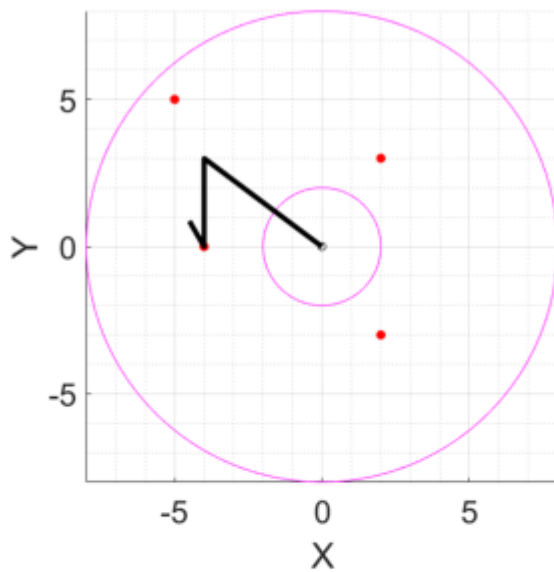


1 分

下圖所示，一個RRR manipulator的三桿長分別為： $l_1 = 5$   $l_2 = 3$   $l_3 = 1$ 。  
按照題目要求，分別規劃出不同的圓滑軌跡，讓第二桿末端能在指定的時間，通過指定的四點，包含初始點(initial point)、兩個via points及終點(final point)。同時第三桿須與水平線保持指定的夾角。詳情如下表。

joint space定義：當 $\theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = 0$ 時， $(x, y, \theta) = (8, 0, 0)$ ，亦即三桿在Y軸正向拉成一直線。各軸沿逆時針旋轉為正向。

軌跡限制：圓滑軌跡指除初始點及終點外，整段的速度及加速度必須為連續；此外，軌跡的初始及終點速度為0。



t	x	y	$\theta$ (deg)
0	-4	0	120
2	-5	5	45
4	2	3	30
9	2	-3	0

請利用以上資訊，回答第1題 - 第6題

在Cartesian space下，以cubic splines的方法規劃出通過以上四點的圓滑軌跡，並寫出 $X$ 在 $t = [2, 4]$ 這段cubic equations中所有系數。

例：當 $t = [0, 2]$ :

$$X(t) = a_{10} + a_{11}t + a_{12}t^2 + a_{13}t^3$$

$$a_{10} = -4 \quad a_{11} = 0 \quad a_{12} = -1.47 \quad a_{13} = 0.61$$

當 $t = [2, 4]$ :

$$X(t) = a_{20} + a_{21}t + a_{22}t^2 + a_{23}t^3$$

請依序寫下 $a_{20}$   $a_{21}$   $a_{22}$   $a_{23}$ ，並以// 作區隔，答案需四捨五入至小數點後第二位。

-5//1.44//2.19//-0.58

2. 利用第一題的資訊，繼續回答本題：

1 分

在Cartesian space下，以cubic splines的方法規劃出通過以上四點的圓滑軌跡，並寫出 $Y$  在 $t = [2, 4]$ 這段cubic equations中所有系數。

當 $t = [2, 4]$ :

$$Y(t) = a_{20} + a_{21}t + a_{22}t^2 + a_{23}t^3$$

請依序寫下 $a_{20}$   $a_{21}$   $a_{22}$   $a_{23}$ ，並以// 作區隔，答案需四捨五入至小數點後第二位。

0//0//2.91//-0.83

3. 利用第一題的資訊，繼續回答本題：

1 分

在Cartesian space下，以cubic splines的方法規劃出通過以上四點的圓滑軌跡，並寫出 $\theta$  在 $t = [0, 2]$ 這段cubic equations中所有系數。

當 $t = [0, 2]$ :

$$\theta(t) = a_{10} + a_{11}t + a_{12}t^2 + a_{13}t^3$$

請依序寫下 $a_{10}$   $a_{11}$   $a_{12}$   $a_{13}$ ，並以// 作區隔，答案需四捨五入至小數點後第二位，並以度為單位。

120//0//-39.18//10.21

4. 利用第一題的資訊，繼續回答本題：

1 分

在Joint space下，以cubic splines的方法規劃出通過以上四點的圓滑軌跡，並寫出第一個Joint的轉角 $\theta_1$ 在 $t = [4, 9]$ 這一段cubic equations中所有系數。

當 $t = [4, 9]$ :

$$\theta_1(t) = a_{30} + a_{31}t + a_{32}t^2 + a_{33}t^3$$

請依序寫下 $a_{30}$   $a_{31}$   $a_{32}$   $a_{33}$ ，並以// 作區隔，答案需四捨五入至小數點後第二位，並以**Radian**為單位。

1.99// -0.6// -0.22//0.05

5. 利用第一題的資訊，繼續回答本題：

1 分

在Joint space下，以cubic splines的方法規劃出通過以上四點的圓滑軌跡，並寫出第一個Joint的轉角 $\theta_2$ 在 $t = [2, 4]$ 這一段cubic equations中所有系數。

當 $t = [2, 4]$ :

$$\theta_2(t) = a_{20} + a_{21}t + a_{22}t^2 + a_{23}t^3$$

請依序寫下 $a_{20}$   $a_{21}$   $a_{22}$   $a_{23}$ ，以// 作區隔，答案需四捨五入至小數點後第二位，並以**Radian**為單位。

1// -0.14//0.77// -0.18

6. 利用第一題的資訊，繼續回答本題：

在Joint space下，以cubic splines的方法規劃出通過以上四點的圓滑軌跡，並寫出第一個Joint的轉角 $\theta_3$ 在 $t = [2, 4]$ 這一段cubic equations中所有系數。

當 $t = [2, 4]$ :

$$\theta_3(t) = a_{20} + a_{21}t + a_{22}t^2 + a_{23}t^3$$

請依序寫下 $a_{20}$   $a_{21}$   $a_{22}$   $a_{23}$ ，以// 作區隔，答案需四捨五入至小數點後第二位，並以**Radian**為單位。

-2.21//0.14// -0.16//0.05