

## LED-BELYSNING

### Avsnitt 1

#### LED som belysning i landskap och signaler

I denna artikelserie sammanställs de erfarenheter som vi gjort när vi i vår järnvägsmodell byggt belysning utomhus, installerat belysning i byggnader och byggt anläggningens signaler.

Sammanställningen är gjord av Lars Juhlin, Banningenjör vid SMJ

#### Glödlampor eller dioder

Traditionellt har man använt vanliga glödlampor i byggnader där storleken på ljuskroppen inte är gränsättande.

Fördel: lätta att montera. Kräver få elektriska arrangemang – förutom själva ledningsdragningen – så länge man har tillgång till glödlampor som passar den spänning som banan kan tillhandahålla och att det drivande aggregatet har tillräcklig kapacitet.

Nackdel: drar mycket ström i jämförelse med dioder. Kortare brinntid. Å andra sidan är de ju inte tända så många timmar under ett verksamhetsår att det skulle vara ett stort problem.

Lysdioder som lobbelysning har många av oss provat på i och med att vita dioder blev tillgängliga till rimliga priser. Med ljusledare gick det att få fram ljuspunkter ända fram i loklyktorna även om dioden var ganska stor. Så småningom kom ytmonterade vita lysdioder, så små att de till och med kunde placeras direkt i loklyktorna. En nackdel var att ljuset var onödigt starkt och dessutom blåstickigt. Det går att dämpa genom att måla dioden tunt med en orange transparent färg. Det tar delvis bort det blåaktiga skenet. Senare har det kommit varmvita dioder med bättre karakteristika. Men det är inte avsikten att behandla lobbelysning närmare här.

I den här artikelserien fokuserar vi på lysdioder i några andra tillämpningar. Det handlar om både praktiska tillämpningar och tips i tre avsnitt:

Avsnitt1.

LED som belysning i signaler och landskap

Hur skall dioderna drivas och kopplas

Produkter

Avsnitt 2

Användning av lysdioder i praktiken

Att arbeta med små dioder

Belysning i byggnader

Gatlyktor och allmän belysning

Avsnitt 3.

Järnvägssignaler

Signaler till vägövergångar

Att bygga en blinkmodul

#### Koppling och drivning av lysdioder

I glödlampsfallet är det egalt vad som är plus- eller minuspol. Om spänningen är den rätta kommer lampan att lysa oavsett hur du kopplar.

En lysdiod är liksom vanliga dioder däremot enriktningsverkande. Det innebär att de har en positiv ingång (plus/anod) och en negativ utgång (minus/katod). I riktningen från anod till katod kan strömmen flyta och därmed få lysdioden att lysa. I omvänd riktning är det stopp.

#### Anod och katod

Vanliga runda dioder har två ben med olika längd. Det långa är anoden; korta benet katoden. Ytmonterade dioder har som regel en märkning under eller ovanpå som visar vad som är vad. Ofta en grön liten triangel eller ett T. Spetsen visar strömmens riktning, dvs. basen är anod och spetsen är katod. Kolla gärna på t.ex. ELFAs hemsida vad den diod du valt har för märkning, dimensionerade värden etc. innan du sätter igång och kopplar. Alternativt kan du försiktigt prova med ditt spänningsaggregat vilken ända som är anod respektive katod. Äger du ett multiinstrument? Då har det ofta även en diodprovarfunktion. Ansätt spetsarna till dioden. Om den röda sladden (plus) hålls mot anoden på dioden och den svarta (minus) mot katoden kommer batteriet i instrumentet att tända dioden svagt. Om inte: vänd på dioden och prova igen.

#### Förkopplingsmotstånd

Mot bakgrund av att vi använder högre spänningar än vad dioderna är dimensionerade för och att de är strömkänsliga så måste de förses med förkopplingsmotstånd som begränsar strömmen genom

dioden. Både SMB-motstånd och kolskikt motstånd kan användas. Välj gärna låga effektvärden (=mindre storlek) i och med att en diod inte drar mer än ca 20 mW.

De gula, röda och gröna dioderna har en drivspänning på 2,0 V och maxström 20 mA. Notera att vissa röda har drivspänningen 1,8 V. De varmvita har en drivspänning på 3,2 V och max 20 mA. Några av de större dioderna har andra värden. Kontrollera mot ELFAs produktblad (www.elfa.se) om du är osäker. Detta är maxvärden som inte får överskridas – annars skadas eller förstörs lysdioden.

Vid beräkning av förkopplingsmotstånd brukar jag räkna med ca 10 % lägre spänning än fabrikantens maxvärden, d.v.s. ca 1,8 V resp. 3,0 V och ca 20 % lägre för strömstyrkan d.v.s. ca 15 mA. Då klarar man spänningsvariationer och andra tokigheter som kan inträffa. Samtidigt får man en längre brinntid utan att ljusutbudet blir märkbart påverkat. I några fall där jag önskar hålla nere ljusstyrkan (t.ex. de vita dioderna) kan man beräkna med ytterligare ökning av motståndet.

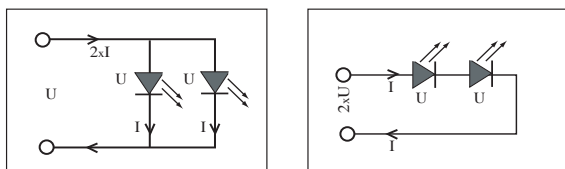


Fig. 1 Koppling av dioder i en krets. Till vänster i serie, till höger parallellt.

Med Ohms lag kan förkopplingsmotstånden beräknas.

$$U = I \times R$$

U är den spänning som motståndet måste hantera. I är strömstyrkan i ledningen, mätt i ampere. R är värdet på förkopplingsmotståndet i ohm.

#### Exempel 1:

Min spänningskälla ger 6,0 V. Jag använder en varmvit lysdiod och har valt att dimensionera utifrån 3,0 V och 15 mA som ingående värden. Dioden är monterad singulärt.

Motståndet skall hantera spänningen  $6,0 - 3,0 = 3,0$  V

Då blir ekvationen:

$$(6,0 - 3,0) = (15/1000) \times R \text{ vilket ger } R = 200.$$

Välj gärna ett motstånd ett snäpp högre (t.ex. 240 eller 280 ohm). Generellt gäller att du skall runda av kraftigt uppåt.

Oftast kopplas dioderna parallellt. Det innebär att spänningsfallet över diodklustret fortfarande i exemplet är 6,0-3,0 V, men att ledningen måste släppa fram högre ström för att dioderna fortfarande skall lysa lika starkt.

#### Exempel 2

Vi har 3 st parallellkopplande lysdioder som var för sig drar de 15 mA, d.v.s. totalt  $3 \times 15$  mA i ledningen genom motståndet. Ohms lag ger  $(6,0 - 3,0) = (45/1000) \times R$ . Vilket ger  $R = \text{ca } 70$  ohm. (Välj  $\geq 100 - 130$  ohm).

Använder du dioder med olika ingångsvärden så betyder det att du behöver ett litet sortiment med olika motstånd. I några fall behöver du experimentera lite för att dämpa en överstark lysdiod. Istället för att koppla ihop ett antal motstånd tills du är nöjd kan ett alternativ vara att i serie med minimimotståndet lägga en liten trimpot på 1 K $\Omega$  (t.ex. en på 0,15 W för 4,10 kr, ELFA nr 64-365-96). Sedan är det bara att skruva på trimpoten till önskat resultat. En variant på drivningen är att använda en s.k. LED-drivare. I sin enklaste form är det en justerbar spänningsregulator av typ LM317T (73-120-77, klarar upp till 1,5 A, pris 3,75 kr, 90-491 hos Kjell & CO) och ett motstånd.

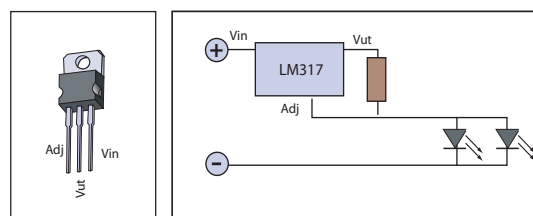


Fig. 2 LED-drivare med två standardkomponenter

LM317 har en referensspänning på 1,25 V mellan Adj och Vout. Referensspänningen är konstant. Genom att koppla in ett motstånd enligt figuren skapar man en konstant ström i kretsen.

Med Ohms lag kan man räkna ut motståndets värde. Exempel: 3 st dioder med värdena 2,0 V/20 mA ger uppställningen  $1,25 = (3 \times 20 / 1000) \times R$ .  $\rightarrow R = 20,83$  Ohm. Om dioderna i exemplet lyser för starkt så öka värdet på motståndet till t.ex. 27 Ohm, vilket istället ger  $I = 15$  mA – vilket kanske ger bättre resultat.

För att det här skall fungera måste kretsens inspänning vara cirka 3 V högre än vad lysdioden kräver. Så för att driva en av lysdioderna i exemplet (2,0 V) måste inspänningen således vara minst 5 V.

Denna krets är okänslig för olika inspänningar (dock

Spänning (Volt DC)	Röda, Gula, Gröna 2,0 V/20 mA	Vita och Varmvita 3,0 V/20 mA	Gula/vita starka ("fyrfotingar") 2,1 V/50 mA 4,3 V /50 mA
6	280 $\Omega$	200 $\Omega$	80/60 $\Omega$
12	680 $\Omega$	600 $\Omega$	160/180 $\Omega$
18	1,2 K	1 K	320/300 $\Omega$
24	1,5 K	1,4 K	440/420 $\Omega$
30	1,9 K	1,8 K	560/540 $\Omega$

Tabell 1. Förkopplingsmotstånd för olika lysdioder- (Obs detta är minimivärden)

max 35 V). Överspänningar tar kretsen hand om och omvandlar till värme. Kylfläns kan behövas om du belastar den hårt.

Det finns sofistikerade kretsar (t.ex. Kjell & Company) som kan dimma en lysdiod. Men de kostar en bra bit över 100kr/st och blir därmed inte så intressanta.

### Spänningskällor, kablage och övriga tillbehör

Samtliga dioder som beskrivs här har låga effektförbrukningar (ca 30 mW) med undantag för ”fyrfotingen”. (Fyrfotingarna har fyra anslutningspunkter/ben). Du kan därför ha tiotals vanliga dioder igång samtidigt och med en sammanlagd effektförbrukning som motsvarar en enda glödlampa.

Säkert har du i din elektriska skräplåda några batterieliminatörer eller gamla mobiltelefonladdare. De brukar ha en utspänning på mellan 4,8 V och 6,0 V och brukar ge åtminstone 300–500 mA. Det passar alldeles utmärkt. De flesta har en specialkontakt anpassad för den produkt som den tillhörde (hylskontakt, gaffelkontakt, flatstift etc.). Föreslår att du helt enkelt klipper bort kontakten, skalar sladdändarna och med mätinstrument eller på annat sätt tar reda på vad som är plus och minuspolerna. Märk upp polerna noggrant.

Lämnar ditt aggregat inte likspänning (DC) måste du ansluta en likriktarbrugga mellan aggregatet och förbrukningsstället (t.ex. ELFAs 70-002-08 klarar 1 A, respektive 70-072-06 som klarar 1,5A. Båda till ett pris under 10 kr/st).

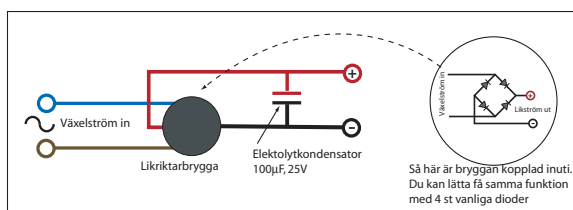


Fig. 3. Likriktning av växelström

Komponenterna har tydliga märkningar för var växelströms- och likströmssladdarna skall anslutas. Den utgående spänningen är visserligen en pulserande likspänning. Men det gör inget, för vid drivning av lysdioder fungerar detta alldeles utmärkt. Men skall däremot spänningskällan även driva annan elektronik, t.ex. en blinkmodul, så måste likspänningen glättas. Den pulserande spänningen kan störa funktionen i komponenten/modulen. Det är emellertid enkelt att åtgärda; koppla in en elektrolytkondensator parallellt

Antal parallellkopplade dioder 2,0 V/20 mA			Antal parallellkopplade dioder Fyrbenta 3,0 V/50 mA		
Teor. värden enl. Ohms lag	Valt värde, Ω	Faktisk ström/ max ström, mA	Teor. värden enligt Ohms lag	Valt värde Ω	Faktisk ström/ max ström, mA
31,25	33	37/40	12,50	13	96/100
15,62	16	78/80	6,25	6,8	183/200

Tabell 2. Exempel på motståndsvärden för några lysdiodkombinationer som drivs av en LED-drivare

med likriktaren (se figur). Var noga med att ansluta polerna rätt.

Kör du digitalt? Då finns möjligheten att driva lysdioder direkt med de funktionsdekodrar som stöds av systemet. Jag hänvisar till respektive systems manualer och specifikationer.

### Produkter

Nu är det inte glödlampor och ljusledare som gäller utan lysdioder. Lysdioder har lång livslängd, liten strömförbrukning och mycket rimliga kostnader. De finns i mycket små dimensioner.

De ”normala” runda 2 och 3 mm dioderna är som regel för stora för användning i lyktor och signaler som skall vara skalnlaga. Däremot kan de mycket väl komma till nytta på sådana platser där placeringen är dold för betraktaren. För belysning i byggnader finns dessutom några prisvärda gula och vita specialdioder med mycket stort ljusutbyte. Det här återkommer vi till i kommande avsnitt

I flera av våra tillämpningar använder vi lysdioder avsedda för ytmontering istället för runda dioder med ben. Ytmonteringsdioderna ryms i skalnlaga armaturer och signaler (till och med i skalnlaga dvärgsignaler) samtidigt som de är rimligt ljusstarka.

Storlekarna är standardiserade vilket gör det lättare att söka bland andra leverantörer än min ”hovleverantör” ELFA Distrelec. Här de mesta användbara formaten:

- 0402: 1,0x0,5 mm
- 0603: 1,6x0,8 mm
- 0805: 2,0x1,25 mm
- 1206: 3,2x1,5 mm
- 1210: 3,2x2,4 mm

Dessa dioder har inga ben, utan behöver förses med trådanslutningar för att kunna användas i våra projekt i de kommande avsnitten.

Jag använder en tunn lacktråd från en gammal reläspole. Tråden är mycket tunn – bara 0,10 mm tjock. Det räcker för att driva dioder. Men tråden är ömtålig och så tunn att den är mycket svårhanterlig i alla moment med lödning, dragning i signaler, stolpar etc. Jag tvinnar därför två trådar med hjälp av en krok i bormaskinen (lågt varv!). Genast mycket lättare, och fortfarande tunn och lättböjlig. Heldragen 0,20 mm lacktråd går bra att använda (t.ex. ELFA 55-172-30, pris 54:50). Lite styvare tyvärr, men helt OK. Problemet är att en rulle innehåller så stora längder (360m). Med

tanke på våra tillämpningar skulle något tiotal meter räcka långt.

När trådarna efter montage av dioden dragits ner genom stolpar, genomföringar mm

skall de lötas in på en bit kretskort; där sedan de mera normala kablarna ansluts.

Vad som behövs utöver själva dioderna är:

- batteriladdare/spänningsaggregat (eventuellt även en likriktarbrygga)
- emaljerad kopplingstråd 2x0,10 eller 0,20 mm
- anslutningskablage och en bit kretskort



Fig. 4. Vägskyddsmärke där diodens tunna ledningar är nerförda längs stolpen till en bit kretskort där de grövre matningskablarna kan lötas in

Den minsta dimensionen, kapsel 0402, är bara 1,0x0,5mm stor. Jag tror att här är gränsen nådd för vad man manuellt kan hantera i våra modellbyggarmiljöer. De finns dessutom bara i rött och gult. Jag har heller ingen egen erfarenhet av dem. Rekommenderas alltså inte.

I nedanstående tabeller finns ett urval av dioder som jag har jobbat med och som har bra prestanda i förhållande till ett rimligt/lågt pris. Värdena är hämtade ur ELFA-katalogen. Andra leverantörer finns. Notera att sortimentet är mycket, mycket större än vad som anges här. Det finns säkert anledning att själv gå in i katalogerna och söka fram just det du är intresserad av.

Läs tabellerna noga i och med att drivspänningarna är olika för en del av dioderna. Dimensionera aldrig för maxspänning och maxström När du sedan gör dina inkopplingar får man ibland prova sig fram till värden som ger lagom ljus.

Den som inte vill eller kan hålla på med hanteringen av så små föremål så finns det på marknaden dioder med färdigpålödda anslutningstrådar. En leverantör som är värd att pröva är

<https://modellbau-schoenwitz.de/de/Modelleisenbahn/Elektronik/LEDs-mit-Kabel>

Arbetstemperatur för en diod brukar ligga mellan -30 och +80 á 90°C. Vid lägre temperatur funkar den inte; vid högre skadas den.

### Dioder för gatubelysning och utebelysning

Bra val är typ 0603 eller 0805. Den minsta 1,6x0,8mm kan du använda i riktigt små lyktor. De har bra prestanda, men är lite pilliga att hantera.

De större runda dioderna ( $\geq 3$  mm) är lite stora i gatulyktor Men jag har lyckats att med mycket försiktig svarvning och filning få 3 mm dioder (t.ex. Everlight 175-001-76) att likna en lykta typ ladugårdsbelysning. Sannolikt kan 3 mm dioder användas i större gatubelysningar, i någon strålkastarmast eller där delar av dioden kan döljas.

### Dioder för belysning i byggnader

Till belysning inuti byggnader är förutsättningarna gynnsammare. Kopplingarna är lika för alla typerna. Liksom tidigare måste dioderna ha bra ljusstyrka. De skall ju kunna lysa upp utrymmet ordentligt.

Välj dioder med så stor spridningsvinkel som möjligt om du vill ha bra "allmänbelysning". Gula ger ett bra elljusliknande ljus. Vita ger ett mer lysrörbetonat ljus. Jag har provat en blandning av både gult och vitt med fint resultat.

Kjell & Company har också både intensiva vita och varmvita 5 mm dioder till en kostnad av ca 15 kr/ st.

På de gula raderna i tabell 4 finns två bra lysdioder med fyra ben. De har kraftigt ljus och bra spridningsvinkel. Drivspänningen är 2,1–4,0 volt beroende på gul eller vit färg

### Dioder till signaler

Ljuset från en signal skall bara ses framifrån. Ljuspunkten ska inte lysa upp omgivningen. Ljusstyrkan får därför inte vara för stark. Vita dioder kräver av den orsaken förkopplingsmotstånd med högre värde i och med att de är så starka.

Vitt sken kan mycket väl ersättas med gult. Färgerna grönt och rött finns i bra sortering. Gula, liksom gröna och röda lysdioder tål maximalt 2,0 V (lagom nivå brukar vara ca 1,8–1,95 V). Observera att det finns röda som har lägre maxspänning än 2,0 volt.

I lite större signaler, där baksidan inte syns alltför väl, kan lite större 1,8 mm dioder användas (en vanlig diod med två ben, men med specialutformad halvsfärisk topp, (brunmarkerad i tabellen 5). Notera vidare att flera dioder bl.a. av Sloans tillverkning, är ovanligt ljusstarka. Det kan kräva att de dämpas med högre värden på förkopplingsmotståndet för att få ett lagom

starkt ljus och god balans inbördes.

Typ	ELFA Nummer	Mått mm	Färg	Ljusstyrka mcd	Max spänning V	Max ström mA	Ljusvinkel	Pris
Sloan	175-187-04	1,6x0,8	Varmvit 3200K	650	3,2	20	120	2,25
Sloan	175-187-17	1,6x0,8	gul	120	2,0	20	120	1,12
Sloan	175-187-05	2,0x1,25	Varmvit 3200K	700	3,2	20	120	2,25
Sloan	175-187-18	2,0x1,25	gul	140	2,0	20	120	1,25
Wishay	80-176-80	Ø3 mm	varmvit 3000K	450-1125	2,6-2,8	20	30	5,60

Tabell 3. Dioder för gatubelysning och utebelysning (priser ink moms, mars 2018)

Typ	ELFA Nummer	Mått mm	Färg	Ljusstyrka mcd	Max spänning V	Max ström mA	Ljusvinkel	Pris
Wishay	80-176-80	Ø3 mm	varmvit 3000K	450-1125	2,6-2,8	20	30	5,60
Sloan	175-052-47	Ø5 mm	gul	1200-4700	2,0	20	30	3,59
Everlight	175-004-65	Ø5 mm	vit 7000K	1800-3600	3,5-4,0	20	50	9,28
Seot	175-102-83	3,7x1,9x2,8	varmvit 3200K	100-2000	4,0	20	120	7,00
Osram	175-311-85	3,7x1,9x2,8	gul	600-1400	2,5-1,9	50	120	2,35

Tabell 4. Dioder för belysning i byggnader. (priser ink moms, mars 2018)

Typ	ELFA Nummer	Mått mm	Färg	Ljusstyrka mcd	Max spänning V	Max ström mA	Ljusvinkel	Pris
Vishay	75-102-89	1,6x0,8	röd	63	2,1	20	160	2,61
Vishay	75-102-87	1,6x0,8	grön	35	2,1	20	160	2,70
Vishay	75-102-88	1,6x0,8	gul	80	2,1	20	160	2,70
Sloan	75-187-04	1,6x0,8	Varmvit 3200K	650	3,2	20	120	1,12
Everlig	75-306-94	2,0x1,25	röd	93	2,0	20	140	4,10
Everlig	75-308-68	2,0x1,25	grön	23	2,0	20	140	2,14
Everlig	75-305-22	2,0x1,25	gul	62	2,0	20	140	2,52
Sloan	75-187-05	2,0x1,25	Varmvit 3200K	700	3,2	20	120	2,70
Sloan	75-187-10	3,2x1,6	röd	120	1,9	20	120	1,59
Sloan	75-187-02	3,2x1,6	grön	550	3,2	20	120	3,63
Sloan	75-187-19	3,2x1,6	gul	90	2,0	20	120	2,61
Sloan	75-187-06	3,2x1,6	varmvit 3200K	900	3,2	20	120	3,17
Everlig	75-312-88	2,4x3,2x1	röd	417	2,0	20	30	4,75
Everlig	75-312-96	2,4x3,2x1	grön	171	2,0	20	30	3,72
Everlig	75-313-12	2,4x3,2x1	gul	247	3,0	20	30	4,56
Wishay	175-017-11	Ø 1,8	röd	15	2,0	10	40	2,38
Wishay	175-013-99	Ø 1,8	grön	15	2,0	10	40	2,75
Wishay	175-102-24	Ø 1,8	gul	12	2,0	10	40	2,38

Tabell 5 Dioder för signaler. (priser ink moms, mars 2018)