

Mechanics of Machinery

2103322

Term Project

Finger gripper

เสนอ

รศ.ดร.รัชทิน จันทร์เจริญ

จัดทำโดย

นาย วิษณุพร พรหมสิรินิมิต 6532161321 (Part 2)

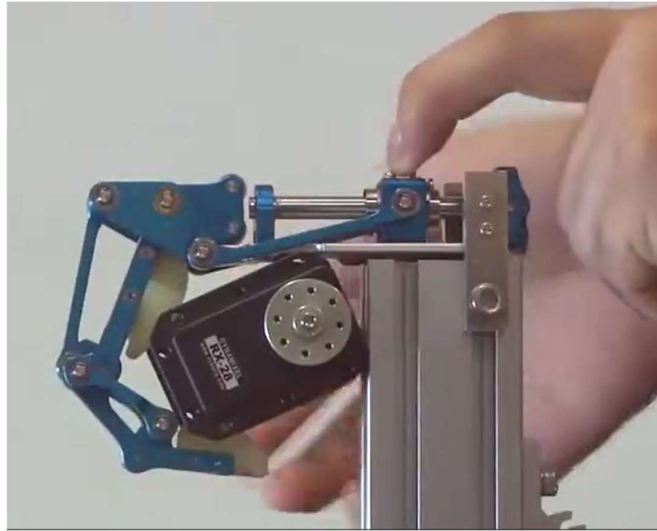
นาย วรปัญญา เดิมยริง 6530352521 (Part 3)

นาย ชวิศ รัตนเพียรชัย 6532046921 (Part 4)

## Objective

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำความรู้ที่ได้จากรายวิชา Mechanics of Machinery 2103322 มาประยุกต์ใช้กับกลไกในชีวิตจริง ประเภท Robot gripper โดยสนใจใน 3 ด้านหลักๆ ได้แก่ 1. การวิเคราะห์รูปแบบการทำงานและค่าต่างๆ ของกลไกที่จำเป็นด้วยฟังก์ชันของ Matlab Simscape Multibody 2. การวิเคราะห์และสังเคราะห์เส้นทางการเคลื่อนที่ของกลไกด้วยฟังก์ชันของ Matlab Symbolic และ 3. การสร้างแบบจำลองของกลไกขึ้นจริงด้วย 3D printer

## Part 1: Basics

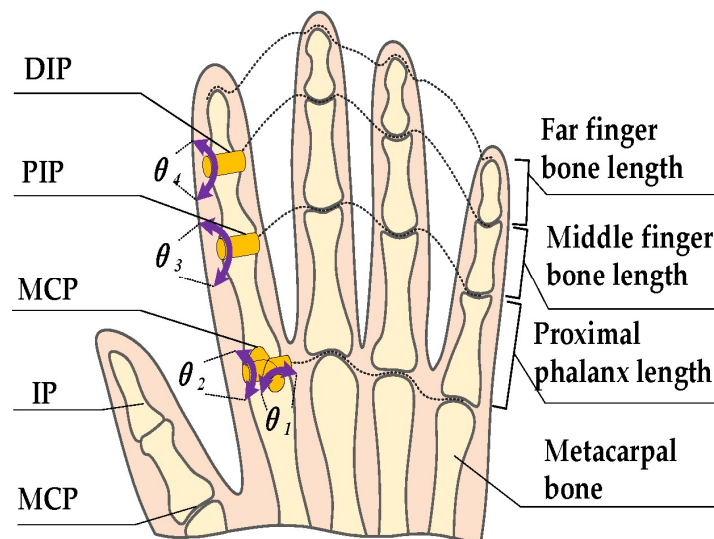


รูปที่ 1: แสดง Gripper ต้นแบบที่นำมาศึกษาในงานนี้

### (a) Project Brief

กลุ่มของเราสนใจศึกษาระบบ Gripper ลักษณะคล้ายนิ้วมือซึ่งใช้ actuator แบบ Slider เพียงจุดเดียว ซึ่งถือเป็น Interest Mechanism โดยเริ่มต้นจากการกำหนด path การเคลื่อนที่ของนิ้วที่เราต้องการ จากการค้นหาข้อมูลพบว่านิ้วมือของมนุษย์นั้นประกอบด้วยข้อนิ้วสามท่อนซึ่งมีขีดจำกัดการเคลื่อนที่แตกต่างกันดังนี้

1. Metacarpophalangeal joints:  $85^\circ - 90^\circ$
2. Proximal interphalangeal joints:  $100^\circ - 115^\circ$
3. Distal interphalangeal joints:  $80^\circ - 90^\circ$



รูปที่ 2: แสดงกระดูกและข้อต่อของมือมนุษย์

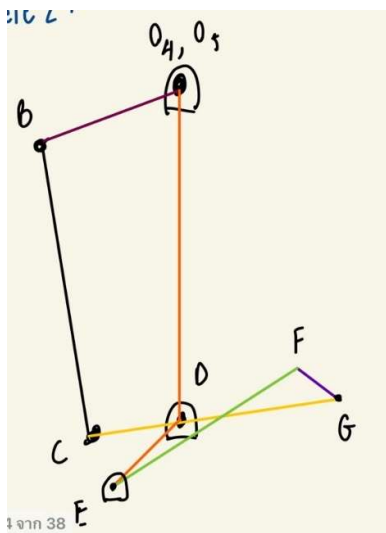


### (c) A Degree of Freedom (DoF) analysis

ดังนั้นกลไกนี้จึงประกอบด้วย Links ทั้งหมด 9 ชิ้นและ Revolute joint ทั้งหมด 10 จุด เมื่อนำมาคำนวณหา Degree of Freedom ตาม Garshof's Law

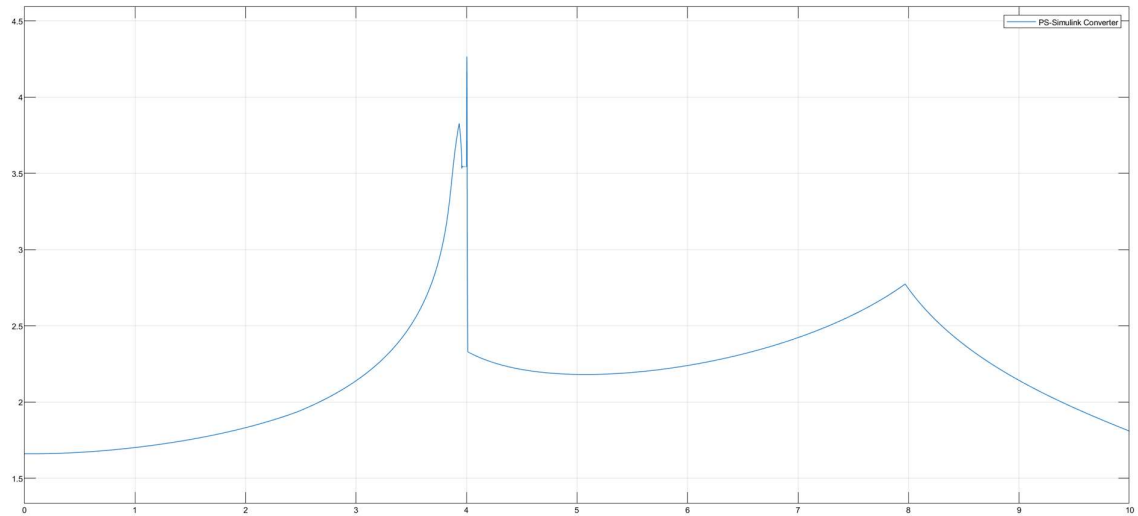
$$\begin{aligned} DOF &= 3(n - 1) - 2j_1 - j_2 \\ &= 3(10 - 1) - 2(9) \\ &= 2 \end{aligned}$$

อย่างไรก็ตามตัวกลไกนี้มีความพิเศษเมื่อ Link5 อยู่ที่ limit position เนื่องจากถูก Ground จำกัดการเคลื่อนที่ไว้ ทำให้สามารถมองได้ว่า Joint D และ E ทำหน้าที่เป็น Ground pivot และเกิดเป็นกับกลไก Four-Bar linkage ย่อยๆ สองกลไกดังรูปที่ 2 กลไก Four-Bar linkage แรกประกอบด้วย O4, B, C และ D โดยมี Link O4B เป็นตัวขับ Four-Bar linkage ที่สองประกอบด้วย D, F, G และ E โดยมี Link DG เป็นตัวขับจึงพอจะคาดการณ์ได้ว่า ขณะที่ Link5 อยู่ใน limit position กลไกนี้จะมีองศาอิสระเท่ากับ 1



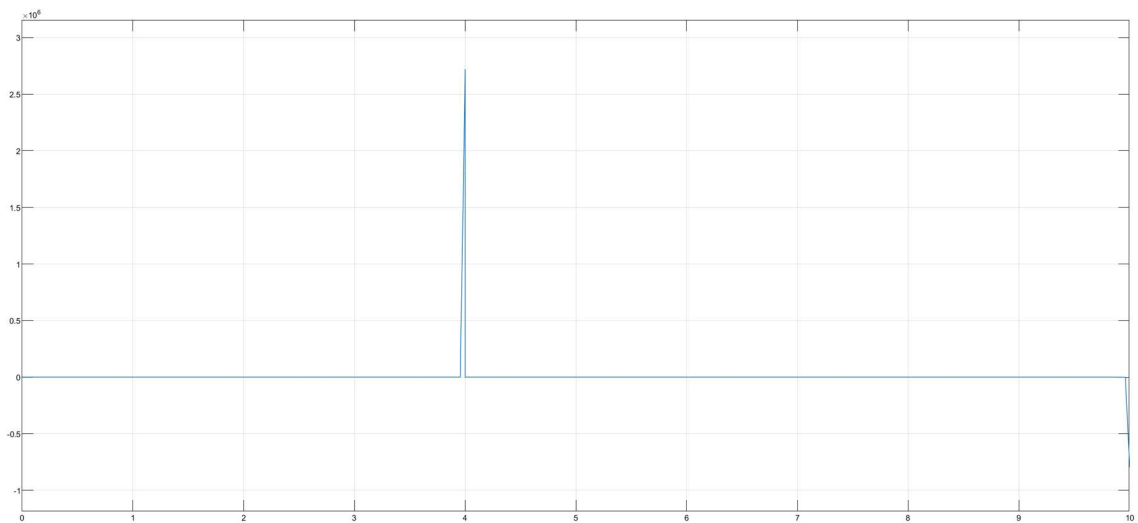
รูปที่ 4: Schematic diagram ของ Gripper ณ ตำแหน่งสุดขีดของ Link 5

## Part 1: Simscape Multibody and/or Fusion360 (วิชญพร 6532161321)

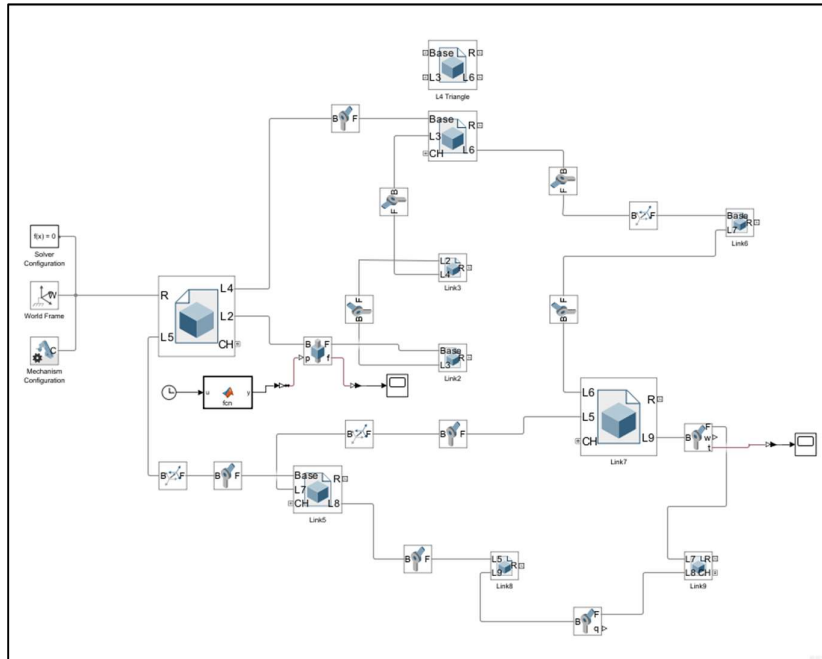


รูปที่ 5: กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่ง(Y) ของ Joint G และเวลา(X)

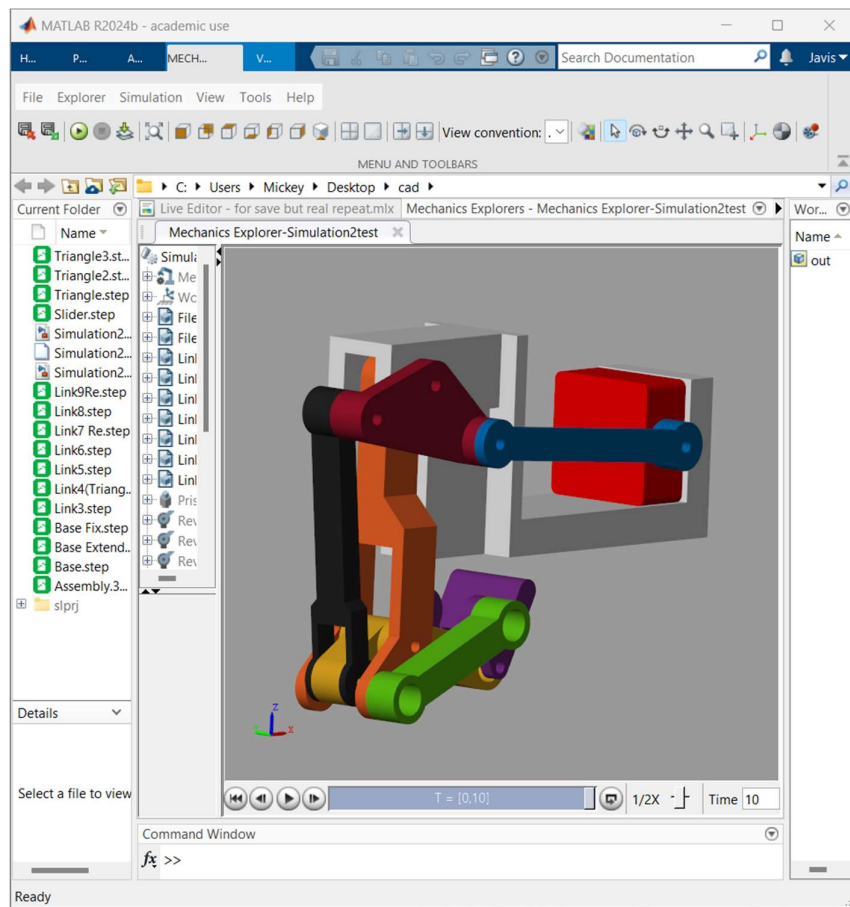
กราฟแสดงมุมในหน่วยเรเดียนของ Link9 เทียบกับ Link8 ซึ่งมีความสมเหตุสมผลเนื่องจากที่ช่วงเวลาเข้าใกล้ 4 วินาทีกลไกถูกกำหนดให้อยู่ในจุดสูงสุดหรือ Link เรียงตัวกันเป็นเส้นตรง กราฟแสดงค่า 3.5 rad หรือประมาณ 200 องศา โดยพิจารณาให้กราฟที่มีความชัน 90 องศาเป็นค่าผิดพลาดจากโปรแกรม ต่อมาที่เวลา 10 วินาทีกราฟแสดงค่า 1.75 rad หรือประมาณ 100 องศา



รูปที่ 6: กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่กระทำ(Y) ต่อ Link1 และเวลา(X)



รูปที่ 7: Block diagram multibody of Mechanism



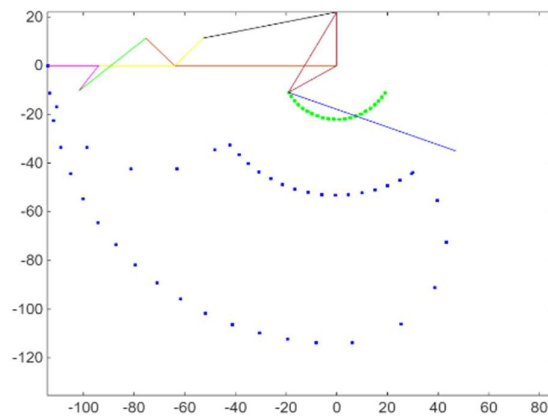
รูปที่ 8: Mechanic Explorer of Mechanism

### Part 3: Symbolic Math to design and/or analyze (วรปัญญา เดิมยริง 6530352521)

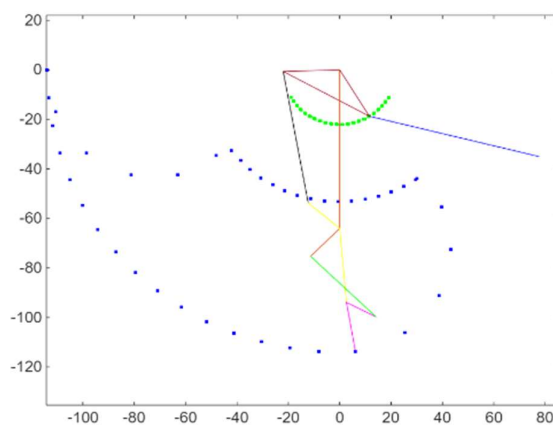
กลไกแบ่งรูปแบบการเคลื่อนที่ของ fingers gripper ออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. ช่วง  $0^\circ - 90^\circ$  Link 5,6,7,8 และ 9 จะขยับไปพร้อมกันในอัตราเร็วเชิงมุมที่เท่ากันจนกระทั่ง Link 5 ชนกับฐานแล้วกลายเป็น ground ให้กับการขยับของ Link 6,7,8 และ 9
2. ช่วง  $90^\circ - 270^\circ$  Link 6, 7 จะขยับด้วยอัตราเร็วเชิงมุมที่มากกว่าช่วงแรกประมาณ 3 เท่า เพื่อให้อยู่ในตำแหน่ง  $180^\circ$  ภายในการขยับเพียง  $30^\circ$  ที่เหลือจากช่วงแรก และ Link 8, 9 จะขยับด้วยอัตราเร็วเชิงมุมที่มากกว่าช่วงแรกประมาณ 6 เท่า เพื่อให้อยู่ในตำแหน่ง  $270^\circ$  ภายในการขยับเพียง  $30^\circ$

เมื่อได้ skeleton diagram แล้วเราทำการ synthesis โดยใช้ matlab code ออกมาได้รูปดังนี้

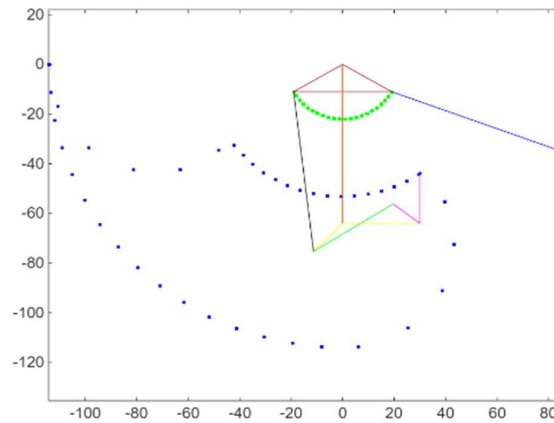


รูปที่ 9:แสดงการสังเคราะห์กลไกในขณะก่อนเคลื่อนที่

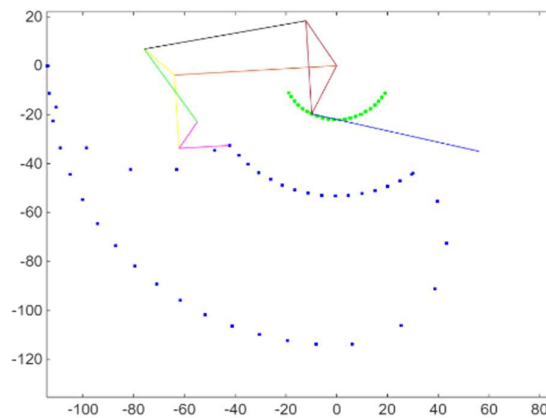


รูปที่ 10:แสดงการสังเคราะห์กลไกในขณะเคลื่อนที่ช่วง  $0^\circ - 90^\circ$





รูปที่ 11:แสดงการสังเคราะห์กลไกในขณะเคลื่อนที่ช่วง  $90^\circ - 270^\circ$



รูปที่ 12:แสดงการสังเคราะห์กลไกในขณะเคลื่อนที่กลับ

เพื่อความสะดวกในการสังเคราะห์ เราจึงอนุมานว่า หลังจากที link 5 กลายเป็น ground pivot การเคลื่อนที่ของ link 4,5,6,7 และ link 5,7,8,9 เป็นการเคลื่อนที่แบบ four - bar linkage แต่พบว่าเป็นการเคลื่อนที่แบบ Double - rocker เราจึงไม่สามารถสังเคราะห์การเคลื่อนที่ด้วย four - bar linkage ได้จาก error ของคำตอบที่เป็นจำนวนจินตภาพ เราจึงเลือกให้ limit position อยู่ที่  $90^\circ$  และหาวิธีให้อัตราเร็วเชิงมุมเร็วขึ้นด้วยการกำหนดความยาวของ link แทนเพื่อให้ link 9 สามารถขยับไปถึง  $270^\circ$  ได้ แต่กลุ่มเราไม่สามารถหาความสัมพันธ์ของความยาว link กับอัตราเร็วเชิงมุมได้ เราจึงเลือกใช้วิธีทำชิ้นงานจริงขึ้นมาลองทดสอบการเคลื่อนที่จริงแล้วปรับความยาวของ link กับเฟลา

## Part 4: Building a wall mounted A4 size Model (ชวิศ 6532046921)

### Prototype I

ปัญหาที่พบ : เกิดปัญหาในการใส่เพลลาทำให้ประกอบเพลากับ slider ไม่ได้ สามารถเคลื่อนที่ตามที่คาดการณ์ไว้แต่ปลาย link เคลื่อนที่ไม่ถึงจุด  $270^\circ$  ตามที่คาดหวังไว้ และพบว่าจำนวน link เยอะเกินจำนวนสี่ที่ร้าน Hans เหลือไว้

ทางแก้ไข : แก้ไข CAD ของฐานจากเดิม, ลดความยาวของ link 6 เพื่อให้ปลาย link ขยับไปจุดที่  $270^\circ$  ได้ และจะใช้การปรีน 3D สีขาวแล้วพ่นสเปรย์สีเพื่อแยก link ได้



รูปที่ 13: แสดงการสร้างต้นแบบกลไกครั้งที่ 1

### Prototype II

ปัญหาที่พบ : ยังเกิดปัญหาในการใส่เพลลา สามารถเคลื่อนที่ได้ถึงจุด  $270^\circ$  ตามที่คาดหวังไว้ แต่เคลื่อนที่ได้ยากมากเนื่องจากความฝืดและ link 3 ไม่สามารถส่งแรงให้ link 4 เคลื่อนที่ได้

ทางแก้ไข : แก้ไข CAD ของฐานจากเดิม, เพิ่มความหนาของ link 3 เพื่อให้สามารถขยับ link 4 ได้และปรับขนาดรูปที่จะใส่ revolute joints ให้ใหญ่ขึ้นเล็กน้อยเพื่อให้ใส่ได้สะดวกและลดความฝืดในการขยับ

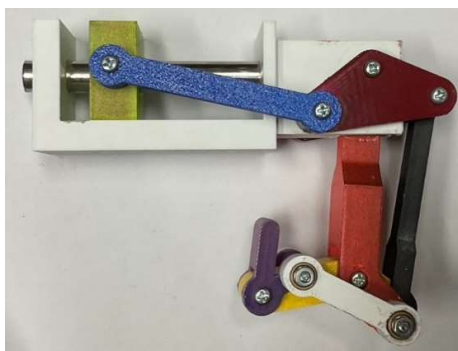


รูปที่ 14: แสดงกลไกต้นแบบครั้งที่ 2 ณ ตำแหน่งขีดสุด

### Prototype III

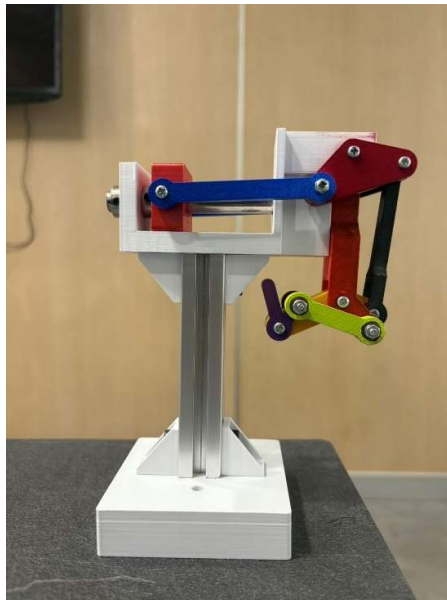
ปัญหาที่พบ : พบว่าการให้จุด slider ตรงกับจุดหมุนทำให้เกิดจุดตายในการขยับขึ้นซึ่งส่งผลให้หลังจากขยับกลับไปจุดเดิมกลไกจะอยู่ในตำแหน่งตกลงมาจากจุดเดิมเล็กน้อย, ตัวกลไกค่อนข้างหนักทำให้เวลาขยับกลไกจะติงลง  $90^\circ$  ตามแรงโน้มถ่วง ไม่อยู่ในจุดตรงที่ตั้งใจไว้

ทางแก้ไข : แก้ไข CAD ของของจุด slider และจุดหมุนให้ไม่อยู่ในระนาบเดียวกันเพื่อไม่ให้เกิดจุดตาย, แก้ไขเรื่องน้ำหนักไม่ได้และไม่สามารถเพิ่มจุดถ่วงกลไกได้จึงเลือกที่จะให้ไม่ตั้งตรงตามที่ตั้งใจ



รูปที่ 15: แสดงการสร้างต้นแบบกลไกครั้งที่ 3

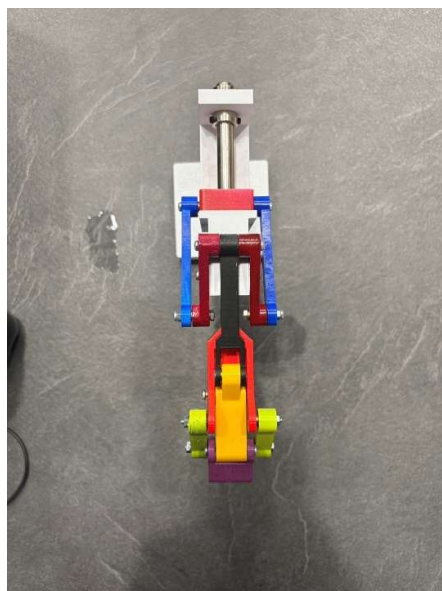
## Final Prototype



รูปที่ 16:แสดงภาพกลไกชิ้นงานจริงที่ตำแหน่งต่ำสุด



รูปที่ 17:แสดงภาพกลไกชิ้นงานจริงที่ตำแหน่งสูงสุด



รูปที่ 18:แสดงภาพกลไกชิ้นงานจริงจากมุมมองด้านบน(Top View)

โดยนอกจากการปรับปรุงเบื้องต้น prototype III เราเพิ่มฐานในการรองรับกลไกชิ้น ปัญหาที่พบและยังแก้ไขไม่ได้คือเรื่องที่กลไกไม่สามารถตั้งตรงได้ด้วยตัวเองดังที่ตั้งใจไว้ กลุ่มของเราคิดว่าสามารถแก้ไขได้ด้วยการลดน้ำหนัก link บางชิ้นเพื่อให้เบาขึ้น แล้วเพิ่มน้ำหนักให้ link ที่ติดกับฐานเช่น link 4 เพื่อให้สามารถถ่วง link อื่นได้ และกลุ่มของเรามองว่าเราสามารถปรับปรุงส่วนของ slider ให้มีการขยับที่แม่นยำขึ้นได้เช่นการใช้ motor แล้ว input ระยะทางที่จะให้ motor ขยับ ซึ่งกลุ่มของเรานำไปปรับปรุงและพัฒนาต่อไปในอนาคต

เพิ่มเติม:

[https://chulamy.sharepoint.com/:f/g/personal/6532046921\\_student\\_chula\\_ac\\_th/EuhhlLkFT\\_NDret5QMW5zdUBxiLN5cQsKjUTkDhcBQCnvg?e=OGMHaK](https://chulamy.sharepoint.com/:f/g/personal/6532046921_student_chula_ac_th/EuhhlLkFT_NDret5QMW5zdUBxiLN5cQsKjUTkDhcBQCnvg?e=OGMHaK)