



HO CHI MINH CITY UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
COMPUTER ENGINEERING

Electronic Device Component



ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA KHOA HỌC & KỸ THUẬT MÁY TÍNH



BÁO CÁO THIẾT KẾ MẠCH

ALTIUM DESIGNER FINAL PROJECT

GVHD: Huỳnh Hoàng Kha

—o0o—

1. Nguyễn Trọng Tín - 2012215
2. Huỳnh Trương Quốc Khanh - 1810990
3. Tô Đình Lưu - 2013725

TP. HỒ CHÍ MINH, 12/2021

Mục lục

Chapter 1. Final Project:

LED circuit design for Christmas	5
1 Lời nói đầu	6
2 Nguyên lý hoạt động	6
3 Schematic	9
3.1 Thiết kế mạch giảm áp 3.3V	10
3.2 Thiết kế mạch đèn LED sử dụng tụ điện và transistor	11
3.3 Mô phỏng PSpice	11
4 Lựa chọn linh kiện	12
4.1 Mạch giảm áp 3.3V	12
4.1.1 LM2596SX-3.3	12
4.1.2 Tụ điện C1_1 680uF – 16V	12
4.1.3 C2_2 220uF – 35V	13
4.1.4 Cuộn cảm	14
4.1.5 Diode Zener	15
4.2 Mạch đèn LED	15
4.2.1 Điện trở 15 Ohm và 22k Ohm	15
4.2.2 Tụ điện 100uF	16
4.2.3 Các loại LED Đỏ, Vàng, Xanh lá 5mm	17
4.2.4 Công tắc E-Switch EG1218	17
4.2.5 BJT - Transistor NPN BC547	18
5 Set rule	19
5.1 Clearance	19
5.2 Width wire	19
6 2D Layout	20
7 3D Layout	21
8 Kết luận	22

BẢNG ĐÁNH GIÁ CÔNG VIỆC

Tên và MSSV	Công việc	Đánh giá
Nguyễn Trọng Tín (2012215)	Vẽ Shematic, lựa chọn linh kiện, thiết kế Lay out PCB 2D , 3D , tính toán thông số, viết báo cáo	100%
Huỳnh Trương Quốc Khánh (1810990)	Đóng góp ý tưởng, viết báo cáo	100%
Tô Đình Lưu (2013725)	Lên ý tưởng chính, trình bày phần giới thiệu, nguyên lý hoạt động, và tổng kết	100%

CHƯƠNG 1

**Final Project:
LED circuit design for Christmas**

1 Lời nói đầu

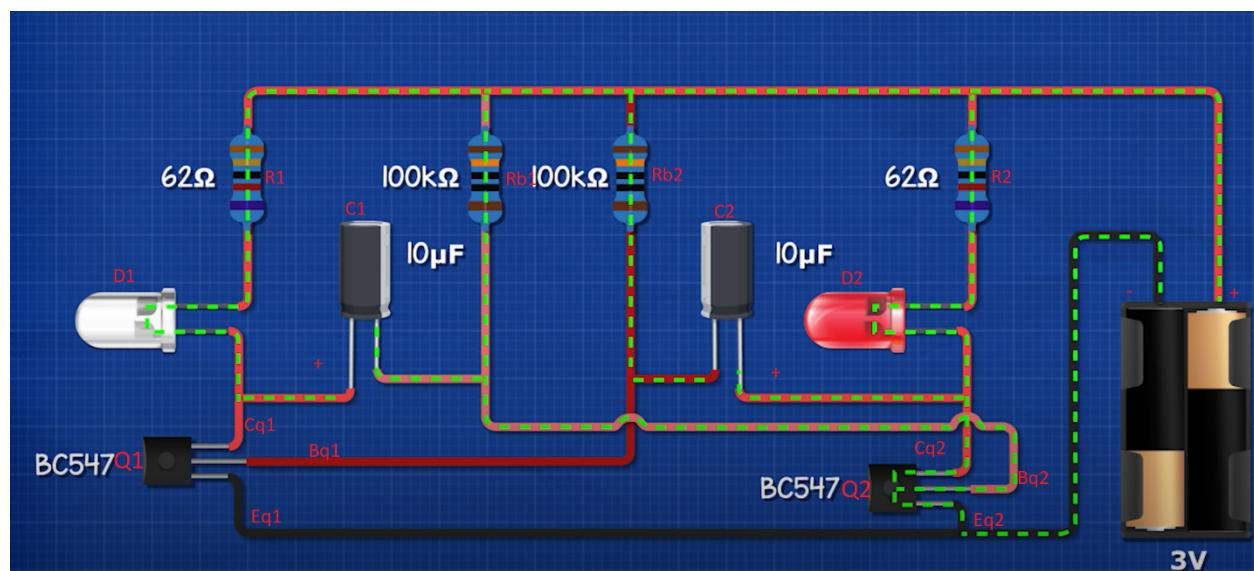
Trong công cuộc công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước, để các sinh viên có tăng khả năng tư duy và làm quen với công việc thiết kế, chế tạo mạch điện chúng em đã lên ý tưởng thực hiện đồ án: **Cây thông nhấp nháy sử dụng BJT loại NPN dùng để trang trí cho đêm Giáng Sinh** nhằm cung cấp về mặt kiến thức trong quá trình thực tế. Sau khi nhận đề tài, nhờ sự giúp đỡ tận tình của giảng viên hướng dẫn cùng với sự lỗ lực cố gắng của cả nhóm, sự tìm tòi, nghiên cứu tài liệu, đến nay đồ án của chúng em về mặt cơ bản đã hoàn thành. Trong quá trình thực hiện dù đã rất cố gắng nhưng do trình độ còn hạn chế kinh nghiệm còn ít nên không thể tránh khỏi sai sót. Chúng em mong nhận được sự chỉ bảo giúp đỡ và đóng góp ý kiến của các thầy cô giáo trong khoa để đồ án của chúng em ngày càng hoàn thiện hơn.

Về ý tưởng: Mạch sử dụng BJT để đóng ngắt luân phiên các nhánh đèn LED, sử dụng tụ điện để các đèn LED chớp nháy mượt mà hơn, sử dụng LM2596 nhận nguồn 12V hoặc 9V để cấp nguồn 3.3V cho mạch.

Chúng em xin chân thành cảm ơn!

2 Nguyên lý hoạt động

Mạch dựa trên mạch dao động đa hài (Astable Multivibrator): Khi nối nguồn, dòng



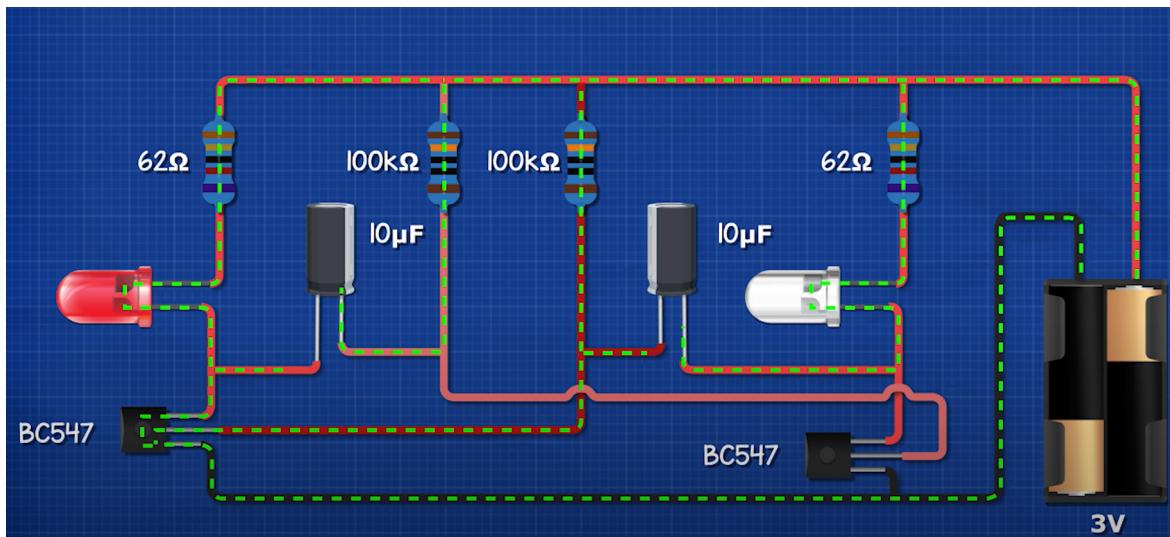
Hình 1.1: Ảnh minh họa

diện đi qua điện trở R_{b1} và R_{b2} vào các cực B_1 và B_2 . Hai transistor Q_1 và Q_2 đều dẫn điện, 2 tụ C_1 và C_2 được nạp. Nhưng trên thực tế hai transistor không thể cùng dẫn một lúc mà phải có một con dẫn trước, một con dẫn sau (do sai số tụ điện, điện trở, transistor không giống nhau hoàn toàn...).

Giả sử Q_1 dẫn trước làm điện áp U_{Cq1} ở cực C_{q1} giảm, nghĩa là điện trở giữa 2 chân U_{Cq1} và E_{q1} giảm, tụ C_1 phóng điện từ cực + vào C_{q1} sang E_{q1} .

Vì điện trở giữa 2 chân C_{q1} và E_1 giảm nhỏ nên điện áp 2 má tụ đặt vào lớp tiếp giáp $E_{q2}B_{q2}$ của Q_2 khiến Q_2 ngừng dẫn, dòng qua $D_2 = 0$, U_{cq2} tăng gần bằng điện áp

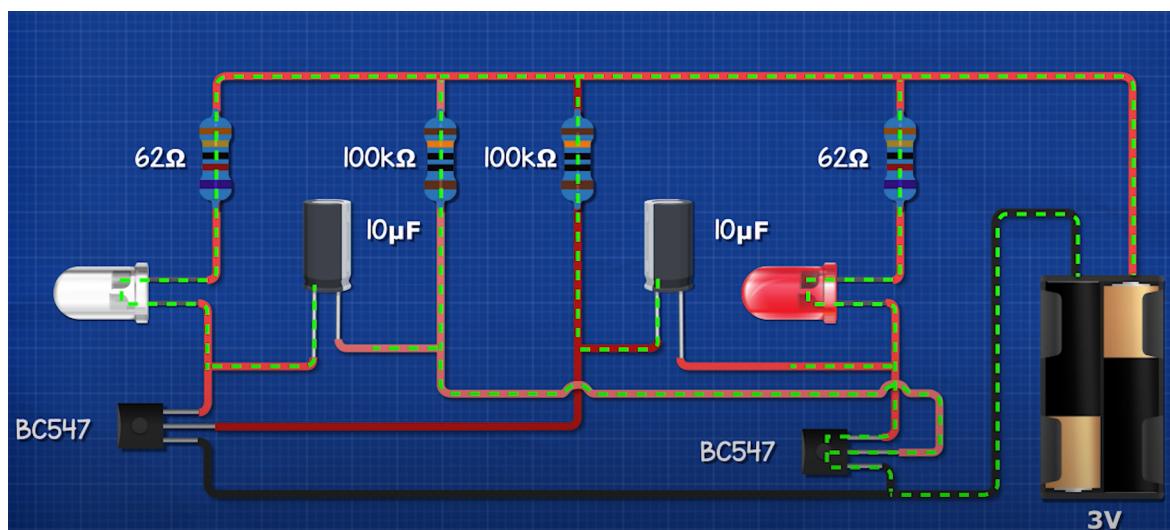
nguồn nạp cho tụ C2 đến giá trị max, U_{Cq1} giảm xuống cực tiểu.



Hình 1.2: Ảnh minh họa

Khi tụ C1 phóng hết điện tích và có dòng từ nguồn đi qua Rb2 vào cực B_{q2} của Q2. Q2 lập tức dẫn. Khi đó Q1 ngưng dẫn, U_{Cq2} lại giảm, U_{Cq1} lại tăng, tụ C1 lại nạp và tụ C2 lại phóng điện

. Quá trình tiếp tục lặp lại với sự dẫn của Q1.



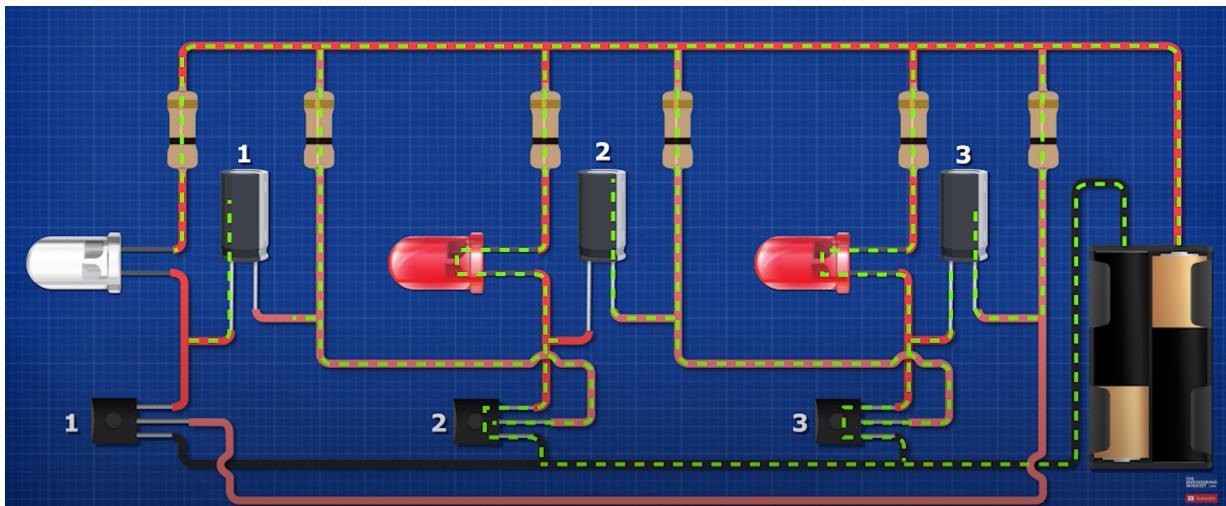
Hình 1.3: Ảnh minh họa

Như vậy, thời gian dẫn và ngắn của Q1, Q2 gần như phụ thuộc hoàn toàn vào thời gian phóng điện của các tụ C1 và C2. Q2 bắt đầu dẫn tụ C1 phóng điện xong, và ngừng dẫn khi tụ C2 phóng điện xong. Q2 bắt đầu dẫn tụ C2 phóng điện xong, và ngừng dẫn khi tụ C1 phóng điện xong.

Thời gian phóng của tụ Q1 và Q2 lại gần như phụ thuộc vào trị số của tụ điện và điện trở Rb. Nếu giá trị điện dung của tụ càng lớn thời gian phóng điện của tụ càng lâu.

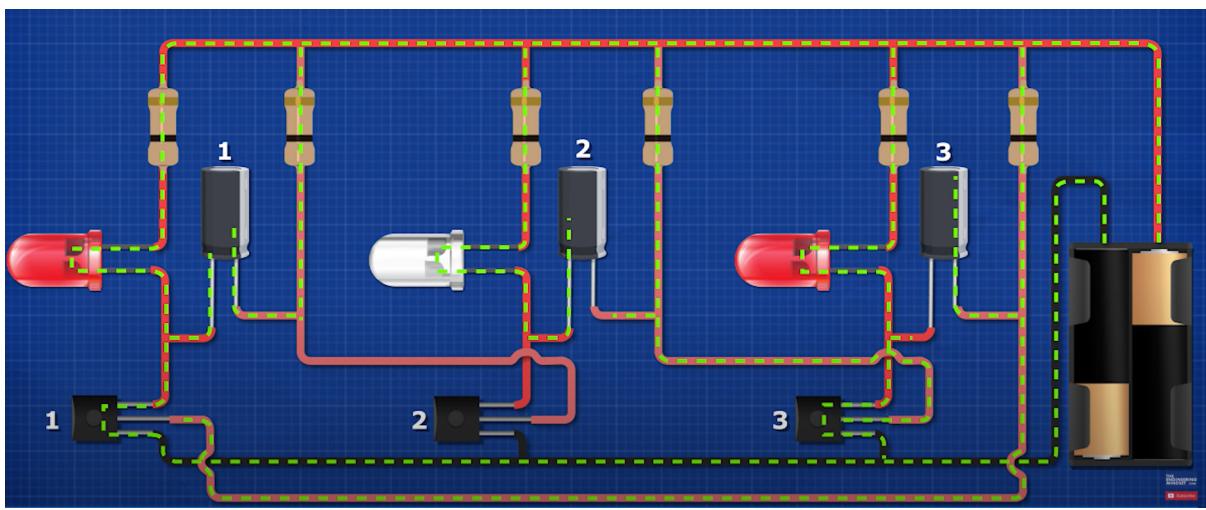
-> Với dẫn và ngắt luân phiên của Q1 và Q2, các LED trên mạch sẽ nhấp nháy liên tục. Điện dung của tụ và trở kháng Rb càng lớn -> thời gian LED nhấp nháy càng lâu.

Dựa trên cơ chế hoạt động của mạch dao động đa hài (Astable Multivibrator), ta sẽ tạo ra được 3 LED nhấp nháy:



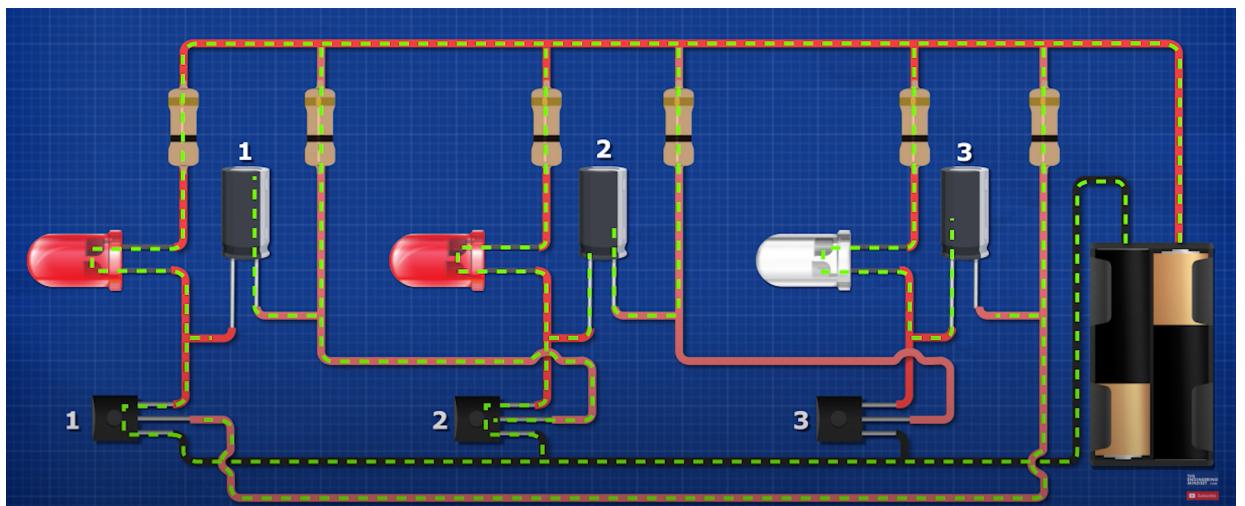
Hình 1.4: Ảnh minh họa

C1 nạp, C2 đang xả , C3 bắt đầu xả
BJT: Q1 ngắt, Q2 dẫn, Q3 dẫn



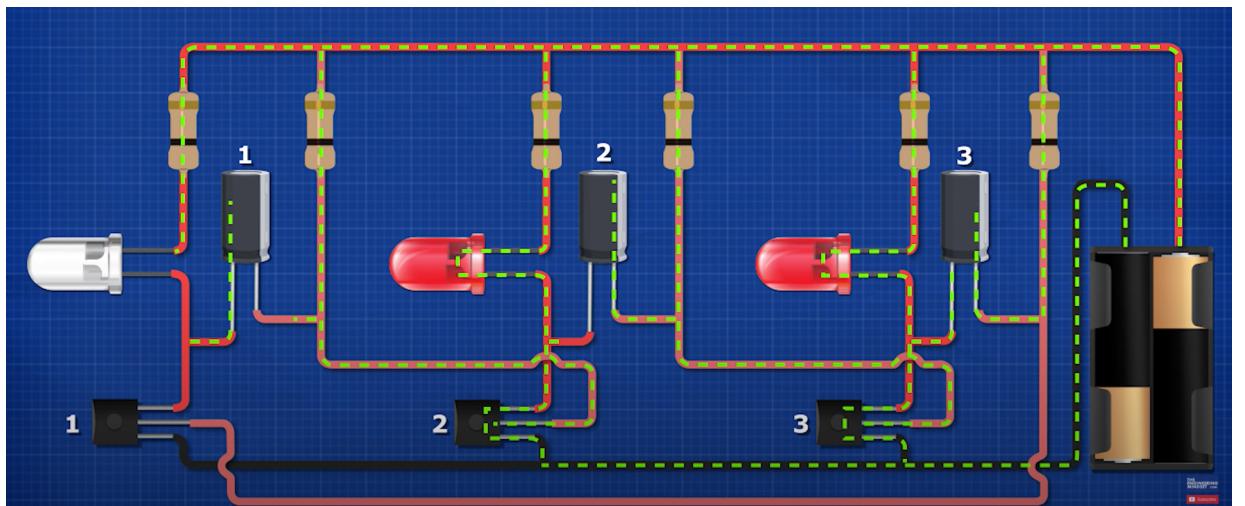
Hình 1.5: Ảnh minh họa

C1 bắt đầu xả, C2 nạp, C3 đang xả
BJT: Q1 dẫn, Q2 ngắt, Q3 dẫn



Hình 1.6: *Ảnh minh họa*

C1 đang xả, C2 bắt đầu xả, C3 nạp
BJT: Q1 dẫn, Q2 dẫn, Q3 ngắt



Hình 1.7: *Ảnh minh họa*

C1 nạp, C2 đang xả, C3 bắt đầu xả
BJT: Q1 ngắt, Q2 dẫn, 3 dẫn

-> Cứ tiếp tục dẫn và ngắt luân phiên giữa BJT Q1, Q2 và Q3 theo chu kì nạp – xả của các tụ C1, C2 và C3.

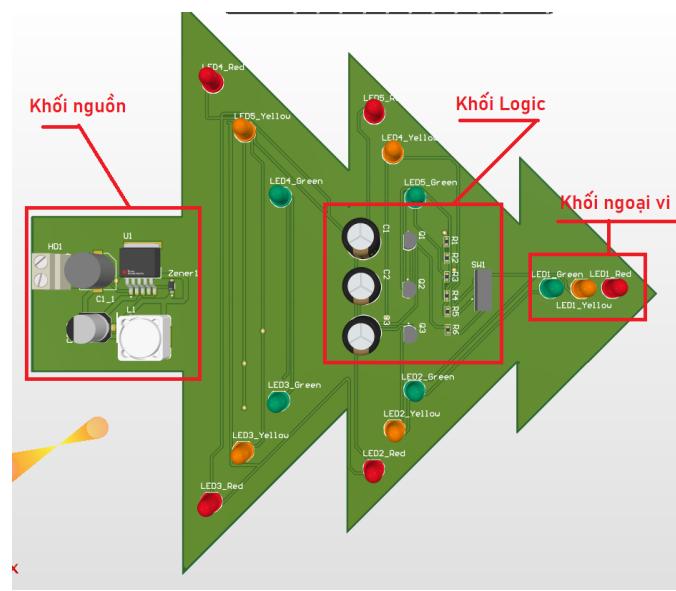
3 Schematic

Tổng quát mạch gồm 3 khối chính:

- Khối cấp nguồn 3.3V

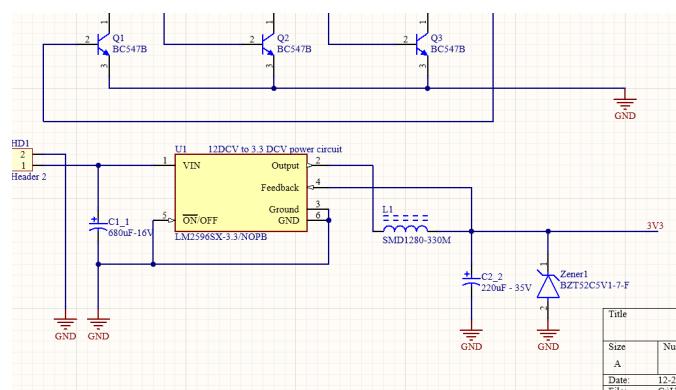
2. Khối logic chính gồm các điện trở, tụ điện, transistor

3. Khối ngoại vi gồm các đèn LED



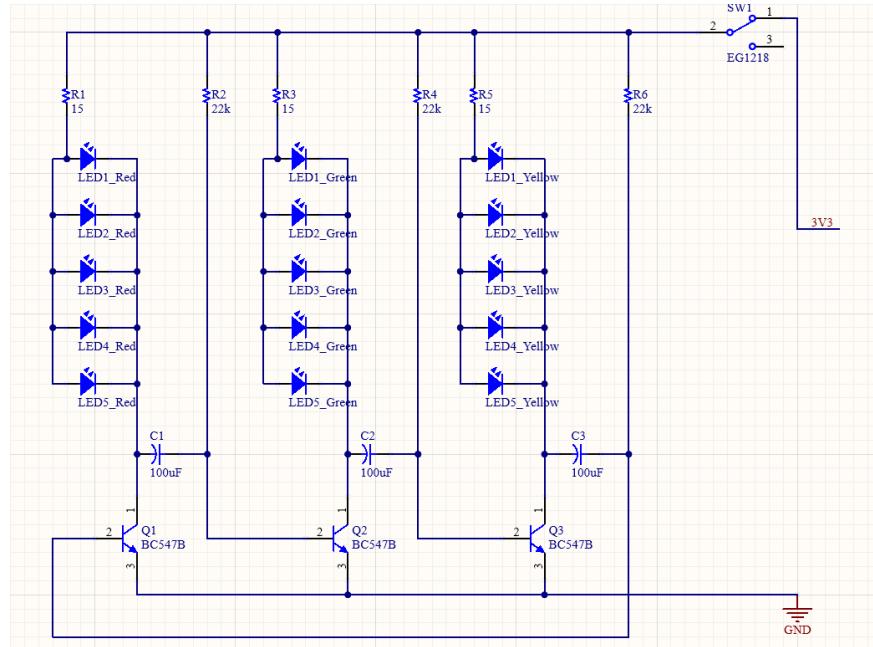
Hình 1.8: Các khối chức năng

3.1 Thiết kế mạch giảm áp 3.3V



Hình 1.9: Schematic của mạch giảm áp 3.3V

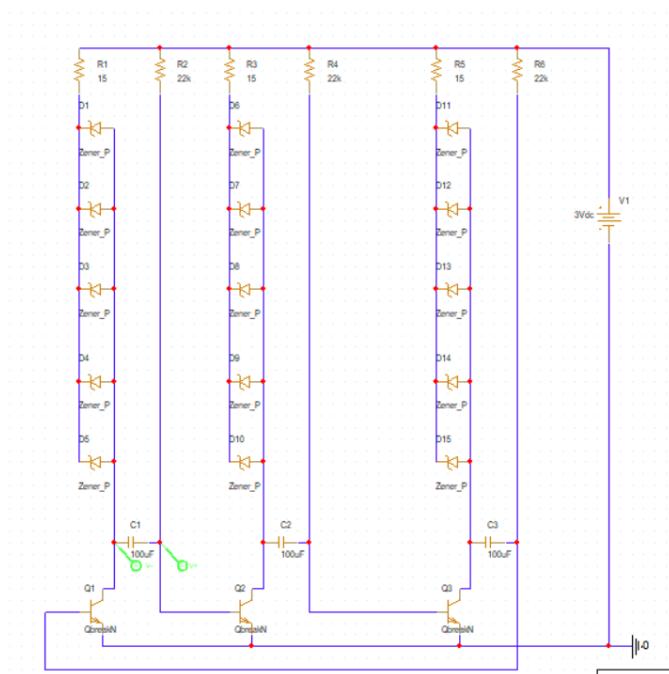
3.2 Thiết kế mạch đèn LED sử dụng tụ điện và transistor



Hình 1.10: Schematic của mạch đèn LED

3.3 Mô phỏng PSpice

Sử dụng phần mềm PSpice để mô phỏng hoạt động của mạch. Kết quả mô phỏng sẽ được sử dụng cho việc tính toán và lựa chọn linh kiện.



Hình 1.11: Mô phỏng PSpice

4 Lựa chọn linh kiện

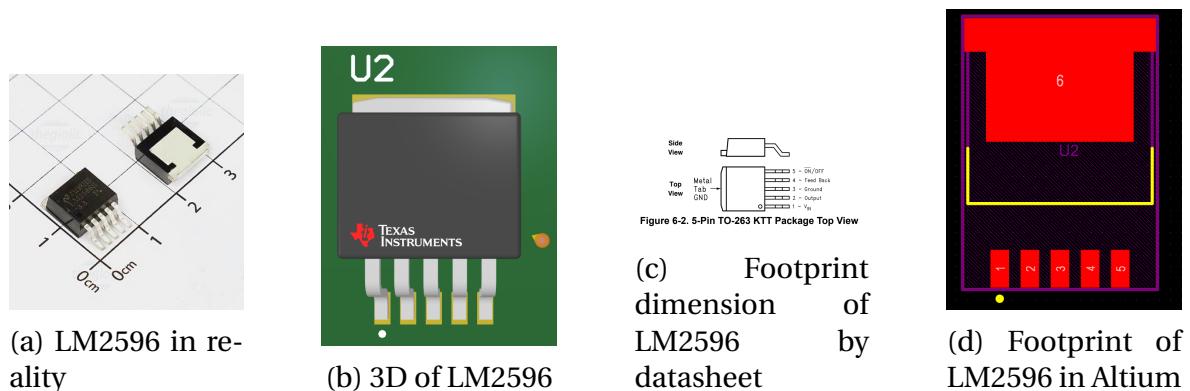
4.1 Mạch giảm áp 3.3V

Trong bài tập lớn này, nhóm sử dụng IC LM2596SX-3.3 để thiết kế mạch giảm áp. IC này đã từng được sử dụng trong các bài tập trước đây để thiết kế mạch giảm áp 5V. Tuy nhiên trong bài tập lớn này, IC này sẽ được dùng để thiết kế mạch giảm áp 3.3V.

Mặc dù mạch chỉ cần 3V để hoạt động, nhưng để dự phòng điện áp rơi trên các đường dây ta dùng điện thế ra là 3.3V

4.1.1 LM2596SX-3.3

Sử dụng IC LM2596SX-3.3 để hạ áp từ 12VDC xuống 3.3VDC.

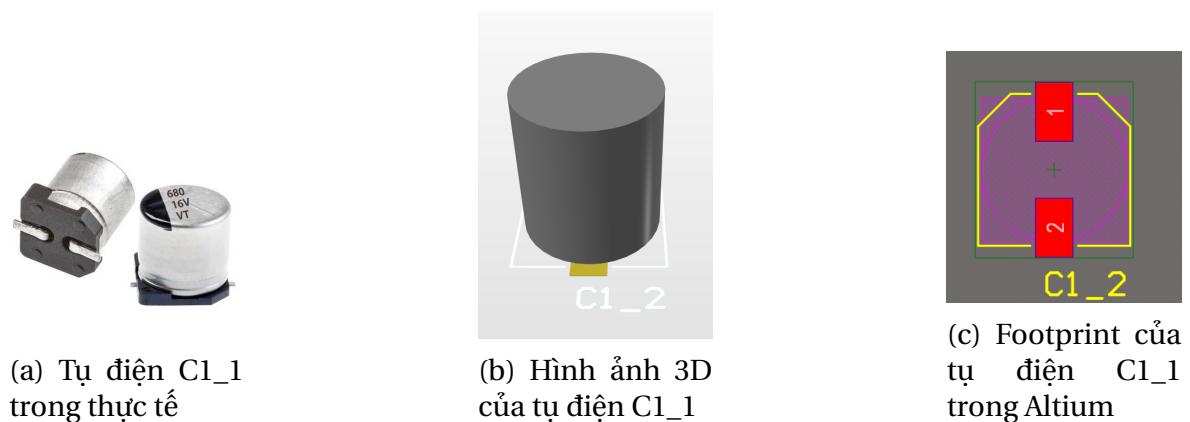


Hình 1.12

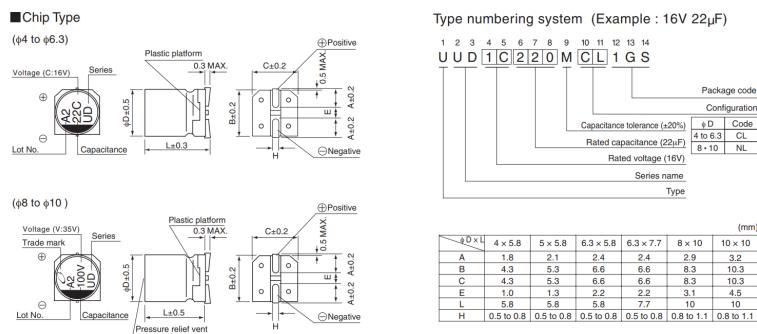
4.1.2 Tụ điện C1_1 680uF – 16V

Kích thước: 10mm x 10.5mm (Đường kính x Chiều dài)

Ta sử dụng tụ điện 680uF theo khuyến cáo của nhà sản xuất IC LM2596. Vì điện thế input cần là 9V hoặc 12V nên ta sử dụng tụ điện 16V là hợp lý.



Hình 1.13



Hình 1.14: Kích thước footprint theo datasheet

4.1.3 C2_2 220uF – 35V

Kích thước: 8mm x 10.5mm (Đường kính x Chiều dài)

Ta sử dụng tụ điện 220uF theo khuyến cáo của nhà sản xuất IC LM2596. Vì điện thế output là 3.3V, ta vẫn sử dụng tụ điện 35V vì cao hơn mức an toàn và dễ tìm kiếm trên thị trường hơn.

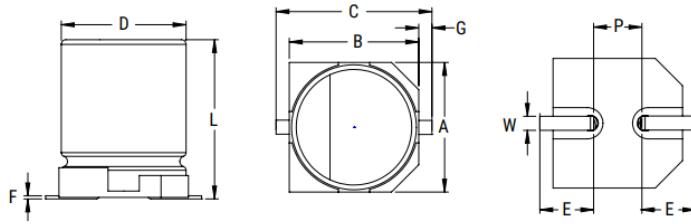


(a) Tụ điện C2_2 trong thực tế

(b) Hình ảnh 3D của tụ điện C2_2

(c) Footprint của tụ điện C2_2 trong Altium

Hình 1.15



Size Code	D		L		A/B		C		E	
	Nominal	Tolerance	Nominal	Tolerance	Nominal	Tolerance	Nominal	Tolerance	Nominal	Tolerance
9B	4.0	± 0.5	5.4	$+0.25/-0.1$	4.3	± 0.2	5.5	Maximum	1.8	± 0.2
9D	5.0	± 0.5	5.4	$+0.25/-0.1$	5.3	± 0.2	6.5	Maximum	2.2	± 0.2
9G	6.3	± 0.5	5.4	$+0.25/-0.1$	6.6	± 0.2	7.8	Maximum	2.6	± 0.2
9N	6.3	± 0.5	5.8	± 0.3	6.6	± 0.2	7.8	Maximum	2.2	± 0.2
9H	6.3	± 0.5	7.7	± 0.3	6.6	± 0.2	7.8	Maximum	2.6	± 0.2
9L	8.0	± 0.5	6.2	± 0.3	8.3	± 0.2	9.5	Maximum	3.4	± 0.2
9M	8.0	± 0.5	10.2	± 0.3	8.3	± 0.2	10.0	Maximum	3.4	± 0.2
9P	10.0	± 0.5	10.2	± 0.3	10.3	± 0.2	13.0	Maximum	3.5	± 0.2
9R	12.5	± 0.5	13.5	± 0.5	12.8	± 0.2	15.2	Maximum	4.9	± 0.2
9S	12.5	± 0.5	16.0	± 0.5	12.8	± 0.2	15.2	Maximum	4.9	± 0.2

Size Code	F		G		P		W	
	Nominal	Tolerance	Nominal	Tolerance	Nominal	Tolerance	Nominal	Tolerance
9B	0.3	Maximum	0.35	$+0.15/-0.2$	1.0	± 0.2	0.65	± 0.1
9D	0.3	Maximum	0.35	$+0.15/-0.2$	1.5	± 0.2	0.65	± 0.1
9G	0.3	Maximum	0.35	$+0.15/-0.2$	1.8	± 0.2	0.65	± 0.1
9N	0.3	Maximum	0.35	$+0.15/-0.2$	1.8	± 0.2	0.65	± 0.1
9H	0.3	Maximum	0.35	$+0.15/-0.2$	1.8	± 0.2	0.65	± 0.1
9L	0.3	Maximum	0.35	$+0.15/-0.2$	2.2	± 0.2	0.65	± 0.1
9M	0.3	Maximum	0.70	± 0.2	3.1	± 0.2	0.90	± 0.2
9P	0.3	Maximum	0.70	± 0.2	4.6	± 0.2	0.90	± 0.2
9R	0.3	Maximum	1.0	± 0.2	4.6	± 0.2	1.25	± 0.2
9S	0.3	Maximum	1.0	± 0.2	4.6	± 0.2	1.25	± 0.2

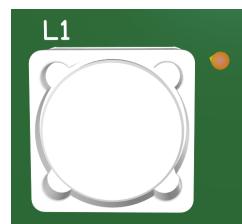
Hình 1.16: Kích thước footprint theo datasheet

4.1.4 Cuộn cảm

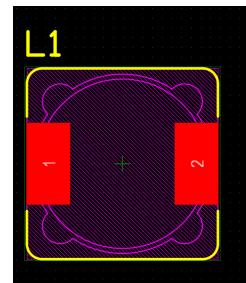
Ta sử dụng Cuộn Cảm Dán SMD 1280-330 33uH 4.2A (kích thước 12 x 12 x 8mm) Sử dụng cuộn cảm 33uH như yêu cầu nhà sản xuất, vì cường độ dòng ra max 3A nên ta sử dụng cuộn cảm có dòng max 4.2A là hợp lý.



(a) Cuộn cảm trong thực tế



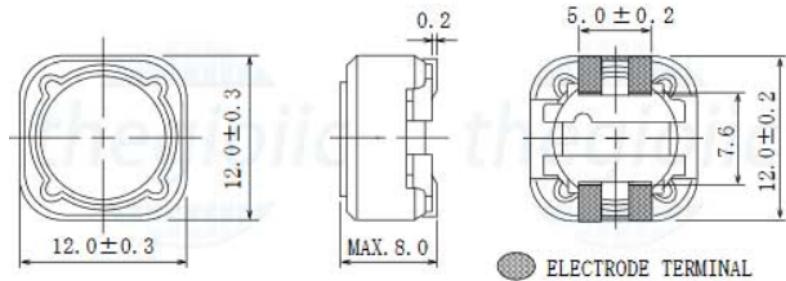
(b) Hình ảnh 3D của cuộn cảm



(c) Footprint của cuộn cảm trong Altium

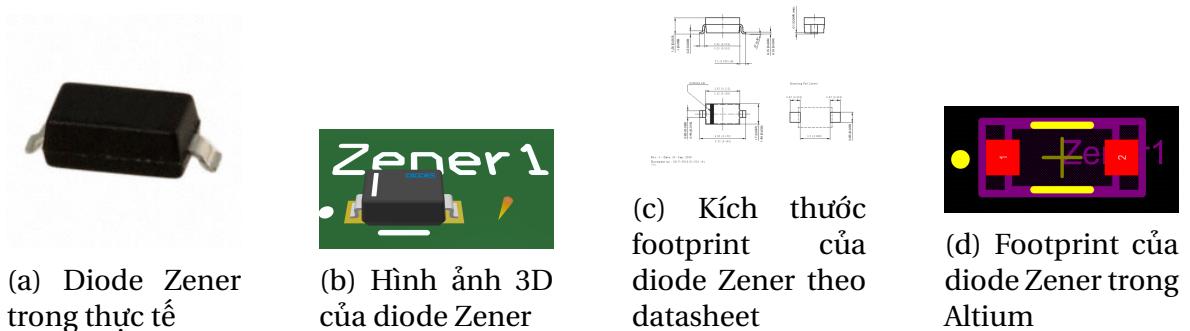
Hình 1.17

Cuộn cảm 1280 12x12x8mm



Hình 1.18: Kích thước footprint theo datasheet

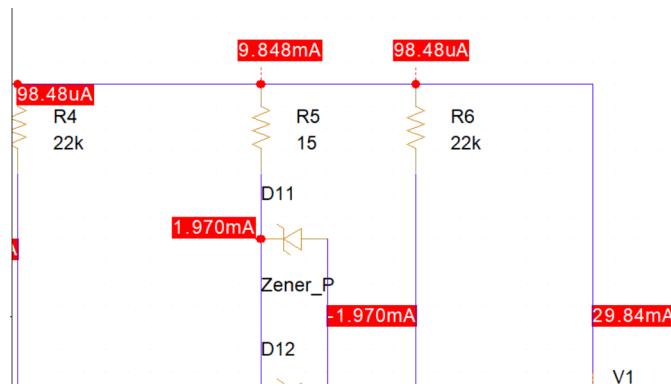
4.1.5 Diode Zener



Hình 1.19

4.2 Mạch đèn LED

Hình bên dưới cho thấy dòng điện đi qua điện trở 15 Ohm là 10mA, đi qua điện trở 22k Ohm là rất nhỏ khoảng 100uA. Và cường độ dòng điện toàn mạch là 30mA



Hình 1.20: PSpice Simulation

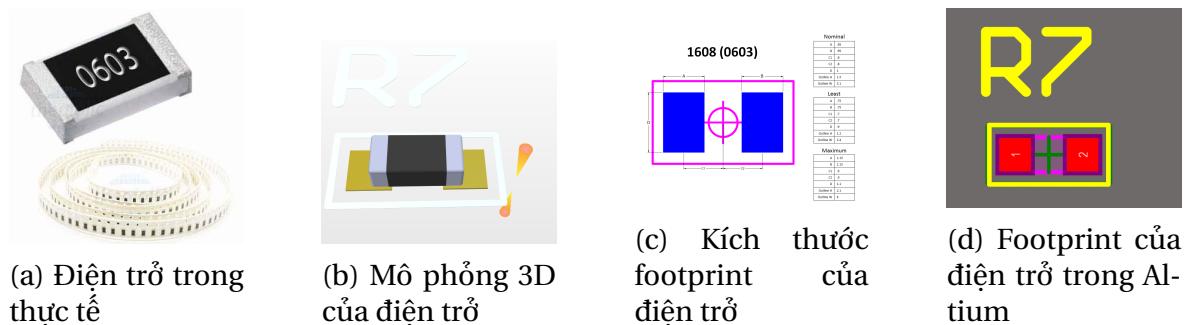
4.2.1 Điện trở 15 Ohm và 22k Ohm

Ta có 3V đầu vào, và tổng dòng điện là 30mA. Nhưng có thể ở trong điều kiện không thuận lợi khác, dòng điện có thể lên tới 50mA, trong đó điện thế trên con LED là

2.2V. Ta dễ dàng tính được $R = (3 - 2.2)/50mA = 16\Omega$, nhưng do không có điện trở 16Ω nên ta dùng điện trở 15 Ω thay vào
Mặt khác, ta có 10mA đi qua điện trở, nghĩa là Công suất = $(10mA)^2 \cdot 15 = 1.5mW$. Để an toàn, ta sử dụng điện trở **15 OHM 1/10W 0603 Resistor**

Qua nghiên cứu, nhóm thấy rằng với điện trở 22k Ohm và tụ điện 100uF giúp đèn LED chớp nháy an toàn và nhịp độ vừa phải. Ta dễ dàng tính được công suất trên điện trở 22k Ohm là 0.22mW. Để an toàn ta sử dụng điện trở **22 KOhm 1/10W 0603 Resistor**

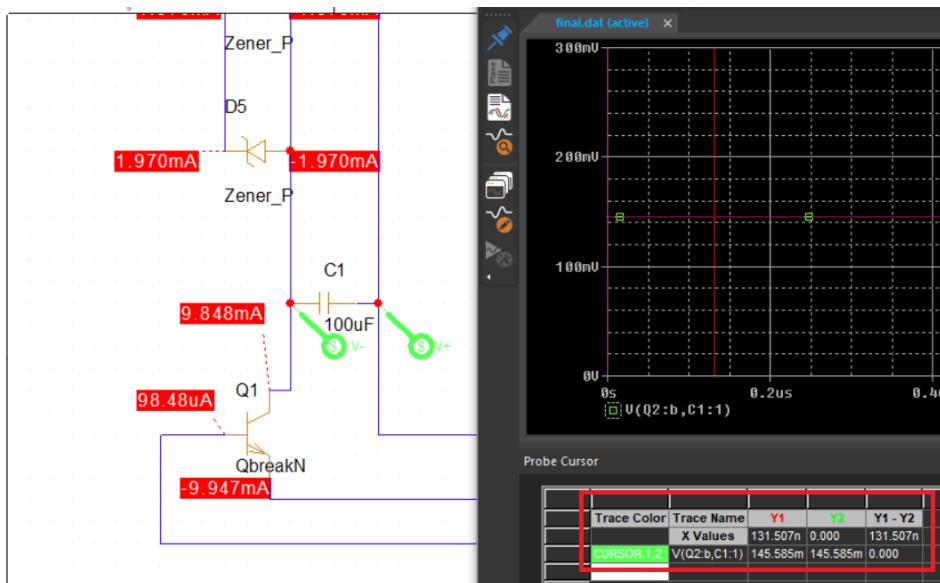
Cả 2 loại điện trở đều có cùng kích thước và kiểu đóng gói 0603.



Hình 1.21: Điện trở có kiểu đóng gói 0603

4.2.2 Tụ điện 100uF

Ta cần tụ điện để nạp xả, giúp đèn LED chớp nháy mượt mà hơn.



Hình 1.22: Hiệu điện thế 2 đầu tụ điện

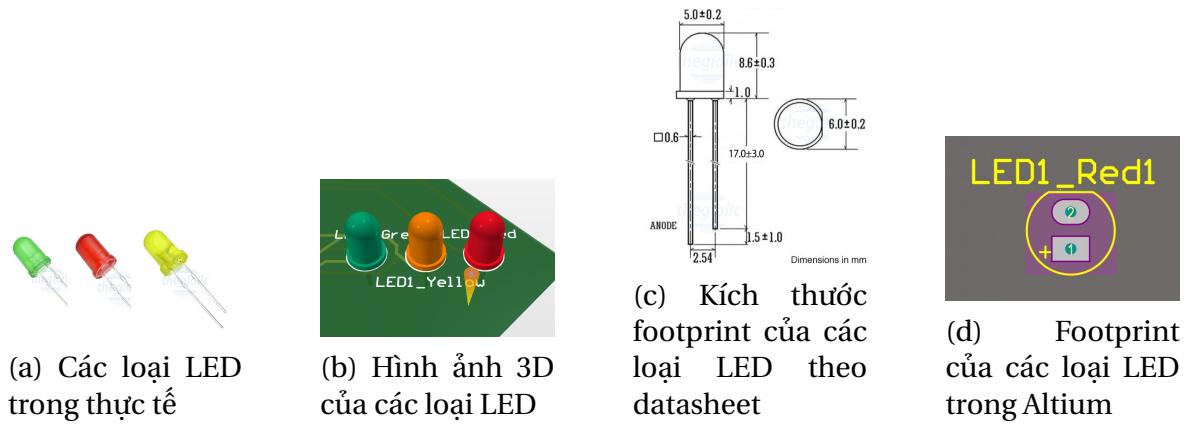
Bằng mô phỏng PSpice, ta xác định được điện thế 2 đầu tụ điện là 145mV. Vì thế, ta chọn tụ điện **Tụ Hoá 100uF 50V 8x12.5mm Xuyên Lỗ** là hoàn toàn hợp lý.



Hình 1.23: Tụ Hoá 100uF 50V 8x12.5mm Xuyên Lỗ

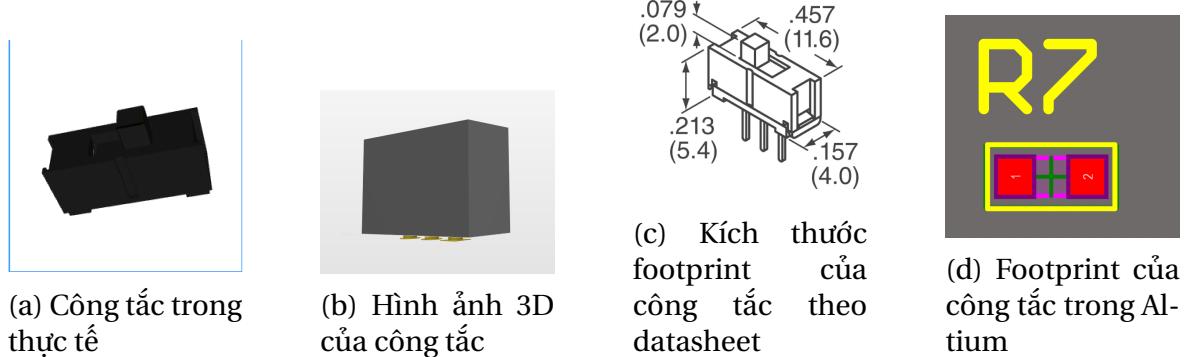
4.2.3 Các loại LED Đỏ, Vàng, Xanh lá 5mm

Sử dụng đèn LED phù hợp tông màu giáng sinh, LED cần điện thế cung cấp là khoảng 2.2V



Hình 1.24

4.2.4 Công tắc E-Switch EG1218

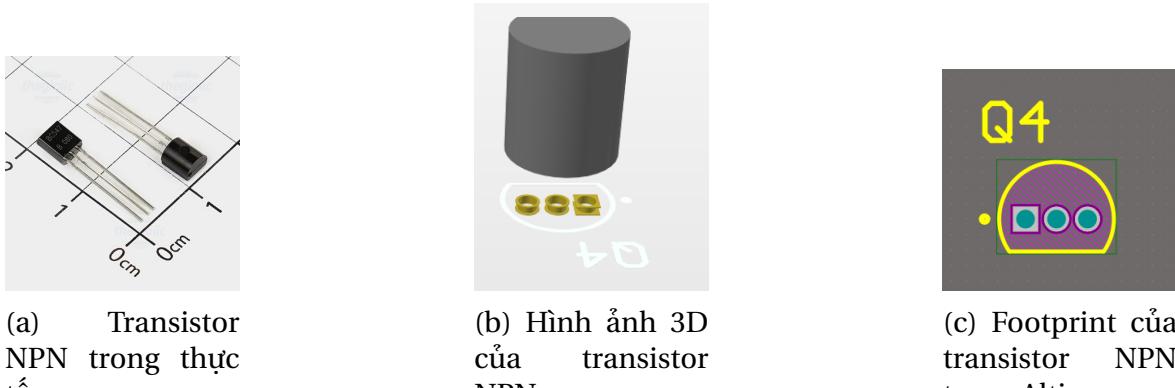


Hình 1.25

4.2.5 BJT - Transistor NPN BC547

Điện áp Vce max: 45V, dòng Ic max: 0.1A, công suất: 0.5W

Như mô phỏng PSpice phía trên, dòng điện qua BJT khoảng 10mA, nên ta sử dụng BJT có dòng max 0.1A (100mA). Hiệu điện thế trên BJT khoảng vài mA, nên công suất trên BJT là sấp xỉ 0.1W, để an toàn ta chọn công suất max 0.5W.



Hình 1.26

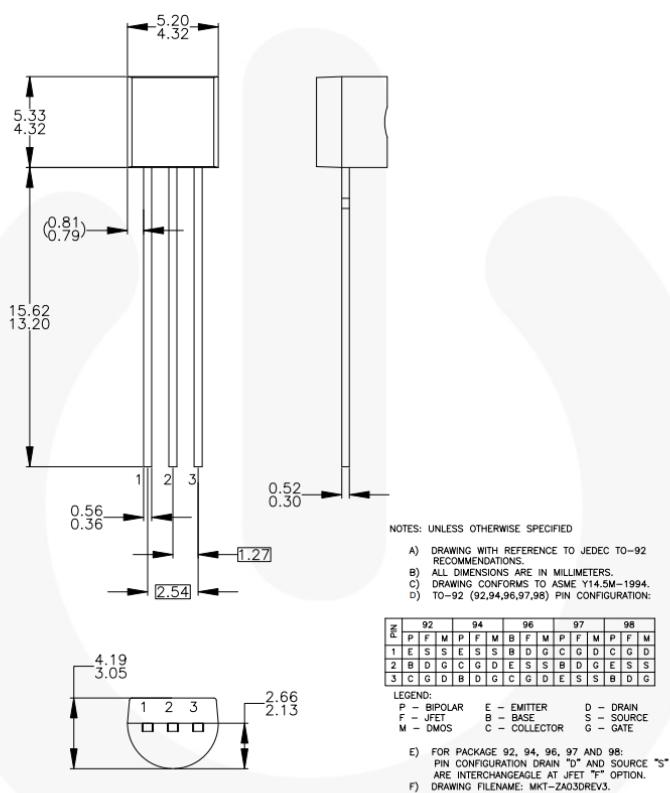


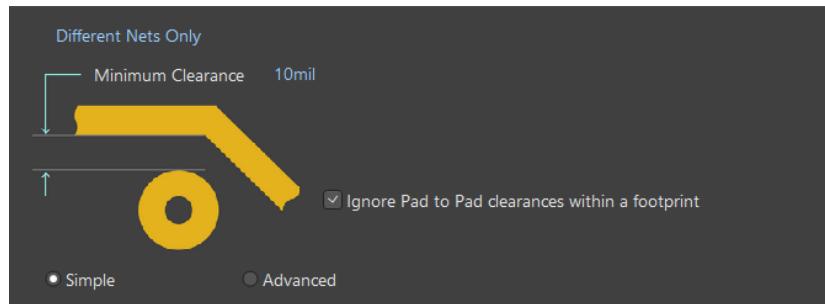
Figure 7. 3-Lead, TO-92, JEDEC TO-92 Compliant Straight Lead Configuration, Bulk Type

Hình 1.27: Kích thước footprint theo datasheet

5 Set rule

5.1 Clearance

Ta set clearance theo mặc định là 10mil



Hình 1.28: Clearance set up

5.2 Width wire

Đối với dòng điện output của Regulator là max 3A, nên ta tính được độ rộng dây là khoảng **60mil**.

Bảo toàn công suất $I_{input} = (3.3 * 3) / 12 = 0.8A$, làm tròn 1A , ta tính được độ rộng dây là 12 mil. Nhưng để an toàn ta set **20 mil**.

Inputs:		
Current	3	Amps
Thickness	1	oz/ft ²

Optional Inputs:		
Temperature Rise	10	Deg C
Ambient Temperature	25	Deg C
Trace Length	2000	mil

Results for Internal Layers:		
Required Trace Width	140	mil
Resistance	0.00721	Ohms
Voltage Drop	0.0216	Volts
Power Loss	0.0649	Watts

Results for External Layers in Air:		
Required Trace Width	53.8	mil
Resistance	0.0188	Ohms
Voltage Drop	0.0563	Volts
Power Loss	0.169	Watts

(a) Tính toán độ rộng dây output 3A

Inputs:		
Current	1	Amps
Thickness	1	oz/ft ²

Optional Inputs:		
Temperature Rise	10	Deg C
Ambient Temperature	25	Deg C
Trace Length	2000	mil

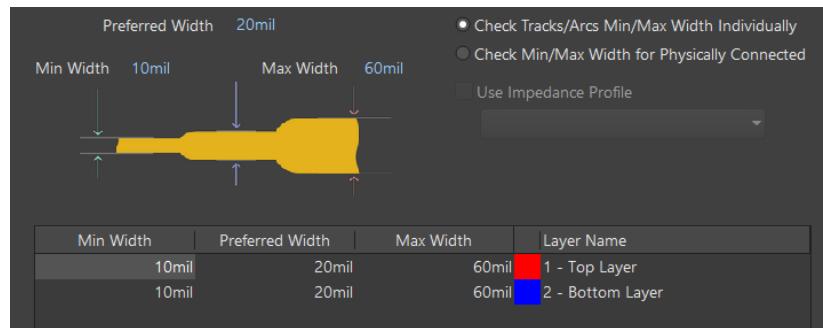
Results for Internal Layers:		
Required Trace Width	30.8	mil
Resistance	0.0328	Ohms
Voltage Drop	0.0328	Volts
Power Loss	0.0328	Watts

Results for External Layers in Air:		
Required Trace Width	11.8	mil
Resistance	0.0853	Ohms
Voltage Drop	0.0853	Volts
Power Loss	0.0853	Watts

(b) Tính toán độ rộng dây input 1A

Hình 1.29

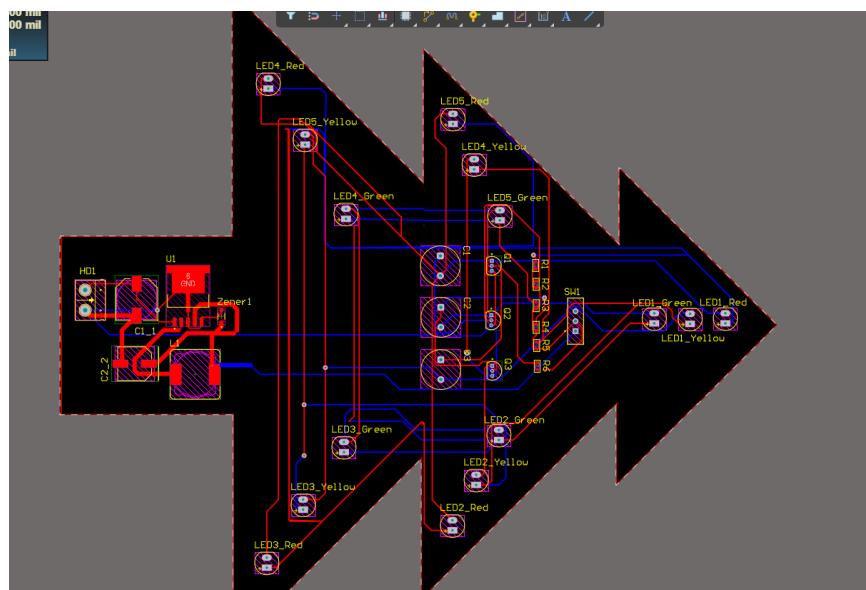
Đối với mạch LED, ta có dòng điện tổng là 30mA, độ rộng dây khoảng 0.1mil rất nhỏ không đáng kể. Nên ta set mặc định **10mil**.



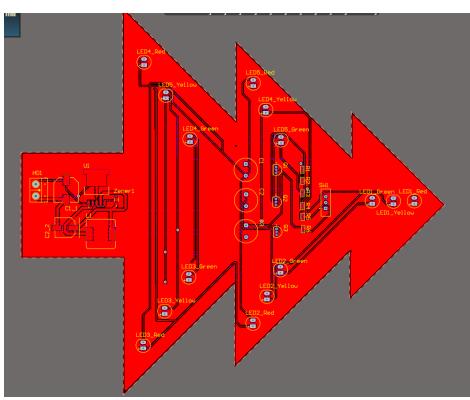
Hình 1.30: Wire Width set up

Tuy nhiên để an toàn, ta sử dụng **60mil** độ rộng cho dây output Regulator, còn tất cả các dây còn lại sử dụng độ rộng **20mil**

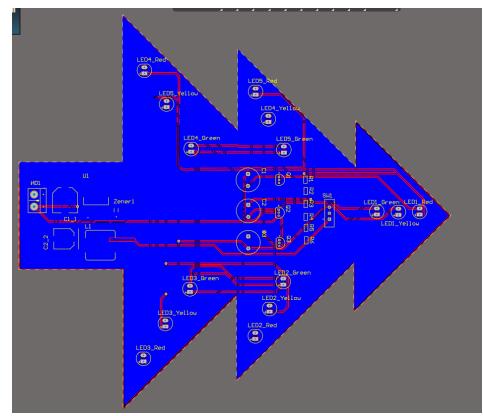
6 2D Layout



Hình 1.31: 2D Layout đi dây của mạch



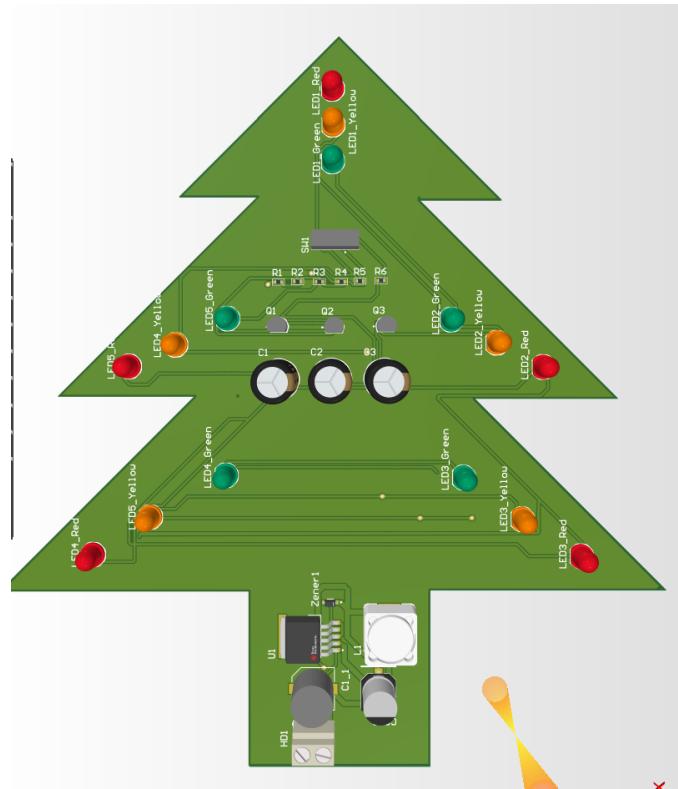
(a) Mạch sau khi đổ đồng mặt trên



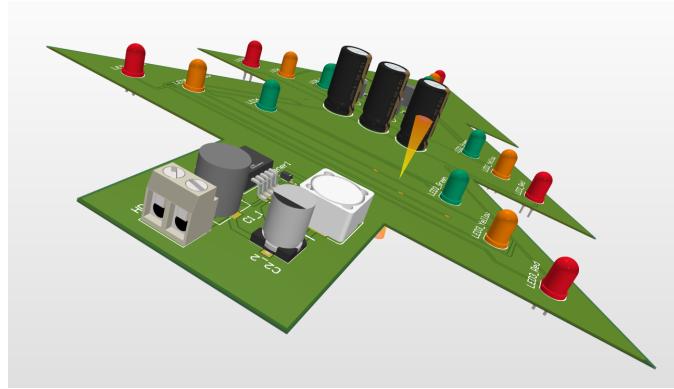
(b) Mạch sau khi đổ đồng mặt dưới

Hình 1.32

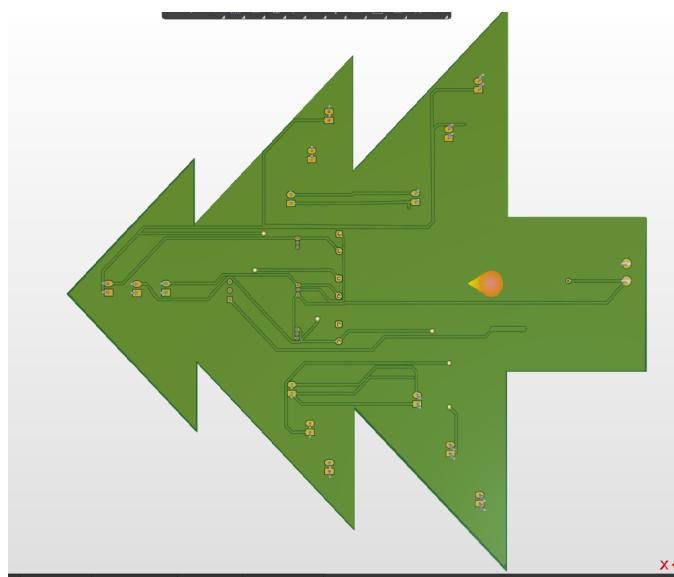
7 3D Layout



Hình 1.33: 3D view



Hình 1.34: 3D view



Hình 1.35: 3D view

8 Kết luận

Mạch LED nhấp nháy cơ bản đã hoàn thành theo đúng bản mô tả kỹ thuật.

Giá thành các linh kiện rẻ và phổ biến

Tuy sản phẩm có thể chưa tối ưu, còn nhiều công đoạn dư thừa, nhưng nhóm sẽ học tập và rút kinh nghiệm cho các sản phẩm trong tương lai.

Hướng đi cho sản phẩm: có thể sản xuất đại trà để làm vật trang trí cho đêm giáng sinh hoặc tùy biến thay đổi vị trí của đèn LED để tạo ra các hình khác nhau phụ thuộc vào nhu cầu thị trường.

Qua việc vẽ và thiết kế mạch nguyên lý, PCB, chúng em đã nắm bắt được một cách cơ bản các bước, các cách, trình tự thực hiện để tạo ra một mạch PCB hoàn chỉnh. Từ đó, nhóm tiếp tục hoàn thiện kỹ năng để vẽ được mạch PCB tốt nhất, đồng thời phù hợp nhất bằng phần mềm *Altium Designer*.

Tài liệu tham khảo

- [1] <https://www.youtube.com/watch?v=8-BwTmkiMdA>
- [2] <https://www.ti.com/product/LM2596?HQS=TI-null-null-octopart-df-pf-null-ww>