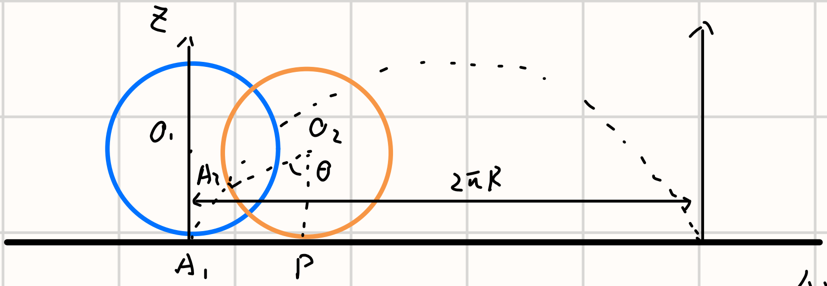
摆线步态的设计



O_2 坐标 $(\theta R, R)$

A_2 点坐标 $\begin{cases} x = \theta R - R\cdot\sin\theta = R(\theta - \sin\theta) \\ z = R - R\cos\theta = R(1-\cos\theta) \end{cases}$

令步态周期为 T，则在 $t \in [0, T]$ 时刻

滚动角度 $\theta = 2\pi \cdot \frac{t}{T}$，则此时摆线

坐标 $\begin{cases} x = R(2\pi\cdot\frac{t}{T} - \sin 2\pi\cdot\frac{t}{T}) \\ z = R(1-\cos\frac{2\pi t}{T}) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \dot{x} = \frac{2\pi R}{T}(1-\cos\frac{2\pi t}{T}) \\ \dot{z} = \frac{2\pi R}{T}\sin\frac{2\pi t}{T} \end{cases}$

生成流程：①确定摆线高度 ②确定起终点 ③根据起终点缩放 x, y 二维上的值

结论：令 $p = \frac{t}{T}$，起点 (x_0, y_0, z_0)，终点 (x_1, y_1, z_1).

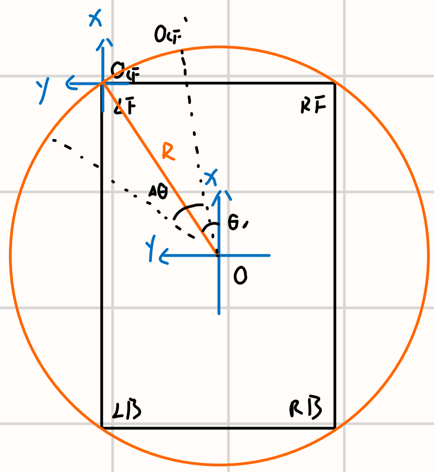
$$\begin{cases} x = \frac{x_1 - x_0}{2\pi R}\cdot R(2\pi p - \sin 2\pi p) + x_0 \\ \quad = \frac{x_1 - x_0}{2\pi}(2\pi p - \sin 2\pi p) + x_0 \\ y = \frac{y_1 - y_0}{2\pi}(2\pi p - \sin 2\pi p) + y_0 \\ z = \frac{h}{2}(1 - \cos 2\pi p) \end{cases}$$

开环步态

开环步态的意义在于在无反馈和状态估计的系统中达成最本的行走需求

期望指标：平动 $\dot{x}_d$, $\dot{y}_d$，旋转 w_z

以原站立姿态为基准点规划落脚点



平动规划：已知 T_{stance}, T_{swing}

当 T_{stance} 时，平移长度 $v \cdot T_{stance}$ $\quad (x_1 = -\frac{1}{2}\dot{x}_d T_{stance})$

$$\begin{cases} x = x_0 - \frac{t}{T}\Delta x = x_0 - \frac{t}{T}(x_0 - x_1) = (1-p)x_0 + p x_1 \\ y = (1-p)y_0 + p y_1 \quad (y_1 = -\frac{1}{2}\dot{y}_d T_{stance}) \\ z = 0 \end{cases}$$

当 T_{swing} 时，设步态函数为 $f(x_1, x_0, p)$

$$\begin{cases} x = f(\frac{1}{2}\dot{x}_d T_{stance}, x_0, p) \\ y = f(\frac{1}{2}\dot{y}_d T_{stance}, y_0, p) \\ z = f(p) \end{cases}$$

$O_{LF}[R\cos\theta_0, R\sin\theta_0]$

$O'_{LF}[R\cos(\theta_0 - \frac{\Delta\theta}{2}), R\sin(\theta_0 - \frac{\Delta\theta}{2})]$ O''_{LF}

$O''_{LF}[R\cos(\theta_0 + \frac{\Delta\theta}{2}), R\sin(\theta_0 + \frac{\Delta\theta}{2})]$

旋转规划

当 T_{stance} 时，$\Delta\theta = w \cdot T_{stance}$

$$\begin{cases} (x, y) = O_{LF} - \frac{t}{T}(O_{LF} - O'_{LF}) \\ z = 0 \end{cases}$$

当 T_{swing} 时

$$\begin{cases} (x, y) = f(O''_{LF}, O_{LF}, p) \\ z = f(t) \end{cases}$$

针对舵机的VMC

$P_t \Rightarrow$

计算目标力
$F_t = kp_1 \cdot (P_t - P_c)$

$\Rightarrow$

映射关节力矩
$T = J^{-1} \cdot F$

$\Rightarrow$

转化为角速度
$W = kp_2 \cdot T$

$\Downarrow$

更新目标关节角度
$\theta_t = \theta_c + W \cdot Ctrl\_Period$

$\Leftarrow$

构造伪反馈
$\theta_c = \theta_t$

$\Leftarrow$

逆运动学
$P_c = IK(\theta_c)$

$\Uparrow$ 计算目标力