

# T1-modulen

## Lektion 7-9

Radioamatörkurs  
© OH6AG - 2011

Bearbetning och översättning: Thomas Anderssén, OH6NT  
Original: Heikki Lahtivirta, OH2LH

1

## Dioden

- ◆ Dioden är en enkel halvledarkomponent.
- ◆ Den består av en gränssyta mellan material av P- och N-typ.



Diodens ritsymbol



Konstruktion, P- och N-gränssnitt

2

## Dioden

- ◆ När strömkällans pluspol kopplas till P-typens halva, flyttar sig de överflödiga elektronerna i N-typen till gränssytans närhet.
- ◆ På motsvarande sätt drar strömkällans negativa pol de överflödiga "hålen" i P-typens material till gränssytans närhet.
- ◆ Om strömkällans spänning är tillräckligt stor, överskrider elektronerna och "hålen" gränsskiktet.

3

## Dioden

- ◆ Den spänning varvid gränssnittet blir ledande kallas **tröskelspänning** och är hos kiseldioden **ca. 0,7 V** och germaniumdioden ca. 0,3V.
- ◆ Då spänningen är större än tröskelvärdet leder dioden (framriktningen).
- ◆ Om spänningen kopplas andra vägen, flyttar sig elektroner och "hål" längre från gränsskiktet varvid dioden inte leder (spärriktningen).

4

## Dioden

- ◆ Om spänningen i spärriktningen blir för stor inträffar ett överslag som förstör dioden.
- ◆ Då dioden är spärrad, går det en liten läckström genom dioden i spärriktningen.
- ◆ Då dioden är koppad i framriktningen ändrar restspänningen över dioden inte nämnvärt.
- ◆ Dioder används för att styra strömmar i önskad riktning.

5

## Dioden

- ◆ Praktiska tillämpningar för dioder:
  - Likriktning av växelström till likström
  - Detektering, dvs. avskiljning av informationen från en radiosändnings bärvåg
  - Blandning av olika frekvenser sinsemellan
  - Funktion som omkopplare



6

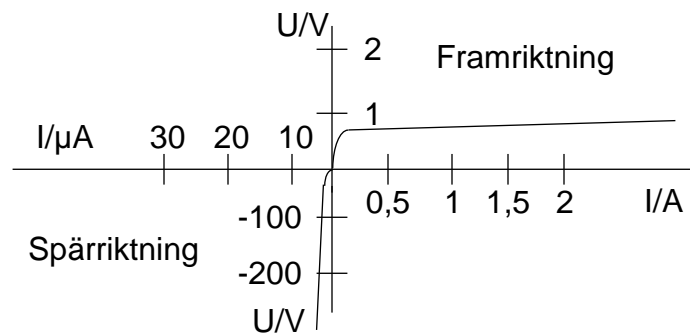
## Dioden

- ◆ De viktigaste parametrarna för dioder är:
  - Största tillåtna kontinuerliga ström i framriktningen
  - Största tillåtna spänning i spärriktningen
  - Funktionshastighet
  - Största tillåtna icke återkommande ström i framriktningen (puls)
  - Katoden på en diod utmärks av en ring och typen med en bokstavs-sifferkombination.

7

## Dioden

- ◆ Kiseldiodens funktionskurva:



8

## Dioden



### ◆ Zenerdioden:

- Är i framritningen likadan som en kiseldiod
- I spärriktningen är spärrspänningen låg, beroende av typen, 3.3 V - 200 V
- På spärrspänningsområdet (= Zenerspänningen) är spänningen mycket liten beroende av strömmen som går igenom dioden
- Används för stabilisering av spänningar och generering av brus.

9

## Dioden



### ◆ Kapacitansdioden (varaktordioden):

- Tillverkad så, att PN-gränssnittets kapacitans är möjligast stor och reglerbar
- Kapacitansens reglering grundar sig på styrning av spänningen i spärriktningen (ändring av avståndet mellan elektroner och "hål")
- Används för reglering av avstämningsskretsar i radioapparater och frekvensmultiplikatorer
- Kan även användas i framriktningen.

10



## Dioden

### ◆ Ljusdioden (el. LED:en):

- Som material har valts ett ämne som börjar emittera synligt ljus när man kopplar en spänning i framriktningen över dioden.
- Restspänningen över dioden i framriktningen är stabil (kan utnyttjas för stabilisering)
- Typisk max. ström i framriktningen är 20 mA, vid större strömmar förstörs lysdioden lätt.

11

## Transistorer

- ◆ Transistorn är en aktiv halvledarkomponent som förstärker signaler som förs till ingångspolerna.
- ◆ Transistorerna delas in i två huvudgrupper:
  - Strömförstärkande bipolära transistorer (BJT)
  - Spänningsstyrda fälteffekttransistorer (FET)



12

## Transistorer

### ◆ Bipolärtransistorer

- består av tre halvledarskikt (två gränssytor).
- Skiktens ordning är endera PNP eller NPN.
- Ordningen på skikten bestämmer strömmens riktning genom transistoren.
- Kopplingen utåt sker med tre elektroder: bas (B), emitter (E) och kollektor (C, collector)

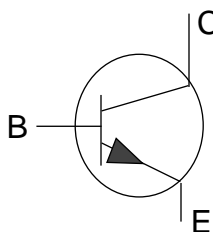


OH6AG

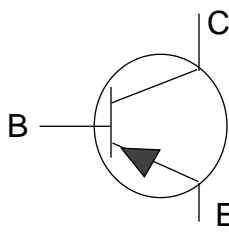
13

## Transistorer

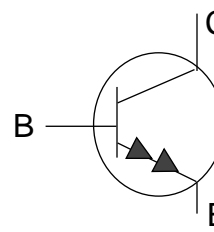
### ◆ Bipolärtransistorernas ritsymboler:



NPN



PNP



NPN - Darlington

OH6AG

14

## Transistorer

- ◆ Bipolärtransistorn:
  - Basen är styrelektrod
  - Är en strömförstärkande komponent
- ◆ Funktionsprincip:
  - Strömmen som går från bas till emitter styr strömmen som går från kollektor till emitter
  - Beroendet mellan strömmarna kallas transistorens strömförstärkningsfaktor ( $\beta$  eller  $H_{fe}$ )

15

## Transistorer

- Värdet på strömförstärkningsfaktorn kan variera beroende på transistortyp från något tiotal till flera tusen
- Mellan basen och emittern finns en framriktad diod, så mellan dem finns en ganska konstant spänningsdifferens på ca. 0,7 V (tröskelspänning)



16



## Transistorer

- ◆ FET - transistorns funktion:
  - Förkortningen FET = Field Effect Transistor = Fälteffekt-transistor.
  - Kallas också kanaltransistor
  - Kopplingen utåt sker med tre elektroder: Gate (G), Drain (D) och Source (S).
  - FET:en är en spänningsstyrd komponent



17

## Transistorer

- Mellan Drain och Source bildas en strömledande kanal och med spänningen mellan Gate och Drain kan kanalens bredd (resistans), m.a.o. strömmens storlek, regleras.
- Gaten är isolerad från kanalen.
- FET:ar tillverkas både som N- och P-kanal FET:ar
- FET:arna delas in i två huvudtyper: Junction- och MOS-FET:ar.

18

## Transistorer

### ◆ Junction FET:

- Från Gaten finns en diod i spärriktning till source- och drain-elektrodena (Området mellan Source och Drain är homogent halvledarmaterial. Likströmmen går inte från Gate till kanalen.)
- Mellan Gate och Source finns en viss kapacitans så vid styrning med växelspänning går det en viss ström från Gate till kanalen.
- Den är av stängande typ, så Gate måste ha spänning för att FET:en inte skall leda

19

## Transistorer

### ◆ MOS-FET :

- Förkortningen från orden Metal Oxide Semiconductor
- Gaten är isolerad med ett tunt metallioxidskikt (inget diodgränssnitt)
- Finns av både spärrande och öppnande typer
- Finns även med två Gate:ar, då kan man styra funktionen med två signaler samtidigt.

20

## *Tyristorer och triacar*

- ◆ Används som snabba effektswitchar.
- ◆ Tyristorn är en diod med fyra lager som leder i framriktningen när den har fått en tändpuls på sin styrelektrod.
- ◆ Tyristorn slocknar när strömmen i framriktningen har gått under den sk. hållströmmen.
- ◆ Tyristorn utnyttjar bara den ena halvperioden av växelströmmen.

21

## *Tyristorer och triacar*

- ◆ Triac:arna är i princip två motkopplade tyristorer med styrelektroderna ihopkopplade.
- ◆ En Triac leder i båda riktningarna när styrningen görs på rätt sätt.
- ◆ En fel konstruerad tyristor- eller triac-koppling orsakar svåra störningar på radiofrekvenserna.

22

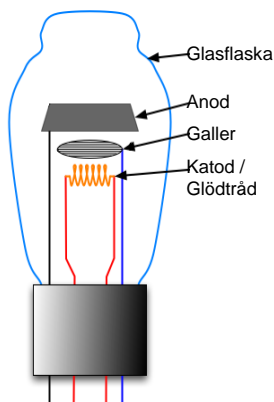
## Vacuumrör (radiator)

- ◆ Dessa är spänningsstyrda komponenter.
- ◆ Radiörrens betydelse inom radiotekniken håller på att minska.
- ◆ De kräver glödeffekt för värmning av katoden → totala effektiviteten försämras.
- ◆ Inbyggda i en glaskupol därifrån luften har sugits ut.



23

## Radiator



- ◆ Ett rör har alltid minst två elektroder: glödkatod och anod. Anoden är mer positiv än katoden, varvid elektronerna som lossnar från katoden när den uppvärms, övergår till anoden.
- ◆ Denna enklaste rörtyp kallas DIOD.
- ◆ Mellan anod och katod kan man införa fler styrelektroder, sk. galler. På bilden en triod.

24

## Radorör

- ◆ Med olika spänningar som tillförs gallren kan man reglera och förändra rörets egenskaper.
- ◆ Rören är inte känsliga för användningsfel.
- ◆ Ingångskapacitansen (mellan galler och katod) är liten (några pF).
- ◆ Typisk anodspänning är 250 V DC, hos sändarrör ca. 2...5 kV DC.

25

## Radorör

- ◆ Rören indelas enligt funktion i följande typer:

Rörtyp	Antal galler	Elektroder
• Diod	0	2
• Triod	1	3
• Tetrod	2	4
• Pentod	3	5
• Heksod	4	6
• Heptod	5	7
• Oktod	6	8

26

## *Radorör*

- ◆ Inne i samma rör som vacuumpumpats kan man bygga (och bygger också) flera rörfunktioner.
- ◆ Då får man t.ex. triod-tetroder, diod-trioder, triod-pentoder osv.
- ◆ Tillgängligheten på radorör har försämrats, numera tillverkas rör i huvudsak endast i de forna östblocksländerna och i Kina.

27

## *T1-modulen*

### *Lektion 7*

Heikki Lahtivirta, OH2LH

Svensk översättning och bearbetning:  
Thomas Anderssen, OH6NT 2011

28

## Förstärkares arbetsklasser

- ◆ En förstärkare är en apparat där en signal med liten effekt styr en större effekt.
- ◆ Förstärkarkomponenterna (rör, transistorer och FET:ar) har tre grundarbetsklasser:
  - Klasserna A, B och C
- ◆ Val av förstärkarklass beror på vilken typ av signal man vill förstärka.
- ◆ Val av fel förstärkarklass orsakar t.ex. distorsion hos en SSB- signal.

29

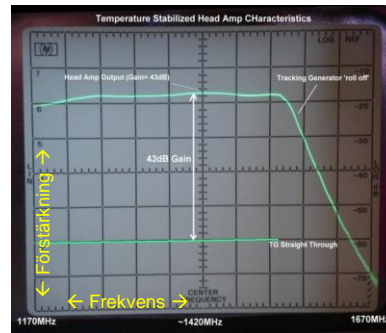
## Förstärkares arbetsklasser

- ◆ Delas in i A-, B- eller C-klass
- ◆ I klass A går det ström genom förstärkaren hela tiden, även utan insignal
- ◆ I en B-klass förstärkare går det ström bara under styrsignalens positiva halvperiod
- ◆ En C-klass förstärkare fungerar endast under toppen av den inkommande signalen

30

## Förstärkare

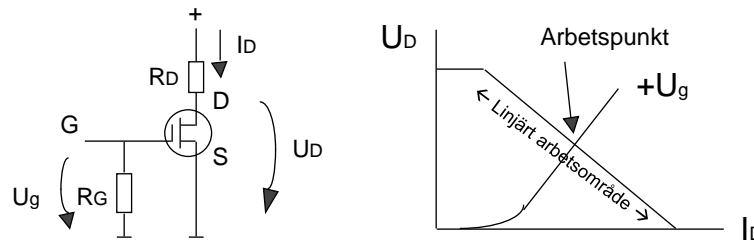
- ◆ Förstärkningen visas på förstärkarens karaktäristikkurva.
- ◆ Förstärkaren fås att fungera i önskad klass genom att dess arbetspunkt ställs på rätt plats på karaktäristikkurvan



31

## Förstärkarklasserna

- ◆ Arbetspunkten är den punkt där kurvorna hos styrkretsens likspänning  $U_g$  (eller -ström) och utgångskretsens likspänning  $U_D$  (eller -ström) för den förstärkande komponenten skär varandra.



32



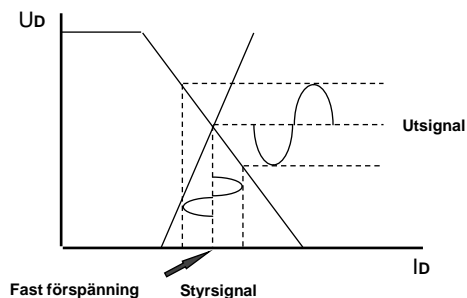
## Förstärkarklass A

- ◆ Klass A:
  - Förstärkaren styrs aldrig ut på det olinjära området.
  - Den förstärkande komponenten har en fast inställbar arbetspunkt varmed utgången ställs in mitt på det linjära arbetsområdet.
  - I förstärkarsteget går hela tiden ström, även utan styrsignal.
  - Stegets effektivitet är dålig, 0 - 50%.

33

## Förstärkarklass A

- Styrningen hålls på en sådan nivå att utgången hålls på det linjära området.
- Används i sådana kopplingar där distorsion inte tillåts uppkomma, t.ex. audioförstärkare och oscillatorer.



34

## Förstärkarklass B

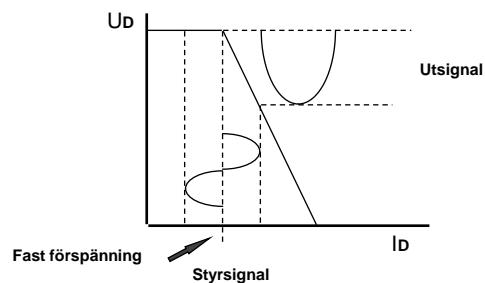
### ◆ Klass B:

- Den fasta arbetspunkten inställs så att det i steget går ström endast under styrspänningens ena halvperiod
- Effektiviteten är då ca. 60 - 70%
- Används vanligen i sk. push-pull slutsteg där omväxlande en halvperiod förstärks av ett eget förstärkarsteg, och den andra halvperioden av det andra, i tur och ordning.

35

## Förstärkarklass AB

- Allmänt används AB-klass i sk. push-pull förstärkare där det går en liten grundström genom slutsteget
- Används t.ex. i HiFi-förstärkare, och i radioamatörernas sändarslutsteg för SSB



36

## Förstärkarklass C

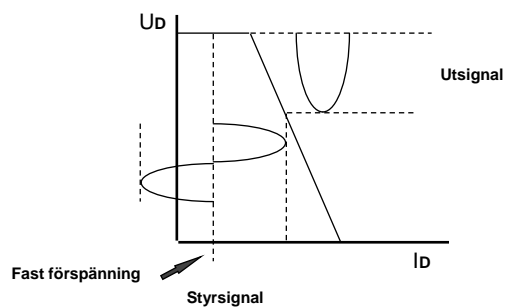
### ◆ Klass C:

- Arbetspunkten justeras så att det går ström i steget bara under toppen av styrsignalens andra halvperiod
- Funktionen är mycket olinjär
- Effektiviteten är god ca. 80 - 90%
- Används t.ex. vid frekvensmultiplicering (det bildas mycket harmoniska frekvenser)
- I telegrafi- och FM-sändare (konstant amplitud)

37

## Förstärkarklass C

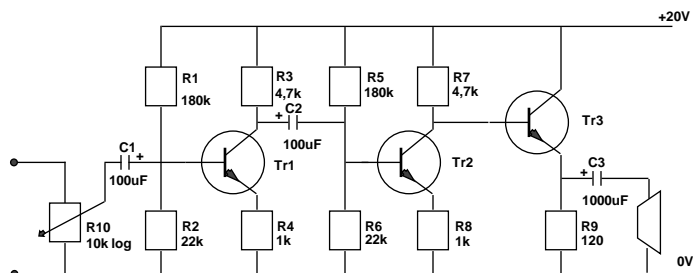
- Efter C-klass förstärkarsteg inkopplas en sk. resonanskrets som bildar de halvor av sinusvågen som saknas (jfr. en gunga)



38

## Transistorn som förstärkare

- ◆ En enkel ljudfrekvensförstärkare



39

## Operationsförstärkare

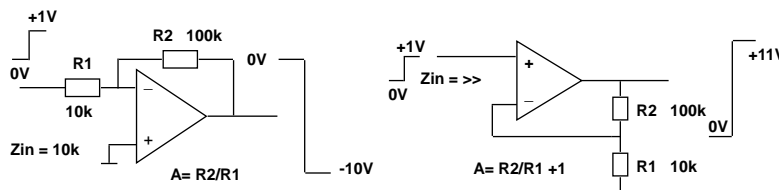
- ◆ Hör till gruppen av analoga mikrokretsar
- ◆ I idealfallet är förstärkningen oändlig
- ◆ Har två ingångar vars spänningsskillnad förstärks till utgången
- ◆ Ingångarna är olika: Rak och inverterande
  - Utgången har samma fasläge som den raka ingången men ligger i motfas i förhållande till den inverterande ingången



40

## Operationsförstärkare

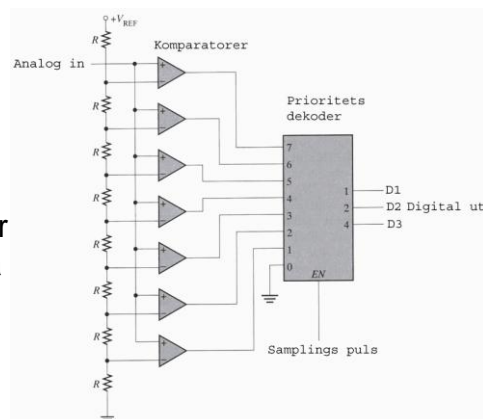
- Operationsförstärkare är i praktiken mycket nära den teoretiska operationsförstärkaren.
- Förstärkarna är integrerade till IC-kretsar och innehåller stort antal transistorer och andra komponenter i samma kapsling
- Förstärkningen regleras med yttre komponenter



41

## A/D-omvandlare

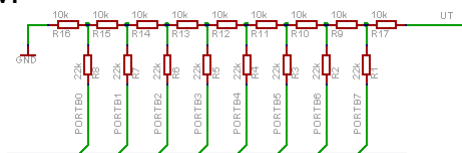
- ◆ A/D-omvandlare omvandlar analoga signaler, t.ex. en spänning eller ström till digital (binär) form = ettor/nollor
- ◆ Behövs för att datorer skall kunna behandla t.ex. mätsignaler,



42

## D/A-omvandlare

- ◆ Omvänt omvandlar D/A-omvandlare digitala signaler, (ettor och nollor) till spänning eller ström
- ◆ Behövs för att datorer skall kunna "prata" vårt språk t.ex. få mätinstrument att visa, högtalare att ge ut ljud, OSV.



MCP3551-E/MS

- ◆ En enkel D/A-omvandlare kan bestå av ett motståndsnät, men det finns också IC-kretsar för uppgiften.