கையில், உள்ளீடுகள் A மற்றும் B ஐக் கொண்டு வெளியீடு Y – யிற்கான பூலியன் சமன்பாட்டை எழுதுக?



தீர்வு

1 வது AND கேட் வெளியீடு : $A\overline{B}$

2 வது AND கேட் வெளியீடு : $\overline{A}B$

OR கேட்டில் வெளியீடு : $Y = A.\overline{B} + \overline{A}.B$

9.6 பூலியன் இயற்கணிதம் (Boolean Algebra)

பூலியன் இயற்கணிதம் என்பது அடிப்படையில் (i) உண்டு அல்லது இல்லை (ii) உயர்வு அல்லது தாழ்வு போன்ற இரு நிலைகளுக்கு இடையேயான ஒரு தெரிவு ஆகும். பூலியன் இயற்கணிதத்தில் இந்த இரு நிலைகளும் இரும எண்கள் 0 அல்லது 1 ஆல் குறிப்பிடப்படுகின்றன. இது 1854 இல் ஜார்ஜ் பூல் என்வரால் உருவாக்கப்பட்ட லாஜிக் மற்றும் கணிதத்தைத் தொடர்புபடுத்தும் நூறாண்டு பழைமையான ஒரு கருத்தாகும். பிறகு பூலியன் இயற்கணிதத்தின் முக்கியத்துவம் கணினி சுற்றுகளை வடிவமைப்பதில் உணரப்பட்டது. இன்று நாம் இலக்கமுறை உலகத்தில் உள்ளோம் மற்றும் நாம் அனுபவிக்கும் பெரும்பாலான வசதிகள் பூலியன் இயற்கணிதத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டே இலக்குமுறையாக்கத்தில் உருவானதாகும்.

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

உயர்வு (1) மற்றும் தாழ்வு (0) என்ற கருத்து ஒன்றும் புதிதல்ல. உண்மையில் அது 1938 இல் சானன் என்பவரால் தொலைபேசி இணைப்புச் சுற்றுகளில் பயன்படுத்தப்பட்டது.

பூலியன் இயற்கணிதத்தின் விதிகள்

பகுதி 9.5.2 இல் விவாதிக்கப்பட்ட NOT, OR மற்றும் AND செயல்பாடுகள், பூலியன் செயல்பாடுகள் ஆகும். இந்தச் செயல்பாடுகள் முடிவுகளை பின்வருமாறு தொகுத்துக் கூறலாம்.

நிரப்பி விதி

A	$Y=\overline{A}$
0	$Y=\overline{0}=1$
1	$Y=\overline{1}=0$

நிரப்பி விதியை பின்வருமாறும் கூறலாம் $\overline{\overline{A}}=A.$

OR விதிகள்

A	B	Y = A+B
0	0	Y = 0+0 = 0
0	1	Y = 0+1 = 1
1	0	Y = 1+0 = 1
1	1	Y = 1+1 = 1

OR விதிகளைப் பின்வருமாறு கூறலாம்.

முதல் விதி	A + 0 = A
இரண்டாம் விதி	A + 1 = 1
மூன்றாம் விதி	A + A = A
நான்காம் விதி	$A+\overline{A}=1$

AND விதிகள்

A	B	Y = A.B
0	0	Y = 0.0 = 0
0	1	Y = 0.1 = 0
1	0	Y = 1.0 = 0
1	1	Y = 1.1 = 1

AND விதிகளைப் பின்வருமாறு கூறலாம்.

முதல் விதி	A . 0 = 0
இரண்டாம் விதி	A . 1 = A
மூன்றாம் விதி	A . A = A
நான்காம் விதி	$A\,.\,\overline{A}=0$

பூலியன் செயல்பாடுகள் கீழ்க்காணும் விதிகளுக்கு உட்படுகின்றன.

பரிமாற்று விதிகள்

A + B = B + A

A . B = B . A

சேர்ப்பு விதிகள்

A + (B + C) = (A + B) + C

A . (B . C) = (A . B) . C

பங்கீட்டு விதிகள்

A (B + C) = AB + AC

A + BC = (A + B) (A + C)

மேற்கண்ட விதிகள் சிக்கலான சமன்பாடுகளை எளிமையாக்கவும் மற்றும் லாஜிக் சுற்றுகளை எளிமைப்படுத்தவும் பயன்படுகின்றன.

9.7 டீ மார்கனின் தேற்றங்கள்

9.7.1 டீ மார்கனின் முதல் தேற்றம்

முதல் தேற்றத்தின் கூற்றானது இரு லாஜிக் உள்ளீடுகளின் கூடுதலின் நிரப்பியானது அவற்றின் நிரப்பிகளின் பெருக்கல்பலனுக்குச் சமமாகும்.

நிரூபணம்

NOR கேட்டின் பூலியன் சமன்பாடு வருமாறு

$Y=\overline{A+B}$

குமிழ் இணைக்கப்பட்ட AND கேட்டுக்கான பூலியன் சமன்பாடு வருமாறு

$Y=\overline{A}.\overline{B}.$

சமமான உள்ளீடுகளுக்கு இரு நேர்வுகளிலும் ஒரே வெளியீடு உருவாகிறது. அதனைக் கீழ்க்காணும் உண்மை அட்டவணையைப் பயன்படுத்தி சரிபார்க்கலாம்.

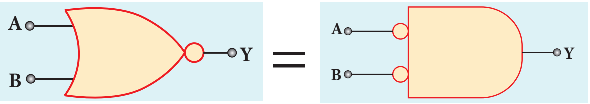
A	B	A+B	$\overline{A+B}$	$\overline{A}$	$\overline{B}$	$\overline{A}.\overline{B}$
0	0	0	1	1	1	1
0	1	1	0	1	0	0
1	0	1	0	0	1	0
1	1	1	0	0	0	0

மேற்கண்ட உண்மை அட்டவணையில் இருந்து பின்வரும் முடிவுக்கு வரலாம்.

$$\overline{A+B}=\overline{A}\cdot\overline{B}$$

ஆகவே டீ மார்கனின் முதல் தேற்றம் நிரூபிக்கப்பட்டது. ஒரு NOR கேட்டானது ஒரு குமிழ் இணைக்கப்பட்ட AND வாயிலுக்குச் சமம் என இது உணர்த்துகிறது.

தொடர்புடைய லாஜிக் சுற்று வரைபடம் படம் 9.47 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 9.47 NOR கேட், குமிழ் இணைக்கப்பட்ட AND கேட்டுக்குச் சமமானது

9.7.2 டீ மார்கனின் இரண்டாம் தேற்றம்

இரண்டாம் தேற்றத்தின் கூற்றானது, இரு உள்ளீடுகளின் பெருக்கல்பலனின் நிரப்பியானது அதன் நிரப்பிகளின் கூடுதலுக்குச் சமமாகும்.

நிரூபணம்

NAND கேட்டுக்கான பூலியன் சமன்பாடு வருமாறு

$$Y=\overline{AB}$$

குமிழ் இணைக்கப்பட்ட OR வாயிலுக்கான பூலியன் சமன்பாடு வருமாறு

$$Y=\overline{A}+\overline{B}$$

A மற்றும் B உள்ளீடுகள் மற்றும் Y வெளியீடு ஆகும். சமமான உள்ளீடுகளுக்கு மேற்கண்ட இரு சமன்பாடுகளும் ஒரே வெளியீட்டை உருவாக்குகிறது. அதனைப் பின்வரும் உண்மை அட்டவணையைப் பயன்படுத்திச் சரிபார்க்கலாம்.

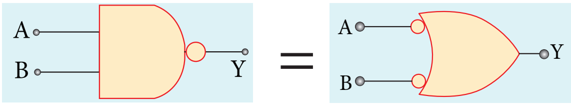
A	B	A.B	$\overline{A.B}$	$\overline{A}$	$\overline{B}$	$\overline{A}+\overline{B}$
0	0	0	1	1	1	1
0	1	0	1	1	0	1
1	0	0	1	0	1	1
1	1	1	0	0	0	0

மேற்கண்ட உண்மை அட்டவணையில் இருந்து நாம் பின்வரும் முடிவுக்கு வரலாம்.

$$\overline{A.B}=\overline{A}+\overline{B}$$

ஆகவே டீ மார்கனின் இரண்டாம் தேற்றம் நிரூபிக்கப்பட்டது. ஒரு NAND கேட்டானது குமிழ் இணைக்கப்பட்ட OR கேட்டுக்குச் சமமானது என அது உணர்த்துகிறது.

தொடர்புடைய லாஜிக் சுற்று வரைபடம் படம் 9.48 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 9.48 NAND கேட், குமிழ் இணைக்கப்பட்ட OR கேட்டுக்குச் சமமானது

எடுத்துக்காட்டு 9.12

பின்வரும் பூலியன் சமன்பாட்டை எளிமைப்படுத்துக.

AC + ABC = AC

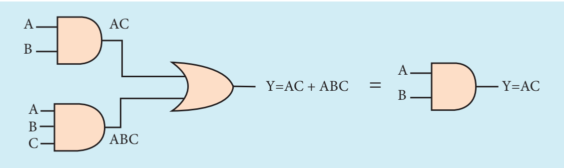
தீர்வு

படி 1: AC (1 + B) = AC.1 (OR விதி –2)

படி 2: AC . 1 = AC (AND விதி – 2)

எனவே, AC + ABC = AC

சுற்று விளக்கம்



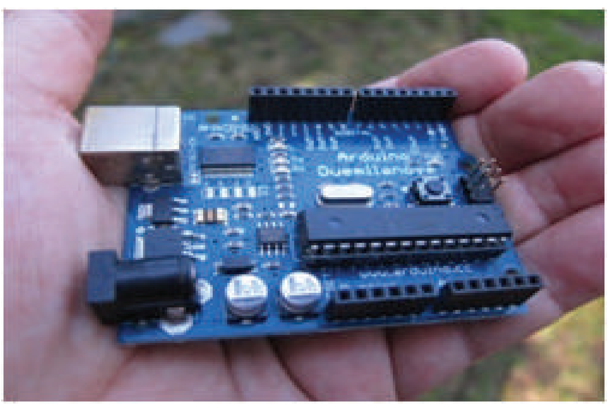
ஆகவே கொடுக்கப்பட்ட கூற்று நிரூபிக்கப்பட்டது.

9.7.3 தொகுப்பு சில்லுகள் (Integrated chips)

ஒரு தொகுப்புச் சுற்றானது IC அல்லது சில்லு அல்லது நுண்சில்லு என்றும் குறிப்பிடப்படுகிறது

UNIT-9_XII-Physics_Vol-2_Tamil.indd 228 9/12/2019 12:57:34 PM

(படம் 9.49). இதில் சிலிக்கன் போன்ற குறைக்கடத்தியின் சிறு துண்டின் மீது சில ஆயிரம் முதல் மில்லியன் வரையிலான டிரான்சிஸ்டர்கள், மின்தடைகள், மின்தேக்கிகள் தொகுக்கப்பட்டுள்ளன.



படம் 9.49 தொகுப்புச் சில்லுகள் கொண்ட சுற்றுக்கள்

தொகுப்புச் சுற்றுக்கள் (IC க்கள்) ஆனவை நவீன எலெக்ட்ரானியலின் மைல்கல் ஆகும். தொழில்நுட்பத்தின் வளர்ச்சி மற்றும் VLSI (மிக பெரும் அளவிலான தொகுப்பு–Very Large Scale Integration) என்ற சகாப்தத்தின் தோற்றம் ஆகியவற்றால், ஒரு தொகுப்புச்சில்லுவில் மிக அதிக அளவிலான டிரான்சிஸ்டர்களை பொருத்த இயலுகிறது.

சாதாரண சுற்றுகளைக் காட்டிலும், தொகுப்புச் சுற்றுக்கள் இரு முக்கிய நன்மைகளைக் கொண்டுள்ளன: விலை மற்றும் செயல்திறன். தொழில்நுட்ப வளர்ச்சியால் அளவு, வேகம் மற்றும் சில்லுகளின் கொள்ளளவு ஆகியவை மிக அதிக அளவு மேம்படுத்தப்பட்டுள்ளன. தற்போது கணினிகள், செல்பேசிகள் மற்றும் இதர வீட்டு உபயோக இலக்கமுறை சாதனங்கள், அளவில் சிறியதான மற்றும் விலை குறைவான தொகுப்புச் சுற்றுகளால் சாத்தியமாகி உள்ளது. தொகுப்புச் சுற்றுகளானது பெருக்கி, அலையியற்றி, நேரச்சுற்று, நுண்செயலி மற்றும் கணினி நினைவகம் ஆகியனவாகச் செயல்பட இயலும்.

இந்த மிகச்சிறிய தொகுப்புச் சுற்றுகள், இலக்கமுறை அல்லது தொடர் தொழில்நுட்பத்தைப் பயன்படுத்திக் கணக்கீடுகளை மேற்கொள்ளவும் மற்றும் தரவைச் சேமிக்கவும் செய்கின்றன. இலக்கமுறை தொகுப்புச்சுற்றுகள் (Digital ICs) ஒன்று மற்றும் சுழி ஆகியவற்றின் மதிப்புகளால் இயங்கும் லாஜிக் கேட்களைப் பயன்படுத்துகின்றன. இலக்கமுறை தொகுப்புச்சுற்று ஒன்றிற்குக் கொடுக்கப்பட்ட ஒரு தாழ்வு சைகை 0 மதிப்பையும், ஒரு உயர்வு சைகை 1 மதிப்பையும் உருவாக்குகின்றது.

இலக்கமுறை தொகுப்புச்சுற்றுகள் கணினிகள், வலைப்பின்னல் கருவி மற்றும் பெரும்பாலான நுகர்வோர் எலக்ட்ரானியல் சாதனங்களிலும் பயன்படுகின்றன.

தொடர் தொகுப்புச்சுற்றுகள் அல்லது நேர்போக்குத் தொகுப்புச் சுற்றுகள் (Analog ICs or linear ICs) தொடர்ச்சியான மதிப்புகளுடன் இயங்குகின்றன. இதன் பொருள், ஒரு தொடர் தொகுப்புச்சுற்றின் பாகமானது எந்த ஒரு மதிப்பையும் பெற்று மற்றொரு மதிப்பிலான வெளியீட்டைத் தரும். நேர்போக்கு தொகுப்புச் சுற்றுகள் குறிப்பாகச் செவியுணர் மற்றும் ரேடியோ அதிர்வெண் பெருக்கத்தில் பயன்படுகின்றன.

UNIT-9_XII-Physics_Vol-2_Tamil.indd 229 9/12/2019 12:57:35 PM

பாடச்சுருக்கம்

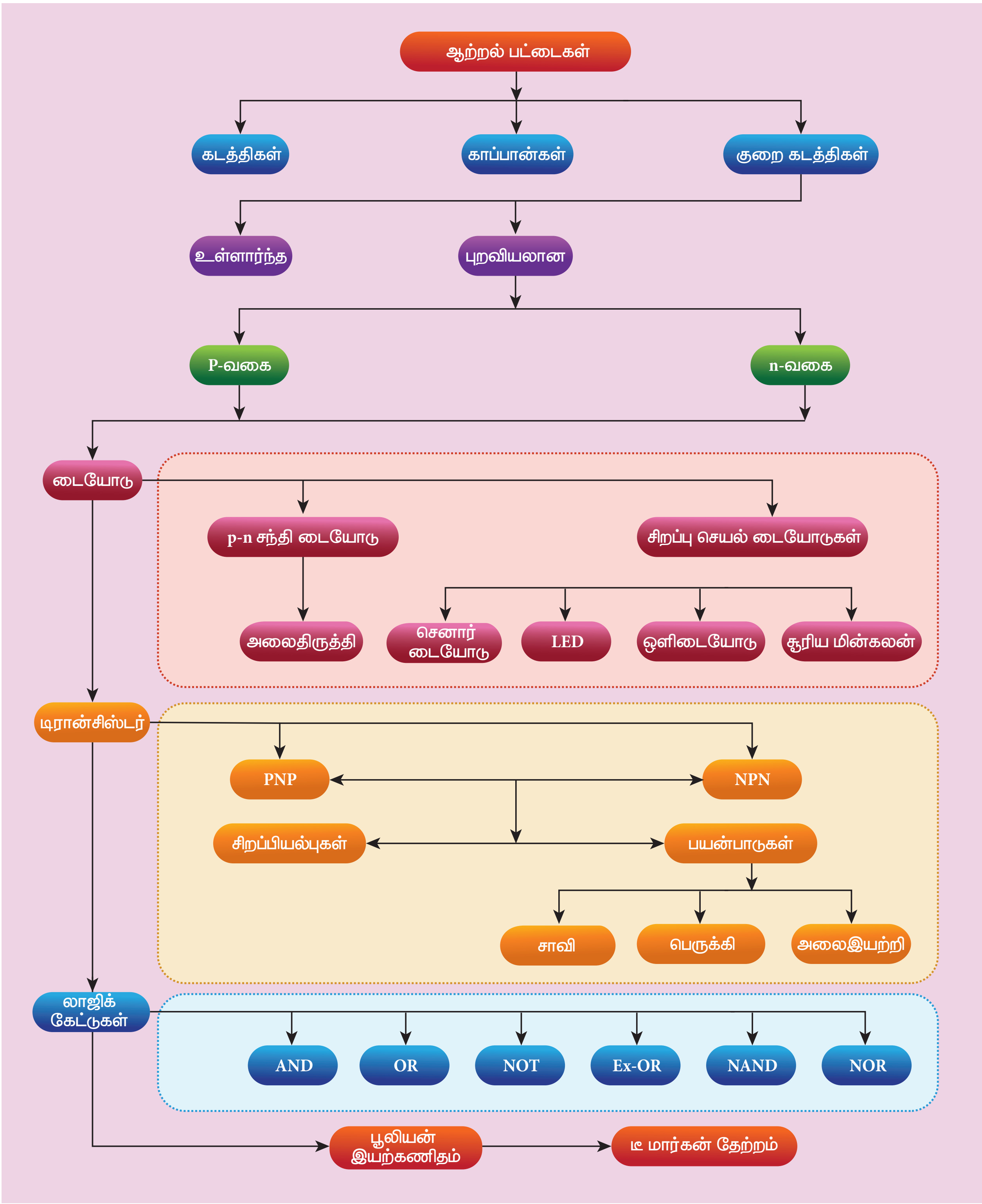
- திண்மங்களில் உள்ள ஆற்றல் பட்டைகள் மூலம் அவை கடத்திகள், காப்பான்கள் மற்றும் குறைகடத்திகள் என வகைப்படுத்தப்படுகின்றன.
- N வகை குறைகடத்தியில் எலக்ட்ரான்கள் பெரும்பான்மை ஊர்திகளாகவும் துளைகள் சிறுபான்மை ஊர்திகளாகவும் உள்ளன.
- P வகை குறை கடத்தியில் துளைகள் பெரும்பான்மை ஊர்திகளாகவும், எலக்ட்ரான்கள் சிறுபான்மை ஊர்திகளாகவும் உள்ளன.
- சார்புபடுத்தப்படாத PN சந்தியில் இயக்கமில்லாப் பகுதி உருவாகின்றது. இங்கு மின்னூட்ட ஊர்திகள் இடம்பெறாது. அதனால், அங்கு இயக்கமில்லா அயனிகள் இருக்கும்.
- PN சந்தி டையோடு முன்னோக்குச் சார்பில் இருக்கும்போது, இயக்கமில்லாப் பகுதி குறைந்து, மின்னழுத்த அரணைவிடச் சார்பு மின்னழுத்தம் அதிகரிக்கும்போது டையோடு மின்னோட்டத்தைக் கடத்தும். அது ஒரு மூடிய சாவியாக செயல்படும்.
- PN சந்தி டையோடு பின்னோக்குச் சார்பில் இருக்கும்போது திறந்த சாவியாகச் செயல்பட்டு மின்னோட்டத்தைக் கடத்தாது. இயக்கமில்லாப் பகுதி அதிகரிக்கும்.
- முன்னோக்குச் சார்பில் உள்ள PN சந்தி டையோடு அலை திருத்தியாகச் செயல்படும். திருத்துதல் என்பது AC மின்னோட்டத்தை DC மின்னோட்டமாக மாற்றும் செயல்முறை ஆகும்.
- அரை அலை திருத்தி உள்ளீடு சைகையின் அரை அலையை மட்டும் திருத்தித் துடிக்கும் வெளியீட்டை உருவாக்கும்.
- முழு அலைதிருத்தியின் பயனுறுதிறன் அரை அலை திருத்தியின் பயனுறுதிறனைவிட இரு மடங்கு ஆகும்.
- பின்னோக்கு மின்னழுத்தத்தை அதிகரிக்கும்போது இரண்டு நிகழ்வுகளின் காரணமாக முறிவு ஏற்படுகிறது. அவை செனார் மற்றும் சரிவு முறிவுகள் ஆகும்.
- மிக வலிமையான மின்புலம் செலுத்தப்படும்போது, செனார் முறிவானது அதிக அளவு மாசூட்டப்பட்ட PN சந்தி டையோடில் நடைபெறுகிறது.
- சரிவு முறிவானது குறைவாக மாசூட்டப்பட்டு மிக அகலமான இயக்கமில்லாப் பகுதியில் நடைபெறுகிறது. வெப்பத்தினால் உருவாக்கப்பட்ட சிறுபான்மை ஊர்திகளால் சகப்பிணைப்பு முறிக்கப்படும்போது இது நடைபெறுகிறது.
- செனார் டையோடு என்பது, மிக அதிகமாக மாசூட்டப்பட்டுப் பின்னோக்குச் சார்பில் செயல்படும் pn சந்தி டையோடு ஆகும்.
- ஒளி உமிழ்வு டையோடு என்பது கட்புலனாகும் அல்லது கட்புலனாகாத ஒளியை உமிழும் முன்னோக்குச் சார்பில் அமைந்த குறைகடத்தி சாதனமாகும் பெரும்பான்மை ஊர்திகள் தங்களது பகுதிக்கு நுழையும் சிறுபான்மை ஊர்திகளுடன் மறுஇணைப்பு மேற்கொள்வதால் ஆற்றலானது போட்டான் வடிவில் உமிழப்படும்.
- ஒளி நுண்ணுணர்வு கொண்ட பொருளால் செய்யப்பட்டு ஒளி சைகைகளை மின் சைகைகளாக மாற்றும் PN சந்தி டையோடு ஒளி டையோடு எனப்படும்.
- போதுமான ஆற்றல் கொண்ட போட்டான் டையோடுமீது படும்போது, எலக்ட்ரான் துளை சோடியை உருவாக்கும். இந்த எலக்ட்ரான்களும் துளைகளும் மறு இணைப்பு அடைவதற்கு முன்பே, பின்னோக்குச் சார்பினால் ஏற்படுத்தப்பட்ட மின் புலத்தினால் சந்திக்குக் குறுக்கே நகர்த்தப்பட்டு, அதனால் ஒளி மின்னோட்டம் உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது.
- சூரிய மின்கலன் என்பது, ஒளி ஆற்றலை நேரடியாக மின் ஆற்றலாக மாற்றும் சாதனம். இது ஒளி வோல்டா விளைவின் அடிப்படையில் செயல்படும்.

UNIT-9_XII-Physics_Vol-2_Tamil.indd 230 9/12/2019 12:57:35 PM

- இருமுனை சந்தி டிரான்சிஸ்டர் (BJT) என்பது, இருவகைப்பட்ட குறைகடத்தி சாதனமாகும். அவை PNP மற்றும் NPN ஆகும்.
- BJT என்பது மூன்று பகுதிகளைக் கொண்டது. அவை உமிழ்ப்பான், அடிவாய் மற்றும் ஏற்பான் ஆகும்.
- டிரான்சிஸ்டரைச் செயல்படும் பகுதியில் அமைக்க உமிழ்ப்பான் அடிவாய் சந்தி முன்னோக்குச் சார்பிலும் ஏற்பான் அடிவாய் சந்தி பின்னோக்குச் சார்பிலும் இருக்க வேண்டும்.
- ஒரு BJT–க்கு மூன்று நிலை அமைப்புகள் உள்ளன. அவை பொது அடிவாய், பொது உமிழ்ப்பான் மற்றும் பொது ஏற்பான் ஆகும்
- பொது அடிவாய் நிலை அமைப்பில், மின்னோட்டப் பெருக்கம் α என்பது ஏற்பான் மின்னோட்டம் மற்றும் உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டத்தின் தகவு ஆகும்.
- பொது உமிழ்ப்பான் நிலை அமைப்பில் மின்னோட்ட பெருக்கம் β என்பது ஏற்பான் மின்னோட்டம் மற்றும் அடிவாய் மின்னோட்டம் ஆகியவற்றின் தகவு ஆகும்.
- பொது உமிழ்ப்பான் நிலை அமைப்பிலுள்ள டிரான்சிஸ்டரானது சாவியாக செயல்படும்.
- பொது உமிழ்ப்பான் நிலை அமைப்பிலுள்ள டிரான்சிஸ்டரானது, பெருக்கியாகச் செயல்படும். மேலும், பெருக்கப்பட்ட வெளியீட்டுச் சைகைக்கும், உள்ளீடு சைகைக்கும் இடையே 1800 கட்ட வேறுபாடு ஏற்படும்.
- ஒரு தொட்டிச் சுற்று மற்றும் நேர் பின்னூட்டம் இணைந்த ஒரு டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கி அலை இயற்றியாகச் செயல்படும்.
- லாஜிக் கேட் என்பது இலக்க முறை சைகைகளை அடிப்படையாகக் கொண்டு செயல்படுகின்ற ஒரு எலக்ட்ரானியல் சுற்று ஆகும்.
- அடிப்படை லாஜிக் கேட்டுகள். AND, OR மற்றும் NOT கேட்டுகள் ஆகும்.
- பூலியன் இயற்கணிதத்தின் முக்கியத்துவம் கணினி சுற்றுக்களை வடிவமைப்பதில் உணரப்பட்டது.
- டீ மார்கனின் முதல் தேற்றத்தின்படி, இரு லாஜிக் உள்ளீடுகளின் கூடுதலின் நிரப்பியானது அவற்றின் நிரப்பிகளின் பெருக்கல்பலனுக்கு சமமாகும்.
- டீ மார்கனின் இரண்டாவது தேற்றத்தின்படி, இரு உள்ளீடுகளின் பெருக்கல்பலனின் நிரப்பியானது அதன் நிரப்பிகளின் கூடுதலுக்கு சமமாகும்.

UNIT-9_XII-Physics_Vol-2_Tamil.indd 231 9/12/2019 12:57:35 PM

கருத்து வரைபடம்



UNIT-9_XII-Physics_Vol-2_Tamil.indd 232
9/12/2019 12:57:35 PM

I சரியான விடைடையைத் தேர்ந்தெடுத்து எழுதுக

1. ஒரு சிலிக்கான் டையோடின் மின்னழுத்த அரண் (தோராயமாக)
   a. 0.7 V b. 0.3V
   c. 2.0 V d. 2.2V

2. ஒரு குறைகடத்தியில் மாசூட்டலின் விளைவாக
   a. இயங்கும் மின்னூட்ட ஊர்திகள் குறையும்
   b. வேதிப்பண்புகளில் மாற்றம் ஏற்படும்.
   c. படிக அமைப்பில் மாற்றம் ஏற்படும்
   d. சகப்பிணைப்பு முறியும்

3. முன்னோக்குச் சார்பில் உள்ள ஒரு டையோடு இவ்வாறு கருதப்படும்.
   a. ஈறிலா மின்தடை கொண்ட ஒரு திறந்த சாவி
   b. 0 V மின்னழுத்த இறக்கமுள்ள ஒரு மூடியசாவி
   c. 0.7 v மின்னழுத்தமுள்ள ஒரு மூடிய சாவி
   d. ஒரு மின்கலன் மற்றும் ஒரு சிறிய மின்தடை ஆகியவற்றுடன் தொடரிணைப்பில் உள்ள ஒரு மூடிய சாவி

4. ஓர் அரை அலைதிருத்தியில் திருத்தப்பட்ட மின்னழுத்தம் ஒரு பளுமின்தடைக்கு அளிக்கப்பட்டால், உள்ளீடு சைகை மாறுபாட்டின் எந்தப் பகுதியில் பளு மின்னோட்டம் பாயும்
   a. 0^0-90^0 b. 90^0-180^0
   c. 0^0-180^0 d. 0^0-360^0

5. சென்னர் டையோடின் முதன்மைப்பயன்பாடு எது?
   a. அலைதிருத்தி b. பெருக்கி
   c. அலை இயற்றி
   d. மின்னழுத்த கட்டுப்படுத்தி

6. சூரிய மின்கலன் இந்தத் தத்துவத்தின் அடிப்படையில் செயல்படுகிறது.
   a. விரவல்
   b. மறு இணைப்பு
   c. ஒளி வோல்டா செயல்பாடு
   d. ஊர்தியின் பாய்வு

7. ஒளி உமிழ்வு டையோடில் ஒளி உமிழப்படக்காரணம்
   a. மின்னூட்ட ஊர்திகளின் மறுஇணைப்பு
   b. லென்சுகளின் செயல்பாட்டால் ஏற்படும் ஒளி எதிரொளிப்பு
   c. சந்தியின்மீது படும் ஒளியின் பெருக்கம்
   d. மிகப்பெரிய மின்னோட்ட கடத்தும் திறன்

D5G8I5

8. ஒரு டிரான்சிஸ்டரானது முழுவதும் இயங்கும் (ON) நிலையில் இருந்தால், அது
   a. குறுக்கு மின்சுற்றில் இருக்கும்
   b. தெவிட்டிய நிலையில் இருக்கும்
   c. வெட்டு நிலையில் இருக்கும்
   d. திறந்த நிலையில் இருக்கும்

9. பொது உமிழ்ப்பான் பெருக்கியின் சிறப்பியல்பு எது?
   a. அதிக உள்ளீடு மின்தடை
   b. குறைந்த திறன் பெருக்கம்
   c. சைகையின் கட்ட மாற்றம்
   d. குறைந்த மின்னோட்டப் பெருக்கம்

10. ஓர் அலை இயற்றியில் தொடர்ச்சியான அலைவுகள் ஏற்பட
    a. நேர்பின்னூட்டம் இருக்க வேண்டும்.
    b. பின்னூட்ட மாறிலி ஒன்றாக இருக்க வேண்டும்.
    c. கட்டமாற்றம் சுழி அல்லது 2π யாக இருக்க வேண்டும்
    d. மேற்கூறிய அனைத்தும்.

11. ஒரு NOT கேட்டின் உள்ளீடு A= 1011 எனில், அதன் வெளியீடானது,
    a. 0100 b. 1000
    c. 1100 d. 0011

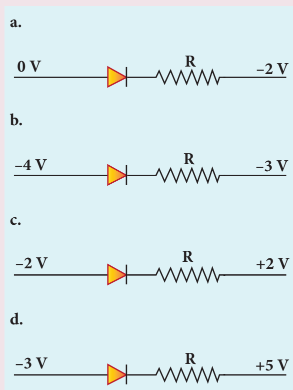
UNIT-9_XII-Physics_Vol-2_Tamil.indd 233 9/12/2019 12:57:35 PM

12. இலக்க வடிவில் தொடர் மின்சுற்று எது?

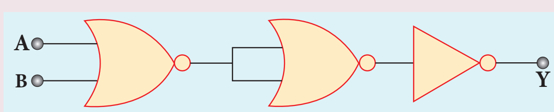
a. AND　　b. OR

c. NOR　　d. NAND

13. பின்வருவனவற்றில் எது முன்னோக்குச் சார்பில் உள்ள டையோடினைக் குறிக்கும் (NEET)



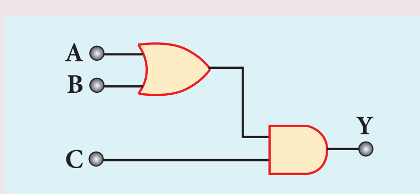
14. பின்வரும் மின்சுற்று எந்த லாஜிக் கேட்டிற்குச் சமமானது (NEET)



a. AND கேட்　　b. OR கேட்

c. NOR கேட்　　d. NOT கேட்

15. பின்வரும் மின்சுற்றின் வெளியீடு 1 ஆக இருக்கும்போது, உள்ளீடு ABC ஆனது (NEET 2016)



a. 101　　b. 100

c. 110　　d. 010

விடைகள்

1. a	2. c	3. d	4. c	5. d
6. c	7. a	8. b	9. c	10. d
11. a	12. a	13. a	14. c	15. a

II சிறுவிடை வினாக்கள்

1. ஒரு குறைகடத்தியில் எலக்ட்ரான் இயக்கத்தைப் பற்றி எழுதுக.
2. உள்ளார்ந்த மற்றும் புறவியலான குறைகடத்திகளை வேறுபடுத்துக.
3. மாசூட்டல் என்பதன் பொருள் என்ன?
4. ஒரு குறைகடத்தி பொருளில் எலக்ட்ரான் துளை இணை எவ்வாறு உருவாக்கப்படுகிறது?
5. ஒரு டையோடு "ஒருதிசைக்கருவி என அழைக்கப்படுகிறது" விளக்குக
6. ஒரு டையோடில் கசிவு மின்னோட்டம் என்பதன் பொருள் என்ன?
7. ஒரு முழு அலைதிருத்தியின் வெளியீட்டு அலைவடிவத்தை வரைக.
8. சரிவு முறிவு மற்றும் செனார் முறிவு ஆகியவற்றை வேறுபடுத்துக?
9. NPN மற்றும் PNP டிரான்சிஸ்டர்களில் சார்புபடுத்தும் முறைகளைப்பற்றி விவாதி.
10. NPN டிரான்சிஸ்டரில் மின்னோட்ட பாய்வு பற்றி விளக்குக.
11. ஒரு பொது உமிழ்ப்பான் பெருக்கியில் உள்ளீடு மற்றும் வெளியீடு AC மின்னழுத்தங்களுக்கு இடைப்பட்ட கட்டத்தொடர்பு என்ன? கட்ட புரட்டுகளுக்கான காரணம் என்ன?
12. ஒரு டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கியில் மின்னூட்டச் சுற்றுக்கான தேவையை விளக்குக.
13. AND, OR, NOT, NAND, NOR மற்றும் ExOR ஆகிய லாஜிக் கேட்டுகளின் மின்சுற்றுக் குறியீடு, லாஜிக் செயல்பாடு, உண்மை அட்டவணை மற்றும் பூலியன் சமன்பாடுகளை தருக.
14. டீ மார்கனின் முதல் மற்றும் இரண்டாவது தேற்றங்களைக் கூறுக.

III பெரு விடை வினாக்கள்

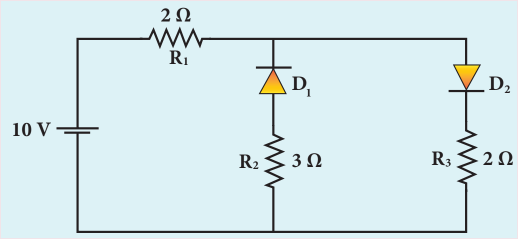
1. N– வகை மற்றும் P– வகை குறைகடத்திகள் உருவாக்கப்படுவதை விளக்கமாக எழுதுக.
2. PN சந்தி உருவாக்கப்படுவதை விளக்குக அதன் V–I சிறப்பியல்பினை விவாதி.

UNIT-9_XII-Physics_Vol-2_Tamil.indd 234　　9/12/2019 12:57:35 PM

3. ஒரு அரை அலைதிருத்தியின் படம் வரைந்து அதன் செயல்பாட்டினை விளக்குக.
4. ஒரு முழு அலைதிருத்தியின் அமைப்பு மற்றும் செயல்படும் விதத்தினை விளக்குக.
5. ஒளி உமிழ் டையோடு என்றால் என்ன? செயல்படும் தத்துவத்தைப் படத்துடன் தருக.
6. ஒளி டையோடு என்பதனைப் பற்றிக் குறிப்பெழுதுக.
7. சூரிய மின்கலம் வேலை செய்யும் தத்துவத்தை விவரி. அதன் பயன்பாடுகளைக் குறிப்பிடுக.
8. பொது உமிழ்ப்பான் டிரான்சிஸ்டரின் நிலை சிறப்பியல்புகளை வரைந்து உள்ளீடு மற்றும் வெளியீடு சிறப்பியல்புகளின் முக்கியமான கருத்துகளைத் தருக.
9. தெளிவான மின்சுற்று படத்துடன் டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கியாகச் செயல்படுவதை விவரிக்கவும். உள்ளீடு மற்றும் வெளியீடு அலைவடிவங்களை வரைக.
10. ஒரு டிரான்சிஸ்டர் சாவியாகச் செயல்படுவதை விளக்குக
11. பூலியன் விதிகளைக் கூறுக. அவை எவ்வாறு பூலியன் சமன்பாடுகளை எளிமையாக்குகின்றன என்பதனை எடுத்துக்காட்டுகளுடன் விளக்கவும்.
12. டீ மார்கன் முதல் மற்றும் இரண்டாவது தேற்றங்களை கூறி நிரூபிக்கவும்.

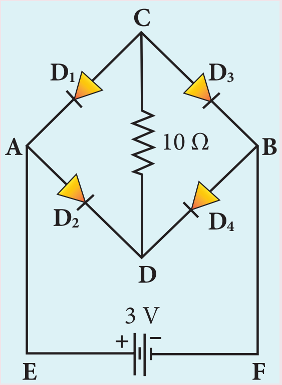
IV பயிற்சிக் கணக்குகள்

1. தரப்பட்டுள்ள மின்சுற்றில் இரண்டு நல்லியல்பு டையோடுகள் படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு இணைக்கப்பட்டுள்ளன. மின்தடை R_1 வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தைக் கணக்கிடுக. [விடை: 2.5 A]

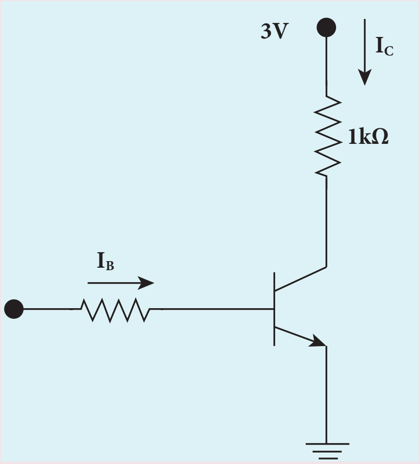


2. பின்வரும் படத்தில் உள்ளவாறு நான்கு சிலிக்கான் டையோடுகள் மற்றும் ஒரு 10 Ω மின்தடை ஆகியவை இணைக்கப் பட்டுள்ளன. ஒவ்வொரு டையோடும் 1 Ω மின்தடை கொண்டவை 10 Ω மின்தடை வழியாகப் பாயும் மின்னோட்டத்தினைக் கணக்கிடுக.

[விடை: 0.13 A]



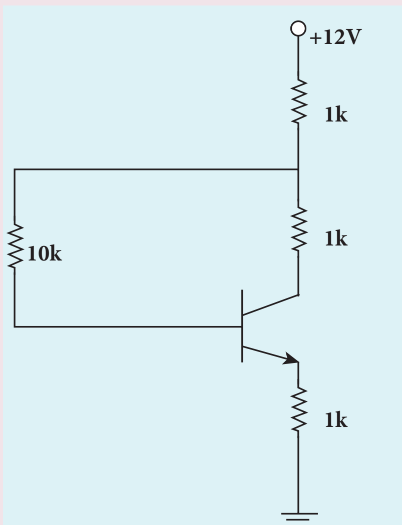
3. V_{CEsat} = 0.2 V எனவும் β = 50 எனில், பின்வரும் படத்தில் காட்டியுள்ள டிரான்சிஸ்டரைத் தெவிட்டிய நிலைக்குக் கொண்டுசெல்ல தேவைப்படும் சிறும அடிவாய் மின்னோட்டத்தைக் (I_B) கணக்கிடுக.
[விடை: 56 μA]



UNIT-9_XII-Physics_Vol-2_Tamil.indd 235 9/12/2019 12:57:36 PM

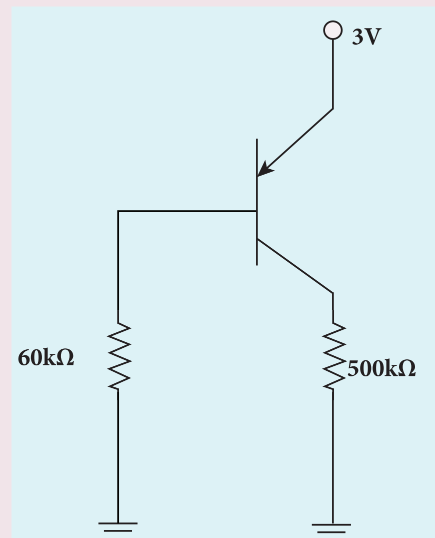
4. ஒரு டிரான்சிஸ்டரின் $\alpha = 0.99$ மற்றும் $V_{BE} = 0.7V$ என பின்வரும் மின்சுற்றில் தரப்பட்டுள்ளது. எனில், ஏற்பான் மின்னோட்டத்தின் மதிப்பைக் காண்க.

[விடை: 5.33 mA]



5. பின்வரும் படத்தில் காட்டப்பட்ட மின்சுற்றில் உள்ள இருமுனை சந்தி டிரான்சிஸ்டரின் மின்னோட்டப் பெருக்கம் $\beta = 50$ உமிழ்ப்பான் அடிவாய் $V_{EB} = 600$ mV மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்குரிய உமிழ்ப்பான் ஏற்பான் மின்னழுத்த வேறுபாட்டினை V_{EC} வோல்டில் கணக்கிடுக.

[விடை: 2 V]



மேற்கோள் நூல்கள் (BOOKS FOR REFERENCE)

1. Charles Kittel , *Introduction to Solid State Physics*, John Wiley & Sons, 2012
2. Rita John, *Solid State Physics*, McGraw Hill Education, 2016
3. Robert L. Boylestad, Louis Nashelsky, *Electronic Devices and Circuit Theory* , Pearson Prentice Hall, 2011
4. Jacob Millman, Christos Halkias, Chetan Parikh, *Millman's Integrated Electronics*, McGraw Hill Education, 2017
5. B.L.Theraja, R.S. Sedha, *Principles of Electronics Devices and Circuits* (Analog and Digital), S. Chand & Company, 2011
6. Albert Paul Malvino, Donald P. Leach, Goutam Saha, *Digital principles and applications*, McGraw Hill Education, 2014
7. V.K.Metha, Rohit Metha, *Principles of Electronics*, S. Chand & Company, 2010.

UNIT-9_XII-Physics_Vol-2_Tamil.indd 236 9/12/2019 12:57:36 PM

இணையச் செயல்பாடு

குறைகடத்தி எலக்ட்ரானியல்

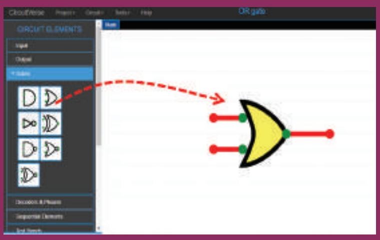
நோக்கம்: இந்த செயல்பாட்டின் மூலம் மாணவர்கள் (i) லாஜிக் கேட்டுகளை உருவாக்குவர் (ii) AND, OR, NOT, EX–OR, NAND மற்றும் NOR கேட்டுகளின் உண்மை அட்டவணையை சரிபார்ப்பர்.

தலைப்பு: லாஜிக் கேட்டுகள்

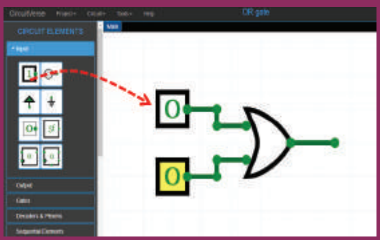
படிகள்:

- உலாவியைத் திறந்து முகவரிப் பட்டியில் "circuitverse.org/simulator" எனத் தட்டச்சு செய்க.
- 'circuit elements' ல் இருக்கும் 'Gates' என்ற தாவலை கிளிக் செய்க. நீங்கள் சரிபார்க்க விரும்பும் கேட்டைத் தேர்ந்தெடுத்து அதனை சுட்டியை பயன்படுத்தி மேடையில் இழுத்து வைக்கவும்.
- லாஜிக் கேட்டில் இருக்கும் கணுக்களை, சுட்டியைப் பயன்படுத்தி இழுப்பதன் மூலம் மின்சுற்றுக்கு தேவையான இணைக்கும் கம்பிகளை உருவாக்கலாம்.
- 'input' தாவலை கிளிக் செய்து அதிலிருக்கும் 'input tool' ஐ சுட்டியை பயன்படுத்தி இழுத்து இரண்டு உள்ளீடுகளிலும் பொருத்தவும்.
- 'output' தாவலை கிளிக் செய்து அதிலிருக்கும் 'output tool' அல்லது 'digital LED' ஐ சுட்டியை பயன்படுத்தி இழுத்து வெளியீடு முனையில் பொருத்தவும்.
- 'input tool' ஐ கிளிக் செய்வதன் மூலம் உள்ளீடுகளை மாற்றலாம். AND, OR, NOT, EX–OR, NAND மற்றும் NOR கேட்டுக்களின் உண்மை அட்டவணையை சரி பார்க்கவும். நீங்கள் விரும்பினால் டீ மார்கனின் இரண்டு விதிகளையும் சரிபார்க்கலாம்.

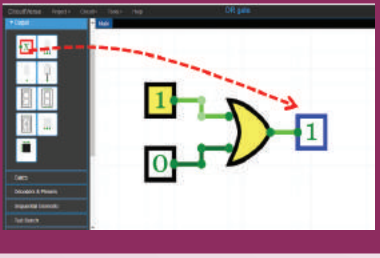
படி 1



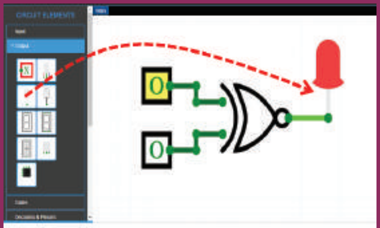
படி 2



படி 3



படி 4



குறிப்பு:

நீங்கள் உருவாக்கும் மின்சுற்றுக்களை ஆன்லைனில் சேமிக்க விரும்பினால் உங்கள் மின்னஞ்சல் முகவரியை பயன்படுத்தி உள் நுழைக (Login).

உரலி:

Link : https://circuitverse.org/simulator

*படங்கள் அடையாளத்திற்கு மட்டும்.

* தேவையெனில் Flash Player or Java Script அனுமதிக்க.

B226_12_PHYSICS_TM

UNIT-9_XII-Physics_Vol-2_Tamil.indd 237 9/12/2019 12:57:36 PM