

วิชา Data Communication Laboratory

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การทดลองที่ 5 Cyclic Redundancy Check

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการตรวจสอบความผิดพลาดในการรับ-ส่งข้อมูล
2. เพื่อสามารถสร้างวงจรในการตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูลแบบ CRC ได้

ทฤษฎี

CRC (Cyclic Redundancy Check) เป็นวิธีการที่ใช้ในสำหรับตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูลวิธีการนี้ โดยเทคนิคนี้ใช้หลักการหาร โพลีโนเมียลของ เริ่มด้วยการแทนบิตข้อมูลด้วย โพลีโนเมียลซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ 0 และ 1 โดยบิตข้อมูลที่มีความยาว k บิต จะแทนด้วยโพลีโนเมียลยาว k เทอมตั้งแต่ x^{k-1} ถึง x^0 เช่น บิตข้อมูลซึ่งมีค่า 110001 จะแทนด้วยโพลีโนเมียล $1 \times x^5 + 1 \times x^4 + 0 \times x^3 + 0 \times x^2 + 0 \times x^1 + 1 \times x^0 = 1 \times x^5 + 1 \times x^4 + 1$ เทคนิค CRC จะใช้โพลีโนเมียลก่อกำเนิด (Generator Polynomial) $G(x)$ เป็นตัวหารเพื่อสร้างผลหาร $R(x)$ โดย $G(x)$ เป็นโพลีโนเมียลที่มีกำลังเป็น g ซึ่งจะมีกำลังน้อยกว่ากำลังของโพลีโนเมียลของข้อมูล $D(x)$

หลักการของการส่งข้อมูล ที่มีการตรวจสอบข้อมูลที่ผิดพลาดโดยใช้ Cyclic Redundancy Check

1. คูณข้อมูล $D(x)$ ด้วย x^g (เป็นการเลื่อนบิตข้อมูลไป g บิต)
2. จากนั้นหารผลคูณของ $D(x) x^g$ ด้วย $G(x)$ ผลหารที่ได้คือ $Q(x)$ และส่วนที่เหลือที่เหลือจากการหารคือ $R(x)$ ตามสมการที่ (1)

$$\frac{x^g D(x)}{G(x)} = Q(x) \oplus \frac{R(x)}{G(x)}$$

$D(x) = \begin{matrix} 0100 & 0011 & 0011 \\ 1001 & 0110 & 1000 \end{matrix} \quad (1)$

โดยที่ $R(x)$ จะมีค่าน้อยกว่า $G(x)$ เสมอ

$$X^g = X^6 \quad X^6 + X^5 + X^4 + X^3 + X^2 \quad R(x) x^6$$

2. $R(x)$ จะถูกบวกเข้ากับข้อมูลที่มีการเลื่อนบิต เพื่อสร้างเฟรมที่ใช้ในการส่งคือ $C(x)$ ดังนี้

$$C(x) = x^g D(x) \oplus R(x) \quad (2)$$

หลักการตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูลที่ได้รับมาเป็นดังนี้

เมื่อค้านรับได้รับเฟรมข้อมูล $C(x)$ จะทำการหารด้วย $G(x)$ ดังสมการที่ (3)

$$\frac{C(x)}{G(x)} = \frac{x^g D(x) \oplus R(x)}{G(x)} \quad (3)$$

แทนแทน $x^g \times \frac{D(x)}{G(x)}$ ด้วย $Q(x) \oplus \frac{R(x)}{G(x)}$ จะได้

$$\frac{C(x)}{G(x)} = Q(x) \oplus \frac{R(x)}{G(x)} \oplus \frac{R(x)}{G(x)} \quad (4)$$

ถ้าไม่มีข้อมูลผิดพลาดส่วนที่เหลือจากการหาร $\frac{R(x)}{G(x)} \oplus \frac{R(x)}{G(x)}$ จะเป็น 0

สมมติว่าต้องการส่งข้อมูล 101101001 โดยมีโพลีโนเมียลก่อกำเนิด $G(x)$ คือ 101001 (สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของโพลีโนเมียลได้เป็น $x^5 + x^3 + 1$) ทำการหาค่า $R(x)$ และ $C(x)$ ได้ตามขั้นตอนที่กล่าวมาดังนี้

1. $G(x)$ นี่ $g=5$ ซึ่งหมายความว่า $C(x)$ ถูกเลื่อนไปทางซ้าย 5 บิต ได้ผลลัพธ์เป็น

$$C(x) \xrightarrow{x^5} 10110100100000$$

2. จากขั้นตอนที่ 1 นำผลลัพธ์มาหารด้วย $G(x)$ ได้ผลดังนี้

$$\begin{array}{r}
 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 (Quotient) \\
 101001) & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
 & \oplus & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\
 & & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\
 & \oplus & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\
 & & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 & \oplus & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\
 & & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\
 & \oplus & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\
 & & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 (Remainder)
 \end{array}$$

3. เศย $R(x)$ ที่ได้จากการหารมีค่าเป็น 11010

4. ทำการบวก $R(x)$ เข้ากับข้อมูล $C(x)$ x^5 เพื่อให้ได้ข้อมูลที่พร้อมทำการส่งคือ $C(x)$

$$\begin{array}{r}
 10110100100000 \\
 + 11010 \\
 \hline
 10110100111010
 \end{array}$$

ดังนั้นข้อมูลที่จะถูกส่งออกไปคือ 101101001 11010

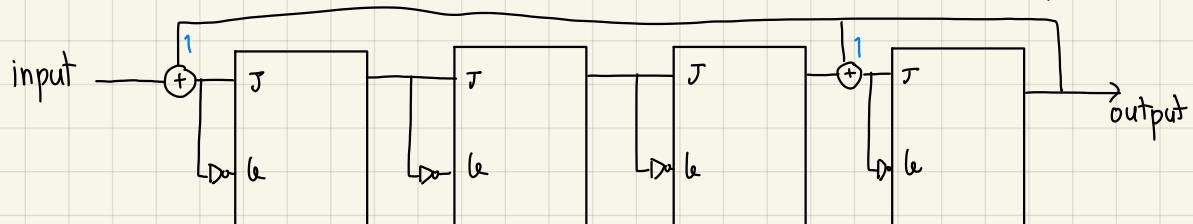
5. ทางด้านรับจะทำการหารข้อมูลที่รับเข้ามาหารด้วย $G(x)$ ดังนี้

$$\begin{array}{r}
 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 (Quotient) \\
 101001) & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\
 & \oplus & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & \text{B}(x) \\
 & & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\
 & \oplus & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\
 & & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\
 & \oplus & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\
 & & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\
 & \oplus & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\
 & & 0 & & & & & & & & & & 0 (Remainder)
 \end{array}$$

$G(x)$ ควรต้องเท่า零

$$\begin{array}{r}
 000001110111 \\
 \hline
 11001100101001000000 \\
 \underline{11001} \downarrow \quad | \quad | \quad | \quad | \quad | \quad | \\
 10111 \quad | \quad | \quad | \quad | \quad | \quad | \\
 \underline{11001} \downarrow \quad | \quad | \quad | \quad | \quad | \quad | \\
 11101 \quad | \quad | \quad | \quad | \quad | \quad | \\
 \underline{11001} \downarrow \quad | \quad | \quad | \quad | \quad | \quad | \\
 10001 \quad | \quad | \quad | \quad | \quad | \quad | \\
 \underline{11001} \downarrow \quad | \quad | \quad | \quad | \quad | \quad | \\
 10010 \quad | \quad | \quad | \quad | \quad | \quad | \\
 \underline{11001} \downarrow \quad | \quad | \quad | \quad | \quad | \quad | \\
 10110 \quad | \quad | \quad | \quad | \quad | \quad | \\
 \underline{11001} \downarrow \quad | \quad | \quad | \quad | \quad | \quad | \\
 11110 \quad | \quad | \quad | \quad | \quad | \quad | \\
 \underline{11001} \downarrow \quad | \quad | \quad | \quad | \quad | \quad | \\
 11100 \quad | \quad | \quad | \quad | \quad | \quad | \\
 \underline{11001} \downarrow \quad | \quad | \quad | \quad | \quad | \quad | \\
 1010
 \end{array}$$

សម្រាប់ clock ដែលរួច



	0	0	0	0
1	1	0	0	0
0	0	1	0	0
0	0	0	1	0
0 → 1	1	0	0	1
1 → 0	0	1	0	1
1 → 0	0	0	1	1
0 → 1	1	0	0	1
0 → 1	1	1	0	1
1 → 0	0	1	1	1
1 → 0	0	0	1	0
0	0	0	0	1
0 → 1	1	0	0	1
0 → 1	1	1	0	1
0 → 1	1	0	1	1
0 → 1	1	1	1	1

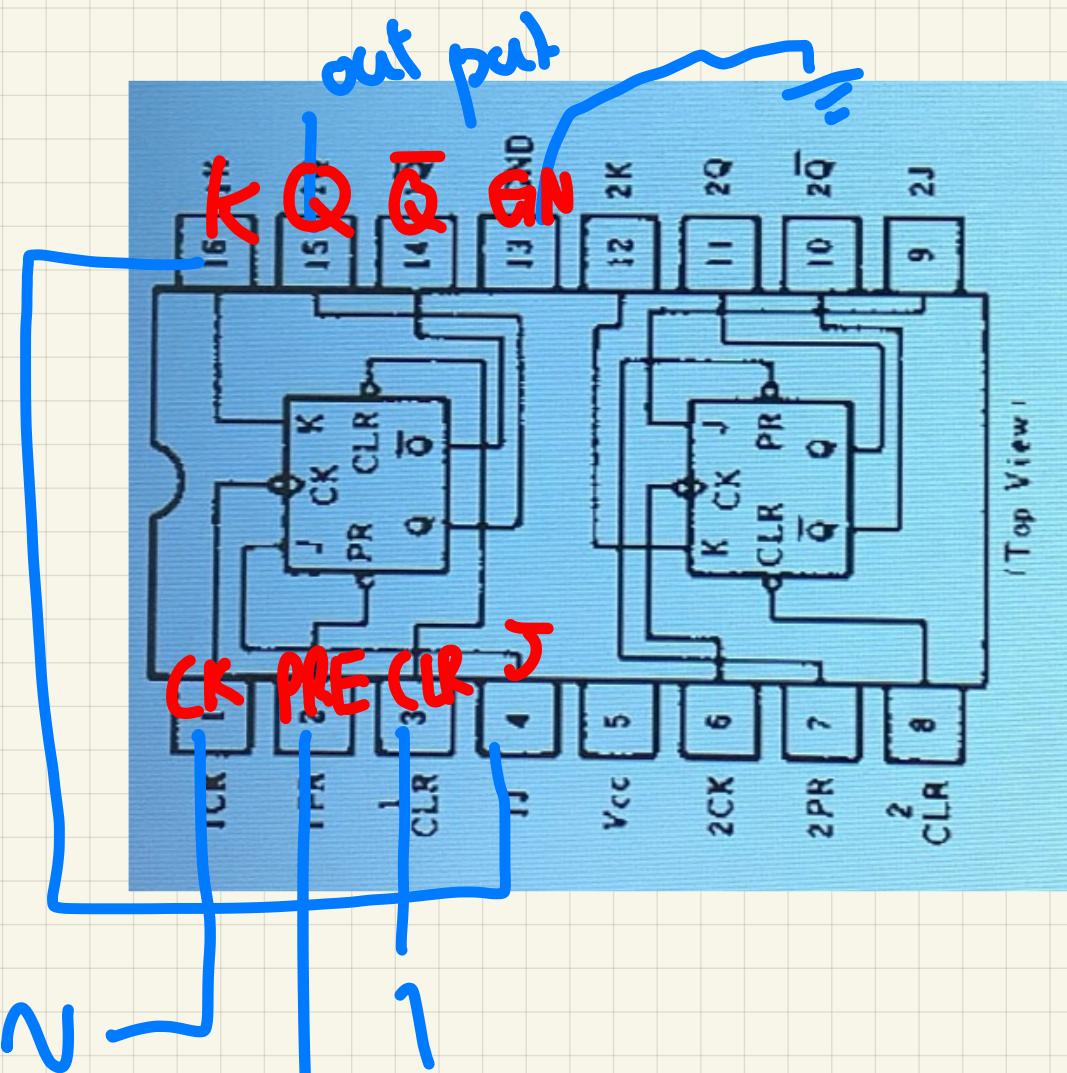
$$\begin{array}{r}
 00000 | 11111 | 10111 \\
 \hline
 11001 | 01000 / 01100 / 01100 / 00000 \\
 \hline
 11001 \\
 \hline
 10001 \\
 \hline
 11001 \\
 \hline
 10010 \\
 \hline
 11001 \\
 \hline
 10111 \\
 \hline
 11001 \\
 \hline
 11101 \\
 \hline
 11001 \\
 \hline
 10000 \\
 \hline
 11001 \\
 \hline
 10010 \\
 \hline
 11001 \\
 \hline
 10110 \\
 \hline
 11001 \\
 \hline
 11110 \\
 \hline
 11001 \\
 \hline
 0111
 \end{array}$$

ඇමුවයින් 466 යුතුව

ඇයගේ 0100 0011 0011 0000

fuck bitch.

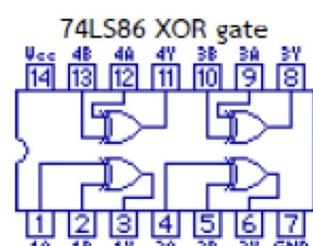
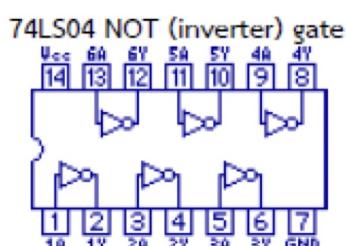
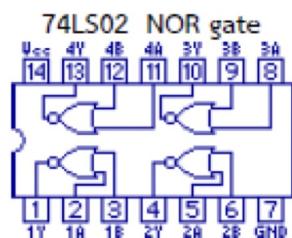
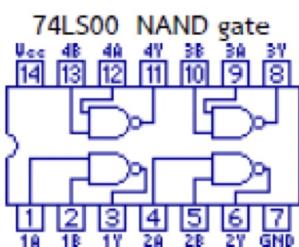
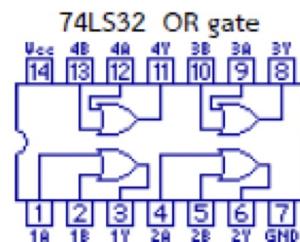
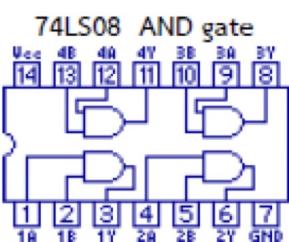
$$\begin{array}{r}
 0000 | 0101 | 1100 | 1101 \\
 \hline
 11001 | 011011 / 01110 / 00000 \\
 \hline
 11001 \\
 \hline
 10011 \\
 \hline
 11001 \\
 \hline
 10100 \\
 \hline
 11001 \\
 \hline
 11001 \\
 \hline
 11011 \\
 \hline
 11001 \\
 \hline
 10110 \\
 \hline
 11001 \\
 \hline
 11110 \\
 \hline
 11001 \\
 \hline
 11100 \\
 \hline
 11001 \\
 \hline
 0101
 \end{array}$$



14:42 Fri 13 Sep

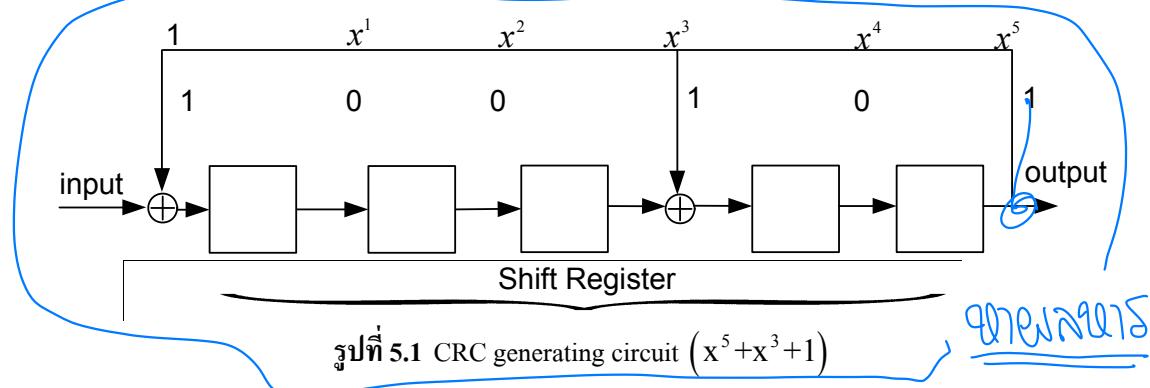
81%

Lab01



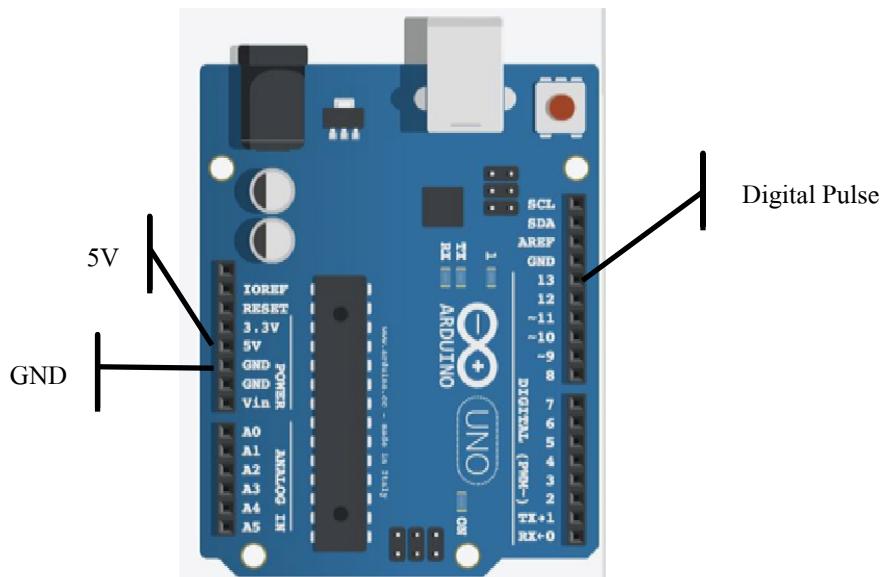
รูปที่ 4 โครงสร้างภายในของไอซีล็อกิกเกต

6. จาก多项式 $x^5 + x^3 + 1$ สามารถต่อวงจรเพื่อหาผลหาร $R(x)$ นี้ได้ดังรูปที่ 5.1



การทดลองที่ 5.1 การสร้างค่าที่จะส่งด้วยวิธี Cyclic Redundancy Check

1. ใช้ Arduino UNO R3 เป็น Power supply และ Digital Pulse โดยที่
 - 1.1. ใช้ 5V และ GND เป็น Power supply และ Port 13 เป็น Digital Pulse ดังรูปที่ 5.2
 - 1.2. เปิดโปรแกรม Arduino และพิมพ์โปรแกรมตามรูปที่ 5.3 และเลือก Verify
 - 1.3. ต่อสาย Upload
 - 1.4. เลือก Com Port ที่เป็น Arduino/Genuino Uno ดังรูปที่ 5.4 และเลือก Upload
 - 1.5. ปิดโปรแกรม Arduino
 - 1.6. เปิดโปรแกรม putty และเลือก Com Port ตามข้อ 1.4
 - 1.7. ใช้ Enter ในการสร้าง Digital Pulse ออกที่ Port 13



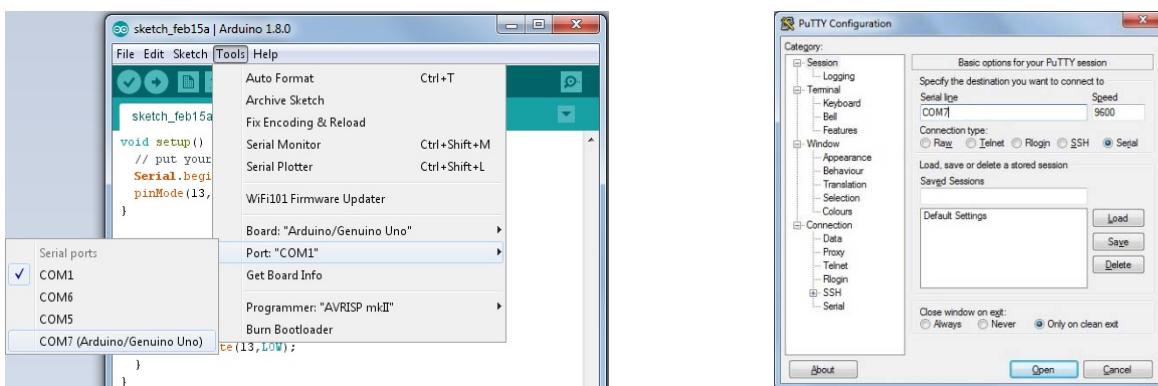
```

void setup() {
    // put your setup code here, to run once:
    Serial.begin(9600);
    pinMode(13,OUTPUT);
}

void loop() {
    // put your main code here, to run repeatedly:
    if(Serial.available() != 0){
        Serial.read();
        digitalWrite(13,HIGH);
        delay(250);
        digitalWrite(13,LOW);
    }
}

```

รูปที่ 5.3 โปรแกรมสร้าง Digital Pulse ออกที่ Port 13 ของ Arduino UNO R3



รูปที่ 5.4 การเลือก Com Port ของโปรแกรม Arduino และ putty

2. สร้างวงจร CRC generating ที่ใช้多项式 ไนเมียด $G(x)$ ตามที่อาจารย์กำหนดให้หน้าชั้น ตัวอย่าง 1101
3. Clear ค่าในวงจรแล้ว เริ่มทำการป้อนข้อมูล $D(x) x^5$ เพื่อหาผลลัพธ์ $R(x)$ ตัวอย่าง 1001/0110/1000/0101
 - 3.1. ให้นำรหัสนักศึกษา 3 ตัวท้าย (มีเงื่อนไขว่า ถ้าต้องมากกว่า 400 ต้องบวกด้วยค่า 321 ก่อน นำไปใช้) มาคิดเป็นข้อมูลใช้เป็นข้อมูล $D(x)$ โดยแปลงเป็นเลขฐานสิบแบบ BCD
4. บันทึกผลลัพธ์ $R(x)$ ที่ได้จากการทดลอง

5. แสดงผล $C(x)$ ที่ต้องใช้งาน

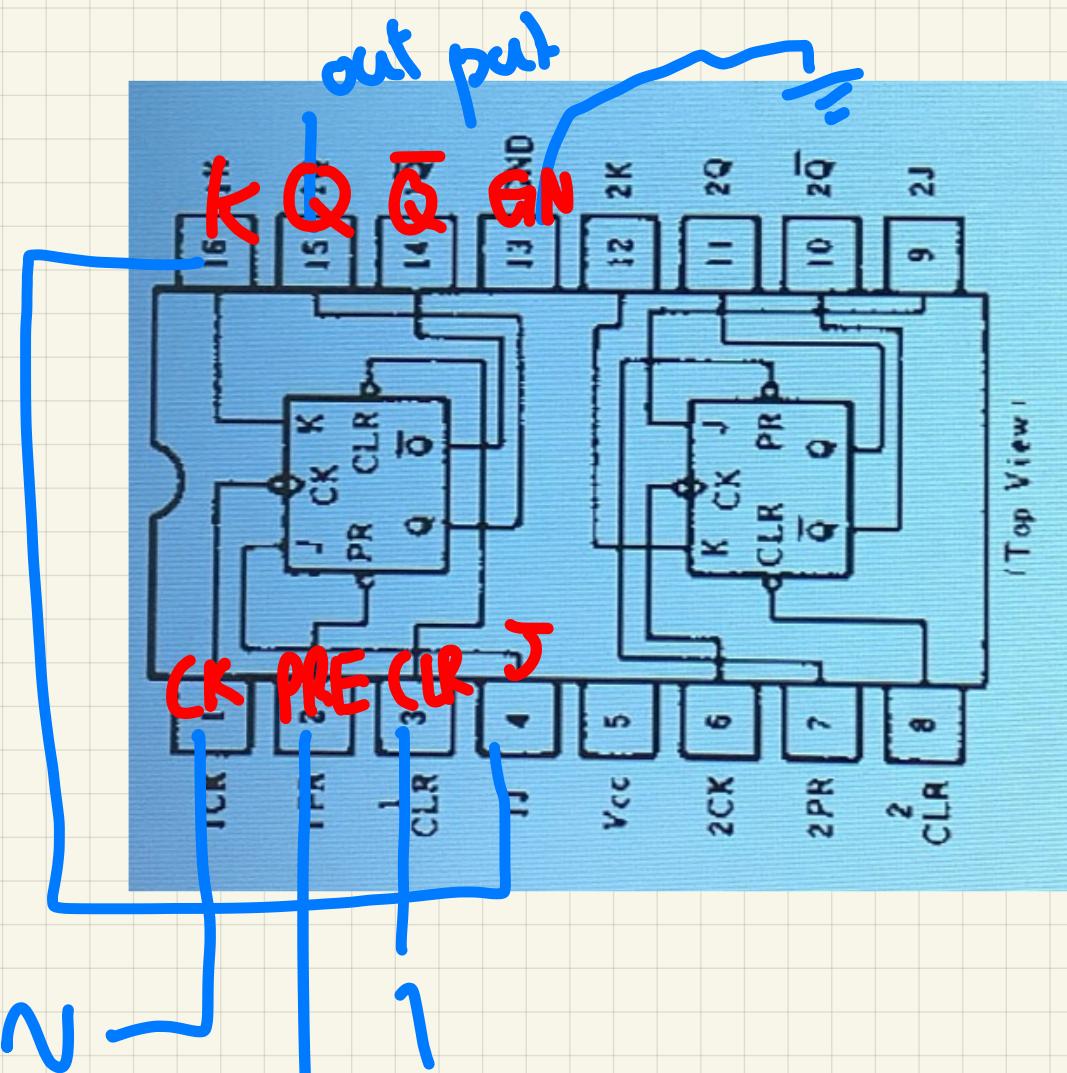
6. แสดงวิธีการคำนวณหา Remainder $R(x)$ และ ค่า $C(x)$ โดยใช้ค่า $G(x)$ จากข้อ 2 และ $D(x)$ จากข้อ 3 แล้วตรวจสอบว่าผลที่ได้จากการทดลองลูกต้องหรือไม่

การทดลองที่ 5.2 การถอดรหัสกรณีที่ไม่มีความผิดพลาด

1. Clear ค่าในวงจรแล้ว
2. นำค่า $C(x)$ ที่ได้จากการทดลองตอนที่ 1 ป้อนเข้าวงจร
3. บันทึกผลลัพธ์ $R(x)$ ที่ได้

การทดลองที่ 5.3 การถอดรหัสกรณีที่มีความผิดพลาด

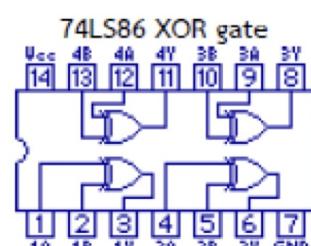
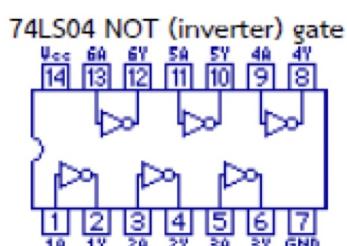
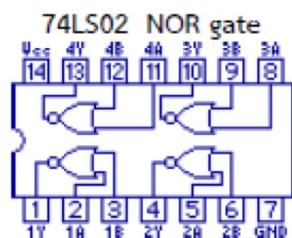
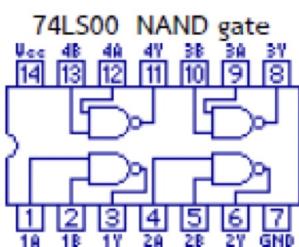
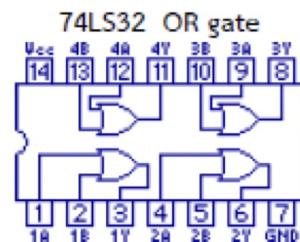
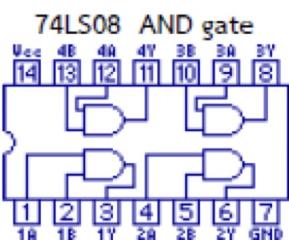
1. นำค่า $C(x)$ ที่ได้จากการทดลองที่ 5.1 มาเปลี่ยนแปลงเพื่อให้ข้อมูลเกิดความผิดพลาด โดยสลับค่า 0 – 1 ตั้งแต่ข้อมูลบิตที่ 11-14 ข้อมูลที่เปลี่ยนแล้วเป็น
2. แสดงวิธีการคำนวณหา Remainder $R(x)$ โดยนำ $C(x)$ ที่เปลี่ยนแปลงเพื่อให้ผิดพลาดจากข้อ 1 หารด้วย $G(x)$ จากข้อ 1 (การทดลองตอนที่ 5.1)
3. นำค่า $C(x)$ ที่ผิดพลาดจากข้อ 1 ป้อนเข้าwangจร
4. บันทึกผลลัพธ์ $R(x)$ ที่ได้จากการทดลอง และตรวจสอบว่าตรงกับที่คำนวณหรือไม่
5. เชิญอาจารย์ตรวจผลการทดลอง



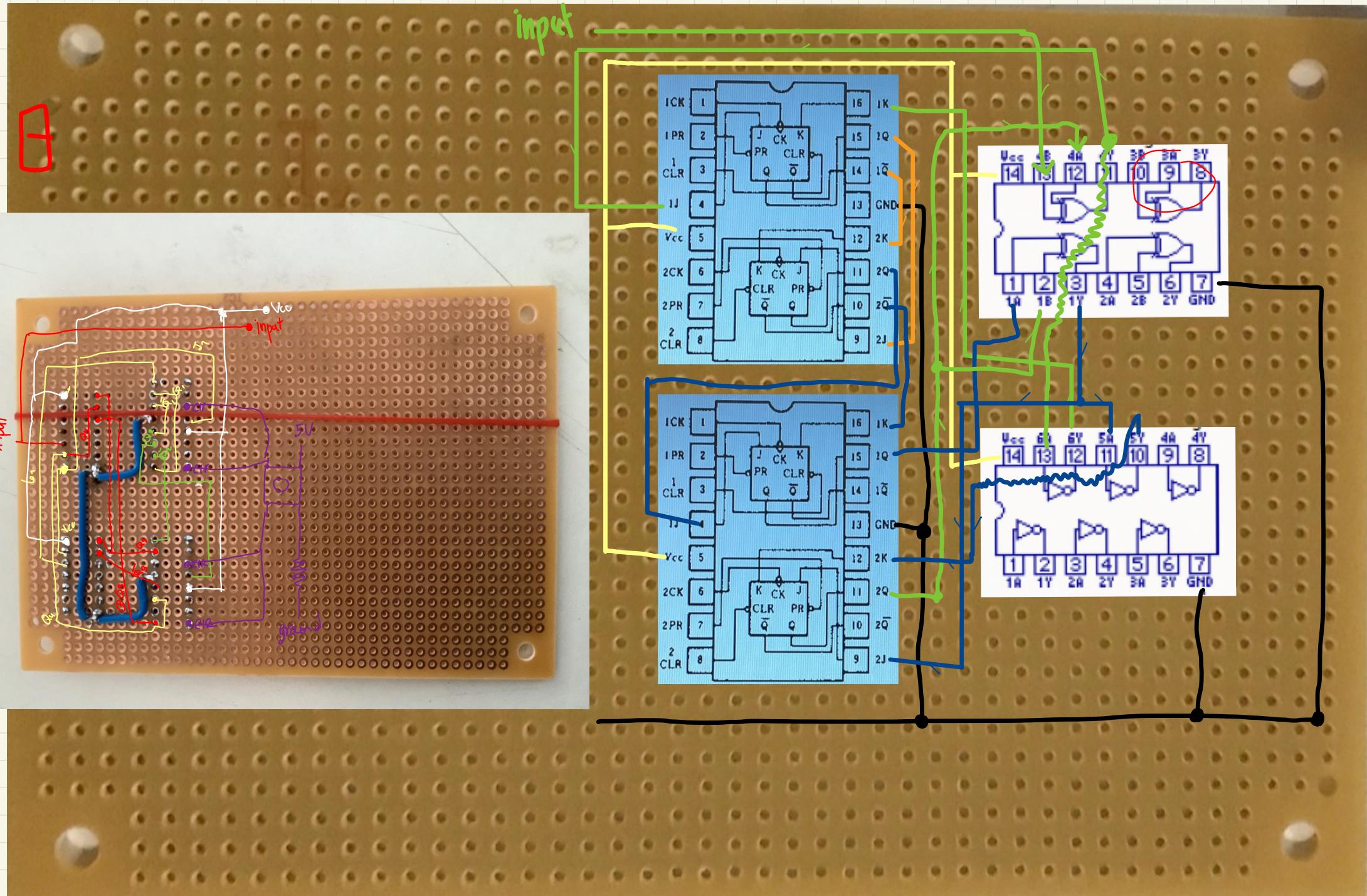
14:42 Fri 13 Sep

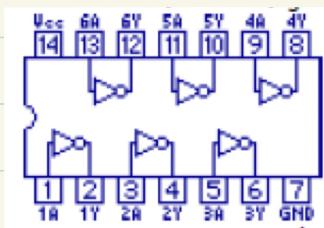
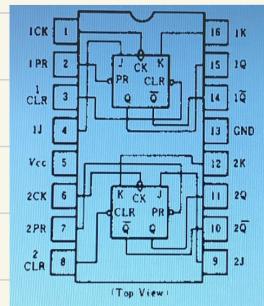
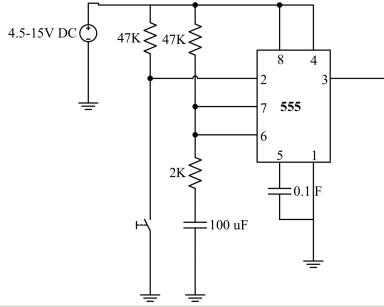
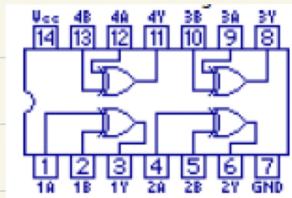
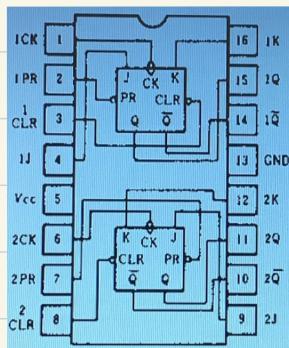
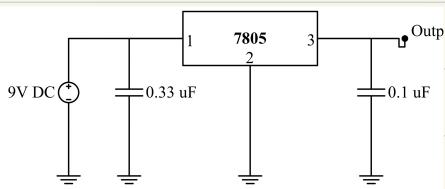
81%

Lab01

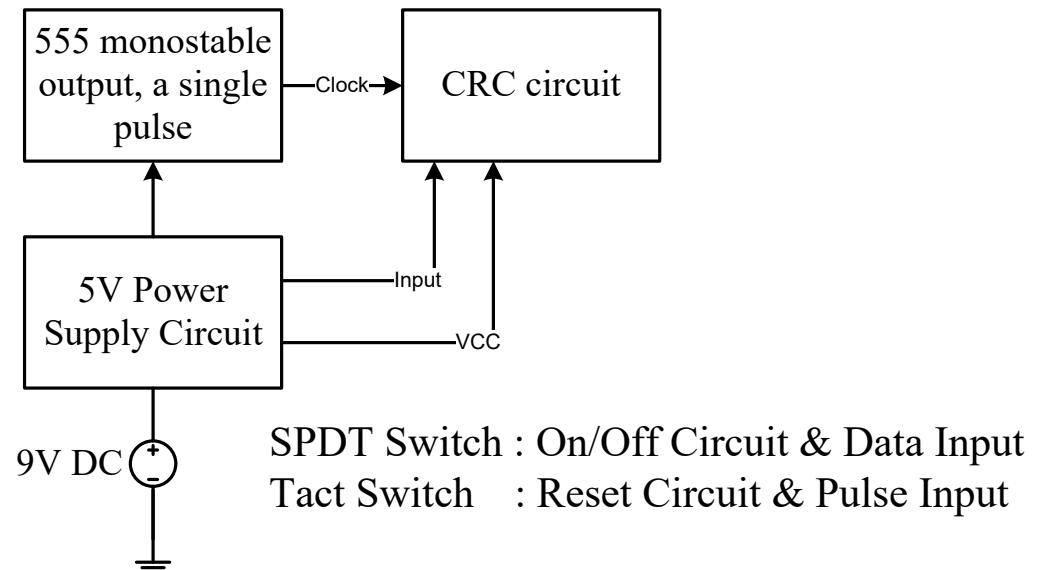


รูปที่ 4 โครงสร้างภายในของไอซีล็อกิกเกต

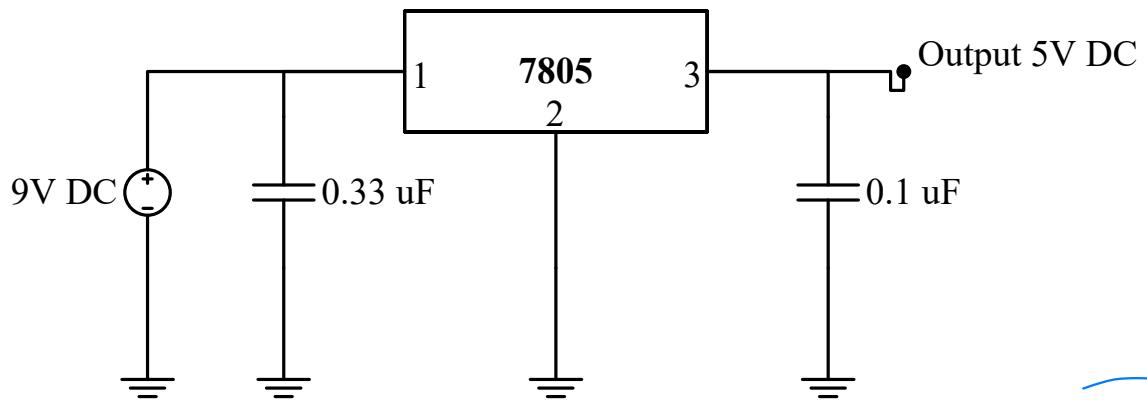




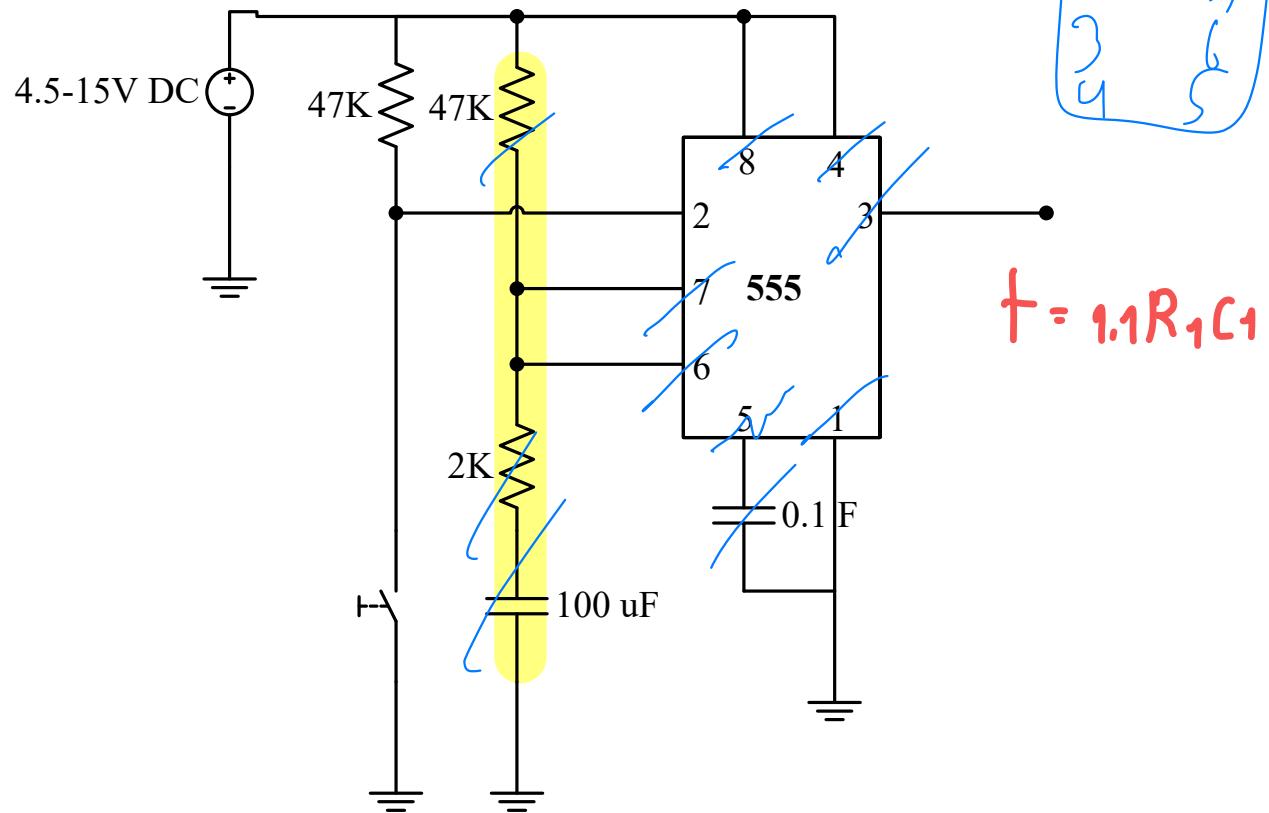
Block Diagram



5V Power Supply Circuit (7805)



555 monostable output, a single pulse



JK 8 76

XOR 7 86

NOT 7 04

