

(ตัวอย่าง สันปก)

ระบบควบคุมตำแหน่งลูกบอลบนคาน

ปีการศึกษา 2548

(ตัวอย่าง ปกนอก)

ระบบควบคุมตำแหน่งลูกบอลบนคาน

BALL BEAM CONTROL SYSTEM

โดย

นายเป็นเอก เฟื่องวัน
นายสุริยันต์ โชตะศรี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมระบบควบคุม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

(ตัวอย่าง กระดาษรองปก)

(ตัวอย่าง ปกในภาษาไทย)

ระบบควบคุมตำแหน่งลูกบอลบนคาน

BALL BEAM CONTROL SYSTEM

โดย

นายเป็นเอก เฟื่องวัน
นายสุริยันต์ โชตะศรี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมระบบควบคุม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

(ตัวอย่าง ในรับรองปริญญาโท)

ปริญญาโทปีการศึกษา 2548

ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบควบคุมตำแหน่งลูกบอลบนคาน
BALL BEAM CONTROL SYSTEM

ผู้จัดทำ นายเป็นเอก เฟื่องวัน 46015314
นายสุริยันต์ โชตะศรี 46015329

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ถาวร เบญจนราษฎร์)

(ตัวอย่าง บทคัดย่อภาษาไทย)

ระบบควบคุมตำแหน่งลูกบอลบนคาน

โดย

นายเป็นเอก เฟื่องวัน 46015314

นายสุริยันต์ โชตะศรี 46015329

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อาร เเบญจนราสุทธิ์

ปีการศึกษา 2548

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอทฤษฎีและการออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับระบบควบคุมตำแหน่งลูกบอลบนคาน โดยโครงสร้างของระบบประกอบด้วย คอมพิวเตอร์ กล้องดิจิทัล วิดีโอ และวงจรถวลอิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้อง จุดมุ่งหมายของโครงการนี้คือบังคับลูกบอลให้ไปยังตำแหน่งที่ต้องการตามที่กำหนดบนคานและรักษาตำแหน่งของบอลนั้น โดยการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ต่อกับคานผ่านทางพูลเลย์และสายพาน

ขั้นตอนดำเนินการ เริ่มจากการออกแบบและประกอบโครงสร้างของระบบควบคุมตำแหน่งลูกบอลบนคาน ศึกษาและออกแบบวงจรถวลอิเล็กทรอนิกส์ที่จำเป็นสำหรับระบบควบคุมตำแหน่งลูกบอลบนคาน ประกอบด้วยวงจรถวลแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก วงจรซีโรสเปน และวงจรถวลมอเตอร์ แล้วจึงเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้ภาษาซีพลัสพลัส เพื่อตรวจจับตำแหน่งของลูกบอลจากข้อมูลภาพจากกล้องดิจิทัลวิดีโอ ซึ่งส่งมายังคอมพิวเตอร์ผ่านทางยูนิเวอร์แซลซีเรียลบัต(USB) ประมวลผลหาค่าสัญญาณควบคุมที่เหมาะสมโดยอาศัยแนวคิดระบบควบคุมพีไอดีแบบเวลาดีสครีต และส่งสัญญาณควบคุมผ่านทางพอร์ตขนานสำหรับควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อนำไปขับเคลื่อน โดยค่าอัตราขยายของตัวควบคุมพีไอนั้นได้ทำการปรับด้วยวิธีลองผิดลองถูกจนได้ค่าที่เหมาะสม และท้ายสุดทำการทดลอง จากการทดลองพบว่าระบบควบคุมที่ได้ ออกแบบนั้น สามารถควบคุมระบบให้ลูกบอลไปอยู่ ณ ตำแหน่งที่ต้องการได้ โดยมีค่าความผิดพลาดอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

(ตัวอย่าง บทคัดย่อภาษาอังกฤษ)

BALL BEAM CONTROL SYSTEM

By

Mr. Pen-ek Pengwan

Mr. Suriyan Chowtasri

Advisor

Asst. Prof. Taworn Benjanarasuth

Academic Year 2005

ABSTRACT

This thesis presents theory and implementation procedures of ball and beam control system using a digital video camera as a visual feedback sensor. The system composes of the ball and beam structure, computer, digital video camera and interfacing circuits. The goal is to move the ball to any desired position or set point on the beam and maintain the ball that position by controlling the DC motor connected to the beam by pulleys and belt.

The project has been conducted as in the following steps. First, the structure of ball and beam control system is designed and constructed. Second, necessary electronic circuits including D/A converter, signal conditioning circuits and motor drivers are studied and implemented. Then, the computer program written in visual C++ language is composed. Its tasks are to detect the ball position from digital video camera data sending to the computer via universal serial bus (USB), to compute suitable control signal based on the discrete time PID control system and to send such control signal via parallel port for controlling the DC motor to drive the beam. The gains of PID controller are adjusted by trial and error techniques. Lastly, the experiments are conducted. The results show that the ball position can be controlled to the set point with negligible error.

(ตัวอย่าง กิตติกรรมประกาศ)

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปฏิญานិพนธ์ฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างดี จาก ผศ.ถาวร เบญจนาสุทธี ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำที่ดีมาโดยตลอดตั้งแต่ต้น รวมทั้งเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ที่จำเป็น และความช่วยเหลืออื่นๆที่เป็นประโยชน์ต่อโครงการ ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.จกมล งามวิวิทย์ ที่คอยถามถึงความคืบหน้าอยู่ตลอดเวลา และอาจารย์รัชชชัย คำศรี ที่ให้คำปรึกษาในส่วนของการเขียนโปรแกรม

ขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจ สนับสนุนอุปกรณ์ที่ขาดเหลือ กระตุ้นเตือน รวมทั้งคอยถามไถ่ความคืบหน้าของโครงการอยู่เสมอ

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่คอยเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา รวมถึงการสนับสนุนในเรื่องของงบประมาณที่ขาดเหลือ ตลอดจนเป็นแรงบันดาลใจที่ดีที่สุดที่ทำให้โครงการนี้สำเร็จสมบูรณ์ลงได้

ผู้จัดทำ

นายเป็นเอก เพ็งวัน

นายสุริยันต์ โชตะศรี

(ตัวอย่าง สารบัญ)

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VII
สารบัญตาราง	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 กล่าวนำ	2
1.1 วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์	2
1.2 ขั้นตอนการศึกษาและการจัดทำโครงการ	2
1.3 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ทฤษฎีการประมวลผลภาพ	4
2.1.1 การกำหนดสี	4
2.1.2 องค์ประกอบของสี	5
2.1.3 ภาพดิจิทัล	6
2.1.3.1 การแทนภาพด้วยข้อมูลดิจิทัล	6
2.1.3.2 ลักษณะการเก็บข้อมูลภาพดิจิทัล	7
2.1.4 การประมวลผลภาพเชิงตัวเลข	7
2.1.5 สัญญาณข้อมูลภาพจากดิจิทัลวิดีโอ	8
2.1.6 ข้อมูลภาพชนิดบิตแมป	8
2.1.7 การสร้างภาพไบนารี	9
2.1.7.1 การหาค่าเทรชโฮลโดยการกำหนดไว้ล่วงหน้า	9
2.1.7.2 การสร้างภาพไบนารีโดยใช้โปรแกรมTRIPOD	10
2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	14
2.2.1 แรงบิดและงาน	15
2.2.2 แรงบิดที่เกิดขึ้นในอาร์เมเจอร์	15
2.2.3 แรงดันไฟฟ้าต้านกลับ	16

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.2.4 การแบ่งชนิดของมอเตอร์กระแสตรงตามลักษณะการกระตุ้น	17
2.2.5 คุณลักษณะของมอเตอร์	19
2.2.5.1 มอเตอร์แบบขนาน	19
2.2.5.2 มอเตอร์แบบอนุกรม	20
2.2.6 การเปรียบเทียบคุณลักษณะของมอเตอร์	20
2.2.6.1 การเปรียบเทียบของมอเตอร์แบบขนานกับแบบอนุกรม	20
2.2.6.2 คุณลักษณะพื้นฐานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	21
2.3 วงจรและภาคขับมอเตอร์	22
2.3.1 วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาลอก แบบใช้ความต้านทานสองค่า	23
2.3.2 วงจรปรับซีโรสแปน	26
2.3.3 วงจรขับมอเตอร์	26
2.4 พอร์ตขนาน	27
2.4.1 ลักษณะทางกายภาพของพอร์ตขนาน	28
2.4.2 พอร์ตข้อมูล	31
2.4.3 พอร์ตควบคุม	32
2.4.4 พอร์ตสถานะ	33
2.5 ตัวควบคุม	34
2.5.1 ระบบควบคุมแบบพี	34
2.5.2 ระบบควบคุมแบบไอ	37
2.5.3 ระบบควบคุมแบบดี	38
2.5.4 ระบบควบคุมแบบพีไอ	40
2.5.5 ระบบควบคุมแบบพีดี	42
2.5.6 ระบบควบคุมแบบพีไอดี	43
2.5.7 ตัวควบคุมแบบดิจิทัล	44
บทที่ 3 หลักการออกแบบ	45
3.1 ก่อตั้งดิจิทัลวีดีโอ	46
3.1.1 สิ่งจำเป็นสำหรับการใช้งานก่อดิจิทัลวีดีโอ	46
3.1.2 คุณสมบัติของก่อดิจิทัลวีดีโอ	46

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.2 คอมพิวเตอร์	47
3.3 โครงสร้างทางกายภาพของระบบ	48
3.3.1 การยืดอกห้องดิจิทัลวิดีโอ	48
3.3.2 การออกแบบโครงสร้าง	49
3.4 การคำนวณและการออกแบบวงจรและภาคขั้วมอเตอร์	51
3.4.1 การออกแบบวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก	51
3.4.2 การออกแบบวงจรปรับซีโรสเปน	52
บทที่ 4 การทดลอง	54
4.1 การทดลองวงจรและภาคขั้วมอเตอร์	54
4.1.1 วงจรและภาคขั้วมอเตอร์ที่ไม่มีวงจรตรรก ออกเกต	54
4.1.2 วงจรและภาคขั้วมอเตอร์ที่มีวงจรตรรก ออกเกต	56
4.2 การระบุตำแหน่งของลูกบอลโดยการเทียบพิกเซล	59
4.3 การทดสอบการควบคุมตำแหน่งลูกบอลไปยังตำแหน่งต่างๆ ที่กำหนดบนคาน	60
4.3.1 การควบคุมโดยใช้ตัวควบคุมแบบพีดี	60
4.3.2 การเขียนโปรแกรมโดยการกำหนดช่วงค่าผิดพลาดที่ยอมรับได้	62
4.3.3 การเขียนโปรแกรมโดยกำหนดช่วงค่าผิดพลาด และการชดเชยตำแหน่งบอลล่วงหน้า	63
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	72
5.1 สรุปผลการทดลอง	72
5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไข	72
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการค้นคว้าพัฒนา	73
ภาคผนวก ก โปรแกรมการประมวลผลภาพและโปรแกรมควบคุม	74
ภาคผนวก ข เอกสารคู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	90
ข.1 เอกสารคู่มือการใช้งาน DAC0832	90
ข.2 เอกสารคู่มือการใช้งาน LM741	94
ข.3 เอกสารคู่มือการใช้งาน TIP31C และ TIP32C	96
ข.4 เอกสารคู่มือการใช้งาน DM74LS32	97
เอกสารอ้างอิง	99

(ตัวอย่าง สารบัญญภาพ)

สารบัญญภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 โครงสร้างของระบบควบคุมตำแหน่งลูกบอลบนคาน	1
2.1 กล้องสี RGB	5
2.2 การเก็บข้อมูลของแต่ละพิกเซล	8
2.3 การสร้างภาพไบนารีของโปรแกรม TRIPOD	10
2.4 โค้ดโปรแกรมการทำภาพไบนารี	11
2.5 การนำเสนอรูปภาพในรูปแบบเมตริกซ์ และเวกเตอร์	13
2.6 การเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลของมอเตอร์ไฟฟ้าเพื่อใช้งาน	14
2.7 ความเป็นเครื่องกำเนิดในมอเตอร์	16
2.8 วงจรมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแยกขดกระตุ้น	17
2.9 วงจรมอเตอร์ไฟฟ้าแบบขนาน	18
2.10 วงจรมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม	18
2.11 วงจรมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม	18
2.12 คุณลักษณะของมอเตอร์แบบขนาน	19
2.13 คุณลักษณะของมอเตอร์แบบอนุกรม	20
2.14 วงจรเทียบเคียงของมอเตอร์แบบกระตุ้นภายนอก	22
2.15 วงจรและภาคขับมอเตอร์	23
2.16 วงจรเปลี่ยนสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาลอกแบบ R/2R แลคเตอร์	25
2.17 วงจรซีโรสแปน	26
2.18 วงจรขับมอเตอร์	27
2.19 ไคอะแกรมเวลาของการส่งข้อมูลไปยังเครื่องพิมพ์	28
2.20 ระบบบัสภายในของพอร์ตขนาน	31
2.21 วงจรภายในของพอร์ตข้อมูล	32
2.22 วงจรภายในของพอร์ตควบคุม	33
2.23 วงจรภายในของพอร์ตแสดงสถานะ	34
2.24 การกำหนดช่วงจำกัดของเอาต์พุต	35
2.25 ผลการตอบสนองของตัวควบคุมแบบพี	36
2.26 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบพี	37
2.27 ผลการตอบสนองของตัวควบคุมแบบไอ	38

สารบัญญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.28 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบโอ	38
2.29 ผลตอบสนองของระบบควบคุมแบบดี	39
2.30 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบดี	40
2.31 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบพีไอ	40
2.32 การตอบสนองของตัวควบคุมแบบพีไอ	41
2.33 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบพีดี	42
2.34 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบพีไอดี	43
3.1 แผนผังรวมของระบบควบคุมตำแหน่งลูกบอลบนคาน	45
3.2 ก่อตั้งดิจิทัลวีดีโอ	46
3.3 โพลีชาร์ตของโปรแกรมควบคุมระบบ	47
3.4 การยัดก่อดิจิทัลวีดีโอ	48
3.5 โครงสร้างของระบบควบคุมตำแหน่งลูกบอลบนคาน	49
3.6 การยัดมอเตอร์	49
3.7 ระบบควบคุมตำแหน่งลูกบอลบนคาน	50
3.8 การทำงานของวงจรถ่ายและภาคขับมอเตอร์	51
3.9 วงจรปรับแรงดันมาตรฐานโดยใช้ออกเกต	52
4.1 ผลการทดลองวงจรถ่ายสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อกที่ไม่ต่อวงจรตรรก ออเกต	55
4.2 ผลการทดลองของวงจรถ่ายวีโรสแปนที่ไม่ต่อวงจรตรรก ออเกต	55
4.3 ผลการทดลองของวงจรถ่ายมอเตอร์ที่ไม่ต่อวงจรตรรก ออเกต	56
4.4 ผลการทดลองวงจรถ่ายสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อกที่ต่อวงจรตรรก ออเกต	57
4.5 ผลการทดลองของวงจรถ่ายวีโรสแปนที่ต่อวงจรตรรก ออเกต	58
4.6 ผลการทดลองของวงจรถ่ายมอเตอร์ที่ต่อวงจรตรรก ออเกต	58
4.7 การหาตำแหน่งของลูกบอลที่อยู่บนคานเทียบกับตำแหน่งฟิกเชล	60
4.8 การควบคุมลูกบอลจากตำแหน่ง 32 cm ไปยังตำแหน่ง 40 cm	61
4.9 สัญญาณอินพุตสำหรับการควบคุมลูกบอลจากตำแหน่ง 32 cm ไปยังตำแหน่ง 40 cm	61
4.10 การควบคุมลูกบอลจากตำแหน่ง 45 cm ไปยังตำแหน่ง 40 cm	62
4.11 สัญญาณอินพุตสำหรับการควบคุมลูกบอลจากตำแหน่ง 45 cm ไปยังตำแหน่ง 40 cm	63
4.12 การควบคุมลูกบอลจากตำแหน่ง 1 cm ไปยังตำแหน่ง 10 cm	64
4.13 สัญญาณอินพุตสำหรับการควบคุมลูกบอลจากตำแหน่ง 1 cm ไปยังตำแหน่ง 10 cm	64

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.14 การควบคุมลูกบอลจากตำแหน่ง 8 cm ไปยังตำแหน่ง 20 cm	65
4.15 สัญญาณอินพุตสำหรับการควบคุมลูกบอลจากตำแหน่ง 8 cm ไปยังตำแหน่ง 20 cm	66
4.16 การควบคุมลูกบอลจากตำแหน่ง 19 cm ไปยังตำแหน่ง 30 cm	66
4.17 สัญญาณอินพุตสำหรับการควบคุมลูกบอลจากตำแหน่ง 19cm ไปยังตำแหน่ง 30 cm	67
4.18 การควบคุมลูกบอลจากตำแหน่ง 53 cm ไปยังตำแหน่ง 40 cm	68
4.19 สัญญาณอินพุตสำหรับการควบคุมลูกบอลจากตำแหน่ง 53 cm ไปยังตำแหน่ง 40 cm	68
4.20 การควบคุมลูกบอลจากตำแหน่ง 64 cm ไปยังตำแหน่ง 50 cm	69
4.21 สัญญาณอินพุตสำหรับการควบคุมลูกบอลจากตำแหน่ง 64 cm ไปยังตำแหน่ง 50 cm	70
4.22 การควบคุมลูกบอลจากตำแหน่ง 75 cm ไปยังตำแหน่ง 65 cm	70
4.23 สัญญาณอินพุตสำหรับการควบคุมลูกบอลจากตำแหน่ง 75 cm ไปยังตำแหน่ง 65 cm	71
ก.1 หน้าต่างเชื่อมต่อกับผู้ใช้ในโปรแกรมการตรวจสอบตำแหน่งลูกบอลและควบคุม	74

(ตัวอย่าง สารบัญตาราง)

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สัญญาณสำคัญของพอร์ตขนานที่ใช้ติดต่อกับเครื่องพิมพ์	29
2.2 สัญญาณทั้งหมดของพอร์ตขนาน	29
4.1 ผลการทดลองวงจรและภาคขับมอเตอร์ที่ไม่มีวงจรตรรก ออเกต	54
4.2 ผลการทดลองวงจรและภาคขับมอเตอร์ที่มีการต่อวงจรตรรก ออเกต	57

(ตัวอย่าง การพิมพ์เนื้อหา)

บทที่ 1 (20 พอยต์)

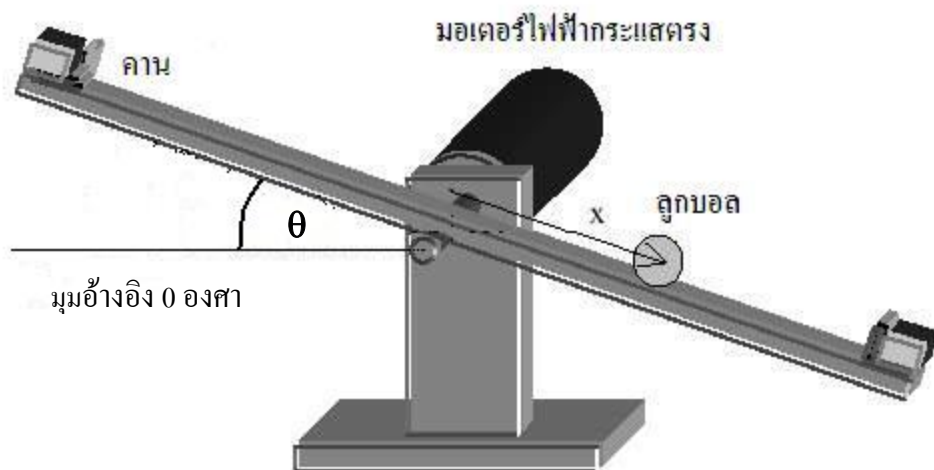
บทนำ (24 พอยต์)

1.1 กล่าวนำ (18 พอยต์)

การศึกษาในสาขาวิศวกรรมระบบควบคุม เป็นการศึกษาและประยุกต์ทฤษฎีต่างๆ เพื่อการออกแบบและควบคุมระบบให้มีเสถียรภาพ และมีสมรรถนะตามความต้องการหรือให้เป็นไปตามข้อกำหนด ดังนั้นเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการนี้จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาการจำลองระบบควบคุมด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ การออกแบบตัวควบคุมหรือตัวชดเชยแบบต่างๆ การศึกษาวงจรรีเลย์ทรอนิกส์และอิเล็กทรอนิกส์กำลังรวมถึงศึกษาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การศึกษาและการเลือกอุปกรณ์วัดและแปลงสัญญาณ ตลอดจนการบูรณาการเรื่องที่ศึกษาเหล่านี้ในการประยุกต์ใช้กับระบบควบคุมทางกายภาพจริงซึ่งนับเป็นสิ่งที่จำเป็นในการศึกษาในสาขาวิชานี้

ในโครงการนี้จึงเลือกที่จะศึกษาระบบควบคุมตำแหน่งลูกบอลบนคาน ซึ่งเป็นตัวอย่างหนึ่งของระบบควบคุมที่นิยมและน่าสนใจต่อการศึกษา เพราะเป็นระบบวงเปิดที่ไม่มีเสถียรภาพ จึงจำเป็นต้องมีการควบคุมเพื่อให้เกิดเสถียรภาพ โดยเลือกใช้การควบคุมแบบป้อนกลับอัตโนมัติ ซึ่งมีหลายแบบ เช่น การป้อนกลับสถานะ(State Feedback) การควบคุมแบบพีไอ(PI) พีดี(PD) พีไอดี(PID) และแบบอื่นๆ เป้าหมายของการควบคุมคือการทำให้ลูกบอลหยุดนิ่ง ณ ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งบนคานได้ตามต้องการ (เนื้อหาขนาด 16 พอยต์ จัดรูปแบบขีดทั้งขวาและซ้าย)

(เว้น 1 บรรทัด)



(เว้น 1 บรรทัด)

รูปที่ 1.1 โครงสร้างของระบบควบคุมตำแหน่งลูกบอลบนคาน

(เว้น 1 บรรทัด)

1.2 วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์

1. ทำการศึกษาและทดลองการใช้งานอุปกรณ์ต่างๆในระบบควบคุม
2. ทำการศึกษาและสร้างระบบควบคุมตำแหน่งลูกบอลบนคาน ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ประกอบเป็นโครงสร้างทางกล อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ของระบบควบคุม อุปกรณ์วัดตำแหน่งของลูกบอลซึ่งในโครงงานนี้ใช้กล้องเว็บแคม(Webcam) รวมถึงส่วนของการควบคุมและประมวลผล โดยโครงงานนี้ใช้คอมพิวเตอร์และโปรแกรมวิชวลซีพลัสพลัส(Visual C++)
3. ทำการศึกษาทฤษฎีของการควบคุมเสถียรภาพ ในระบบควบคุมเวลาอิสระ และทดลองการใช้งานตัวชดเชยแบบต่างๆ ในระบบควบคุมจริง

1.3 ขั้นตอนการศึกษาและการจัดทำโครงงาน

การศึกษาระบบควบคุมตำแหน่งลูกบอลบนคานนั้น จำเป็นต้องเรียนรู้และเข้าใจในตัวระบบก่อน หลังจากที่ได้ทำการศึกษาแล้วพบว่าระบบควบคุมตำแหน่งลูกบอลบนคานที่เคยพบมานั้นจะมีการตรวจสอบตำแหน่งของลูกบอล โดยใช้ลูกบอลที่เป็นโลหะตัวนำกลิ้งบนคานที่มีเส้นลวดความต้านทานอยู่ โดยการเคลื่อนที่ของลูกบอลจะเปลี่ยนค่าความต้านทานรวมซึ่งแปรผันกับความยาวของลวดความต้านทาน ณ ตำแหน่งนั้นๆ ซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าที่เหมาะสมต่อการควบคุม จากหลักการนี้ก็จะสามารถระบุตำแหน่งของลูกบอลที่อยู่บนคานได้ แต่ปัญหาที่พบในการใช้ลวดความต้านทานในการระบุตำแหน่งลูกบอลบนคานนั้นก็คือ ค่าความต้านทานหากลูกบอลกลิ้งเร็วเกินไปหรือลูกบอลกระโดด อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงมุมเอียงของคานอาจจะทำให้ค่าความต้านทานที่ได้มีการความผิดพลาดได้ ส่งผลทำให้การควบคุมระบบนั้นมีความผิดพลาดด้วยเช่นกัน

จากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นหากจะอาศัยหลักการของการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของเส้นลวดความต้านทานนั้นยังมีความผิดพลาดอยู่ นอกจากนั้นเส้นลวดความต้านทานที่มีคุณภาพดีและเหมาะสมในการใช้งานนั้นมีราคาสูง ดังนั้นโครงงานนี้จึงเลือกใช้การประมวลผลภาพ(Image Processing) เข้ามาช่วยในการตรวจสอบตำแหน่งลูกบอล โดยต้องคำนึงถึงปัญหาที่อาจเกิดขึ้นคือโปรแกรมที่ใช้ในการประมวลผลภาพนั้นยังมีข้อจำกัดของความเร็วที่ใช้ในการจับภาพ ซึ่งจากที่ผ่านมาพบว่าเคยมีการใช้หลักการประมวลผลภาพมาช่วยในการตรวจจับตำแหน่งของลูก โดยใช้โปรแกรมวิชวลเบสิก (Visual Basic) แต่ปัญหาที่พบคือความเร็วในการประมวลผลภาพยังมีความล่าช้าทำให้ไม่สามารถควบคุมระบบควบคุมได้ ในโครงงานนี้จึงเลือกใช้โปรแกรมวิชวลซีพลัส-พลัส ซึ่งใช้เวลาในการประมวลผลภาพได้เร็วกว่าใช้โปรแกรมวิชวลเบสิก ผลที่ได้คือมี

ความเร็วในการประมวลผลภาพสูงขึ้นมาก ถึงแม้ยังมีการกระตุกของภาพบ้างแต่อยู่ในระดับที่ยอมรับได้และสามารถนำมาใช้งานได้

หลังจากที่สามารถตรวจจับตำแหน่งของลูกบอลบนคานได้แล้ว จึงทำการออกแบบระบบควบคุมตำแหน่งลูกบอลบนคาน โดยศึกษาการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก รวมถึงวงจรที่ใช้ในการควบคุมซึ่งรายละเอียดจะกล่าวในบทต่อไป

1.4 รายละเอียดของปริิญญาณิพนธ์

เนื้อหาที่จะกล่าวในปริิญญาณิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึงวัตถุประสงค์ หลักการใหม่ ขั้นตอนการศึกษา และการจัดทำโครงการ พร้อมทั้งรายละเอียดของปริิญญาณิพนธ์ของแต่ละบท

บทที่ 2 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง กล่าวถึงหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการประมวลผลภาพ การใช้งานพอร์ตขนาน วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้องและนำเอาความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการจัดทำโครงการ

บทที่ 3 หลักการออกแบบ นำเสนอการประกอบโครงสร้างของระบบ รวมถึงแนวคิดในการออกแบบระบบควบคุม

บทที่ 4 การทดลอง เป็นส่วนการทดสอบองค์ประกอบต่างๆ ในระบบ ตลอดจนการทดลองระบบควบคุมตำแหน่งลูกบอลบนคาน

บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป จะสรุปผลการดำเนินงาน ปัญหาที่เกิดขึ้น และแนวทางการปรับปรุงพัฒนาโครงการนี้ต่อไป

บทที่ 2

ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง

จากที่ได้กล่าวไปในบทที่ 1 แล้วว่า ก่อนที่จะมีการออกแบบและสร้างระบบควบคุมตำแหน่งลูกบอลบนคานนั้น จำเป็นต้องศึกษาองค์ประกอบต่างๆที่จำเป็นของระบบควบคุมที่สนใจให้เข้าใจเสียก่อน พบว่าระบบควบคุมตำแหน่งลูกบอลบนคานนั้นมีส่วนที่สำคัญหลายส่วน ดังนั้นในบทนี้จะศึกษาและอธิบายถึงองค์ประกอบต่างๆ ที่จะนำไปใช้งานจริงในระบบควบคุมตำแหน่งลูกบอลบนคาน ซึ่งประกอบด้วยการประมวลผลภาพ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง วงจรที่ใช้กับระบบควบคุม รวมถึงรายละเอียดของพอร์ตขนาน และตัวควบคุมแบบต่างๆ

2.1 ทฤษฎีการประมวลผลภาพ (18 พอยต์)

ความรู้เกี่ยวกับการประมวลผลภาพ นับเป็นส่วนสำคัญที่จำเป็นจะต้องศึกษาเพื่อให้สามารถระบุตำแหน่งของลูกบอลที่อยู่บนคานได้ โดยต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการของการประมวลผลภาพเบื้องต้น ซึ่งประกอบไปด้วยหัวข้อต่างๆ ดังนี้

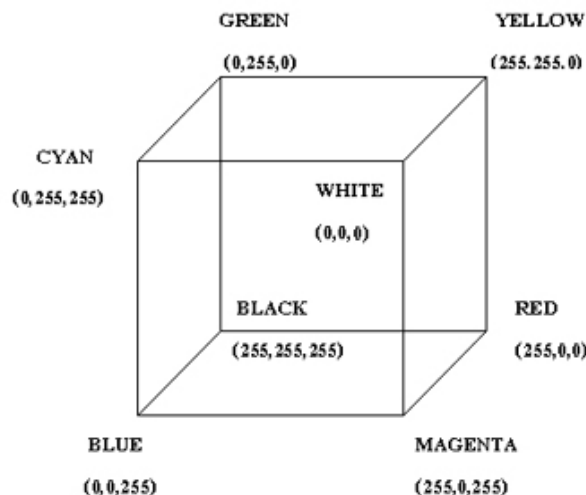
2.1.1 การกำหนดสี (16 พอยต์)

ในคอมพิวเตอร์ สีทุกสีจะประกอบด้วย 3 สีพื้นฐาน คือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน(RGB) ซึ่งสามารถที่จะตั้งแควระหัสสีอื่นๆได้เกือบทุกสีโดยการผสมสีพื้นฐานทั้งสามนี้ในสัดส่วนต่างๆกัน การผสมสีตั้งอยู่บนพื้นฐานของความเข้มข้นขององค์ประกอบของ RGB ซึ่งเรียกว่า RGB model

โดยแต่ละสีถูกนำเสนอโดยสัดส่วน(Red,Green,Blue) ซึ่งปริมาณของสีพื้นฐานทั้งสาม ในแต่ละสีนิยมนำเสนอด้วยค่าขนาด 1 ไบต์หรือเท่ากับ 8 บิต โดยค่าที่เล็กที่สุดคือค่า 0 สอดคล้องกับการไม่มีสีพื้นฐานสีนั้นเลย และค่าที่ใหญ่ที่สุดคือค่า 255 บ่งบอกถึงความเข้มข้นสูงสุดของสีพื้นฐานสีนั้น อาทิเช่น สัดส่วน (0,0,0) สอดคล้องกับสีดำ เพราะสีพื้นฐานทั้งสามสีไม่มีความเข้มข้นเลย ในขณะที่สัดส่วน (255,255,255) สอดคล้องกับสีขาว ส่วนสีอื่นๆ ซึ่งเกิดจากการรวมกันนั้นมีได้มากมาย เช่น (255,0,0) จะเป็นสีแดงบริสุทธิ์ (0,255,255) เป็นสีน้ำเงินเข้ม และ (0,128,128) เป็นสีน้ำเงินอ่อนขึ้น ดังนั้นการรวมกันที่เป็นไปได้ของสีพื้นฐานในกรณีนี้จะมีย่าน 24 บิต หรือมีค่าได้ $256 \times 256 \times 256$ ซึ่งเท่ากับ 16,777,216 ระดับสี จึงนิยมจัดเก็บค่าสีในรูปแบบตัวแปร Long Integer

กระบวนการของการสร้างสีซึ่งมีสีพื้นฐาน 3 สีนี้ ตั้งอยู่บนพื้นฐานของกล่องสี RGB ดังแสดงในรูปที่ 2.1 โดยมุมของกล่องสีนี้จะสอดคล้องกับสีต่างๆดังรูป ปริมาณของสีพื้นฐานทั้งสามสีในสีใดๆจะมีค่าตามแกน x y และ z ตามลำดับ สีที่เป็นส่วนกลับ(Complementary Colors) สามารถคำนวณได้อย่างง่ายดาย โดยการลบค่าของสีจาก 255 ตัวอย่างเช่นสี (0,0,255) เป็นสีน้ำเงินบริสุทธิ์

เป็นส่วนกลับของสีเหลืองบริสุทธิ์ที่สอดคล้องกับค่า (255,255,0) ซึ่งทั้งสองสีดังกล่าวอยู่ที่มุมตรงข้ามกันของกล่องสี ส่วนมุมอื่นๆ ก็เช่นเดียวกัน



รูปที่ 2.1 กล่องสี RGB

องค์ประกอบของสี ที่มุมของกล่องสีจะมีความเข้มข้นสูงที่สุด หรือไม่มีความเข้มข้นเลยเท่านั้น เมื่อเคลื่อนที่จากมุมหนึ่งไปยังอีกมุมหนึ่งตามขอบที่เหมือนกัน จะมีเพียงแค่องค์ประกอบเดียวเท่านั้นที่เปลี่ยนแปลง ยกตัวอย่างเช่นเมื่อเคลื่อนที่จากมุมสีเขียวไปยังมุมสีเหลือง องค์ประกอบของสีแดงจะเปลี่ยนแปลงจาก 0 ถึง 255 โดยเมื่อเคลื่อนที่ระหว่างมุมของสีคู่นี้ จะได้ทุกโทนสี จากเขียวไปเหลือง

2.1.2 องค์ประกอบของสี

ในการประมวลผลภาพบางประเภท อาจต้องการอ่านค่าขององค์ประกอบสีของแต่ละพิกเซล แล้วแยกองค์ประกอบของ RGB เพื่อนำไปใช้งานแยกกัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีฟังก์ชันซึ่งทำหน้าที่แยกองค์ประกอบของสีทั้งสามซึ่งถูกเก็บในตัวแปร Long Integer ดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.1.1 ในตัวแปร Long Integer ดังกล่าวจะประกอบด้วย 4 ไบต์ โดยไบต์แรก(The Most Significant Byte) เก็บ 0 ต่อมาเป็นองค์ประกอบของสีน้ำเงิน เขียว และแดงตามลำดับ ค่า Long Integer ซึ่งสอดคล้องกับสัดส่วน RGB (64,32,192) มีค่าเป็น 12,591,168 ซึ่งค่านี้ดูไม่เหมือนกับจำนวนเต็มเลย ถ้านำเสนอองค์ประกอบของสีด้วยเลขฐานสิบหก(Hexadecimal Format) ซึ่งในตัวอย่างนี้มีค่าเป็น C0204_h จะเป็นเลขฐานสิบหกของ Long Integer 12,591,168 ในเลขฐานสิบ จะเห็นว่าสองหลักสุดท้ายสอดคล้องกับองค์ประกอบสีแดง (40_h = 64) สองหลักถัดมาสอดคล้องกับองค์ประกอบสีเขียว(20_h = 32) และสองหลักที่มีความสำคัญสูงสุดสอดคล้องกับค่าสีน้ำเงิน(C0_h = 192) ด้วยเหตุนี้เลขฐานสิบหกจึงถูกใช้มากในการกำหนดค่าสี

2.1.3 ภาพดิจิทัล

ในการที่จะนำภาพภาพหนึ่งมาประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์นั้น ภาพดังกล่าวจำเป็นต้องถูกนำเสนอหรือแทนด้วยตัวเลข แต่ภาพที่ได้มาโดยส่วนมากจะเป็นภาพที่ได้จากตัวรับสัญญาณ ซึ่งอยู่ในรูปของฟังก์ชัน $f(x,y)$ ที่ต่อเนื่องในระนาบสองมิติ โดยจะเป็นสัดส่วนกับความสว่างหรือความเข้มของภาพที่ตำแหน่ง (x,y) ซึ่งเรียกว่าระดับสีเทา(Gray Level) สำหรับภาพขาวดำ และจะเป็นสัดส่วนกับระดับค่า RGB สำหรับภาพสี

2.1.3.1 การแทนภาพด้วยข้อมูลดิจิทัล

ภาพแบบดิจิทัลเป็นภาพที่ถูกแปลงมาจากแบบอนาลอกเพื่อให้อยู่ในรูปของตัวเลข โดยภาพจะถูกแบ่งพื้นที่เป็นสี่เหลี่ยมเล็กๆ ที่เรียกว่าจุดภาพ หรือ พิกเซล(Pixel) ซึ่งถูกระบุตำแหน่งของพิกเซลโดยพิกัด (x,y) และในแต่ละพิกเซลจะระบุข้อมูลระดับสีหรือค่า RGB สำหรับภาพสี และระดับความเข้มสำหรับระดับสีเทา โดยการแปลงข้อมูลแบบดิจิทัลสามารถทำได้ดังขั้นตอนต่อไปนี้

เมื่อนำภาพแบบอนาลอกที่ต้องการประมวลผล มาผ่านส่วนที่เรียกว่าดิจิติไลเซอร์(Digitizer) ซึ่งมีหน้าที่ในการเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล อุปกรณ์ประเภทนี้ได้แก่ กล้องดิจิติไลเซอร์ ซึ่งจะทำให้ภาพที่นำเสนอด้วยฟังก์ชันที่ต่อเนื่อง $f(x,y)$ ให้กลายเป็นฟังก์ชันที่ไม่ต่อเนื่องทั้งระนาบของภาพ ซึ่งเรียกว่าการสุ่ม(Sampling) และผ่านการควอนไทซ์(Quantization) ก็จะได้ข้อมูลที่เป็นดิจิทัล

สมมติว่าสัญญาณภาพต่อเนื่อง $f(x,y)$ ได้ถูกแปลงให้อยู่ฟังก์ชันที่ไม่ต่อเนื่องซึ่งจะสามารถนำเสนอในรูปเมตริกซ์ และสมมติว่ามีขนาด $N \times N$ ได้ตามสมการ (2.1)

$$f(x,y) = \begin{matrix} f(0,0) & f(0,1) & f(0,2) \dots f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & f(1,2) \dots f(1,N-1) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & f(N-1,2) \dots f(N-1,N-1) \end{matrix} \quad (2.1)$$

โดยฟังก์ชัน $f(x,y)$ ทางขวาของสมการจะเรียกว่า ภาพดิจิทัล และทุกสมาชิกของเมตริกซ์จะเรียกว่า พิกเซล จากกระบวนการสร้างภาพดิจิทัลข้างต้นจะเห็นได้ว่าเราสามารถทราบขนาดของความละเอียดของภาพเป็น $N \times N$ พิกเซล และในกรณีภาพขาวดำ ขนาดของข้อมูลภาพที่เป็นดิจิทัลจะมีขนาดดังสมการ (2.2)

$$B = N \times N \times M \text{ บิต} \quad (2.2)$$

เมื่อ B คือขนาดของข้อมูลภาพที่เป็นดิจิทัล (บิต)

M คือจำนวนบิตที่ใช้ในการแทนข้อมูลภาพ 1 พิกเซล สามารถหาได้จากสมการที่ (2.3)

$$G = 2^M \quad (2.3)$$

เมื่อ G คือจำนวนระดับของสีเทา(Gray Scale) ที่ต้องการใช้ในการเก็บภาพ

2.1.3.2 ลักษณะการจัดเก็บข้อมูลภาพดิจิทัล

โดยทั่วไปแล้วข้อมูลภาพสีหรือภาพขาวดำจะมีค่าตั้งแต่สองระดับขึ้นไป โดยเฉพาะในกรณีภาพขาวดำ นิยมใช้ระดับความเข้มของจุดภาพระดับของสีเทาเท่ากับ 256 ระดับ ซึ่งทำให้จุดภาพมีค่าอยู่ในช่วง 0-255 โดยใช้พื้นที่เก็บข้อมูล 1 ไบต์ หรือ 8 บิต สำหรับข้อมูล 1 จุดภาพ (M=8) ในกรณีที่ต้องการภาพที่มีความละเอียดของระดับความเข้มหรือระดับสีจำนวนมาก อาจจะต้องการจำนวนบิตสำหรับเก็บข้อมูลมากกว่า 8 บิต อาจเป็น 16 หรือ 24 บิต โดยค่าความเข้มของจุดภาพเท่ากับ 65,536 และ 16,777,216 โดยจะแยกให้ชัดเจนดังนี้

1. ภาพ 2 ระดับคือมีเพียงแต่จุดขาวกับจุดดำเท่านั้น โดยแต่ละจุดภาพเป็นข้อมูลขนาด 1 บิต
2. ภาพ 16 ระดับ คือในแต่ละจุดภาพจะมีขนาดของข้อมูล 4 บิต สามารถทำให้แสดงได้ 16 ระดับความเข้มหรือระดับสี ขึ้นอยู่กับภาพนั้นเป็นภาพสีหรือภาพขาวดำ
3. ภาพ 256 ระดับ คือในแต่ละจุดภาพจะมีขนาดของข้อมูลขนาด 8 บิต ซึ่งสามารถทำให้แสดงได้ 256 ระดับความเข้มหรือระดับสี ขึ้นอยู่กับภาพนั้นเป็นภาพสีหรือขาวดำ
4. ภาพทิวทัศน์ (True Color) ในแต่ละจุดภาพจะมีขนาดของข้อมูล 24 บิต สามารถทำให้แสดงภาพสีได้เหมือนจริงที่สุดเพราะสามารถแสดงสีได้ถึง 16,777,216 ระดับสี

2.1.4 การประมวลผลภาพเชิงตัวเลข

โดยทั่วไปวิธีการประมวลผลภาพเชิงตัวเลขโดยคอมพิวเตอร์นั้น อาจแบ่งโดยคร่าวเป็นสองระดับด้วยกัน คือ การประมวลผลภาพในระดับต่ำ (Low Level Processing) และการประมวลผลภาพในระดับสูง (High Level Processing) การประมวลผลภาพในระดับต่ำจะเป็นการประมวลผลเชิงตัวเลขเกือบทั้งหมดเพื่อหาตัวแปรต่างๆ มาอธิบายข้อมูลภาพ มีวัตถุประสงค์เพื่อนำตัวแปรเหล่านั้นไปใช้ในการประมวลผลในระดับสูงต่อไป

ส่วนการประมวลผลภาพในระดับสูง เป็นการนำผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลภาพในระดับต่ำมาตีความหรือเพื่อส่งข้อมูลให้คอมพิวเตอร์สามารถรู้และเข้าใจได้ ดังนั้นความแตกต่างที่สำคัญของการประมวลผลภาพระดับต่ำและระดับสูง คือ ข้อมูลที่นำเข้ามาในการประมวลผล โดยการประมวลผลภาพในระดับต่ำจะใช้ความเข้มของจุดโดยตรง ส่วนการประมวลผลระดับสูงนั้น ข้อมูลที่นำมาประมวลผลจะถูกแสดงในรูปของสัญลักษณ์ ซึ่งจะแสดงถึงสิ่งต่างๆ ที่อยู่ในภาพ เช่น ขนาด หรือ รูปร่างของวัตถุในภาพ

2.1.5 สัญญาณข้อมูลภาพจากดิจิตอลวิดีโอ

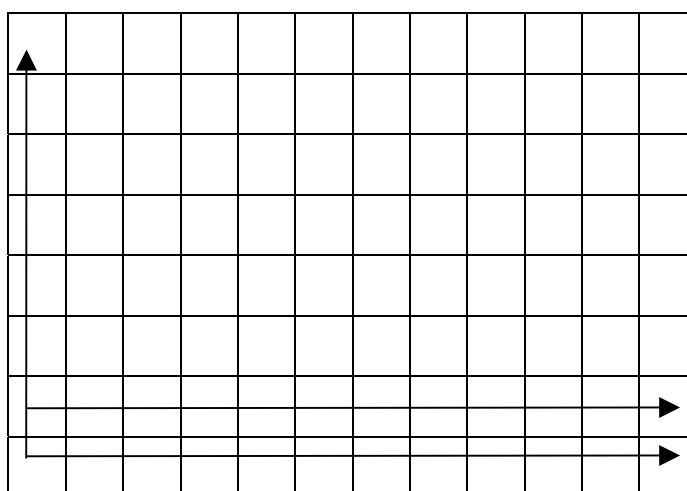
การส่งสัญญาณข้อมูลจากภาพวิดีโอมีลักษณะการส่งที่เป็นลำดับภาพเดี่ยวหรือเฟรม(Frame) ที่ฉายต่อเนื่องกัน เช่นระบบวิดีโอ NTSC จะส่งด้วยอัตราเร็ว 30 เฟรมต่อวินาที โดยดิจิตอลวิดีโอแต่ละเฟรมจะเป็นข้อมูลดิจิตอลในลักษณะเมตริกซ์ซึ่งแต่ละจุดจะเรียกว่าพิกเซล มีค่าระดับของความเข้มสี โดยทั่วไปจะใช้ระดับของสีเทาที่มีค่าตั้งแต่ 0 - 255 โดย 0 จะแทนความมืดมากที่สุด และ 255 จะแทนความสว่างมากที่สุด

2.1.6 ข้อมูลภาพชนิดบิตแมป

รูปแบบของไฟล์ข้อมูลภาพชนิดบิตแมป(Bitmap) เป็นรูปแบบไฟล์มาตรฐานสำหรับภาพกราฟิกบนวินโดวส์ซึ่งจะใช้ในการตัดต่อ หรือทำสำเนาภาพต่างๆ ลงบนคลิปบอร์ด(Clipboard) เมื่อเวลาจัดเก็บไฟล์ที่มีนามสกุล.BMP เป็นฟอร์แมตที่สามารถใช้สร้างเป็นวอลล์เปเปอร์(Wallpaper) ได้อีกด้วย

โครงสร้างของไฟล์ข้อมูลภาพชนิดบิตแมปจะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

1. ข้อมูลเฮดเดอร์(Header)
 2. ข้อมูลจานสี(Palette)
 3. ข้อมูลภาพ(Data)
1. ข้อมูลเฮดเดอร์ คือข้อมูลที่อยู่บริเวณส่วนหัวของไฟล์ ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลที่บอกรายละเอียดต่างๆ ของภาพ เช่น ความกว้าง ความยาวของภาพ จำนวนสี จำนวนบิต ความละเอียดของภาพ
 2. ข้อมูลจานสี เป็นค่าแม่สี RGB ของภาพ
 3. ข้อมูลภาพ เป็นส่วนเก็บข้อมูลสีของแต่ละพิกเซลของภาพ โดยข้อมูลแรกจะเป็นค่าสีของพิกเซลที่อยู่แถวล่างสุดที่ตำแหน่งซ้ายสุด ข้อมูลลำดับต่อไปจะเรียงจากทางขวาจากแถวล่างจนถึงแถวบนสุด



รูปที่ 2.2 การเก็บข้อมูลของแต่ละพิกเซล

2.1.7 การสร้างภาพไบนารี

การสร้างภาพไบนารี หมายถึง การแปลงข้อมูลภาพที่มีความเข้มหลายระดับ ให้เป็นภาพที่มีความเข้มเพียง 2 ระดับ คือหนึ่งจุดภาพมีค่าได้สองค่าเท่านั้น โดยเป็นค่า 0 กับค่า 1 ค่าที่เป็น 1 จะหมายถึงจุดภาพที่มีสีดำ และค่าที่เป็น 0 จะหมายถึงจุดภาพที่มีสีขาว

การสร้างภาพไบนารีสามารถทำได้โดยใช้เทคนิคการทำเทรชโฮล(Thresholding Techniques) โดยพิจารณาว่าจุดใดควรเป็นจุดขาวหรือจุดดำ ซึ่งทำได้โดยการเปรียบเทียบระหว่างจุดภาพเริ่มต้นกับค่าคงที่ค่าหนึ่ง เรียกว่าค่าเทรชโฮล(Threshold) เทคนิคนี้ใช้กันมากในกรณีที่ข้อมูลภาพมีลักษณะแตกต่างกันระหว่างวัตถุและพื้นหลัง โดยค่าของจุดภาพใดๆ ที่มีค่าน้อยกว่าค่าเทรชโฮลจะถูกกำหนดค่าเป็น 1 (จุดสีดำ) และถ้าค่าของจุดภาพที่มีค่ามากกว่าค่าเทรชโฮล จะถูกเปลี่ยนให้เป็นค่า 0 (จุดสีขาว) ซึ่งการทำงานสามารถแสดงได้ดังสมการที่ (2.4)

$$\begin{aligned} b(x,y) &= 1 ; g(x,y) < \text{Thr} \\ b(x,y) &= 0 ; g(x,y) > \text{Thr} \end{aligned} \quad (2.4)$$

เมื่อ $b(x,y)$ คือ ข้อมูลภาพผลลัพธ์ภาพเป็นไบนารี
 $g(x,y)$ คือ ข้อมูลภาพอินพุตที่มีระดับความเข้ม 0 ถึง L ระดับ
 Th คือ ค่าเทรชโฮลเป็นค่าคงที่ระหว่าง 0 ถึง L ระดับ
 1 คือ จุดภาพที่เป็นสีดำ
 0 คือ จุดภาพที่เป็นสีขาว

โดยที่ L คือระดับความเข้มของจุดภาพสูงสุด

ในการสร้างภาพไบนารีโดยใช้เทคนิคเทรชโฮล เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความคมชัดและเหมาะสม สิ่งที่สำคัญที่สุด คือ ค่าเทรชโฮล เนื่องจากถ้าเลือกค่าเทรชโฮลที่ไม่เหมาะสม ภาพที่ได้จะไม่คมชัดและรายละเอียดบางส่วนอาจขาดหายไป ดังนั้นปัญหาการสร้างภาพไบนารีด้วยวิธีเทรช-โฮล คือ ทำอย่างไรจึงสามารถคำนวณหาค่าเทรชโฮลที่เหมาะสมได้

2.1.7.1 การหาค่าเทรชโฮลโดยการกำหนดไว้ล่วงหน้า

การหาค่าเทรชโฮลโดยวิธีการกำหนดล่วงหน้า(Preassigned Threshold Value) นี้เป็นวิธีที่ง่ายที่สุด เป็นการกำหนดค่าเทรชโฮลเองจากผู้ใช้ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ใช้ โดยการเลือกค่าคงที่ค่าหนึ่งซึ่งจะเป็นค่าที่อยู่ระหว่างค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของระดับความเข้มของข้อมูลอินพุต

วิธีหนึ่งสำหรับการหาค่าเทรชโฮลล่วงหน้าคือ การหาค่าเทรชโฮลจากค่ากลาง(Midrange Threshold Value) การหาวิธีนี้จะพิจารณาจากค่ากลาง โดยอาศัยการคำนวณพื้นฐานทางสถิติในการ

หาค่ากลางหรือค่าเฉลี่ย(Mean) มาประยุกต์ ค่าที่ได้เป็นค่ากึ่งกลางระหว่างค่าระดับความเข้มสูงสุดกับค่าต่ำสุดของข้อมูลภาพอินพุต สำหรับการหาค่ากึ่งกลางจะแสดงได้ดังสมการที่ (2.5)

$$\text{Thr} = \frac{\text{Max}(g(x, y)) + \text{Min}(g(x, y))}{2} \quad (2.5)$$

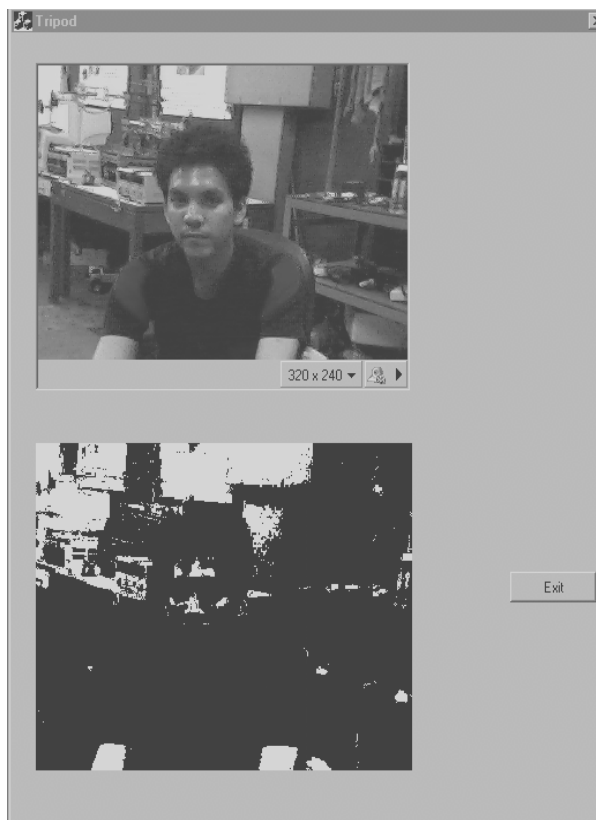
เมื่อ	Thr	คือ ค่าเทรชโฮล
	$g(x,y)$	คือ ข้อมูลภาพอินพุตที่มีระดับความเข้ม 0 ถึง L ระดับ
	$\text{Max}(g(x,y))$	คือ ค่าสูงสุดเกรย์สเกลของข้อมูลอินพุต
	$\text{Min}(g(x,y))$	คือ ค่าต่ำสุดเกรย์สเกลของข้อมูลอินพุต

การหาค่าเทรชโฮลจากค่าเฉลี่ยเลขคณิต หาได้จากสมการที่ (2.6)

$$\text{Thr} = \frac{\sum g(x, y)}{N \times N} \quad (2.6)$$

2.1.7.2 การสร้างภาพไบนารีโดยใช้โปรแกรม TRIPOD

การสร้างภาพไบนารีโดยใช้โปรแกรม TRIPOD(Template for Real-Time Image Processing Development) ซึ่งเป็นโปรแกรมฟรีแวร์ โดยตัวอย่างการสร้างภาพไบนารีโดยใช้โปรแกรมนี้แสดงโดยรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การสร้างภาพไบนารีของโปรแกรม TRIPOD

จากรูปที่ 2.3 รูปด้านบนเป็นรูป ที่จับภาพโดยใช้กล้องเว็บแคมของโลจitech(Logitech USB Camera) ส่วนรูปด้านล่างเป็นรูปที่ถูกแปลงให้เป็นรูปไบนารี 8 บิต สองระดับ ที่เทรชโวลเท่ากับ 150 ในการใช้งานโปรแกรม TRIPOD จะต้องใช้งานบน MFC ของวิชวลซีพลัสพลัส โดยโค้ดของโปรแกรมที่ใช้ประมวลผลทำภาพไบนารีแสดงในรูปที่ 2.4

สาเหตุที่โปรแกรมนี้ได้สร้างขึ้นเพื่อใช้ร่วมกับกล้องเว็บแคมของโลจitech เพราะผู้คิดโปรแกรมเห็นว่ากล้องเว็บแคมของโลจitechมีข้อมูลทั่วไป หาได้ง่าย และมีฟรีแวร์ Quickcam Software Development Kit(QCSDK) ที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมสำหรับกล้องดังกล่าวให้ดาวน์โหลดได้ฟรีอีกด้วย โดยปกติวินโดวส์จะกำหนดฟอร์แมตรูปภาพเป็น.BMP และ QCSDK จะให้ฟอร์แมตของรูปภาพเป็นภาพทิวคัลเลอร์ 24 บิต เก็บค่าจากซ้ายไปขวาและจากบนลงล่าง แต่ในการใช้งานนิยมใช้งานในรูปแบบระดับของสีเทา 8 บิต

สำหรับภาพขนาด $W \times H$ พิกเซล โดย W คือความกว้างของภาพ หมายถึงจำนวนของคอลัมน์ และ H คือค่าความสูง หมายถึงจำนวนของแถว ลำดับขั้นตอนการอ่านในแต่ละพิกเซลมีดังนี้คือ พิกเซลที่มีค่าต่ำกว่าค่าเทรชโวลจะถูกทำให้พิกเซลนั้นเป็นสีขาว โดยตั้งค่าของพิกเซลนั้นให้เท่ากับ 255 แต่ถ้าพิกเซลมีค่าเป็นอื่นนอกเหนือจากที่กำหนดไว้จะทำพิกเซลนั้นเป็นสีดำ โดยค่าของพิกเซลนั้นจะถูกทำให้เท่ากับ 0 โดยโค้ดการทำเทรชโวลเป็นดังนี้

```

// brinarize - Microsoft Visual C++ - [tripodDlg.cpp *]
File Edit View Insert Project Build Tools Window Help
notification
CTripodDlg (All class members) doMyImageProcessing
Workspace 'brinarize': 1 proj
brinarize files
Source Files
tripod.cpp
tripod.rc
tripodDlg.cpp
videoportal.cpp
Header Files
resource.h
StdAfx.h
tripod.h
tripodDlg.h
videoportal.h
Resource Files
External Dependenc
// BMP and all other colors will be black
thresholdValue = 125;
for (row = 0; row < H; row++) {
    for (col = 0; col < W; col++) {
        // Recall each pixel is composed of 3 bytes
        i = (unsigned long)(row*3*W + 3*col);
        // Threshold:
        if( *(m_destinationBmp + i) <= thresholdValue)
            *(m_destinationBmp + i) =
            *(m_destinationBmp + i + 1) =
            *(m_destinationBmp + i + 2) = 0; // Make pixel BLACK
        else
            *(m_destinationBmp + i) =
            *(m_destinationBmp + i + 1) =
            *(m_destinationBmp + i + 2) = 255; // Make pixel WHITE
    }
}
brinarize.exe - 0 error(s), 0 warning(s)
Build / Debug / Find in Files 1 / Find in Files 2 / Results /
Ln 451, Col 52 REC COL OVR READ

```

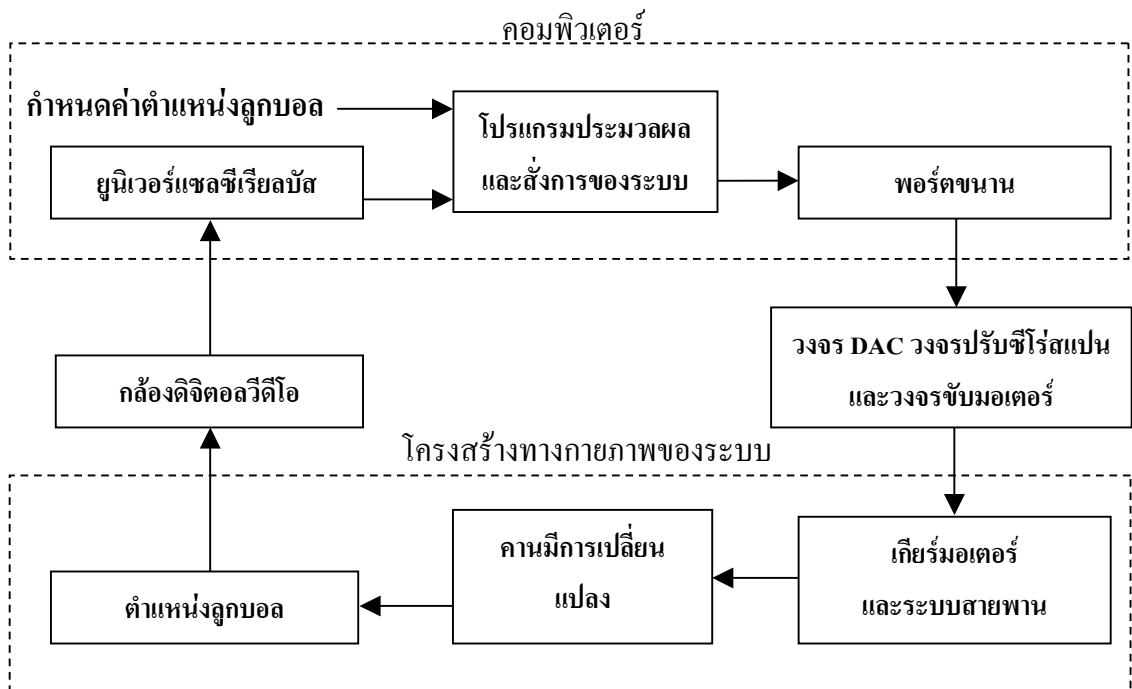
รูปที่ 2.4 โค้ดโปรแกรมการทำภาพไบนารี

บทที่ 3

หลักการออกแบบ

การออกแบบระบบควบคุมตำแหน่งลูกบอลบนคาน ในเบื้องต้นนั้นต้องเข้าใจหลักการ
ทำงานในภาพรวมของระบบควบคุมก่อนว่ามีหลักการทำงานอย่างไร แล้วจึงพิจารณาส่วนย่อยต่างๆ
อันประกอบไปด้วย ส่วนที่เป็นโครงสร้างของระบบควบคุม ส่วนที่เป็นวงจรรีเลย์ทรอนิกส์ และ
ส่วนของโปรแกรมที่ใช้ในการประมวลผลภาพและควบคุมระบบ

หลักการทำงานในภาพรวมของระบบควบคุมตำแหน่งลูกบอลบนคาน สามารถแสดงดังแผน
ผังในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังรวมของระบบควบคุมตำแหน่งลูกบอลบนคาน

จากรูปที่ 3.1 เห็นว่าระบบควบคุมตำแหน่งลูกบอลบนคานประกอบด้วยส่วนหลักๆ ดังนี้คือ

- กล้องดิจิทัลวีดีโอ
- คอมพิวเตอร์
- โครงสร้างทางกายภาพของระบบ
- วงจรรีเลย์อิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้อง

3.1 กล้องดิจิทัลวีดีโอ

กล้องดิจิทัลวีดีโอเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญสำหรับโครงการนี้ เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตรวจสอบตำแหน่งของลูกบอลที่อยู่บนคาน เพื่อนำมาประมวลผลหาค่าสัญญาณควบคุมที่เหมาะสม กล้องดิจิทัลวีดีโอที่เลือกใช้ในโครงการนี้เป็นของโลจitech แสดงได้ดังรูปที่ 3.2

การเลือกใช้กล้องดิจิทัลวีดีโอ เพื่อที่จะนำมาใช้กับระบบควบคุมนั้น ต้องพิจารณาในเรื่องต่างๆ ดังนี้

- สิ่งจำเป็นสำหรับการใช้งานกล้องดิจิทัลวีดีโอ
- คุณสมบัติของกล้องดิจิทัลวีดีโอ



รูปที่ 3.2 กล้องดิจิทัลวีดีโอ

3.1.1 สิ่งจำเป็นสำหรับการใช้งานกล้องดิจิทัลวีดีโอ

- เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่ทำงานตั้งแต่สัญญาณนาฬิกา 400 เมกะเฮิร์ตขึ้นไป
- โปรแกรมระบบปฏิบัติการไมโครซอฟท์วินโดวส์มิลินเนียม(Windows Millinuum)
- หน่วยความจำ 128 เมกะไบต์ หรือมากกว่า
- โปรแกรม TRIPOD และ QCSDK
- พอร์ตยูนิเวอร์แซลซีเรียลบัส
- หน่วยความจำบนฮาร์ดดิสก์อย่างน้อย 500 เมกะไบต์ สำหรับโปรแกรมที่เกี่ยวข้อง

3.1.2 คุณสมบัติของกล้องดิจิทัลวีดีโอ

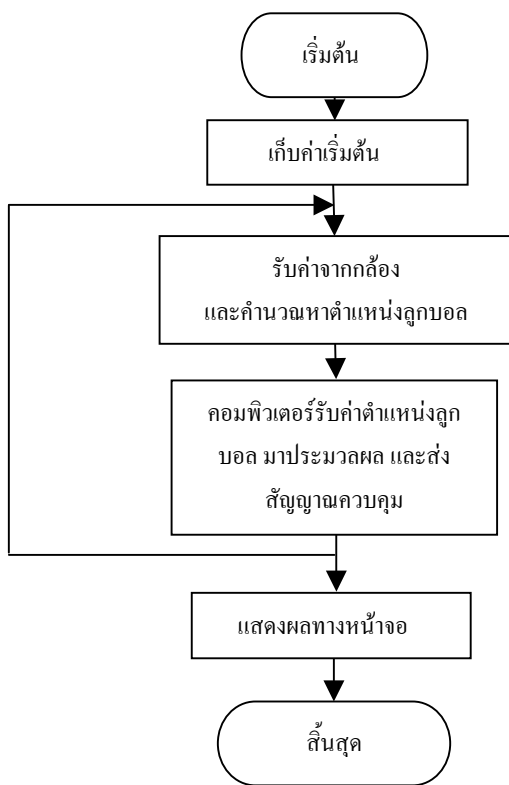
- ให้ภาพที่มีความละเอียดสูงสุดถึง 640 x 480 พิกเซล ในภาพสี 24 บิต
- อัตราการส่งภาพด้วยความเร็วสูงสุดถึง 30 ภาพ ต่อวินาที

- ต้องการไฟเลี้ยงจากคอมพิวเตอรื 2 วัตต์
- ปรับโฟกัสได้ตั้งแต่ 1 นิ้ว ถึงอนันต์

3.2 คอมพิวเตอร์

คอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับข้อมูลจากกล้องดิจิทัลวิดีโอ ผ่านทางยูนิเวอร์แซลซีเรียลบัส โดยมีโปรแกรมซึ่งทำหน้าที่ประมวลผลภาพเพื่อหาตำแหน่งของลูกบอล แล้วจึงประมวลผลหาสัญญาณควบคุมที่เหมาะสม จากนั้นจึงส่งค่าสัญญาณควบคุมที่คำนวณได้ผ่านทางพอร์ตขนานไปยังวงจรถออิเล็กทรอนิกส์เพื่อควบคุมคันต่อไป

เนื่องจากการควบคุมในโครงการนี้ใช้คอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์ประมวลผลหลัก ดังนั้นการเขียนโปรแกรมจึงเป็นการดำเนินการบนระบบเวลาดิสครีต แทนการควบคุมแบบระบบเวลาต่อเนื่อง ดังนั้นการเขียนโปรแกรมจึงจำเป็นต้องมีความรัดกุม และทำงานได้รวดเร็ว ซึ่งคอมพิวเตอร์ที่ใช้จะต้องมีความเร็วพอที่จะทำให้คาบการสุ่มสัญญาณมีค่าน้อยเพียงพอ จนไม่มีผลต่อการควบคุมระบบทั้งหมดด้วย สำหรับโครงการนี้เลือกใช้การเขียนโปรแกรมโดยภาษาวิชวลซีพลัสพลัส



รูปที่ 3.3 โฟลว์ชาร์ตของโปรแกรมควบคุมระบบ

ในส่วนของโปรแกรมควบคุมระบบ เริ่มจากการเขียนโปรแกรมรับภาพจากกล้องดิจิทัลวิดีโอ และหาตำแหน่งของลูกบอลที่อยู่บนคาน จากนั้นเปรียบเทียบกับตำแหน่งของคานที่ต้องการให้

ลูกบอลเคลื่อนที่ไป โปรแกรมส่วนควบคุมจะประมวลผลเพื่อหาสัญญาณควบคุมที่เหมาะสมซึ่งอาศัยตัวควบคุมแบบพีไอดี ดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 แล้วจึงสั่งให้คอมพิวเตอร้งค่าคำสั่งสัญญาณควบคุมออกทางพอร์ตขนาน เพื่อควบคุมคานให้เลี้ยงลูกบอลไปยังตำแหน่งที่ต้องการให้เร็วและแม่นยำตามต้องการ สามารถเขียนโฟลว์ชาร์ต(Flowchart) แสดงการทำงานของโปรแกรมได้ดังรูปที่ 3.3

3.3 โครงสร้างทางกายภาพของระบบ

โครงสร้างทางกายภาพของระบบควบคุมตำแหน่งลูกบอลบนคานประกอบด้วยส่วนต่างๆ หลายส่วน โดยหัวข้อนี้จะอธิบายถึงการออกแบบในแต่ละส่วน ดังนี้

3.3.1 การยึดกล้องดิจิตอลวีดีโอ

การติดตั้งกล้องดิจิตอลวีดีโอต้องมีการพิจารณาถึงความเหมาะสมในการออกแบบตัวยึดกล้อง ให้มีความมั่นคง สามารถรับน้ำหนักของกล้องดิจิตอลวีดีโอได้ ฐานยึดกล้องสำหรับโครงการนี้เลือกใช้ท่อพีวีซี เพราะสามารถตัดให้โค้งงอได้ตามความต้องการและมีน้ำหนักเบา ทำให้สะดวกต่อการเคลื่อนย้ายและปรับตั้ง การยึดกล้องดิจิตอลวีดีโอแสดงได้ดังรูปที่ 3.4



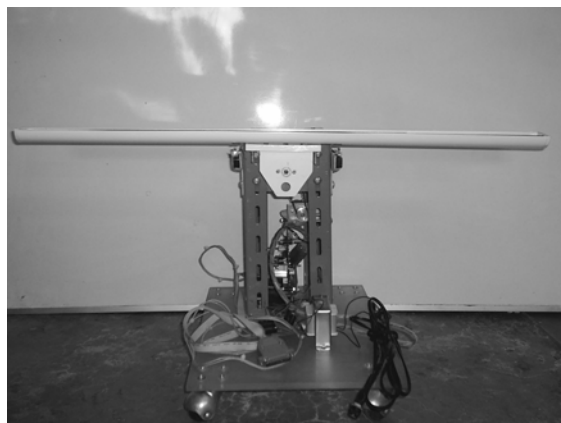
รูปที่ 3.4 การยึดกล้องดิจิตอลวีดีโอ

จากรูปที่ 3.4 จะเห็นว่ากล้องถูกติดตั้งในลักษณะที่มีการตรวจจับด้านบนของคาน เนื่องจากจะสะดวกในการเขียนโปรแกรมมากกว่าติดตั้งกล้องในด้านหน้า ที่จำเป็นต้องมีการคำนวณมุมเอียงเพื่อหาตำแหน่งของลูกบอล

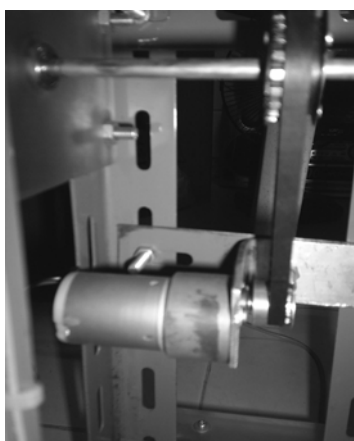
3.3.2 การออกแบบโครงสร้าง

จากหัวข้อที่ 3.3.1 เป็นการสร้างฐานยึดกล้องและตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งกล้องดิจิทัลวิดีโอ ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงส่วนต่างๆ ของโครงสร้างระบบควบคุมตำแหน่งลูกบอลบนคาน

จากรูปที่ 3.5 จะเห็นว่าในส่วนโครงของโครงสร้างทำมาจากเหล็กฉาก ทำให้ง่ายต่อการขึ้นรูปตามแบบ โดยส่วนของโครงสร้างนี้จะยึดอยู่บนฐานซึ่งทำมาจากอะคริลิก และมีล้อเพื่อง่ายต่อการเลื่อนในขณะทำการปรับตั้งเพื่อใช้งานร่วมกับกล้องดิจิทัลวิดีโอ ส่วนของโครงสร้างต้องมีความแน่นหนา มั่นคง เพื่อป้องกันไม่ให้ชิ้นงานเลื่อนไปจากเดิม โดยเฉพาะเมื่อมีแรงบิดจากมอเตอร์



รูปที่ 3.5 โครงสร้างของระบบควบคุมตำแหน่งลูกบอลบนคาน



รูปที่ 3.6 การยึดมอเตอร์

หลังจากประกอบโครงสร้างของระบบควบคุมเรียบร้อยแล้ว ได้ติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เข้ากับตัวโครงสร้างดังรูปที่ 3.6 การติดตั้งมอเตอร์เข้ากับโครงสร้างต้องทำอย่างรอบคอบเพื่อป้องกันมอเตอร์เคลื่อนที่ เนื่องจากต้องใช้แรงบิดมากขณะหมุนบังคับคาน และการติดตั้งพูลเลย์

ของมอเตอร์กับพูลเลย์ที่อยู่บนแกนเพลลาบังคับคานต้องได้ศูนย์ โดยสายพานต้องไม่หย่อนหรือตึงจนเกินไป เมื่อนำมาประกอรวมกันจะได้เป็นโครงสร้างรวมของระบบควบคุมตำแหน่งลูกบอลบนคานดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ระบบควบคุมตำแหน่งลูกบอลบนคาน

บทที่ 4

การทดลอง

ในบทนี้ จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลอง วงจรและภาคขับมอเตอร์ และการทำงานของระบบควบคุมตำแหน่งลูกบอลบนคันแบบระบบวงปิด โดยมีรายละเอียดของการทดลองดังนี้

4.1 การทดลองวงจรและภาคขับมอเตอร์

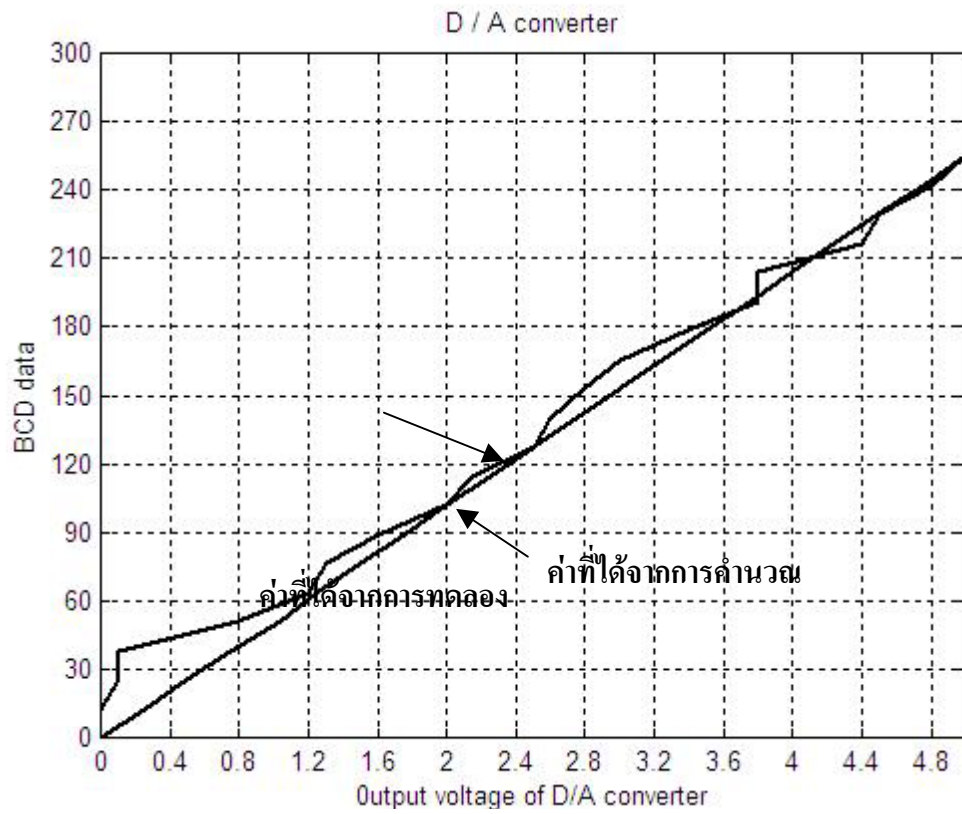
ในส่วนนี้ เป็นการศึกษาเฉพาะส่วนวงจรและภาคขับมอเตอร์ ซึ่งนับแต่การตั้งค่า BCD โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ผ่านออกพอร์ตขนาน ไปสู่วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อกแบบใช้ความต้านทานสองค่า วงจรซีโรสเปน เข้าสู่ภาคขับเพื่อขับมอเตอร์ ซึ่งผลการทดลองมีดังนี้

4.1.1 วงจรและภาคขับมอเตอร์ที่ไม่มีวงจรตรรก ออเกต

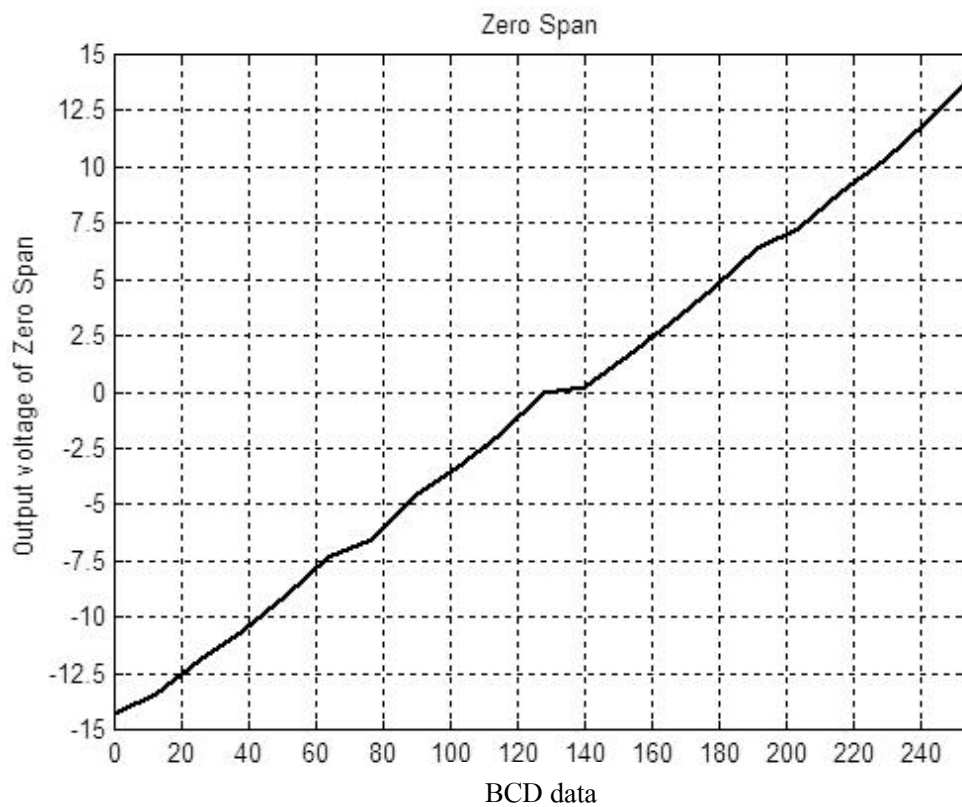
ผลการทดลองในส่วนนี้แปรค่า BCD ที่สั่งจากคอมพิวเตอร์ที่ในการทดลองต่างๆ กัน แล้วบันทึกการทำงาน ณ จุดต่างๆ ของวงจร บันทึกผลได้ดังตารางที่ 4.1 และนำไปวาดกราฟได้ดังรูปที่ 4.1 ถึง 4.3

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองวงจรและภาคขับมอเตอร์ที่ไม่มีวงจรตรรก ออเกต

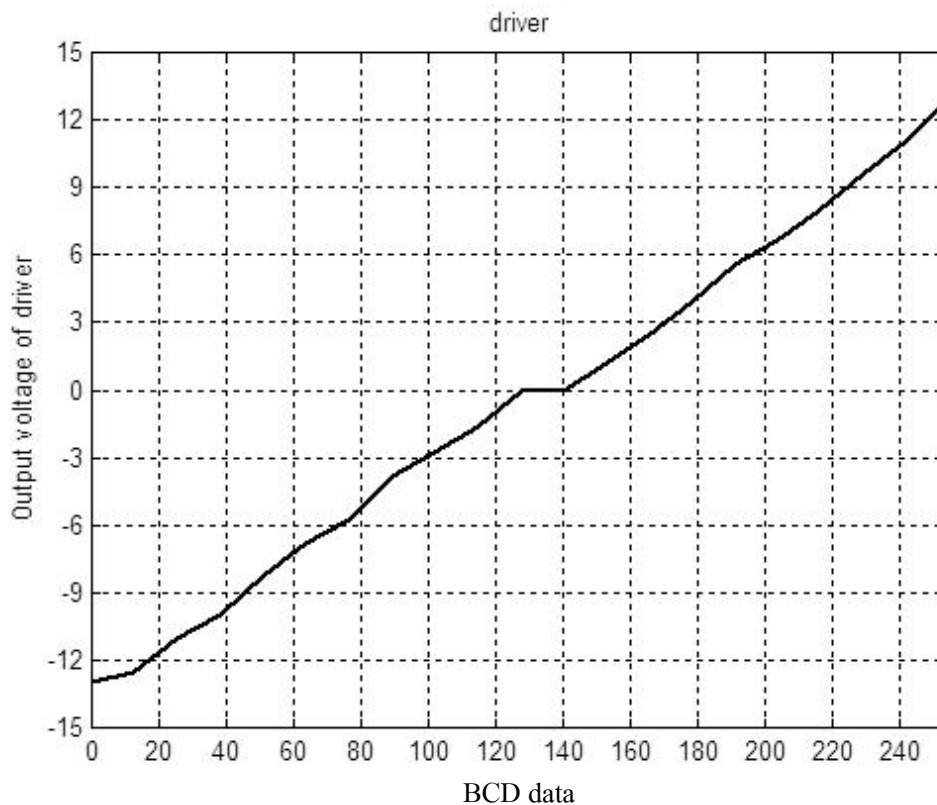
BCD Code	D/A output voltage(V) จากการวัดค่า	D/A output voltage(V) จากการคำนวณ	Output voltage Zero Span(V)	Driver output voltage(V)	Motor action
0	0	0	-14.32	-13	หมุนซ้าย
38.25	0.7	1	-10.57	-10	หมุนซ้าย
63.75	1.2	1.25	-7.38	-6.8	หมุนซ้าย
102	2	2	-3.37	-2.8	หยุด
127.5	2.5	2.5	0	0	หยุด
153	2.8	3	1.7	1.2	หยุด
191.25	2.8	3.75	6.39	5.6	หมุนขวา
229	4.4	4.49	10.37	9.6	หมุนขวา
255	5	5	13.94	13	หมุนขวา



รูปที่ 4.1 ผลการทดลองวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อกที่ไม่ต่อวงจรตรรก์ ออกเกต



รูปที่ 4.2 ผลการทดลองของวงจรปรับซีโรสเปนที่ไม่ต่อวงจรตรรก์ ออกเกต



รูปที่ 4.3 ผลการทดลองของวงจรขับมอเตอร์ที่ไม่ต่อวงจรตรรก ออเกต

จากผลการทดลองวงจรและภาคขับมอเตอร์ จะเห็นว่าสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อกมีความผิดพลาดจากการคำนวณพอสมควร เนื่องจากค่าความต้านทานที่ใช้งานนั้นมีค่าความผิดพลาด อย่างไรก็ตามพบว่ายังสามารถนำมาใช้งานกับวงจร ซีโรสแปนและวงจรขับมอเตอร์ได้

วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อกแบบใช้ความต้านทานสองค่าที่ใช้ในการทดลองนี้มีข้อเสียอยู่ประการหนึ่ง กล่าวคือเอาต์พุตของวงจรจะขึ้นกับระดับอินพุตที่ได้รับจากพอร์ตขนานของคอมพิวเตอร์ซึ่งแต่ละเครื่องมักมีค่าไม่เท่ากัน จึงทำให้อาจไม่สามารถนำไปใช้กับคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นได้ ดังนั้นจึงป้องกันปัญหาดังกล่าวโดยการเพิ่มวงจรตรรก ออเกต ระหว่างจากพอร์ตขนานกับวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อก เพื่อให้ลอจิก 0 และ 1 ของสัญญาณดิจิทัลที่จะเข้าสู่วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อกมีค่าสม่ำเสมอ คือ ลอจิก 0 เป็นสัญญาณ 0 โวลต์ และลอจิก 1 เป็นสัญญาณ 5 โวลต์ แม้ว่าระดับสัญญาณเอาต์พุตจากพอร์ตขนานของคอมพิวเตอร์อาจมีค่าต่างกัน ดังการทดลองในหัวข้อ 4.1.2

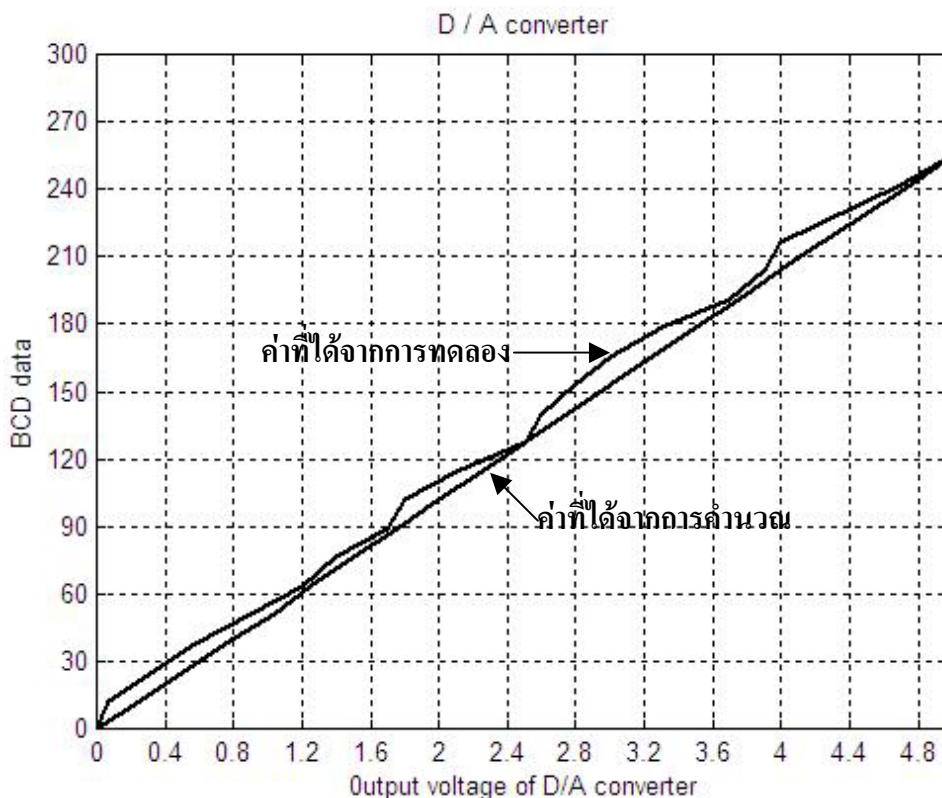
4.1.2 วงจรและภาคขับมอเตอร์ที่มีวงจรตรรก ออเกต

วงจรและภาคขับมอเตอร์แบบนี้เป็นการนำเอาวงจรตรรก ออเกต เพื่อแก้ไขข้อจำกัดในเรื่องระดับสัญญาณจากพอร์ตขนานซึ่งอาจให้แรงดันไฟฟ้าไม่ได้มาตรฐาน เพื่อให้สามารถนำวงจรไปใช้

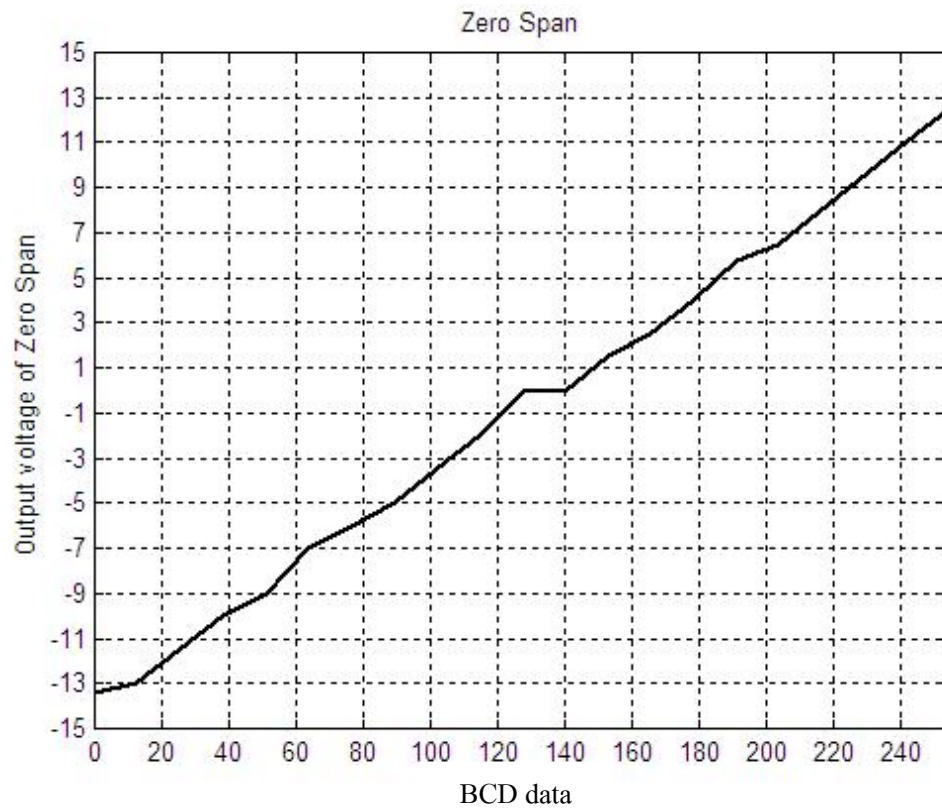
กับคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นได้ การทำงานของวงจรนี้จะทำงานคล้ายกับวงจรแบบแรก โดยผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองวงจรและภาคขับเคลื่อนมอเตอร์ที่มีการต่อวงจรตรรก์ ออกเกต

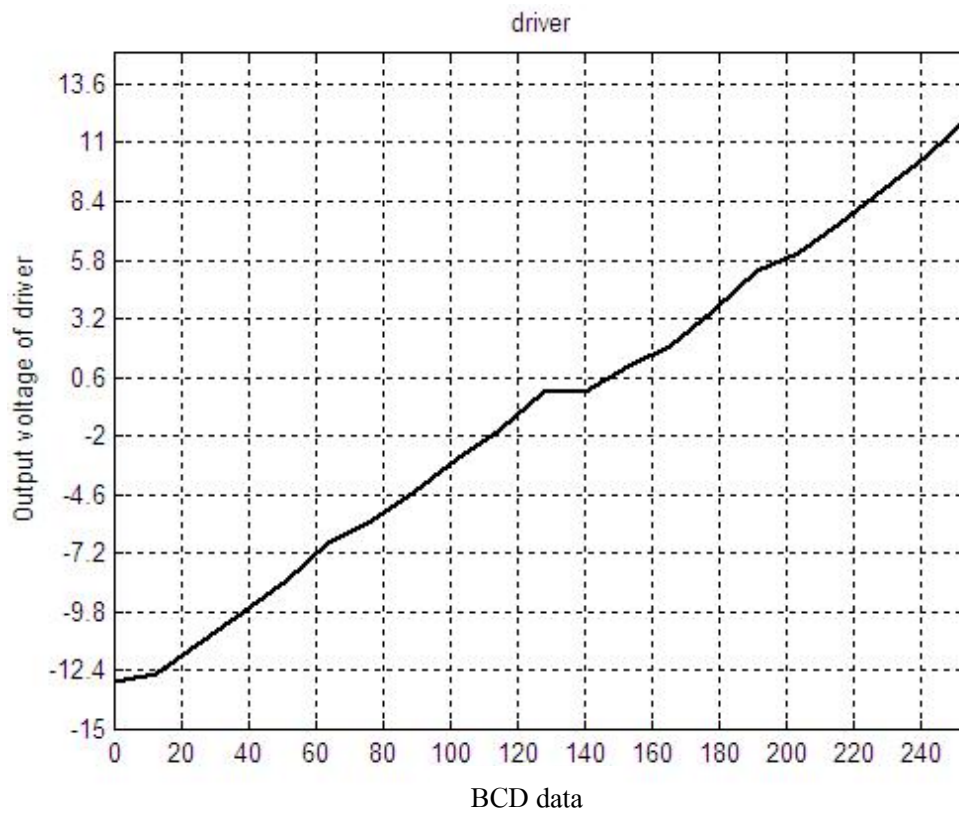
BCD Code	D/A output voltage(V) จากการวัดค่า	D/A output voltage(V) จากการคำนวณ	Output voltage Zero Span(V)	Drive output voltage(V)	Motor action
0	0	0	-13	-12.9	หมุนซ้าย
38.25	0.58	1	-10	-9.8	หมุนซ้าย
63.75	1.2	1.25	-7	-6.7	หมุนซ้าย
102	1.8	2	-3.5	-3	หยุด
127.5	2.5	2.5	0	0	หยุด
153	2.8	2.8	1.5	1.1	หยุด
191.25	3.7	3.8	5.8	5.3	หมุนขวา
216	4	4	8	7.4	หมุนขวา
255	5	5	12.5	12.2	หมุนขวา



รูปที่ 4.4 ผลการทดลองวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อกที่ต่อวงจรตรรก์ ออกเกต



รูปที่ 4.5 ผลการทดลองของวงจรปรับซีโรสเปนที่ต่อวงจรตรรก์ ออกเกต



รูปที่ 4.6 ผลการทดลองของวงจรขับมอเตอร์ที่ต่อวงจรตรรก์ ออกเกต

จากตารางที่ 4.2 แรงดันเอาต์พุตของวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อกจะเท่ากับแรงดันเอาต์พุตของวงจรแบบแรกโดยจะมีค่า 0 ถึง 5 โวลต์ เทียบกับข้อมูลของพอร์ตขนานซึ่งจะมีค่าจาก 0 ถึง 255 เอาต์พุตของวงจรซีโรสแปนมีค่า -13 โวลต์ ถึง 12.5 โวลต์ ทำให้เอาต์พุตของวงจรขับเคลื่อนมีค่า -12.9 โวลต์ ถึง 12.2 โวลต์ โดยมอเตอร์จะเริ่มหมุนที่แรงดันไฟฟ้าประมาณ 5.6 โวลต์ กรณีหมุนไปทางขวา และ -5.3 โวลต์ กรณีหมุนไปทางซ้าย(ไม่มีลูกบอลบนคาน)

จากการทดลองทั้งสองกรณีข้างต้น พบว่าการใช้วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อกแบบความต้านทานสองค่านี้มีความผิดพลาด เนื่องจากปัญหาที่ค่าความต้านทานไม่เป็นไปตามอุดมคติ ในการใช้จริงต่อไปจึงแก้ไขโดยใช้วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อกสำเร็จรูปด้วยไอซี DAC0832 ดังแสดงในภาคผนวก ข.1 ซึ่งเมื่อทดลองจะพบว่าสามารถใช้งานได้ดี โดยระดับสัญญาณเอาต์พุตจากวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อกมีค่าใกล้เคียงกับค่าคำนวณอย่างมาก

บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองระบบควบคุมลูกบอลบนคาน เมื่อให้ลูกบอลเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งเป้าหมาย ระบบสามารถควบคุมลูกบอลให้เคลื่อนที่ไปยังบริเวณตำแหน่งที่ต้องการนั้นได้จริง แต่ยังคงมีความผิดพลาดของตำแหน่งลูกบอลที่อยู่บนคานกับตำแหน่งเป้าหมายอยู่เล็กน้อย เนื่องจากระบบได้ถูกออกแบบให้มีการวัดตำแหน่งของลูกบอลเพื่อใช้ในการควบคุมเพียงอย่างเดียวโดยไม่สามารถวัดมุมเอียงของคานได้ ดังนั้นในการควบคุมแบบพีดีพื้นฐาน เมื่อลูกบอลหยุดใกล้ตำแหน่งเป้าหมายแต่ยังมีค่าความผิดพลาดอยู่ ระบบจะยังสั่งให้มีสัญญาณควบคุมแกมมาเตอร์ไปขับเคลื่อนเพื่อเลี้ยงลูกบอลไปยังตำแหน่งเป้าหมาย แต่เมื่อมีสัญญาณแรงดันเข้าไปที่มอเตอร์เพียงเล็กน้อยมอเตอร์ก็อาจจะขับเคลื่อนให้เอียงมากเกินไป จึงทำให้ลูกบอลกลับเร็ว มีผลให้ไม่สามารถควบคุมลูกบอลให้เข้าสู่ตำแหน่งเป้าหมายได้และเกิดการแกว่งรอบตำแหน่งเป้าหมาย หรือถึงแม้จะได้แก้ไขโปรแกรมให้ยอมรับช่วงค่าความผิดพลาด แต่ในกรณีนี้เมื่อลูกบอลเข้าสู่บริเวณที่ยอมรับได้แล้วระบบก็จะสั่งให้มอเตอร์หยุดหมุน โดยไม่ได้พิจารณาว่าคานยังคงเอียงอยู่หรือไม่ ซึ่งอาจทำให้ลูกบอลยังกลิ้งต่อไปได้ในกรณีที่ยังคงมีความเอียงของคานอยู่ จึงเกิดการแกว่งรอบตำแหน่งเป้าหมายเช่นกัน ซึ่งปัญหาทั้งสองนี้เกิดจากที่ระบบไม่สามารถใช้มุมเอียงของคานในการควบคุมได้ ดังนั้นต้องมีการเขียนโปรแกรมเพื่อแก้ไขข้อผิดพลาดเหล่านี้ตามเนื้อหาที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 4.3.3

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไข

จากการศึกษาและทำโครงงานนี้ในช่วงแรกเกิดปัญหาคือ ใช้เวลาในการศึกษาโปรแกรมรับค่าจากกล้องดิจิตอลวีดีโอเพื่อระบุตำแหน่งของลูกบอลนาน เนื่องจากไม่เคยศึกษาโปรแกรมภาษาวิซชวลซีพลัสพลัสมาก่อน นอกจากนั้น เมื่อได้ทำการทดลองพบว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้มีความเร็วรอบต่อนาทีมากเกินไป จึงเปลี่ยนมอเตอร์ให้มีความเร็วรอบต่อนาทีน้อยลง แต่ก็ยังเร็วเกินไป จึงควรตรอบพูลเล่ของเพลามอเตอร์กับพูลเล่ของเพลาชักคานให้มีอัตราทดเพิ่มขึ้น หรือเปลี่ยนมอเตอร์ใหม่ให้มีความเร็วรอบต่อนาทีลดลง

ในส่วนปัญหาที่พบและยังไม่ได้ปรับปรุงแก้ไข ได้แก่ ปัญหาที่ระบบไม่มีการวัดและควบคุมมุมเอียงของคาน ทำให้การควบคุมทำได้ยากและต้องใช้เงื่อนไขอื่นๆ เพื่อปรับปรุงผลตอบแทนของระบบดังหัวข้อ 4.3 ซึ่งพบถึงแม้จะทำให้ระบบสามารถควบคุมตำแหน่งลูกบอลบนคานได้ แต่ยังคงยอมรับค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นพอสมควร ดังนั้นวิธีที่ดีที่สุดควรมีการติดตั้งโพเทนทิโอ

มิเตอร์เพื่อวัดตำแหน่งมุมเอียงของคาน เพื่อให้ระบบสามารถนำความเอียงของคานมาใช้ในการพิจารณาในการควบคุมตำแหน่งลูกบอลเพื่อให้มีค่าความผิดพลาดลดลง

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการค้นคว้าพัฒนา

ตัวควบคุมที่ใช้ในปัจจุบันนี้มีอยู่อีกหลายแบบ ควรศึกษาเพิ่มเติมว่ามีตัวควบคุมแบบใดบ้างที่เหมาะสมกับระบบควบคุมตำแหน่งลูกบอลบนคาน และควรรหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบซึ่งจะทำให้สามารถเลือกใช้และออกแบบตัวควบคุมได้ง่ายขึ้น อีกทั้งยังสามารถนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้ศึกษาไปเลียนแบบระบบจริง(Simulate) ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อทดสอบระบบที่ได้ออกแบบไว้ได้ก่อนการทำการทดลองจริงอีกด้วย

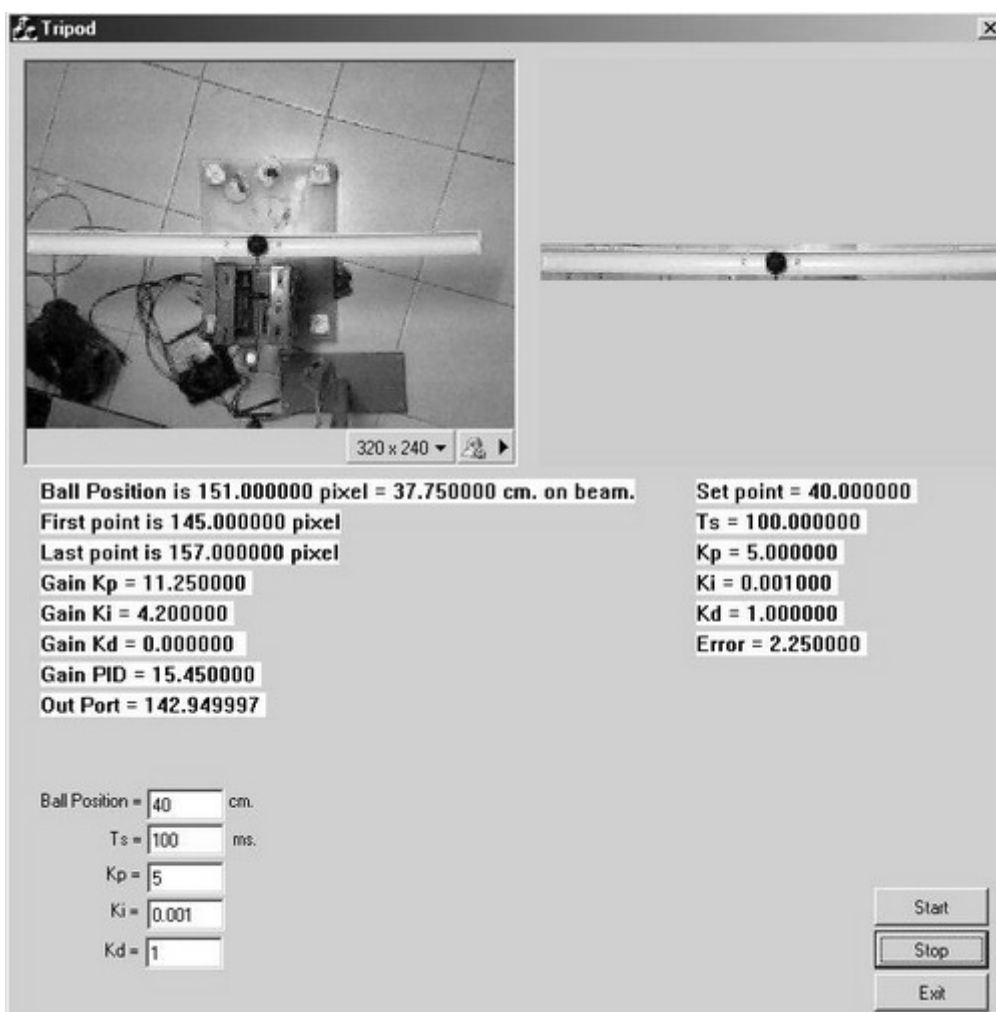
นอกจากนั้นโปรแกรมรับค่าจากกล้องดิจิทัลวิดีโอของ QCSDK ไม่สามารถใช้งานร่วมกับกล้องวิดีโออื่น ๆ หรือรุ่นอื่นๆ ของลอจิกเทคได้ จึงควรศึกษาหาโปรแกรมตัวใหม่เพื่อให้ใช้งานได้กับกล้องดิจิทัลวิดีโอที่หลากหลายขึ้น

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

โปรแกรมการประมวลผลภาพและโปรแกรมควบคุม

โปรแกรมวิซวลซีพลัสพลัส ซึ่งเขียนเพื่อใช้ในการตรวจสอบตำแหน่งลูกบอลและควบคุม ประกอบด้วย หน้าต่างเชื่อมต่อกับผู้ใช้(Graphical User Interface) ดังรูปที่ ก.1 และโค้ดโปรแกรม ดังต่อไปนี้



รูปที่ ก.1 หน้าต่างเชื่อมต่อกับผู้ใช้ในโปรแกรมการตรวจสอบตำแหน่งลูกบอลและควบคุม

```
// tripodDlg.cpp : implementation file
#include <conio.h>
#include "stdafx.h"
#include "tripod.h"
#include "tripodDlg.h"
#include "LVServerDefs.h"
```

```

#include <math.h>

#ifdef _DEBUG
#define new DEBUG_NEW
#undef THIS_FILE
static char THIS_FILE[] = __FILE__;
#endif

int count=0 , count1=0 , col , inc=0;

float data,error=0, err_n=0, err_o=0,Ts=0, Ki_o=0, Kp=0, Ki=0, Kd=0, PID=0, out_p=0, V_input=0, m, m1, m2, m3;

float induce[50], err[2000], Set_point, Kp_in, Ki_in, Kd_in, CompensatorL, CompensatorH;

float BCDH_Left,BCDH_Right,BCDL_Left,BCDL_Right,VLeftH,VLeftL,VRightH,VRightL;

struct _iobuf *textf, *textf1, *textf2;

////////////////////////////////////

// CAboutDlg dialog used for App About

class CAboutDlg : public CDialog
{
public:
    CAboutDlg();

// Dialog Data
    {{{AFX_DATA(CAboutDlg)
    enum { IDD = IDD_ABOUTBOX };
    }}}AFX_DATA

// ClassWizard generated virtual function overrides
    {{{AFX_VIRTUAL(CAboutDlg)
protected:
    virtual void DoDataExchange(CDataExchange* pDX); // DDX/DDV support
    }}}AFX_VIRTUAL

// Implementation
protected:

    {{{AFX_MSG(CAboutDlg)
    }}}AFX_MSG
    DECLARE_MESSAGE_MAP()
};

CAboutDlg::CAboutDlg() : CDialog(CAboutDlg::IDD)
{
    {{{AFX_DATA_INIT(CAboutDlg)
    }}}AFX_DATA_INIT
}

```

ภาคผนวก ข

เอกสารคู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ข.1 เอกสารคู่มือการใช้งาน DAC0832

ไอซี DAC0832 เป็นอุปกรณ์แปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อก 8 บิต มีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้



March 2002

DAC0830/DAC0832
8-Bit μ P Compatible, Double-Buffered D to A Converters

General Description

The DAC0830 is an advanced CMOS/Si-Cr 8-bit multiplying DAC designed to interface directly with the 8080, 8048, 8085, Z80[®], and other popular microprocessors. A deposited silicon-chromium R-2R resistor ladder network divides the reference current and provides the circuit with excellent temperature tracking characteristics (0.05% of Full Scale Range maximum linearity error over temperature). The circuit uses CMOS current switches and control logic to achieve low power consumption and low output leakage current errors. Special circuitry provides TTL logic input voltage level compatibility.

Double buffering allows these DACs to output a voltage corresponding to one digital word while holding the next digital word. This permits the simultaneous updating of any number of DACs.

The DAC0830 series are the 8-bit members of a family of microprocessor-compatible DACs (MICRO-DAC™).

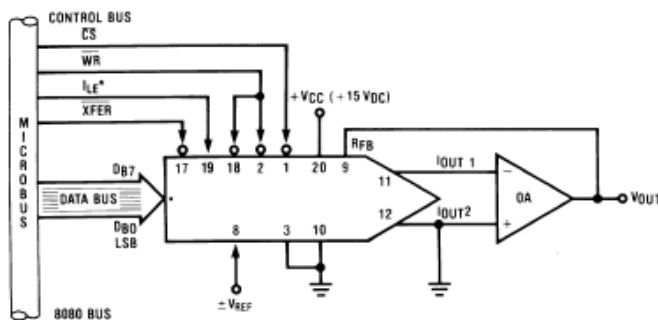
Features

- Double-buffered, single-buffered or flow-through digital data inputs
- Easy interchange and pin-compatible with 12-bit DAC1230 series
- Direct interface to all popular microprocessors
- Linearity specified with zero and full scale adjust only—NOT BEST STRAIGHT LINE FIT.
- Works with ± 10 V reference-full 4-quadrant multiplication
- Can be used in the voltage switching mode
- Logic inputs which meet TTL voltage level specs (1.4V logic threshold)
- Operates "STAND ALONE" (without μ P) if desired
- Available in 20-pin small-outline or molded chip carrier package

Key Specifications

- Current settling time: 1 μ s
- Resolution: 8 bits
- Linearity: 8, 9, or 10 bits (guaranteed over temp.)
- Gain Tempco: 0.0002% FS/°C
- Low power dissipation: 20 mW
- Single power supply: 5 to 15 V_{DC}

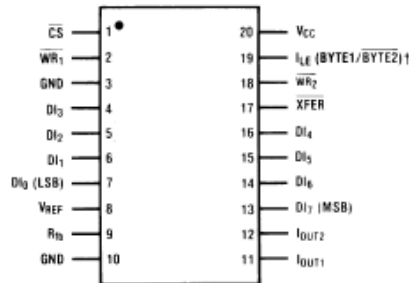
Typical Application



00560801

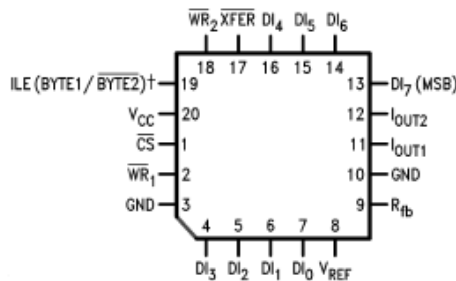
Connection Diagrams (Top Views)

Dual-In-Line and Small-Outline Packages



00560821

Molded Chip Carrier Package



00560822

Absolute Maximum Ratings (Notes 1, 2)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage (V_{CC})	17 V_{CC}
Voltage at Any Digital Input	V_{CC} to GND
Voltage at V_{REF} Input	$\pm 25V$
Storage Temperature Range	$-65^{\circ}C$ to $+150^{\circ}C$
Package Dissipation at $T_A=25^{\circ}C$ (Note 3)	500 mW
DC Voltage Applied to I_{OUT1} or I_{OUT2} (Note 4)	-100 mV to V_{CC}
ESD Susceptibility (Note 4)	800V
Lead Temperature (Soldering, 10 sec.)	

Dual-In-Line Package (plastic)	260°C
Dual-In-Line Package (ceramic)	300°C
Surface Mount Package Vapor Phase (60 sec.)	215°C
Infrared (15 sec.)	220°C

Operating Conditions

Temperature Range	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$
Part numbers with "LCN" suffix	$0^{\circ}C$ to $+70^{\circ}C$
Part numbers with "LCWM" suffix	$0^{\circ}C$ to $+70^{\circ}C$
Part numbers with "LCV" suffix	$0^{\circ}C$ to $+70^{\circ}C$
Part numbers with "LCJ" suffix	$-40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$
Part numbers with "LJ" suffix	$-55^{\circ}C$ to $+125^{\circ}C$
Voltage at Any Digital Input	V_{CC} to GND

เอกสารอ้างอิง

- [1] สิทธิศักดิ์ มณีแสง. “การควบคุมตำแหน่งลูกบอลบนคาน.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมระบบควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2545.
- [2] สິงวาล บกสุวรรณ, สุเมธ จันทร์ทำจิ้น. “ระบบติดตามวัตถุ.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมระบบควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2546.
- [3] ปิยะภูมิ สิทธิ์สูงเนิน, วราวุธ พรินทรากุล. “การควบคุมอากาศยานจำลอง.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมระบบควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2548.
- [4] ประจัน พลังสันติกุล. **เรียนรู้และใช้งาน CCS C คอมไพเลอร์ เขียนโปรแกรมภาษา C ควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC**. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพมหานคร : อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์. 2547.
- [5] นิรุช อำนวยศิลป์. **คู่มือการเขียนโปรแกรม Microsoft Visual C++ Version 6.0 ฉบับเพื่อการใช้งานจริง**. กรุงเทพมหานคร : ชัคเซส มีเดีย.