In[63]:=
```
Quit[];
```

In[1]:=
```
SetDirectory[NotebookDirectory[]];
<< HurToolbox.m
```

```
HurToolbox for modeling and analysis of multibody systems 1.0.0.
HurToolbox mainly uses vector manipulation (vectors, dyadics).
Coordinates and matrix representation of the dyadics are also available.
Available methods: Newton-Euler
   Method, Euler-Lagrange Method, Hamiltonian Method, Kane's Method.
Copyright 2019 Pilwon Hur
Department of Mechanical Engineering
Texas A&M University
All rights reserved.
Email questions, comments, or concerns to pilwonhur@tamu.edu.
```

In[3]:=
```
HurInitialize[]
```

```
HurLoadData["data_impactA_abs.m"]
```

In[4]:=
```
HurDefineRF[a, b, c, d]
HurDefineGeneralizedCoordinates[q1[t], q2[t], q3[t], q4[t]]
(*q3, q4 are the x, y position of stance foot*)
HurDefineDCM[a, q1[t], {0, 0, 1}]
HurDefineDCM[b, q2[t], {0, 0, 1}]
HurDefineDCM[d, -gamma, {0, 0, 1}]
```

In[9]:=
```
FOOTST = q3[t] n1 + q4[t] n2;
COMA = FOOTST + la a2; (*COM of stance leg*)
COMB = FOOTST + (la + lb) a2 - lb b2; (*COM of swing leg*)
COMC = FOOTST + (la + lb) a2; (*Hip*)
HIP = COMC;
FOOTSW = FOOTST + (la + lb) a2 - (la + lb) b2; (*Swing foot position*)
```

In[13]:=
```
HurDefineCOMPos[a, COMA];
HurDefineCOMPos[b, COMB];
HurDefineCOMPos[c, COMC];
```

In[16]:=
```
HurKinematics[]
```

In[17]:=
```
HurGlobalCOMVel
HurGlobalCOMAcc
HurGlobalAngularVel
HurGlobalAngularAcc
```

Out[17]=
$$\{0,\ -a1\ la\ q1'[t] + \left(a1\ \text{Cos}[q1[t]] - a2\ \text{Sin}[q1[t]]\right) q3'[t] + \left(a2\ \text{Cos}[q1[t]] + a1\ \text{Sin}[q1[t]]\right) q4'[t],\ -\left(la + lb\right)\left(b1\ \text{Cos}[q1[t] - q2[t]] + b2\ \text{Sin}[q1[t] - q2[t]]\right) q1'[t] + b1\ lb\ q2'[t] + b1\ \text{Cos}[q2[t]]\ q3'[t] - b2\ \text{Sin}[q2[t]]\ q3'[t] + b2\ \text{Cos}[q2[t]]\ q4'[t] + b1\ \text{Sin}[q2[t]]\ q4'[t],\ -\left(la + lb\right)\left(c1\ \text{Cos}[q1[t]] + c2\ \text{Sin}[q1[t]]\right) q1'[t] + c1\ q3'[t] + c2\ q4'[t],\ 0\}$$

Out[18]=
$$\{0,\ -a2\ la\ q1'[t]^2 - a1\ la\ q1''[t] + a1\ \text{Cos}[q1[t]]\ q3''[t] - a2\ \text{Sin}[q1[t]]\ q3''[t] + a2\ \text{Cos}[q1[t]]\ q4''[t] + a1\ \text{Sin}[q1[t]]\ q4''[t],\ b2\left(-\left(la + lb\right)\text{Cos}[q1[t] - q2[t]]\ q1'[t]^2 + lb\ q2'[t]^2 - la\ \text{Sin}[q1[t] - q2[t]]\ q1''[t] - lb\ \text{Sin}[q1[t] - q2[t]]\ q1''[t] - \text{Sin}[q2[t]]\ q3''[t] + \text{Cos}[q2[t]]\ q4''[t]\right) + b1\left(\left(la + lb\right)\text{Sin}[q1[t] - q2[t]]\ q1'[t]^2 - \left(la + lb\right)\text{Cos}[q1[t] - q2[t]]\ q1''[t] + lb\ q2''[t] + \text{Cos}[q2[t]]\ q3''[t] + \text{Sin}[q2[t]]\ q4''[t]\right),\ -\left(la + lb\right)\left(c2\ \text{Cos}[q1[t]] - c1\ \text{Sin}[q1[t]]\right) q1'[t]^2 - \left(la + lb\right)\left(c1\ \text{Cos}[q1[t]] + c2\ \text{Sin}[q1[t]]\right) q1''[t] + c1\ q3''[t] + c2\ q4''[t],\ 0\}$$

Out[19]=
$$\{0,\ n3\ q1'[t],\ n3\ q2'[t],\ 0,\ 0\}$$

Out[20]=
$$\{0,\ a3\ q1''[t],\ b3\ q2''[t],\ 0,\ 0\}$$

In[21]:=
```
HurDefineMass[a, m];
HurDefineMass[b, m];
HurDefineMass[c, mh];
HurDefineInertia[a, {0, 0, 0, 0, 0, Iz}];
HurDefineInertia[b, {0, 0, 0, 0, 0, Iz}];
```

In[26]:=
```
HurDefineVertical[n2];
```

In[27]:=
```
Jaf = HurGetJacobian[FOOTST, a, n]
Jah = HurGetJacobian[HIP, a, n]
Jbh = HurGetJacobian[HIP, b, n]
```

Out[27]=
$$\{\{0, 0, 1, 0\}, \{0, 0, 0, 1\}, \{0, 0, 0, 0\}, \{0, 0, 0, 0\}, \{0, 0, 0, 0\}, \{1, 0, 0, 0\}\}$$

Out[28]=
$$\{\{-\left(la + lb\right)\text{Cos}[q1[t]], 0, 1, 0\}, \{-\left(la + lb\right)\text{Sin}[q1[t]], 0, 0, 1\}, \{0, 0, 0, 0\}, \{0, 0, 0, 0\}, \{0, 0, 0, 0\}, \{1, 0, 0, 0\}\}$$

Out[29]=
$$\{\{-\left(la + lb\right)\text{Cos}[q1[t]], 0, 1, 0\}, \{-\left(la + lb\right)\text{Sin}[q1[t]], 0, 0, 1\}, \{0, 0, 0, 0\}, \{0, 0, 0, 0\}, \{0, 0, 0, 0\}, \{0, 1, 0, 0\}\}$$

In[30]:=
```
Transpose[Jaf].HurList2Column[{0, 0, 0, 0, 0, tau1}] +
  Transpose[Jah].HurList2Column[{0, 0, 0, 0, 0, -tau2}] +
  Transpose[Jbh].HurList2Column[{0, 0, 0, 0, 0, tau2}] // MatrixForm
```

Out[30]//MatrixForm=
$$\begin{pmatrix} tau1 - tau2 \\ tau2 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

In[31]:=
```
HurDefineNonConservativeForces[tau1 - tau2, tau2, 0, 0]
```

Out[31]=
```
{tau1 - tau2, tau2, 0, 0}
```

In[32]:=
```
HurELEquation[]
```

Out[32]=
$$\begin{Bmatrix} -\text{tau1}+\text{tau2}-2\,g\,la\,m\,\text{Sin}[q1[t]]-g\,lb\,m\,\text{Sin}[q1[t]]- \\ g\,la\,mh\,\text{Sin}[q1[t]]-g\,lb\,mh\,\text{Sin}[q1[t]]-lb\,(la+lb)\,m\,\text{Sin}[q1[t]-q2[t]]\,q2'[t]^2+ \\ \left(Iz+2\,la\,lb\,(m+mh)+lb^2\,(m+mh)+la^2\,(2\,m+mh)\right)q1''[t]-la\,lb\,m\,\text{Cos}[q1[t]-q2[t]]\,q2''[t]- \\ lb^2\,m\,\text{Cos}[q1[t]-q2[t]]\,q2''[t]-2\,la\,m\,\text{Cos}[q1[t]]\,q3''[t]-lb\,m\,\text{Cos}[q1[t]]\,q3''[t]- \\ la\,mh\,\text{Cos}[q1[t]]\,q3''[t]-lb\,mh\,\text{Cos}[q1[t]]\,q3''[t]-2\,la\,m\,\text{Sin}[q1[t]]\,q4''[t]- \\ lb\,m\,\text{Sin}[q1[t]]\,q4''[t]-la\,mh\,\text{Sin}[q1[t]]\,q4''[t]-lb\,mh\,\text{Sin}[q1[t]]\,q4''[t], \\ -\text{tau2}+g\,lb\,m\,\text{Sin}[q2[t]]+lb\,(la+lb)\,m\,\text{Sin}[q1[t]-q2[t]]\,q1'[t]^2- \\ lb\,(la+lb)\,m\,\text{Cos}[q1[t]-q2[t]]\,q1''[t]+Iz\,q2''[t]+ \\ lb^2\,m\,q2''[t]+lb\,m\,\text{Cos}[q2[t]]\,q3''[t]+lb\,m\,\text{Sin}[q2[t]]\,q4''[t], \\ \left(lb\,(m+mh)+la\,(2\,m+mh)\right)\text{Sin}[q1[t]]\,q1'[t]^2-lb\,m\,\text{Sin}[q2[t]]\,q2'[t]^2- \\ 2\,la\,m\,\text{Cos}[q1[t]]\,q1''[t]-lb\,m\,\text{Cos}[q1[t]]\,q1''[t]-la\,mh\,\text{Cos}[q1[t]]\,q1''[t]- \\ lb\,mh\,\text{Cos}[q1[t]]\,q1''[t]+lb\,m\,\text{Cos}[q2[t]]\,q2''[t]+2\,m\,q3''[t]+mh\,q3''[t], \\ 2\,g\,m+g\,mh-\left(lb\,(m+mh)+la\,(2\,m+mh)\right)\text{Cos}[q1[t]]\,q1'[t]^2+lb\,m\,\text{Cos}[q2[t]]\,q2'[t]^2- \\ 2\,la\,m\,\text{Sin}[q1[t]]\,q1''[t]-lb\,m\,\text{Sin}[q1[t]]\,q1''[t]-la\,mh\,\text{Sin}[q1[t]]\,q1''[t]- \\ lb\,mh\,\text{Sin}[q1[t]]\,q1''[t]+lb\,m\,\text{Sin}[q2[t]]\,q2''[t]+2\,m\,q4''[t]+mh\,q4''[t] \end{Bmatrix}$$

In[33]:=
```
HurGlobalMMatrix // MatrixForm
```

Out[33]//MatrixForm=
$$\begin{pmatrix} Iz+2\,la\,lb\,(m+mh)+lb^2\,(m+mh)+la^2\,(2\,m+mh) & -lb\,(la+lb)\,m\,\text{Cos}[q1[t]-q2[t]] & -\left(lb\,(m+mh)\right. \\ -lb\,(la+lb)\,m\,\text{Cos}[q1[t]-q2[t]] & Iz+lb^2\,m & lb \\ -\left(lb\,(m+mh)+la\,(2\,m+mh)\right)\text{Cos}[q1[t]] & lb\,m\,\text{Cos}[q2[t]] & \\ -\left(lb\,(m+mh)+la\,(2\,m+mh)\right)\text{Sin}[q1[t]] & lb\,m\,\text{Sin}[q2[t]] & \end{pmatrix}$$

In[34]:=
```
HurGlobalCMatrix // MatrixForm
```

Out[34]//MatrixForm=
$$\begin{pmatrix} 0 & -lb\,(la+lb)\,m\,\text{Sin}[q1[t]-q2[t]]\,q2'[t] & 0 & 0 \\ lb\,(la+lb)\,m\,\text{Sin}[q1[t]-q2[t]]\,q1'[t] & 0 & 0 & 0 \\ \left(lb\,(m+mh)+la\,(2\,m+mh)\right)\text{Sin}[q1[t]]\,q1'[t] & -lb\,m\,\text{Sin}[q2[t]]\,q2'[t] & 0 & 0 \\ -\left(lb\,(m+mh)+la\,(2\,m+mh)\right)\text{Cos}[q1[t]]\,q1'[t] & lb\,m\,\text{Cos}[q2[t]]\,q2'[t] & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

In[35]:=
```
HurGlobalGVector // MatrixForm
```

Out[35]//MatrixForm=
$$\begin{pmatrix} -g\,\left(lb\,(m+mh)+la\,(2\,m+mh)\right)\text{Sin}[q1[t]] \\ g\,lb\,m\,\text{Sin}[q2[t]] \\ 0 \\ g\,(2\,m+mh) \end{pmatrix}$$

In[36]:=
```
FOOTSW
```

Out[36]=
$$a2\,(la+lb)-b2\,(la+lb)+n1\,q3[t]+n2\,q4[t]$$

In[37]:=
```
Jbfoot = HurGetJacobian[FOOTSW, b, n][[1 ;; 2, ;;]]
```

Out[37]=
$$\begin{Bmatrix} \{-(la+lb)\,\text{Cos}[q1[t]],\ (la+lb)\,\text{Cos}[q2[t]],\ 1,\ 0\}, \\ \{-(la+lb)\,\text{Sin}[q1[t]],\ (la+lb)\,\text{Sin}[q2[t]],\ 0,\ 1\} \end{Bmatrix}$$

In[38]:=
```
ImpactLHS = ArrayFlatten[
    {{HurGlobalMMatrix, -Transpose[Jbfoot]}, {Jbfoot, Table[0, {i, 2}, {j, 2}]}}];
ImpactLHS // MatrixForm
ArrayFlatten[{{HurGlobalMMatrix, -Transpose[Jbfoot]}}] // MatrixForm
Jbfoot // MatrixForm
```

Out[39]//MatrixForm=

$$\begin{pmatrix} Iz + 2\,la\,lb\,(m+mh) + lb^2\,(m+mh) + la^2\,(2\,m+mh) & -lb\,(la+lb)\,m\,\text{Cos}[q1[t]-q2[t]] & -(lb\,(m+mh) & \text{l} \\ -lb\,(la+lb)\,m\,\text{Cos}[q1[t]-q2[t]] & Iz + lb^2\,m & & \\ -(lb\,(m+mh) + la\,(2\,m+mh))\,\text{Cos}[q1[t]] & lb\,m\,\text{Cos}[q2[t]] & & \\ -(lb\,(m+mh) + la\,(2\,m+mh))\,\text{Sin}[q1[t]] & lb\,m\,\text{Sin}[q2[t]] & & \\ -(la+lb)\,\text{Cos}[q1[t]] & (la+lb)\,\text{Cos}[q2[t]] & & \\ -(la+lb)\,\text{Sin}[q1[t]] & (la+lb)\,\text{Sin}[q2[t]] & & \end{pmatrix}$$

Out[40]//MatrixForm=

$$\begin{pmatrix} Iz + 2\,la\,lb\,(m+mh) + lb^2\,(m+mh) + la^2\,(2\,m+mh) & -lb\,(la+lb)\,m\,\text{Cos}[q1[t]-q2[t]] & -(lb\,(m+mh) & \text{l} \\ -lb\,(la+lb)\,m\,\text{Cos}[q1[t]-q2[t]] & Iz + lb^2\,m & & \\ -(lb\,(m+mh) + la\,(2\,m+mh))\,\text{Cos}[q1[t]] & lb\,m\,\text{Cos}[q2[t]] & & \\ -(lb\,(m+mh) + la\,(2\,m+mh))\,\text{Sin}[q1[t]] & lb\,m\,\text{Sin}[q2[t]] & & \end{pmatrix}$$

Out[41]//MatrixForm=

$$\begin{pmatrix} -(la+lb)\,\text{Cos}[q1[t]] & (la+lb)\,\text{Cos}[q2[t]] & 1 & 0 \\ -(la+lb)\,\text{Sin}[q1[t]] & (la+lb)\,\text{Sin}[q2[t]] & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

In[42]:=
```
HurToJulia[ImpactLHS]
```

Out[42]=
```
[(Iz+(2*la*lb*(m+mh)+((lb)^(2)*(m+mh)+(la)^(2)*(2*m+mh))))
-1*lb*(la+lb)*m*cos((q1+-1*q2)) -1*(lb*(m+mh)+la*(2*m+mh))*cos(q1)
-1*(lb*(m+mh)+la*(2*m+mh))*sin(q1) (la+lb)*cos(q1)
(la+lb)*sin(q1);-1*lb*(la+lb)*m*cos((q1+-1*q2))
(Iz+(lb)^(2)*m) lb*m*cos(q2) lb*m*sin(q2) -1*(la+lb)*cos(q2)
-1*(la+lb)*sin(q2);-1*(lb*(m+mh)+la*(2*m+mh))*cos(q1)
lb*m*cos(q2) (2*m+mh) 0 -1 0;-1*(lb*(m+mh)+la*(2*m+mh))*sin(q1)
lb*m*sin(q2) 0 (2*m+mh) 0 -1;-1*(la+lb)*cos(q1) (la+lb)*cos(q2)
1 0 0 0;-1*(la+lb)*sin(q1) (la+lb)*sin(q2) 0 1 0 0]
```

In[43]:=
```
HurGlobalMMatrix.HurList2Column[{q1'[t], q2'[t], 0, 0}]
HurToJulia[%]
```

Out[43]=
$$\begin{Bmatrix} \{(Iz + 2\,la\,lb\,(m+mh) + lb^2\,(m+mh) + la^2\,(2\,m+mh))\,q1'[t] - \\ \quad lb\,(la+lb)\,m\,\text{Cos}[q1[t]-q2[t]]\,q2'[t]\}, \\ \{-lb\,(la+lb)\,m\,\text{Cos}[q1[t]-q2[t]]\,q1'[t] + (Iz + lb^2\,m)\,q2'[t]\}, \\ \{-(lb\,(m+mh) + la\,(2\,m+mh))\,\text{Cos}[q1[t]]\,q1'[t] + lb\,m\,\text{Cos}[q2[t]]\,q2'[t]\}, \\ \{-(lb\,(m+mh) + la\,(2\,m+mh))\,\text{Sin}[q1[t]]\,q1'[t] + lb\,m\,\text{Sin}[q2[t]]\,q2'[t]\} \end{Bmatrix}$$

Out[44]=
```
[((Iz+(2*la*lb*(m+mh)+((lb)^(2)*(m+mh)+(la)^(2)*(2*m+mh))))*q1d+-1*lb*(la+lb)*m*cos((
q1+-1*q2))*q2d);(-1*lb*(la+lb)*m*cos((q1+-1*q2))*q1d+(Iz+(lb)^(2)*m)*q2d);(-1*(lb*(
m+mh)+la*(2*m+mh))*cos(q1)*q1d+lb*m*cos(q2)*q2d);(-1*(lb*(m+mh)+la*(2*m+mh))*sin(q1)
*q1d+lb*m*sin(q2)*q2d)]
```

Expressions for impact dynamics constraints

In[45]:=
```
HurGlobalMMatrix // MatrixForm
```

Out[45]//MatrixForm=

$$\begin{pmatrix} Iz + 2\,la\,lb\,(m+mh) + lb^2\,(m+mh) + la^2\,(2m+mh) & -lb\,(la+lb)\,m\,\text{Cos}[q1[t]-q2[t]] & -(lb\,(m+mh) \\ -lb\,(la+lb)\,m\,\text{Cos}[q1[t]-q2[t]] & Iz + lb^2\,m & lb \\ -(lb\,(m+mh) + la\,(2m+mh))\,\text{Cos}[q1[t]] & lb\,m\,\text{Cos}[q2[t]] & \\ -(lb\,(m+mh) + la\,(2m+mh))\,\text{Sin}[q1[t]] & lb\,m\,\text{Sin}[q2[t]] & \end{pmatrix}$$

In[46]:=
```
HurGlobalMMatrix
```

Out[46]=
$$\{\{Iz + 2\,la\,lb\,(m+mh) + lb^2\,(m+mh) + la^2\,(2m+mh),\ -lb\,(la+lb)\,m\,\text{Cos}[q1[t]-q2[t]],\ -(lb\,(m+mh) + la\,(2m+mh))\,\text{Cos}[q1[t]],\ -(lb\,(m+mh) + la\,(2m+mh))\,\text{Sin}[q1[t]]\},$$
$$\{-lb\,(la+lb)\,m\,\text{Cos}[q1[t]-q2[t]],\ Iz + lb^2\,m,\ lb\,m\,\text{Cos}[q2[t]],\ lb\,m\,\text{Sin}[q2[t]]\},$$
$$\{-(lb\,(m+mh) + la\,(2m+mh))\,\text{Cos}[q1[t]],\ lb\,m\,\text{Cos}[q2[t]],\ 2m+mh,\ 0\},$$
$$\{-(lb\,(m+mh) + la\,(2m+mh))\,\text{Sin}[q1[t]],\ lb\,m\,\text{Sin}[q2[t]],\ 0,\ 2m+mh\}\}$$

In[47]:=
```
impDynConst1 = ArrayFlatten[{{HurGlobalMMatrix, -Transpose[Jbfoot]}}].
    HurList2Column[{q1dp, q2dp, q3dp, q4dp, F1, F2}] -
   HurGlobalMMatrix.HurList2Column[{q1'[t], q2'[t], 0, 0}] // Simplify
```

Out[47]=
$$\{\{(Iz + 2\,la\,lb\,(m+mh) + lb^2\,(m+mh) + la^2\,(2m+mh))\,q1dp + F1\,(la+lb)\,\text{Cos}[q1[t]] - (lb\,(m+mh) + la\,(2m+mh))\,q3dp\,\text{Cos}[q1[t]] - lb\,(la+lb)\,m\,q2dp\,\text{Cos}[q1[t]-q2[t]] + F2\,(la+lb)\,\text{Sin}[q1[t]] - (lb\,(m+mh) + la\,(2m+mh))\,q4dp\,\text{Sin}[q1[t]] - (Iz + 2\,la\,lb\,(m+mh) + lb^2\,(m+mh) + la^2\,(2m+mh))\,q1'[t] + lb\,(la+lb)\,m\,\text{Cos}[q1[t]-q2[t]]\,q2'[t]\},$$
$$\{(Iz + lb^2\,m)\,q2dp - lb\,(la+lb)\,m\,q1dp\,\text{Cos}[q1[t]-q2[t]] - F1\,(la+lb)\,\text{Cos}[q2[t]] + lb\,m\,q3dp\,\text{Cos}[q2[t]] - F2\,(la+lb)\,\text{Sin}[q2[t]] + lb\,m\,q4dp\,\text{Sin}[q2[t]] + lb\,(la+lb)\,m\,\text{Cos}[q1[t]-q2[t]]\,q1'[t] - (Iz + lb^2\,m)\,q2'[t]\},$$
$$\{-F1 + (2m+mh)\,q3dp - (lb\,(m+mh) + la\,(2m+mh))\,q1dp\,\text{Cos}[q1[t]] + lb\,m\,q2dp\,\text{Cos}[q2[t]] + (lb\,(m+mh) + la\,(2m+mh))\,\text{Cos}[q1[t]]\,q1'[t] - lb\,m\,\text{Cos}[q2[t]]\,q2'[t]\},$$
$$\{-F2 + (2m+mh)\,q4dp - (lb\,(m+mh) + la\,(2m+mh))\,q1dp\,\text{Sin}[q1[t]] + lb\,m\,q2dp\,\text{Sin}[q2[t]] + (lb\,(m+mh) + la\,(2m+mh))\,\text{Sin}[q1[t]]\,q1'[t] - lb\,m\,\text{Sin}[q2[t]]\,q2'[t]\}\}$$

In[48]:=
```
impDynConst2 = Jbfoot.HurList2Column[{q1dp, q2dp, q3dp, q4dp}]
```

Out[48]=
$$\{\{q3dp - (la+lb)\,q1dp\,\text{Cos}[q1[t]] + (la+lb)\,q2dp\,\text{Cos}[q2[t]]\},$$
$$\{q4dp - (la+lb)\,q1dp\,\text{Sin}[q1[t]] + (la+lb)\,q2dp\,\text{Sin}[q2[t]]\}\}$$

In[49]:=
```
impDynConst1[[1]][[1]]
HurToJulia[%]
```

Out[49]=
$$(Iz + 2\,la\,lb\,(m+mh) + lb^2\,(m+mh) + la^2\,(2m+mh))\,q1dp + F1\,(la+lb)\,\text{Cos}[q1[t]] - (lb\,(m+mh) + la\,(2m+mh))\,q3dp\,\text{Cos}[q1[t]] - lb\,(la+lb)\,m\,q2dp\,\text{Cos}[q1[t]-q2[t]] + F2\,(la+lb)\,\text{Sin}[q1[t]] - (lb\,(m+mh) + la\,(2m+mh))\,q4dp\,\text{Sin}[q1[t]] - (Iz + 2\,la\,lb\,(m+mh) + lb^2\,(m+mh) + la^2\,(2m+mh))\,q1'[t] + lb\,(la+lb)\,m\,\text{Cos}[q1[t]-q2[t]]\,q2'[t]$$

Out[50]=
```
((Iz+(2*la*lb*(m+mh)+((lb)^(2)*(m+mh)+(la)^(2)*(2*m+mh))))*q1dp+(F1*(la+lb)*cos(q1)+(
-1*(lb*(m+mh)+la*(2*m+mh)))*q3dp*cos(q1)+(-1*lb*(la+lb)*m*q2dp*cos((q1+-1*q2)))+(F2*(
la+lb)*sin(q1)+(-1*(lb*(m+mh)+la*(2*m+mh)))*q4dp*sin(q1)+(-1*(Iz+(2*la*lb*(m+mh)+((
lb)^(2)*(m+mh)+(la)^(2)*(2*m+mh))))*q1d+lb*(la+lb)*m*cos((q1+-1*q2))*q2d))))))
```

In[51]:=
```
impDynConst1[[2]][[1]]
HurToJulia[%]
```

Out[51]=
$$\left(\text{Iz} + \text{lb}^2\, \text{m}\right) \text{q2dp} - \text{lb}\, \left(\text{la} + \text{lb}\right)\, \text{m}\, \text{q1dp}\, \text{Cos}[\text{q1}[\text{t}] - \text{q2}[\text{t}]] - \text{F1}\, \left(\text{la} + \text{lb}\right)\, \text{Cos}[\text{q2}[\text{t}]] + \text{lb}\, \text{m}\, \text{q3dp}\, \text{Cos}[\text{q2}[\text{t}]] - \text{F2}\, \left(\text{la} + \text{lb}\right)\, \text{Sin}[\text{q2}[\text{t}]] + \text{lb}\, \text{m}\, \text{q4dp}\, \text{Sin}[\text{q2}[\text{t}]] + \text{lb}\, \left(\text{la} + \text{lb}\right)\, \text{m}\, \text{Cos}[\text{q1}[\text{t}] - \text{q2}[\text{t}]]\, \text{q1}'[\text{t}] - \left(\text{Iz} + \text{lb}^2\, \text{m}\right)\, \text{q2}'[\text{t}]$$

Out[52]=
```
((Iz+(lb)^(2)*m)*q2dp+(-1*lb*(la+lb)*m*q1dp*cos((q1+-1*q2))+(-1*F1*(la+lb)*cos(q2)+(lb
  *m*q3dp*cos(q2)+(-1*F2*(la+lb)*sin(q2)+(lb*m*q4dp*sin(q2)+(lb*(la+lb)*m*cos((q1+-1*
  q2))*q1d+-1*(Iz+(lb)^(2)*m)*q2d))))))))
```

In[53]:=
```
impDynConst1[[3]][[1]]
HurToJulia[%]
```

Out[53]=
$$-\text{F1} + \left(2\, \text{m} + \text{mh}\right)\, \text{q3dp} - \left(\text{lb}\, \left(\text{m} + \text{mh}\right) + \text{la}\, \left(2\, \text{m} + \text{mh}\right)\right)\, \text{q1dp}\, \text{Cos}[\text{q1}[\text{t}]] + \text{lb}\, \text{m}\, \text{q2dp}\, \text{Cos}[\text{q2}[\text{t}]] + \left(\text{lb}\, \left(\text{m} + \text{mh}\right) + \text{la}\, \left(2\, \text{m} + \text{mh}\right)\right)\, \text{Cos}[\text{q1}[\text{t}]]\, \text{q1}'[\text{t}] - \text{lb}\, \text{m}\, \text{Cos}[\text{q2}[\text{t}]]\, \text{q2}'[\text{t}]$$

Out[54]=
```
(-1*F1+((2*m+mh)*q3dp+(-1*(lb*(m+mh)+la*(2*m+mh))*q1dp*cos(q1)+(lb*m*q2dp*cos(q2)+((lb
  *(m+mh)+la*(2*m+mh))*cos(q1)*q1d+-1*lb*m*cos(q2)*q2d)))))
```

In[55]:=
```
impDynConst1[[4]][[1]]
HurToJulia[%]
```

Out[55]=
$$-\text{F2} + \left(2\, \text{m} + \text{mh}\right)\, \text{q4dp} - \left(\text{lb}\, \left(\text{m} + \text{mh}\right) + \text{la}\, \left(2\, \text{m} + \text{mh}\right)\right)\, \text{q1dp}\, \text{Sin}[\text{q1}[\text{t}]] + \text{lb}\, \text{m}\, \text{q2dp}\, \text{Sin}[\text{q2}[\text{t}]] + \left(\text{lb}\, \left(\text{m} + \text{mh}\right) + \text{la}\, \left(2\, \text{m} + \text{mh}\right)\right)\, \text{Sin}[\text{q1}[\text{t}]]\, \text{q1}'[\text{t}] - \text{lb}\, \text{m}\, \text{Sin}[\text{q2}[\text{t}]]\, \text{q2}'[\text{t}]$$

Out[56]=
```
(-1*F2+((2*m+mh)*q4dp+(-1*(lb*(m+mh)+la*(2*m+mh))*q1dp*sin(q1)+(lb*m*q2dp*sin(q2)+((lb
  *(m+mh)+la*(2*m+mh))*sin(q1)*q1d+-1*lb*m*sin(q2)*q2d)))))
```

In[57]:=
```
impDynConst2[[1]][[1]]
HurToJulia[%]
```

Out[57]=
$$\text{q3dp} - \left(\text{la} + \text{lb}\right)\, \text{q1dp}\, \text{Cos}[\text{q1}[\text{t}]] + \left(\text{la} + \text{lb}\right)\, \text{q2dp}\, \text{Cos}[\text{q2}[\text{t}]]$$

Out[58]=
```
(q3dp+(-1*(la+lb)*q1dp*cos(q1)+(la+lb)*q2dp*cos(q2)))
```

In[59]:=
```
impDynConst2[[2]][[1]]
HurToJulia[%]
```

Out[59]=
$$\text{q4dp} - \left(\text{la} + \text{lb}\right)\, \text{q1dp}\, \text{Sin}[\text{q1}[\text{t}]] + \left(\text{la} + \text{lb}\right)\, \text{q2dp}\, \text{Sin}[\text{q2}[\text{t}]]$$

Out[60]=
```
(q4dp+(-1*(la+lb)*q1dp*sin(q1)+(la+lb)*q2dp*sin(q2)))
```

In[61]:=
```
temp = Inverse[HurGlobalMMatrix].Transpose[Jbfoot] // Simplify
```

Out[61]=
$$\left\{\left\{-\left(\left(\text{lb}\,\text{m}\left(-\left(2\,\text{Iz}\left(2\,\text{m}+\text{mh}\right)+\text{lb}\,\text{m}\left(\text{lb}\left(\text{m}+\text{mh}\right)-\text{la}\left(2\,\text{m}+\text{mh}\right)\right)\right)\text{Cos}\left[\text{q1}\left[\text{t}\right]\right]+\right.\right.\right.\right.$$
$$\left.\left.\left.\left.\text{lb}\,\text{m}\left(\text{lb}\left(\text{m}+\text{mh}\right)+\text{la}\left(2\,\text{m}+\text{mh}\right)\right)\text{Cos}\left[\text{q1}\left[\text{t}\right]-2\,\text{q2}\left[\text{t}\right]\right]\right)\right)\Big/\left(-2\,\text{Iz}^2\left(2\,\text{m}+\text{mh}\right)^2-\right.\right.$$
$$\left.\left.4\,\text{Iz}\,\text{lb}^2\,\text{m}\left(2\,\text{m}^2+3\,\text{m}\,\text{mh}+\text{mh}^2\right)-\text{lb}^4\,\text{m}^2\left(\text{m}^2+4\,\text{m}\,\text{mh}+2\,\text{mh}^2\right)+\text{lb}^4\,\text{m}^4\,\text{Cos}\left[2\left(\text{q1}\left[\text{t}\right]-\text{q2}\left[\text{t}\right]\right)\right]\right)\right),$$
$$\left(\text{lb}\,\text{m}\left(\left(2\,\text{Iz}\left(2\,\text{m}+\text{mh}\right)+\text{lb}\,\text{m}\left(\text{lb}\left(\text{m}+\text{mh}\right)-\text{la}\left(2\,\text{m}+\text{mh}\right)\right)\right)\text{Sin}\left[\text{q1}\left[\text{t}\right]\right]+\right.\right.$$
$$\left.\left.\text{lb}\,\text{m}\left(\text{lb}\left(\text{m}+\text{mh}\right)+\text{la}\left(2\,\text{m}+\text{mh}\right)\right)\text{Sin}\left[\text{q1}\left[\text{t}\right]-2\,\text{q2}\left[\text{t}\right]\right]\right)\right)\Big/$$
$$\left(-2\,\text{Iz}^2\left(2\,\text{m}+\text{mh}\right)^2-4\,\text{Iz}\,\text{lb}^2\,\text{m}\left(2\,\text{m}^2+3\,\text{m}\,\text{mh}+\text{mh}^2\right)-\text{lb}^4\,\text{m}^2\left(\text{m}^2+4\,\text{m}\,\text{mh}+2\,\text{mh}^2\right)+\right.$$
$$\left.\text{lb}^4\,\text{m}^4\,\text{Cos}\left[2\left(\text{q1}\left[\text{t}\right]-\text{q2}\left[\text{t}\right]\right)\right]\right)\Big\},$$
$$\left\{\left(-\text{lb}^3\,\text{m}^3\,\text{Cos}\left[2\,\text{q1}\left[\text{t}\right]-\text{q2}\left[\text{t}\right]\right]+\left(2\,\text{Iz}\left(2\,\text{m}+\text{mh}\right)\left(\text{lb}\left(\text{m}+\text{mh}\right)+\text{la}\left(2\,\text{m}+\text{mh}\right)\right)+\right.\right.$$
$$\left.\left.\text{lb}^2\,\text{m}\left(2\,\text{la}\left(2\,\text{m}^2+3\,\text{m}\,\text{mh}+\text{mh}^2\right)+\text{lb}\left(\text{m}^2+4\,\text{m}\,\text{mh}+2\,\text{mh}^2\right)\right)\right)\text{Cos}\left[\text{q2}\left[\text{t}\right]\right]\right)\Big/$$
$$\left(2\,\text{Iz}^2\left(2\,\text{m}+\text{mh}\right)^2+4\,\text{Iz}\,\text{lb}^2\,\text{m}\left(2\,\text{m}^2+3\,\text{m}\,\text{mh}+\text{mh}^2\right)+\text{lb}^4\,\text{m}^2\left(\text{m}^2+4\,\text{m}\,\text{mh}+2\,\text{mh}^2\right)-\right.$$
$$\left.\text{lb}^4\,\text{m}^4\,\text{Cos}\left[2\left(\text{q1}\left[\text{t}\right]-\text{q2}\left[\text{t}\right]\right)\right]\right),$$
$$\left(-\text{lb}^3\,\text{m}^3\,\text{Sin}\left[2\,\text{q1}\left[\text{t}\right]-\text{q2}\left[\text{t}\right]\right]+\left(2\,\text{Iz}\left(2\,\text{m}+\text{mh}\right)\left(\text{lb}\left(\text{m}+\text{mh}\right)+\text{la}\left(2\,\text{m}+\text{mh}\right)\right)+\right.\right.$$
$$\left.\left.\text{lb}^2\,\text{m}\left(2\,\text{la}\left(2\,\text{m}^2+3\,\text{m}\,\text{mh}+\text{mh}^2\right)+\text{lb}\left(\text{m}^2+4\,\text{m}\,\text{mh}+2\,\text{mh}^2\right)\right)\right)\text{Sin}\left[\text{q2}\left[\text{t}\right]\right]\right)\Big/$$
$$\left(2\,\text{Iz}^2\left(2\,\text{m}+\text{mh}\right)^2+4\,\text{Iz}\,\text{lb}^2\,\text{m}\left(2\,\text{m}^2+3\,\text{m}\,\text{mh}+\text{mh}^2\right)+\text{lb}^4\,\text{m}^2\left(\text{m}^2+4\,\text{m}\,\text{mh}+2\,\text{mh}^2\right)-\right.$$
$$\left.\text{lb}^4\,\text{m}^4\,\text{Cos}\left[2\left(\text{q1}\left[\text{t}\right]-\text{q2}\left[\text{t}\right]\right)\right]\right)\Big\},$$
$$\left\{\left(8\,\text{Iz}^2\,\text{m}-8\,\text{Iz}\,\text{la}\,\text{lb}\,\text{m}^2+4\,\text{Iz}\,\text{lb}^2\,\text{m}^2+2\,\text{la}^2\,\text{lb}^2\,\text{m}^3-2\,\text{la}\,\text{lb}^3\,\text{m}^3+4\,\text{Iz}^2\,\text{mh}-\right.\right.$$
$$4\,\text{Iz}\,\text{la}\,\text{lb}\,\text{m}\,\text{mh}+4\,\text{Iz}\,\text{lb}^2\,\text{m}\,\text{mh}+\text{la}^2\,\text{lb}^2\,\text{m}^2\,\text{mh}-2\,\text{la}\,\text{lb}^3\,\text{m}^2\,\text{mh}+\text{lb}^4\,\text{m}^2\,\text{mh}-$$
$$\text{lb}\,\text{m}\left(2\,\text{Iz}\left(\text{lb}\left(\text{m}+\text{mh}\right)+\text{la}\left(2\,\text{m}+\text{mh}\right)\right)+\text{lb}\,\text{m}\left(\text{lb}^2\,\text{mh}-\text{la}^2\left(2\,\text{m}+\text{mh}\right)\right)\right)\text{Cos}\left[2\,\text{q1}\left[\text{t}\right]\right]+$$
$$\text{lb}^2\left(\text{la}+\text{lb}\right)\text{m}^2\left(2\,\text{la}\,\text{m}+\text{la}\,\text{mh}+\text{lb}\,\text{mh}\right)\text{Cos}\left[2\left(\text{q1}\left[\text{t}\right]-\text{q2}\left[\text{t}\right]\right)\right]-4\,\text{Iz}\,\text{la}\,\text{lb}\,\text{m}^2\,\text{Cos}\left[2\,\text{q2}\left[\text{t}\right]\right]-$$
$$2\,\text{Iz}\,\text{lb}^2\,\text{m}^2\,\text{Cos}\left[2\,\text{q2}\left[\text{t}\right]\right]+2\,\text{la}^2\,\text{lb}^2\,\text{m}^3\,\text{Cos}\left[2\,\text{q2}\left[\text{t}\right]\right]-2\,\text{Iz}\,\text{la}\,\text{lb}\,\text{m}\,\text{mh}\,\text{Cos}\left[2\,\text{q2}\left[\text{t}\right]\right]-$$
$$2\,\text{Iz}\,\text{lb}^2\,\text{m}\,\text{mh}\,\text{Cos}\left[2\,\text{q2}\left[\text{t}\right]\right]+\text{la}^2\,\text{lb}^2\,\text{m}^2\,\text{mh}\,\text{Cos}\left[2\,\text{q2}\left[\text{t}\right]\right]-\text{lb}^4\,\text{m}^2\,\text{mh}\,\text{Cos}\left[2\,\text{q2}\left[\text{t}\right]\right]\Big)\Big/$$
$$\left(2\left(2\,\text{Iz}^2\left(2\,\text{m}+\text{mh}\right)^2+4\,\text{Iz}\,\text{lb}^2\,\text{m}\left(2\,\text{m}^2+3\,\text{m}\,\text{mh}+\text{mh}^2\right)+\text{lb}^4\,\text{m}^2\left(\text{m}^2+4\,\text{m}\,\text{mh}+2\,\text{mh}^2\right)-\right.\right.$$
$$\left.\left.\text{lb}^4\,\text{m}^4\,\text{Cos}\left[2\left(\text{q1}\left[\text{t}\right]-\text{q2}\left[\text{t}\right]\right)\right]\right)\right),$$
$$\left(\text{lb}\,\text{m}\,\text{Cos}\left[\text{q1}\left[\text{t}\right]-\text{q2}\left[\text{t}\right]\right]\left(\text{lb}\left(\text{la}+\text{lb}\right)\text{m}\left(\text{lb}\,\text{mh}+\text{la}\left(2\,\text{m}+\text{mh}\right)\right)\text{Sin}\left[\text{q1}\left[\text{t}\right]-\text{q2}\left[\text{t}\right]\right]+\right.\right.$$
$$\left.\left.\left(2\,\text{Iz}\left(\text{lb}\left(\text{m}+\text{mh}\right)+\text{la}\left(2\,\text{m}+\text{mh}\right)\right)+\text{lb}\,\text{m}\left(\text{lb}^2\,\text{mh}-\text{la}^2\left(2\,\text{m}+\text{mh}\right)\right)\right)\text{Sin}\left[\text{q1}\left[\text{t}\right]+\text{q2}\left[\text{t}\right]\right]\right)\right)\Big/$$
$$\left(-2\,\text{Iz}^2\left(2\,\text{m}+\text{mh}\right)^2-4\,\text{Iz}\,\text{lb}^2\,\text{m}\left(2\,\text{m}^2+3\,\text{m}\,\text{mh}+\text{mh}^2\right)-\text{lb}^4\,\text{m}^2\left(\text{m}^2+4\,\text{m}\,\text{mh}+2\,\text{mh}^2\right)+\right.$$
$$\left.\text{lb}^4\,\text{m}^4\,\text{Cos}\left[2\left(\text{q1}\left[\text{t}\right]-\text{q2}\left[\text{t}\right]\right)\right]\right)\Big\},$$
$$\left\{-\left(\left(\text{lb}\,\text{m}\,\text{Cos}\left[\text{q1}\left[\text{t}\right]-\text{q2}\left[\text{t}\right]\right]\left(\text{lb}\left(\text{la}+\text{lb}\right)\text{m}\left(\text{lb}\,\text{mh}+\text{la}\left(2\,\text{m}+\text{mh}\right)\right)\text{Sin}\left[\text{q1}\left[\text{t}\right]-\text{q2}\left[\text{t}\right]\right]-\right.\right.\right.$$
$$\left.\left.\left.\left(2\,\text{Iz}\left(\text{lb}\left(\text{m}+\text{mh}\right)+\text{la}\left(2\,\text{m}+\text{mh}\right)\right)+\text{lb}\,\text{m}\left(\text{lb}^2\,\text{mh}-\text{la}^2\left(2\,\text{m}+\text{mh}\right)\right)\right)\text{Sin}\left[\text{q1}\left[\text{t}\right]+\text{q2}\left[\text{t}\right]\right]\right)\right)\Big/$$
$$\left(-2\,\text{Iz}^2\left(2\,\text{m}+\text{mh}\right)^2-4\,\text{Iz}\,\text{lb}^2\,\text{m}\left(2\,\text{m}^2+3\,\text{m}\,\text{mh}+\text{mh}^2\right)-\text{lb}^4\,\text{m}^2\left(\text{m}^2+4\,\text{m}\,\text{mh}+2\,\text{mh}^2\right)+\right.$$
$$\left.\text{lb}^4\,\text{m}^4\,\text{Cos}\left[2\left(\text{q1}\left[\text{t}\right]-\text{q2}\left[\text{t}\right]\right)\right]\right)\Big),$$
$$\left(8\,\text{Iz}^2\,\text{m}-8\,\text{Iz}\,\text{la}\,\text{lb}\,\text{m}^2+4\,\text{Iz}\,\text{lb}^2\,\text{m}^2+2\,\text{la}^2\,\text{lb}^2\,\text{m}^3-2\,\text{la}\,\text{lb}^3\,\text{m}^3+4\,\text{Iz}^2\,\text{mh}-4\,\text{Iz}\,\text{la}\,\text{lb}\,\text{m}\,\text{mh}+\right.$$
$$4\,\text{Iz}\,\text{lb}^2\,\text{m}\,\text{mh}+\text{la}^2\,\text{lb}^2\,\text{m}^2\,\text{mh}-2\,\text{la}\,\text{lb}^3\,\text{m}^2\,\text{mh}+\text{lb}^4\,\text{m}^2\,\text{mh}+$$
$$\text{lb}\,\text{m}\left(2\,\text{Iz}\left(\text{lb}\left(\text{m}+\text{mh}\right)+\text{la}\left(2\,\text{m}+\text{mh}\right)\right)+\text{lb}\,\text{m}\left(\text{lb}^2\,\text{mh}-\text{la}^2\left(2\,\text{m}+\text{mh}\right)\right)\right)\text{Cos}\left[2\,\text{q1}\left[\text{t}\right]\right]+$$
$$\text{lb}^2\left(\text{la}+\text{lb}\right)\text{m}^2\left(2\,\text{la}\,\text{m}+\text{la}\,\text{mh}+\text{lb}\,\text{mh}\right)\text{Cos}\left[2\left(\text{q1}\left[\text{t}\right]-\text{q2}\left[\text{t}\right]\right)\right]+4\,\text{Iz}\,\text{la}\,\text{lb}\,\text{m}^2\,\text{Cos}\left[2\,\text{q2}\left[\text{t}\right]\right]+$$
$$2\,\text{Iz}\,\text{lb}^2\,\text{m}^2\,\text{Cos}\left[2\,\text{q2}\left[\text{t}\right]\right]-2\,\text{la}^2\,\text{lb}^2\,\text{m}^3\,\text{Cos}\left[2\,\text{q2}\left[\text{t}\right]\right]+2\,\text{Iz}\,\text{la}\,\text{lb}\,\text{m}\,\text{mh}\,\text{Cos}\left[2\,\text{q2}\left[\text{t}\right]\right]+$$
$$2\,\text{Iz}\,\text{lb}^2\,\text{m}\,\text{mh}\,\text{Cos}\left[2\,\text{q2}\left[\text{t}\right]\right]-\text{la}^2\,\text{lb}^2\,\text{m}^2\,\text{mh}\,\text{Cos}\left[2\,\text{q2}\left[\text{t}\right]\right]+\text{lb}^4\,\text{m}^2\,\text{mh}\,\text{Cos}\left[2\,\text{q2}\left[\text{t}\right]\right]\Big)\Big/$$
$$\left(2\left(2\,\text{Iz}^2\left(2\,\text{m}+\text{mh}\right)^2+4\,\text{Iz}\,\text{lb}^2\,\text{m}\left(2\,\text{m}^2+3\,\text{m}\,\text{mh}+\text{mh}^2\right)+\text{lb}^4\,\text{m}^2\left(\text{m}^2+4\,\text{m}\,\text{mh}+2\,\text{mh}^2\right)-\right.\right.$$
$$\left.\left.\text{lb}^4\,\text{m}^4\,\text{Cos}\left[2\left(\text{q1}\left[\text{t}\right]-\text{q2}\left[\text{t}\right]\right)\right]\right)\right)\Big\}\Big\}$$

In[62]:=
```
coef = temp.Inverse[Jbfoot.temp].Jbfoot // Simplify
```

Out[62]=
$$\left\{\left\{\left(\mathrm{lb}\left(\mathrm{la}+\mathrm{lb}\right)\,\mathrm{m}\left(-2\,\mathrm{Iz}-2\,\mathrm{la}^2\,\mathrm{m}-\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\,\mathrm{m}-\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}-\mathrm{la}^2\,\mathrm{mh}-2\,\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\,\mathrm{mh}-\right.\right.\right.\right.$$
$$\left.\left.\left.\left.\mathrm{lb}^2\,\mathrm{mh}+\left(\mathrm{la}+\mathrm{lb}\right)\left(\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\right)\mathrm{Cos}\left[2\left(\mathrm{q1}[\mathrm{t}]-\mathrm{q2}[\mathrm{t}]\right)\right]\right)\right)\Big/$$
$$\left(-2\,\mathrm{Iz}^2-2\,\mathrm{Iz}\left(2\,\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}^2\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{lb}^2\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\right)-\right.$$
$$\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}\left(2\,\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+2\,\mathrm{mh}\right)+\mathrm{lb}^2\left(\mathrm{m}+2\,\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}^2\left(3\,\mathrm{m}+2\,\mathrm{mh}\right)\right)+$$
$$\left.\mathrm{lb}^2\left(\mathrm{la}+\mathrm{lb}\right)^2\mathrm{m}^2\,\mathrm{Cos}\left[2\left(\mathrm{q1}[\mathrm{t}]-\mathrm{q2}[\mathrm{t}]\right)\right]\right),$$
$$-\left(\left(2\,\mathrm{lb}\left(\mathrm{la}+\mathrm{lb}\right)\,\mathrm{m}\left(-\mathrm{Iz}+\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\,\mathrm{m}\right)\mathrm{Cos}[\mathrm{q1}[\mathrm{t}]-\mathrm{q2}[\mathrm{t}]]\right)\Big/\right.$$
$$\left(-2\,\mathrm{Iz}^2-2\,\mathrm{Iz}\left(2\,\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}^2\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{lb}^2\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\right)-\right.$$
$$\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}\left(2\,\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+2\,\mathrm{mh}\right)+\mathrm{lb}^2\left(\mathrm{m}+2\,\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}^2\left(3\,\mathrm{m}+2\,\mathrm{mh}\right)\right)+$$
$$\left.\left.\mathrm{lb}^2\left(\mathrm{la}+\mathrm{lb}\right)^2\mathrm{m}^2\,\mathrm{Cos}\left[2\left(\mathrm{q1}[\mathrm{t}]-\mathrm{q2}[\mathrm{t}]\right)\right]\right)\right),$$
$$\left(\mathrm{lb}\,\mathrm{m}\left(\left(2\,\mathrm{Iz}+\mathrm{lb}^2\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}^2\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+2\,\mathrm{mh}\right)\right)\mathrm{Cos}[\mathrm{q1}[\mathrm{t}]]-\right.\right.$$
$$\left.\left.\left(\mathrm{la}+\mathrm{lb}\right)\left(\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\right)\mathrm{Cos}[\mathrm{q1}[\mathrm{t}]-2\,\mathrm{q2}[\mathrm{t}]]\right)\right)\Big/$$
$$\left(-2\,\mathrm{Iz}^2-2\,\mathrm{Iz}\left(2\,\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}^2\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{lb}^2\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\right)-\right.$$
$$\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}\left(2\,\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+2\,\mathrm{mh}\right)+\mathrm{lb}^2\left(\mathrm{m}+2\,\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}^2\left(3\,\mathrm{m}+2\,\mathrm{mh}\right)\right)+$$
$$\left.\mathrm{lb}^2\left(\mathrm{la}+\mathrm{lb}\right)^2\mathrm{m}^2\,\mathrm{Cos}\left[2\left(\mathrm{q1}[\mathrm{t}]-\mathrm{q2}[\mathrm{t}]\right)\right]\right),$$
$$\left(\mathrm{lb}\,\mathrm{m}\left(\left(2\,\mathrm{Iz}+\mathrm{lb}^2\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}^2\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+2\,\mathrm{mh}\right)\right)\mathrm{Sin}[\mathrm{q1}[\mathrm{t}]]+\right.\right.$$
$$\left.\left.\left(\mathrm{la}+\mathrm{lb}\right)\left(\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\right)\mathrm{Sin}[\mathrm{q1}[\mathrm{t}]-2\,\mathrm{q2}[\mathrm{t}]]\right)\right)\Big/$$
$$\left(-2\,\mathrm{Iz}^2-2\,\mathrm{Iz}\left(2\,\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}^2\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{lb}^2\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\right)-\right.$$
$$\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}\left(2\,\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+2\,\mathrm{mh}\right)+\mathrm{lb}^2\left(\mathrm{m}+2\,\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}^2\left(3\,\mathrm{m}+2\,\mathrm{mh}\right)\right)+$$
$$\left.\left.\mathrm{lb}^2\left(\mathrm{la}+\mathrm{lb}\right)^2\mathrm{m}^2\,\mathrm{Cos}\left[2\left(\mathrm{q1}[\mathrm{t}]-\mathrm{q2}[\mathrm{t}]\right)\right]\right)\right\},$$
$$\left\{\left(2\left(\mathrm{la}+\mathrm{lb}\right)\left(\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}\left(\mathrm{lb}\,\mathrm{mh}+\mathrm{la}\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\right)+\mathrm{Iz}\left(\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\right)\right)\mathrm{Cos}[\mathrm{q1}[\mathrm{t}]-\mathrm{q2}[\mathrm{t}]]\right)\Big/\right.$$
$$\left(-2\,\mathrm{Iz}^2-2\,\mathrm{Iz}\left(2\,\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}^2\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{lb}^2\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\right)-\right.$$
$$\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}\left(2\,\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+2\,\mathrm{mh}\right)+\mathrm{lb}^2\left(\mathrm{m}+2\,\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}^2\left(3\,\mathrm{m}+2\,\mathrm{mh}\right)\right)+$$
$$\left.\mathrm{lb}^2\left(\mathrm{la}+\mathrm{lb}\right)^2\mathrm{m}^2\,\mathrm{Cos}\left[2\left(\mathrm{q1}[\mathrm{t}]-\mathrm{q2}[\mathrm{t}]\right)\right]\right),$$
$$\left(\left(\mathrm{la}+\mathrm{lb}\right)\left(-\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}\left(3\,\mathrm{la}\,\mathrm{m}+\mathrm{lb}\,\mathrm{m}+2\,\mathrm{la}\,\mathrm{mh}+2\,\mathrm{lb}\,\mathrm{mh}\right)-2\,\mathrm{Iz}\left(\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\right)+\right.\right.$$
$$\left.\left.\mathrm{lb}^2\left(\mathrm{la}+\mathrm{lb}\right)\mathrm{m}^2\,\mathrm{Cos}\left[2\left(\mathrm{q1}[\mathrm{t}]-\mathrm{q2}[\mathrm{t}]\right)\right]\right)\right)\Big/$$
$$\left(-2\,\mathrm{Iz}^2-2\,\mathrm{Iz}\left(2\,\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}^2\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{lb}^2\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\right)-\right.$$
$$\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}\left(2\,\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+2\,\mathrm{mh}\right)+\mathrm{lb}^2\left(\mathrm{m}+2\,\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}^2\left(3\,\mathrm{m}+2\,\mathrm{mh}\right)\right)+$$
$$\left.\mathrm{lb}^2\left(\mathrm{la}+\mathrm{lb}\right)^2\mathrm{m}^2\,\mathrm{Cos}\left[2\left(\mathrm{q1}[\mathrm{t}]-\mathrm{q2}[\mathrm{t}]\right)\right]\right),\ \left(-\mathrm{lb}^2\left(\mathrm{la}+\mathrm{lb}\right)\mathrm{m}^2\,\mathrm{Cos}[2\,\mathrm{q1}[\mathrm{t}]-\mathrm{q2}[\mathrm{t}]]+\right.$$
$$\left.\left(\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}\left(3\,\mathrm{la}\,\mathrm{m}+\mathrm{lb}\,\mathrm{m}+2\,\mathrm{la}\,\mathrm{mh}+2\,\mathrm{lb}\,\mathrm{mh}\right)+2\,\mathrm{Iz}\left(\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\right)\right)\mathrm{Cos}[\mathrm{q2}[\mathrm{t}]]\right)\Big/$$
$$\left(2\,\mathrm{Iz}^2+2\,\mathrm{Iz}\left(2\,\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}^2\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{lb}^2\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\right)+\right.$$
$$\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}\left(2\,\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+2\,\mathrm{mh}\right)+\mathrm{lb}^2\left(\mathrm{m}+2\,\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}^2\left(3\,\mathrm{m}+2\,\mathrm{mh}\right)\right)-$$
$$\left.\mathrm{lb}^2\left(\mathrm{la}+\mathrm{lb}\right)^2\mathrm{m}^2\,\mathrm{Cos}\left[2\left(\mathrm{q1}[\mathrm{t}]-\mathrm{q2}[\mathrm{t}]\right)\right]\right),\ \left(-\mathrm{lb}^2\left(\mathrm{la}+\mathrm{lb}\right)\mathrm{m}^2\,\mathrm{Sin}[2\,\mathrm{q1}[\mathrm{t}]-\mathrm{q2}[\mathrm{t}]]+\right.$$
$$\left.\left(\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}\left(3\,\mathrm{la}\,\mathrm{m}+\mathrm{lb}\,\mathrm{m}+2\,\mathrm{la}\,\mathrm{mh}+2\,\mathrm{lb}\,\mathrm{mh}\right)+2\,\mathrm{Iz}\left(\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\right)\right)\mathrm{Sin}[\mathrm{q2}[\mathrm{t}]]\right)\Big/$$
$$\left(2\,\mathrm{Iz}^2+2\,\mathrm{Iz}\left(2\,\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}^2\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{lb}^2\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\right)+\right.$$
$$\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}\left(2\,\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+2\,\mathrm{mh}\right)+\mathrm{lb}^2\left(\mathrm{m}+2\,\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}^2\left(3\,\mathrm{m}+2\,\mathrm{mh}\right)\right)-$$
$$\left.\mathrm{lb}^2\left(\mathrm{la}+\mathrm{lb}\right)^2\mathrm{m}^2\,\mathrm{Cos}\left[2\left(\mathrm{q1}[\mathrm{t}]-\mathrm{q2}[\mathrm{t}]\right)\right]\right)\right\},$$
$$\left\{-\left(\left(\left(\mathrm{la}+\mathrm{lb}\right)\left(2\left(\mathrm{Iz}-\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\,\mathrm{m}\right)\left(2\,\mathrm{Iz}+\mathrm{lb}^2\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}^2\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+2\,\mathrm{mh}\right)\right)\mathrm{Cos}[\mathrm{q1}[\mathrm{t}]]+\right.\right.\right.$$
$$\left.\left.\left.\left(\mathrm{la}+\mathrm{lb}\right)\left(-\left(2\,\mathrm{Iz}\left(\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\right)+\mathrm{lb}\,\mathrm{m}\left(\mathrm{lb}^2\,\mathrm{mh}-\mathrm{la}^2\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\right)\right)\mathrm{Cos}[\right.\right.\right.$$

$$
\begin{aligned}
&q1[t] - 2\,q2[t]] + lb\,(la + lb)\,m\,(lb\,mh + la\,(2\,m + mh))\,\mathrm{Cos}[3\,q1[t] - 2\,q2[t]]\big)\big)\big) \Big/ \\
&\Big(4\,Iz^2 + 4\,Iz\,\big(2\,la\,lb\,(m + mh) + la^2\,(2\,m + mh) + lb^2\,(2\,m + mh)\big) + \\
&\quad 2\,lb^2\,m\,\big(2\,la\,lb\,(m + 2\,mh) + lb^2\,(m + 2\,mh) + la^2\,(3\,m + 2\,mh)\big) - \\
&\quad 2\,lb^2\,(la + lb)^2\,m^2\,\mathrm{Cos}\big[2\,(q1[t] - q2[t])\big]\big)\Big), -\Big(\big((la + lb)\,(-Iz + la\,lb\,m) \\
&\quad (lb\,(la + lb)\,m\,\mathrm{Cos}[2\,q1[t] - q2[t]] + (-2\,Iz + (la - lb)\,lb\,m)\,\mathrm{Cos}[q2[t]]\big)\big) \Big/ \\
&\Big(-2\,Iz^2 - 2\,Iz\,\big(2\,la\,lb\,(m + mh) + la^2\,(2\,m + mh) + lb^2\,(2\,m + mh)\big) - lb^2\,m\,\big(2\,la\,lb\,(m + 2\,mh) + \\
&\quad lb^2\,(m + 2\,mh) + la^2\,(3\,m + 2\,mh)\big) + lb^2\,(la + lb)^2\,m^2\,\mathrm{Cos}\big[2\,(q1[t] - q2[t])\big]\big)\Big), \\
&\Big(4\,Iz^2 + 4\,Iz\,la^2\,m + 4\,Iz\,lb^2\,m - 2\,la^3\,lb\,m^2 - 2\,la\,lb^3\,m^2 + 2\,Iz\,la^2\,mh + 4\,Iz\,la\,lb\,mh + \\
&\quad 2\,Iz\,lb^2\,mh - la^3\,lb\,m\,mh - la^2\,lb^2\,m\,mh + la\,lb^3\,m\,mh + lb^4\,m\,mh - \\
&\quad lb\,(la + lb)\,m\,\big(2\,Iz + 2\,la\,lb\,mh + lb^2\,mh + la^2\,(2\,m + mh)\big)\,\mathrm{Cos}[2\,q1[t]] + \\
&\quad lb\,(la + lb)^2\,m\,\big(lb\,mh + la\,(2\,m + mh)\big)\,\mathrm{Cos}\big[2\,(q1[t] - q2[t])\big] - \\
&\quad 4\,Iz\,la^2\,m\,\mathrm{Cos}[2\,q2[t]] - 6\,Iz\,la\,lb\,m\,\mathrm{Cos}[2\,q2[t]] - 2\,Iz\,lb^2\,m\,\mathrm{Cos}[2\,q2[t]] + \\
&\quad 2\,la^3\,lb\,m^2\,\mathrm{Cos}[2\,q2[t]] + 2\,la^2\,lb^2\,m^2\,\mathrm{Cos}[2\,q2[t]] - 2\,Iz\,la^2\,mh\,\mathrm{Cos}[2\,q2[t]] - \\
&\quad 4\,Iz\,la\,lb\,mh\,\mathrm{Cos}[2\,q2[t]] - 2\,Iz\,lb^2\,mh\,\mathrm{Cos}[2\,q2[t]] + la^3\,lb\,m\,mh\,\mathrm{Cos}[2\,q2[t]] + \\
&\quad la^2\,lb^2\,m\,mh\,\mathrm{Cos}[2\,q2[t]] - la\,lb^3\,m\,mh\,\mathrm{Cos}[2\,q2[t]] - lb^4\,m\,mh\,\mathrm{Cos}[2\,q2[t]]\Big) \Big/ \\
&\Big(4\,Iz^2 + 4\,Iz\,\big(2\,la\,lb\,(m + mh) + la^2\,(2\,m + mh) + lb^2\,(2\,m + mh)\big) + \\
&\quad 2\,lb^2\,m\,\big(2\,la\,lb\,(m + 2\,mh) + lb^2\,(m + 2\,mh) + la^2\,(3\,m + 2\,mh)\big) - \\
&\quad 2\,lb^2\,(la + lb)^2\,m^2\,\mathrm{Cos}\big[2\,(q1[t] - q2[t])\big]\big)\Big), \\
&-\Big(\big((la + lb)\,\big(lb\,m\,\big(2\,Iz + 2\,la\,lb\,mh + lb^2\,mh + la^2\,(2\,m + mh)\big)\,\mathrm{Sin}[2\,q1[t]] + \\
&\quad lb\,(la + lb)\,m\,\big(lb\,mh + la\,(2\,m + mh)\big)\,\mathrm{Sin}\big[2\,(q1[t] - q2[t])\big] + \\
&\quad \big(2\,Iz\,\big(lb\,(m + mh) + la\,(2\,m + mh)\big) + lb\,m\,\big(lb^2\,mh - la^2\,(2\,m + mh)\big)\big)\,\mathrm{Sin}[2\,q2[t]]\big)\big) \Big/ \\
&\Big(4\,Iz^2 + 4\,Iz\,\big(2\,la\,lb\,(m + mh) + la^2\,(2\,m + mh) + lb^2\,(2\,m + mh)\big) + 2\,lb^2\,m\,\big(2\,la\,lb\,(m + 2\,mh) + \\
&\quad lb^2\,(m + 2\,mh) + la^2\,(3\,m + 2\,mh)\big) - 2\,lb^2\,(la + lb)^2\,m^2\,\mathrm{Cos}\big[2\,(q1[t] - q2[t])\big]\big)\Big)\Big\}, \\
&\Big\{-\Big(\big((la + lb)\,\big(2\,(Iz - la\,lb\,m)\,\big(2\,Iz + lb^2\,(m + mh) + la^2\,(2\,m + mh) + la\,lb\,(m + 2\,mh)\big)\,\mathrm{Sin}[q1[t]] + \\
&\quad (la + lb)\,\big(\big(2\,Iz\,\big(lb\,(m + mh) + la\,(2\,m + mh)\big) + lb\,m\,\big(lb^2\,mh - la^2\,(2\,m + mh)\big)\big)\,\mathrm{Sin}[\\
&\quad q1[t] - 2\,q2[t]] + lb\,(la + lb)\,m\,\big(lb\,mh + la\,(2\,m + mh)\big)\,\mathrm{Sin}[3\,q1[t] - 2\,q2[t]]\big)\big)\big) \Big/ \\
&\Big(4\,Iz^2 + 4\,Iz\,\big(2\,la\,lb\,(m + mh) + la^2\,(2\,m + mh) + lb^2\,(2\,m + mh)\big) + \\
&\quad 2\,lb^2\,m\,\big(2\,la\,lb\,(m + 2\,mh) + lb^2\,(m + 2\,mh) + la^2\,(3\,m + 2\,mh)\big) - \\
&\quad 2\,lb^2\,(la + lb)^2\,m^2\,\mathrm{Cos}\big[2\,(q1[t] - q2[t])\big]\big)\Big), -\Big(\big((la + lb)\,(-Iz + la\,lb\,m) \\
&\quad (lb\,(la + lb)\,m\,\mathrm{Sin}[2\,q1[t] - q2[t]] + (-2\,Iz + (la - lb)\,lb\,m)\,\mathrm{Sin}[q2[t]]\big)\big) \Big/ \\
&\Big(-2\,Iz^2 - 2\,Iz\,\big(2\,la\,lb\,(m + mh) + la^2\,(2\,m + mh) + lb^2\,(2\,m + mh)\big) - lb^2\,m\,\big(2\,la\,lb\,(m + 2\,mh) + \\
&\quad lb^2\,(m + 2\,mh) + la^2\,(3\,m + 2\,mh)\big) + lb^2\,(la + lb)^2\,m^2\,\mathrm{Cos}\big[2\,(q1[t] - q2[t])\big]\big)\Big), \\
&-\Big(\big((la + lb)\,\big(lb\,m\,\big(2\,Iz + 2\,la\,lb\,mh + lb^2\,mh + la^2\,(2\,m + mh)\big)\,\mathrm{Sin}[2\,q1[t]] - \\
&\quad lb\,(la + lb)\,m\,\big(lb\,mh + la\,(2\,m + mh)\big)\,\mathrm{Sin}\big[2\,(q1[t] - q2[t])\big] + \\
&\quad \big(2\,Iz\,\big(lb\,(m + mh) + la\,(2\,m + mh)\big) + lb\,m\,\big(lb^2\,mh - la^2\,(2\,m + mh)\big)\big)\,\mathrm{Sin}[2\,q2[t]]\big)\big) \Big/ \\
&\Big(4\,Iz^2 + 4\,Iz\,\big(2\,la\,lb\,(m + mh) + la^2\,(2\,m + mh) + lb^2\,(2\,m + mh)\big) + \\
&\quad 2\,lb^2\,m\,\big(2\,la\,lb\,(m + 2\,mh) + lb^2\,(m + 2\,mh) + la^2\,(3\,m + 2\,mh)\big) - \\
&\quad 2\,lb^2\,(la + lb)^2\,m^2\,\mathrm{Cos}\big[2\,(q1[t] - q2[t])\big]\big)\Big), \\
&\Big(4\,Iz^2 + 4\,Iz\,la^2\,m + 4\,Iz\,lb^2\,m - 2\,la^3\,lb\,m^2 - 2\,la\,lb^3\,m^2 + 2\,Iz\,la^2\,mh + 4\,Iz\,la\,lb\,mh +
\end{aligned}
$$

$$2\,Iz\,lb^2\,mh - la^3\,lb\,m\,mh - la^2\,lb^2\,m\,mh + la\,lb^3\,m\,mh + lb^4\,m\,mh +$$
$$lb\,(la+lb)\,m\,(2\,Iz + 2\,la\,lb\,mh + lb^2\,mh + la^2\,(2\,m+mh))\,\text{Cos}[2\,q1[t]] +$$
$$lb\,(la+lb)^2\,m\,(lb\,mh + la\,(2\,m+mh))\,\text{Cos}[2\,(q1[t]-q2[t])] +$$
$$4\,Iz\,la^2\,m\,\text{Cos}[2\,q2[t]] + 6\,Iz\,la\,lb\,m\,\text{Cos}[2\,q2[t]] + 2\,Iz\,lb^2\,m\,\text{Cos}[2\,q2[t]] -$$
$$2\,la^3\,lb\,m^2\,\text{Cos}[2\,q2[t]] - 2\,la^2\,lb^2\,m^2\,\text{Cos}[2\,q2[t]] + 2\,Iz\,la^2\,mh\,\text{Cos}[2\,q2[t]] +$$
$$4\,Iz\,la\,lb\,mh\,\text{Cos}[2\,q2[t]] + 2\,Iz\,lb^2\,mh\,\text{Cos}[2\,q2[t]] - la^3\,lb\,m\,mh\,\text{Cos}[2\,q2[t]] -$$
$$la^2\,lb^2\,m\,mh\,\text{Cos}[2\,q2[t]] + la\,lb^3\,m\,mh\,\text{Cos}[2\,q2[t]] + lb^4\,m\,mh\,\text{Cos}[2\,q2[t]]\Big) \Big/$$
$$\Big(4\,Iz^2 + 4\,Iz\,(2\,la\,lb\,(m+mh) + la^2\,(2\,m+mh) + lb^2\,(2\,m+mh)) +$$
$$2\,lb^2\,m\,(2\,la\,lb\,(m+2\,mh) + lb^2\,(m+2\,mh) + la^2\,(3\,m+2\,mh)) -$$
$$2\,lb^2\,(la+lb)^2\,m^2\,\text{Cos}[2\,(q1[t]-q2[t])]\Big)\Big\}\Big\}$$

In[63]:= **Dimensions[coef]**

Out[63]= {4, 4}

In[64]:= **LinOp = IdentityMatrix[4] - coef // Simplify**

Out[64]=
$$\Big\{\Big\{1 - (lb\,(la+lb)\,m\,(-2\,Iz - 2\,la^2\,m - la\,lb\,m - lb^2\,m - la^2\,mh - 2\,la\,lb\,mh -$$
$$lb^2\,mh + (la+lb)\,(lb\,(m+mh) + la\,(2\,m+mh))\,\text{Cos}[2\,(q1[t]-q2[t])]))\Big/$$
$$\Big(-2\,Iz^2 - 2\,Iz\,(2\,la\,lb\,(m+mh) + la^2\,(2\,m+mh) + lb^2\,(2\,m+mh)) -$$
$$lb^2\,m\,(2\,la\,lb\,(m+2\,mh) + lb^2\,(m+2\,mh) + la^2\,(3\,m+2\,mh)) +$$
$$lb^2\,(la+lb)^2\,m^2\,\text{Cos}[2\,(q1[t]-q2[t])]\Big),$$
$$(2\,lb\,(la+lb)\,m\,(-Iz + la\,lb\,m)\,\text{Cos}[q1[t]-q2[t]])\Big/$$
$$\Big(-2\,Iz^2 - 2\,Iz\,(2\,la\,lb\,(m+mh) + la^2\,(2\,m+mh) + lb^2\,(2\,m+mh)) -$$
$$lb^2\,m\,(2\,la\,lb\,(m+2\,mh) + lb^2\,(m+2\,mh) + la^2\,(3\,m+2\,mh)) +$$
$$lb^2\,(la+lb)^2\,m^2\,\text{Cos}[2\,(q1[t]-q2[t])]\Big),$$
$$(lb\,m\,(-(2\,Iz + lb^2\,(m+mh) + la^2\,(2\,m+mh) + la\,lb\,(m+2\,mh))\,\text{Cos}[q1[t]] +$$
$$(la+lb)\,(lb\,(m+mh) + la\,(2\,m+mh))\,\text{Cos}[q1[t]-2\,q2[t]]))\Big/$$
$$\Big(-2\,Iz^2 - 2\,Iz\,(2\,la\,lb\,(m+mh) + la^2\,(2\,m+mh) + lb^2\,(2\,m+mh)) -$$
$$lb^2\,m\,(2\,la\,lb\,(m+2\,mh) + lb^2\,(m+2\,mh) + la^2\,(3\,m+2\,mh)) +$$
$$lb^2\,(la+lb)^2\,m^2\,\text{Cos}[2\,(q1[t]-q2[t])]\Big),$$
$$-\Big((lb\,m\,((2\,Iz + lb^2\,(m+mh) + la^2\,(2\,m+mh) + la\,lb\,(m+2\,mh))\,\text{Sin}[q1[t]] +$$
$$(la+lb)\,(lb\,(m+mh) + la\,(2\,m+mh))\,\text{Sin}[q1[t]-2\,q2[t]]))\Big/$$
$$\Big(-2\,Iz^2 - 2\,Iz\,(2\,la\,lb\,(m+mh) + la^2\,(2\,m+mh) + lb^2\,(2\,m+mh)) - lb^2\,m\,(2\,la\,lb\,(m+2\,mh) +$$
$$lb^2\,(m+2\,mh) + la^2\,(3\,m+2\,mh)) + lb^2\,(la+lb)^2\,m^2\,\text{Cos}[2\,(q1[t]-q2[t])]\Big)\Big)\Big\},$$
$$\Big\{-\Big((2\,(la+lb)\,(lb^2\,m\,(lb\,mh + la\,(m+mh)) + Iz\,(lb\,(m+mh) + la\,(2\,m+mh)))\,\text{Cos}[q1[t]-q2[t]])\Big/$$
$$\Big(-2\,Iz^2 - 2\,Iz\,(2\,la\,lb\,(m+mh) + la^2\,(2\,m+mh) + lb^2\,(2\,m+mh)) -$$
$$lb^2\,m\,(2\,la\,lb\,(m+2\,mh) + lb^2\,(m+2\,mh) + la^2\,(3\,m+2\,mh)) +$$
$$lb^2\,(la+lb)^2\,m^2\,\text{Cos}[2\,(q1[t]-q2[t])]\Big)\Big),$$
$$(2\,(Iz - la\,lb\,m)\,(Iz + lb^2\,m))\Big/\Big(2\,Iz^2 + 2\,Iz\,(2\,la\,lb\,(m+mh) + la^2\,(2\,m+mh) + lb^2\,(2\,m+mh)) +$$
$$lb^2\,m\,(2\,la\,lb\,(m+2\,mh) + lb^2\,(m+2\,mh) + la^2\,(3\,m+2\,mh)) -$$
$$lb^2\,(la+lb)^2\,m^2\,\text{Cos}[2\,(q1[t]-q2[t])]\Big),\ (lb^2\,(la+lb)\,m^2\,\text{Cos}[2\,q1[t]-q2[t]] -$$

$$\left(lb^2\, m\left(3\, la\, m + lb\, m + 2\, la\, mh + 2\, lb\, mh\right) + 2\, Iz\left(lb\left(m + mh\right) + la\left(2\, m + mh\right)\right)\right) \text{Cos}[q2[t]]\Big) \Big/ \left(2\, Iz^2 + 2\, Iz\left(2\, la\, lb\left(m + mh\right) + la^2\left(2\, m + mh\right) + lb^2\left(2\, m + mh\right)\right) + lb^2\, m\left(2\, la\, lb\left(m + 2\, mh\right) + lb^2\left(m + 2\, mh\right) + la^2\left(3\, m + 2\, mh\right)\right) - lb^2\left(la + lb\right)^2 m^2 \text{Cos}\left[2\left(q1[t] - q2[t]\right)\right]\right),$$

$$\left(lb^2\left(la + lb\right) m^2 \text{Sin}[2\, q1[t] - q2[t]] - \left(lb^2\, m\left(3\, la\, m + lb\, m + 2\, la\, mh + 2\, lb\, mh\right) + 2\, Iz\left(lb\left(m + mh\right) + la\left(2\, m + mh\right)\right)\right) \text{Sin}[q2[t]]\right) \Big/ \left(2\, Iz^2 + 2\, Iz\left(2\, la\, lb\left(m + mh\right) + la^2\left(2\, m + mh\right) + lb^2\left(2\, m + mh\right)\right) + lb^2\, m\left(2\, la\, lb\left(m + 2\, mh\right) + lb^2\left(m + 2\, mh\right) + la^2\left(3\, m + 2\, mh\right)\right) - lb^2\left(la + lb\right)^2 m^2 \text{Cos}\left[2\left(q1[t] - q2[t]\right)\right]\right)\Big\},$$

$$\Big\{\Big(\left(la + lb\right)\left(2\left(Iz - la\, lb\, m\right)\left(2\, Iz + lb^2\left(m + mh\right) + la^2\left(2\, m + mh\right) + la\, lb\left(m + 2\, mh\right)\right) \text{Cos}[q1[t]] + \left(la + lb\right)\left(-\left(2\, Iz\left(lb\left(m + mh\right) + la\left(2\, m + mh\right)\right)\right) + lb\, m\left(lb^2\, mh - la^2\left(2\, m + mh\right)\right)\right) \text{Cos}[q1[t] - 2\, q2[t]] + lb\left(la + lb\right) m\left(lb\, mh + la\left(2\, m + mh\right)\right) \text{Cos}[3\, q1[t] - 2\, q2[t]]\right)\Big) \Big/ \left(4\, Iz^2 + 4\, Iz\left(2\, la\, lb\left(m + mh\right) + la^2\left(2\, m + mh\right) + lb^2\left(2\, m + mh\right)\right) + 2\, lb^2\, m\left(2\, la\, lb\left(m + 2\, mh\right) + lb^2\left(m + 2\, mh\right) + la^2\left(3\, m + 2\, mh\right)\right) - 2\, lb^2\left(la + lb\right)^2 m^2 \text{Cos}\left[2\left(q1[t] - q2[t]\right)\right]\right),$$

$$\left(\left(la + lb\right)\left(-Iz + la\, lb\, m\right)\left(lb\left(la + lb\right) m \text{Cos}[2\, q1[t] - q2[t]] + \left(-2\, Iz + \left(la - lb\right) lb\, m\right) \text{Cos}[q2[t]]\right)\right) \Big/ \left(-2\, Iz^2 - 2\, Iz\left(2\, la\, lb\left(m + mh\right) + la^2\left(2\, m + mh\right) + lb^2\left(2\, m + mh\right)\right) - lb^2\, m\left(2\, la\, lb\left(m + 2\, mh\right) + lb^2\left(m + 2\, mh\right) + la^2\left(3\, m + 2\, mh\right)\right) + lb^2\left(la + lb\right)^2 m^2 \text{Cos}\left[2\left(q1[t] - q2[t]\right)\right]\right),$$

$$\Big(\left(la + lb\right)\Big(4\, Iz\, la\, m + 4\, Iz\, lb\, m + 2\, la^2\, lb\, m^2 + 4\, la\, lb^2\, m^2 + 2\, lb^3\, m^2 + 2\, Iz\, la\, mh + 2\, Iz\, lb\, mh + la^2\, lb\, m\, mh + 4\, la\, lb^2\, m\, mh + 3\, lb^3\, m\, mh + lb\, m\left(2\, Iz + 2\, la\, lb\, mh + lb^2\, mh + la^2\left(2\, m + mh\right)\right) \text{Cos}[2\, q1[t]] - lb\left(la + lb\right)^2 m\left(2\, m + mh\right) \text{Cos}\left[2\left(q1[t] - q2[t]\right)\right] + 4\, Iz\, la\, m \text{Cos}[2\, q2[t]] + 2\, Iz\, lb\, m \text{Cos}[2\, q2[t]] - 2\, la^2\, lb\, m^2 \text{Cos}[2\, q2[t]] + 2\, Iz\, la\, mh \text{Cos}[2\, q2[t]] + 2\, Iz\, lb\, mh \text{Cos}[2\, q2[t]] - la^2\, lb\, m\, mh \text{Cos}[2\, q2[t]] + lb^3\, m\, mh \text{Cos}[2\, q2[t]]\Big)\Big) \Big/ \left(4\, Iz^2 + 4\, Iz\left(2\, la\, lb\left(m + mh\right) + la^2\left(2\, m + mh\right) + lb^2\left(2\, m + mh\right)\right) + 2\, lb^2\, m\left(2\, la\, lb\left(m + 2\, mh\right) + lb^2\left(m + 2\, mh\right) + la^2\left(3\, m + 2\, mh\right)\right) - 2\, lb^2\left(la + lb\right)^2 m^2 \text{Cos}\left[2\left(q1[t] - q2[t]\right)\right]\right),$$

$$\Big(\left(la + lb\right)\Big(lb\, m\left(2\, Iz + 2\, la\, lb\, mh + lb^2\, mh + la^2\left(2\, m + mh\right)\right) \text{Sin}[2\, q1[t]] + lb\left(la + lb\right) m\left(lb\, mh + la\left(2\, m + mh\right)\right) \text{Sin}\left[2\left(q1[t] - q2[t]\right)\right] + \left(2\, Iz\left(lb\left(m + mh\right) + la\left(2\, m + mh\right)\right) + lb\, m\left(lb^2\, mh - la^2\left(2\, m + mh\right)\right)\right) \text{Sin}[2\, q2[t]]\Big)\Big) \Big/ \left(4\, Iz^2 + 4\, Iz\left(2\, la\, lb\left(m + mh\right) + la^2\left(2\, m + mh\right) + lb^2\left(2\, m + mh\right)\right) + 2\, lb^2\, m\left(2\, la\, lb\left(m + 2\, mh\right) + lb^2\left(m + 2\, mh\right) + la^2\left(3\, m + 2\, mh\right)\right) - 2\, lb^2\left(la + lb\right)^2 m^2 \text{Cos}\left[2\left(q1[t] - q2[t]\right)\right]\right)\Big\},$$

$$\Big\{\Big(\left(la + lb\right)\left(2\left(Iz - la\, lb\, m\right)\left(2\, Iz + lb^2\left(m + mh\right) + la^2\left(2\, m + mh\right) + la\, lb\left(m + 2\, mh\right)\right) \text{Sin}[q1[t]] + \left(la + lb\right)\left(\left(2\, Iz\left(lb\left(m + mh\right) + la\left(2\, m + mh\right)\right) + lb\, m\left(lb^2\, mh - la^2\left(2\, m + mh\right)\right)\right) \text{Sin}[q1[t] - 2\, q2[t]] + lb\left(la + lb\right) m\left(lb\, mh + la\left(2\, m + mh\right)\right) \text{Sin}[3\, q1[t] - 2\, q2[t]]\right)\Big) \Big/ \left(4\, Iz^2 + 4\, Iz\left(2\, la\, lb\left(m + mh\right) + la^2\left(2\, m + mh\right) + lb^2\left(2\, m + mh\right)\right) + 2\, lb^2\, m\left(2\, la\, lb\left(m + 2\, mh\right) + lb^2\left(m + 2\, mh\right) + la^2\left(3\, m + 2\, mh\right)\right) - 2\, lb^2\left(la + lb\right)^2 m^2 \text{Cos}\left[2\left(q1[t] - q2[t]\right)\right]\right),$$

$$\left(\left(la + lb\right)\left(-Iz + la\, lb\, m\right)\left(lb\left(la + lb\right) m \text{Sin}[2\, q1[t] - q2[t]] + \left(-2\, Iz + \left(la - lb\right) lb\, m\right) \text{Sin}[q2[t]]\right)\right) \Big/$$

$$\Big(-2\,Iz^2-2\,Iz\,\big(2\,la\,lb\,(m+mh)+la^2\,(2\,m+mh)+lb^2\,(2\,m+mh)\big)-lb^2\,m\,\big(2\,la\,lb\,(m+2\,mh)+lb^2\,(m+2\,mh)+la^2\,(3\,m+2\,mh)\big)+lb^2\,(la+lb)^2\,m^2\,\mathrm{Cos}\big[2\,(q1[t]-q2[t])\big]\Big),$$

$$\big((la+lb)\,\big(lb\,m\,\big(2\,Iz+2\,la\,lb\,mh+lb^2\,mh+la^2\,(2\,m+mh)\big)\,\mathrm{Sin}[2\,q1[t]]-lb\,(la+lb)\,m\,\big(lb\,mh+la\,(2\,m+mh)\big)\,\mathrm{Sin}\big[2\,(q1[t]-q2[t])\big]+\big(2\,Iz\,\big(lb\,(m+mh)+la\,(2\,m+mh)\big)+lb\,m\,\big(lb^2\,mh-la^2\,(2\,m+mh)\big)\big)\,\mathrm{Sin}[2\,q2[t]]\big)\big)\Big/\Big(4\,Iz^2+4\,Iz\,\big(2\,la\,lb\,(m+mh)+la^2\,(2\,m+mh)+lb^2\,(2\,m+mh)\big)+2\,lb^2\,m\,\big(2\,la\,lb\,(m+2\,mh)+lb^2\,(m+2\,mh)+la^2\,(3\,m+2\,mh)\big)-2\,lb^2\,(la+lb)^2\,m^2\,\mathrm{Cos}\big[2\,(q1[t]-q2[t])\big]\Big),$$

$$-\Big(\big((la+lb)\,\big(-4\,Iz\,la\,m-4\,Iz\,lb\,m-2\,la^2\,lb\,m^2-4\,la\,lb^2\,m^2-2\,lb^3\,m^2-2\,Iz\,la\,mh-2\,Iz\,lb\,mh-la^2\,lb\,m\,mh-4\,la\,lb^2\,m\,mh-3\,lb^3\,m\,mh+lb\,m\,\big(2\,Iz+2\,la\,lb\,mh+lb^2\,mh+la^2\,(2\,m+mh)\big)\,\mathrm{Cos}[2\,q1[t]]+lb\,(la+lb)^2\,m\,(2\,m+mh)\,\mathrm{Cos}\big[2\,(q1[t]-q2[t])\big]+4\,Iz\,la\,m\,\mathrm{Cos}[2\,q2[t]]+2\,Iz\,lb\,m\,\mathrm{Cos}[2\,q2[t]]-2\,la^2\,lb\,m^2\,\mathrm{Cos}[2\,q2[t]]+2\,Iz\,la\,mh\,\mathrm{Cos}[2\,q2[t]]+2\,Iz\,lb\,mh\,\mathrm{Cos}[2\,q2[t]]-la^2\,lb\,m\,mh\,\mathrm{Cos}[2\,q2[t]]+lb^3\,m\,mh\,\mathrm{Cos}[2\,q2[t]]\big)\big)\Big/\Big(4\,Iz^2+4\,Iz\,\big(2\,la\,lb\,(m+mh)+la^2\,(2\,m+mh)+lb^2\,(2\,m+mh)\big)+2\,lb^2\,m\,\big(2\,la\,lb\,(m+2\,mh)+lb^2\,(m+2\,mh)+la^2\,(3\,m+2\,mh)\big)-2\,lb^2\,(la+lb)^2\,m^2\,\mathrm{Cos}\big[2\,(q1[t]-q2[t])\big]\Big)\Big)\Big\}\Big\}$$

In[65]:= **qdotplus = LinOp.HurList2Column[{q1dminus, q2dminus, 0, 0}] // Simplify**

Out[65]=
$$\left\{\left\{\left(2\,lb\,(la+lb)\,m\,(-Iz+la\,lb\,m)\,q2dminus\,\text{Cos}[q1[t]-q2[t]]-\right.\right.\right.$$
$$q1dminus\,\left(2\,Iz^2+lb\,m\,(-la^2\,lb\,mh+la\,lb^2\,mh+lb^3\,mh-la^3\,(2\,m+mh))+\right.$$
$$2\,Iz\,(lb^2\,(m+mh)+la^2\,(2\,m+mh)+la\,lb\,(m+2\,mh))+$$
$$\left.\left.\left.lb\,(la+lb)^2\,m\,(lb\,mh+la\,(2\,m+mh))\,\text{Cos}\left[2\,(q1[t]-q2[t])\right]\right)\right)\Big/$$
$$\left(-2\,Iz^2-2\,Iz\,(2\,la\,lb\,(m+mh)+la^2\,(2\,m+mh)+lb^2\,(2\,m+mh))-\right.$$
$$lb^2\,m\,(2\,la\,lb\,(m+2\,mh)+lb^2\,(m+2\,mh)+la^2\,(3\,m+2\,mh))+$$
$$\left.lb^2\,(la+lb)^2\,m^2\,\text{Cos}\left[2\,(q1[t]-q2[t])\right]\right)\Big\},$$
$$\left\{\left(2\,\left((Iz-la\,lb\,m)\,(Iz+lb^2\,m)\,q2dminus+(la+lb)\,(lb^2\,m\,(lb\,mh+la\,(m+mh))+\right.\right.\right.$$
$$\left.\left.\left.Iz\,(lb\,(m+mh)+la\,(2\,m+mh)))\,q1dminus\,\text{Cos}[q1[t]-q2[t]]\right)\right)\Big/$$
$$\left(2\,Iz^2+2\,Iz\,(2\,la\,lb\,(m+mh)+la^2\,(2\,m+mh)+lb^2\,(2\,m+mh))+\right.$$
$$lb^2\,m\,(2\,la\,lb\,(m+2\,mh)+lb^2\,(m+2\,mh)+la^2\,(3\,m+2\,mh))-$$
$$\left.lb^2\,(la+lb)^2\,m^2\,\text{Cos}\left[2\,(q1[t]-q2[t])\right]\right)\Big\},\Big\{(la+lb)$$
$$\left((q1dminus\,(2\,(Iz-la\,lb\,m)\,(2\,Iz+lb^2\,(m+mh)+la^2\,(2\,m+mh)+la\,lb\,(m+2\,mh))\,\text{Cos}[q1[t]]+\right.$$
$$(la+lb)\,(-(2\,Iz\,(lb\,(m+mh)+la\,(2\,m+mh)))+lb\,m\,(lb^2\,mh-la^2\,(2\,m+mh)))\,\text{Cos}[q1[$$
$$\left.t]-2\,q2[t]]+lb\,(la+lb)\,m\,(lb\,mh+la\,(2\,m+mh))\,\text{Cos}[3\,q1[t]-2\,q2[t]]\right)\Big)\Big/$$
$$\left(4\,Iz^2+4\,Iz\,(2\,la\,lb\,(m+mh)+la^2\,(2\,m+mh)+lb^2\,(2\,m+mh))+\right.$$
$$2\,lb^2\,m\,(2\,la\,lb\,(m+2\,mh)+lb^2\,(m+2\,mh)+la^2\,(3\,m+2\,mh))-$$
$$\left.2\,lb^2\,(la+lb)^2\,m^2\,\text{Cos}\left[2\,(q1[t]-q2[t])\right]\right)+\left((-Iz+la\,lb\,m)\,q2dminus\right.$$
$$\left.(lb\,(la+lb)\,m\,\text{Cos}[2\,q1[t]-q2[t]]+(-2\,Iz+(la-lb)\,lb\,m)\,\text{Cos}[q2[t]])\right)\Big/$$
$$\left(-2\,Iz^2-2\,Iz\,(2\,la\,lb\,(m+mh)+la^2\,(2\,m+mh)+lb^2\,(2\,m+mh))-\right.$$
$$lb^2\,m\,(2\,la\,lb\,(m+2\,mh)+lb^2\,(m+2\,mh)+la^2\,(3\,m+2\,mh))+$$
$$\left.\left.lb^2\,(la+lb)^2\,m^2\,\text{Cos}\left[2\,(q1[t]-q2[t])\right]\right)\right\},\Big\{(la+lb)$$
$$\left((q1dminus\,(2\,(Iz-la\,lb\,m)\,(2\,Iz+lb^2\,(m+mh)+la^2\,(2\,m+mh)+la\,lb\,(m+2\,mh))\,\text{Sin}[q1[t]]+\right.$$
$$(la+lb)\,((2\,Iz\,(lb\,(m+mh)+la\,(2\,m+mh)))+lb\,m\,(lb^2\,mh-la^2\,(2\,m+mh)))\,\text{Sin}[q1[t]-$$
$$\left.2\,q2[t]]+lb\,(la+lb)\,m\,(lb\,mh+la\,(2\,m+mh))\,\text{Sin}[3\,q1[t]-2\,q2[t]]\right)\Big)\Big/$$
$$\left(4\,Iz^2+4\,Iz\,(2\,la\,lb\,(m+mh)+la^2\,(2\,m+mh)+lb^2\,(2\,m+mh))+\right.$$
$$2\,lb^2\,m\,(2\,la\,lb\,(m+2\,mh)+lb^2\,(m+2\,mh)+la^2\,(3\,m+2\,mh))-$$
$$\left.2\,lb^2\,(la+lb)^2\,m^2\,\text{Cos}\left[2\,(q1[t]-q2[t])\right]\right)+\left((-Iz+la\,lb\,m)\,q2dminus\right.$$
$$\left.(lb\,(la+lb)\,m\,\text{Sin}[2\,q1[t]-q2[t]]+(-2\,Iz+(la-lb)\,lb\,m)\,\text{Sin}[q2[t]])\right)\Big/$$
$$\left(-2\,Iz^2-2\,Iz\,(2\,la\,lb\,(m+mh)+la^2\,(2\,m+mh)+lb^2\,(2\,m+mh))-\right.$$
$$lb^2\,m\,(2\,la\,lb\,(m+2\,mh)+lb^2\,(m+2\,mh)+la^2\,(3\,m+2\,mh))+$$
$$\left.\left.lb^2\,(la+lb)^2\,m^2\,\text{Cos}\left[2\,(q1[t]-q2[t])\right]\right)\right\}\Big\}$$

Julia Expression for Constraints

Dynamics at collocation points

```
Flatten[qdotplus][[1]]
HurToJulia[%]
```

$$\Big(2\,\mathrm{lb}\,(\mathrm{la}+\mathrm{lb})\,\mathrm{m}\,(-\mathrm{Iz}+\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\,\mathrm{m})\,\mathrm{q2dminus}\,\mathrm{Cos}[\mathrm{q2}[\mathrm{t}]]+\mathrm{q1dminus}\Big(2\,\mathrm{Iz}^2+2\,\mathrm{Iz}\,(2\,\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\,(\mathrm{m}+\mathrm{mh})+\mathrm{la}^2\,(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh})+\mathrm{lb}^2\,(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}))+\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}\,(2\,\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\,(\mathrm{m}+2\,\mathrm{mh})+\mathrm{lb}^2\,(\mathrm{m}+2\,\mathrm{mh})+\mathrm{la}^2\,(3\,\mathrm{m}+2\,\mathrm{mh}))-4\,\mathrm{lb}\,(\mathrm{la}+\mathrm{lb})\,\mathrm{m}\,\mathrm{Cos}\Big[\frac{\mathrm{q2}[\mathrm{t}]}{2}\Big]^2\,(\mathrm{Iz}+2\,\mathrm{la}^2\,\mathrm{m}+2\,\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\,\mathrm{m}+\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}+\mathrm{la}^2\,\mathrm{mh}+2\,\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\,\mathrm{mh}+\mathrm{lb}^2\,\mathrm{mh}-(\mathrm{la}+\mathrm{lb})\,(\mathrm{lb}\,(\mathrm{m}+\mathrm{mh})+\mathrm{la}\,(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}))\,\mathrm{Cos}[\mathrm{q2}[\mathrm{t}]]-\mathrm{lb}^2\,(\mathrm{la}+\mathrm{lb})^2\,\mathrm{m}^2\,\mathrm{Cos}[2\,\mathrm{q2}[\mathrm{t}]]\Big)\Big)\Big/\Big(2\,\mathrm{Iz}^2+2\,\mathrm{Iz}\,(2\,\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\,(\mathrm{m}+\mathrm{mh})+\mathrm{la}^2\,(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh})+\mathrm{lb}^2\,(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}))+\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}\,(2\,\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\,(\mathrm{m}+2\,\mathrm{mh})+\mathrm{lb}^2\,(\mathrm{m}+2\,\mathrm{mh})+\mathrm{la}^2\,(3\,\mathrm{m}+2\,\mathrm{mh}))-\mathrm{lb}^2\,(\mathrm{la}+\mathrm{lb})^2\,\mathrm{m}^2\,\mathrm{Cos}[2\,\mathrm{q2}[\mathrm{t}]]\Big)$$

```
((2*(Iz)^(2)+(2*Iz*(2*la*lb*(m+mh)+((la)^(2)*(2*m+mh)+(lb)^(2)*(2*m+mh)))+((lb)^(2)*m
*(2*la*lb*(m+2*mh)+((lb)^(2)*(m+2*mh)+(la)^(2)*(3*m+2*mh)))+-1*(lb)^(2)*((la+lb))^(
2)*(m)^(2)*cos(2*q2)))))^(-1)*(2*lb*(la+lb)*m*(-1*Iz+la*lb*m)*q2dminus*cos(q2)+
q1dminus*(2*(Iz)^(2)+(2*Iz*(2*la*lb*(m+mh)+((la)^(2)*(2*m+mh)+(lb)^(2)*(2*m+mh)))+(
(lb)^(2)*m*(2*la*lb*(m+2*mh)+((lb)^(2)*(m+2*mh)+(la)^(2)*(3*m+2*mh)))+(-4*lb*(la+lb
)*m*(cos(1/2*q2))^(2)*(Iz+(2*(la)^(2)*m+(2*la*lb*m+((lb)^(2)*m+((la)^(2)*mh+(2*la*
lb*mh+((lb)^(2)*mh+-1*(la+lb)*(lb*(m+mh)+la*(2*m+mh))*cos(q2)))))))))+-1*(lb)^(2)*((
la+lb))^(2)*(m)^(2)*cos(2*q2)))))
```

```
Flatten[qdotplus][[2]]
HurToJulia[%]
```

$$\Big(2\Big(-2\,(\mathrm{la}+\mathrm{lb})\,(\mathrm{lb}\,\mathrm{mh}+\mathrm{la}\,(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}))+\mathrm{q1dminus}\,\mathrm{Cos}\Big[\frac{\mathrm{q2}[\mathrm{t}]}{2}\Big]^2\,(\mathrm{Iz}-\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\,\mathrm{m}+\mathrm{lb}\,(\mathrm{la}+\mathrm{lb})\,\mathrm{m}\,\mathrm{Cos}[\mathrm{q2}[\mathrm{t}]])+(\mathrm{Iz}-\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\,\mathrm{m})\,\mathrm{q2dminus}\,(\mathrm{Iz}+\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}+\mathrm{lb}\,(\mathrm{la}+\mathrm{lb})\,\mathrm{m}\,\mathrm{Cos}[\mathrm{q2}[\mathrm{t}]])\Big)\Big)\Big/\Big(2\,\mathrm{Iz}^2+2\,\mathrm{Iz}\,(2\,\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\,(\mathrm{m}+\mathrm{mh})+\mathrm{la}^2\,(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh})+\mathrm{lb}^2\,(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}))+\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}\,(2\,\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\,(\mathrm{m}+2\,\mathrm{mh})+\mathrm{lb}^2\,(\mathrm{m}+2\,\mathrm{mh})+\mathrm{la}^2\,(3\,\mathrm{m}+2\,\mathrm{mh}))-\mathrm{lb}^2\,(\mathrm{la}+\mathrm{lb})^2\,\mathrm{m}^2\,\mathrm{Cos}[2\,\mathrm{q2}[\mathrm{t}]]\Big)$$

```
2*(-2*(la+lb)*(lb*mh+la*(2*m+mh))*q1dminus*(cos(1/2*q2))^(2)*(Iz+(-1*la*lb*m+lb*(la+lb
)*m*cos(q2)))+(Iz+-1*la*lb*m)*q2dminus*(Iz+((lb)^(2)*m+lb*(la+lb)*m*cos(q2))))*((2*
(Iz)^(2)+(2*Iz*(2*la*lb*(m+mh)+((la)^(2)*(2*m+mh)+(lb)^(2)*(2*m+mh)))+((lb)^(2)*m*(
2*la*lb*(m+2*mh)+((lb)^(2)*(m+2*mh)+(la)^(2)*(3*m+2*mh)))+-1*(lb)^(2)*((la+lb))^(2)
*(m)^(2)*cos(2*q2)))))^(-1)
```

In[66]:= **A = {{0, 0, 1, 0}, {0, 0, 0, 1}}**

Out[66]= {{0, 0, 1, 0}, {0, 0, 0, 1}}

In[67]:=
```
tempA = A.Inverse[HurGlobalMMatrix] // Simplify
```

Out[67]=

$$\left\{\left\{\left(\left(2\,\mathrm{Iz}\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\left(\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\right)+\right.\right.\right.$$
$$\left.\left.\left.\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}\left(2\,\mathrm{la}\left(2\,\mathrm{m}^2+3\,\mathrm{m}\,\mathrm{mh}+\mathrm{mh}^2\right)+\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}^2+4\,\mathrm{m}\,\mathrm{mh}+2\,\mathrm{mh}^2\right)\right)\right)\mathrm{Cos}[\mathrm{q1}[\mathrm{t}]]-\right.$$
$$\left.\mathrm{lb}^3\,\mathrm{m}^3\,\mathrm{Cos}[\mathrm{q1}[\mathrm{t}]-2\,\mathrm{q2}[\mathrm{t}]]\right)\Big/\left(2\,\mathrm{Iz}^2\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)^2+4\,\mathrm{Iz}\,\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}\left(2\,\mathrm{m}^2+3\,\mathrm{m}\,\mathrm{mh}+\mathrm{mh}^2\right)+\right.$$
$$\left.\mathrm{lb}^4\,\mathrm{m}^2\left(\mathrm{m}^2+4\,\mathrm{m}\,\mathrm{mh}+2\,\mathrm{mh}^2\right)-\mathrm{lb}^4\,\mathrm{m}^4\,\mathrm{Cos}\left[2\left(\mathrm{q1}[\mathrm{t}]-\mathrm{q2}[\mathrm{t}]\right)\right]\right),$$
$$-\left(\left(\mathrm{lb}\,\mathrm{m}\left(\mathrm{lb}\,\mathrm{m}\left(\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\right)\mathrm{Cos}[2\,\mathrm{q1}[\mathrm{t}]-\mathrm{q2}[\mathrm{t}]]-\right.\right.\right.$$
$$\left.\left.\left.\left(2\,\mathrm{Iz}\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{lb}\,\mathrm{m}\left(\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)-\mathrm{la}\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\right)\right)\mathrm{Cos}[\mathrm{q2}[\mathrm{t}]]\right)\right)\Big/\left(-2\,\mathrm{Iz}^2\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)^2-\right.$$
$$\left.4\,\mathrm{Iz}\,\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}\left(2\,\mathrm{m}^2+3\,\mathrm{m}\,\mathrm{mh}+\mathrm{mh}^2\right)-\mathrm{lb}^4\,\mathrm{m}^2\left(\mathrm{m}^2+4\,\mathrm{m}\,\mathrm{mh}+2\,\mathrm{mh}^2\right)+\mathrm{lb}^4\,\mathrm{m}^4\,\mathrm{Cos}\left[2\left(\mathrm{q1}[\mathrm{t}]-\mathrm{q2}[\mathrm{t}]\right)\right]\right)\Big),$$
$$\left(4\,\mathrm{Iz}^2\,\mathrm{m}+4\,\mathrm{Iz}\,\mathrm{la}^2\,\mathrm{m}^2+4\,\mathrm{Iz}\,\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\,\mathrm{m}^2+6\,\mathrm{Iz}\,\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}^2+2\,\mathrm{la}^2\,\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}^3+\mathrm{la}\,\mathrm{lb}^3\,\mathrm{m}^3+\mathrm{lb}^4\,\mathrm{m}^3+\right.$$
$$2\,\mathrm{Iz}^2\,\mathrm{mh}+4\,\mathrm{Iz}\,\mathrm{la}^2\,\mathrm{m}\,\mathrm{mh}+6\,\mathrm{Iz}\,\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\,\mathrm{m}\,\mathrm{mh}+6\,\mathrm{Iz}\,\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}\,\mathrm{mh}+3\,\mathrm{la}^2\,\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}^2\,\mathrm{mh}+$$
$$4\,\mathrm{la}\,\mathrm{lb}^3\,\mathrm{m}^2\,\mathrm{mh}+3\,\mathrm{lb}^4\,\mathrm{m}^2\,\mathrm{mh}+\mathrm{Iz}\,\mathrm{la}^2\,\mathrm{mh}^2+2\,\mathrm{Iz}\,\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\,\mathrm{mh}^2+\mathrm{Iz}\,\mathrm{lb}^2\,\mathrm{mh}^2+$$
$$\mathrm{la}^2\,\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}\,\mathrm{mh}^2+2\,\mathrm{la}\,\mathrm{lb}^3\,\mathrm{m}\,\mathrm{mh}^2+\mathrm{lb}^4\,\mathrm{m}\,\mathrm{mh}^2+\left(\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\right)$$
$$\left(\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}\left(\mathrm{lb}\,\mathrm{mh}+\mathrm{la}\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\right)+\mathrm{Iz}\left(\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\right)\right)\mathrm{Cos}[2\,\mathrm{q1}[\mathrm{t}]]-$$
$$\mathrm{lb}^3\left(\mathrm{la}+\mathrm{lb}\right)\mathrm{m}^3\,\mathrm{Cos}\left[2\left(\mathrm{q1}[\mathrm{t}]-\mathrm{q2}[\mathrm{t}]\right)\right]+\mathrm{Iz}\,\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}^2\,\mathrm{Cos}[2\,\mathrm{q2}[\mathrm{t}]]-\mathrm{la}\,\mathrm{lb}^3\,\mathrm{m}^3\,\mathrm{Cos}[2\,\mathrm{q2}[\mathrm{t}]]\Big)\Big/$$
$$\left(2\,\mathrm{Iz}^2\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)^2+4\,\mathrm{Iz}\,\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}\left(2\,\mathrm{m}^2+3\,\mathrm{m}\,\mathrm{mh}+\mathrm{mh}^2\right)+\mathrm{lb}^4\,\mathrm{m}^2\left(\mathrm{m}^2+4\,\mathrm{m}\,\mathrm{mh}+2\,\mathrm{mh}^2\right)-\right.$$
$$\left.\mathrm{lb}^4\,\mathrm{m}^4\,\mathrm{Cos}\left[2\left(\mathrm{q1}[\mathrm{t}]-\mathrm{q2}[\mathrm{t}]\right)\right]\right),$$
$$\left(\left(\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\right)\left(\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}\left(\mathrm{lb}\,\mathrm{mh}+\mathrm{la}\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\right)+\mathrm{Iz}\left(\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\right)\right)\right.$$
$$\mathrm{Sin}[2\,\mathrm{q1}[\mathrm{t}]]+\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}^2\left(\mathrm{Iz}-\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\,\mathrm{m}\right)\mathrm{Sin}[2\,\mathrm{q2}[\mathrm{t}]]\Big)\Big/$$
$$\left(2\,\mathrm{Iz}^2\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)^2+4\,\mathrm{Iz}\,\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}\left(2\,\mathrm{m}^2+3\,\mathrm{m}\,\mathrm{mh}+\mathrm{mh}^2\right)+\mathrm{lb}^4\,\mathrm{m}^2\left(\mathrm{m}^2+4\,\mathrm{m}\,\mathrm{mh}+2\,\mathrm{mh}^2\right)-\right.$$
$$\left.\mathrm{lb}^4\,\mathrm{m}^4\,\mathrm{Cos}\left[2\left(\mathrm{q1}[\mathrm{t}]-\mathrm{q2}[\mathrm{t}]\right)\right]\right)\Big\},$$
$$\left\{\left(\left(2\,\mathrm{Iz}\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\left(\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\right)+\right.\right.\right.$$
$$\left.\left.\left.\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}\left(2\,\mathrm{la}\left(2\,\mathrm{m}^2+3\,\mathrm{m}\,\mathrm{mh}+\mathrm{mh}^2\right)+\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}^2+4\,\mathrm{m}\,\mathrm{mh}+2\,\mathrm{mh}^2\right)\right)\right)\mathrm{Sin}[\mathrm{q1}[\mathrm{t}]]+\right.$$
$$\left.\mathrm{lb}^3\,\mathrm{m}^3\,\mathrm{Sin}[\mathrm{q1}[\mathrm{t}]-2\,\mathrm{q2}[\mathrm{t}]]\right)\Big/\left(2\,\mathrm{Iz}^2\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)^2+4\,\mathrm{Iz}\,\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}\left(2\,\mathrm{m}^2+3\,\mathrm{m}\,\mathrm{mh}+\mathrm{mh}^2\right)+\right.$$
$$\left.\mathrm{lb}^4\,\mathrm{m}^2\left(\mathrm{m}^2+4\,\mathrm{m}\,\mathrm{mh}+2\,\mathrm{mh}^2\right)-\mathrm{lb}^4\,\mathrm{m}^4\,\mathrm{Cos}\left[2\left(\mathrm{q1}[\mathrm{t}]-\mathrm{q2}[\mathrm{t}]\right)\right]\right),$$
$$-\left(\left(\mathrm{lb}\,\mathrm{m}\left(\mathrm{lb}\,\mathrm{m}\left(\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\right)\mathrm{Sin}[2\,\mathrm{q1}[\mathrm{t}]-\mathrm{q2}[\mathrm{t}]]-\right.\right.\right.$$
$$\left.\left.\left.\left(2\,\mathrm{Iz}\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{lb}\,\mathrm{m}\left(\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)-\mathrm{la}\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\right)\right)\mathrm{Sin}[\mathrm{q2}[\mathrm{t}]]\right)\right)\Big/\left(-2\,\mathrm{Iz}^2\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)^2-\right.$$
$$\left.4\,\mathrm{Iz}\,\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}\left(2\,\mathrm{m}^2+3\,\mathrm{m}\,\mathrm{mh}+\mathrm{mh}^2\right)-\mathrm{lb}^4\,\mathrm{m}^2\left(\mathrm{m}^2+4\,\mathrm{m}\,\mathrm{mh}+2\,\mathrm{mh}^2\right)+\mathrm{lb}^4\,\mathrm{m}^4\,\mathrm{Cos}\left[2\left(\mathrm{q1}[\mathrm{t}]-\mathrm{q2}[\mathrm{t}]\right)\right]\right)\Big),$$
$$\left(\left(\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\right)\left(\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}\left(\mathrm{lb}\,\mathrm{mh}+\mathrm{la}\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\right)+\mathrm{Iz}\left(\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\right)\right)\right.$$
$$\mathrm{Sin}[2\,\mathrm{q1}[\mathrm{t}]]+\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}^2\left(\mathrm{Iz}-\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\,\mathrm{m}\right)\mathrm{Sin}[2\,\mathrm{q2}[\mathrm{t}]]\Big)\Big/$$
$$\left(2\,\mathrm{Iz}^2\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)^2+4\,\mathrm{Iz}\,\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}\left(2\,\mathrm{m}^2+3\,\mathrm{m}\,\mathrm{mh}+\mathrm{mh}^2\right)+\mathrm{lb}^4\,\mathrm{m}^2\left(\mathrm{m}^2+4\,\mathrm{m}\,\mathrm{mh}+2\,\mathrm{mh}^2\right)-\right.$$
$$\left.\mathrm{lb}^4\,\mathrm{m}^4\,\mathrm{Cos}\left[2\left(\mathrm{q1}[\mathrm{t}]-\mathrm{q2}[\mathrm{t}]\right)\right]\right),$$
$$\left(4\,\mathrm{Iz}^2\,\mathrm{m}+4\,\mathrm{Iz}\,\mathrm{la}^2\,\mathrm{m}^2+4\,\mathrm{Iz}\,\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\,\mathrm{m}^2+6\,\mathrm{Iz}\,\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}^2+2\,\mathrm{la}^2\,\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}^3+\mathrm{la}\,\mathrm{lb}^3\,\mathrm{m}^3+\mathrm{lb}^4\,\mathrm{m}^3+\right.$$
$$2\,\mathrm{Iz}^2\,\mathrm{mh}+4\,\mathrm{Iz}\,\mathrm{la}^2\,\mathrm{m}\,\mathrm{mh}+6\,\mathrm{Iz}\,\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\,\mathrm{m}\,\mathrm{mh}+6\,\mathrm{Iz}\,\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}\,\mathrm{mh}+3\,\mathrm{la}^2\,\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}^2\,\mathrm{mh}+$$
$$4\,\mathrm{la}\,\mathrm{lb}^3\,\mathrm{m}^2\,\mathrm{mh}+3\,\mathrm{lb}^4\,\mathrm{m}^2\,\mathrm{mh}+\mathrm{Iz}\,\mathrm{la}^2\,\mathrm{mh}^2+2\,\mathrm{Iz}\,\mathrm{la}\,\mathrm{lb}\,\mathrm{mh}^2+\mathrm{Iz}\,\mathrm{lb}^2\,\mathrm{mh}^2+$$
$$\mathrm{la}^2\,\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}\,\mathrm{mh}^2+2\,\mathrm{la}\,\mathrm{lb}^3\,\mathrm{m}\,\mathrm{mh}^2+\mathrm{lb}^4\,\mathrm{m}\,\mathrm{mh}^2-\left(\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\right)$$
$$\left(\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}\left(\mathrm{lb}\,\mathrm{mh}+\mathrm{la}\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\right)+\mathrm{Iz}\left(\mathrm{lb}\left(\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)+\mathrm{la}\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)\right)\right)\mathrm{Cos}[2\,\mathrm{q1}[\mathrm{t}]]-$$
$$\mathrm{lb}^3\left(\mathrm{la}+\mathrm{lb}\right)\mathrm{m}^3\,\mathrm{Cos}\left[2\left(\mathrm{q1}[\mathrm{t}]-\mathrm{q2}[\mathrm{t}]\right)\right]-\mathrm{Iz}\,\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}^2\,\mathrm{Cos}[2\,\mathrm{q2}[\mathrm{t}]]+\mathrm{la}\,\mathrm{lb}^3\,\mathrm{m}^3\,\mathrm{Cos}[2\,\mathrm{q2}[\mathrm{t}]]\Big)\Big/$$
$$\left(2\,\mathrm{Iz}^2\left(2\,\mathrm{m}+\mathrm{mh}\right)^2+4\,\mathrm{Iz}\,\mathrm{lb}^2\,\mathrm{m}\left(2\,\mathrm{m}^2+3\,\mathrm{m}\,\mathrm{mh}+\mathrm{mh}^2\right)+\mathrm{lb}^4\,\mathrm{m}^2\left(\mathrm{m}^2+4\,\mathrm{m}\,\mathrm{mh}+2\,\mathrm{mh}^2\right)-\right.$$
$$\left.\mathrm{lb}^4\,\mathrm{m}^4\,\mathrm{Cos}\left[2\left(\mathrm{q1}[\mathrm{t}]-\mathrm{q2}[\mathrm{t}]\right)\right]\right)\Big\}\Big\}$$

In[68]:=
```
tempB = Inverse[tempA.Transpose[A]].tempA // Simplify
```

Out[68]=
$$\left\{\left\{\left(\left(lb^2\, m\left(3\, la\, m + lb\, m + 2\, la\, mh + 2\, lb\, mh\right) + 2\, Iz\left(lb\left(m + mh\right) + la\left(2\, m + mh\right)\right)\right)\text{Cos}[q1[t]] - lb^2\left(la + lb\right) m^2\,\text{Cos}[q1[t] - 2\, q2[t]]\right) \Big/ \left(2\, Iz^2 + 2\, Iz\left(2\, la\, lb\left(m + mh\right) + la^2\left(2\, m + mh\right) + lb^2\left(2\, m + mh\right)\right) + lb^2\, m\left(2\, la\, lb\left(m + 2\, mh\right) + lb^2\left(m + 2\, mh\right) + la^2\left(3\, m + 2\, mh\right)\right) - lb^2\left(la + lb\right)^2 m^2\,\text{Cos}\left[2\left(q1[t] - q2[t]\right)\right]\right),\right.$$
$$-\left(\left(lb\, m\left(\left(la + lb\right)\left(lb\left(m + mh\right) + la\left(2\, m + mh\right)\right)\text{Cos}[2\, q1[t] - q2[t]] - \left(2\, Iz + lb^2\left(m + mh\right) + la^2\left(2\, m + mh\right) + la\, lb\left(m + 2\, mh\right)\right)\text{Cos}[q2[t]]\right)\right) \Big/ \left(-2\, Iz^2 - 2\, Iz\left(2\, la\, lb\left(m + mh\right) + la^2\left(2\, m + mh\right) + lb^2\left(2\, m + mh\right)\right) - lb^2\, m\left(2\, la\, lb\left(m + 2\, mh\right) + lb^2\left(m + 2\, mh\right) + la^2\left(3\, m + 2\, mh\right)\right) + lb^2\left(la + lb\right)^2 m^2\,\text{Cos}\left[2\left(q1[t] - q2[t]\right)\right]\right)\right), 1, 0\},$$
$$\left\{\left(\left(lb^2\, m\left(3\, la\, m + lb\, m + 2\, la\, mh + 2\, lb\, mh\right) + 2\, Iz\left(lb\left(m + mh\right) + la\left(2\, m + mh\right)\right)\right)\text{Sin}[q1[t]] + lb^2\left(la + lb\right) m^2\,\text{Sin}[q1[t] - 2\, q2[t]]\right) \Big/ \left(2\, Iz^2 + 2\, Iz\left(2\, la\, lb\left(m + mh\right) + la^2\left(2\, m + mh\right) + lb^2\left(2\, m + mh\right)\right) + lb^2\, m\left(2\, la\, lb\left(m + 2\, mh\right) + lb^2\left(m + 2\, mh\right) + la^2\left(3\, m + 2\, mh\right)\right) - lb^2\left(la + lb\right)^2 m^2\,\text{Cos}\left[2\left(q1[t] - q2[t]\right)\right]\right),\right.$$
$$\left(lb\, m\left(-\left(la + lb\right)\left(lb\left(m + mh\right) + la\left(2\, m + mh\right)\right)\text{Sin}[2\, q1[t] - q2[t]] + \left(2\, Iz + lb^2\left(m + mh\right) + la^2\left(2\, m + mh\right) + la\, lb\left(m + 2\, mh\right)\right)\text{Sin}[q2[t]]\right)\right) \Big/ \left(-2\, Iz^2 - 2\, Iz\left(2\, la\, lb\left(m + mh\right) + la^2\left(2\, m + mh\right) + lb^2\left(2\, m + mh\right)\right) - lb^2\, m\left(2\, la\, lb\left(m + 2\, mh\right) + lb^2\left(m + 2\, mh\right) + la^2\left(3\, m + 2\, mh\right)\right) + lb^2\left(la + lb\right)^2 m^2\,\text{Cos}\left[2\left(q1[t] - q2[t]\right)\right]\right), 0, 1\}\}$$

In[69]:=
```
HurList2Column[HurGlobalELEquation] /. {q1''[t] → 0, q2''[t] → 0, q3''[t] → 0, q4''[t] → 0}
lambda = tempB.% // Simplify
```

Out[69]=
$$\left\{\left\{-\text{tau1}+\text{tau2}-2\,g\,la\,m\,\text{Sin}[q1[t]]-g\,lb\,m\,\text{Sin}[q1[t]]-g\,la\,mh\,\text{Sin}[q1[t]]-g\,lb\,mh\,\text{Sin}[q1[t]]-lb\,(la+lb)\,m\,\text{Sin}[q1[t]-q2[t]]\,q2'[t]^2\right\},\right.$$
$$\left\{-\text{tau2}+g\,lb\,m\,\text{Sin}[q2[t]]+lb\,(la+lb)\,m\,\text{Sin}[q1[t]-q2[t]]\,q1'[t]^2\right\},$$
$$\left\{(lb\,(m+mh)+la\,(2\,m+mh))\,\text{Sin}[q1[t]]\,q1'[t]^2-lb\,m\,\text{Sin}[q2[t]]\,q2'[t]^2\right\},$$
$$\left.\left\{2\,g\,m+g\,mh-(lb\,(m+mh)+la\,(2\,m+mh))\,\text{Cos}[q1[t]]\,q1'[t]^2+lb\,m\,\text{Cos}[q2[t]]\,q2'[t]^2\right\}\right\}$$

Out[70]=
$$\left\{\left\{(lb\,(m+mh)+la\,(2\,m+mh))\,\text{Sin}[q1[t]]\,q1'[t]^2-\right.\right.$$
$$(lb\,m\,((la+lb)\,(lb\,(m+mh)+la\,(2\,m+mh))\,\text{Cos}[2\,q1[t]-q2[t]]-$$
$$(2\,Iz+lb^2\,(m+mh)+la^2\,(2\,m+mh)+la\,lb\,(m+2\,mh))\,\text{Cos}[q2[t]])$$
$$(-\text{tau2}+g\,lb\,m\,\text{Sin}[q2[t]]+lb\,(la+lb)\,m\,\text{Sin}[q1[t]-q2[t]]\,q1'[t]^2))\Big/$$
$$(-2\,Iz^2-2\,Iz\,(2\,la\,lb\,(m+mh)+la^2\,(2\,m+mh)+lb^2\,(2\,m+mh))-$$
$$lb^2\,m\,(2\,la\,lb\,(m+2\,mh)+lb^2\,(m+2\,mh)+la^2\,(3\,m+2\,mh))+$$
$$lb^2\,(la+lb)^2\,m^2\,\text{Cos}[2\,(q1[t]-q2[t])])-lb\,m\,\text{Sin}[q2[t]]\,q2'[t]^2+$$
$$((lb^2\,m\,(3\,la\,m+lb\,m+2\,la\,mh+2\,lb\,mh)+2\,Iz\,(lb\,(m+mh)+la\,(2\,m+mh)))\,\text{Cos}[q1[t]]-$$
$$lb^2\,(la+lb)\,m^2\,\text{Cos}[q1[t]-2\,q2[t]])\,(\text{tau1}-\text{tau2}+$$
$$g\,(lb\,(m+mh)+la\,(2\,m+mh))\,\text{Sin}[q1[t]]+lb\,(la+lb)\,m\,\text{Sin}[q1[t]-q2[t]]\,q2'[t]^2))\Big/$$
$$(-2\,Iz^2-2\,Iz\,(2\,la\,lb\,(m+mh)+la^2\,(2\,m+mh)+lb^2\,(2\,m+mh))-$$
$$lb^2\,m\,(2\,la\,lb\,(m+2\,mh)+lb^2\,(m+2\,mh)+la^2\,(3\,m+2\,mh))+$$
$$lb^2\,(la+lb)^2\,m^2\,\text{Cos}[2\,(q1[t]-q2[t])])\},$$
$$\{2\,g\,m+g\,mh-(lb\,(m+mh)+la\,(2\,m+mh))\,\text{Cos}[q1[t]]\,q1'[t]^2+$$
$$(lb\,m\,(-(la+lb)\,(lb\,(m+mh)+la\,(2\,m+mh))\,\text{Sin}[2\,q1[t]-q2[t]]+$$
$$(2\,Iz+lb^2\,(m+mh)+la^2\,(2\,m+mh)+la\,lb\,(m+2\,mh))\,\text{Sin}[q2[t]])$$
$$(-\text{tau2}+g\,lb\,m\,\text{Sin}[q2[t]]+lb\,(la+lb)\,m\,\text{Sin}[q1[t]-q2[t]]\,q1'[t]^2))\Big/$$
$$(-2\,Iz^2-2\,Iz\,(2\,la\,lb\,(m+mh)+la^2\,(2\,m+mh)+lb^2\,(2\,m+mh))-$$
$$lb^2\,m\,(2\,la\,lb\,(m+2\,mh)+lb^2\,(m+2\,mh)+la^2\,(3\,m+2\,mh))+$$
$$lb^2\,(la+lb)^2\,m^2\,\text{Cos}[2\,(q1[t]-q2[t])])+lb\,m\,\text{Cos}[q2[t]]\,q2'[t]^2-$$
$$((lb^2\,m\,(3\,la\,m+lb\,m+2\,la\,mh+2\,lb\,mh)+2\,Iz\,(lb\,(m+mh)+la\,(2\,m+mh)))\,\text{Sin}[q1[t]]+$$
$$lb^2\,(la+lb)\,m^2\,\text{Sin}[q1[t]-2\,q2[t]])\,(\text{tau1}-\text{tau2}+$$
$$g\,(lb\,(m+mh)+la\,(2\,m+mh))\,\text{Sin}[q1[t]]+lb\,(la+lb)\,m\,\text{Sin}[q1[t]-q2[t]]\,q2'[t]^2))\Big/$$
$$(2\,Iz^2+2\,Iz\,(2\,la\,lb\,(m+mh)+la^2\,(2\,m+mh)+lb^2\,(2\,m+mh))+$$
$$lb^2\,m\,(2\,la\,lb\,(m+2\,mh)+lb^2\,(m+2\,mh)+la^2\,(3\,m+2\,mh))-$$
$$\left.\left.lb^2\,(la+lb)^2\,m^2\,\text{Cos}[2\,(q1[t]-q2[t])]\right)\right\}\}$$

```
HurToJulia[lambda[[1, 1]]]
```

```
((lb*(m+mh)+la*(2*m+mh))*sin(q1)+lb*m*sin((q1+q2)))*(q1d)^(2)+(((2*(Iz)^(2)+(2*Iz*(2
  *la*lb*(m+mh)+((la)^(2)*(2*m+mh)+(lb)^(2)*(2*m+mh)))+((lb)^(2)*m*(2*la*lb*(m+2*mh)+
  ((lb)^(2)*(m+2*mh)+(la)^(2)*(3*m+2*mh)))+-1*(lb)^(2)*((la+lb))^(2)*(m)^(2)*cos(2*q2
  )))))^(-1)*(-1*((lb)^(2)*m*(3*la*m+(lb*m+(2*la*mh+2*lb*mh)))+2*Iz*(lb*(m+mh)+la*(2*
  m+mh)))*cos(q1)+lb*m*(cos(q1)*(2*(Iz+-1*la*lb*m)*cos(q2)+lb*(la+lb)*m*cos(2*q2))+-2*
  (Iz+(2*(la)^(2)*m+(2*la*lb*m+((lb)^(2)*m+((la)^(2)*mh+(2*la*lb*mh+((lb)^(2)*mh+lb*(
  la+lb)*m*cos(q2)))))))*sin(q1)*sin(q2)))*(-1*tau2+(-1*g*lb*m*sin((q1+q2))+lb*(la+
  lb)*m*sin(q2)*(q1d)^(2)))+(2*lb*m*sin((q1+q2))*q1d*q2d+(lb*m*sin((q1+q2))*(q2d)^(2)+
  -1*((2*(Iz)^(2)+(2*Iz*(2*la*lb*(m+mh)+((la)^(2)*(2*m+mh)+(lb)^(2)*(2*m+mh))))+((lb)^
  (2)*m*(2*la*lb*(m+2*mh)+((lb)^(2)*(m+2*mh)+(la)^(2)*(3*m+2*mh)))+-1*(lb)^(2)*((la+
  lb))^(2)*(m)^(2)*cos(2*q2)))))^(-1)*(((lb)^(2)*m*(3*la*m+(lb*m+(2*la*mh+2*lb*mh)))+
  2*Iz*(lb*(m+mh)+la*(2*m+mh)))*cos(q1)+-1*(lb)^(2)*(la+lb)*(m)^(2)*cos((q1+2*q2)))*(
  tau1+(2*g*la*m*sin(q1)+(g*lb*m*sin(q1)+(g*la*mh*sin(q1)+(g*lb*mh*sin(q1)+(g*lb*m*sin
  ((q1+q2)))+(2*lb*(la+lb)*m*sin(q2)*q1d*q2d+lb*(la+lb)*m*sin(q2)*(q2d)^(2)))))))))))
```

```
HurToJulia[lambda[[2, 1]]]
```

```
(2*g*m+(g*mh+(-1*((lb*(m+mh)+la*(2*m+mh))*cos(q1)+lb*m*cos((q1+q2)))*(q1d)^(2)+(((2*(
  Iz)^(2)+(2*Iz*(2*la*lb*(m+mh)+((la)^(2)*(2*m+mh)+(lb)^(2)*(2*m+mh))))+((lb)^(2)*m*(2
  *la*lb*(m+2*mh)+((lb)^(2)*(m+2*mh)+(la)^(2)*(3*m+2*mh)))+-1*(lb)^(2)*((la+lb))^(2)*
  (m)^(2)*cos(2*q2)))))^(-1)*(-1*(4*Iz*la*m+(2*Iz*lb*m+(3*la*(lb)^(2)*(m)^(2)+((lb)^(
  3)*(m)^(2)+(2*Iz*la*mh+(2*Iz*lb*mh+(2*la*(lb)^(2)*m*mh+(2*(lb)^(3)*m*mh+(2*lb*m*(-1
  *Iz+la*lb*m)*cos(q2)+-1*(lb)^(2)*(la+lb)*(m)^(2)*cos(2*q2)))))))))*sin(q1)+2*lb*m*
  cos(q1)*(Iz+(2*(la)^(2)*m+(2*la*lb*m+((lb)^(2)*m+((la)^(2)*mh+(2*la*lb*mh+((lb)^(2)
  *mh+lb*(la+lb)*m*cos(q2)))))))*sin(q2))*(-1*tau2+(-1*g*lb*m*sin((q1+q2))+lb*(la+lb
  )*m*sin(q2)*(q1d)^(2)))+(-2*lb*m*cos((q1+q2))*q1d*q2d+(-1*lb*m*cos((q1+q2))*(q2d)^(2
  )+-1*((2*(Iz)^(2)+(2*Iz*(2*la*lb*(m+mh)+((la)^(2)*(2*m+mh)+(lb)^(2)*(2*m+mh))))+((lb
  )^(2)*m*(2*la*lb*(m+2*mh)+((lb)^(2)*(m+2*mh)+(la)^(2)*(3*m+2*mh)))+-1*(lb)^(2)*((la
  +lb))^(2)*(m)^(2)*cos(2*q2)))))^(-1)*(((lb)^(2)*m*(3*la*m+(lb*m+(2*la*mh+2*lb*mh)))
  +2*Iz*(lb*(m+mh)+la*(2*m+mh)))*sin(q1)+-1*(lb)^(2)*(la+lb)*(m)^(2)*sin((q1+2*q2)))*
  (tau1+(2*g*la*m*sin(q1)+(g*lb*m*sin(q1)+(g*la*mh*sin(q1)+(g*lb*mh*sin(q1)+(g*lb*m*
  sin((q1+q2)))+(2*lb*(la+lb)*m*sin(q2)*q1d*q2d+lb*(la+lb)*m*sin(q2)*(q2d)^(2)))))))))
  )))))
```

```
HurSaveData["data_impactA_rel.m", "Jbfoot", "impDynConst1",
 "impDynConst2", "temp", "coef", "LinOp", "qdotplus", "lambda"]
```

For impact dynamics constraints without inversion

```
impactLHS = HurGlobalMMatrix.HurList2Column[{q1dp, q2dp, q3dp, q4dp}] -
   Transpose[Jbfoot[[1 ;; 2, ;;]]].HurList2Column[{Fimp1, Fimp2}] // Simplify
```

$$\{\{q2dp\,(Iz + lb^2\,m + lb\,(la + lb)\,m\,\text{Cos}[q2[t]]) + q1dp\,(2\,Iz + 2\,la^2\,m + 2\,la\,lb\,m + 2\,lb^2\,m + la^2\,mh + 2\,la\,lb\,mh + lb^2\,mh + 2\,lb\,(la + lb)\,m\,\text{Cos}[q2[t]]) + Fimp1\,(la + lb)\,(\text{Cos}[q1[t]] + \text{Cos}[q1[t] + q2[t]]) + q3dp\,(-(lb\,(m + mh) + la\,(2\,m + mh))\,\text{Cos}[q1[t]] - lb\,m\,\text{Cos}[q1[t] + q2[t]]) + Fimp2\,(la + lb)\,(\text{Sin}[q1[t]] + \text{Sin}[q1[t] + q2[t]]) + q4dp\,(-(lb\,(m + mh) + la\,(2\,m + mh))\,\text{Sin}[q1[t]] - lb\,m\,\text{Sin}[q1[t] + q2[t]])\},$$
$$\{(Iz + lb^2\,m)\,q2dp + q1dp\,(Iz + lb^2\,m + lb\,(la + lb)\,m\,\text{Cos}[q2[t]]) + Fimp1\,(la + lb)\,\text{Cos}[q1[t] + q2[t]] - lb\,m\,q3dp\,\text{Cos}[q1[t] + q2[t]] + Fimp2\,(la + lb)\,\text{Sin}[q1[t] + q2[t]] - lb\,m\,q4dp\,\text{Sin}[q1[t] + q2[t]]\},$$
$$\{-Fimp1 + 2\,m\,q3dp + mh\,q3dp - (lb\,(m + mh) + la\,(2\,m + mh))\,q1dp\,\text{Cos}[q1[t]] - lb\,m\,(q1dp + q2dp)\,\text{Cos}[q1[t] + q2[t]]\},$$
$$\{-Fimp2 + 2\,m\,q4dp + mh\,q4dp - (lb\,(m + mh) + la\,(2\,m + mh))\,q1dp\,\text{Sin}[q1[t]] - lb\,m\,(q1dp + q2dp)\,\text{Sin}[q1[t] + q2[t]]\}\}$$

```
impactRHS = HurGlobalMMatrix.HurList2Column[{q1dm, q2dm, 0, 0}] // Simplify
```

$$\{\{2\,la^2\,m\,q1dm + 2\,la\,lb\,m\,q1dm + 2\,lb^2\,m\,q1dm + la^2\,mh\,q1dm + 2\,la\,lb\,mh\,q1dm + lb^2\,mh\,q1dm + lb^2\,m\,q2dm + Iz\,(2\,q1dm + q2dm) + lb\,(la + lb)\,m\,(2\,q1dm + q2dm)\,\text{Cos}[q2[t]]\},$$
$$\{(Iz + lb^2\,m)\,(q1dm + q2dm) + lb\,(la + lb)\,m\,q1dm\,\text{Cos}[q2[t]]\},$$
$$\{-(lb\,(m + mh) + la\,(2\,m + mh))\,q1dm\,\text{Cos}[q1[t]] - lb\,m\,(q1dm + q2dm)\,\text{Cos}[q1[t] + q2[t]]\},$$
$$\{-(lb\,(m + mh) + la\,(2\,m + mh))\,q1dm\,\text{Sin}[q1[t]] - lb\,m\,(q1dm + q2dm)\,\text{Sin}[q1[t] + q2[t]]\}\}$$

```
impactVel = Jbfoot[[1 ;; 2, ;;]].HurList2Column[{q1dp, q2dp, q3dp, q4dp}] // Simplify
```

$$\{\{q3dp - (la + lb)\,q1dp\,\text{Cos}[q1[t]] - (la + lb)\,(q1dp + q2dp)\,\text{Cos}[q1[t] + q2[t]]\},$$
$$\{q4dp - (la + lb)\,q1dp\,\text{Sin}[q1[t]] - (la + lb)\,(q1dp + q2dp)\,\text{Sin}[q1[t] + q2[t]]\}\}$$

```
impactLHS[[1, 1]]
HurToJulia[%]
```

$$q2dp\,(Iz + lb^2\,m + lb\,(la + lb)\,m\,\text{Cos}[q2[t]]) + q1dp\,(2\,Iz + 2\,la^2\,m + 2\,la\,lb\,m + 2\,lb^2\,m + la^2\,mh + 2\,la\,lb\,mh + lb^2\,mh + 2\,lb\,(la + lb)\,m\,\text{Cos}[q2[t]]) + Fimp1\,(la + lb)\,(\text{Cos}[q1[t]] + \text{Cos}[q1[t] + q2[t]]) + q3dp\,(-(lb\,(m + mh) + la\,(2\,m + mh))\,\text{Cos}[q1[t]] - lb\,m\,\text{Cos}[q1[t] + q2[t]]) + Fimp2\,(la + lb)\,(\text{Sin}[q1[t]] + \text{Sin}[q1[t] + q2[t]]) + q4dp\,(-(lb\,(m + mh) + la\,(2\,m + mh))\,\text{Sin}[q1[t]] - lb\,m\,\text{Sin}[q1[t] + q2[t]])$$

```
(q2dp*(Iz+((lb)^(2)*m+lb*(la+lb)*m*cos(q2)))+(q1dp*(2*Iz+(2*(la)^(2)*m+(2*la*lb*m+(2*
  (lb)^(2)*m+((la)^(2)*mh+(2*la*lb*mh+((lb)^(2)*mh+2*lb*(la+lb)*m*cos(q2))))))))+(
  Fimp1*(la+lb)*(cos(q1)+cos((q1+q2)))+(q3dp*(-1*(lb*(m+mh)+la*(2*m+mh))*cos(q1)+-1*lb
  *m*cos((q1+q2)))+(Fimp2*(la+lb)*(sin(q1)+sin((q1+q2)))+q4dp*(-1*(lb*(m+mh)+la*(2*m+
  mh))*sin(q1)+-1*lb*m*sin((q1+q2)))))))
```

```
impactLHS[[2, 1]]
HurToJulia[%]
```

$$\left(Iz + lb^2\, m\right)\, q2dp + q1dp\, \left(Iz + lb^2\, m + lb\, \left(la + lb\right)\, m\, Cos[q2[t]]\right) + Fimp1\, \left(la + lb\right)\, Cos[q1[t] + q2[t]] - lb\, m\, q3dp\, Cos[q1[t] + q2[t]] + Fimp2\, \left(la + lb\right)\, Sin[q1[t] + q2[t]] - lb\, m\, q4dp\, Sin[q1[t] + q2[t]]$$

```
((Iz+(lb)^(2)*m)*q2dp+(q1dp*(Iz+((lb)^(2)*m+lb*(la+lb)*m*cos(q2)))+(Fimp1*(la+lb)*cos(
  (q1+q2))+(-1*lb*m*q3dp*cos((q1+q2))+(Fimp2*(la+lb)*sin((q1+q2))+-1*lb*m*q4dp*sin((q1
  +q2)))))))
```

```
impactLHS[[3, 1]]
HurToJulia[%]
```

$$-Fimp1 + 2\, m\, q3dp + mh\, q3dp - \left(lb\, \left(m + mh\right) + la\, \left(2\, m + mh\right)\right)\, q1dp\, Cos[q1[t]] - lb\, m\, \left(q1dp + q2dp\right)\, Cos[q1[t] + q2[t]]$$

```
(-1*Fimp1+(2*m*q3dp+(mh*q3dp+(-1*(lb*(m+mh)+la*(2*m+mh)))*q1dp*cos(q1)+-1*lb*m*(q1dp+
  q2dp)*cos((q1+q2))))))
```

```
impactLHS[[4, 1]]
HurToJulia[%]
```

$$-Fimp2 + 2\, m\, q4dp + mh\, q4dp - \left(lb\, \left(m + mh\right) + la\, \left(2\, m + mh\right)\right)\, q1dp\, Sin[q1[t]] - lb\, m\, \left(q1dp + q2dp\right)\, Sin[q1[t] + q2[t]]$$

```
(-1*Fimp2+(2*m*q4dp+(mh*q4dp+(-1*(lb*(m+mh)+la*(2*m+mh)))*q1dp*sin(q1)+-1*lb*m*(q1dp+
  q2dp)*sin((q1+q2))))))
```

```
impactRHS[[1, 1]]
HurToJulia[%]
```

$$2\, la^2\, m\, q1dm + 2\, la\, lb\, m\, q1dm + 2\, lb^2\, m\, q1dm + la^2\, mh\, q1dm + 2\, la\, lb\, mh\, q1dm + lb^2\, mh\, q1dm + lb^2\, m\, q2dm + Iz\, \left(2\, q1dm + q2dm\right) + lb\, \left(la + lb\right)\, m\, \left(2\, q1dm + q2dm\right)\, Cos[q2[t]]$$

```
(2*(la)^(2)*m*q1dm+(2*la*lb*m*q1dm+(2*(lb)^(2)*m*q1dm+((la)^(2)*mh*q1dm+(2*la*lb*mh*
  q1dm+((lb)^(2)*mh*q1dm+((lb)^(2)*m*q2dm+(Iz*(2*q1dm+q2dm)+lb*(la+lb)*m*(2*q1dm+q2dm)
  *cos(q2)))))))))
```

```
impactRHS[[2, 1]]
HurToJulia[%]
```

$$\left(Iz + lb^2\, m\right)\, \left(q1dm + q2dm\right) + lb\, \left(la + lb\right)\, m\, q1dm\, Cos[q2[t]]$$

```
((Iz+(lb)^(2)*m)*(q1dm+q2dm)+lb*(la+lb)*m*q1dm*cos(q2))
```

```
impactRHS[[3, 1]]
HurToJulia[%]
```

$$-\left(lb\, \left(m + mh\right) + la\, \left(2\, m + mh\right)\right)\, q1dm\, Cos[q1[t]] - lb\, m\, \left(q1dm + q2dm\right)\, Cos[q1[t] + q2[t]]$$

```
(-1*(lb*(m+mh)+la*(2*m+mh))*q1dm*cos(q1)+-1*lb*m*(q1dm+q2dm)*cos((q1+q2)))
```

```
impactRHS[[4, 1]]
HurToJulia[%]
```

$$-\left(\text{lb}\left(\text{m}+\text{mh}\right)+\text{la}\left(2\,\text{m}+\text{mh}\right)\right)\text{q1dm}\,\text{Sin}[\text{q1}[\text{t}]]-\text{lb}\,\text{m}\left(\text{q1dm}+\text{q2dm}\right)\text{Sin}[\text{q1}[\text{t}]+\text{q2}[\text{t}]]$$

```
(-1*(lb*(m+mh)+la*(2*m+mh))*q1dm*sin(q1)+-1*lb*m*(q1dm+q2dm)*sin((q1+q2)))
```

```
impactVel[[1, 1]]
HurToJulia[%]
```

$$\text{q3dp}-\left(\text{la}+\text{lb}\right)\text{q1dp}\,\text{Cos}[\text{q1}[\text{t}]]-\left(\text{la}+\text{lb}\right)\left(\text{q1dp}+\text{q2dp}\right)\text{Cos}[\text{q1}[\text{t}]+\text{q2}[\text{t}]]$$

```
(q3dp+(-1*(la+lb)*q1dp*cos(q1)+-1*(la+lb)*(q1dp+q2dp)*cos((q1+q2))))
```

```
impactVel[[2, 1]]
HurToJulia[%]
```

$$\text{q4dp}-\left(\text{la}+\text{lb}\right)\text{q1dp}\,\text{Sin}[\text{q1}[\text{t}]]-\left(\text{la}+\text{lb}\right)\left(\text{q1dp}+\text{q2dp}\right)\text{Sin}[\text{q1}[\text{t}]+\text{q2}[\text{t}]]$$

```
(q4dp+(-1*(la+lb)*q1dp*sin(q1)+-1*(la+lb)*(q1dp+q2dp)*sin((q1+q2))))
```

```
HurSaveData["data_impactAAcc_rel.m", "Jbfoot", "impDynConst1", "impDynConst2", "temp",
 "coef", "LinOp", "qdotplus", "lambda", "impactLHS", "impactRHS", "impactVel"]
```

In[71]:=
```
ELforGRF = HurGlobalELEquation /.
    {q3[t] → 0, q4[t] → 0, q3'[t] → 0, q4'[t] → 0, q3''[t] → 0, q4''[t] → 0};
% //
 MatrixForm
```

Out[72]//MatrixForm=

$$\begin{pmatrix} -\text{tau1}+\text{tau2}-2\,\text{g}\,\text{la}\,\text{m}\,\text{Sin}[\text{q1}[\text{t}]]-\text{g}\,\text{lb}\,\text{m}\,\text{Sin}[\text{q1}[\text{t}]]-\text{g}\,\text{la}\,\text{mh}\,\text{Sin}[\text{q1}[\text{t}]]-\text{g}\,\text{lb}\,\text{mh}\,\text{Sin}[\text{q1}[\text{t}]]-\text{lb} \\ -\text{tau2}+\text{g}\,\text{lb}\,\text{m}\,\text{Sin}[\text{q2}[\text{t}]]+\text{lb}\left(\text{la}\right. \\ \left(\text{lb}\left(\text{m}+\text{mh}\right)+\text{la}\left(2\,\text{m}+\text{mh}\right)\right)\text{Sin}[\text{q1}[\text{t}]]\,\text{q1}'[\text{t}]^2-\text{lb}\,\text{m}\,\text{Sin}[\text{q2}[\text{t}]]\,\text{q2} \\ 2\,\text{g}\,\text{m}+\text{g}\,\text{mh}-\left(\text{lb}\left(\text{m}+\text{mh}\right)+\text{la}\left(2\,\text{m}+\text{mh}\right)\right)\text{Cos}[\text{q1}[\text{t}]]\,\text{q1}'[\text{t}]^2+\text{lb}\,\text{m}\,\text{Cos}[\text{q2}[\end{pmatrix}$$

In[73]:=
```
lambda1 = ELforGRF[[3]] // Simplify
lambda2 = ELforGRF[[4]] // Simplify
```

Out[73]=
$$\left(\text{lb}\left(\text{m}+\text{mh}\right)+\text{la}\left(2\,\text{m}+\text{mh}\right)\right)\text{Sin}[\text{q1}[\text{t}]]\,\text{q1}'[\text{t}]^2- \text{lb}\,\text{m}\,\text{Sin}[\text{q2}[\text{t}]]\,\text{q2}'[\text{t}]^2-2\,\text{la}\,\text{m}\,\text{Cos}[\text{q1}[\text{t}]]\,\text{q1}''[\text{t}]-\text{lb}\,\text{m}\,\text{Cos}[\text{q1}[\text{t}]]\,\text{q1}''[\text{t}]- \text{la}\,\text{mh}\,\text{Cos}[\text{q1}[\text{t}]]\,\text{q1}''[\text{t}]-\text{lb}\,\text{mh}\,\text{Cos}[\text{q1}[\text{t}]]\,\text{q1}''[\text{t}]+\text{lb}\,\text{m}\,\text{Cos}[\text{q2}[\text{t}]]\,\text{q2}''[\text{t}]$$

Out[74]=
$$2\,\text{g}\,\text{m}+\text{g}\,\text{mh}-\left(\text{lb}\left(\text{m}+\text{mh}\right)+\text{la}\left(2\,\text{m}+\text{mh}\right)\right)\text{Cos}[\text{q1}[\text{t}]]\,\text{q1}'[\text{t}]^2+ \text{lb}\,\text{m}\,\text{Cos}[\text{q2}[\text{t}]]\,\text{q2}'[\text{t}]^2-2\,\text{la}\,\text{m}\,\text{Sin}[\text{q1}[\text{t}]]\,\text{q1}''[\text{t}]-\text{lb}\,\text{m}\,\text{Sin}[\text{q1}[\text{t}]]\,\text{q1}''[\text{t}]- \text{la}\,\text{mh}\,\text{Sin}[\text{q1}[\text{t}]]\,\text{q1}''[\text{t}]-\text{lb}\,\text{mh}\,\text{Sin}[\text{q1}[\text{t}]]\,\text{q1}''[\text{t}]+\text{lb}\,\text{m}\,\text{Sin}[\text{q2}[\text{t}]]\,\text{q2}''[\text{t}]$$

In[75]:=
```
HurToJulia[lambda1]
```

Out[75]=
```
((lb*(m+mh)+la*(2*m+mh))*sin(q1)*(q1d)^(2)+(-1*lb*m*sin(q2)*(q2d)^(2)+(-2*la*m*cos(q1)
  *q1dd+(-1*lb*m*cos(q1)*q1dd+(-1*la*mh*cos(q1)*q1dd+(-1*lb*mh*cos(q1)*q1dd+lb*m*cos(
  q2)*q2dd)))))))
```

In[76]:=
```
HurToJulia[lambda2]
```

Out[76]=
```
(2*g*m+(g*mh+(-1*(lb*(m+mh)+la*(2*m+mh))*cos(q1)*(q1d)^(2)+(lb*m*cos(q2)*(q2d)^(2)+(-
  2*la*m*sin(q1)*q1dd+(-1*lb*m*sin(q1)*q1dd+(-1*la*mh*sin(q1)*q1dd+(-1*lb*mh*sin(q1)*
  q1dd+lb*m*sin(q2)*q2dd)))))))))
```

```
HurSaveData["data_impactAAcc_abs.m", "Jbfoot", "impDynConst1",
 "impDynConst2", "temp", "coef", "LinOp", "qdotplus", "lambda",
 "lambda1", "lambda2", "impactLHS", "impactRHS", "impactVel"]
```