มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบปลายภาค ประจำภาคการศึกษาที่ 2 ประจำปีการศึกษา 2554
วันพุธที่ 29 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555 เวลา 0900 -- 1200
วิชา 210-342: Continuous-Time Control Systems ห้อง หัวหุ่นยนต์ (robot)
ผู้ออกข้อสอบ: อ.วฤทธิ์ วิชกูล

ข้อปฏิบัติ

1. ข้อสอบมีทั้งหมด 5 ข้อ รวม 11 หน้า ทำทุกข้อ มีเวลา 3 ชั่วโมงในการทำข้อสอบ
2. **ไม่อนุญาต** ให้นำ note หรือ หนังสือเข้าห้องสอบ
3. อนุญาตให้นำเครื่องคิดเลขเข้าห้องสอบได้
4. อนุญาตให้ใช้ปากกาหรือดินสอเขียนคำตอบได้
5. เขียนแสดงวิธีทำและระบุหน่วยให้ชัดเจน สามารถเขียนด้านหลังกระดาษได้
6. เขียนชื่อ-นามสกุล รหัสนักศึกษา ในกระดาษคำตอบให้ชัดเจน

ชื่อ-นามสกุล	รหัสนักศึกษา

ข้อที่	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	หมายเหตุ
1	5		
2	10		
3	10		
4	5		
5	10		
คะแนนรวม	40		

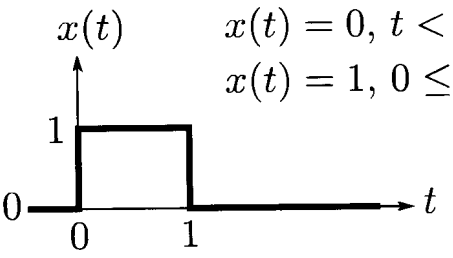
ตารางที่ 1: Laplace transform

#	$x(t)$	$X(s)$	note
1	$\delta(t)$	1	
2	$u(t)$	$\frac{1}{s}$	
3	$t\,u(t)$	$\frac{1}{s^2}$	
4	$e^{-at}u(t)$	$\frac{1}{s+a}$	$a>0$
5	$\sin(\omega t)\,u(t)$	$\frac{\omega}{s^2+\omega^2}$	
6	$\cos(\omega t)\,u(t)$	$\frac{s}{s^2+\omega^2}$	
7	$e^{-at}\sin(\omega t)\,u(t)$	$\frac{\omega}{(s+a)^2+\omega^2}$	$a>0$
8	$e^{-at}\cos(\omega t)\,u(t)$	$\frac{s+a}{(s+a)^2+\omega^2}$	$a>0$

ตารางที่ 2: Laplace transform theorem

#	$x(t)$	$X(s)$	Description
1	$x(t)$	$X(s)\triangleq\int_0^\infty x(t)e^{-st}dt$	Definition
2	$e^{-at}\,x(t)$	$X(s+a)$	Frequency shift
3	$x(t-T_0)$	$e^{-sT_0}X(s)$	Time shift
4	$x(at)$	$\frac{1}{a}X\left(\frac{s}{a}\right)$	Time scaling/Time dilation
5	$t^n x(t)$	$(-1)^n\frac{dX(s)}{ds}$	Time multiplication
6	$\frac{dx(t)}{dt}$	$sX(s)-x(0^-)$	Derivative
7	$\int_0^t x(\tau)d\tau$	$\frac{X(s)}{s}$	Integration
8	$\lim_{t\to\infty}x(t)$	$\lim_{s\to 0}sX(s)$	Final value theorem
9	$\lim_{t\to 0^+}x(t)$	$\lim_{s\to\infty}sX(s)$	Initial value theorem

(**Q**.1) กำหนดให้สัญญาณ $x(t)$ เป็นดังรูปที่ 1



รูปที่ 1: สัญญาณ input $x(t)$

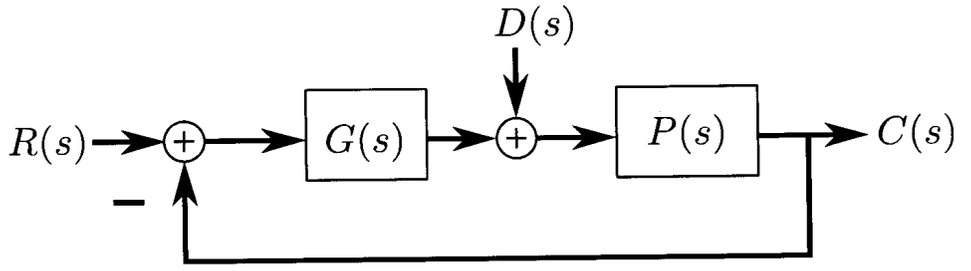
(a) **(3 คะแนน)** จงหา $X(s)$ Laplace transform ของสัญญาณ $x(t)$

$X(s) =$

(b) **(2 คะแนน)** กำหนดให้ $y(t) = \int_0^t x(\tau)d\tau$ จงหา $Y(s)$ Laplace transform ของสัญญาณ $y(t)$

$Y(s) =$

(**Q**.2) กำหนดให้ระบบ negative feedback มี block diagram ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2: System block diagram

กำหนดให้ $G(s) = \dfrac{12}{s+10}$ และ $P(s) = \dfrac{1}{s+2}$

(a) (**2 คะแนน**) จงหา transfer function จาก $R(s)$ ไปยัง $C(s)$

$$\frac{C(s)}{R(s)} =$$

(b) **(2 คะแนน)** สมมุติให้ input $r(t) = 8u(t)$ และ $d(t) = 0$ จงหาสัญญาณ output $c(t)$ โดยที่ $c(t = 0) = 0$

$c(t) =$

(c) **(2 คะแนน)** จงหา transfer function จาก $D(s)$ ไปยัง $C(s)$

$$\frac{C(s)}{D(s)} =$$

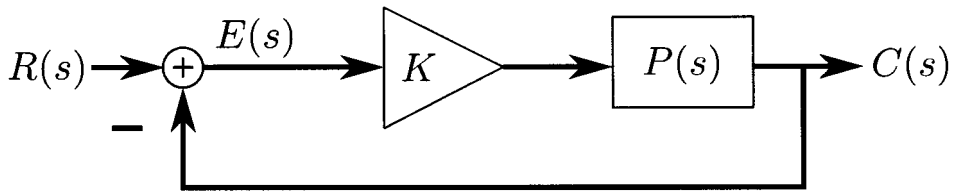
(d) **(2 คะแนน)** สมมุติให้ input $d(t)$ เป็น unit impulse หรือ $d(t) = \delta(t)$ และ $r(t) = 0$ จงหาสัญญาณ output $c(t)$ โดยที่ $c(t = 0) = 0$

$c(t) =$

(e) **(2 คะแนน)** สมมุติให้ input $r(t) = 8u(t)$ และ $d(t)$ เป็น unit impulse หรือ $d(t) = \delta(t)$ จงหาสัญญาณ output $c(t)$ โดยที่ $c(t = 0) = 0$

$c(t) =$

(**Q**.3) กำหนดให้ระบบ negative feedback มี block diagram ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3: System block diagram สำหรับ (**Q**.3)

(a) **(2 คะแนน)** กำหนดให้ $P(s) = \dfrac{(s+10)}{(s+1)(s+4)}$ และ $K > 0$ จงวาดภาพ root locus ของระบบนี้ พร้อมทั้งระบุตำแหน่งของ open-loop pole และ zero

(b) **(2 คะแนน)** กำหนดให้ $P(s) = \dfrac{(s^2+2s+10)}{(s+1)^2}$ และ $K > 0$ จงวาดภาพ root locus ของระบบนี้ พร้อมทั้งระบุตำแหน่งของ open-loop pole และ zero

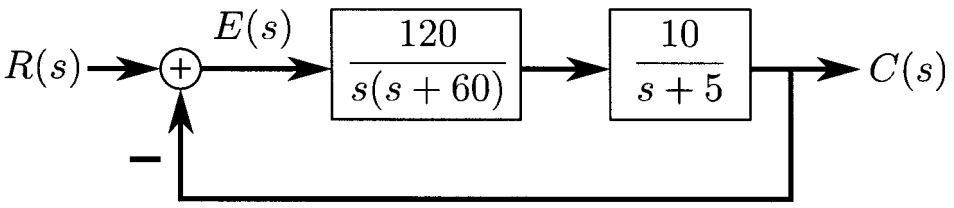
(c) **(2 คะแนน)** กำหนดให้ $P(s) = \dfrac{(s+10)}{s(s+4)}$ และ $K > 0$ สมมุติว่าเราทราบว่า closed-loop pole อยู่ที่ $s = -3 \pm \sqrt{11}j$ จงหาค่า gain K

$K =$

(d) **(4 คะแนน)** กำหนดให้ $P(s) = \dfrac{(s+10)}{s(s-4)}$ และ $K > 0$ จงหาช่วงของ K ที่ทำให้ระบบ stable

ช่วงของ K ที่ทำให้ระบบ stable คือ

(**Q**.4) กำหนดให้ระบบ negative feedback มี block diagram ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4: System block diagram สำหรับ (**Q**.4)

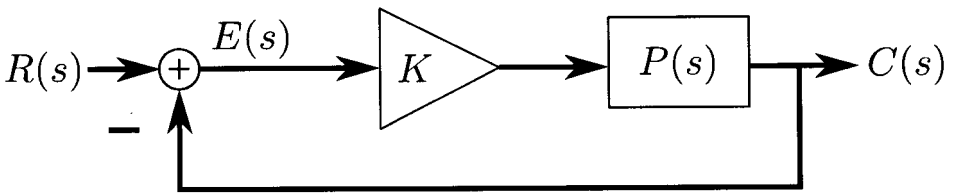
(a) **(2 คะแนน)** กำหนดให้ input $r(t)$ เป็น unit step, $r(t) = u(t)$ จงหา steady-state error ของระบบนี้

steady-state error =

(b) **(3 คะแนน)** กำหนดให้ input $r(t)$ เป็น unit ramp, $r(t) = t$, $t \geq 0$ และ $r(t) = 0$, $t < 0$ จงหา steady-state error ของระบบนี้

steady-state error =

(**Q**.5) กำหนดให้ระบบ negative feedback มี block diagram ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5: System block diagram สำหรับ (**Q**.5)

(a) **(4 คะแนน)** ในรูปที่ 5 ถ้ากำหนดให้ $P(s) = \dfrac{10^8}{(s+1)(s+10^5)}$, $K = 1$, จงวาดภาพ bode plot ของระบบ open-loop transfer function

(b) **(3 คะแนน)** จงประมาณค่า gain crossover frequency (ω_c) และ phase margin (ϕ_M) ของ open-loop transfer function โดยใช้ $K = 1$ และ $P(s)$ ใน part (a)

$\omega_c \approx$ $\phi_M \approx$

(c) **(3 คะแนน)** ถ้าเปลี่ยนค่า gain K เป็น $K = 100$ โดยใช้ plant transfer function $P(s)$ ใน part (a) เหมือนเดิม จงประมาณค่า gain crossover frequency (ω_c) และ phase margin (ϕ_M) ของ open-loop transfer function สำหรับระบบใหม่นี้

$\omega_c \approx$ $\phi_M \approx$