

Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
2102-447 Electronics Engineering Laboratory

Broken Beam System

Section 2 Group 5 Week 1*

Members

Name	ID
Yanathip Bangvirunrak	6430084221
Thanabordee Kritpiphat	6430149421
Kanisorn Ananwattanawit	6430032621

*Possible values: Section (1-3), Group (1-12), Week (1-3). When uploading reports into CourseVille, name your files accordingly; e.g. S1G2W3.pdf for Section 1, Group 2, containing results for Week 3.

Date Submitted: 23 October 2024

Results & Discussion

Table 1. Wavelength-energy-voltage relationship

color	wavelength λ (nm)	energy E (eV) ¹	voltage (V) ²
green	570	2.18	1.847
red	630	1.97	1.766
infrared (IR)	940	1.32	1.054


¹ Planck relation: $E = hc/\lambda$

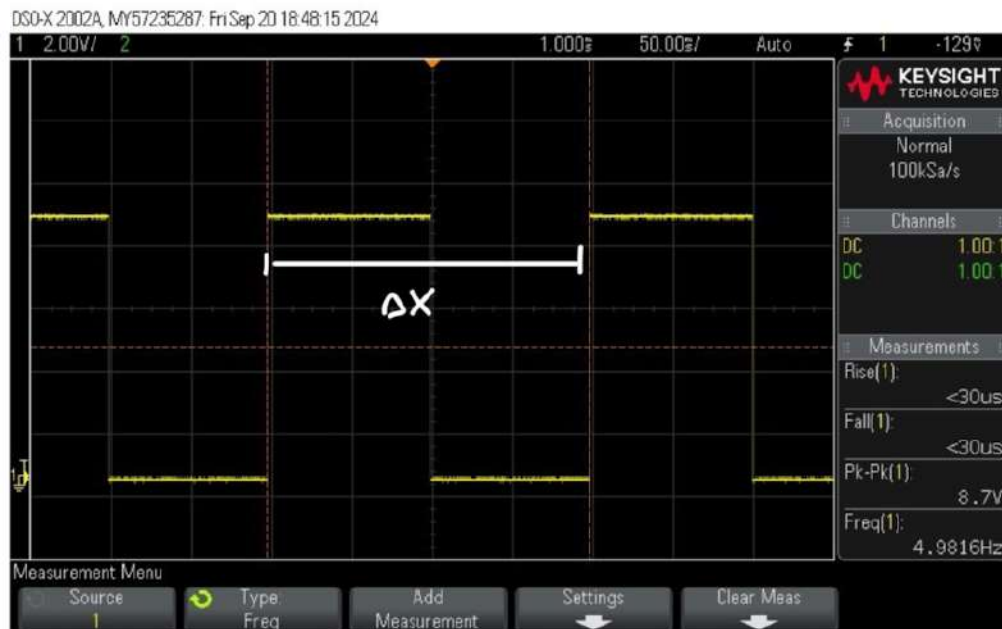
² built-in voltage (V_o) across a semiconductor p-n junction that can emit such λ

2.1 Oscillator

► 5-Hz oscillator


$R1 = 20\text{ k}\Omega$ $R2 = 680\text{ k}\Omega$ $C2 = 0.22\text{ }\mu\text{F}$ (5 Hz)

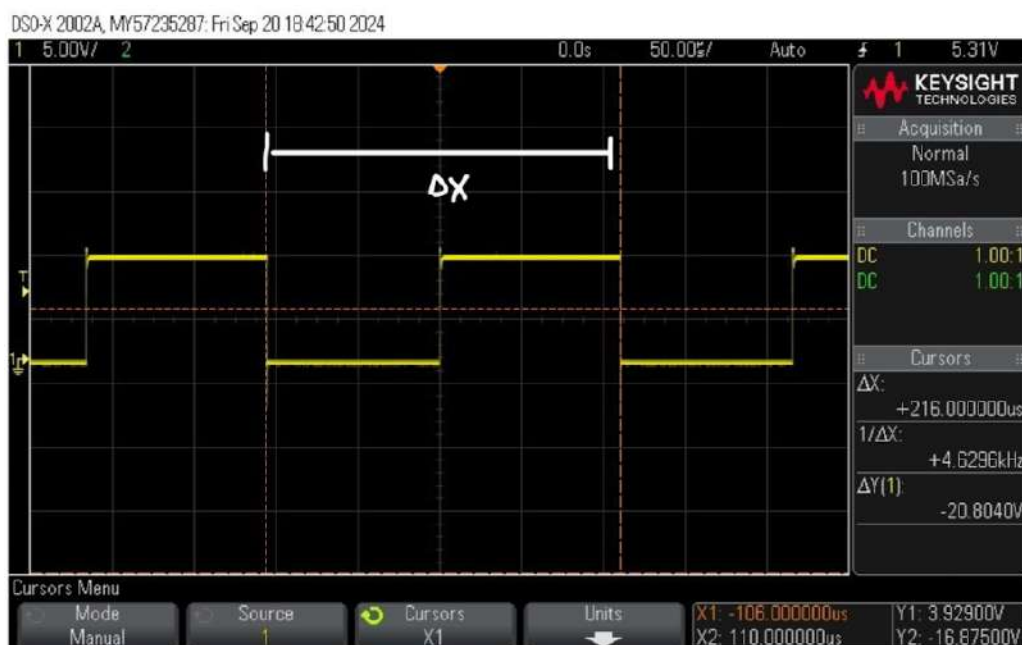
 Actual frequency: 4.98 Hz (from CRO | Cursors | $1/\Delta x$)



► 5-kHz oscillator

$R1 = 1\text{ k}\Omega$ $R2 = 15\text{ k}\Omega$ $C2 = 0.01\text{ }\mu\text{F}$ (5 kHz)

 Actual frequency: 4.63 Hz (from CRO | Cursors | $1/\Delta x$)



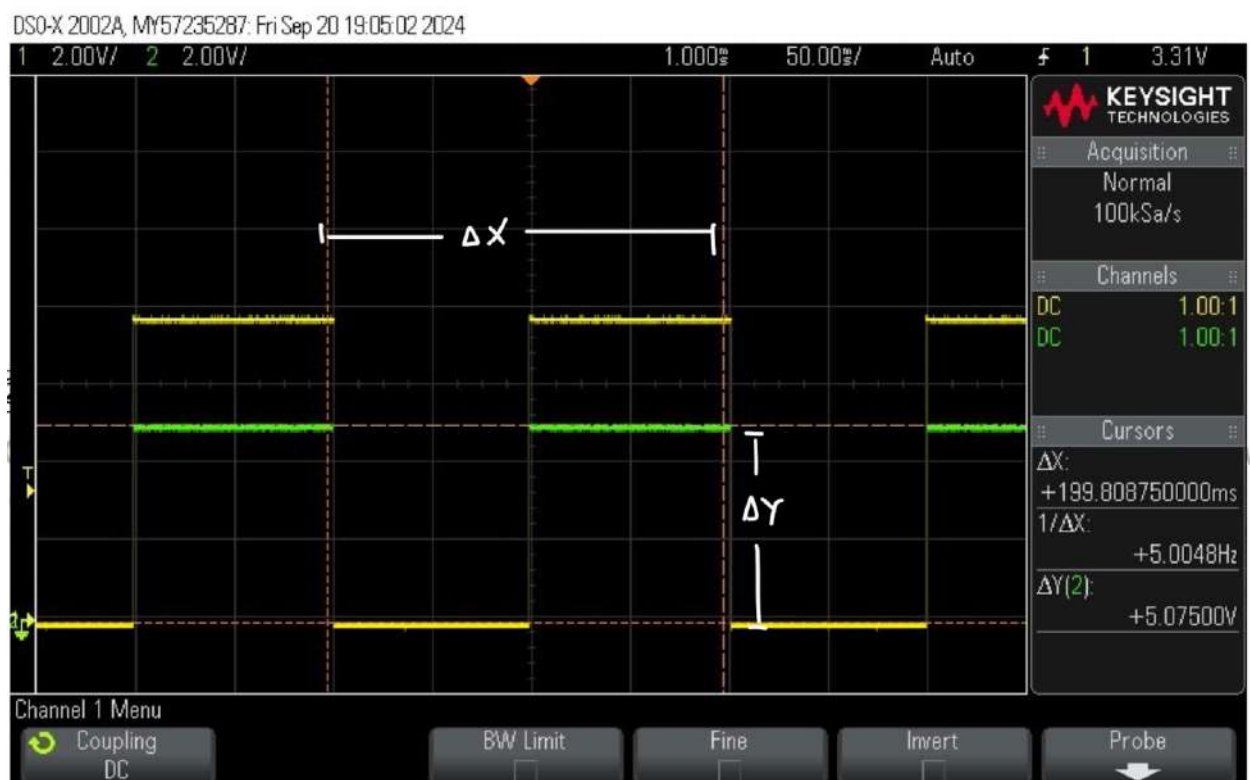
2.2 Buffer Amplifier

► Design (determine R3)

Parameters	Red LED on	IR LED on
Transistor state	on	on
V_{CE} (V), (see Q1 datasheet)	0.2 V	0.2 V
I_{LED} (mA)	20	20
V_{LED} (V), (see Table 1)	1.766 V	1.054 V
R3 (Ohm), (use KVL)	351.7Ω	387.3Ω

► Build & Test: red LED blinks at 5 Hz

https://youtube.com/shorts/k59-f_AtGt0?si=h7h570Ou5XTJzxBG



Actual values:

R3: 400 Ω

Vertical scale for trace ①: 2 V/div

Vertical scale for trace ②: 0.005 A/div (hint: $I = V/R3$)

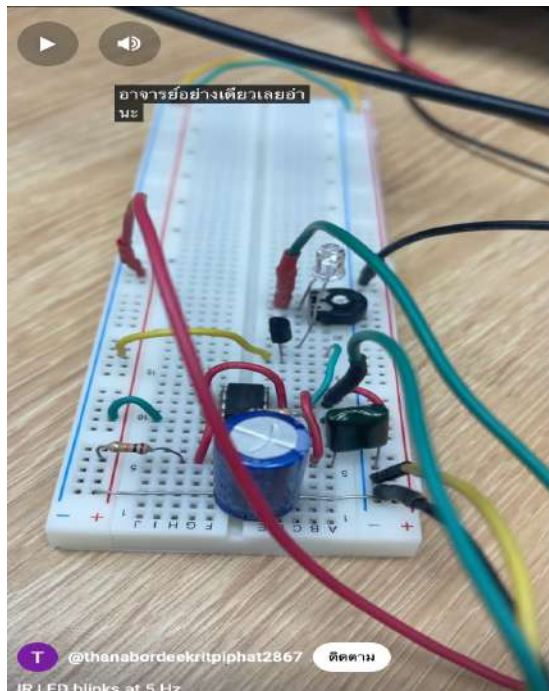
Frequency: 5.0048 Hz (CRO | Cursors | $1/\Delta x$)*

I_{LED-On} (red): 12.69 mA ($\Delta y/R3$, CRO | Cursors | Δy)*

*CRO shows the distance between two horizontal (vertical) cursors as Δx (Δy)

► **Build & Test:** IR LED blinks at 5 Hz

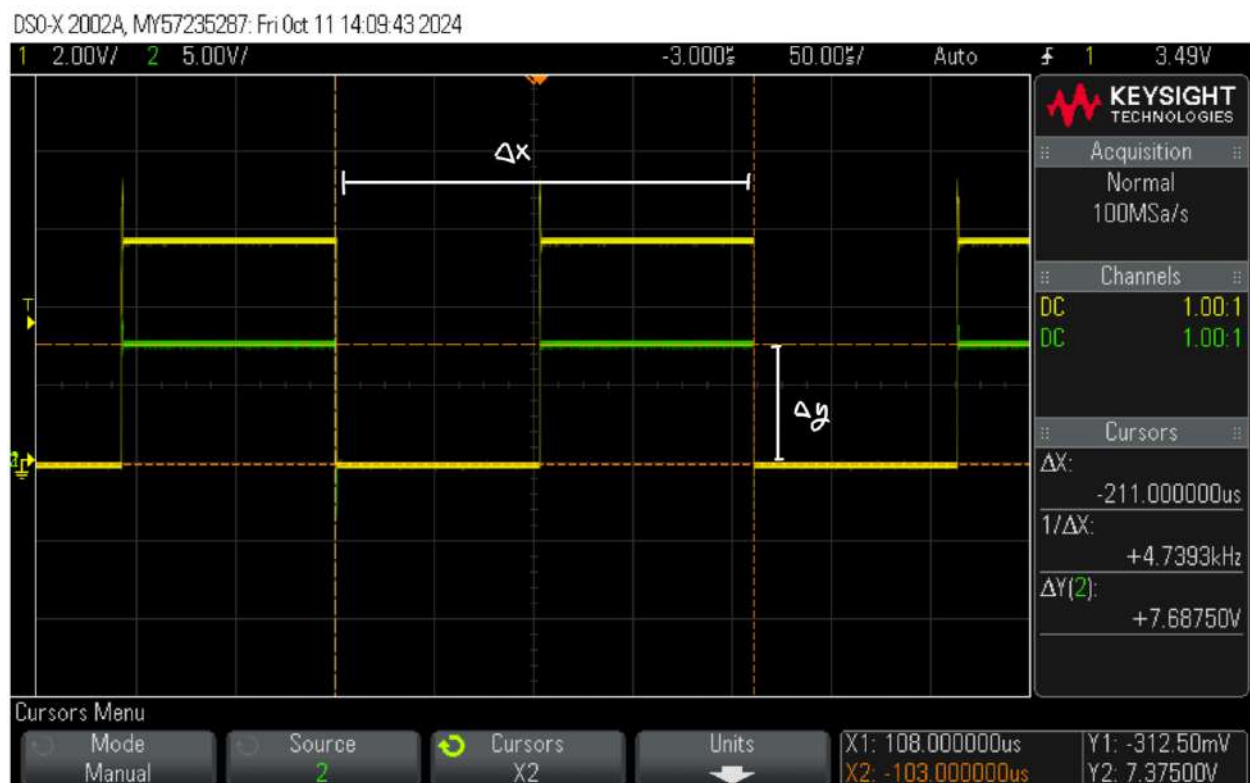
 : <https://youtube.com/shorts/9NSbIXIEZ4Q?si=UW5ZePnDaKDW1yal>



► **Build & Test:** IR LED blinks at 5 kHz

  $I_{LED-On} (IR): 7.69mA$ (from $\Delta y: 7.688 V$, $R3: 386.5 \Omega$)

<https://youtube.com/shorts/kFX1qJOSceQ?si=N8OJFWJRK6nrXfbQ>



2.3 Detector

Reminder: Best results are achieved in the dark (light-tight box/setup)

► **Build & Test:** LDR detecting red LED blinking at 5 Hz



Increase the LED blink frequency to 5 kHz.

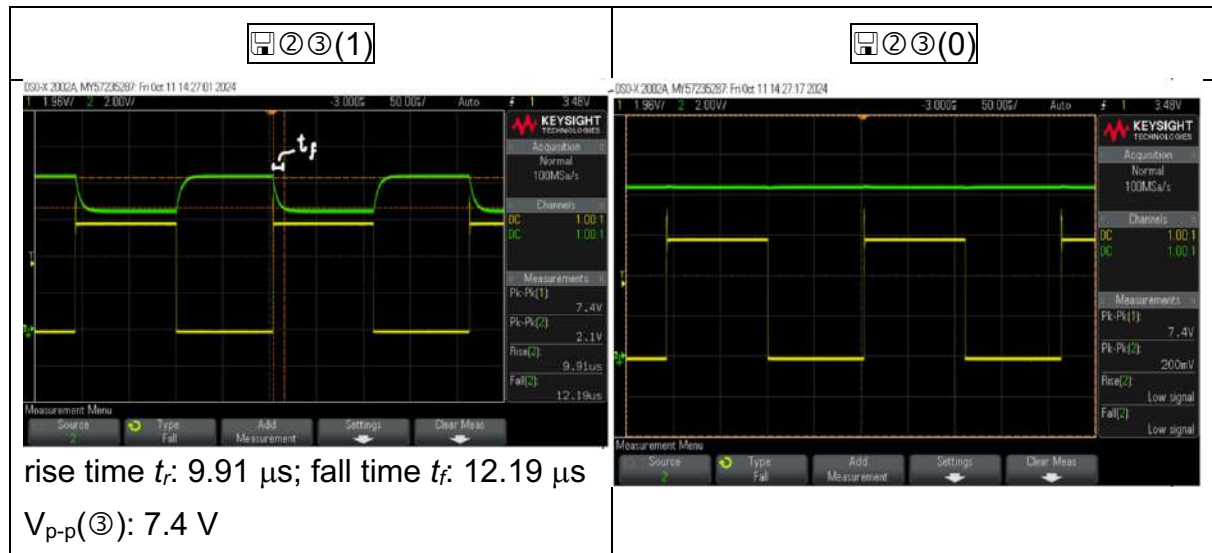


Discuss: (frequency limitation, why so low?)

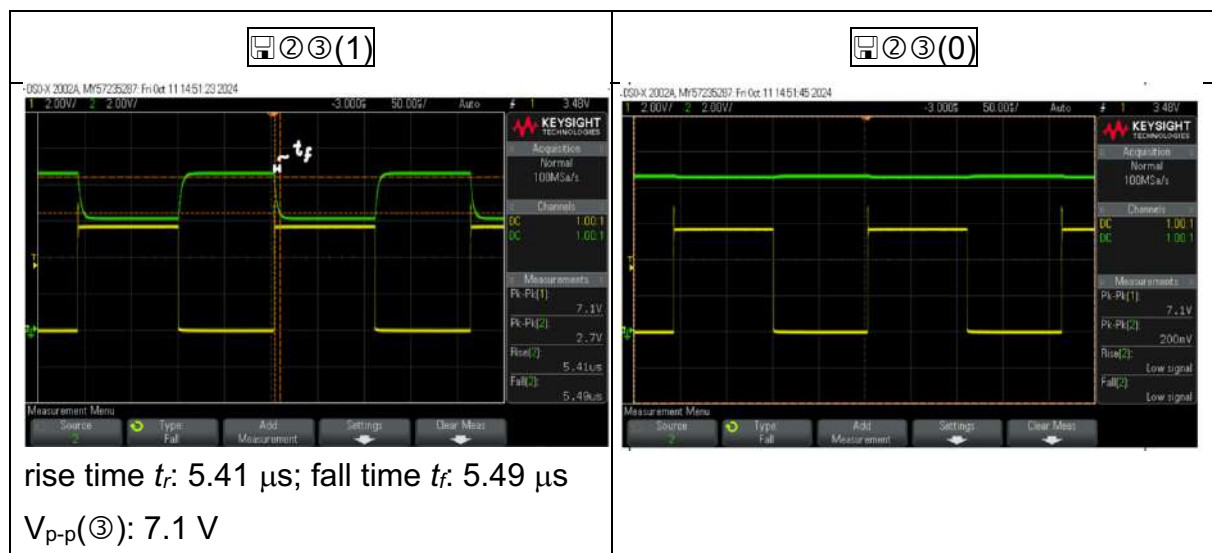
เมื่อความถี่น้อย (5 Hz) สัญญาณขาออกจะมีขนาดใหญ่เพราะ LDR สามารถตอบสนองการกระพริบของ LED ได้ทัน และ เมื่อความถี่สูง (5 kHz) สัญญาณขาออกจะมีขนาดเล็ก เนื่องจาก LDR จับการตอบสนองของ LED ไม่ทัน

► **Build & Test:** *photodiode* detecting IR LED blinking at 5 kHz

Original Design as shown in Fig. 3(b): $R_3 = \dots 700\Omega \dots$, $R_4 = \dots 56\text{ k}\Omega \dots$



Improved Design: $R_3 = 339\ \Omega$ $R_4 = 33\text{ k}\Omega$



Discuss 1: (“improved design” vs “original design”, really “improved”? how & why)

ทดลองจับการกระพริบของ LDR โดยครั้งนี้ใช้ Photodiode พบว่าสามารถวัดการกระพริบของ LDR ได้ โดยใช้วงจร original design และ improved design พบว่าแบบ improved design ทำให้ rise time และ fall time ลดลงเป็นอย่างมาก เพราะว่าวงจรที่ใช้ค่า resistor ที่เหมาะสม

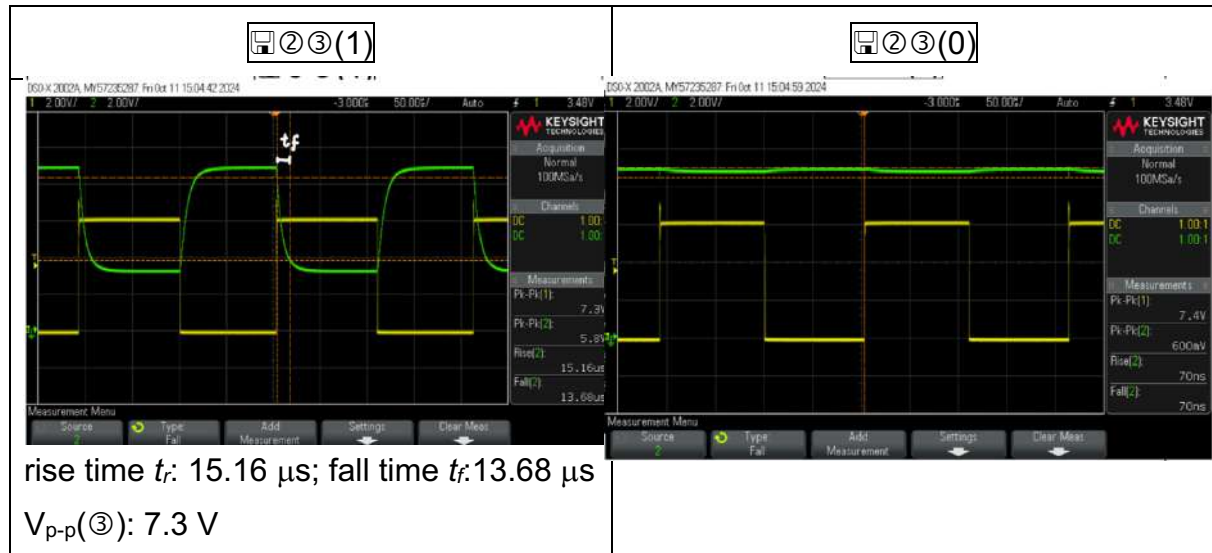
Discuss 2:

(frequency performance comparison: photodiode above vs LDR the previous page)

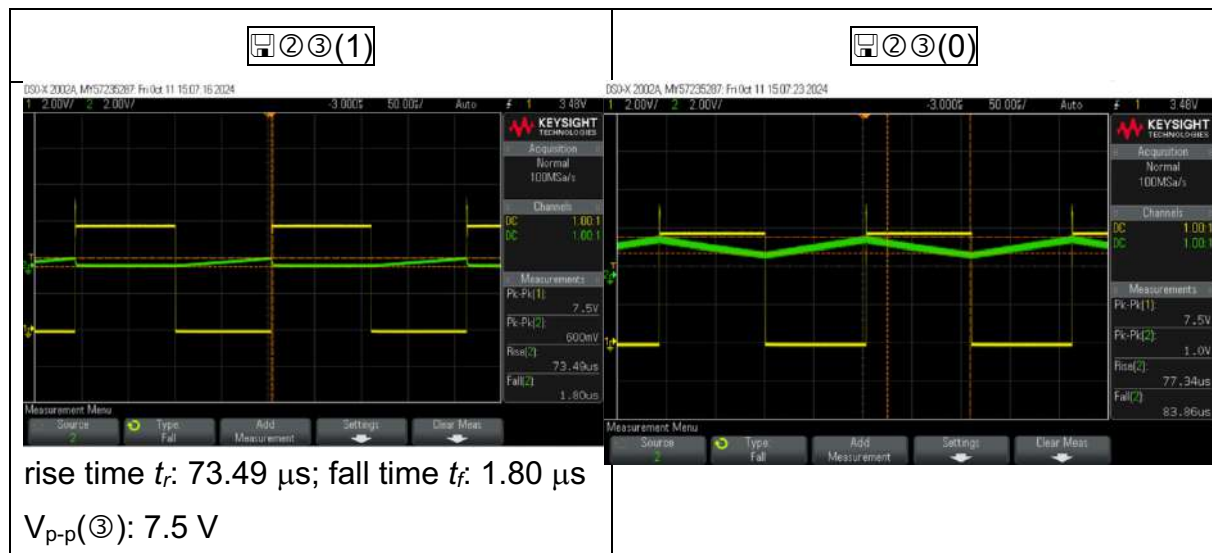
ประสิทธิภาพของ Photodiode และ LDR ในการจับการกระพริบต่างกันชัดเจน โดย photodiode มีสัญญาณขาออกที่สูงกว่า LDR มาก แสดงถึงความสามารถในการจับการกระพริบของ LED ที่ความถี่สูง (5 kHz)

► Build & Test: phototransistor detecting IR LED blinking at 5 kHz

Original Design as shown in Fig. 3(c): $R_3 = 708 \Omega$ $R_4 = 470 \Omega$



Improved Design: $R_3 = 335 \Omega$ $R_4 = 5.6 \text{ k}\Omega$



Discuss 3:

(signal amplitude comparison: phototransistor vs photodiode vs LDR results, your results)

จากการทดลองวัดการตอบสนองการกระพริบของ LED ที่ความถี่ 5 Hz และ 5 kHz พบว่า phototransistor มีประสิทธิภาพที่สุด เนื่องจากขาออกสูงสุด ณ ความถี่ 5 kHz รองลงมาด้วย photodiode และสุดท้ายคือ LDR ด้วย V_{p-p} 7.5 V, 7.1 V และ 5.4 V ตามลำดับ

2.4 Amplifier

► Design

1st stage (gain = 5): $R_5 = 5.6 \text{ k}\Omega$ $R_6 = 50 \text{ k}\Omega$ $R_{C1} = 3.0 \text{ k}\Omega$ $R_{E1} = 470 \Omega$

2nd stage (gain = 10): $R_7 = 56 \text{ k}\Omega$ $R_8 = 5.6 \text{ k}\Omega$ $R_{C2} = 56 \text{ k}\Omega$ $R_{E2} = 3.0 \text{ k}\Omega$

► **Build & Test** it: note ③ = sinusoidal wave (V_{p-p} (input) = 100 mV, 5 kHz).



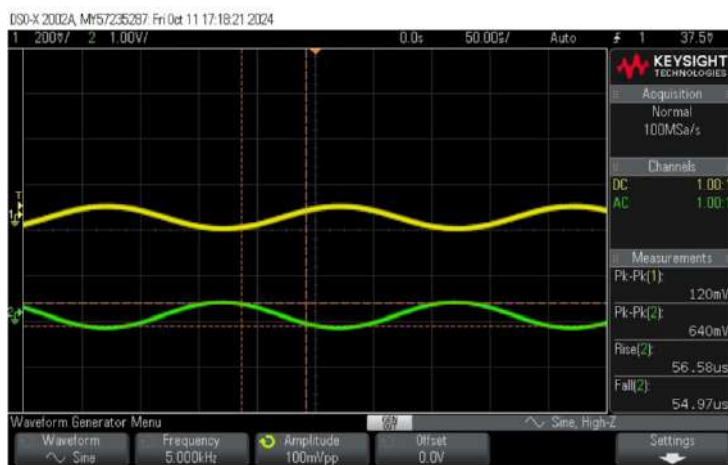
Results 2.4.1: (Output from the *first* amplifier stage only; do not connect the second stage)

DC level: 1.774 V

ac amplitude (V_{p-p} (output)): 640 mV

ac gain, measured (V_{p-p} (output) / V_{p-p} (input)): 6.4

ac gain, theoretical: 5



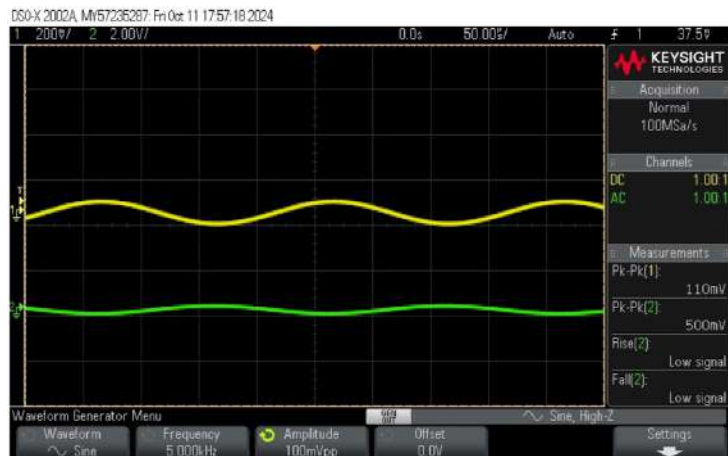
Results 2.4.2: (Output from the *first* amplifier stage when connected to the second stage)

DC level: 1 V

ac amplitude (V_{p-p} (output)): 500 mV

ac gain, measured (V_{p-p} (output) / V_{p-p} (input)): 5

ac gain, theoretical: 5





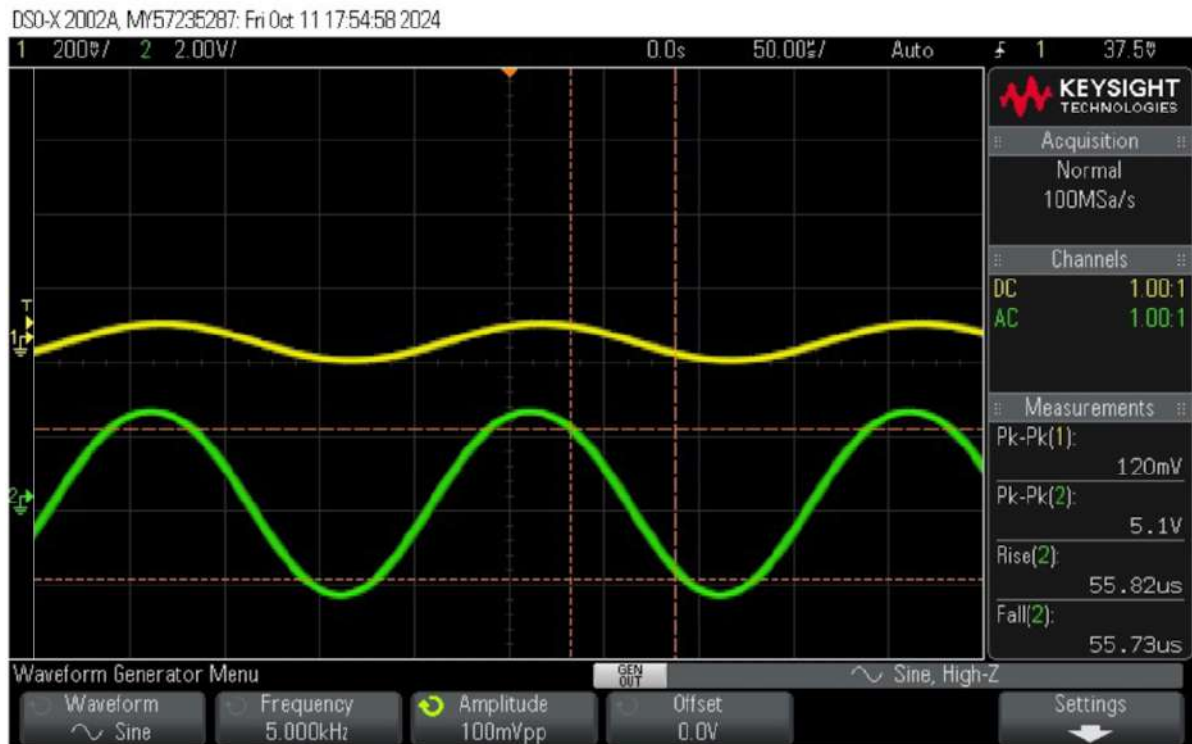
Results 2.4.3: (Output from the *second* amplifier stage; both stages connected as in Fig.4)

DC level: 1.168 V

ac amplitude (V_{p-p} (output)): 5.1 V

ac gain, measured (V_{p-p} (output) / V_{p-p} (input)): 51

ac gain, theoretical: 50



Discuss: (amplitude/phase relationships between outputs and input, the gains in 2.4.1-2.4.3)

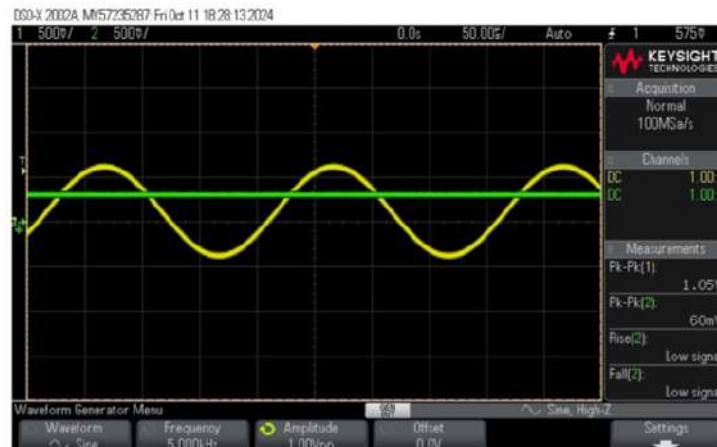
จากการทดลองที่ 2.4.1 พบว่ามี Gain ประมาณ 6.4 ซึ่งคาดเคลื่อนกับค่าทฤษฎีและมีเฟสของสัญญาณขาออก 180 องศา ในการทดลองที่ 2.4.2 พบว่ามี Gain ประมาณ 5 ซึ่งตรงกับค่าทฤษฎีและมีเฟสของสัญญาณขาออก 180 องศา ในการทดลองที่ 2.4.3 เป็นการต่อทั้งสอง Stage มีค่า Gain ประมาณ 51 ซึ่งใกล้เคียงตรงกับค่าทฤษฎีและมีเฟสของสัญญาณขาออก 360 องศา ซึ่งสาเหตุอาจมาจากการคำนวณที่ผิดพลาด

2.5 Rectification and Smoothing

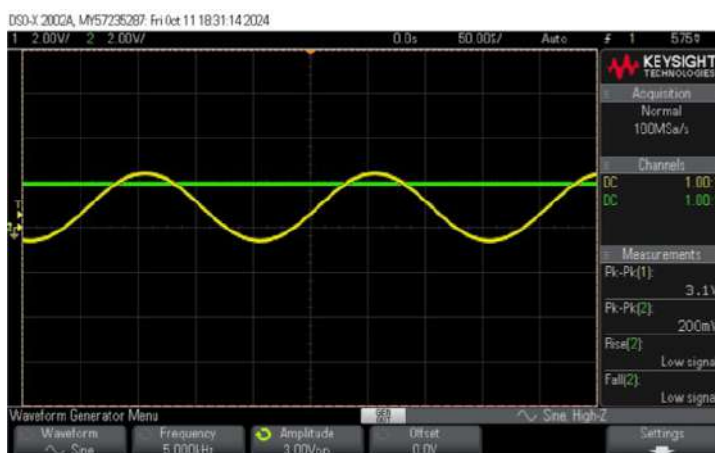
For direct visual comparison between both channels (⑤, ⑦), set the signal ground at the same level, and set the vertical scale to be identical.

► **Build & Test it:**

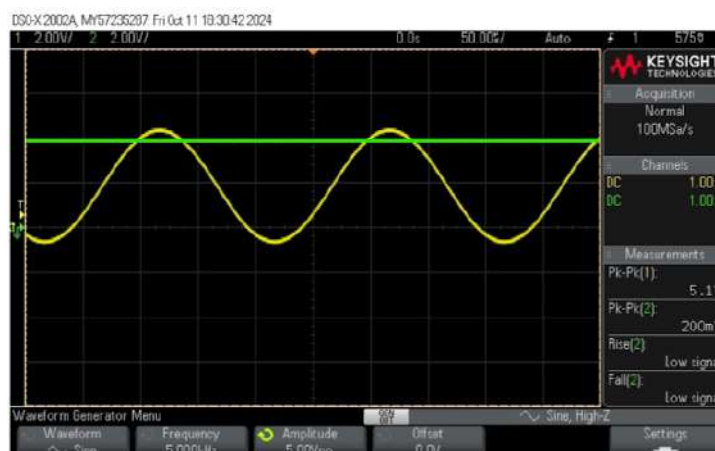
⑤ ⑦ when $V_{p-p} = 1\text{ V}$, 5 kHz at ⑤



⑤ ⑦ when $V_{p-p} = 3\text{ V}$, 5 kHz at ⑤



⑤ ⑦ when $V_{p-p} = 5\text{ V}$, 5 kHz at ⑤



Discuss: (do you agree with the name “*voltage doubler*”? why or why not?)

เห็นด้วยว่าเป็น voltage doubler เพราะรูปเบบวงจรที่ต่อเรียกว่า “**Greinacher circuit**” กล่าวคือสามารถเป็น peak detector ได้ จะเห็นว่า DC signal สามารถ track peak ของ AC signal ได้จากวงจรนี้ ซึ่งความแม่นยำในการ track peak ขึ้นอยู่กับการเลือก capacitor

2.6 Relay driver


► Build & Test it

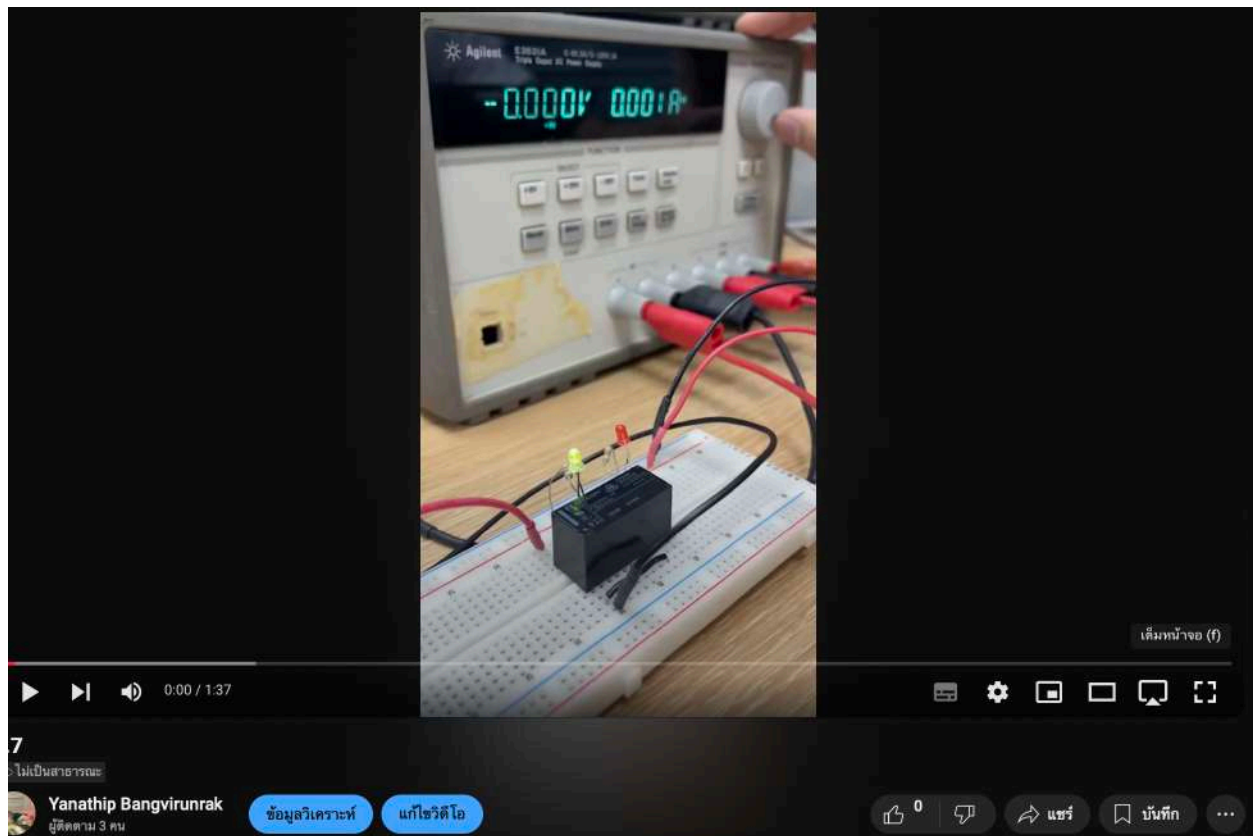
The minimum voltage required to switch the relay: 700mV

2.7 Relay output

► Build & Test it:

DC voltage at switching threshold: 3.0 V

 VDO shows that only one LED is on at any moment, and by manually sweeping the DC voltage across the threshold, the two LEDs switch states



<https://youtu.be/9PMmk4Oht5A>


► Answer three questions:

1. 3.0 V
2. 0.95 V
3. วงจรนี้ใช้รีเลย์ DPDT เพื่อสลับการทำงานของหลอด LED สองหลอด: หากไม่มีการจ่ายไฟให้รีเลย์ หลอด LED สีเขียว (NC) จะติดสว่าง แต่เมื่อมีการจ่ายไฟให้รีเลย์ หลอด LED สีแดง (NO) จะทำงาน โดยรีเลย์จะควบคุมการเชื่อมต่อระหว่างขั้ว COM กับ NC หรือ NO เพื่อกำหนดว่าหลอดใดจะสว่าง

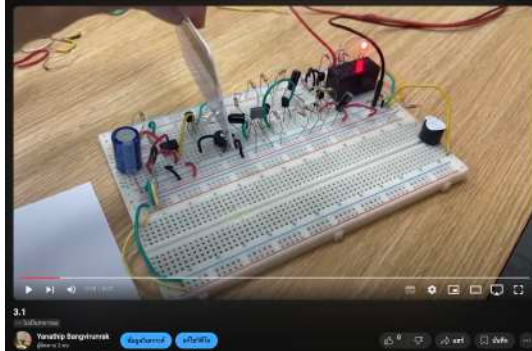
3. System

(upload videos to cloud, then in MS Word: Insert > Media > Online Video)


1. Sound warning: buzzer

 VDO shows when the beam is broken, the buzzer sounds the alarm

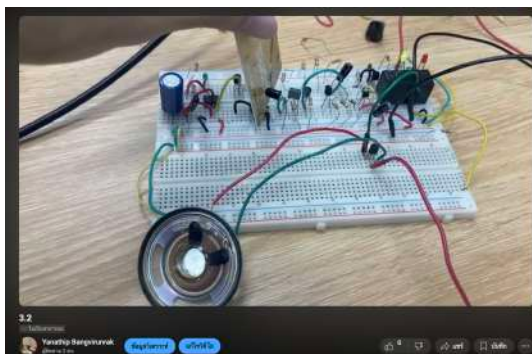
<https://youtu.be/L0RCIre8LoI>



2. Sound welcome: *loudspeaker* driven by a *musical chip*

 VDO shows when the beam is broken, the speaker sings

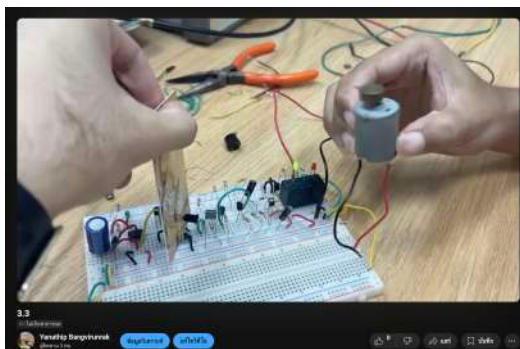
https://youtu.be/_0sfntNfdg



3. Mechanical motion: *motor*

 VDO shows when the beam is broken, the motor spins

https://youtu.be/EBjpV0ypf_Y



4. Number counting: 7-segment display, 74LS47, 74LS390



Original Design (with Relay)

VDO shows when the beam is broken, the display counts up (possibly with errors)



Improved Design (without Relay)

VDO shows when the beam is broken, the display counts up (without errors)

4. Conclusion

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ สร้าง และทดสอบระบบ **Broken Beam System (BBS)** ซึ่งทำหน้าที่ตรวจจับการขัดขวางลำแสงอินฟราเรด เมื่อมีวัตถุขัดขวางลำแสง ระบบจะตอบสนองโดยผ่านวงจรรีเลย์ที่สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ เช่น บัชเซอร์ มอเตอร์ หรือ 7-segment display ในการทดลองนี้ได้มีการสร้างวงจรกำเนิดลำแสง วงจรตรวจจับ วงจรขยายสัญญาณ และวงจรขับรีเลย์ รวมถึงการบูรณาการองค์ประกอบทั้งหมดเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์และใช้งานในสถานการณ์จริง เช่น การเตือน การควบคุมการเคลื่อนไหว หรือการนับจำนวน

สรุปผลการทดลอง ในการสร้างระบบ BBS เพื่อตรวจจับการบล็อกลำแสงอินฟราเรด พบว่าสัญญาณที่ได้จาก phototransistor มีความแรงและชัดเจนมากที่สุด ซึ่งในขั้นตอนนี้ วงจร Rectifier สามารถขยายแรงดันได้เกือบสองเท่า ทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้วงจร Amplifier เพิ่มเติมสำหรับการขยายสัญญาณ เมื่อนำวงจรรวมเข้ากับอุปกรณ์แสดงผลต่างๆ เช่น Buzzer, Speaker, Motor และ 7-segment display ระบบสามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เหล่านี้ผ่านรีเลย์ โดยการเชื่อมต่อขั้ว NO และ Com ทำให้อุปกรณ์แสดงผลทำงานอยู่ตลอดเวลา จนกว่าจะมีการบล็อกแสง (Relay ไม่ทำงาน) และสำหรับ 7-segment display ระบบจะทำการนับจำนวนครั้งที่มีการบล็อกแสง

การทดลองนี้พิสูจน์ให้เห็นถึงความสามารถของระบบ BBS ในการตอบสนองต่อการรบกวนลำแสงและการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกต่างๆ อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ระบบนี้พร้อมสำหรับการนำไปใช้ในงานจริงที่ต้องการตรวจจับวัตถุหรือการเคลื่อนไหวอย่างแม่นยำ

Version History

2024/3 (Revised 3, this version), 2023/11 (Revised 2), 2021/1 (Revised 1), 2019/7 (Original release)

(This pdf only shows what the original docx looks like; edit directly in the provided docx and submit as a pdf. Make sure the embedded videos can be opened. Remove all guideline texts (grey texts like this one)).