วิชา Data Communication Laboratory

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การทดลองที่ 6 การสร้างกราฟสัญญาณรูปแบบต่างๆ

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการใช้งานโปรแกรม MATLAB เบื้องต้น
2. เข้าใจการทำงานของคำสั่ง MATLAB เบื้องต้น
3. สามารถสร้างสัญญาณด้วยคำสั่ง MATLAB
4. ศึกษาการเขียนโปรแกรมบนบอร์ด Arduino
5. ทดลองการสร้างสัญญาณด้วยการเขียนโปรแกรมสั่งงานจากบอร์ด Arduino

MATLAB เบื้องต้น

MATLAB ย่อมาจาก MATrix LABoratory โดยพัฒนาโดย The Mathworks, Inc เป็นโปรแกรมที่ใช้นิยมใช้สำหรับการคำนวณทางวิศวกรรม และวิทยาศาสตร์ เนื่องจากมีฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ให้เลือกใช้หลากหลาย และมีการพัฒนาอยู่เสมอ สามารถใช้ทดสอบ และนำมาพัฒนาอัลกอริทึมต่อได้สะดวกรวดเร็ว ทั้งยังใช้ประมวลผลร่วมกับโปรแกรมอื่นได้ เช่น Fortran, Borland C/C++, Microsoft Visual C++ เป็นต้น ทั้งยังสามารถนำไปใช้งานด้านกราฟิก แสดงผลได้ทั้งภาพสองมิติ ภาพสามมิติ นำภาพมาต่อกันเพื่อแสดงภาพเคลื่อนไหว จุดเด่นที่สำคัญคือ MATLAB เป็นระบบ Interactive คือ ข้อมูลพื้นฐานส่วนใหญ่เป็น Matrix หรือ Array ที่ไม่ต้องกำหนดขนาด หรือมิติเหมือนโปรแกรมภาษาอื่น และมีส่วนที่เป็นโครงสร้างแบบจำลอง (Simulink) ให้ใช้งานสำหรับจำลองระบบต่างๆ

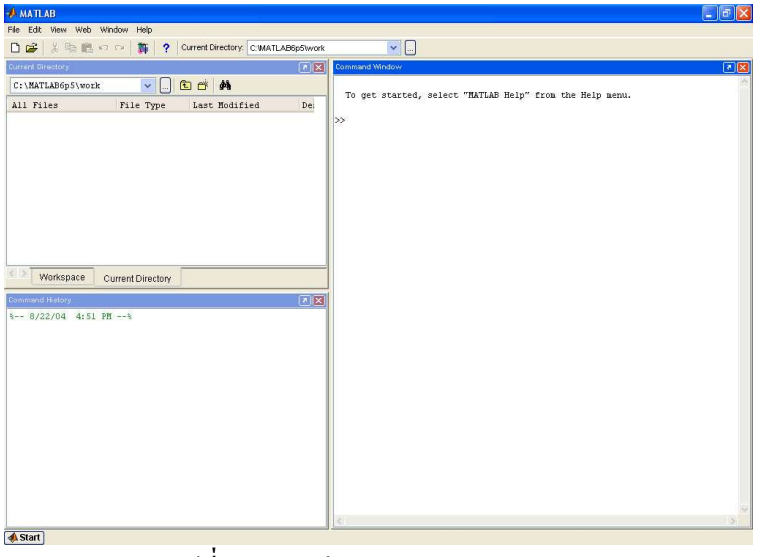
การใช้งานโปรแกรม MATLAB เบื้องต้น

หลังจากเปิดโปรแกรม MATLAB จะมีหน้าต่างซึ่งประกอบด้วยส่วนต่าง ได้แก่ Current Directory, Command History, Command Windows และอาจมีหน้าต่างอื่น ดังรูปที่ 6.1 ในส่วนของการทดลองนี้จะเริ่มกล่าวถึงการใช้งานส่วนที่เป็น Command Windows ซึ่งเป็นส่วนที่สั่งงานหลัก เพื่อการทำการคำนวณหรือเรียกใช้ฟังก์ชัน จะมีลักษณะเป็นส่วนต่อประสานแบบชุดคำสั่ง (Command Line Interface) โดยโปรแกรม MATLAB จะพร้อมใช้งานเมื่อมีเครื่องหมาย prompt ">>" ขึ้นมาสำหรับทำการคำนวณ หรือเรียกใช้คำสั่ง หรือใช้งานฟังก์ชัน

การคำนวณ

สามารถทำการคำนวณโดยใส่ค่าต่าง และเครื่องหมาย สัญลักษณ์สำหรับการกระทำทางคณิตศาสตร์เบื้องต้น ได้แก่ + บวก, - ลบ, * คูณ, / หาร, ^ ยกกำลัง ฯลฯ ได้ทันที

```
>> 19+1*29+1
ans =
    49
```



รูปที่ 6.1 แสดงโปรแกรม MATLAB

การใช้งานตัวแปร

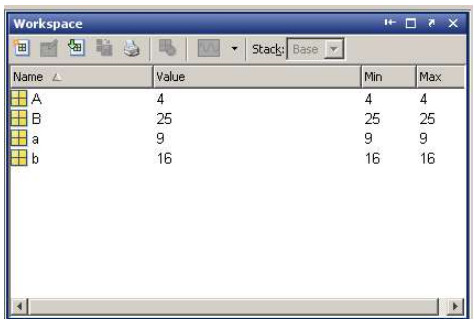
การกำหนดตัวแปรไม่จำเป็นต้องมีการประกาศตัวแปร และกำหนดชนิดของตัวแปร สามารถทำการการกำหนดค่า หรือตัวแปรต่างๆ ได้โดยกำหนดให้ตัวแปรมีค่า (และขนาดต่างๆ) ด้วยเครื่องหมาย “=” โดยการกำหนดชื่อตัวแปรจะต้องขึ้นต้นด้วยตัวอักษร และไม่ซ้ำกับคำเฉพาะ (ชื่อฟังก์ชันอื่น) โดยโปรแกรม MATLAB จะตีความหมายของตัวแปรที่เป็นตัวอักษรตัวใหญ่และตัวเล็กจะไม่เหมือนกัน (Case Sensitive) และสามารถเปลี่ยนชนิดตัวแปรโดยกำหนดค่าให้ใหม่ได้ทันที

```
>> ong = 19+1*29+1
ong =
    49
>> ong = 'Jirasak'
ong =
Jirasak
```

คำสั่ง who

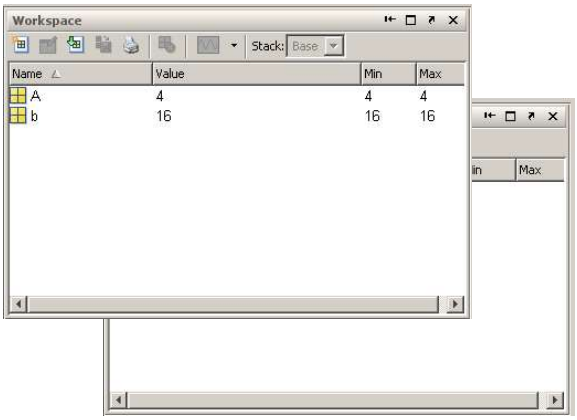
who เป็นคำสั่งเพื่อใช้ตรวจสอบว่ามีการใช้งานตัวแปรใดบ้าง (สามารถดูรายละเอียดของตัวแปรได้จากหน้าต่าง Workspace)

```
>> A = 2^2
A =
     4
>> a = 3^2
a =
     9
>> b = 4^2
b =
    16
>> B = 5^2
B =
    25
>> who
Your variables are:
A  B  a  b
```



คำสั่ง clear

เป็นคำสั่งเพื่อใช้ลบตัวแปรออก โดยสั่ง “clear ตามด้วยชื่อตัวแปร” หรือ “clear all” เพื่อลบตัวแปรทั้งหมดที่ใช้อยู่




```
>> who
Your variables are:
A  B  a  b
>> clear a B
>> who
Your variables are:
A  b
>> clear all
>> who
>>
```

การใช้เครื่องหมายเซมิโคลอน “;”

การใช้เครื่องหมาย “;” ตามหลังคำสั่งต่างๆ เพื่อกำหนดให้โปรแกรม MATLAB ไม่แสดงผลการทำงาน

```
>> a = 10;
>> A = 19
A =
    19
>> who
Your variables are:
A  b
```

ตัวแปร Vectors และ Matrices

การกำหนดตัวแปร Vectors และ Matrices เหมือนการกำหนดตัวแปรธรรมดา แต่จะเพิ่มการกำหนดในลำดับ และแถว โดยใช้เครื่องหมาย คอมมา “,” หรือเว้นวรรค (Space Bar) เพื่อกำหนดลำดับในแถว และใช้เครื่องหมายเซมิโคลอน “;” ในการแบ่งระหว่างแถว

การกำหนดแถว

```
>> row1 = [1 2 3 4]
row1 =
     1     2     3     4
>> row2 = [1, 2, 3, 4]
row2 =
     1     2     3     4
```

การกำหนดหลัก

```
>> column = [1; 2; 3]
column =
     1
     2
     3
```

การกำหนดทั้งลำดับและแถว Vs การสั่งสับเปลี่ยนระหว่าง แถว และ หลัก

```
>> x=[11 12 13 14; 21 22 23 24; 31 32 33 34]
x =
    11    12    13    14
    21    22    23    24
    31    32    33    34
```

```
>> y = x'
y =
    11    21    31
    12    22    32
    13    23    33
    14    24    34
```

การกำหนดตัวแปร Vectors และ Matrices ที่เป็นเชิงเส้น และการอ้างอิงค่าที่ตำแหน่งต่างๆ

การกำหนดตัวแปร Vectors และ Matrices ที่เป็นเชิงเส้น โดยการใช้เครื่องหมาย โคลอน ":"

การกำหนดตัวแปรที่เพิ่มค่าทีละ 1

โดยกำสามารถกำหนดโดยใช้เครื่องหมาย ":" ระหว่างค่าเริ่มต้นและค่าสุดท้ายในเครื่องหมาย []

```
>> a = [1:9]
a =
     1     2     3     4     5     6     7     8     9
>> b = [-9:-1]
b =
    -9    -8    -7    -6    -5    -4    -3    -2    -1
```

การกำหนดตัวแปรที่เพิ่มเป็นค่าคงที่

โดยกำสามารถกำหนดได้ดังนี้ [ค่าเริ่มต้น : ค่าที่เปลี่ยนแปลงไป : ค่าสุดท้าย]

```
>> test1 = [1:2:9]
test1 =
     1     3     5     7     9
>> test2 = [9:-2:-5]
test2 =
     9     7     5     3     1    -1    -3    -5
```

การอ้างอิงค่าที่ตำแหน่งต่างๆ

```
>> Ooo = [0:5:37]
Ooo =
     0     5    10    15    20    25    30    35
>> Ooo(4)
ans =
     15
>> test = [0:11:100;1:11:100]
test =
     0    11    22    33    44    55    66    77    88    99
     1    12    23    34    45    56    67    78    89   100
>> test(2,4)
ans =
    34
>> test(1,[2:5])
ans =
    11    22    33    44
```

การใช้เครื่องหมายสำหรับ Vector และ Matrix

เครื่องหมาย + , –

การบวก หรือ ลบ เมตริกซ์จะใช้เครื่องหมาย “+” หรือ “–” ซึ่งจะกระทำเหมือนกับการบวก (หรือลบ) เมตริกซ์ธรรมดาโดยจะนำค่าแต่ละตัวมาทำการบวกกัน (หรือลบกัน)

```
>> a = [5:2:15]
a =
     5     7     9    11    13    15
>> b = [5:-1:0]
b =
     5     4     3     2     1     0
>> a+b
ans =
    10    11    12    13    14    15
>> b-a
ans =
     0    -3    -6    -9   -12   -15
```

เครื่องหมาย * , /

การคูณ หรือ หาร เมตริกซ์จะใช้เครื่องหมาย “+” หรือ “–” ซึ่งจะกระทำเหมือนกับการคูณ (หรือหาร) เมตริกซ์ ซึ่งจากตัวอย่างที่ผ่านมาไม่สามารถใช้คำสั่ง a*b ได้เนื่องจากคูณเมตริก จำนวนหลักของตัวตั้งต้องเท่ากับจำนวนแถวของตัวคูณ จึงต้องใช้คำสั่ง a * b’ (เช่นเดียวกันไม่สามารถใช้คำสั่ง a/b’ ได้เช่นกัน)

```
>> a = [5:2:15]; b = [5:-1:0];
>> a * b'
ans =
   115
>> a / b
ans =
    2.0909
```

เครื่องหมาย .* , ./

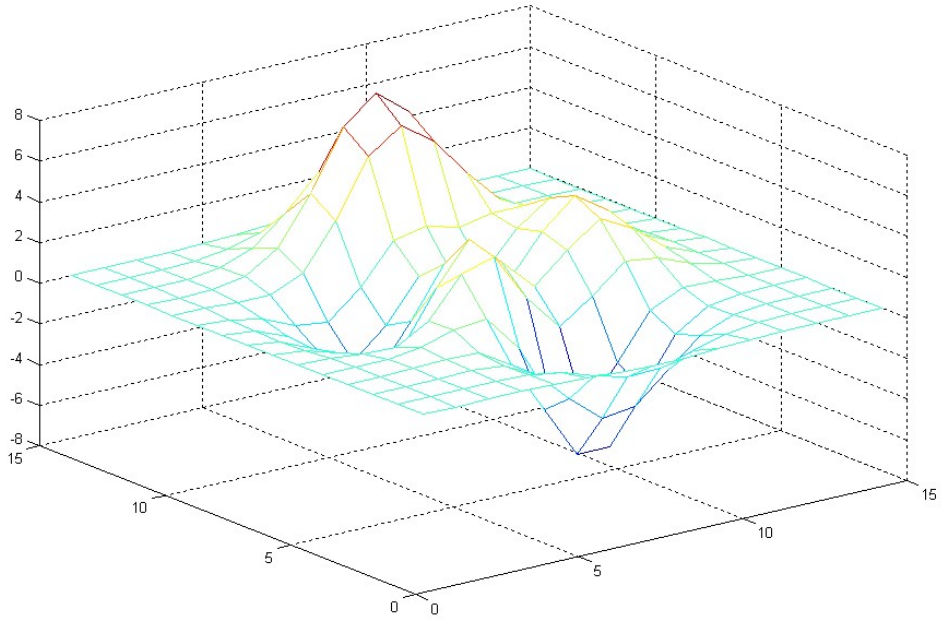
เป็นการสั่งให้เมตริก 2 เมตริกทำการคูณ หรือหารที่ตำแหน่งเดียวกัน (แถว หลัก เดียวกัน คูณหรือการกัน)

```
>> a = [5:2:15]; b = [5:-1:0];
>> a .* b
ans =
    25    28    27    22    13     0
>> b ./ a
ans =
    1.0000    0.5714    0.3333    0.1818    0.0769         0
```

การวาดกราฟ

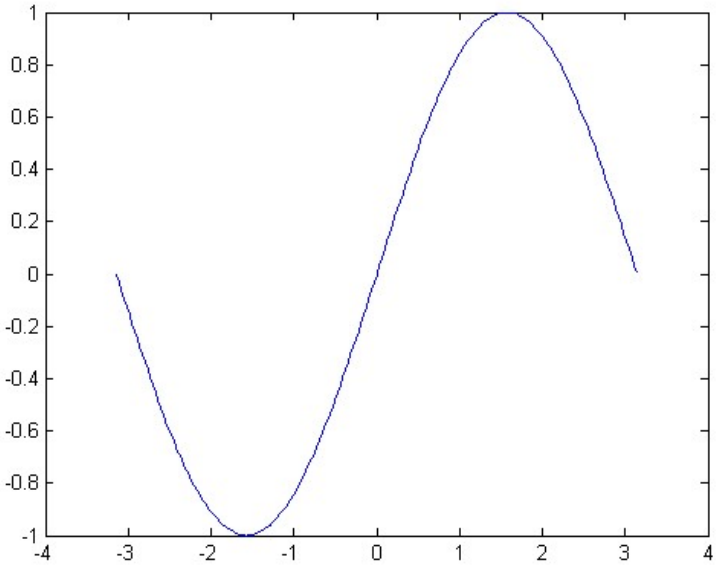
กราฟกล่าวได้ว่าเป็นสิ่งที่สำคัญในการวิเคราะห์ และแสดงผลของโปรแกรม MATLAB โดยสามารถวาดกราฟได้หลายชนิดทั้งสองมิติ และสามมิติ

```
>> mesh(peaks(15))
```



รูปที่ 6.2 แสดงการวาดกราฟจากคำสั่ง mesh(peaks(15))

```
>> x = [-pi : pi/100 : pi];
>> y = sin(x);
>> plot(x,y);
```



รูปที่ 6.3 แสดงการวาดกราฟจากคำสั่ง plot(x,y);

ตารางที่ 6.1 รูปแบบเส้น สัญลักษณ์ และสี สำหรับการวาดกราฟ

สีที่แสดง		สัญลักษณ์ที่ใช้		รูปแบบของเส้น	
สัญลักษณ์ที่ใช้	สี	สัญลักษณ์ที่ใช้	เครื่องหมาย	สัญลักษณ์ที่ใช้	รูปแบบเส้น
R	red	.	:	.	เส้นจุด
G	green	o	วงกลม	-	เส้นทึบ
B	blue	+	บวก	-.	เส้นประและจุด
c	cyan	x	กากบาท	--	เส้นประ
m	magenta	*	ดอกจัน		
y	yellow	s	สี่เหลี่ยม		
k	black	d	ข้าวหลามตัด		
w	write	v	สามเหลี่ยมล่าง		
		^	สามเหลี่ยมบน		
		>	สามเหลี่ยมขวา		
		<	สามเหลี่ยมซ้าย		

ตารางที่ 6.2 คำสั่งในรูปแบบการวาดกราฟสองมิติ

คำสั่ง	การทำงาน
`plot (x,y)`	วาดกราฟของ x, y
`plot (x,y,x,z)`	วาดกราฟของ x, y และ วาดกราฟของ x, z ในแกน x เดียวกัน
`subplot (m,n,p)`	แบ่งหน้าต่างรูปภาพเป็นหน้าต่างย่อย m แถว n หลัก และใช้ p เป็นลำดับการวาดกราฟ
`figure (n)`	สร้างหน้าต่างรูปภาพหมายเลข n
`clf`	ลบรูปภาพบนน้ำต่าง
`close (n)`	ลบหน้าต่างรูปภาพหมายเลข n
`close all`	ลบหน้าต่างรูปภาพทั้งหมด

ตารางที่ 6.3 คำสั่งการแบ่งเสกล

คำสั่ง	การทำงาน
`axis([xmain xmax ymain ymax])`	กำหนดค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดในแกน x และแกน y
`axis([xmain xmax ymain ymax zmin zmax])`	กำหนดค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดในแกน x แกน y และแกน z
`X =axis`	การหาค่าค่าสูงสุด และค่าต่ำสุด ในแกนต่างๆ
`grid on`	การเพิ่มเส้น grid ให้แกนปัจจุบัน
`grid off`	ยกเลิกเส้น grid ให้แกนปัจจุบัน

ตารางที่ 6.4 คำสั่งการแบ่งเสกล

คำสั่ง	การทำงาน
`title ('????')`	ตั้งชื่อหัวเรื่องกราฟ
`xlable ('????')`	เขียนข้อความที่แกน x
`ylable ('????')`	เขียนข้อความที่แกน y
`zlable ('????')`	เขียนข้อความที่แกน z
`gtext ('????')`	เขียนข้อความที่ตำแหน่งเมาส์ชี้
`text ('????')`	เขียนข้อความที่ตำแหน่ง x y

ตารางที่ 6.5 คำสั่งการวาดกราฟเส้น 3 มิติ

คำสั่ง	การทำงาน
`plot3 (x,y,z)`	การเขียนกราฟ 3 มิติ
`plot3 (x1,y1,z1,S1, x2,y2,z2,S2, x3,y3,z3,S3)`	

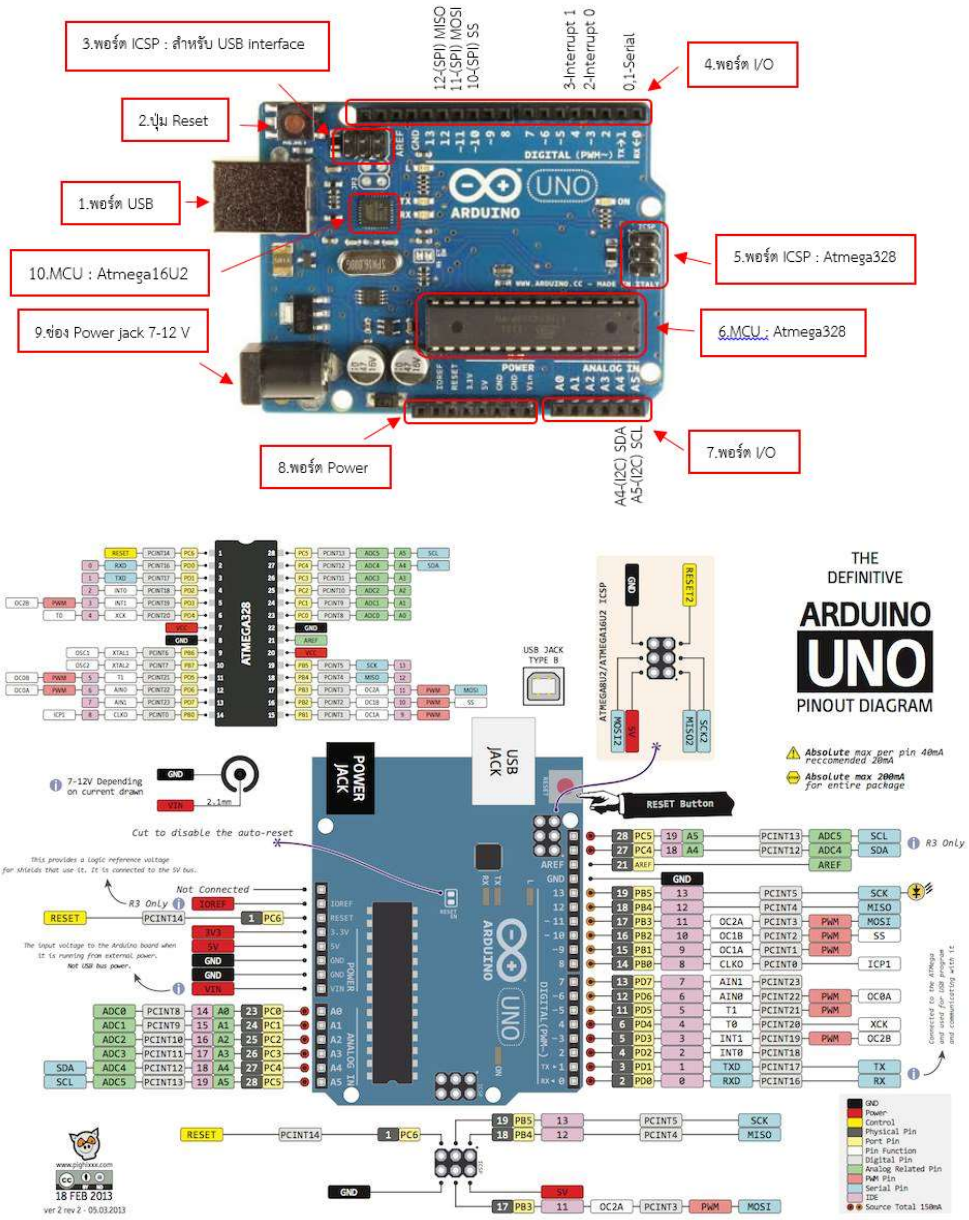
สามารถศึกษาการวาดกราฟอื่นได้ โดยการใช้ Help ดูคำสั่งต่างๆ เช่น contour, contour3, pcolor (การวาดกราฟเส้นโครงร่าง), mesh, meshc, meshz (การวาดกราฟพื้นผิวร่างแห), surf, surfc (การวาดกราฟพื้นผิว), ฯลฯ

การเขียนโปรแกรมลงบน Arduino

Arduino อ่านว่า (อา-ดู-อิ-โน่ หรือ อาดุยโน่) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือ มีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software โดยสามารถใช้งานได้ง่ายและสามารถใช้ในติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกผ่านทางขา I/O ของบอร์ดได้ง่าย โดยขา I/O ของ บอร์ด ประกอบด้วย (โครงสร้างบอร์ด Arduino UNO R3 แสดงในรูปที่ 6.4)

1. ขารองรับสัญญาณ Analog (A0-A5) จำนวน 6 ขา
2. ขารองรับสัญญาณ Digital (0-13) จำนวน 14 ขา ซึ่งบางขาสามารถโปรแกรมให้สร้างสัญญาณ Pulse Width Modulation (PWM) (3, 5-6, 9-11) จำนวน 6 ขา

การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของบอร์ด Arduino สามารถเขียนผ่านทาง Arduino IDE ภาษาที่ใช้จะเป็น ภาษา C ที่มีโครงสร้างการเขียนพื้นฐานที่แตกต่างจากภาษา C ทั่วไป คือ จะมีการทำงานแบบวนทำซ้ำ (loop) ตั้งแต่โปรแกรมบรรทัดแรก จนถึง บรรทัดสุดท้าย ใน `loop()` หลังจากนั้นจะวนกลับมาเริ่มทำงานบรรทัดแรกอีกครั้ง



รูปที่ 6.4 โครงสร้างบอร์ด Arduino UNO R3 (http://www.myarduino.net)

โครงสร้างโปรแกรมจะแบ่งเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย

1. ส่วนหัวโปรแกรม ซึ่งคล้ายกับภาษา C ทั่วไป ประกอบด้วย พรีโปรเซสเซอร์ไดเร็คทีฟ (Preprocessing Directives) ตัวแปรชนิดโกบอล (Global Variable) เป็นต้น ซึ่งในเขียนการโปรแกรม Arduino พื้นฐานหากไม่ใช้ก็ไม่จำเป็นต้องมี
2. ส่วนตัวโปรแกรมต้องประกอบด้วยฟังก์ชั่นหลัก 2 ฟังก์ชั่น ได้แก่
    1) ส่วน `setup()` เป็นส่วนตั้งค่าการทำงาน เช่น ตั้งค่าการสื่อสารระหว่างบอร์ด Arduino กับคอมพิวเตอร์ ผ่านทาง Serial communication หรือ ตั้งค่ารูปแบบของขา I/O เป็นต้น
    2) ส่วน `loop()` เป็นส่วนการทำงานของโปรแกรมจริงที่วนทำซ้ำตลอด

คำสั่งเบื้องต้นในการเขียนโปรแกรมเพื่อติดต่อกับ I/O

1. **pinMode(pin, mode)** ใช้กำหนด mode การทำงานให้กับขา I/O ที่ต้องการใช้

   เมื่อ `pin` : หมายเลขขา I/O ของบอร์ดที่ต้องการกำหนด

   `mode` : เลือกเป็น INPUT, OUTPUT หรือ INPUT_PULLUP

2. **digitalWrite(pin, logic)** ใช้ส่งข้อมูล Digital ไปยังขา I/O ที่ต้องการ

   เมื่อ `pin` : หมายเลขขา I/O ของบอร์ดที่ต้องการใช้ส่งข้อมูล

   `logic` : ข้อมูลที่ต้องการส่ง HIGH หรือ LOW

3. **digitalRead(pin)** ใช้อ่านค่าข้อมูล Digital จากขา I/O ที่ต้องการ

   เมื่อ `pin` : หมายเลขขา I/O ของบอร์ดที่ต้องการใช้รับข้อมูลหลังจาก Return ค่า โดยมีสถานะข้อมูล เป็น HIGH หรือ LOW

4. **analogWrite(pin, duty)** ใช้ส่งข้อมูล Analog PWM ไปยังขา I/O ที่ต้องการ

   เมื่อ `pin` : หมายเลขขา I/O ของบอร์ดที่ต้องการใช้ส่งข้อมูล

   `duty` : ความกว้างของ Active pulse (PWM duty cycle) ตั้งแต่ 0 – 255 (8 bits)

   หมายเหตุ ความถี่ของสัญญาณ PWM ของขา 3, 9-11 ประมาณ 490 Hz

   ความถี่ของสัญญาณ PWM ของขา 5-6 ประมาณ 980 Hz

5. **analogRead(pin)** ใช้อ่านค่าข้อมูล Analog จากขา I/O ที่ต้องการ

   เมื่อ `pin` : หมายเลขขา I/O ของบอร์ดที่ต้องการใช้รับข้อมูลหลังจาก Return ค่า

   หมายเหตุ เนื่องจากส่วนแปลงสัญญาณจาก Analog-to-Digital (ADC) ของบอร์ด Arduino UNO R3 มีความเร็วที่ไม่สูงมากอยู่ที่ประมาณ 80 KHz (เมื่อไม่มีคำสั่งอื่นๆ) และ มีความละเอียดอยู่ที่ 0-1024 (10 bits) รับสัญญาณ Analog อยู่ในช่วง 0-5 Volt (ไม่สามารถให้สัญญาณติดลบได้) ทำให้ความละเอียดของสัญญาณที่อ่านได้ อยู่ที่ 5V / 1024 หน่วย หรือ 0.0049V / หน่วย โดยความละเอียดนี้สามารถปรับเปลี่ยนได้โดยใช้คำสั่ง `analogReference()` บอร์ด Arduino จะใช้เวลาในการอ่านข้อมูล Analog (รับข้อมูล Analog และแปลเป็น Digital) ประมาณ 100 ms (0.0001 s) ทำให้อัตราการอ่านข้อมูลสูงสุดได้เพียง 10,000 ครั้ง / วินาที เท่านั้น

   ถ้าขา Analog ไม่มีการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ใด จะทำให้ค่าที่อ่านได้จากคำสั่ง `analogRead()` เป็นค่าไม่แน่นอน

6. **analogReference(Type)** ใช้ในการตั้งค่า Voltage อ้างอิงสูงสุดของ Analog input เมื่อกำหนดค่า Type เป็น

   DEFAULT : จะใช้ค่า 5V สำหรับบอร์ดที่จ่ายไฟ 5V และ 3.3V สำหรับบอร์ดที่จ่ายไฟ 3.3V

   INTERNAL : จะใช้ค่าอ้างอิงภายในบอร์ด 1.1V สำหรับ ATmega168 / ATmega328 และ 2.56V volts สำหรับ the ATmega8 (ไม่ใช้กับบอร์ด Arduino Mega)

   INTERNAL1V1 : จะใช้ค่าอ้างอิงภายในบอร์ด 1.1V สำหรับบอร์ด Arduino Mega เท่านั้น

   INTERNAL2V56 : จะใช้ค่าอ้างอิงภายในบอร์ด 2.56V สำหรับบอร์ด Arduino Mega เท่านั้น

   EXTERNAL : จะใช้ค่าอ้างอิงภายนอกบอร์ดที่รับมาจากขา AREF (0 - 5V)

   หมายเหตุ ถ้าเลือกใช้ Type = EXTERNAL จากขา AREF ต้องตั้งค่า ก่อนเรียกใช้ `analogRead()` มิฉะนั้นจะทำให้เกิดการเชื่อม Active Reference Voltage (Internal Reference) กับ External Reference (AREF) ทำให้

Microcontroller ของบอร์ดพังได้ เพื่อป้องการการตั้งค่าผิดพลาด สามารถต่อเชื่อมตัวต้านทาน 5K ที่ขา AREF เพื่อลดผลกระทบได้

7. **delay(time)** ใช้ในการหยุดโปรแกรมตามเวลาที่กำหนด โดยวัดเป็น Millliseconds (unsigned long)
8. **millis()** จะให้ค่าเวลาหน่วย Miliseconds (unsigned long) ตั้งแต่บอร์ดเริ่มรันโปรแกรมปัจจุบัน Description ซึ่งจะวนกลับไปที่ 0 หลังจากเวลาผ่านไปประมาณ 50 วัน
9. **sin(rad)** ให้ค่า sine ของมุมที่กำหนด (rad) หน่วยเป็น Radian ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1

การทดลองที่ 6.1 การใช้คำสั่ง MATLAB บน Command Windows และ บน Editor (M-File)

1. ให้นักศึกษาพิมพ์คำสั่งต่อไปนี้บน Command Windows แล้วอธิบายผลที่ได้

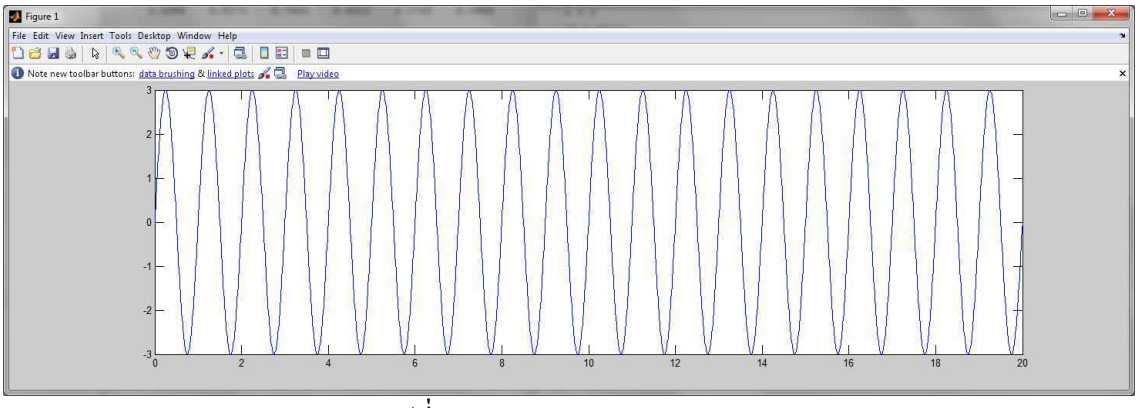
```
>> clear all;
>> close all;
>> A = [1:10]
>> B = [1:100]/10
>> C = [1:0.1:10]
>> D = [0.1:0.1:10]
```

2. เลือก File => New => Blank M-File หลักจากนั้นให้นักศึกษาพิมพ์คำสั่งต่อไปนี้บน Editor (M-File) แล้วเลือก Debug => Run ทดสอบการทำงาน พร้อมอธิบายผลที่ได้

```
clear all;
close all;
x = [0:10]
m = -2
c = 3
y1 = m*x+c
y2 = c.^x
figure (1)
plot (x,y1)
figure (2)
plot (x,y1)
figure (3)
subplot(2,1,1), plot (x,y1)
subplot(2,1,2), plot (x,y2)
figure (4)
subplot(1,2,1), plot (x,y1)
subplot(1,2,2), plot (x,y2)
```

3. ให้นักศึกษาทดลองสร้างสัญญาณ Sine Wave ที่ความถี่ 1 Hz ขนาด 3 Volt ตามค่าเวลา t = [0:20] แล้วแสดงผลกราฟสัญญาณด้วยคำสั่ง plot บน Editor (M-File)

4. ให้นักศึกษาพิมพ์คำสั่งบน Command Windows (แก้คำสั่งในข้อ 3.) เพื่อให้ได้ผลดังรูปที่ 6.5



รูปที่ 6.5 สัญญาณ $3\sin(2\pi t)$

5. เชิญอาจารย์ตรวจการทดลอง

.....

ลายเซ็นอาจารย์ผู้ตรวจการทดลอง

การทดลองที่ 6.2 การสร้าง Pulse Wave บน Arduino

1. ให้นักศึกษาเขียนโปรแกรมบนบอร์ด Arduino UNO R3 ดังนี้

   1.1. ส่วนหัวโปรแกรมให้กำหนดแปรดังนี้

   1) `zeta` เป็น Array ชนิด `float` เก็บค่ามุม 4 มุม ได้แก่ (0°, 90°, 180°, 270°)

   2) `S` เป็น Array ชนิด `float` สำหรับเก็บค่าสัญญาณ Sine ของมุมต่างๆ

   3) `pwmDuty` เป็น Array ชนิด `uint16_t` สำหรับเก็บค่า Duty Cycle ของ สัญญาณ PWM

   1.2. ส่วนฟังก์ชั่น setup()

   1) ให้ตั้งค่าขา Digital ที่ต้องการสร้างสัญญาณ Pulse Width Modulation (PWM) โดยสามารถเลือก pin_number (3, 5-6, 9-11) ด้วยคำสั่งรูปดังนี้

```
Serial.begin(115200);
pinMode(pin number, OUTPUT);
```

   2) ทำการคำนวณค่า `S[i]` และ `pwmDuty[i]`เพื่อนำไปใช้ต่อในฟังก์ชั่น loop() โดยที่

   - ให้ **`S[i]` เก็บค่าจากการคำนวณค่า Sine ของมุมต่างๆ** ได้แก่ 0°, 90°, 180° และ 270°
   - ให้ **`pwmDuty[i]` เก็บค่า Duty Cycle ของ สัญญาณ PWM Pulse** (0 <= Duty Cycle <= 255) ตามค่า Sine ที่ได้จาก `S[i]`
   - **Debug ค่า `S[i]` และ `pwmDuty[i]`** แต่ละลำดับด้วยคำสั่ง `Serial.println();` บันทึกค่าที่สัมพันธ์กับ `zeta` ต่างๆ

   _____

   _____

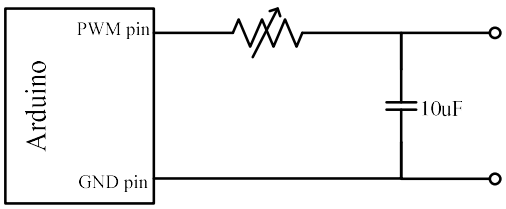
   _____

   _____

   1.3. ส่วนฟังก์ชั่น loop() ให้เขียนโปรแกรมเพื่อวนแสดงค่า PWM Pulse จากข้อ 1.2 ทีละชุดด้วยคำสั่ง

```
for(int i=0; i<4; i++){
  analogWrite(pin number, pwmDuty[i]);
  delayMicroseconds(4000);
}
```

2. ต่อวงจร Low Pass Filter เพื่อกรองสัญญาณความถี่ต่ำ โดยด้วยตัวต้านทานปรับค่าได้ 10KΩ **(ต้องบัดกรีสายไฟที่ขาตัวต้านทานปรับค่า)** และ ตัวเก็บประจุขนาด 10 µF ดังรูปที่ 6.6 แล้วใช้ Oscilloscope Ch1 วัดสัญญาณตกคร่อม C กับ Ground และ Ch2 วัดสัญญาณตกคร่อม PWM กับ Ground ปรับค่าตัวต้านทานปรับค่า เพื่อให้สัญญาณที่ Ch1 ใกล้เคียง Sine Wave มากที่สุด



รูปที่ 6.6 วงจร Low Pass Filter

3. ให้นักศึกษาวาดรูปกราฟของสัญญาณและเปรียบเทียบความแตกต่างของสัญญาณที่ได้จากข้อ 1 (Ch2) และ ข้อ 2 (Ch1)

4. ทำการทดลองเพิ่มเติม โดยปรับเปลี่ยนโปรแกรมให้เพิ่มจำนวนมุมที่คำนวณค่าองศา Sine เป็นจำนวน 8 และ 16 มุม และคำนวณค่าของ PWM ที่สัมพันธ์กัน
5. ให้นักศึกษาวาดรูปกราฟของสัญญาณ และเปรียบเทียบความแตกต่างของสัญญาณที่ตกคร่อม C เมื่อจำนวนมุมเป็น 4, 8 และ 16 มุม

6. เชิญอาจารย์ตรวจการทดลอง

.....

ลายเซ็นอาจารย์ผู้ตรวจการทดลอง

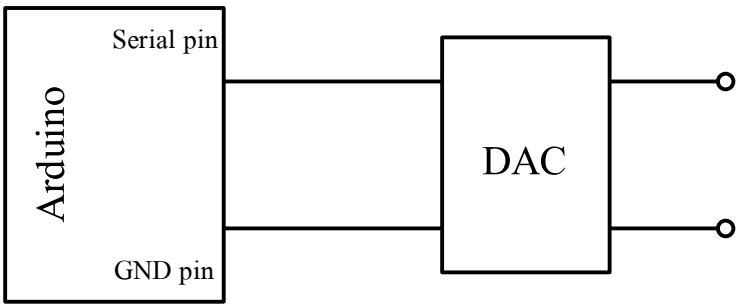
การทดลองที่ 6.3 การสร้าง Sine Wave บน Arduino

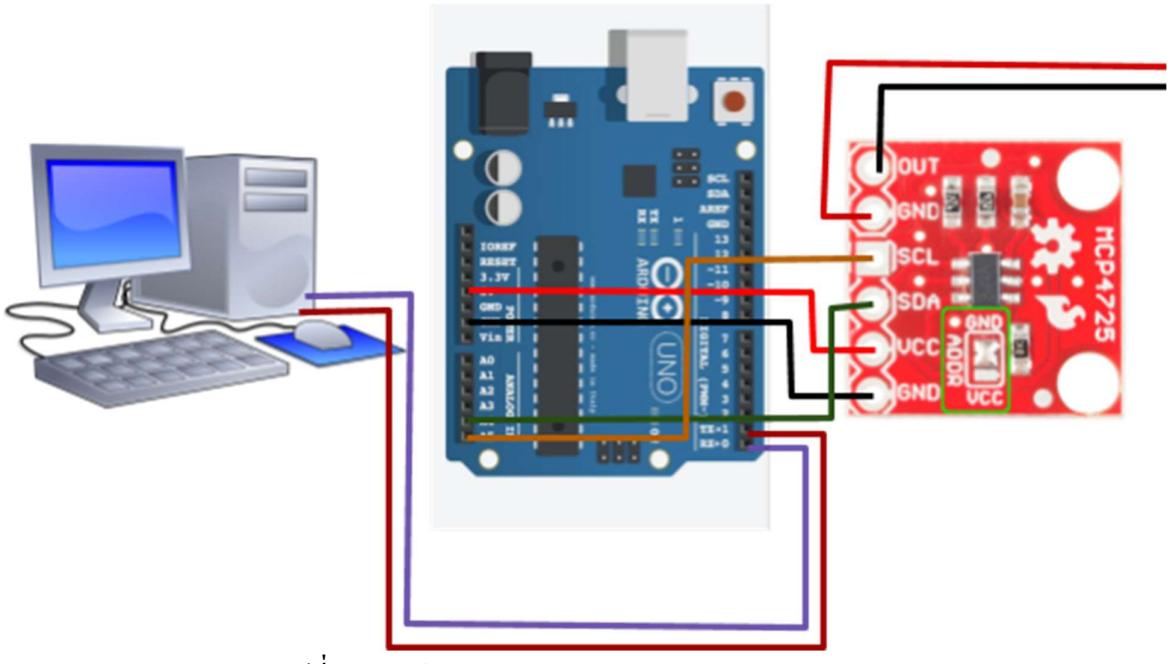
1. Download Library Adafruit เพื่อใช้ส่งสัญญาณติดต่อกับ วงจร DAC (MCP4725) จาก

   https://learn.adafruit.com/mcp4725-12-bit-dac-tutorial/using-with-arduino

   https://github.com/adafruit/Adafruit_MCP4725

   https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/mcp4725-12-bit-dac-tutorial.pdf





รูปที่ 6.7 การต่อ Arduino กับ วงจร DAC (MCP4725)

2. ให้นักศึกษาเขียนโปรแกรมบนบอร์ด Arduino UNO R3 ดังนี้

   2.1. ส่วนหัวโปรแกรม

   1) ให้เขียนโปรแกรมดังนี้

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_MCP4725.h>
Adafruit_MCP4725 dac;
int delay0;

#define defaultFreq   1700        // dac speed
#define freq0         500         // sine wave frequency
```

   2) <u>พร้อมกำหนดตัวแปรอื่นที่จำเป็น</u>

2.2. ส่วนฟังก์ชั่น setup()

1) ให้ตั้งค่า Serial Communication และการเชื่อมต่อวงจรแปลงสัญญาณ Digital-to-Analog (DAC: MCP4725 12-Bit Digital to Analog (DAC) Converter I2C Interface Module) ดังนี้

```
void setup(void)
{
      Serial.begin(115200); // set buadrate serial
      dac.begin(0x62);      // set to default For MCP4725A1
      //dac.begin(0x64);    // set For MCP4725A2
      //dac.begin(0x60);    // set For MCP4725A0
      delay0 = (1000000/freq0 - 1000000/defaultFreq)/4;
                            // delay for period of sine
      Serial.print("delay0 is ");
      Serial.println(delay0);
}
```

2) ทำการคำนวณค่า S[i] และ S_DAC[i] เพื่อนำไปใช้ต่อในฟังก์ชั่น loop() โดยที่

- ให้ **S[i] เก็บค่าจากการคำนวณค่า Sine ของมุมต่างๆ** ได้แก่ 0°, 90°, 180° และ 270°
- ให้ **S_DAC[i] เก็บค่า Sine ที่ได้** ในรูปแบบของ Digital ขนาด 12 บิต เพื่อส่งให้วงจร DAC ($0 \leq DAC \leq 4095$)
- **Debug ค่า S[i] และ S_DAC[i]** แต่ละลำดับด้วยคำสั่ง `Serial.println();`

2.3. ส่วนฟังก์ชั่น loop() ให้เขียนโปรแกรมเพื่อส่งสัญญาณ Sine จากมุมต่างๆ ไปยังยังวงจร DAC ด้วยคำสั่ง

```
for(int i=0 ; i<4 ; i++){
    dac.setVoltage(S_DAC[i], false);
    delayMicroseconds(delay0);       // สำหรับ sine freq0
}
```

3. ทำการทดลองเพิ่มเติม โดยปรับโปรแกรมในข้อ 2 ให้เพิ่มจำนวนมุมที่คำนวณค่าองศา Sine เป็นจำนวน 8, 16 และ 32 มุม ที่ความถี่ `freq0` = 500 Hz เท่าเดิม
4. ให้นักศึกษา**วาดรูปกราฟของสัญญาณ** และอธิบายความแตกต่างของสัญญาณที่ได้ เมื่อจำนวนมุมเป็น 4 และ 16 มุม ที่ความถี่ `freq0` = 500 Hz

5. ทำการทดลองเพิ่มเติม โดยเขียนโปรแกรมสร้างสัญญาณ Sine จำนวน 32 มุม ที่ความถี่ `freq0` เป็น 500, 1,000 และ 5,000 Hz ตามลำดับ
6. ให้นักศึกษาวาดรูปกราฟของสัญญาณ และอธิบายความแตกต่างของสัญญาณที่ได้จากข้อ 5 เมื่อส่งค่า Sine ที่ความถี่ 500 และ 5,000 Hz

7. สรุป และวิเคราะห์ผลการทดลอง

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

8. เชิญอาจารย์ตรวจการทดลอง

.....

ลายเซ็นอาจารย์ผู้ตรวจการทดลอง