

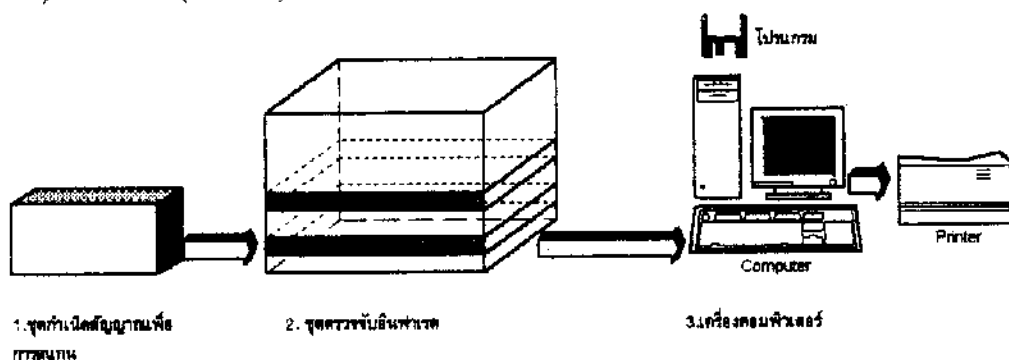
บทที่ 3

การออกแบบวงจร ช่วยศึกษาพฤติกรรมเคลื่อนไหวกของหนู

3.1 บทนำ

อุปกรณ์ช่วยศึกษาพฤติกรรมเคลื่อนไหวกของหนูในการศึกษาวิจัยนี้มีโครงสร้างซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบใหญ่ๆ 3 ส่วนด้วยกันดังแสดงในรูปที่ 3-1 คือ

3.1.1 ชุดกำเนิดสัญญาณเพื่อการสแกน ประกอบด้วยวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ (Pulse Generator) วงจรนับ (Counter) และวงจรถอดรหัส 4-to-16 line

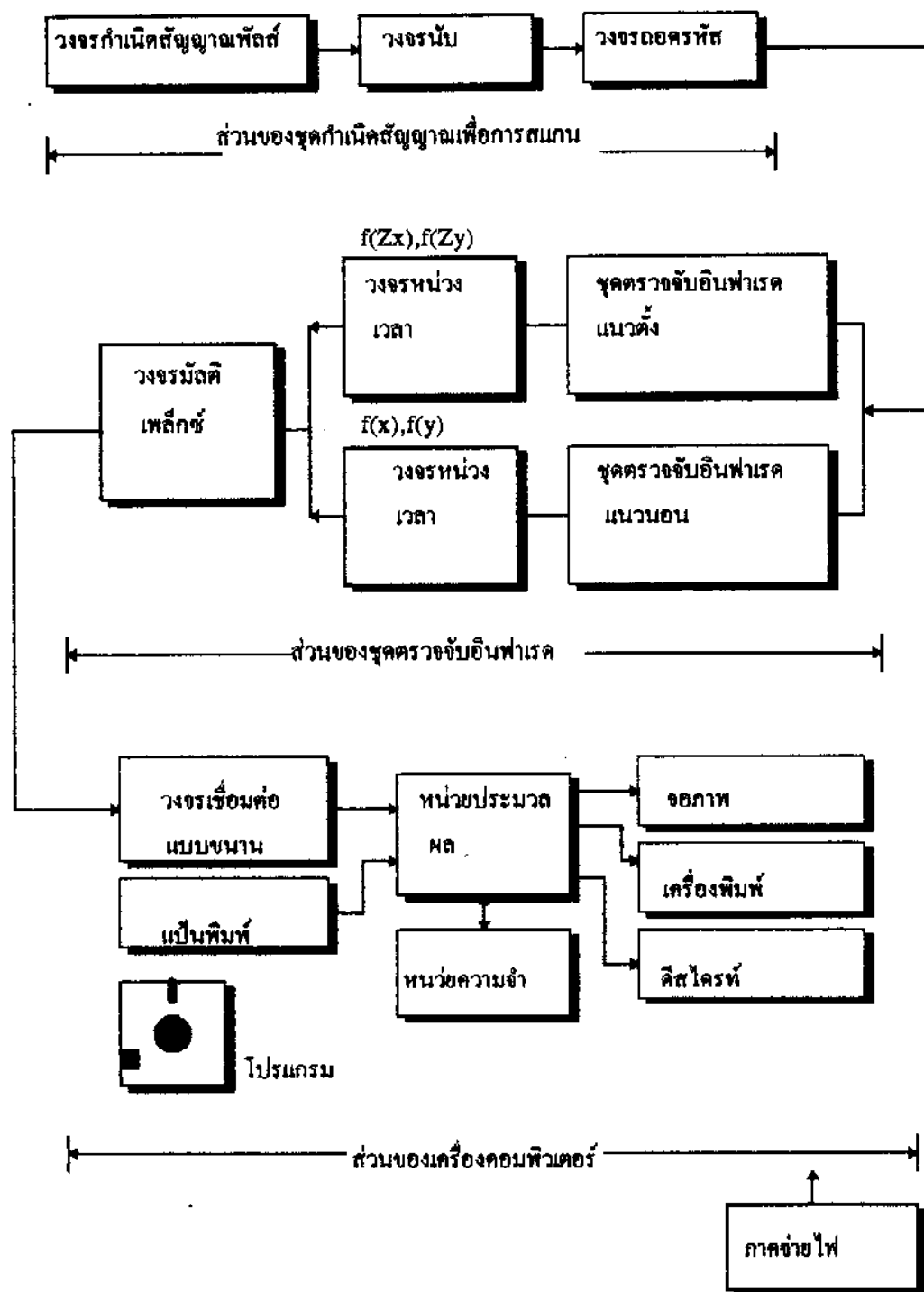


รูปที่ 3-1 แสดงโครงสร้างหลักของอุปกรณ์ช่วยศึกษาพฤติกรรมเคลื่อนไหวกของหนู

3.1.2 ชุดตรวจจับอินฟราเรด (Infrared Sensor) ประกอบด้วย ชุดตรวจจับแนวระดับ (Horizontal Sensor) 2 ชุด ชุดตรวจจับในแนวตั้ง (Vertical Sensor) 2 ชุด รวมทั้ง วงจรหน่วงเวลาและ วงจรมัลติเพล็กซ์

3.1.3 เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วยชุดเชื่อมต่อแบบขนาน (Parallel Interface) หน่วยความจำ (Memory) หน่วยประมวลผล (Central Processing Unit) โปรแกรม (Software) และส่วนแสดงผลได้แก่จอภาพและเครื่องพิมพ์

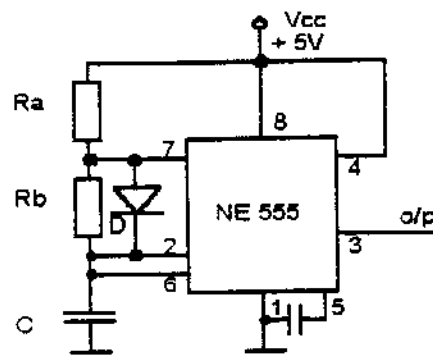
บล็อกไดอะแกรมโดยละเอียดของอุปกรณ์ช่วยศึกษาพฤติกรรมเคลื่อนไหวกของหนู แสดงไว้ในรูปที่ 3-2 รายละเอียดการออกแบบของแต่ละบล็อกมีดังต่อไปนี้



รูปที่ 3-2 แสดงบล็อกไดอะแกรมโดยละเอียดของเครื่อง

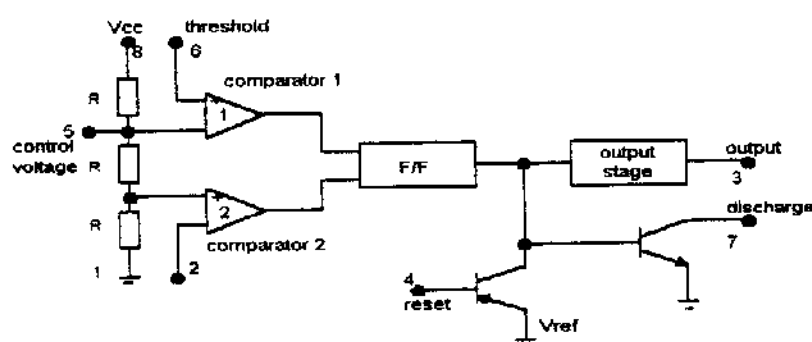
3.2 วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์

เป็นชุดกำเนิดสัญญาณพัลส์มีความถี่ประมาณ 150 Hz สำหรับใช้ในการสแกนชุดตรวจจับอินฟาเรดซึ่งความถี่นี้จะทำให้แน่ใจว่าสามารถตรวจจับการเคลื่อนที่ของหนูที่เร็วที่สุดได้ โดยวงจรจะใช้ไอซี ตั้งเวลาเบอร์ 555 เป็นตัวกำเนิดสัญญาณพัลส์ รูปที่ 3-3 แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ ตัวต้านทาน R_a , R_b และตัวเก็บประจุ C ประกอบเป็นชุดตั้งเวลา



รูปที่ 3-3 แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณ

คาปาซิเตอร์ C จะถูกประจุด้วยแรงดันไฟฟ้าเลี้ยงวงจร V_{cc} ผ่านตัวต้านทาน R_a และ R_b แรงดันของตัวเก็บประจุ จะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึง $(2/3)V_{cc}$ แรงดันนี้ก็คือแรงดันเทรชโวลต์ (Threshold Voltage) ที่ขา 6 ซึ่งจะขับให้วงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Comparator) ตัวที่ 1 ส่งสัญญาณไปทริกฟลิปฟลอป (F/F) แล้วทำให้สัญญาณออกที่ขา 3 ลดลงมาที่ระดับต่ำ (รูปที่ 3-4)



รูปที่ 3-4 รายละเอียดวงจรภายในของไอซีตั้งเวลาเบอร์ 555

ซึ่งจะทำให้ทรานซิสเตอร์ Q_1 นำกระแส (O_n) เป็นสาเหตุคาปาซิเตอร์คายประจุผ่านตัวต้านทาน R_b และขา 7 แรงดันของตัวเก็บประจุจะลดต่ำกว่าระดับทริกเกอร์ ($V_{cc}/3$)

ฟลิปฟล็อปจะถูกทริก สัญญาณออกจะเป็นระดับสูง (High Level) และทรานซิสเตอร์ Q_1 จะหยุดนำกระแส (Off) ตัวเก็บประจุจะสามารถประจุผ่าน R_a และ R_b ด้วยแรงดัน V_{∞} อีกครั้ง

ความถี่ของสัญญาณออกที่ขา 3 สามารถคำนวณได้โดย

$$T_{\text{high}} = 0.69 (R_a) C \quad (3-1)$$

$$T_{\text{low}} = 0.69 (R_b) C \quad (3-2)$$

$$\text{Period} = T = T_{\text{high}} + T_{\text{low}} \quad (3-3)$$

$$f_o = 1/T = 1.45 / [(R_a + R_b) C] \quad (3-4)$$

$$D = [R_a / (R_a + R_b)] * 100 \% \quad (3-5)$$

การคำนวณค่า R_a และ R_b ที่ Duty cycle เท่ากับ 50%:

กำหนดให้ความถี่ f_o ในรูป 3-3 เท่ากับ 150 Hz ตัวเก็บประจุ C เท่ากับ $1 \mu F$

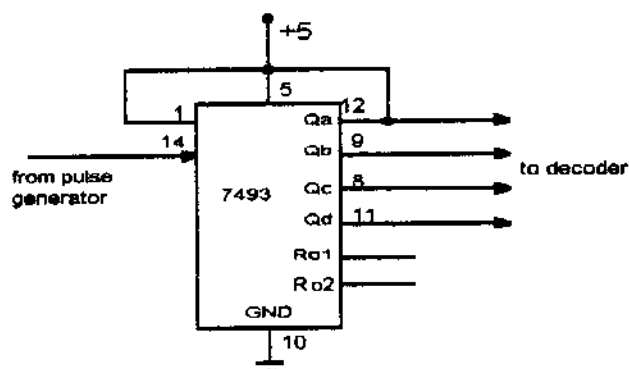
$$f_o = 1/T = 1.45 / [(R_a + R_b) C]$$

$$\begin{aligned} R_a + R_b &= 1.45 / (f_o * C) \\ &= 1.45 / (150 \text{ Hz} * 1 * 10^{-6} \text{ F}) \\ &= 9.67 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

ที่ duty cycle 50% ค่า $R_a = R_b$ ซึ่งเท่ากับครึ่งหนึ่งของความต้านทานที่คำนวณได้
ฉะนั้น $R_a = R_b = 9.67/2 \text{ k}\Omega = 4.83 \text{ k}\Omega$ ใช้ค่า $4.8 \text{ k}\Omega$ จากการวัดความถี่จริงได้ประมาณ 150 Hz และ duty cycle 50%

3.3 วงจรรนับ (Counter)

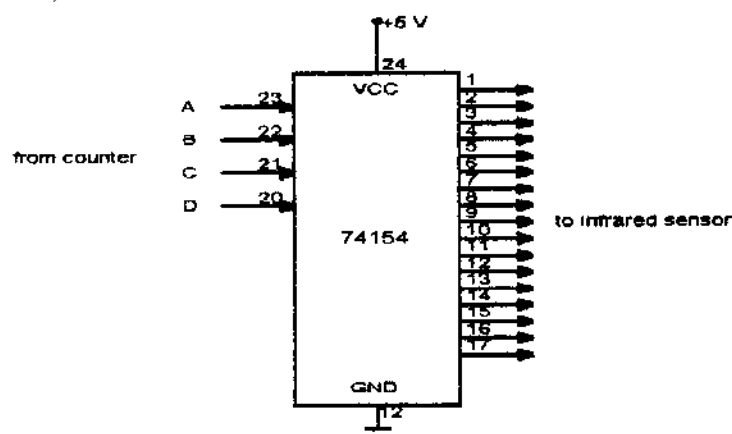
สัญญาณจากวงจรรกำเนิดพัลส์ จะส่งเข้ามายังวงจรรนับ วงจรรนับจะใช้ IC เบอร์ 74HC93 ซึ่งจะได้สัญญาณออกเป็นเลขไบนารี 0000-1111 รวมทั้งหมด 16 รหัส วงจรรนับดังรูปที่ 3-5



รูปที่ 3-5 แสดงวงจรนับ

3.4 วงจรถอดรหัส (Decoder)

สัญญาณจากวงจรนับ 4 หลักจะถูกส่งมายังวงจรถอดรหัส 4-to-16-line โดยใช้ IC เบอร์ 74154 (รูปที่ 3-6)



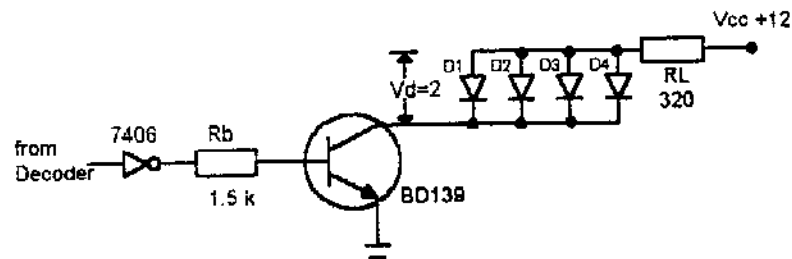
รูปที่ 3-6 แสดงวงจรถอดรหัสใช้ IC 74154

3.5 วงจรตรวจจับ อินฟราเรด (Infrared Sensor)

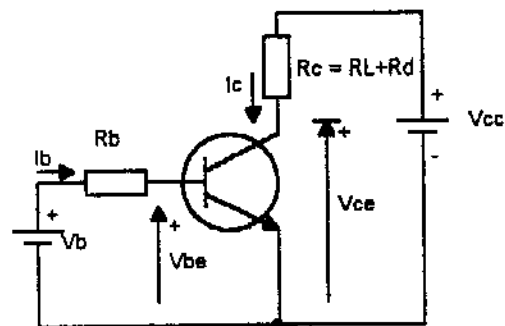
วงจรตรวจจับอินฟราเรดแบ่งเป็น 2 ภาคคือ ภาคส่งอินฟราเรดและภาครับอินฟราเรด

3.5.1 ภาคส่งอินฟราเรด (Infrared Transmitter) จะรับสัญญาณการสแกนจากวงจรถอดรหัสซึ่งมีทั้งหมด 16 สัญญาณเพื่อการสแกนอินฟราเรดตัวส่งทั้งหมด 4 แถว แถวละ 16 ดวง สองแถวแรกวางทำมุมกัน 90 องศาสำหรับการตรวจจับการเคลื่อนที่ของหนูในแนวระนาบ (แนวแกน x,y) วางสูงจากพื้นประมาณ 3 ซม. สองแถวหลังวางทำมุม 90 องศาเช่นกัน สำหรับตรวจจับการขึ้น (แนวแกน Zx,Zy) โดยวางอยู่สูงจากพื้นประมาณ 15 ซม. ความสูงของชุดตรวจจับทั้งสองหาได้จากความสูงเฉลี่ยของตัวหนูในขณะเดินและขณะขึ้น

วงจรสำหรับภาคส่งอินฟาเรด ใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ BD 139 ทำหน้าที่เป็นวงจรสวิตช์ (รูปที่ 3-7)



รูปที่ 3-7 แสดงวงจรภาคส่งอินฟาเรด



รูปที่ 3-8 แสดงวงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์

ให้พิจารณาวงจรรูปที่ 3-8 ทรานซิสเตอร์จะทำหน้าที่เป็นวงจรสวิตช์

$$I_b = (V_b - V_{be}) / R_b \quad (3-6)$$

$$V_c = V_{ce} = V_{cc} - I_c R_c = V_{cc} - (\beta I_b / R_b) R_c \quad (3-7)$$

เมื่อ $R_c = R_L + R_d$

$$V_{ce} = V_{cb} + V_{be}$$

หรือ

$$V_{cb} = V_{ce} - V_{be} \quad (3-8)$$

สมการที่ (3-8) แสดงว่าค่า $V_{ce} \geq V_{be}$ แล้ว รอยต่อระหว่างคอลเลคเตอร์กับเบส จะได้รับไบอัสย้อน ทรานซิสเตอร์จะทำงานในย่านขยายกระแส กระแสคอลเลคเตอร์สูงสุดในย่านขยายกระแส ซึ่งสามารถหาโดยการเซตค่า $V_{cb} = 0$ และ $V_{be} = V_{ce}$ คือ

$$I_{cm} = (V_{cc} - V_{ce}) / R_c = (V_{cc} - V_{be}) / R_c \quad (3-9)$$

และกระแสเบสคือ

$$I_{bm} = I_{cm} / \beta \quad (3-10)$$

$$I_{bm} = \text{กระแสเบสสูงสุด}$$

$$I_{cm} = \text{กระแสคอลเลคเตอร์สูงสุด}$$

ถ้ากระแสเบสเพิ่มมากกว่า I_{bm} (maximum base current) แล้ว V_{be} (base-emitter voltage) จะเพิ่มขึ้นและกระแสคอลเลคเตอร์จะลดลง และ V_{ce} จะต่ำลงกว่า V_{be} จนกระทั่ง รอยต่อระหว่างเบสกับคอลเลคเตอร์เป็นไบอัสตรงด้วย V_{bc} (base-collector current) ประมาณ 0.4 - 0.5 โวลต์ ทรานซิสเตอร์จะเข้าสู่ย่านอิ่มตัว หรืออีกนัยหนึ่ง กระแสคอลเลคเตอร์จะเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเพิ่มกระแสเบสเกินจุดอิ่มตัว

ในย่านอิ่มตัวกระแสคอลเลคเตอร์จะคงที่ ถ้าแรงดันอิ่มตัวของคอลเลคเตอร์และอิมิตเตอร์ คือ $V_{ce(sat)}$ กระแสคอลเลคเตอร์คือ I_{cs} (saturate collector current)

$$I_{cs} = (V_{cc} - V_{ce(sat)}) / R_c \quad (3-11)$$

ในทำนองเดียวกัน กระแสเบสคือ

$$I_{bs} = I_{cs} / \beta \quad (3-12)$$

ตามปกติวงจรจะออกแบบที่ I_b สูงกว่า I_{bs} (saturate base current) อัตราส่วนของ I_b ต่อ I_{bs} เรียกว่า Overdrive Factor , ODF

$$ODF = I_b / I_{bs} \quad (3-13)$$

และอัตราส่วนของ I_{cs} ต่อ I_b ถูกเรียกว่า forced β , β_f ที่

$$\beta_f = I_{cs} / I_b \quad (3-14)$$

กำลังสูญเสียทั้งหมดในสองรอยต่อคือ

$$P_t = V_{be} I_b + V_{ce} I_c \quad (3-15)$$

ที่ค่า ODF สูงๆจะไม่ลดแรงดันระหว่างคอลเลกเตอร์กับอิมิตอร์ได้มากอย่างไรก็ตาม V_{be} จะเพิ่มขึ้นเนื่องจากกระแสเบสถูกเพิ่มเป็นผลให้ลดกำลังสูญเสียระหว่างรอยต่อ เบสกับอิมิตอร์

การคำนวณวงจรภาคส่งอินฟราเรด:

$$V_{cc} = 12 \text{ Volt}; \beta_{\min} = 8; \beta_{\max} = 40; I_{cs} = 22 \text{ mA}; V_b = 5 \text{ Volt}$$

$$V_{ce(sat)} = 0.5 \text{ Volt}; R_b = ?; R_L = ?$$

จากสมการ (3-11)

$$\begin{aligned} R_c &= (V_{cc} - V_{ce(sat)} - V_d) / I_{os} \\ &= (12 - 0.5 - 2) / 22 = 431 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ } R_c &= R_{d(\text{total})} + R_L \\ R_{d1} &= V_{d1} / I_{d1} = 2 / 5.5 = 363 \Omega \end{aligned}$$

$$R_{d(\text{total})} = 90 \Omega$$

$$\begin{aligned} \text{ฉะนั้น } R_L &= R_c - R_d \\ &= 431 - 90 = 341 \Omega \text{ ใช้ค่า } 320 \Omega \end{aligned}$$

จากสมการ (3-12)

$$I_{bs} = I_{cs} / \beta_{\min} = 22 \text{ mA} / 8 = 2.75 \text{ mA}$$

$$\text{ฉะนั้น } R_b = (V_b - V_{be(sat)}) / I_b = (5 - 0.6 \text{ v}) / 2.75 \text{ mA} = 1.6 \text{ k}\Omega \text{ ใช้ค่า } 1.5 \text{ k}\Omega$$

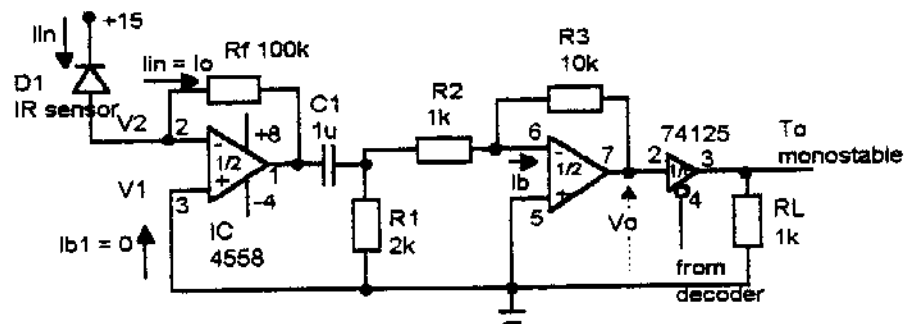
และจากสมการ (3-15)

$$\begin{aligned} P_t &= V_{be} I_b + V_{ce} I_c \\ &= 0.6 * 2.75 + 0.5 * 22 = 12.65 \text{ mW} \end{aligned}$$

จากการวัดกระแส I_c ได้ประมาณ 30 mA

3.5.2 ภาครับอินฟราเรด (Infrared Receivers)

ภาครับอินฟราเรดจะรับสัญญาณจากภาคส่งอินฟราเรด โดยภาครับอินฟราเรดมีทั้งหมด 4 แถวแถวละ 16 ดวงเหมือนกับชุดส่งสองแถวแรกสำหรับตรวจจับการเคลื่อนไหวในแนวระนาบ สองแถวหลังสำหรับการตรวจจับการเคลื่อนไหวในแนวตั้ง แต่ละแถวจะวางตรงกันข้ามกับชุดส่ง วงจรภาครับอินฟราเรดแสดงในรูปที่ 3-9



รูปที่ 3-9 แสดงวงจรภาครับอินฟราเรด

การออกแบบวงจร โดยแบ่งวงจรเป็น 3 ส่วนคือ

1. วงจรเปลี่ยนกระแสเป็นแรงดัน (Current to Voltage Conversion)

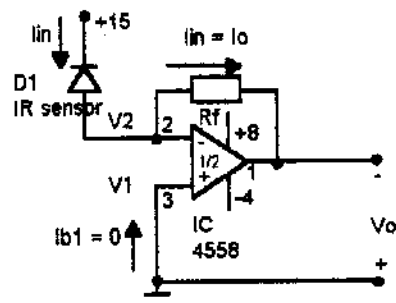
การเปลี่ยนกระแสเป็นแรงดัน จากหลักการของวงจรขยายแบบกลับ

ทางออฟแอมป์

$$V_o/V_{in} = -R_f/R_i \quad (3-16)$$

จากสมการข้างบน จะได้

$$V_o = -(V_{in}/R_i) R_f \quad (3-17)$$



รูปที่ 3-10 แสดงวงจรเปลี่ยนกระแสเป็นแรงดัน

อย่างไรก็ตามเมื่อ $V_1 = 0$ โวลต์ และ $V_1 = V_2$

$$V_{in}/R_i = I_{in}$$

และ

$$V_o = -I_{in} R_f \quad (3-18)$$

หมายความว่าถ้าเราแทน V_{in} และ R_1 รวมกันเป็นแหล่งจ่ายกระแส I_{in} ดังแสดงในรูป 3-10 แรงดันออก V_o จะเป็นสัดส่วนกับแรงดันเข้า I_{in} อีกนัยหนึ่งวงจรในรูป 3-10 จะเปลี่ยนกระแสเข้าให้เป็นสัดส่วนกับแรงดันออก

การคำนวณวงจรภาครับอินฟาเรด:

$$\begin{aligned} \text{ความต้านทานเมื่อแสงตกกระทบบ (ที่ 0.61 lux)} &= 500 \quad \text{k}\Omega \\ \text{ความต้านทานเมื่อไม่มีแสง} &= 2 \quad \text{M}\Omega \\ \text{ช่วงอุณหภูมิ} &= -50 \text{ ถึง } 70 \text{ องศา C} \end{aligned}$$

$$V_o = -I_o * R_f$$

$$\begin{aligned} V_{o(\min)} &= -(V_{dc}/R_{t(\max)}) * R_f = -(12/2 \text{ M}\Omega) * 20\text{k} \\ &= -0.12 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{o(\max)} &= -(V_{dc}/R_{t(\min)}) * R_f \\ &= -(12/500\text{k}) * 20\text{k} \\ &= -0.48 \text{ V} \end{aligned}$$

ฉะนั้น V_o จะเปลี่ยนแปลงจาก -0.12 ถึง -0.48 V

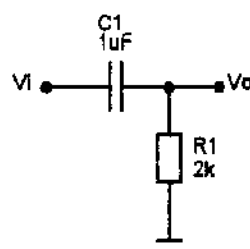
2. วงจรกรองความถี่สูงผ่าน (High Pass Filter)

รูปแสดงวงจรความถี่สูงผ่านแสดงในรูป 3-11 $X_c = R$ ที่ระดับ 0.707 ของรูป 3-12 สัญญาณออกจะเป็น 70% สำหรับสัญญาณเข้าของวงจร รูปที่ 3-12

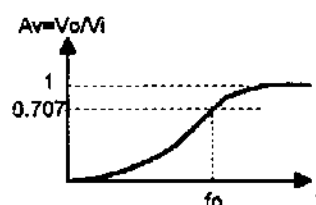
$$f_1 = 1 / (2\pi RC) \quad (3-19)$$

$$A_v = V_o/V_i = 1/\sqrt{2} = 0.707 \text{ เมื่อ } X_c = R \quad (3-20)$$

$$G_v = 20 \log_{10} A_v = 20 \log_{10} (1/2) = -3 \text{ dB} \quad (3-21)$$



รูปที่ 3-11 แสดงวงจรกรองความถี่สูงผ่าน

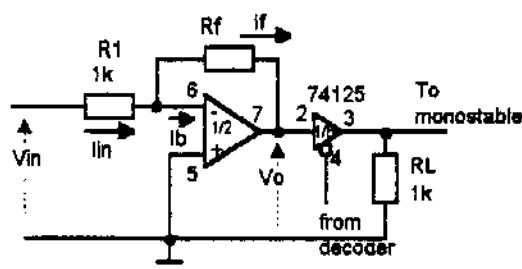


รูปที่ 3-12 แสดงความถี่ตอบสนอง

การคำนวณ วงจรกรองความถี่สูงผ่าน:

$$\begin{aligned}
 f_o &= 1/2\pi * R_1 * C_1 \\
 \text{เมื่อ } f_o &= \text{ความถี่คัตออฟ} \\
 150 \text{ Hz} &= 1/2\pi * R_1 * C_1 \\
 \text{ให้ } R_1 &= 2k \\
 C_1 &= 1/(2\pi * (2k)(150\text{Hz})) \\
 &= 0.5 \mu\text{F}
 \end{aligned}$$

3. วงจรขยายแบบกลับทาง (Inverting Amplifier)



รูปที่ 3-13 แสดงวงจรขยายแบบกลับทาง

สัญญาณจากวงจรกรองความถี่สูงผ่านจะส่งเข้ามายังวงจรขยายแบบกลับทางผ่าน R_1 อัตราขยายของวงจร (A_v) สามารถหาได้จากกฎกระแสของเคอร์ชอฟ (Kirchhoff's Current Law) ที่จุด V_2 ในรูปที่ 3-13

$$I_{in} = I_f + I_b$$

เมื่อ R_1 มีค่าใหญ่มาก กระแสอินพุท I_b จะมีค่าน้อยมากสามารถตัดทิ้งได้ ($R_1 \cong 2 \text{ k}\Omega$ และ $I_b \cong 0.5 \mu\text{A}$ สำหรับ NE 4558C) นั่นคือ

$$(V_{in} - V_2)/R_1 = (V_2 - V_o)/R_f \quad (3-22)$$

อย่างไรก็ตาม

$$V_1 - V_2 = V_o/A \quad ; \quad A = \text{อัตราขยาย}$$

เมื่อ $V_1 = 0$

$V_2 = -V_o/A$ แทนค่า V_2 ในสมการ (3-17) เราจะได้

$$(V_{in} + V_o/A)/R_1 = -[(V_o/A) - V_o]/R_f$$

$$A_f = V_o/V_{in} = -[A \cdot R_f / (R_1 + R_f + A \cdot R_1)] \quad (3-23)$$

เครื่องหมายลบแสดงการกลับเฟสระหว่างสัญญาณเข้ากับสัญญาณออก 180 องศา เมื่ออัตราขยายของออฟแอมป์มีค่ามาก $A \cdot R_1 \gg R_1 + R_f$ ดังนั้นสมการ (3-23) จึงสามารถเขียนได้เป็น

$$A_f = V_o/V_{in} = -R_f/R_1 \quad (3-24)$$

R_2 เป็นบัฟเฟอร์ของวงจร (Buffer) เกท G_1 ใช้สำหรับควบคุมสัญญาณออกของวงจรให้ตรงกับสัญญาณตัวส่งอินฟาเรดเนื่องจากการสแกนที่เร็วจะทำให้วงจรภาครับสัญญาณแต่ละตัวเกิดรับสัญญาณจากอินฟาเรดตัวส่งดวงข้างเคียง ซึ่งจะทำให้ข้อมูลที่ได้อาจผิดพลาด

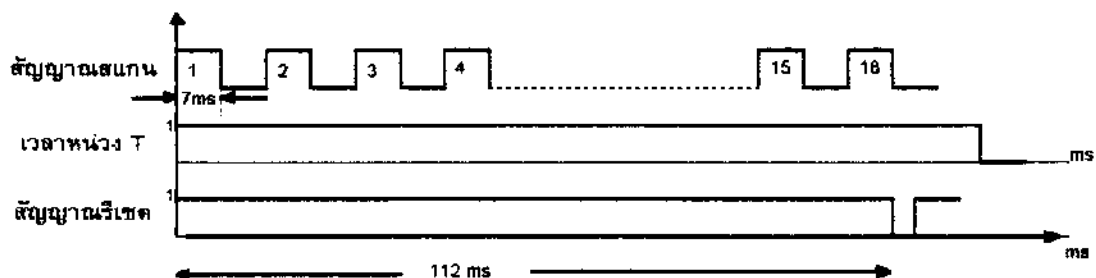
การคำนวณวงจรขยายกลับทางที่ อัตราขยาย 10 เท่า:

$$A_f = V_o/V_{in} = -R_f/R_1 : 10 \text{ เท่า} = -10 \text{ k}\Omega / 1 \text{ k}\Omega$$

เลือก $R_f = 10 \text{ k}\Omega$ และ $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ เนื่องจาก ไม่มีผลต่ออุณหภูมิและปัจจัยต่างๆ ของวงจร

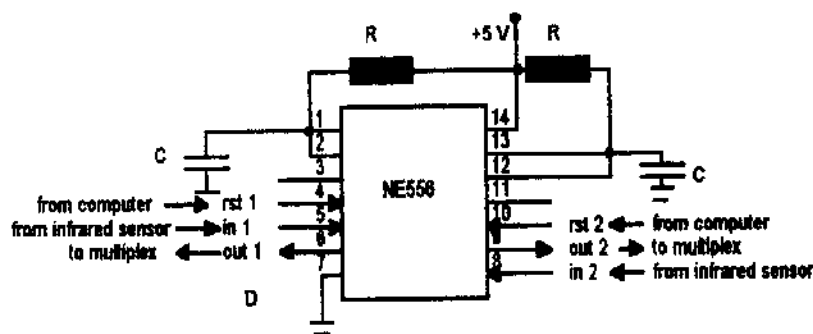
3.6 ชุดวงจรโมโนสเตเบิล (Mono stable)

วงจรโมโนสเตเบิลจะทำหน้าที่หน่วงข้อมูลจากชุดรับอินฟาเรด โดยมีค่าการหน่วงเวลา T มากกว่าเวลาในการสแกนครบทั้ง 16 ดวงเมื่อเวลาในการสแกนอินฟาเรด แต่ละดวงประมาณ 7 มิลลิวินาที ดังนั้นเมื่อเริ่มสแกนจากดวงแรกจนถึงดวงที่ 16 จะใช้เวลาประมาณ 112 มิลลิวินาที ดังนั้นค่าหน่วงเวลา T ต้องมากกว่า 112 มิลลิวินาที รูปที่ 3-14 แสดงเวลาในการสแกน อินฟาเรดและเวลาหน่วง T



รูปที่ 3-14 แสดงเวลาในการสแกนอินฟาเรดและเวลา หน่วง T

สัญญาณรีเซตจะส่งมาจากชุดส่งอินฟาเรดเพื่อรีเซ็ตวงจรโมโนสเตเบิลพร้อมกันทั้งหมด และเพื่อที่จะรับข้อมูลชุดใหม่จากชุดรับอินฟาเรด วงจรโมโนสเตเบิลแสดงในรูปที่ 3-15



รูปที่ 3-15 แสดงวงจรโมโนสเตเบิลจำนวน 2 วงจร

จากรูปที่ 3-15 วงจรโมโนสเตเบิลโดยใช้ไอซี NE 556 ซึ่งภายในประกอบด้วยไอซีตั้งเวลา 555 จำนวน 2 ตัว การทำงานของวงจรในกรณีที่ไม่มีสัญญาณทริกที่ขาสัญญาณเข้า ที่ขา 5 และขา 8 สัญญาณออกที่ขา 6 และขา 9 จะเป็นศูนย์หรือระดับลอจิกต่ำ เมื่อมีสัญญาณทริกที่ขาสัญญาณเข้า จะได้สัญญาณออกเป็นระดับลอจิกสูง ($\cong +V_{cc}$) ระดับลอจิกสูงจะยังคงอยู่เท่ากับเวลา T ซึ่งหาได้จากค่าหน่วงเวลาของ R และ C ภายนอก (R_1, R_2, C_1 และ C_2) สัญญาณรีเซ็ตที่ขา 4 และขา 10 จะส่งมาจากคอมพิวเตอร์เมื่อการสแกนครบทั้ง 16 ดวง เพื่อให้สัญญาณออกที่ขา 6 และขา 9 วงจรเป็นระดับลอจิกต่ำและวงจรพร้อมที่จะรับข้อมูลจากชุดรับอินฟราเรดต่อไป

$$\text{ค่าหน่วงเวลา (Time delay) } T_p = 1.1 R * C \quad (\text{Sec}) \quad (3-25)$$

ค่า R เป็นโอห์ม และ C เป็นฟาราด

ขา 3 และขา 11 ซึ่งเป็นขาควบคุมแรงดัน (Control Voltage) ซึ่งจะสามารถควบคุมความกว้างของพัลส์ได้ถ้าต่อรีซิสเตอร์ที่ปรับค่าได้กับกราวด์ แต่ถ้าหากไม่ใช้ตามปกติจะต่อ C ค่า $0.01 \mu F$ ลงกราวด์ไว้เป็นทางผ่านเพื่อลดการรบกวน

การคำนวณวงจรโมโนสเตเบิล:

$$T_p(\text{Time delay}) = 1.1 R * C$$

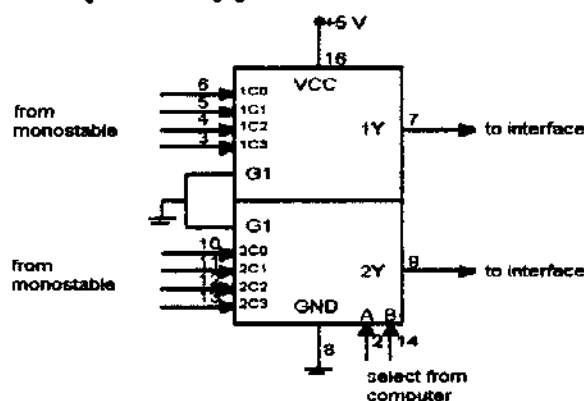
$$2 \text{ Sec} = 1.1 * 1 \mu F * R$$

$$R = \frac{2 \text{ Sec}}{(1.1 * 1 * 10^{-6})} = 2 \text{ M} \Omega$$

3.7 วงจรมัลติเพล็กซ์ (Multiplexer)

วงจรมัลติเพล็กซ์ในรูป 3-16 จะทำหน้าที่เลือกชุดข้อมูลที่ส่งมาจากวงจรโมโนสเตเบิลทีละชุดข้อมูล ข้อมูลแต่ละชุดคือข้อมูลจากแกน x, แกน y, แกน Zx และแกน Zy โดยชุดข้อมูลจากแกน x และแกน y สำหรับการตรวจจับการเคลื่อนที่ของหนูในแนวระนาบ (การเดิน, การวิ่ง) ส่วนข้อมูลในแนวแกน Zx และ Zy จะใช้ตรวจจับการขึ้น ข้อมูลแต่ละชุดจะส่งไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อทำการคำนวณหาตำแหน่งของหนูต่อไป

วงจรใช้ IC มัลติเพล็กซ์เบอร์ 74253 โดย IC แต่ละตัวจะสามารถเลือกชุดข้อมูลได้ 2 ชุด ในแต่ละชุดจะมีข้อมูล 4 ข้อมูล โดยมีขา 3,4,5,6 และ 10,11,12,13 เป็นขาสัญญาณเข้าและขาสัญญาณออกคือขา 7 กับขา 9 การเลือกข้อมูลจะใช้สัญญาณไบนารี 2 หลักที่ส่งมาจากคอมพิวเตอร์เพื่อเลือกข้อมูลจากขาสัญญาณเข้าแต่ละขาทางขา 14 และขา 2



รูปที่ 3-16 แสดงวงจรมัลติเพล็กซ์

3.8 วงจรเชื่อมต่อแบบขนาน (Parallel Interface)

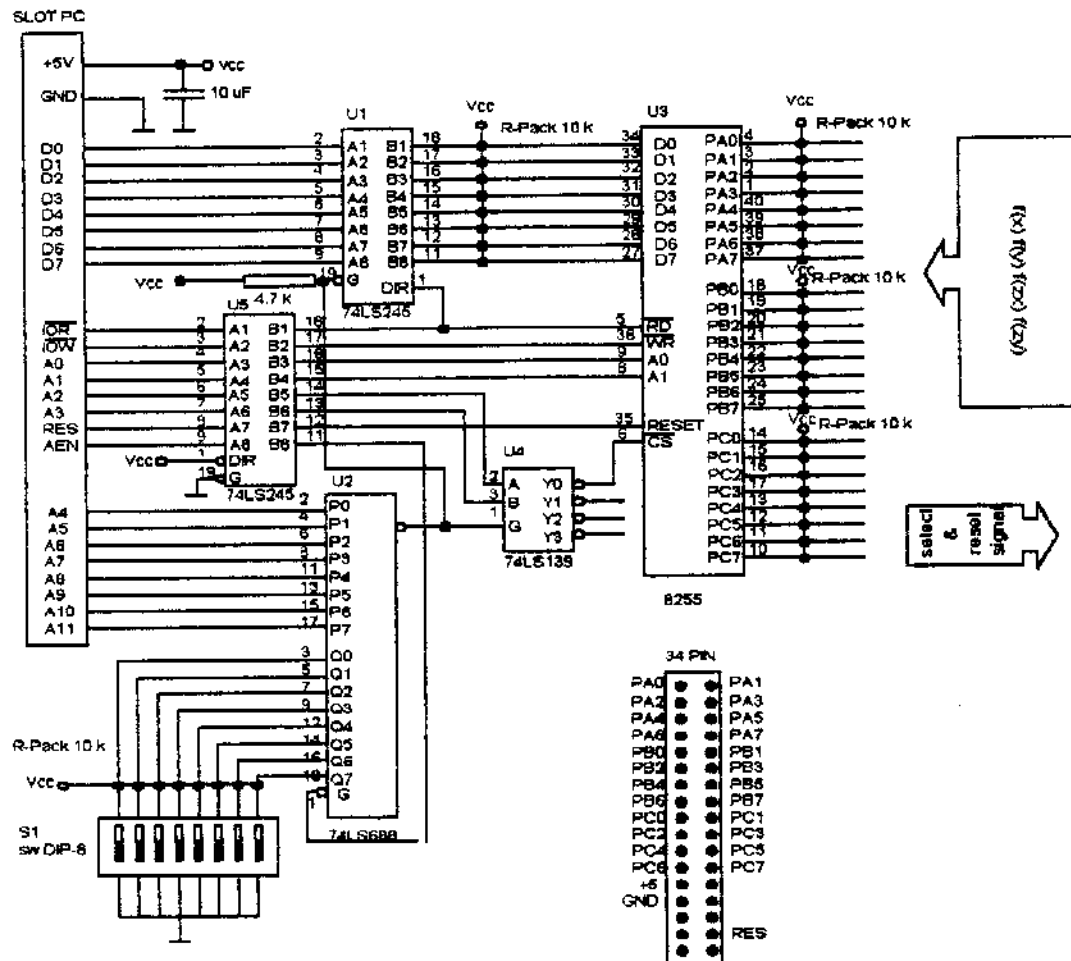
สัญญาณชุดข้อมูลจากภาครับอินฟราเรดโดยเราจะเรียกชื่อว่า $f(x)$ เป็นสัญญาณจากแกน x, $f(y)$ เป็นสัญญาณจากแกน y, $f(Zx)$ เป็นสัญญาณจากแกน Zx, $f(Zy)$ เป็นสัญญาณจากแกน Zy โดยสัญญาณทั้ง 4 ชุดคือ $f(x), f(y), f(Zx), f(Zy)$ จะถูกส่งมายังชุดวงจรเชื่อมต่อแบบขนานทีละชุดสัญญาณ รูปที่ 3-17 แสดงวงจรเชื่อมต่อแบบขนานวงจรใช้ไอซีเบอร์ 8255 ไอซีมีทั้งหมด 3 พอร์ต แต่ละพอร์ตจะมีสายข้อมูล 8 เส้นรวมทั้งหมด 24 เส้น โดยกำหนดให้พอร์ต A และพอร์ต B เป็นพอร์ตสัญญาณเข้าส่วนพอร์ต C กำหนดให้ 4 บิตล่างเป็นพอร์ตสัญญาณเข้า และ 4 บิตบนเป็นพอร์ตสัญญาณออก

วงจรเชื่อมต่อถูกเสียบเข้าที่ slot ของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ (PC AT/XT) ชุดข้อมูลทั้งหมด จะถูกส่งมาที่พอร์ต A และ B ของ 8255 ทีละชุดข้อมูลโดยวงจรมัลติเพล็กซ์ ข้อมูลแต่ละ

ชุดมี 16 บิต 8255 จะส่งข้อมูลทีละ 8 บิต ผ่าน U_1 ไปประมวลผลที่ CPU ทางขา D_0-D_7 ของ slot คอมพิวเตอร์

U_2 , U_4 , U_5 และ S_1 ทำหน้าที่ร่วมกันเป็นวงจรถอดรหัสเพื่อกำหนดพอร์ทของ 8255 โดยให้พอร์ท A=&H304 พอร์ท B=&H305 พอร์ท C=&H306 และพอร์ทควบคุม=&H307 โดยพอร์ทควบคุมกำหนดพอร์ท A, B และ C ล่าง เป็นพอร์ทสัญญาณเข้า ส่วนพอร์ท C บน เป็นพอร์ทสัญญาณออก สำหรับส่งสัญญาณเลือกชุดข้อมูลไปที่วงจรมัลติเพล็กซ์ และสัญญาณรีเซตไปวงจรโมโนสเตเบิล

สัญญาณ IOR, IOW (input output read, input output write) เป็นสัญญาณคอยควบคุมการเขียนและอ่านระหว่าง CPU กับ 8255 สัญญาณจะแอกติฟด้วยโลจิก '0'



รูปที่ 3-17 แสดงวงจรเชื่อมต่อแบบขนาน

3.9 คอมพิวเตอร์ (Computer)

ส่วนของคอมพิวเตอร์จะเป็นส่วนที่นำข้อมูล แต่ละชุดคือ $f(x), f(y), f(Zx), f(Zy)$ มาประมวลผล โดยจะทำการคำนวณตำแหน่งของหนูและเก็บค่าตำแหน่งไว้ในหน่วยความจำแล้วส่งต่อไปยังฮาร์ดดิส ซึ่งฮาร์ดดิสนี้จะทำหน้าที่จัดเก็บข้อมูลไว้ สามารถเรียกข้อมูลกลับมาดูได้เมื่อต้องการ หรือส่งข้อมูลไปยังเครื่องพิมพ์เพื่อพิมพ์ข้อมูลออกมา สำหรับส่วนของคอมพิวเตอร์จะแบ่งออกเป็น 4 ส่วนใหญ่ๆคือ

หน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit) จะมีหน้าที่นำค่าข้อมูล $f(x), f(y), f(Zx), f(Zy)$ มาทำการคำนวณตำแหน่งของหนู คำนวณเวลา คำนวณระยะทางการเคลื่อนที่ของหนู หน่วยความจำ (Memory) มีหน้าที่เก็บข้อมูล $f(x), f(y), f(Zx), f(Zy)$ โดยจะเก็บไว้ใน RAM (Random Access Memory) และ ฮาร์ดดิส (Hard Disk) ก่อนจะนำข้อมูลเหล่านี้ส่งไปทำการ

คำนวณที่ CPU ส่วนแสดงผล (Output) เป็นส่วนที่จะนำข้อมูลที่ทำการคำนวณโดย CPU มาแสดงผลทางจอภาพหรือทางเครื่องพิมพ์ โปรแกรม (Software) เป็นส่วนที่จะสั่งให้ CPU ทำการประมวลผลตามเงื่อนไขต่างๆ