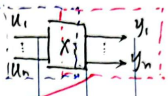
线性控制系统的能控能观性

能观性分解
① 判断能观性 rank(N)
② 确定变换矩阵 R_0^{-1}, R_0
③ 套公式计算
④ 提取子系统.

能控性分解.
① 判断能控性. $rank(M)=m$?
② 确定变换矩阵 R_c, R_c^{-1}
③ 套公式计算
④ 提取子系统.

为什么？
- 状态能否被输入控制
- 状态能否被输出反应



是什么
- 状态/输出能控性：系统输入能否控制状态/输出的转移. 状态/输出受输入支配
  若所有状态变量能控，则系统状态完全能控. 反之不完全能控.
- 连续系统的状态能控性. 存在分段连续的输入 $u(t)$. 在 $[t_0, t_f]$，使 $x(t_0) \rightarrow x(t_f)$
  某一 任一终端
  若所有状态能控 → 状态完全能控.
- 能观性. 指定初始时刻，在 $[t_0, t_f]$ 内测得一组 $y(t)$ 能唯一确定 t_0 时刻的一个状态 $x(t_0)$
- 系统完全能观. 系统在初始时刻 t_0 的任意状态 $x(t_0)$. 均可由在有限时间 $[t_0, t_f]$ 内测得的 $y(t)$ 唯一确定，则系统完全能观.
  C 可逆，C 非方阵. 输出变量个数少于状态变量个数.

怎么判
- 能控性
  - 约旦标准型判定
    - 对角线型标准型：若B的任一行不为0，则完全能控
    - 约旦块型标准型：若约旦块对应的B末尾行非全0，则系统能控
  - 秩判据
    - 判别矩阵：$M=[B \;\; AB \cdots A^{n-1}B]$
    - 若 $rank(M)=n$，则系统完全能控.
- 能观性.
  - 约旦标准型判定
    - 对角线型：若C任一列不为0，则完全能观.
    - 约旦块型：若约旦块对应的C首列非全0，则系统能观
  - 秩判据
    - 判别矩阵：$N=\begin{bmatrix} C \\ CA \\ \vdots \\ CA^{n-1} \end{bmatrix}$ 秩为n
    - 若 $rank(N)=n$，则系统完全能观
- 对偶原理：
  $\begin{cases} \dot{x}_1(t)=A_1x_1(t)+B_1u_1(t) \\ y_1(t)=C_1x_1(t) \end{cases}$ $A_2=A_1^T$, $B_2=C_1^T$, $C_2=B_1^T$ $\begin{cases} \dot{x}_2(t)=A_2x_2(t)+B_2u_2(t) \\ y_2(t)=C_2x_2(t). \end{cases}$
  系统1完全能控、系统2完全能观；系统1完全能观 系统2完全能控