ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางข้อมูลการทดลอง

ตาราง ก.1 ตารางการแปลงลาปลาซและการแปลงลาปลาซผกผัน

	f(t)	F(s)
1	Unit impulse $\delta(t)$	1
2	Unit step $1(t)$	$\frac{1}{s}$
3	t	$\frac{1}{s^2}$
4	$\frac{t^{n-1}}{(n-1)!} \quad (n = 1, 2, 3, \ldots)$	$\frac{1}{s^n}$
5	$t^n \quad (n = 1, 2, 3, \ldots)$	$\frac{n!}{s^{n+1}}$
6	e^{-at}	$\frac{1}{s+a}$
7	te^{-at}	$\frac{1}{(s+a)^2}$
8	$\frac{1}{(n-1)!}t^{n-1}e^{-at} \quad (n = 1, 2, 3, \ldots)$	$\frac{1}{(s+a)^n}$
9	$t^n e^{-at} \quad (n = 1, 2, 3, \ldots)$	$\frac{n!}{(s+a)^{n+1}}$
10	$\sin \omega t$	$\frac{\omega}{s^2+\omega^2}$
11	$\cos \omega t$	$\frac{s}{s^2+\omega^2}$
12	$\sinh \omega t$	$\frac{\omega}{s^2-\omega^2}$

ตาราง ก.1 ตารางการแปลงลาปลาซและการแปลงลาปลาซผกผัน (ต่อ)

	f(t)	F(s)
13	cosh ωt	$\frac{s}{s^2-\omega^2}$
14	$\frac{1}{a}\left(1-e^{-at}\right)$	$\frac{1}{s(s+a)}$
15	$\frac{1}{b-a}\left(e^{-at}-e^{-bt}\right)$	$\frac{1}{(s+a)(s+b)}$
16	$\frac{1}{b-a}\left(be^{-bt}-ae^{-at}\right)$	$\frac{s}{(s+a)(s+b)}$
17	$\frac{1}{ab}\left[1+\frac{1}{a-b}\left(be^{-at}-ae^{-bt}\right)\right]$	$\frac{1}{s(s+a)(s+b)}$
18	$\frac{1}{a^2}\left(1-e^{-at}-ate^{-at}\right)$	$\frac{1}{s(s+a)^2}$
19	$\frac{1}{a^2}\left(at-1+e^{-at}\right)$	$\frac{1}{s^2(s+a)}$
20	$e^{-at}\sin\omega t$	$\frac{\omega}{(s+a)^2+\omega^2}$
21	$e^{-at}\cos\omega t$	$\frac{s+a}{(s+a)^2+\omega^2}$
22	$\frac{\omega_n}{\sqrt{1-\zeta^2}}e^{-\zeta\omega_n t}\sin\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}\,t$	$\frac{\omega_n^2}{s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2}$
23	$-\frac{1}{\sqrt{1-\zeta^2}}e^{-\zeta\omega_n t}\sin\left(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}\,t-\phi\right)$ $\phi=\tan^{-1}\frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\zeta}$	$\frac{s}{s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2}$

ตาราง ก.1 ตารางการแปลงลาปลาซและการแปลงลาปลาซผกผัน (ต่อ)

	f(t)	F(s)
24	$1-\frac{1}{\sqrt{1-\zeta^2}}e^{-\zeta\omega_n t}\sin\left(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}\,t+\phi\right)$ $\phi=\tan^{-1}\frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\zeta}$	$\frac{\omega_n^2}{s(s^2+2\zeta\omega_n s+\omega^2)}$
25	$1-\cos\omega t$	$\frac{\omega^2}{s(s^2+\omega^2)}$
26	$\omega t-\sin\omega t$	$\frac{\omega^3}{s^2(s^2+\omega^2)}$
27	$\sin\omega t-\omega t\cos\omega t$	$\frac{2\omega^3}{(s^2+\omega^2)^2}$
28	$\frac{1}{2\omega}t\sin\omega t$	$\frac{s}{(s^2+\omega^2)^2}$
29	$t\cos\omega t$	$\frac{s^2-\omega^2}{(s^2+\omega^2)^2}$
30	$\frac{1}{\omega_2^2-\omega_1^2}\left(\cos\omega_1 t-\cos\omega_2 t\right)\quad\left(\omega_1^2\neq\omega_2^2\right)$	$\frac{s}{(s^2+\omega_1^2)(s^2+\omega_2^2)}$
31	$\frac{1}{2\omega}\left(\sin\omega t+\omega t\cos\omega t\right)$	$\frac{s^2}{(s^2+\omega^2)^2}$

ตาราง ก.2 ตารางคุณลักษณะของการแปลงลาปลาซ

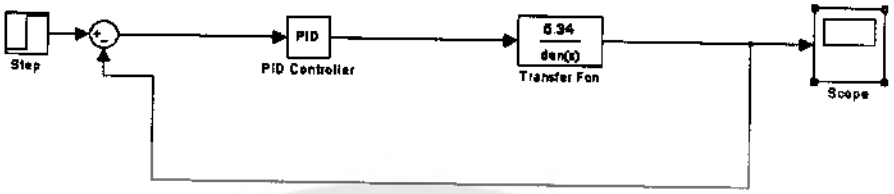
1	$\mathcal{L}[Af(t)] = AF(s)$
2	$\mathcal{L}[f_1(t) \pm f_2(t)] = F_1(s) \pm F_2(s)$
3	$\mathcal{L} \pm \left[\frac{d}{dt} f(t)\right] = sF(s) - f(0\pm)$
4	$\mathcal{L} \pm \left[\frac{d^2}{dt^2} f(t)\right] = s^2F(s) - sf(0\pm) - f(0\pm)$
5	$\mathcal{L} \pm \left[\frac{d^n}{dt^n} f(t)\right] = s^nF(s) - \sum_{k=1}^{n} s^{n-k} f^{(k-1)}(0\pm)$ where $f(t)^{(k-1)} = \frac{d^{k-1}}{dt^{k-1}} f(t)$
6	$\mathcal{L} \pm \left[\int f(t)dt\right] = \frac{F(s)}{s} + \frac{\left[\int f(t)dt\right]_{t=0\pm}}{s}$
7	$\mathcal{L} \pm \left[\iint f(t)dt\,dt\right] = \frac{F(s)}{s^2} + \frac{\left[\int f(t)dt\right]_{t=0\pm}}{s^2} + \frac{\left[\iint f(t)dt\,dt\right]_{t=0\pm}}{s^2}$
8	$\mathcal{L} \pm \left[\int \cdots \int f(t)(dt)^n\right] = \frac{F(s)}{s^n} + \sum_{k=1}^{n} \frac{1}{s^{n-k+1}} \left[\int \cdots \int f(t)(dt)^k\right]_{t=0\pm}$
9	$\mathcal{L}\left[\int_0^t f(t)dt\right] = \frac{F(s)}{s}$
10	$\int_0^x f(t)dt = \lim_{s\to 0} F(s)$ if $\int_0^x f(t)dt$ exits

ตาราง ก.2 ตารางคุณลักษณะของการแปลงลาปลาซ (ต่อ)

11	$\mathcal{L}\left[e^{-at}f(t)\right] = F(s+a)$
12	$\mathcal{L}\left[f(t-\alpha)h(t-\alpha)\right] = e^{-\alpha s}F(s) \qquad \alpha \geq 0$
13	$\mathcal{L}\left[tf(t)\right] = \frac{dF(s)}{ds}$
14	$\mathcal{L}\left[t^2 f(t)\right] = \frac{d^2}{ds^2}F(s)$
15	$\mathcal{L}\left[t^n f(t)\right] = (-1)^n \frac{d^n}{ds^n}F(s) \qquad n = 1,2,3,\ldots$
16	$\mathcal{L}\left[\frac{1}{t}f(t)\right] = \int_s^\infty F(s)ds$
17	$\mathcal{L}\left[f\left(\frac{t}{a}\right)\right] = aF(as)$

ภาคผนวก ข

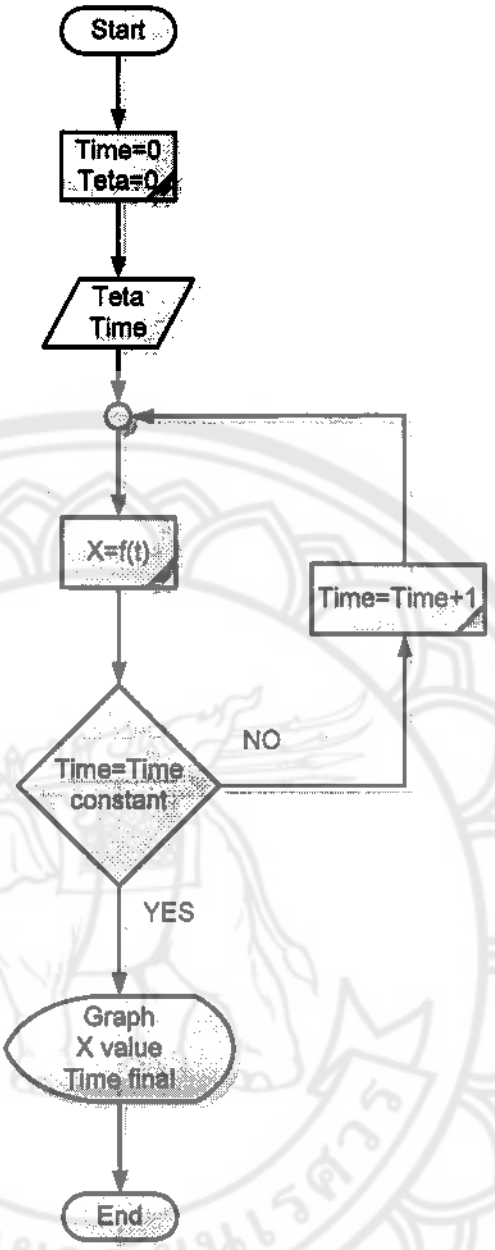
กราฟข้อมูลการทดลอง



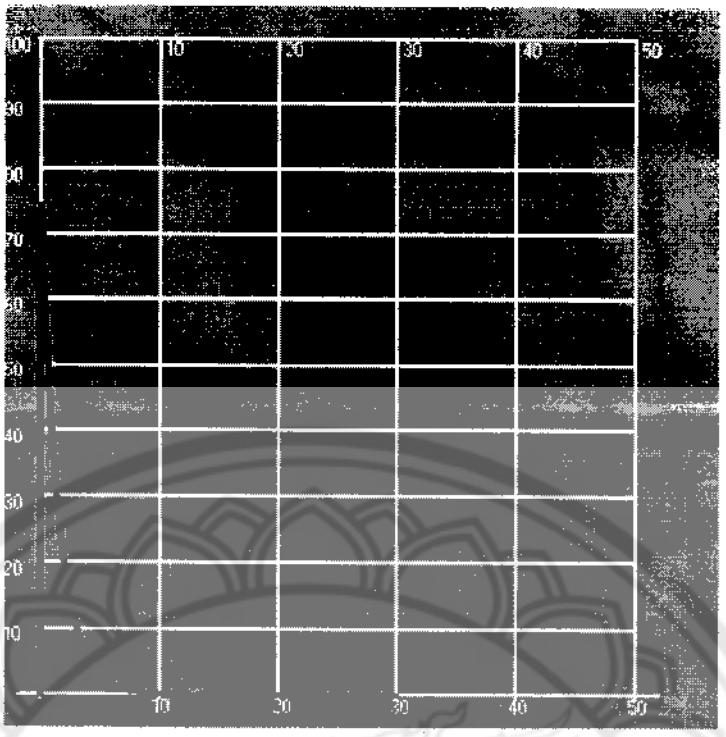
รูปที่ ข.1 ไดอะแกรมรูปกล่องของระบบควบคุมการทรงตัวของตุ๊กตาล้มลุก

รูปที่ ข.2 กราฟแสดงผลการทดลอง

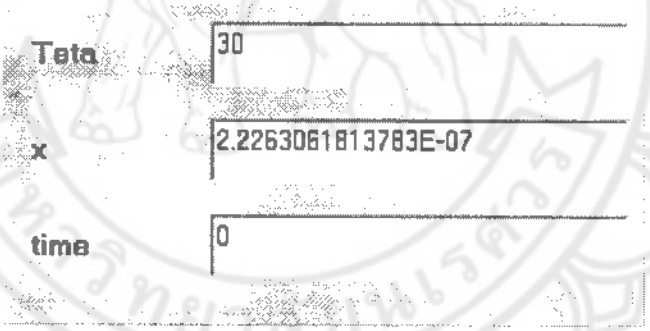
กำหนดค่า $k_p = 8$, $k = 1$, $k_d = 4$



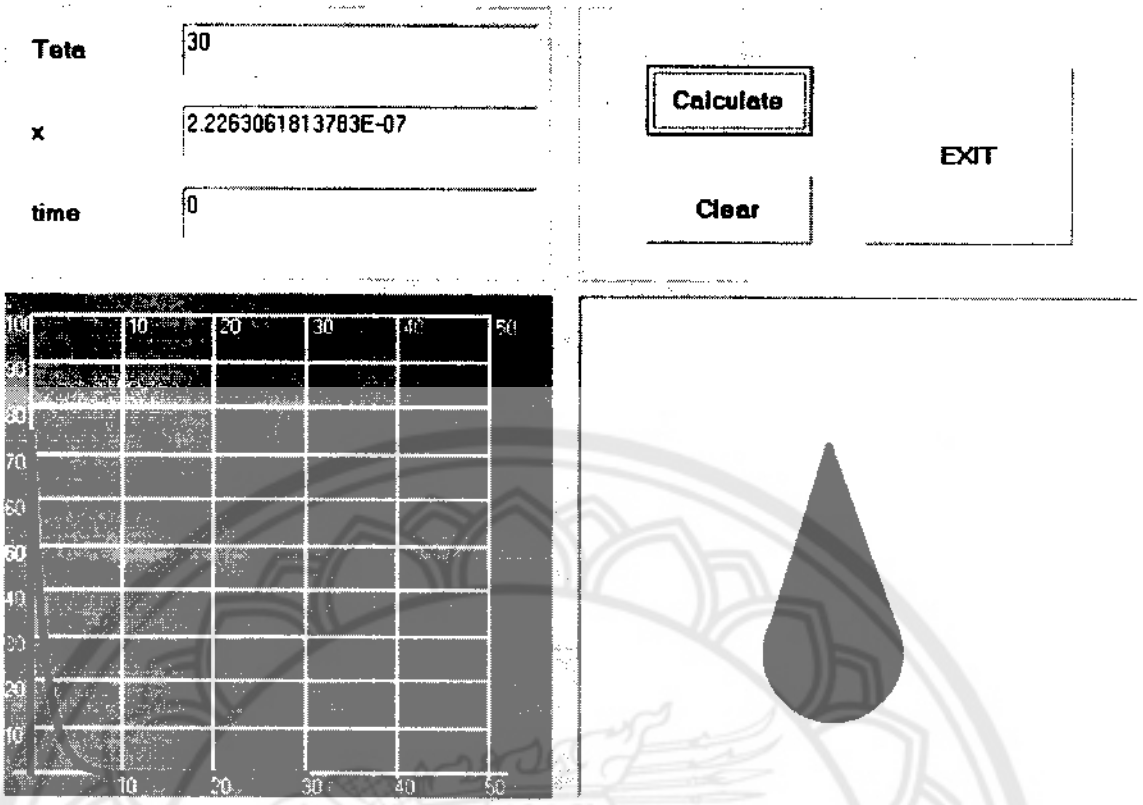
รูปที่ ข.3ลำดับขั้นตอนการทำงานฎปรแกรม Visual Basic 6.0



รูปที่ ข.4 กราฟผลการทดลองจากโปรแกรม Visual basic 6.0



รูปที่ ข.5 ตารางแสดงผลการทดลองจากโปรแกรม Visual basic 6.0



รูปที่ ข.6 โปรแกรมจำลองการควบคุมการทรงตัวของตุ๊กตาล้มลุก

ภาคผนวก ค

วิธีการเขียนโปรแกรม Visual Basic 6.0

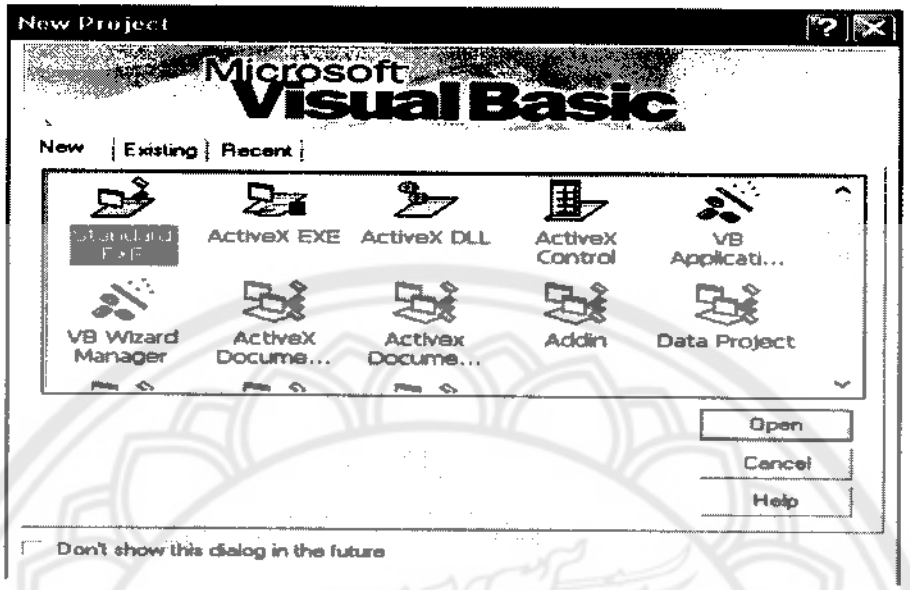
1. วิธีการเขียนโปรแกรม Visual Basic 6.0

1.1 เปิดโปรแกรม Visual Basic 6.0

คลิกที่ Start แล้วเลือกที่ Microsoft Visual Basic 6.0

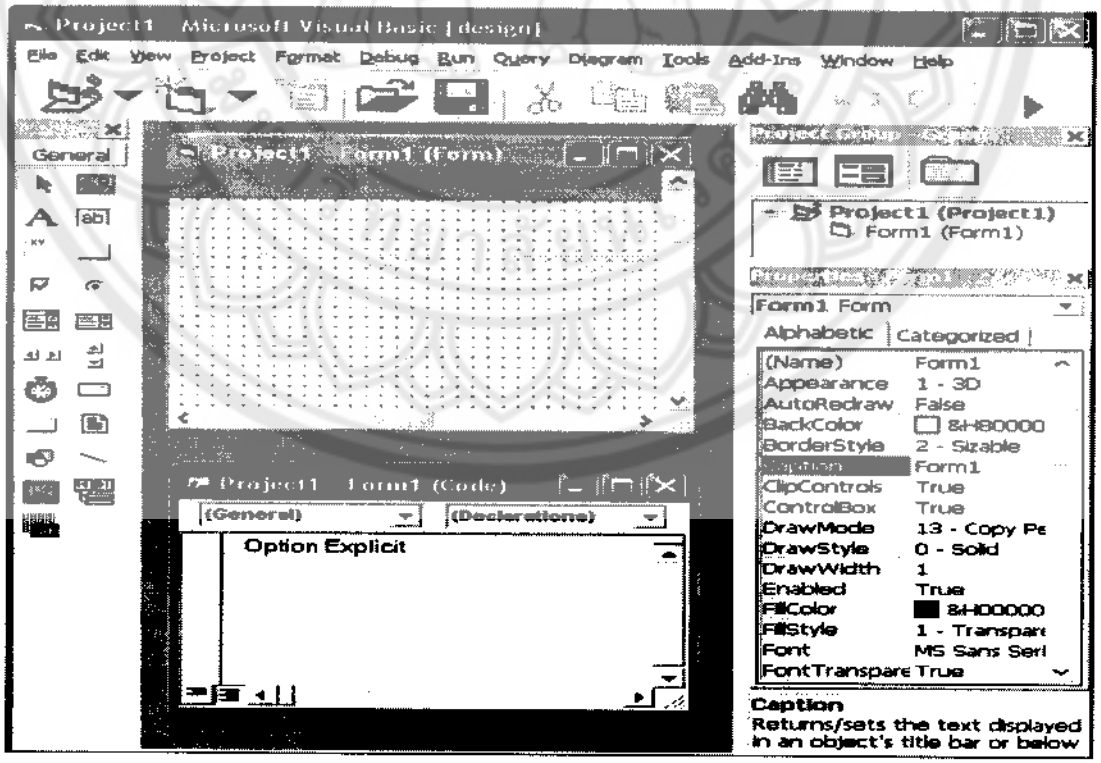
รูป ค.1 แสดงการเปิดโปรแกรม Visual Basic 6.0

หลังจากที่เปิดโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว เราจะพบกับไดอะล็อก New Project ให้คลิกเลือก Standard EXE แล้วคลิกปุ่ม Open



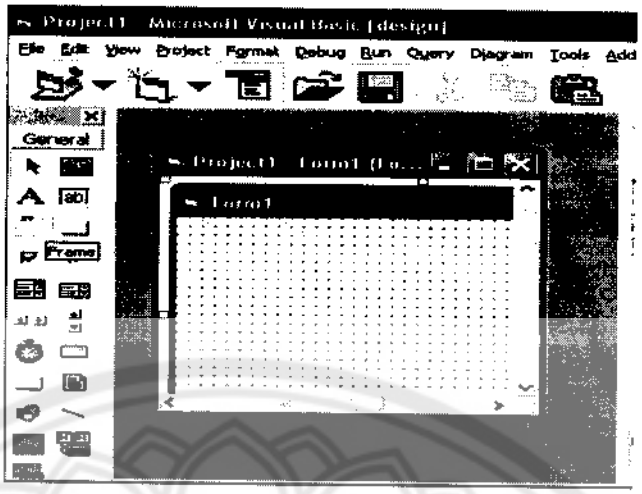
รูป ค.2 แสดงไดอะล็อก New Project

จากนั้นเราก็จะพบหน้าจอการทำงานของ Visual Basic



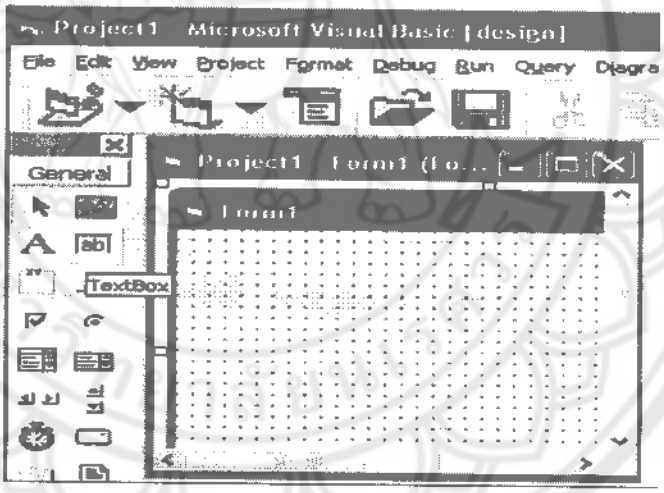
รูป ค.3 แสดงหน้าจอการทำงานของ Visual Basic 6.0

1.2 ดับเบิ้ลคลิกที่ Frame สองครั้ง



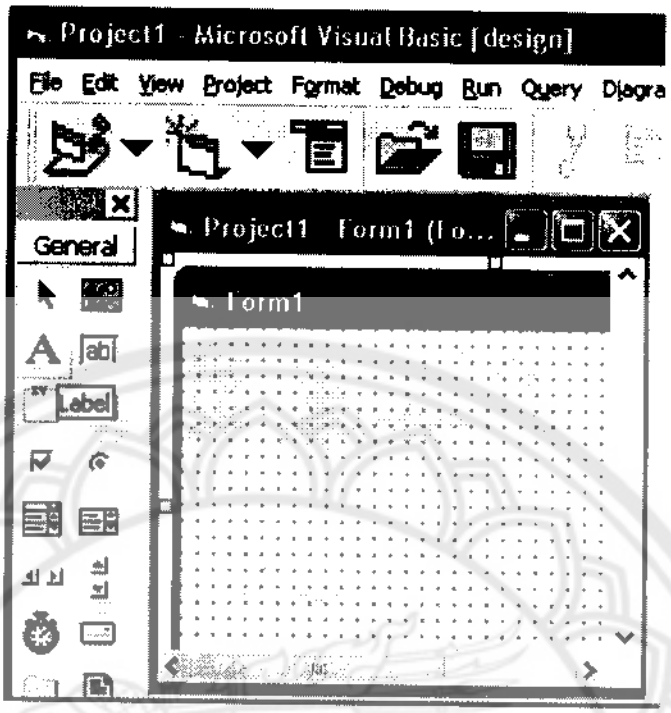
รูป ค.4 แสดงการใช้ Form

1.3 ดับเบิ้ลคลิกที่ TextBox สามครั้ง



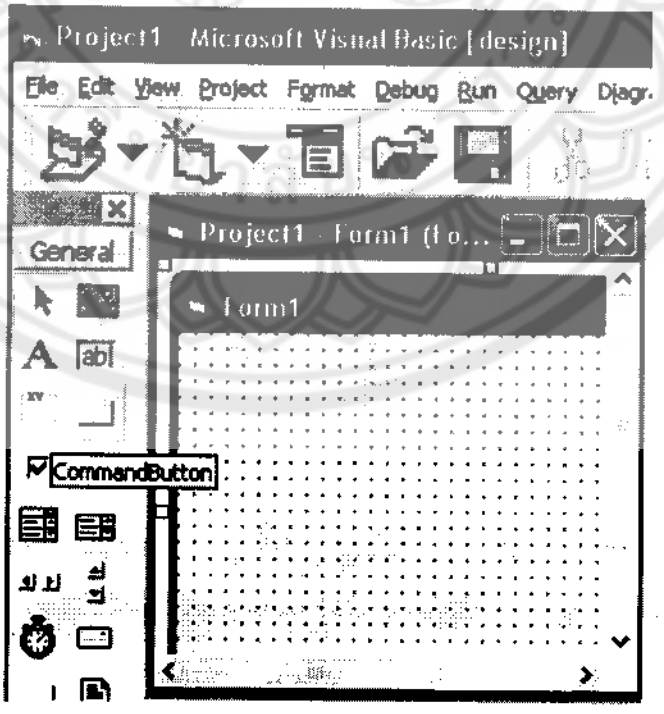
รูป ค.5 แสดงขั้นตอนการใช้ Form

1.4 ดับเบิ้ลคลิกที่ Label สามครั้ง



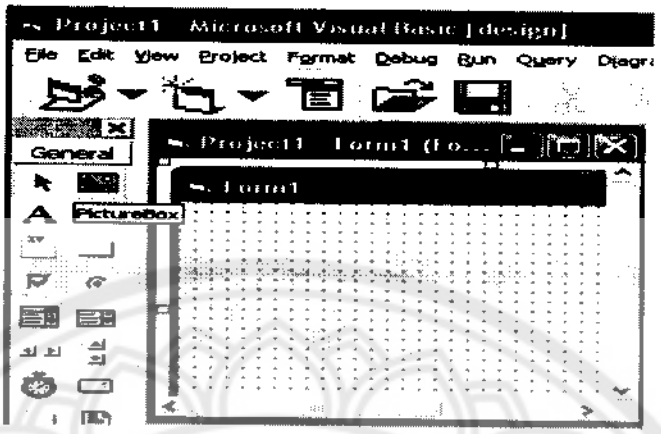
รูป ค.6 แสดงการใช้ Lab

1.5 ดับเบิ้ลคลิกที่ Button สามครั้ง



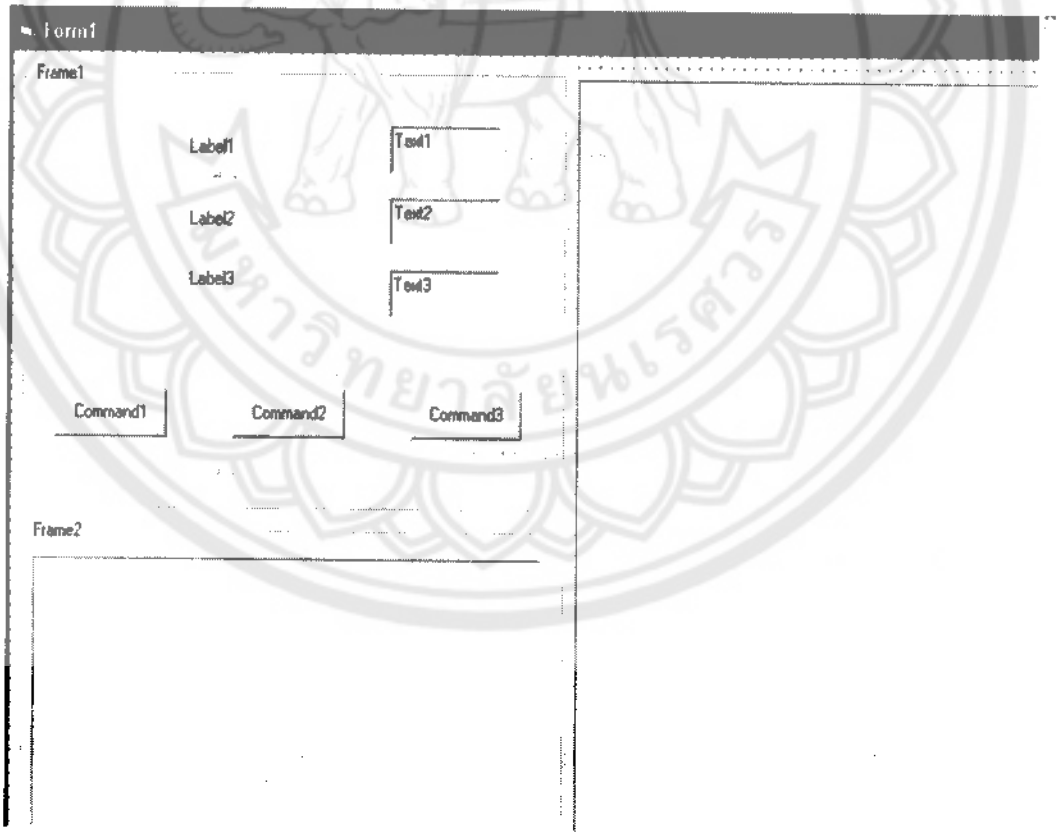
รูป ค.7 แสดงขั้นตอนการใช้ Lab

1.6 ดับเบิ้ลคลิกที่ Picture Box สองครั้ง



รูป ค.8 แสดงขั้นตอนการใช้ Picture Box

1.7 จัดรูปแบบของ Form ให้เป็นดังรูป ค.9



รูป ค.9 แสดงขั้นตอนการจัดรูปแบบ Form

1.8 กำหนดค่าให้กับพร็อพเพอร์ตี้ต่างๆ ของฟอร์มและคอนโทรลดังนี้

ออบเจ็กต์/คอนโทรล	พร็อพเพอร์ตี้	ค่าที่กำหนด
Form	Name	Non.ME
	Caption	โปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของลูกบอลบนคาน
	BorderStyle	1-Fixed Single
Button1	Name	CmdCalc
	Caption	Calculation
Button2	Name	CmdClear
	Caption	Clear
Button3	Name	CmdExit
	Caption	Exit
Text1	Name	txtPosition
	Caption	
	MaxLenth	2
Text2	Name	txtTime
	Caption	
Text3	Name	txtTime2
	Caption	Text3
Balel1	Name	lblPosition
	Caption	ป้อนตำแหน่งที่ต้องการให้ลูกบอลเคลื่อนที่ไป
Balel2	Name	lblTime
	Caption	ป้อนเวลาเริ่ม
Balel3	Name	lblTime2
	Caption	แสดงเวลาที่ลูกบอลลู่เข้าตำแหน่งที่ต้องการ
Frame1	Name	Frame1
	Caption	ป้อนค่าและคำนวณ

รูป ค.10 ตารางค่าพร็อพเพอร์ตี้ต่างๆ ของฟอร์มและคอนโทรล

1.8 กำหนดค่าให้กับพร็อพเพอร์ตี้ต่างๆ ของฟอร์มและคอนโทรลดังนี้ (ต่อ)

ออบเจ็กต์/คอนโทรล	พร็อพเพอร์ตี้	ค่าที่กำหนด
Picture1	Name	P1
	Caption	P1
Image	Name	Image1
	Caption	Image1

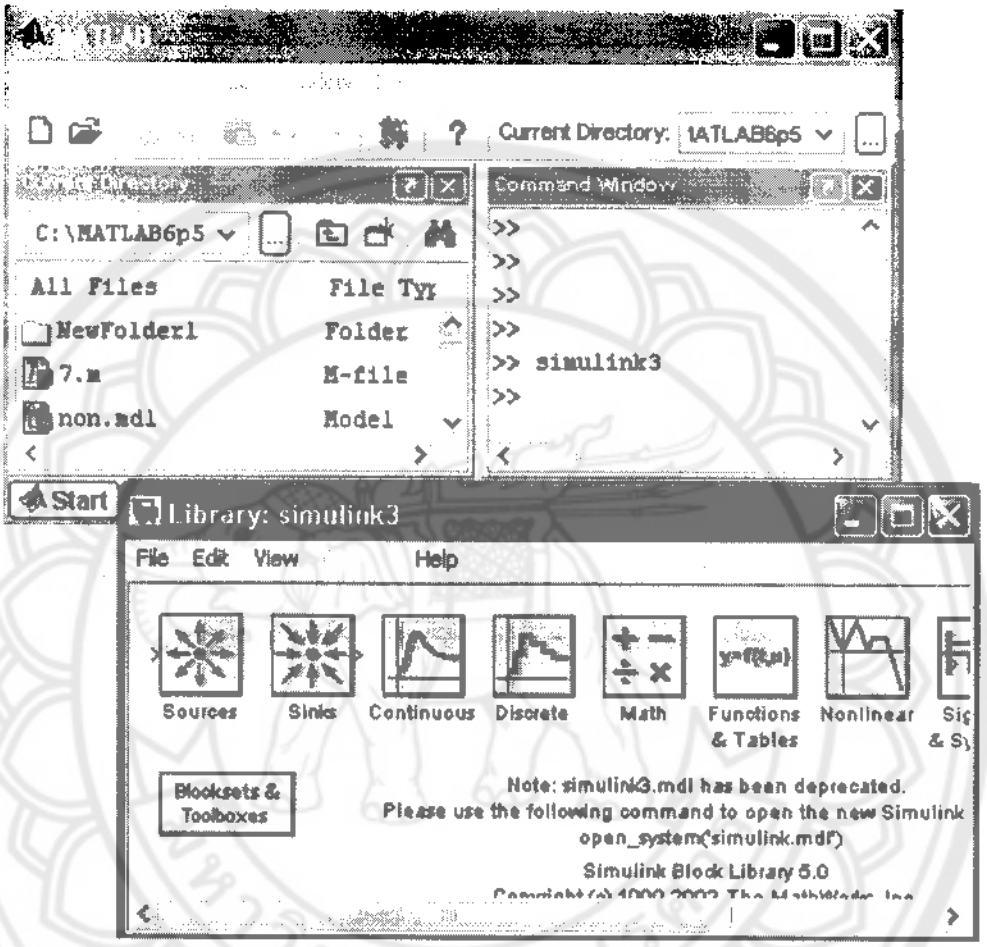
รูป ค.10 ตารางค่าพร็อพเพอร์ตี้ต่างๆ ของฟอร์มและคอนโทรล (ต่อ)

ภาคผนวก ง

วิธีประมวลผลโดยใช้โปรแกรม MATLAB

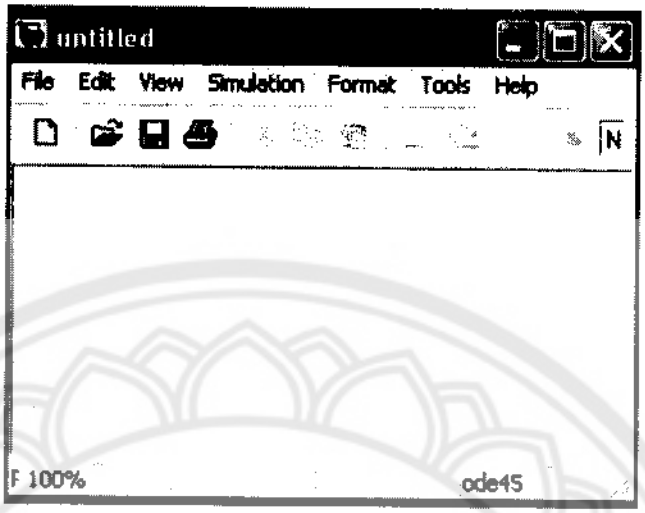
1. การใช้ Simulink

1.1 เปิดโปรแกรม MATLAB ขึ้นมาใช้งานให้พิมพ์คำว่า Simulink 3 บนหน้าต่างคำสั่งก็จะปรากฏหน้า ต่าง Library Simulink ดังรูป ง.1



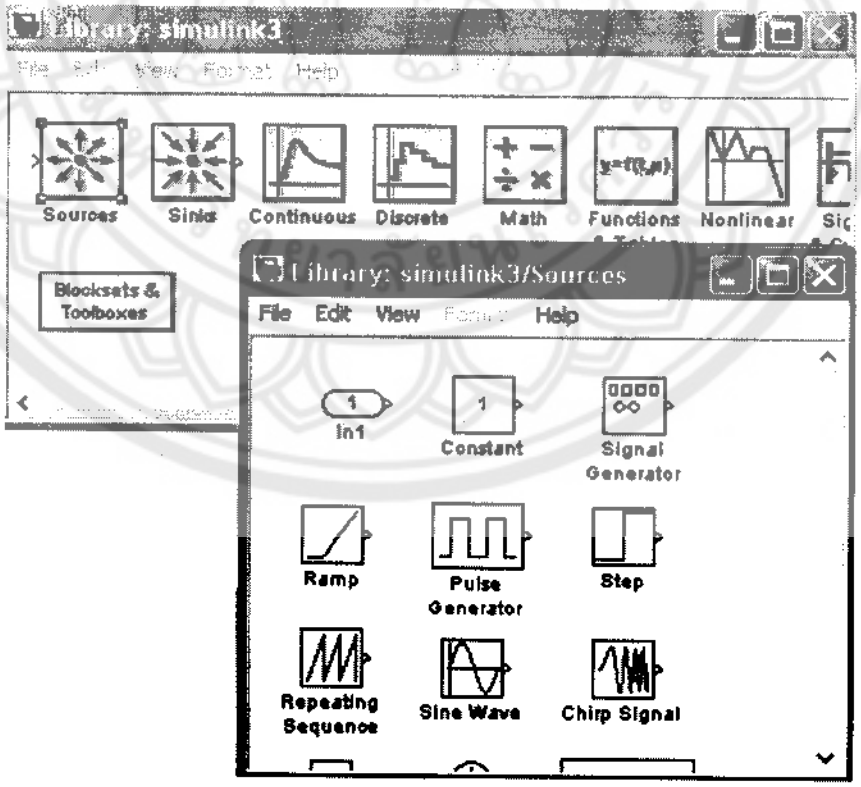
รูป ง.1 แสดงการเปิด Simulink

1.2 จากนั้นให้คลิกที่คำว่า File ที่หน้าต่าง Library Simulink แล้วคลิกเลือก New_Model เราก็จะได้หน้า Workspace ชื่อ Untitled ดังรูป ง.2



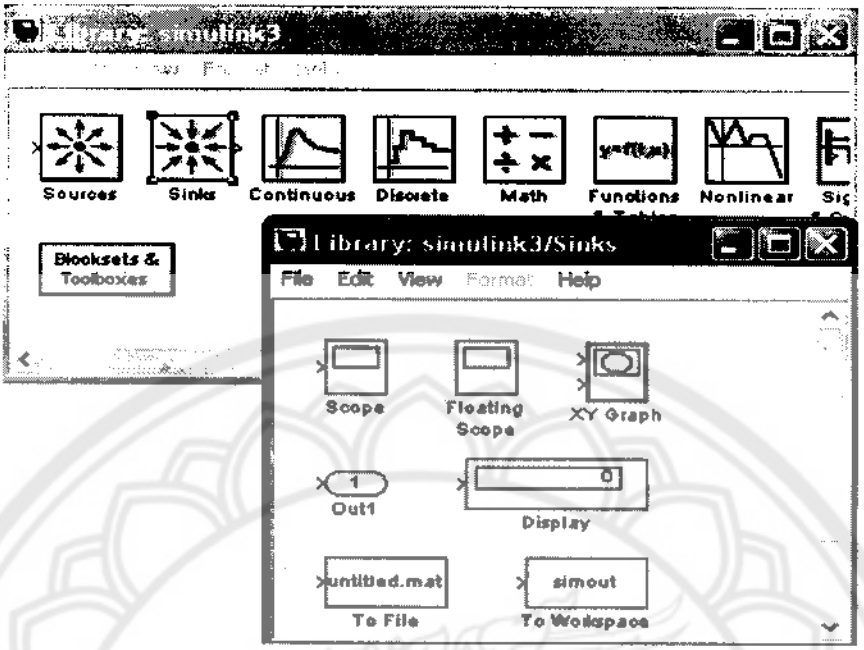
รูป ง.2 แสดงการเปิด New Model

1.3 ดับเบิ้ลคลิกที่ Sources จะปรากฏหน้าต่าง Library simulink3/Sources จากนั้นคลิกที่ Block Constant แล้วลากเมาส์ ไปยังหน้าต่าง Untitled



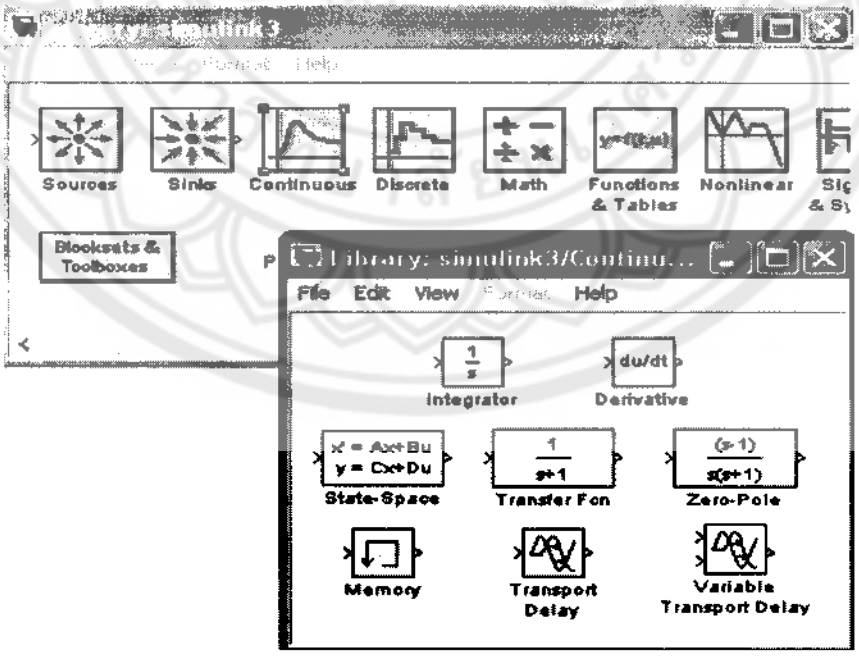
รูป ง.3 แสดงการเปิด Sources

1.4 ดับเบิ้ลคลิกที่ Sinks แล้วคลิกที่ Block Scope ลากเมาส์ ไปยังหน้าต่าง Untitled



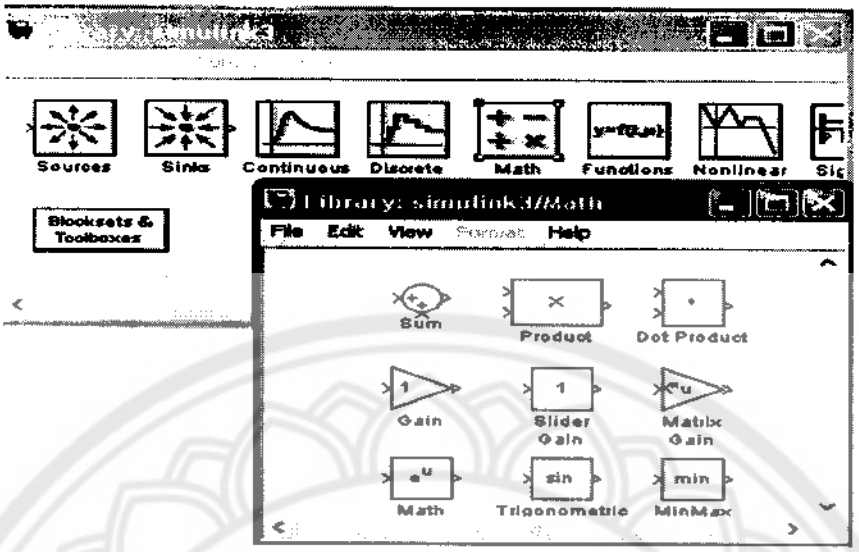
รูป ง.4 การเปิดใช้ Block Scope

1.5 ดับเบิ้ลคลิกที่ Continuous แล้วคลิกที่ Block Transfer Function ลากเมาส์ ไปยังหน้าต่าง Untitled



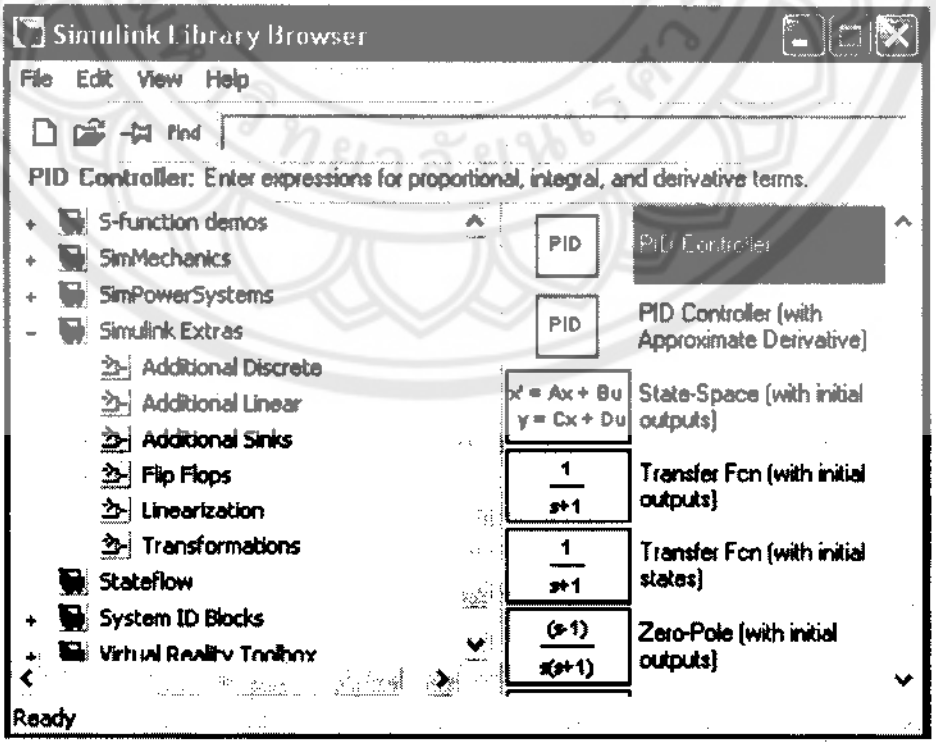
รูป ง.5 การเลือกใช้ Block Transfer Function

1.6 ดับเบิ้ลคลิกที่ Math แล้วคลิกที่ Block Sum ลากเมาส์ ไปยังหน้าต่าง Untitled



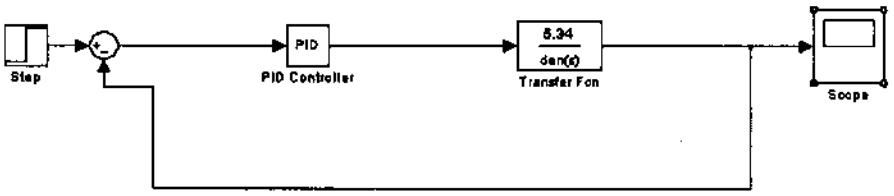
รูป ง.6 การเลือกใช้ Block Sum

1.7 พิมพ์คำว่า Simulink ที่บนหน้าต่างคำสั่งก็จะปรากฏหน้าต่างที่ชื่อว่า Simulink Library Browser จากนั้นให้คลิกที่เครื่องหมาย + หน้าคำว่า Simulink Extras และคลิกเลือกที่ Additional Linear ก็จะปรากฏ Block ต่างๆ ทางขวามือจากนั้นให้คลิกแล้วลาก Block PID Controller ไปใส่ที่หน้าต่าง Untitled



รูป ง.7 การเลือกใช้ Block PID Controller

1.8 เชื่อมโยง Block ต่างๆ เข้าด้วยกันดังรูป



รูปที่ ง.8 ไดอะแกรมรูปกล่องของระบบควบคุมการทรงตัวของตุ๊กตาล้มลุก

1.9 ปรับแก้ค่าใน Block โดยดับเบิ้ลคลิกที่ Block นั้นๆ

Constant input = 30

PID Control Kp = 8 , Ki = 1 , Kd = 4

Transfer Function = $\dfrac{5.345}{0.02s^3 + 0.2s^2 + 0.02s + 0.2}$

1.10 รันโปรแกรมคลิกที่รูปสามเหลี่ยมสีดำจะมีคำว่า Start simulation บอกไว้ดังรูป

รูป ง.9 เครื่องหมาย Start Simulink