

In [1]:

```
# Inverted Pendulum Robot의 속도 계산 프로그램
```

In [2]:

```
from IPython.display import Image
Image('basic_inv_model.PNG', width=300)
```

Out[2]:

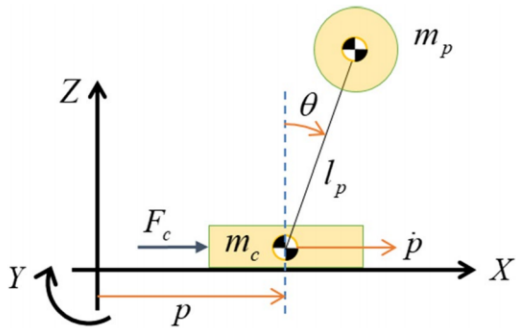


Fig. 3 Cart inverted pendulum model

In [3]:

```
from IPython.display import Image
Image('basic_inv_model_eom.PNG', width=300)
```

Out[3]:

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} p \\ \dot{p} \\ \theta \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & a_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & a_2 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p \\ \dot{p} \\ \theta \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ b_1 \\ 0 \\ b_2 \end{bmatrix} F_c$$

where

$$a_1 = m_p^2 l_p^2 g / M_0, \quad a_2 = (m_p + m_c) m_p l_p g / M_0$$

$$b_1 = m_p l_p^2 / M_0, \quad b_2 = m_p l_p / M_0$$

$$M_0 = m_c m_p l_p^2.$$

In [4]:

```
import math
import numpy
import sympy

RPM2RPS = 2*math.pi/60
RPS2DEG = 180/math.pi
INCH2M = 0.0254
MPS2KMH = 3.6

def cal_Kt_from_Kv(Kv):
    RPM2RPS = 2*math.pi/60
    return 1/(Kv*RPM2RPS)
```

In [5]:

```
mp,mc,lp,g = sympy.symbols('mp,mc,lp,g')
p,pdd,theta,Fc = sympy.symbols('p,pdd,theta,Fc')

M0 = mc*mp*lp*lp
a1 = mp*mp*lp*lp*g/M0
b1 = mp*lp*lp/M0

pdd = a1*theta + b1*Fc
pdd
```

Out[5]:

$$\frac{Fc}{mc} + \frac{gmp\theta}{mc}$$

In [6]:

```
# 목표 가속력
target_acc = sympy.symbols('target_acc')
Fc_value = sympy.solve(pdd - target_acc, Fc)
Fc_value
```

Out[6]:

```
[-g*mp*theta + mc*target_acc]
```

In [7]:

```
# 카트질량 500kg, 펜듈럼질량 200kg, 펜듈럼기울어짐 5deg 일때 0.25g의 가속도를 낼 경우 필요한 추
력 N
# "흔히 고성능 차량을 타고 가속하는 경우, '시트에 몸이 파묻힌다'는 표현을 한다.
# 고성능 차량으로 손꼽히는 BMW의 M시리즈 차량으로 가속시 경험할 수 있는 종방향 중력가속도는 0.5~
0.6G가량이다.
# [출처: 중앙일보] [박상욱의 모스다] ⑥ 피할 수 없는 '지름신'의 유혹 (하) : '튜닝' 보다 '세팅'
부터"
Fc_required_N = Fc_value[0].subs({g:9.8, mc:500, mp:200, theta:5/RPS2DEG, target_acc:0.25*9.8})
Fc_required_N
```

Out[7]:

```
1053.95773330456
```

In [8]:

```
# 모터 파라미터 설정값
Wheel_Dia_Inch = 10 # inch
Motor_Kv = 150      # Kv = RPM/Volt (Tarot 4008:330kv)
Gear_Ratio = 14
Volt = 50           # Volt
```

In [9]:

```
# 세그웨이 형태의 바퀴 2개로 위의 추력을 낼 경우에 바퀴 하나당 내야하는 토크 (Nm)
Wheel_radius_m = Wheel_Dia_Inch/2*INCH2M
T_wheel_Nm = 1/2*Fc_required_N*Wheel_radius_m
# 휠 토크 kg.m 로 환산치 (제네시스 G80이 휠토크가 40 정도수준)
T_wheel_kgm = T_wheel_Nm/9.8
T_wheel_Nm, T_wheel_kgm
```

Out[9]:

(66.9263160648393, 6.82921592498360)

In [10]:

```
# 바퀴에 감속비를 적용하여 모터에서 내야하는 토크 (Nm)
T_motor_Nm = T_wheel_Nm/Gear_Ratio
T_motor_Nm
```

Out[10]:

4.78045114748852

In [11]:

```
# Check 1 - 플랫폼의 최대속력 (m/s)
V_max_mps = Volt*Motor_Kv/Gear_Ratio*RPM2RPS*Wheel_radius_m
V_max_kmh = V_max_mps*MPS2KMH
V_max_mps, V_max_kmh
```

Out[11]:

(7.124683339391137, 25.648860021808094)

In [12]:

```
# Check 2 - 위 토크를 만들어 내기 위한 최대 전류 (A)
Kt = cal_Kt_from_Kv(Motor_Kv)
current = T_motor_Nm/Kt
current
```

Out[12]:

75.0911510289742

In [13]:

```
# Check 3 - 모터의 최대 전력 (kW)
Watt_kW = current*Volt/1000
Watt_kW
```

Out[13]:

3.75455755144871