**Projekt 0**

***Dag Stranneby***

**Elektronik för civilingenjörer ET501G, 180207**

**Sammanfattning**Projektet gick ut på att undersöka en krets med en vit lysdiod som strömförsörjs från ett batteri. Kretsen analyserades och simulerades. En krets kopplades också upp i verkligheten på lab. De beräknade, simulerade och uppmätta värdena på strömmar, spänningar och effekter stämde bra.

Störningsräkning och riskanalys har också gjorts på kretsen. Det visar sig att beroende på batteri-spänning och lysdiodens framspänningsfall, kan diodströmmen, och därmed ljusstyrkan, variera ganska betydligt.

Ett förslag på en krets med strömgenerator har tagits fram, som övervinner problemen med varierande diodström.

Innehåll

[Beskrivning av kretsen 1](#_Toc505818018)

[Analys 1](#_Toc505818019)

[Simulering 2](#_Toc505818020)

[Laboration 3](#_Toc505818021)

[Utvärdering 3](#_Toc505818022)

[Störningsräkning 4](#_Toc505818024)

[Riskanalys 5](#_Toc505818025)

[Förbättringsförlag 5](#_Toc505818026)

[Sammanhang 6](#_Toc505818027)

[Referenser 7](#_Toc505818028)

Bilaga 1, färgkod för motstånd

# Beskrivning av kretsen

Kretsen består av en spänningskälla på 6 V, en strömbrytare (switch), ett motstånd *R* och en lysdiod (LED) *D1*, se figur 1. När strömbrytaren slås till, går en ström genom kretsen och lysdioden lyser. Motståndets uppgift är att begränsa strömmen till en sådan nivå, att lysdioden lyser bra, men inte överbelastas och går sönder. När strömbrytaren slås av, bryts kretsen, strömmen blir noll och lysdioden slocknar.

I projektet ingår att välja en vit lysdiod samt att beräkna lämpligt värde på motståndet *R* och även beräkna effektförlusten i *R*.

# Analys

Eftersom inga speciella krav ställdes på lysdioden, mer än att den skulle vara vit, valdes dioden   
L5-W53N-BVW, tillverkad av Sloan och som säljs av bl a Elfa-Distrelec [1]. Enligt datablad [2] har dioden ett typiskt framspännings­fall på  och framströmmen är typiskt . Ur detta kan vi med Kirchhoffs andra lag och Ohms lag [3] beräkna resistansen:

 (1)

där  är batterispänningen,  diodens framspänningsfall och  strömmen i kretsen. Vi har här försummat eventuell resistans i brytaren, som troligen är mycket liten. Med insatta siffror fås:

 (2)

Närmaste standardvärde i E-12-serien [4] är 150 ohm, det ger då en ström, som fås genom att skriva om (1):

 (3)

proj0.emfAlltså något mindre än de specificerade 20 mA, men endast 6.5% fel, vilket anses godtagbart.

*Figur 1, kretsschema för projektet*

proj_0.wmf

*Figur 2, simulering av kretsen med LTspice IV*

Vidare skulle den i motståndet utvecklade värmeeffekten beräknas. Den fås med hjälp av Ohms och Joules [3] lagar enligt:

 (4)

Med insatta siffror:

 (5)

Sammanfattningsvis kan man då konstatera att vid nominell batterispänning , försumbar resistans i brytare, batteri och ledningar. Motstånd  och  fås en ström . Effektutvecklingen i motståndet blir .

# Simulering

Simulering av kretsen gjordes med freeware LTspice IV [5].se figur 2. Switchen utelämnades, eftersom vi bara är intresserade av ström och spänning när kretsen är aktiv. Simuleringen gjordes som en transientanalys.

Det gick inte att hitta en modell för dioden L5-W53N-BVW som vi valt, men en liknande diod-modell NSPW500BS användes.

Sammanfattningsvis kan man konstatera att simuleringen vid nominell batterispänning  gav: ,  och .

# IMG_1483.JPG

*Figur 3, labuppkoppling på kopplingsdäck*

# Laboration

Laborationen genomfördes på Örebro universitet, sal T112, 180208. Kretsen kopplades upp på ett kopplingsdäck (se figur 3). Batteriet 6 V ersattes med ett spänningsaggregat, Metex Universal system MS-9140. Instrument som användes för att mäta spänning, ström och resistans var Fluke 25 multimeter. Motståndet var färgkodat brun-grön-brun för 150 Ω, se bilaga 1.

Den utvecklade värmeeffekten kunde inte mätas direkt i brist på instrument, utan beräknades med hjälp av (4). Uppmätta värden: , , och .

# Utvärdering

En jämförelse mellan beräknade, simulerade och uppmätta värdena ses i tabell 1.

Beräknade, simulerade och mätta parametervärden stämmer ganska väl. Skillnaden i strömmen *IF*, beror till största delen på variationer i diodens framspänningsfall *VF*. I det första fallet var siffran ett typiskt värde hämtat ur datablad [2]. I det simulerade fallet fanns värdet i komponentmodellen, som tyvärr inte är exakt lika den diod som vi avsåg att använda.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Parameter** | **Beräknad** | **Simulerad** | **Uppmätt** |
| Ström *IF* | 18.7 mA | 18.21 mA | 18.9 mA |
| Motstånd *R* | 150 Ω | 150 Ω | 149 Ω |
| Effekt i motstånd *P* | 52.7 mW | 49.7 mW | 58.0 mW |
| Framspänningsfall *VF* | 3.2 V | 3.27 V | 3.06 V |

Vidare finns en liten inkonsistens i de uppmätta värdena. Med hjälp av (1) kan man lösa ut de olika värdena. Givet att *VF* och *IF* är korrekta borde *R* hamna på 158 Ω. Om man istället antar att *IF* och *R* är felfria, borde *VF* vara 3.18 V. Om man slutligen antar att *VF* och *R* är riktiga, borde *IF* bli 20.0 mA. Detta vittnar om att det finns mätfel i de uppmätta värdena. Som helhet kan man ändå konstatera att beräknade, simulerade och i verkligheten uppmätta siffror stämmer ganska väl.

*Tabell 1, jämförelse av beräknade, simulerade och uppmätta värden.*

# *Tabell 2, störningsräkning med Excel*

# Störningsräkning

Störningsräkning [6] går ut på att se hur stor inverkan avvikelser i till exempel komponentvärden har på kretsens prestanda. I detta fall är strömmen genom dioden och effekten i motståndet av intresse. Vi gör en störningsräkning med hjälp av Excel, grundad på (3) för strömmen, och (4) för effekten, beräknad på alla kombinationer av följande fall:

Batteri, +-10% på spänningen: 5.4 V, 6 V, 6.6 V

Motstånd, +-10% på resistansen [3]: 135 Ω, 150 Ω, 165 Ω

LED, framspänningsfall [2]: 3.2 V, 3.5 V

Resultatet framgår av tabell 2. Man kan se att den största strömmen *IF* = 25.2 mA, fås (inte helt överraskande) då *E =* 6.6 V, *VF =* 3.2 V och *R =* 135 Ω. Störst effekt *P =* 86.5 mW, fås vid samma parameterkombination. Detta kan då anses vara en "worst-case" i avseendet att strömmen och effekten är maximal.

Den minsta strömmen *IF* = 10.9 mA, fås då *E =* 5.4V, *VF =* 3.6V och *R =* 165Ω. Effekten blir   
*P =* 19.6 mW. Detta är "worst-case" i bemärkelsen att strömmen är minsta möjliga, och därmed att ljusstyrkan är minimum.

Man kan notera att det skiljer en faktor på mer än 2 hur strömmen kan variera, från 10.9 till 25.2 mA. För att få reda på hur stor inverkan detta kommer att ha på ljusstyrkan, behöver man uppgifter från tillverkaren hur ljusstyrkan (mcd) beror av diodströmmen. I databladet [2] anges ljusstyrkan vara mellan 5200 - 10400 mcd, med typiskt 7380 mcd vid 20 mA diodström.

Effekten i motståndet blir maximalt *P =* 86.5 mW. Väljer man ett motstånd som tål 0.25 W, t ex [7] så är man på säkra sidan i alla lägen.

# Riskanalys

Kallas också FMEA, Failure Mode Effect Analysis [8]. Ett systematiskt sätt att se vilka konsekvenser ett fel i en komponent kan dra med sig. En enkel FMEA har gjorts för den aktuella kretsen. Effekten av en felfunktion har graderats med 1 - 5, där 5 är stor effekt. På liknande sätt har sannolikheten för att ett fel ska uppstå graderats 1 - 5, där 5 är stor sannolikhet. Risk fås som effekt multiplicerad med sannolikhet, se tabell 3.

Ur tabellen kan man se att den största risken är att batteriet blir dåligt eller tar slut. Därnäst att det blir avbrott i switchen eller motståndet. Riskbedömningen handlar också mycket om i vilken miljö kretsen ska användas. Finns t ex möjlighet att kretsen kan hamna i vatten eller fukt, ökar risken för kortslutningar. Använder man switchen ofta, ökar slitaget och risken för fel i switchen.

De säkraste delarna i kretsen är troligen motståndet och LED. Livslängden för LED uppges i databladet [2] till 50 000 timmar.

# Förbättringsförlag

I avsnittet "Störningsräkning", framgår att strömmen i kretsen, och därmed ljusstyrkan, kan variera ganska betydligt. Ett sätt att förbättra detta vore att ersätta motståndet med en strömgenerator, som hela tiden försöker upprätthålla strömmen 20 mA i kretsen. Detta oberoende om batteri-spänningen eller framspänningsfallet i dioden ändras inom rimliga gränser (kan även ändras då temperaturen ändras). Förslaget framgår översiktligt i figur 4.

Zenerdioden håller en fast spänning på NPN-transistorns bas, t ex 2.4 V. Det innebär att spännings-fallet över R2 kommer att bli 2.4 - 0.7 = 1.7 V. För att upprätthålla denna spänning krävs en emitterström (i princip samma som kollektorströmmen) som fås ur sambandet:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Komponent** | **Fel** | **Konsekvens** | **Effekt** | **Sannolikhet** | **Risk** |
| Batteri | slut | ingen funktion | 5 | 3 | 15 |
| Batteri | låg spänning | svagt ljus | 3 | 3 | 9 |
| Batteri | hög spänning | extra starkt ljus, LED får kortare livslängd | 1 | 2 | 2 |
| Switch | avbrott | går ej att tända | 5 | 2 | 10 |
| Switch | kortslutning | går ej att släcka, batteriet tar slut | 5 | 1 | 5 |
| Switch | glapp, sliten | osäker funktion, svagt ljus | 3 | 2 | 6 |
| Motstånd | avbrott | ingen funktion | 5 | 2 | 10 |
| Motstånd | för hög resistans | svagt ljus | 3 | 1 | 5 |
| Motstånd | för låg resistans | starkt ljus, LED får kortare livslängd | 1 | 1 | 1 |
| Motstånd | kortslutning | LED går sönder, mörkt | 5 | 1 | 5 |
| LED | avbrott | ingen funktion | 5 | 1 | 5 |
| LED | kortslutning | ingen funktion | 5 | 1 | 5 |

*Tabell 3, riskanalys (och enklare FMEA)*

proj0a.emf

*Figur 4, förbättringsförslag med strömgenerator*

 (6)

Detta innebär att motståndet *R2* kan fås ur:

 (7)

Vi väljer standardvärdet 82 Ω. Motståndet *R1* är okritiskt. Vi antar att strömförstärkningen i NPN-transistorn är åtminstone 100. Det innebär att basströmmen blir ca 200 μA. Om vi väljer att köra   
1 mA i *R1*, har vi goda marginaler. Vi kan då beräkna *R1*:

 (8)

Närmaste standardvärde är 5.6 kΩ. Strömmen i kretsen kommer nu att vara konstant ca 20 mA, oberoende av batterispänningen ner till:

 (9)

# Sammanhang

Den aktuella kretsen skulle kunna användas för någon typ av mobil belysningskälla, t ex en ficklampa, se figur 5.

*Figur 5, en LED-ficklampa som innehåller den aktuella kretsen.*

# Referenser

[1] https://www.elfa.se/sv/lysdiod-mm-t1-vit-sloan-l5-w53n- bvw/p/11044967?q=\*&filter\_Buyable=1&filter\_Category3=Lysdioder%2C+THT&page= 2&origPos=2&origPageSize=50&simi=99.65 (180207)

[2] https://www.electronicsdatasheets.com/manufacturers/sloan-ag/parts/l5w53nbvw  
 (180207)

[3] Electronics, A systems approach, *Neil Storey*, Pearson (2017), ISBN: 978-1-292-11406-4

[4] http://www.logwell.com/tech/components/resistor\_values.html (180207)

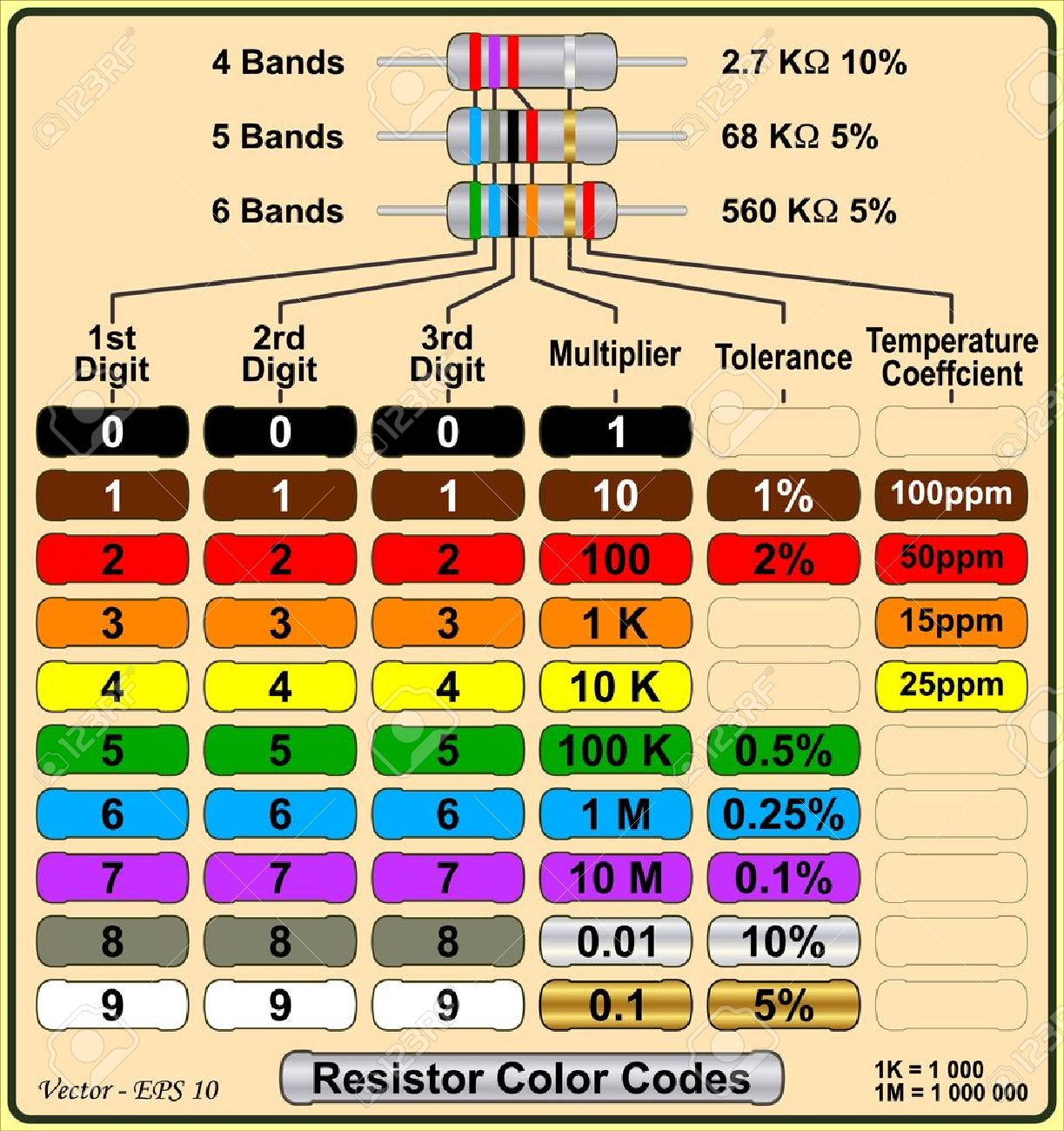
[5] http://www.linear.com/solutions/ltspice (180207)

[6] https://www.nada.kth.se/kurser/kth/2D1212/numpm05/komplmat3.pdf (180208)

[7] https://www.electrokit.com/motstand-150r.41355 (180208)

[8] https://sv.wikipedia.org/wiki/Failure\_modes\_and\_effects\_analysis (180208)

**Bilaga 1, färgkod för motstånd**

****