

# Elektronik för D

Bertil Larsson  
2013-04-16

## Sammanfattning föreläsning 13

### Mål

Dioder i alla former är en viktig komponent i all elektronik. Man bör känna till det allmänna beteendet spänning-ström och några olika dioders egenskaper.

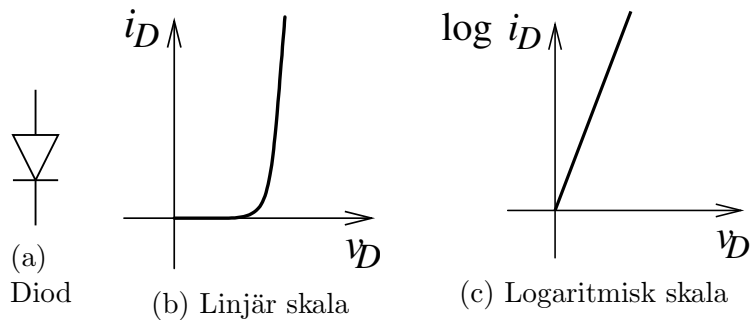
### Halvledare

Dioden

En halvledare tillverkas av ett isolerande material (vanligtvis kisel) som inte har några fria elektroner. I detta isolerande material så tillför man ett ämne som ger ett överskott av fria elektroner (negativ laddning) och man kallar då detta för att man N-'dopar' det isolerande materialet. Man kan också tillföra ett ämne som ger ett underskott på fria elektroner (positiv laddning) och då kallar man det för att man P-'dopar' isolatorn. Om man sammanfogar en N-dopad kristall med en P-dopad kristall så kommer fria elektroner från den N-dopade kristallen att vandra över till den P-dopade kristallen som ju har ett underskott på elektroner. När detta sker så kommer gränsområdet att bli oladdat och isolerande. Dessutom kommer N-sidan av övergången att bli mer negativt laddad än P-sidan. Denna skillnad i laddning kommer att ge upphov till ett elektriskt fält mellan N-sidan och P-sidan. Den spänningen (fältet) måste övervinnas för att ström ska flyta i dioden. Beroende på strömmen som flyter hamnar den spänningen som krävs på ca 0,5-0,7V för kisel.

Med en positiv spänning mellan P- och N-kristallerna kommer strömmen att flyta från P-kristallen genom övergången till N-kristallen och halvledaren är därmed öppen för ström. (obs per definition rör sig elektronerna mot definitionsriktningen på strömmen) Man kallar då dioden för *framspänd*. Vänder man polaritet på den påförda spänningen ökas fältet i stället. Eftersom denna ökande fältstyrka hindrar elektroner från att röra sig så spärrar därmed halvledaren för ström i den riktningen. Man kallar då dioden för *backspänd*. En komponent som släpper igenom ström endast åt ett håll kallas för en Diod, figur 1a, och fungerar därmed som en back-ventil för ström. Förhållandet mellan ström och spänning för en diod ser ut enligt figur 1.

Om dioden är framspänd så börjar den leda väsentlig ström när spänningen



Figur 1: Diodens diagram. I de strömområden vi hanterar kan man anta  $V_D = 0,6V$

överstiger cirka 0,6-0,7 Volt. Man ser dock i logdiagrammet, 1c, att sambandet inte har någon form av extremvärde. Spänningen 0,6-0,7 Volt är alltså beroende av i vilket strömområde man tittar. Strömmen kan beskrivas med formeln:

$$i_D = I_0(e^{\frac{v_D}{V_T}} - 1) \quad \text{där} \quad V_T = kT/q = 25mV \quad \text{vid ca 25 grader Celsius}$$

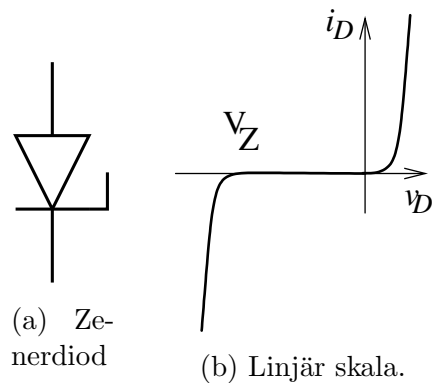
$I_0$  kallas *Backström*. När dioden är backspänd så flyter det endast en mycket liten läckström  $I_0$  som är i storleksordningen  $10^{-12}$  A eller mindre. Om man kraftigt ökar backspänningen över dioden så kommer den höga spänningen att slå sönder laddningsbarriären i PN-övergången och man får en kortslutning i dioden med följd att den går sönder.

#### Zener-diod

En zener-diod är en diod som är konstruerad för att släppa igenom ström i backriktningen, vid en viss förutbestämd väldefinierad spänning,  $V_Z$ . Det betyder att om man lägger på en backspänning över en zenerdiod som är högre än märkningsspänningen,  $V_Z$ , så kommer strömmen att öka och spänningen över dioden begränsas till  $V_Z$ . I kretsscheman ritas zenerdioden enligt figur 2a.

#### Lysdiod (LED)

En LED (Light Emitting Diode) är en vanlig diod som, när elektronerna vandrar över PN-övergången och träffar på positiva laddningar i form av "hål", sänder ut monokromatiskt ljus d.v.s. ljus med endast en färg. Lysdioder finns i hela spektrumet från infraröd (IR), röd, orange, gul, grön, blå till ultraviolett (UV). Man kan även få vitt ljus genom att sätta en röd, en grön och en blå lysdiod i samma kapsel och se till att de lyser med samma styrka. Alternativt kan en blå eller UV-diod excitera ett fluorescerande ämne för att



Figur 2: Zenerdioden

fixa det vita ljuset. Kretssymbolen för en lysdiod liknar en vanlig diod, men med ett tillägg av två pilar som anger att den avger ljus, se figur 3a.

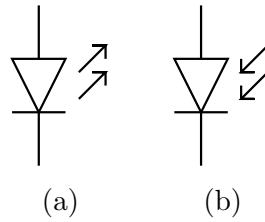
En lysdiod börjar vanligtvis att lysa vid en något högre spänning än 0,6V. Beroende på vilken färg (energinivå) så kan framspänningen vara från ca 1,2V (IR, röd) till ca 3V (UV). Eftersom en lysdiod fungerar på samma sätt som en vanlig diod, så betyder det att strömmen ökar exponentiellt när spänningen stiger. Därför måste man alltid ha ett strömbegränsande motstånd i serie med dioden. Spänningen över begränsningsmotståndet  $R$  beräknas enkelt enligt Kirchoff's spänningslag där spänningen över dioden när den leder hämtas ur datablad eller antas beroende på färg. I datablad kan man också hämta den ström som behövs för att dioden ska lysa. Ett typiskt värde på denna ström ligger runt 10 mA.

#### Fotodiod

En fotodiod har den omvända funktionen. När ljus träffar halvledaren så slår ljustets fotoner loss elektroner och en ström börjar flyta. Strömmen i dioden kontrolleras av intensiteten av ljuset som träffar halvledarmaterialet. Kretssymbolen för en fotodiod är lik symbolen för en lysdiod med skillnaden att pilarna är vända in mot dioden, se figur 3b. Strömmen ut ifrån en kortsluten fotodiod är direkt proportionell mot ljusstyrkan. Mäter man tomgångsspänningen i stället blir beroendet logaritmiskt.

#### Schottkydiod

Denna diod är uppbyggd av en metall-halvledarövergång. Egenskaperna är lika med en kisel-diod med undantag av att den har lägre framspänning, ca 0,1-0,2V, och har ett snabbare omslag mellan ledande och avbrott. Schottkydioder används i switchade spänningsaggregat för att minska förlusterna och i integrerad elektronik för hastigheten.



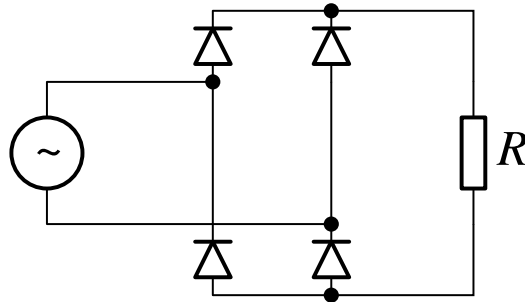
Figur 3: Lysdiod, LED 3a och Fotodiod 3b

### Andra dioder

Forskning pågår för att förbättra egenskaper hos dioder, inte minst på den här skolan på Fasta tillståndets fysik. Just nu är dioder gjorda med nanoteknologi det som intresserar forskarna mest. Andra material som är aktuella är Galliumarsenid och indriumfosfid.

### Helvågs-likriktare

En halvågslikriktare, figur 4, omvandlar en växelspanning till en pulserande positiv spänning över belastningen  $R$ .



Figur 4: Helvågslikriktare

Genom att koppla dioderna i en brygga så tvingar vi strömmen att ta olika väg vid positiv och negativ halvperiod av sinusvågen, vilket får till resultat att strömmen alltid flyter åt samma håll genom belastningen på diodbryggans utgång. För att göra om den pulserande positiva spänningen till en likspänning så kan man koppla in en kondensator parallellt på utgången. Den sparade laddningen från topparna i vågen kan då leverera ström till belastningen under den tid som inspanningen är nära noll.