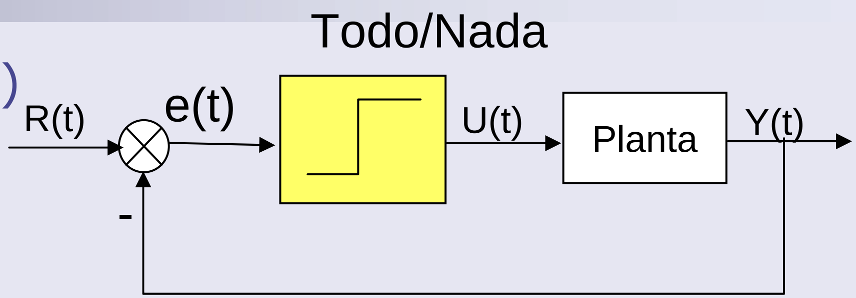
Tema 2.4
Acciones Básicas de Control

- Acciones básicas de control
  - Control Todo-Nada
  - Acción Proporcional
  - Acción Derivativa
  - Acción Integral
  - Acción de Control Prop+Integral+Derivativa
- Método de ajuste de Ziegler-Nichols

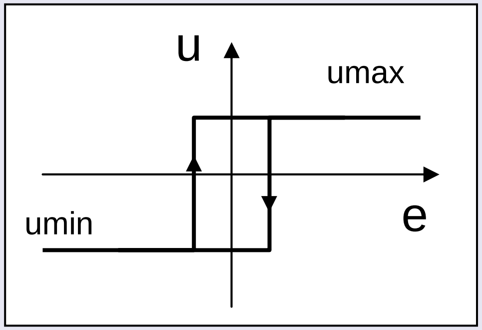
Control Todo-Nada

- Todo-nada (On-Off o Bang-Bang o por Relé)
  - Ley de control (acciones limitadas, no lineal)
    - u(t)=umax, si e(t)>0
    - u(t)=umin, si e(t)<0

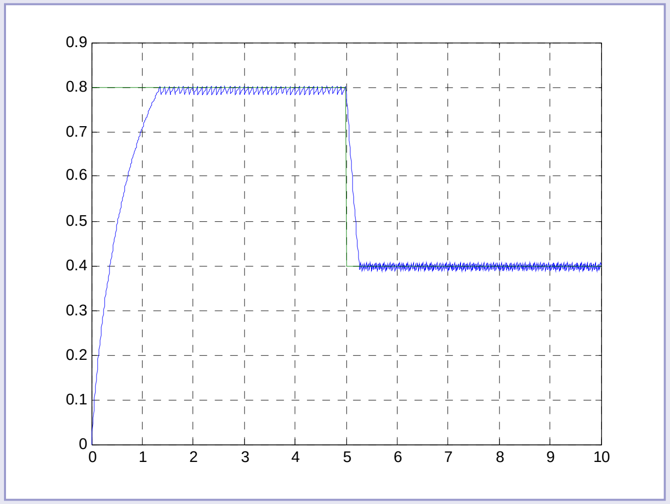


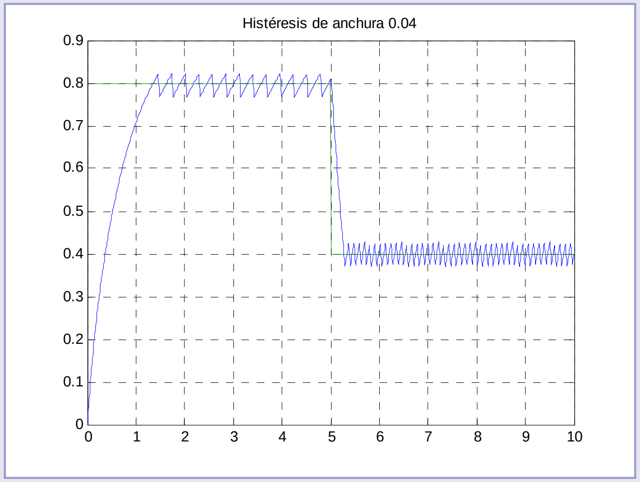
  - Ejemplo: Sistema de control de temperatura mediante termostato
  - Evoluciona hacia el punto deseado pero presenta oscilaciones en la salida, provocando un envejecimiento prematuro de los componentes debido al desgaste.

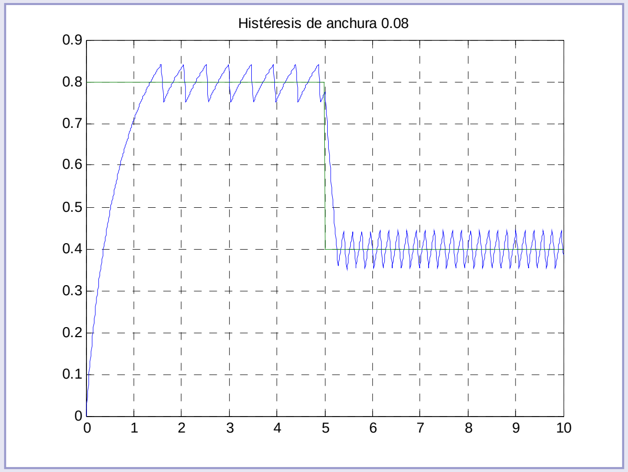
- Relé con histéresis (no conmuta cuando el error cambia de signo)
  - Reduce las oscilaciones
  - Menor precisión en torno a la referencia
  - A mayor anchura de zona muerta, reduce la frecuencia de oscilación



Ejemplo control todo-nada: Control de un depósito





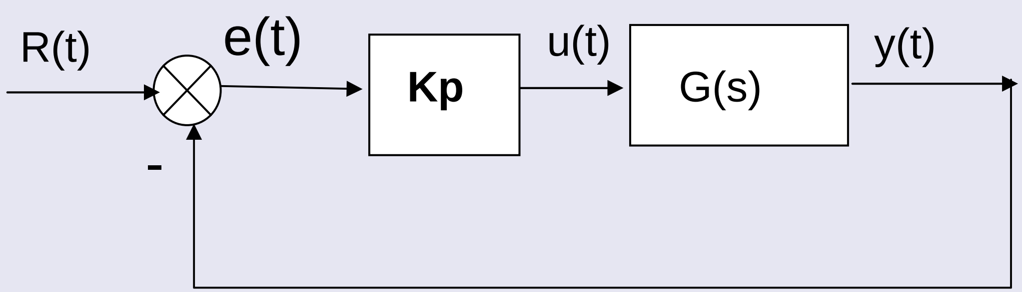


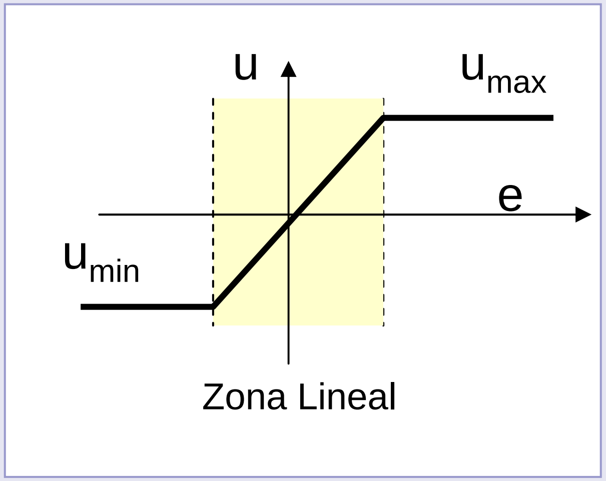
Acción proporcional (P)

- Ley de control

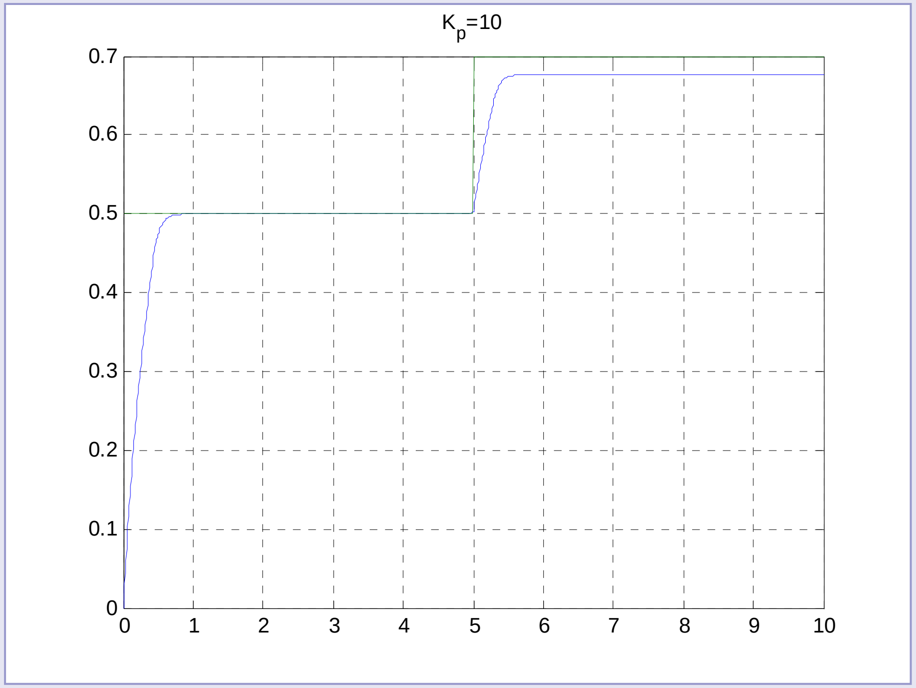
$$u(t) = K_p e(t)$$
$$K_p = cte$$

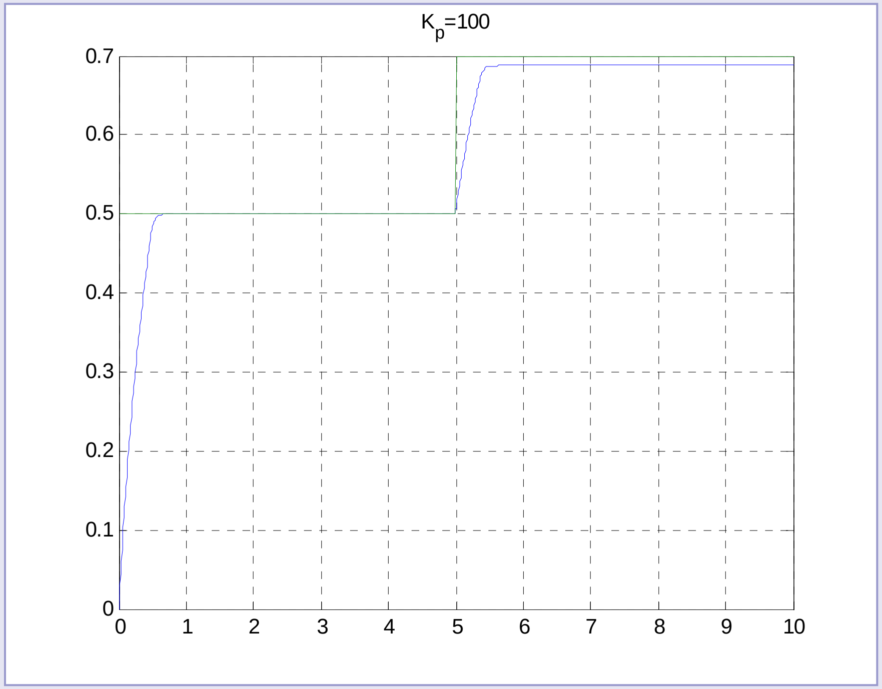
- Se evitan las oscilaciones.
- Relación lineal entre e(t) y u(t)
- Saturación de la señal de control debido a limitaciones físicas.
- En general, si Kp aumenta
  - Erp decrece (Tipo 0)
  - Mayor rapidez
  - SO aumenta
  - Riesgo de saturación





Control P de un depósito

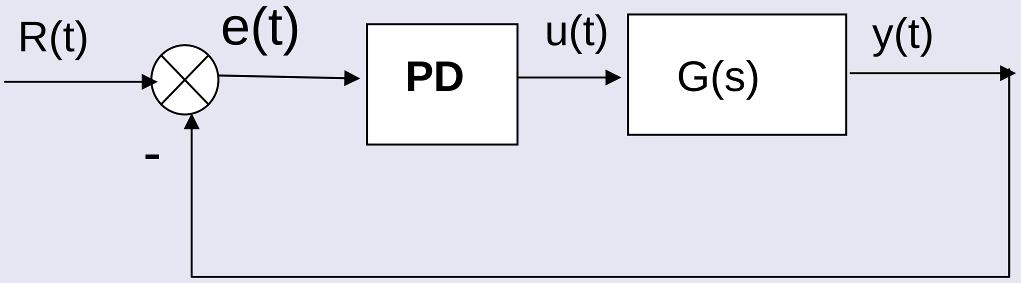




Acción Derivativa (D)

- Acción de control Derivativa, $u(t) = K_d \frac{d\,e(t)}{d\,t}$
- No se usa de forma independiente
  - e(t)=cte -> de(t)/dt=0 -> u(t)=0!!!

- Ley de control PD



$$u(t) = K_p e(t) + K_d \frac{d\,e(t)}{d\,t})$$

$$C(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_p(1 + T_d\, s)$$

Td, tiempo derivativo

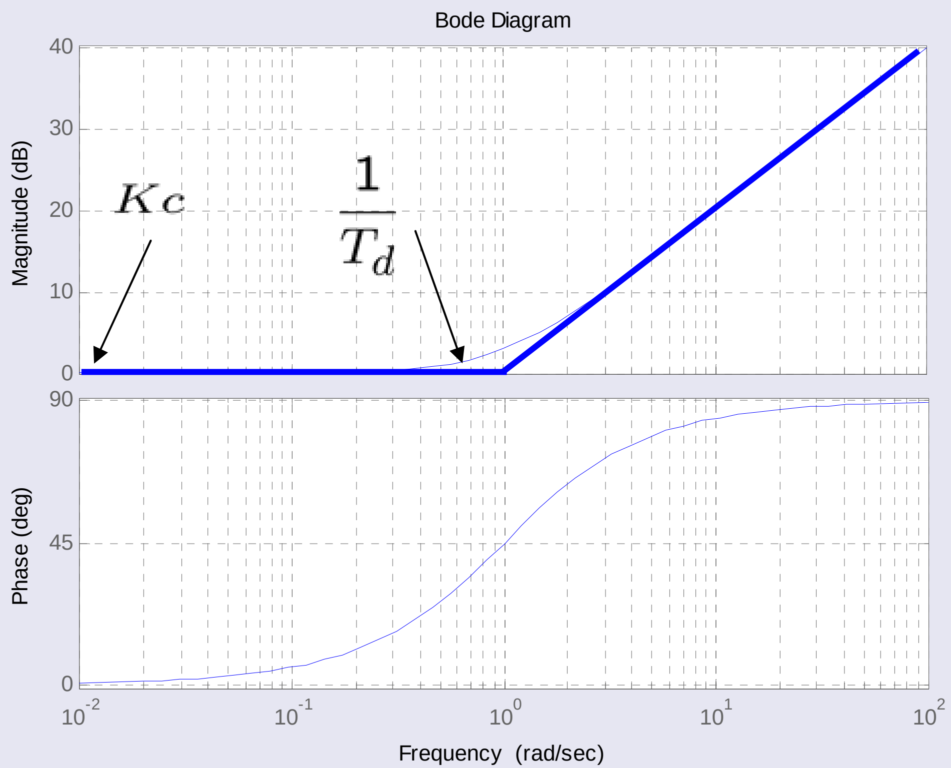
- Acción *predictiva*
  - Anticipa el error futuro (no depende sólo del error sino también de cómo varía éste)
  - Mejora el comportamiento (más rápida y menos oscilaciones)
  - Amplifica las señales de ruido -> Introducción de filtro

Acción Derivativa (D)

$$u(t) = K_c\left(e(t) + T_d\frac{d\,e(t)}{d\,t}\right)$$

$$C(s) = K_c(1 + T_d s)$$

- Bajas frecuencias
  - Ganancia como un P
  - Fase aprox. igual
- Altas frecuencias
  - Ganancia aumenta a razón de 20 dB/dec
  - Fase sube 90º

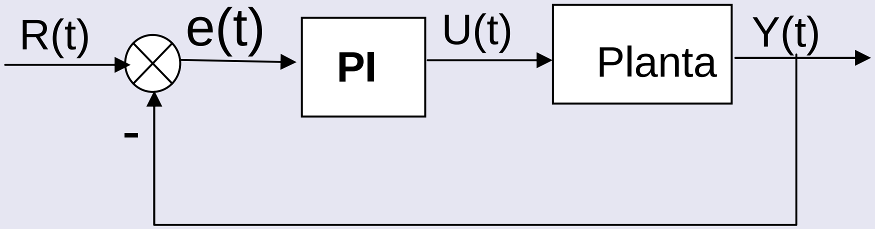


Acción Integral (I)

- La acción integral aumenta el tipo de sistema -> Mejora del Erp
- Ley de control integral $u(t) = K_i \int_0^t e(\tau)d\tau, U(s) = K_i \frac{1}{s} E(s)$
- Normalmente se aplica junto con control proporcional (PI)

$$u(t) = K_p \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(\tau)d\tau \right)$$

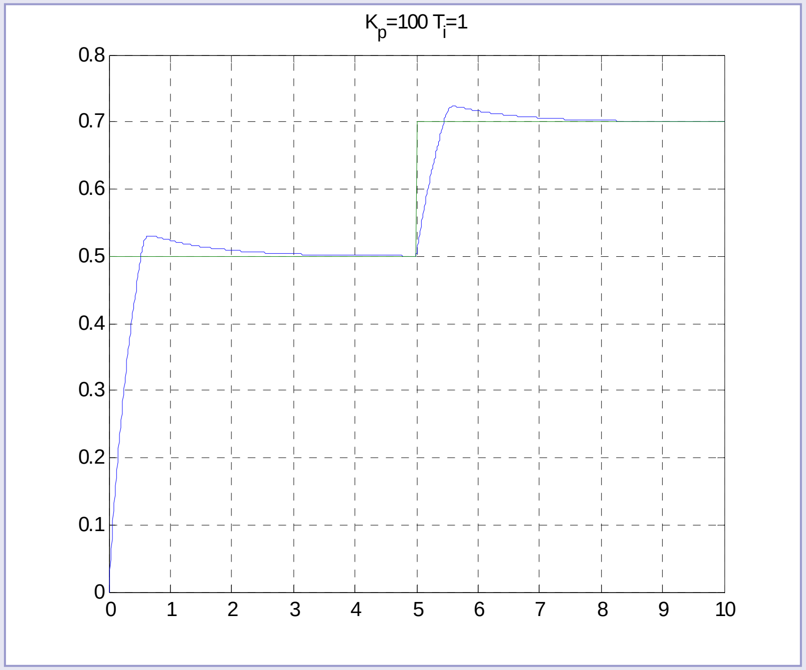
$$C(s) = K_p \frac{1+T_i s}{T_i s}$$

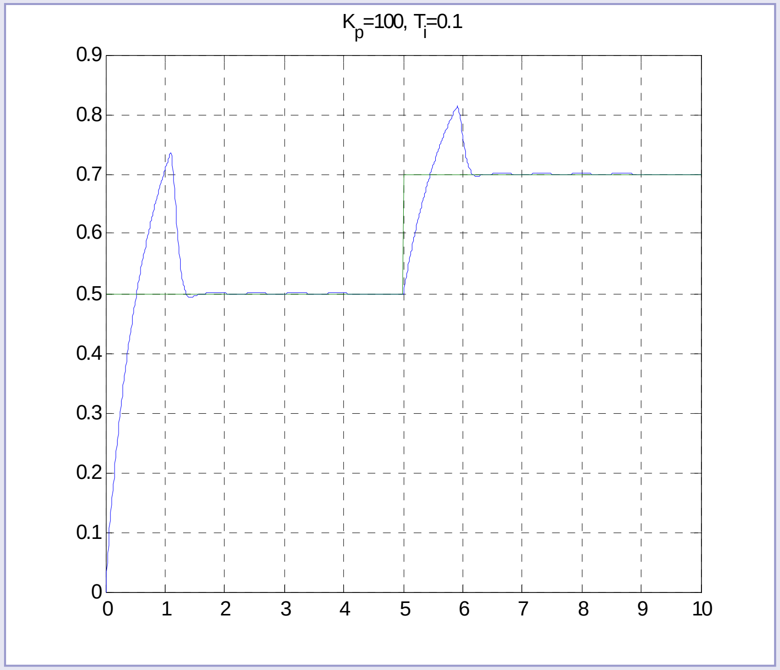


- Garantiza error nulo en r.p.
- Peor transitorio (SO)

  (e incluso inestabilidad)

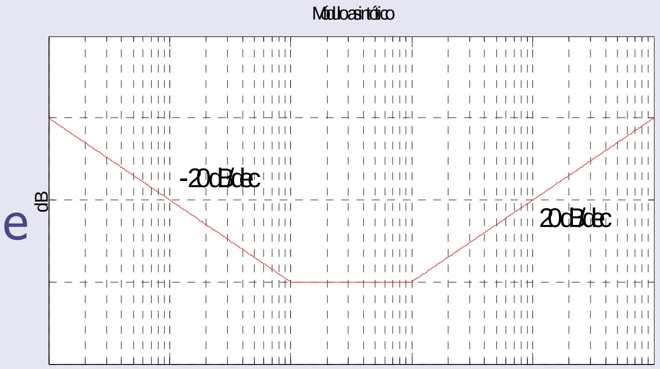
Control PI del depósito



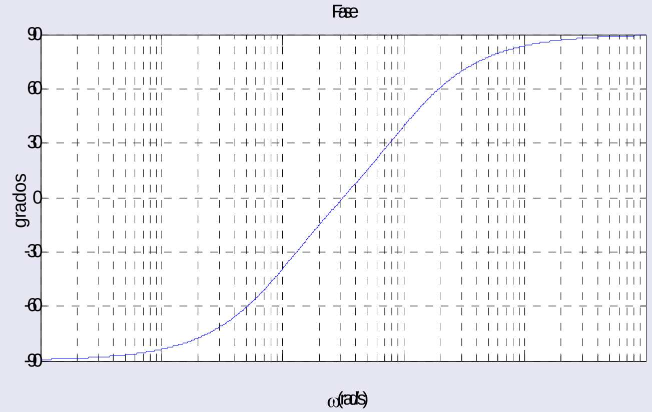


Controlador PID

- Toma las ventajas de los anteriores
  - I: Añade un polo al origen, cambiando el tipo del sistema (mejor Erp)
  - D: Reduce la SO en transitorio (aumento de fase)
  - P: Menor tiempo de subida



$$C(s) = K_c\left(1 + T_d s + \frac{1}{T_i s}\right) = K_c\,\frac{T_i T_d s^2 + T_i s + 1}{T_i s}$$



Controlador PID: diseño Método de Ziegler-Nichols en b.a.

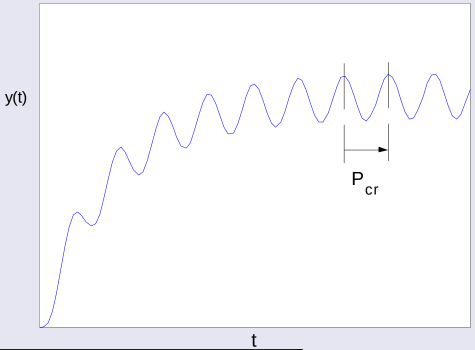
- Método experimental para sintonizar P, PI, PID en base a la respuesta temporal
- Se suele conseguir una SO del 25 % (primera aproximación)
- Útiles cuando no se tiene buen modelo de la planta
- PRIMER METODO: RESPUESTA ANTE ESCALON EN B.A
  - La salida se debe asemejar a una respuesta de primer orden de la forma:

$$\boxed{G(s) = \frac{K}{\tau s + 1} e^{-Ls}}$$

	Kp	T_i	T_d
P	τ/(KL)	∞	0
PI	0.9 τ /(KL)	3.33 L	0
PID	1.2 τ /(KL)	2 L	0.5 L

Controlador PID: diseño Método de Ziegler-Nichols en b.c.

- SEGUNDO MÉTODO: RESPUESTA ANTE ESCALON EN B.C
  - Anulamos acción integral (Ti=∞) y derivativo (Td=0), aumentando Kp desde O hasta Kcr, donde la salida presente oscilaciones mantenidas (GANANCIA CRíTICA)
  - Determinamos PERIODO CRÍTICO (Pcr=2п/wcr)
  - En Bode, Kcr=Mg, Pcr=2π/w180)



	Kp	T_i	T_d
P	0.5 Kcr	∞	0
PI	0.45 Kcr	0.833 Pcr	0
PID	0.6 Kcr	0.5 Pcr	0.125 Pcr