r11 = -(sin(θ1 + θ2)\*sin(θ4 + θ6) - cos(θ3)\*cos(θ1 + θ2)\*cos(θ4 + θ6))\*cos(θ7 - pi/4) + sin(θ3)\*sin(θ7 - pi/4)\*cos(θ1 + θ2)

r12 = sin(θ1 + θ2)\*cos(θ4 + θ6) + sin(θ4 + θ6)\*cos(θ3)\*cos(θ1 + θ2)

r13 = -(sin(θ1 + θ2)\*sin(θ4 + θ6) - cos(θ3)\*cos(θ1 + θ2)\*cos(θ4 + θ6))\*sin(θ7 - pi/4) - sin(θ3)\*cos(θ1 + θ2)\*cos(θ7 - pi/4)

r21 = (sin(θ1 + θ2)\*cos(θ3)\*cos(θ4 + θ6) + sin(θ4 + θ6)\*cos(θ1 + θ2))\*cos(θ7 - pi/4) + sin(θ3)\*sin(θ1 + θ2)\*sin(θ7 - pi/4)

r22 = sin(θ1 + θ2)\*sin(θ4 + θ6)\*cos(θ3) - cos(θ1 + θ2)\*cos(θ4 + θ6)

r23 = (sin(θ1 + θ2)\*cos(θ3)\*cos(θ4 + θ6) + sin(θ4 + θ6)\*cos(θ1 + θ2))\*sin(θ7 - pi/4) - sin(θ3)\*sin(θ1 + θ2)\*cos(θ7 - pi/4)

r31 = -sin(θ3)\*cos(θ4 + θ6)\*cos(θ7 - pi/4) + sin(θ7 - pi/4)\*cos(θ3)

r32 = -sin(θ3)\*sin(θ4 + θ6)

r33 = -sin(θ3)\*sin(θ7 - pi/4)\*cos(θ4 + θ6) - cos(θ3)\*cos(θ7 - pi/4)

t1 = -a3\*sin(θ4)\*sin(θ1 + θ2) + a3\*cos(θ3)\*cos(θ4)\*cos(θ1 + θ2) + a4\*(sin(θ4)\*sin(θ1 + θ2) - cos(θ3)\*cos(θ4)\*cos(θ1 + θ2)) - a6\*(sin(θ1 + θ2)\*sin(θ4 + θ6) - cos(θ3)\*cos(θ1 + θ2)\*cos(θ4 + θ6))\*cos(θ7 - pi/4) + a6\*sin(θ3)\*sin(θ7 - pi/4)\*cos(θ1 + θ2) + d3\*sin(θ3)\*cos(θ1 + θ2) + d5\*sin(θ3)\*cos(θ1 + θ2) + d7\*(sin(θ1 + θ2)\*cos(θ4 + θ6) + sin(θ4 + θ6)\*cos(θ3)\*cos(θ1 + θ2))

t2 = a3\*sin(θ4)\*cos(θ1 + θ2) + a3\*sin(θ1 + θ2)\*cos(θ3)\*cos(θ4) - a4\*(sin(θ4)\*cos(θ1 + θ2) + sin(θ1 + θ2)\*cos(θ3)\*cos(θ4)) + a6\*(sin(θ1 + θ2)\*cos(θ3)\*cos(θ4 + θ6) + sin(θ4 + θ6)\*cos(θ1 + θ2))\*cos(θ7 - pi/4) + a6\*sin(θ3)\*sin(θ1 + θ2)\*sin(θ7 - pi/4) + d3\*sin(θ3)\*sin(θ1 + θ2) + d5\*sin(θ3)\*sin(θ1 + θ2) - d7\*(-sin(θ1 + θ2)\*sin(θ4 + θ6)\*cos(θ3) + cos(θ1 + θ2)\*cos(θ4 + θ6))

t3 = -a3\*sin(θ3)\*cos(θ4) + a4\*sin(θ3)\*cos(θ4) - a6\*sin(θ3)\*cos(θ4 + θ6)\*cos(θ7 - pi/4) + a6\*sin(θ7 - pi/4)\*cos(θ3) + d1 + d3\*cos(θ3) + d5\*cos(θ3) - d7\*sin(θ3)\*sin(θ4 + θ6)

Q2.

**a)** T07 =

[[-(sin(θ1 + θ2)\*sin(θ4 + θ6) - cos(θ3)\*cos(θ1 + θ2)\*cos(θ4 + θ6))\*cos(θ7 - pi/4) + sin(θ3)\*sin(θ7 - pi/4)\*cos(θ1 + θ2), (sin(θ1 + θ2)\*cos(θ3)\*cos(θ4 + θ6) + sin(θ4 + θ6)\*cos(θ1 + θ2))\*cos(θ7 - pi/4) + sin(θ3)\*sin(θ1 + θ2)\*sin(θ7 - pi/4), -sin(θ3)\*cos(θ4 + θ6)\*cos(θ7 - pi/4) + sin(θ7 - pi/4)\*cos(θ3), -a3\*cos(θ6)\*cos(θ7 - pi/4) + a4\*cos(θ6)\*cos(θ7 - pi/4) - a6 + d1\*sin(θ3)\*cos(θ4 + θ6)\*cos(θ7 - pi/4) - d1\*sin(θ7 - pi/4)\*cos(θ3) - d3\*sin(θ7 - pi/4) - d5\*sin(θ7 - pi/4)], [sin(θ1 + θ2)\*cos(θ4 + θ6) + sin(θ4 + θ6)\*cos(θ3)\*cos(θ1 + θ2), sin(θ1 + θ2)\*sin(θ4 + θ6)\*cos(θ3) - cos(θ1 + θ2)\*cos(θ4 + θ6), -sin(θ3)\*sin(θ4 + θ6), -a3\*sin(θ6) + a4\*sin(θ6) + d1\*sin(θ3)\*sin(θ4 + θ6) - d7], [-(sin(θ1 + θ2)\*sin(θ4 + θ6) - cos(θ3)\*cos(θ1 + θ2)\*cos(θ4 + θ6))\*sin(θ7 - pi/4) - sin(θ3)\*cos(θ1 + θ2)\*cos(θ7 - pi/4), (sin(θ1 + θ2)\*cos(θ3)\*cos(θ4 + θ6) + sin(θ4 + θ6)\*cos(θ1 + θ2))\*sin(θ7 - pi/4) - sin(θ3)\*sin(θ1 + θ2)\*cos(θ7 - pi/4), a3\*sin(θ4)\*cos(θ1 + θ2) + a3\*sin(θ1 + θ2)\*cos(θ3)\*cos(θ4) - a4\*(sin(θ4)\*cos(θ1 + θ2) + sin(θ1 + θ2)\*cos(θ3)\*cos(θ4)) + a6\*(sin(θ1 + θ2)\*cos(θ3)\*cos(θ4 + θ6) + sin(θ4 + θ6)\*cos(θ1 + θ2))\*cos(θ7 - pi/4) + a6\*sin(θ3)\*sin(θ1 + θ2)\*sin(θ7 - pi/4) + d3\*sin(θ3)\*sin(θ1 + θ2) + d5\*sin(θ3)\*sin(θ1 + θ2) - d7\*(-sin(θ1 + θ2)\*sin(θ4 + θ6)\*cos(θ3) + cos(θ1 + θ2)\*cos(θ4 + θ6)), -a3\*sin(θ7 - pi/4)\*cos(θ6) + a4\*sin(θ7 - pi/4)\*cos(θ6) + d1\*sin(θ3)\*sin(θ7 - pi/4)\*cos(θ4 + θ6) + d1\*cos(θ3)\*cos(θ7 - pi/4) + d3\*cos(θ7 - pi/4) + d5\*cos(θ7 - pi/4)], [0, 0, 0, 1]]

**b)** o27 =

[[-a3\*cos(θ6)\*cos(θ7 - pi/4) + a4\*cos(θ6)\*cos(θ7 - pi/4) - a6 - d3\*sin(θ7 - pi/4) - d5\*sin(θ7 - pi/4)],

[-a3\*sin(θ6) + a4\*sin(θ6) - d7],

[-a3\*sin(θ7 - pi/4)\*cos(θ6) + a4\*sin(θ7 - pi/4)\*cos(θ6) + d1\*(a3\*sin(θ4)\*cos(θ1 + θ2) + a3\*sin(θ1 + θ2)\*cos(θ3)\*cos(θ4) - a4\*(sin(θ4)\*cos(θ1 + θ2) + sin(θ1 + θ2)\*cos(θ3)\*cos(θ4)) + a6\*(sin(θ1 + θ2)\*cos(θ3)\*cos(θ4 + θ6) + sin(θ4 + θ6)\*cos(θ1 + θ2))\*cos(θ7 - pi/4) + a6\*sin(θ3)\*sin(θ1 + θ2)\*sin(θ7 - pi/4) + d3\*sin(θ3)\*sin(θ1 + θ2) + d5\*sin(θ3)\*sin(θ1 + θ2) + d7\*(sin(θ1 + θ2)\*sin(θ4 + θ6)\*cos(θ3) - cos(θ1 + θ2)\*cos(θ4 + θ6))) + d1\*sin(θ3)\*sin(θ7 - pi/4)\*cos(θ4 + θ6) + d1\*cos(θ3)\*cos(θ7 - pi/4) + d3\*cos(θ7 - pi/4) + d5\*cos(θ7 - pi/4)]]

**d)** T07=

[[cos(θ4 + θ6)\*cos(θ7 - pi/4), sin(θ4 + θ6)\*cos(θ7 - pi/4),

sin(θ7 - pi/4), -a3\*cos(θ6)\*cos(θ7 - pi/4) + a4\*cos(θ6)\*cos(θ7 - pi/4) - a6 - d1\*sin(θ7 - pi/4) - d3\*sin(θ7 - pi/4) - d5\*sin(θ7 - pi/4)],

[sin(θ4 + θ6), -cos(θ4 + θ6), 0, -a3\*sin(θ6) + a4\*sin(θ6) - d7],

[sin(θ7 - pi/4)\*cos(θ4 + θ6), sin(θ4 + θ6)\*sin(θ7 - pi/4), a3\*sin(θ4) - a4\*sin(θ4) + a6\*sin(θ4 + θ6)\*cos(θ7 - pi/4) - d7\*cos(θ4 + θ6), -a3\*sin(θ7 - pi/4)\*cos(θ6) + a4\*sin(θ7 - pi/4)\*cos(θ6) + d1\*cos(θ7 - pi/4) + d3\*cos(θ7 - pi/4) + d5\*cos(θ7 - pi/4)],

[0, 0, 0, 1]]

Q3.

**a)** Following values of T70 shall be tested

Test case 1 :

[[1/√2, 0, -1/√2, a3 - a4 + 1/√2\*a6], [0, -1, 0, 0], [-1/√2, 0, -1/√2, -1/√2\*a6 + d1 + d3 + d5], [0, 0, 0, 1]]

Test case 2 :

[[-1/√2, 0, 1/√2, -a3 + a4 - 1/√2\*a6], [0, 1, 0, 0], [-1/√2, 0, -1/√2, -1/√2\*a6 + d1 + d3 + d5], [0, 0, 0, 1]]

Test case 3 :

[[-0.0.3535, -0.866, 0.3535, -a3/2 + a4/2 – 0.3535\*a6- 0.866\*d7], [-0.61, 1/2, 0.61, -0.86\*a3+0.86\*a4 – 0.612\*a6 + d7/2], [-0.707, 0, -0.707, -0.707\*a6 + d1 + d3 + d5], [0, 0, 0, 1]])