

# LED från DC till AC

Nästa generations lysdioder drivs direkt med 230 V växelspanning.



## Av Stefan Larsson, Optoga

Stefan Larsson är precis 50 år fyllda med familj i Arboga men kommer från Täby utanför Stockholm. Han startade inom elektronikindustrin 1987 och är en av grundarna till Optoga. Bortsett från ett kortare mellanspel på mjukvarusidan har han varit dedikerad till elektronikindustrin. Optoga startades 2004 och har sedan starten etablerat produktion och försäljningskontor både i Sverige och i Kina.

Lysdioder matas normalt med likspänning samtidigt som elnätet levererar växelspanning på 230V. För att fungera behöver de en omvandlare vilket ökar komplexiteten och kostnaden. Vid ett konvent i Sydkorea år 2014 presenterade 2014 års Nobelpristagare i fysik, Mr Nakamura, nästa generation av lysdioder som kan drivas direkt med en växelspanning på 230 V. Allt sedan dess har lysdiodstillverkarna arbetat med att miniaturisera växelspanningslösningar för att kunna producera förenklade LED-moduler.

I de miniaturiserade växelspanningslösningar blir drivstegen och likriktningen samt surge-skydden otroligt viktiga. Det finns visserligen teknik för att bygga lysdioder direkt för växelspanning men de leder till problem med att flicker (flimmer) blir för synligt för användaren. Ytterligare en stark trend är trådlös styrning. För tillverkare av LED-moduler gäller det att hitta lösningar på kommande krav.

Om vi börjar med själva chippen så har dessa fått högre densitet samtidigt som fosforskiktet – som bestämmer färgåtergivningen, CRI – har blivit bättre och anpassas till våra ögons färgseende. Det finns idag lysdioder som kan emittera över 200 lm/W. Det är värt att notera att dessa värden of-

tast mäts vid 3000K och Ra 80 (kan också benämnas som CRI 80) vilket för ett par år sedan inte ens var att tänka på. Maxvärdet för Ra är 100, vilket motsvarar färgåtergivningen hos solen.

**SEDAN 2013 FINNS** ett EU-krav på att alla ljuskällor ska ha en färgåtergivningsfaktor på minst Ra 80 då det emitterade ljuset från själva lysdioden inte innehåller den lite mer djupröda delen av spektrum. Utan den upplevs hud och människor som likbleka då det röda inte återreflekteras. Vid CRI90 och högre är det dock fortfarande svårt att få upp verkningsgraden.

Behovet av kylning har minskat drastiskt i takt med att storleken på chippen minskat samtidigt som strukturen på chippen ändrats. Det ger förenklade LED-moduler som kan byggas med enklare material.

Det har kommit flera nya tekniker på chipnivå för att hantera högre spänningar vilket gjort att det blivit lättare att få högre verkningsgrad på lysdioderna. Därför jobbar alla stora lysdiodstillverkare med olika högvoltslösningar.

I princip alla ljuskällor som har 230VAC som spänningskälla har någon form av flicker (intensitetsvariationer i det emitterade ljuset). Det finns i allt från lysrör, låg-

energilampor och LED. Detta har blivit ett större problem i samband med övergången till lysdioder då de inte har någon efterglödning som i princip alla andra ljuskällor. Problemet blir ofta större när en ljuskälla dimmas ned.

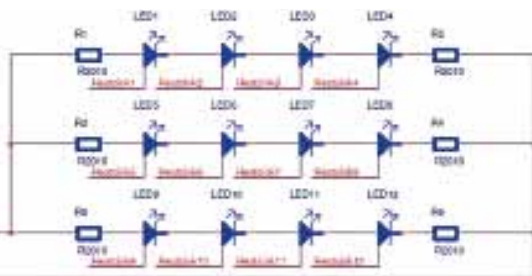
Flicker är synbart om frekvensen i intensitetsvariationerna understiger 75–80 Hz men är osynligt för ögat om man går över ca 100 Hz. Hjärnan registrerar det fortfarande upp till cirka 500 Hz. Det påverkar oss negativt i allra högsta grad, både det synliga och det osynliga. Effekterna är väldokumenterade och kan vara huvudvärk, migrän, distraction och till och med epilepsi samtidigt som det kan förorsaka problem med rörliga delar inom industrin.

**FLICKER ÄR ETT PROBLEM** som alltid kan åtgärdas. På grund av kostnads- och storleksaspekter budgeteras det oftast bort i konstruktionsstadiet då slutkonsumenten ofta har en ovilja att betala för detta.

Lysdioder som är anpassade för växelspanning består av speciella etsningar i chippet för att nå upp till 230V i bägge riktningarna vilket gör att när hälften av de utsets lysdioderna är tända är resten släckta. Problematiken är att det finns en ganska lång tid när alla etsningarna är utan

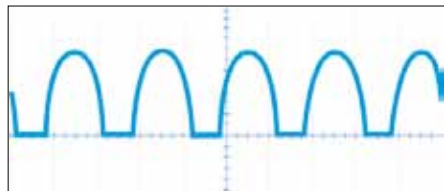
### Metod 1.

Max = 2,03V  
Min = 0  
Medel = 0,863V  
Frekvens = 99,89Hz  
F% =  $100\% * (2,03 - 0) / (2,03 + 0) = 100\%$   
FI = 0,311



Vi kan se på det uppmätta ljuset att vi har en flickerprocent på 100, ett flickerindex som är väldigt dåligt och en flickermodulation som också är extremt dåligt. Från detta ljus kan vi i vissa fall detektera flicker med blotta ögat. Vi ser också att lysdioderna har ganska långa tidsintervaller som den inte lyser (off tid).

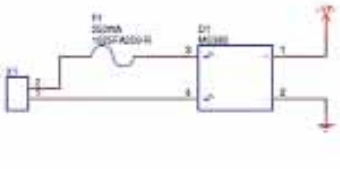
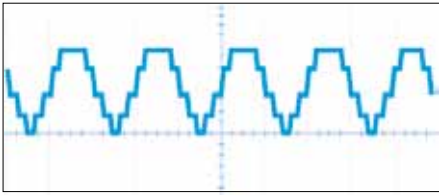
FM =  $(2,03 - 0) / 0,863 = 2,34$



### FAKTA 1:

#### Kort bakgrund

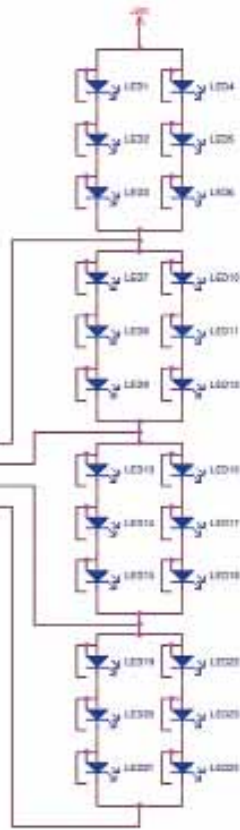
- LED-lampan drar bara 15–20 procent av energimängden jämfört med en gammaldags glödlampa och cirka 15-30 procent av motsvarande halogenlampan.
- Färgtonen mäts i Kelvin där 2700K anses vara varmvitt ljus. Även kallare ljus på 3000K benämns som varmvitt.
- Under 2018 skärps EU:s krav på energieffektivitet och halogenlampan fasas ut. Detta var planerat redan till 2016 men då utvecklingen inte gått tillräckligt snabbt eller så har kanske påtryckningar från industrin gjort att tidsramen flyttats fram.
- Lysdioden är oöverträffad i verkningsgrad då den från en mycket liten yta kan generera en otrolig mängd ljus. I skrivande stund kan vi från en 1,8x1,8mm stor lysdiod generera över 500-800 lm vilket är mycket bländande för det mänskliga ögat.



**Metod 2.**

Max = 2,03 V  
 Min = 0  
 Medel = 1,175 V  
 Frekvens = 100,17 Hz  
 $F\% = 100\% * (2,03 - 0) / (2,03 + 0) = 100\%$   
 $FI = 0,2196$   
 $FM = (2,03 - 0) / 1,175 = 1,73$

Vi får en helt ny typ av ljusutbyte. I detta fall har vi lika lågt Flickerprocent (100%) men vi har ett mycket förbättrat Modulationsindex och ett förbättrat Flickerindex. Vi kan också se på trappstegen när respektive LED-grupp tänds respektive släcks. På detta sätt får vi också en Pfc på 0,97 istället för 0,60.



energi när volttalet på sinuskurvan passerar 0V vid 0° respektive 180°. Där finns det ny teknik som är bättre.

För att få reda på fakta om ljusets flicker mäter vi flickerprocent vilket visar den relativa relationen mellan det lägsta och högsta ljusutbytet. Ju lägre flickerprocent enheten har desto bättre är den. Vi mäter också flickerindex som ger en bra jämförelse på hur mycket ljus som emitteras per frekvens. I denna metod jämförs den totala mängden ljus med den mängd ljus som är

över genomsnittet mätt i intensitet. Det som flickerindex inte tar hänsyn till är frekvensen vilket i jämförelsen ger att om två LED-moduler har samma index är den med högre frekvens den bättre.

Ytterligare en metod är att mäta modulationsdjupet. Ju större värde desto större avvikelse från genomsnittsvärdet vilket innebär att ju mindre avvikelse enheten har desto bättre är den.

En ny standard, IEEE 1789-2015 "Rekommenderade praxis för modulerande spän-

ning i högentensitetslysdioder för mildrande hälsorisker för användarna", släpptes i juni 2015 och definierar acceptabla gränser för flicker med följande formel:

**Max procent flicker**  
 = ljuskällans frekvens x 0,08 procent/Hz

Den högsta flickerprocenten på 100 Hz (50 Hz nätet) och 120 Hz (60 Hz nätet) beräknas till 8 procent respektive 10 procent. Det innebär 8 procent flicker i Europa och 10 procent flicker i USA.

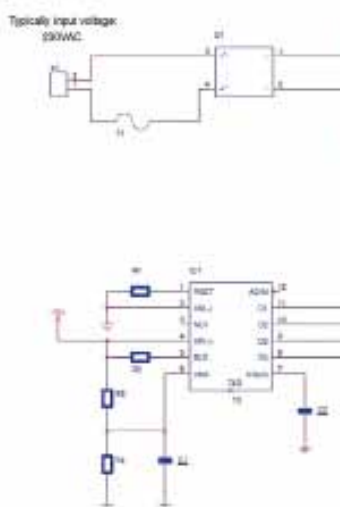
- Flickerprocent:  $[F\%] = 100\% \times (\text{Max} - \text{Min}) / (\text{Max} + \text{Min})$
- Flickerindex:  $[FI] = (\text{Area 1}) / (\text{Area 1} + \text{Area 2})$
- Modulationsindex:  $[FM] = (\text{Max} - \text{Min}) / \text{Genomsnitt}$

**Att hantera flicker – tre metoder**

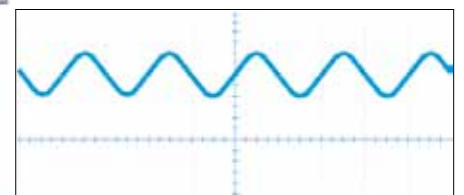
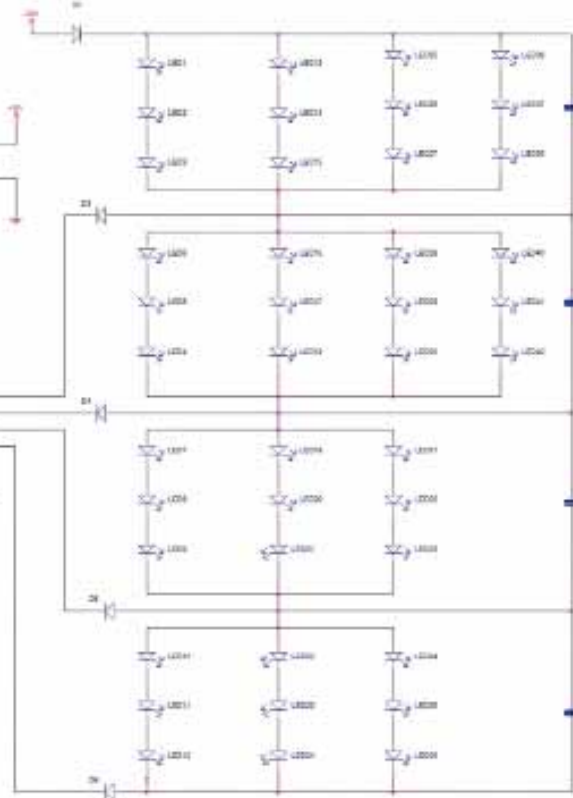
För att minimera flicker bör flera saker beaktas då alla åtgärder medför en problematik och en ny möjlig felkälla. En kondensator minskar flicker men kan förorsaka livslängdsproblem. Alternativt kan en switchad LED-drivare användas men den kan istället skapa EMC-problem och tar större plats. Kompatibilitet med dimning är också saker som också måste tas med då det är den största problematiken med flicker.

1. Låt oss börja se över detta med att seriekoppla ett antal lysdioder. I den inledande konstruktionen har vi satt in lysdioder för att nå upp till 230V som vi likriktar och effektregerar med motstånd. Det vi snabbt kan se är att dessa enkla konstruktioner ger väldigt dåliga flickervärden. Det har att göra med att lysdioderna kräver ett ganska högt framspänningsfall för att tända.
2. När vi går ett steg längre har vi uppdaterat konstruktionen med en halvledarstyrd lösning där vi tänder lysdiodssektioner i fyrstegsintervaller. Det innebär att vi utnyttjar lysdiodernas lägre Vf som inte behöver nå upp till 230V (max peak 335V) utan endast en fjärdedel av 230V till cirka 60–62V.
3. Går vi vidare och tittar på nästa konstruktionsnivå ser vi att vi har glättat upp LED-strängen med en kondensator samtidigt som vi behåller IC-kretsen. Fördelen med detta är att man med ganska enkla medel når en acceptabel nivå och en bibehållen nivå på Pfc 0,97. Krävs det under 8 procent flicker blir det dock en hel del kon-

**Metod 3.**



Max = 2,08 V  
 Min = 0,972 V  
 Medel = 1,535 V  
 Frekvens = 100,21 Hz  
 $F\% = 100\% * (2,08 - 0,972) / (2,08 + 0,972) = 36,3\%$   
 $FI = 0,0787$   
 $FM = (2,08 - 0,972) / 1,535 = 0,72$



Vi ser här att vi fått en jämnare fördelning med en flickerprocent på 36,3 procent och en mycket förbättrat modulationsindex samt ett väldigt bra flickerindex.

densatorer. Då kan en switchad lösning vara ett alternativ. Fortfarande kommer vi troligen behöva ha lösningar med extra kondensatorbankar beroende på effekt och Pfc-reglering.

**SOM MAN KAN KONSTATERA** så finns det mycket energi som måste lagras mellan kurvornas toppar vilket kräver stora kondensatorbankar.

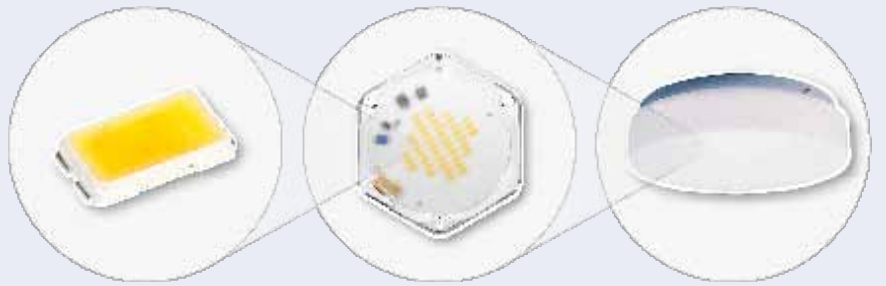
Vill vi sedan gå in i en mer komplex konstruktion så kan vi titta på en operationsbelysning. Vi jobbar där med en central strömförsörjning och har ljuskällor som är mer utsprida men samtidigt riktade för att lysa upp ett enda område. Alla enskilda LED-moduler bör därför ha ett eget drivsteg inbyggt så att de kan dimmas respektive fungera som en egen enhet. Ljuset i sig måste vara homogent med en hög färgåtergivning och det får aldrig vara störande.

Ett område som kommer att få stor betydelse framöver är trådlös kommunikation då detta gör installationer i nybyggnationer billigare och enklare. Ingen kabeldragning till annat än vägguttag och takdosor från centralerna kommer att behövas, sedan kommer smarta–hem–lösningar att ta över. Det finns mängder av möjliga standarder inklusive Zigbee och Bluetooth. Just nu slåss ett helt gäng av företag om herraväldet inom detta segment däribland Philips, Apple och Intel.

Detta kommer att öppna en helt ny marknad där det etableras ett antal öppna stan-

FAKTA 2:

Vad är en LED och vad är en LED-modul?



• **En LED** (Light Emitting Diode) är en ljuskälla av halvledarmaterial som emitterar ljus inom ett smalt ljusspektrum då elektricitet går igenom den.

• **En LED-modul** är en eller flera lysdioder som är monterade på ett kretskort ofta med annan elektronik och ofta med någon form av optik.

• **En LED-armatur** är själva lampan med LED-modulen, elektriska anslutningar och eventuella övriga sensorer.

darder. Dessa kommer sedan att driva på utvecklingen inom områden som gateways, supportmjukvara, retrofit och belysningsmoduler. Allt ska länkas samman till ett styrbart nätverk. Styrningen kommer att ske via mobilappar eller tryckknappar, sensorer eller datorer men för att uppnå detta måste någon form av styrande intelligens finnas och just nu är det programvara via en gateway. Det mycket tal om Zigbee respektive Bluetooth som de standarder som kommer samregera med Wifi-nätverken.

**NÄR ALLT PRATAR MED** allt kommer det behövas helt nya typer av produkter där kommu-

nikationen är billig och enkel med låg energigång.

Alla tillverkare kommer att behöva varandras ekosystem för att driva upp försäljningen. Dessutom kommer nya uppgraderingar att standardiseras.

En gateway från en tillverkare kommer att kunna prata med en LED-armatur från ett litet företag i Sverige, den stora jätten från Holland och specialistföretaget från USA. Det ska fungera lika bra för alla och du kommer givetvis kunna styra allt från din mobil.

Styrenheten för den trådlösa kommunikationen med LED-lamporna får endast förbruka 0,035 W vid kommunikation. Det innebär att i ett normal hem – med 100 ljuskällor – kommer styrenheterna som mest att förbruka 3 W för kommunikationen vilket vi kommer att kunna minska.

De standarder för LED-moduler som måste följas är säkerhetskraven EN62031 med Elsäkerhetsverket som ansvarig myndighet. När modulen sätts in i en armatur testas den i sin tur enligt EN60598 som är den armaturstandard som kräver vissa kontroller utifrån bägge dessa normer. Det finns också underliggande normer för att möta krav på EMC, surge och burst.

**VIDARE FINNS IKKE** tvingande standarder för ljusfärg, spridningsvinkel, färgavvikelse över tiden och livslängd. Dessa fångas dock upp indirekt av Energimärkning och Ekodesigndirektivet där Energimyndigheten är ansvarig myndighet. Vad vi än testar eller producerar så levererar en LED-modul ett ljus som sedan kan sägas upplevas av användaren eller brukaren.

Vi har alltså gått från en hundra år gammal konstruktion till en ny som inte är lik någon annat. Givetvis finns inte kunskapen direkt men hela marknaden tar nu stegen ifrån att vara helt ny till att verkligen bära sig självt. Produktionen, processerna, volymerna och integrationen av LED börjar fungera. Alla pratar LED. ■

FAKTA 3:

Tre olika LED-typer



• **LED:** Dessa lysdioder kan sägas vara standardiserade i storlekar som 3535, 3030, 5630 osv men de har olika "footprint" eller infästningar beroende på tillverkare. Det är därför inte lätt att byta bara för att en tillverkare är billigare eller bättre. Fördelen med dessa lösningar är att de är standardiserade och ganska lätta att diffusera ljuset då dessa är av typen "midpower". Idag innebär det ca 30-50 lm per lysdiod och en effekt mellan 0,25 till 0,8W. "High Power" har effekter från 1 till 5W.

• **COB:** Ett stort antal mindre chip är sammanbondande

till en större lysande enhet monterade direkt på aluminium eller keram för bästa möjliga värmeavledning. Dessa enheter har därför möjlighet att köras hårdare per chip än normalt på grund av bättre termisk koppling. De blir också energieffektiva vid högre effekt. Dessa finns från 5W och ända upp till 500W vilket ger väldigt stort ljusutbyte från en liten ljuskälla.

• **CSP:** Inom högeffektslysdioder har det kommit en helt ny typ av lysdiod, CSP (Chip Scale Package) som hanterar mellanhöga till höga strömstyrkor utan

kapsling. Det innebär att själva kapslingen och bondtrådar är borttagna och chipet löds direkt på mönsterkortet. Lysdioden får då en bättre värmeavledningsförmåga då den termiska värmeöverföringen får kortare väg jämfört med att värmen ska gå igenom själva kapslingen. Detta ger en betydligt förbättrad Droop faktor som visar hur förändringen i ljusutbyte relativt inmatad effekt påverkar lysdioden. Med CSP får lysdioden betydligt bättre verkningsgrad vid högre inmatad effekt.