

Arquitecturas Basadas en el Comportamiento

Introducción a la Robótica Inteligente



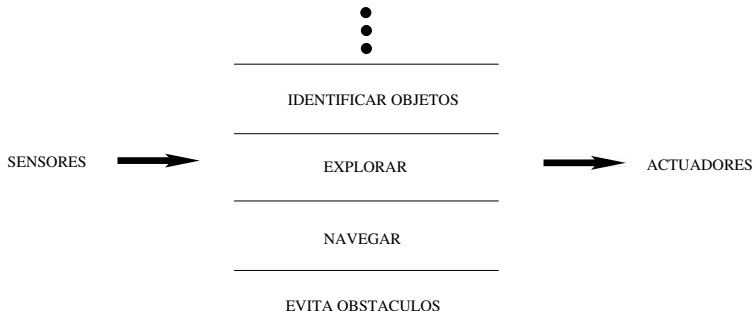
Álvaro Gutiérrez
7 de marzo de 2025

a.gutierrez@upm.es
www.robolabo.etsit.upm.es

- ❶ Introducción
- ❷ Arquitectura Subsunción
 - Ejemplos Brooks
 - Ejemplos IRSIM
- ❸ Esquemas Motores
 - Ejemplo Arkin
 - Ejemplos IRSIM
- ❹ Conclusiones

-
- 1 **Introducción**
 - 2 Arquitectura Subsunción
Ejemplos Brooks
Ejemplos IRSIM
 - 3 Esquemas Motores
Ejemplo Arkin
Ejemplos IRSIM
 - 4 Conclusiones

- ▶ 40's: Turing y von Newman
- ▶ 50's: Walter y Minsky
 - ▶ Walter -> Tortugas, Reactivos
 - ▶ Minsky -> Cognitivista, los programas
- ▶ 60's: Problemas del Cognitivismo
 - ▶ Problema del marco
 - ▶ Anclaje del símbolo
 - ▶ Homúnculo
- ▶ 70's: Conexionistas
- ▶ 80's: Basados en el comportamiento
 - ▶ Brooks
 - ▶ Arkin

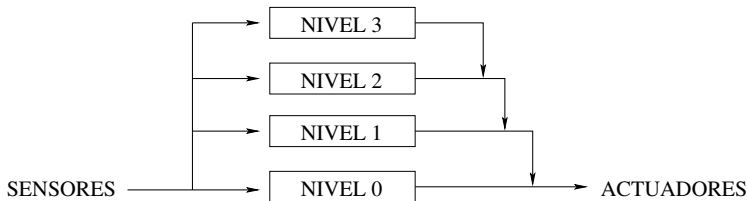


-
- 1 Introducción
 - 2 Arquitectura Subsunción**
Ejemplos Brooks
Ejemplos IRSIM
 - 3 Esquemas Motores
Ejemplo Arkin
Ejemplos IRSIM
 - 4 Conclusiones

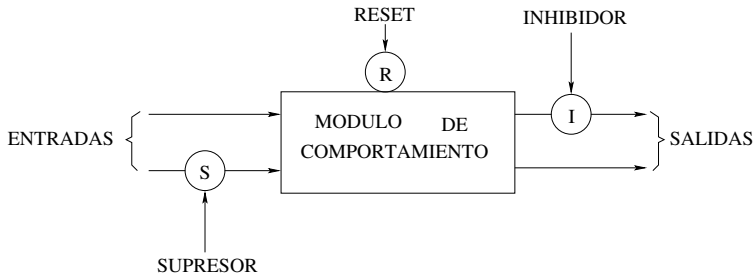
- ▶ Profesor e investigador en Standford y en el MIT
- ▶ Director del laboratorio de IA del MIT
- ▶ En los 80's Brooks se hizo preguntas con respecto a la IA clásica y la inteligencia en general.
 - ▶ Como tantos otros ingenieros y filósofos anteriormente.
- ▶ Su paternidad: **Arquitectura Subsunción**
- ▶ Su meta: Desarrollar criaturas artificiales capaces de habitar en el **mundo real** y no en un mundo simplificado/simulado
- ▶ Actualmente es empresario (iRobot)

► Niveles de competencia:

- Define los comportamientos deseados: Evitar Obstáculos, Explorar, traer comida,...
- Cada nivel se puede implementar independientemente
- Permite una gran escalabilidad
- Compuestos de varios módulos

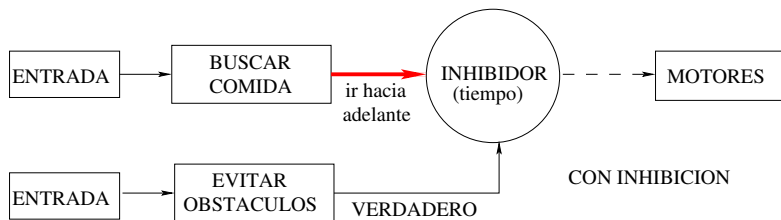
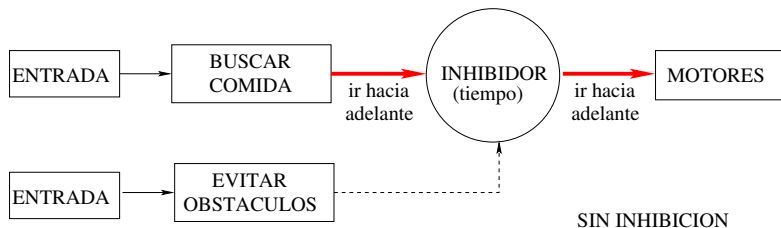


- **Módulos:** Son Máquinas de Estados Finitos Aumentadas

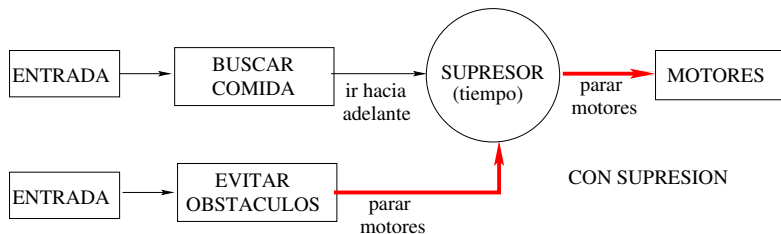
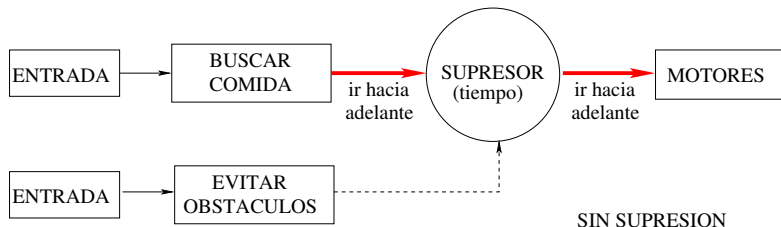


- ▶ Los aspectos más importantes son:
 - ▶ Las **salidas** son **funciones** sencillas de las **entradas** y variables locales
 - ▶ Las entradas/salidas se pueden inhibir/suprimir
 - ▶ Los módulos de los niveles de competencia superiores pueden inhibir a los inferiores
 - ▶ Los niveles de competencia inferiores siguen funcionando como si no existieran los niveles superiores

Subsunción - Inhibición

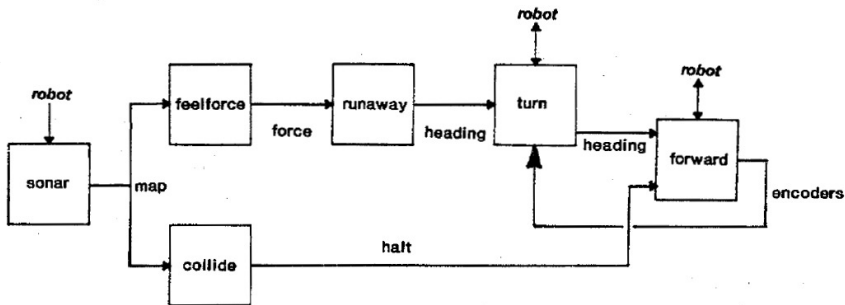


Subsunción - Supresión



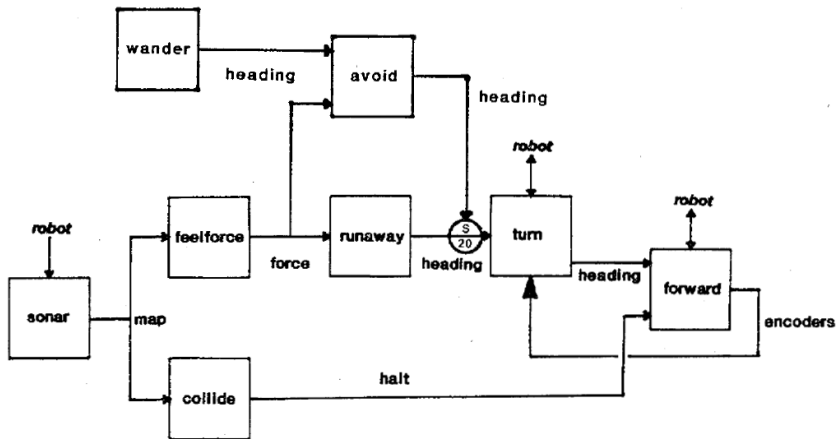
-
- 1 Introducción
 - 2 Arquitectura Subsunción**
Ejemplos Brooks
Ejemplos IRSIM
 - 3 Esquemas Motores
Ejemplo Arkin
Ejemplos IRSIM
 - 4 Conclusiones
-

Ejemplo 1 - Nivel 0

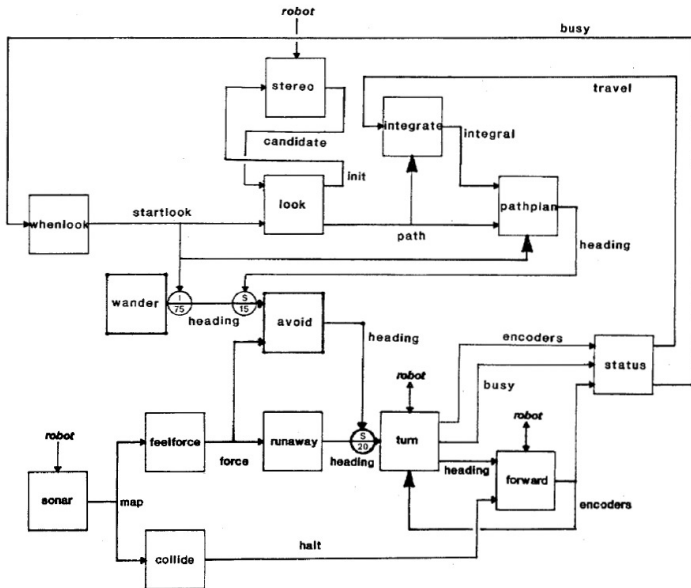


A Robust Layered Control System For a Mobile Robot
(R. A. Brooks 1986)

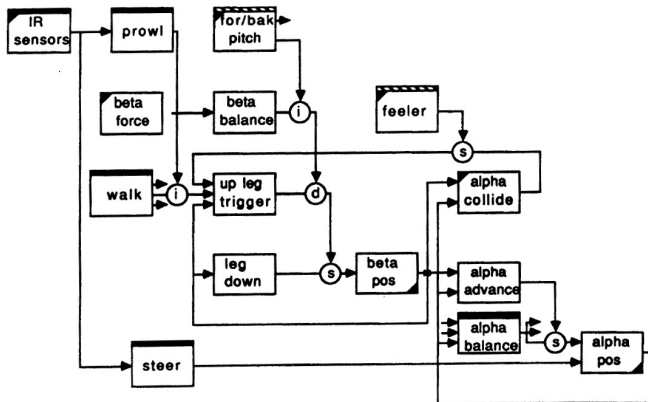
Ejemplo 1 - Nivel 0 y 1



Ejemplo 1 - Nivel 0, 1 y 2



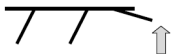
Ejemplo 2 - Genghis



- ▶ Robot de 6 patas
- ▶ Caminar
- ▶ 57 AFSMs

A Robot that Walks; Emergent Behaviors from a Carefully Evolved Network
(R. A. Brooks 1989)

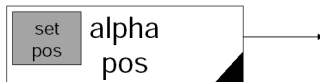
► Mantenerse de pie



beta pos
(balance)
up-down



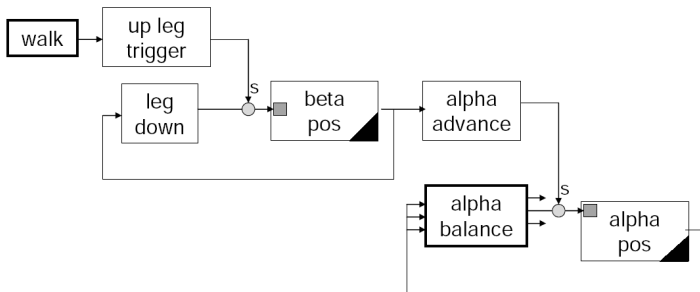
alpha pos
(advance)
back-forward



Ejemplo 2 - Genghis



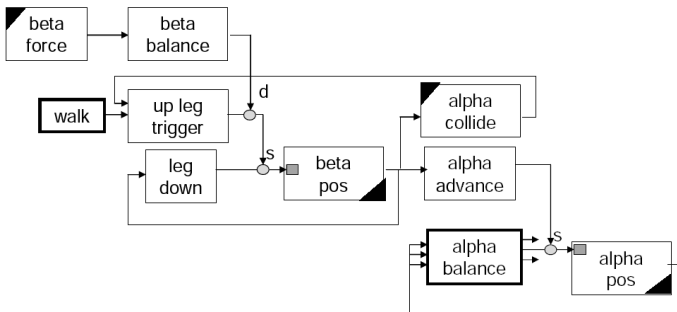
► Caminar en terreno plano



Ejemplo 2 - Genghis



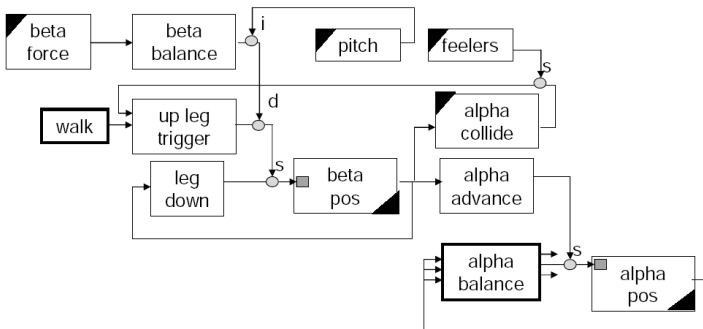
- Caminar en terreno accidentado (Detección de choque)

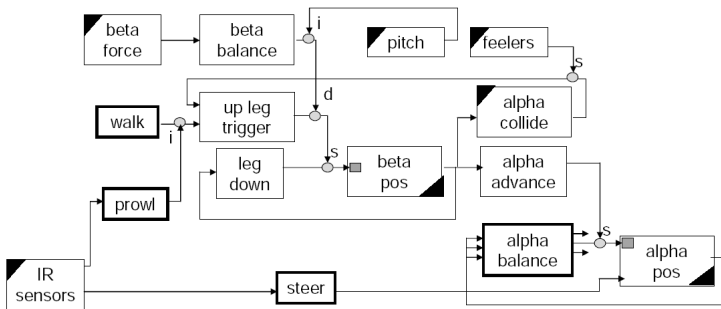


Ejemplo 2 - Genghis

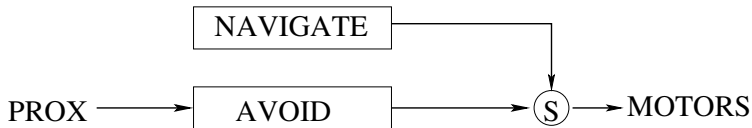


- Caminar en terreno accidentado (Detección de obstáculos)



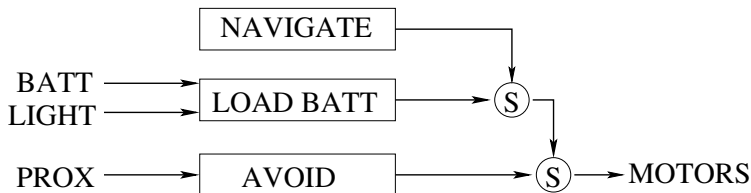


-
- 1 Introducción
 - 2 Arquitectura Subsunción**
 - Ejemplos Brooks
 - Ejemplos IRSIM
 - 3 Esquemas Motores
 - Ejemplo Arkin
 - Ejemplos IRSIM
 - 4 Conclusiones
-



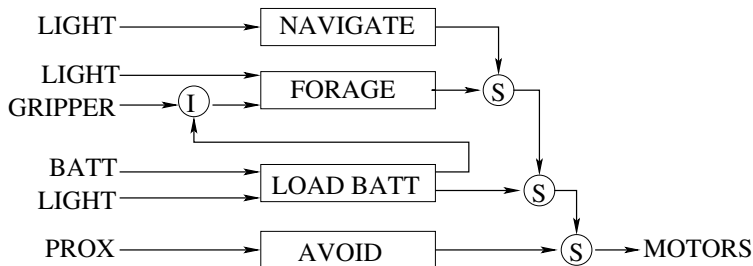
subsumptionlightcontroller, paramFileSubsumptionLight

Ejemplo 2 - IRSIM



subsumptionlightcontroller, paramFileSubsumptionLight

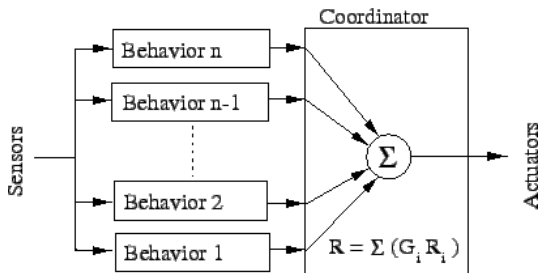
Ejemplo 3 - IRSIM



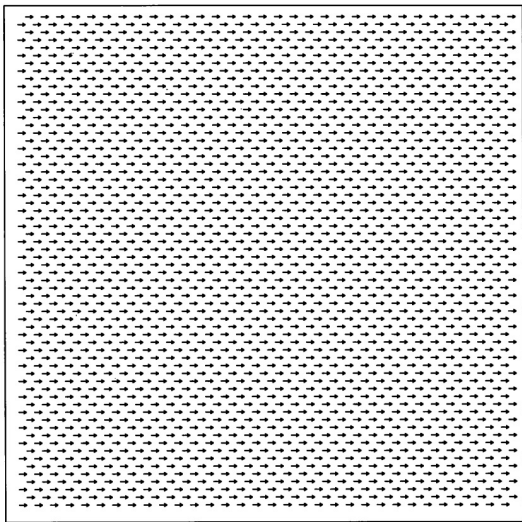
subsumptiongarbagecontroller, paramFileSubsumptionGarbage

-
- 1 Introducción
 - 2 Arquitectura Subsunción
Ejemplos Brooks
Ejemplos IRSIM
 - 3 Esquemas Motores**
Ejemplo Arkin
Ejemplos IRSIM
 - 4 Conclusiones
-

- ▶ Profesor e investigador en Georgia Institute of Technology
- ▶ Director del Mobile Robot Laboratory (Georgia Tech)
- ▶ Su paternidad: **Esquemas Motores**
- ▶ Su meta: Permitir coordinación de comportamientos inspirados en la biología

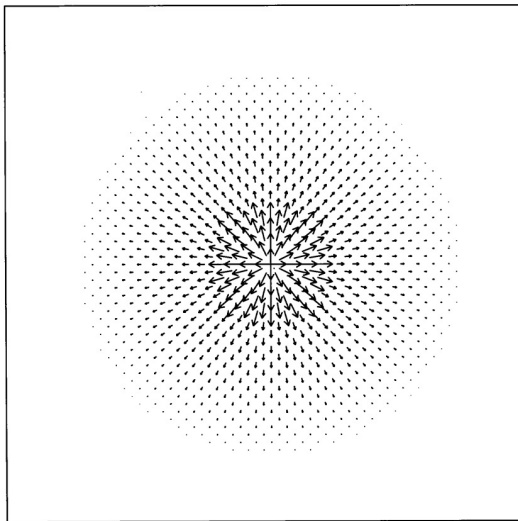


-
- 1 Introducción
 - 2 Arquitectura Subsunción
Ejemplos Brooks
Ejemplos IRSIM
 - 3 Esquemas Motores**
Ejemplo Arkin
Ejemplos IRSIM
 - 4 Conclusiones

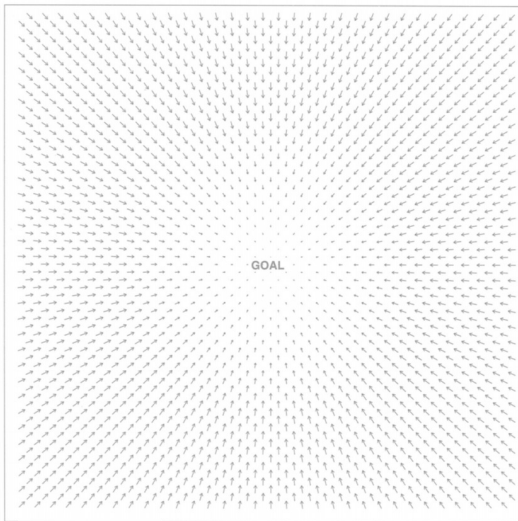


Motor Schema Based Navigation For a Mobile Robot
(R. C. Arkin 1987)

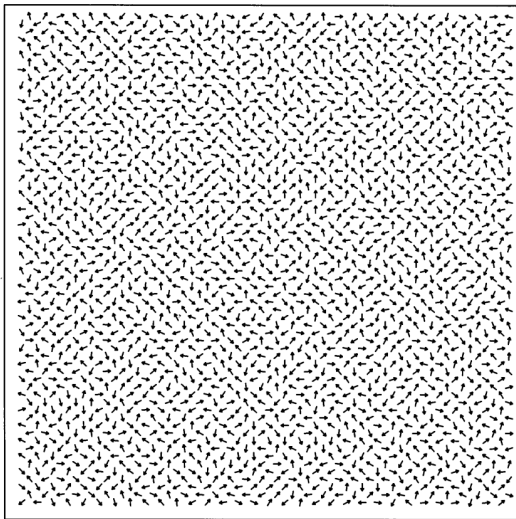
Ejemplo 1 - Evitar Obstáculo



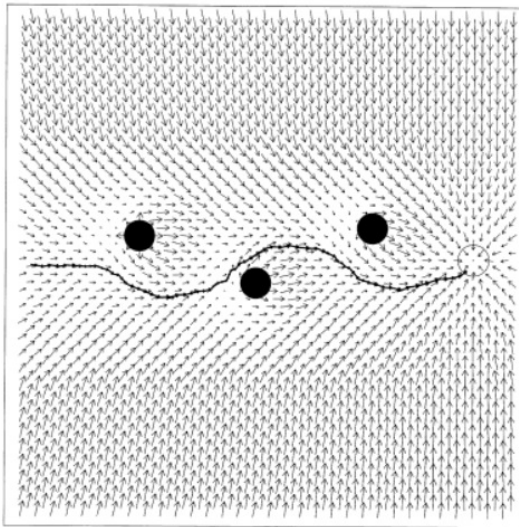
Ejemplo 1 - Objetivo



Ejemplo 1 - Ruido

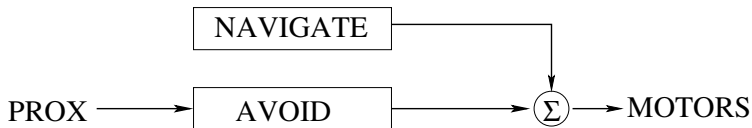


Ejemplo 1 - Motor Schema



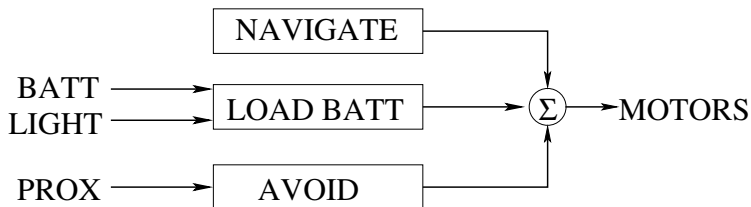
- 1 Introducción
 - 2 Arquitectura Subsunción
 - Ejemplos Brooks
 - Ejemplos IRSIM
 - 3 Esquemas Motores**
 - Ejemplo Arkin
 - Ejemplos IRSIM
 - 4 Conclusiones
-

Ejemplo 1 - IRSIM



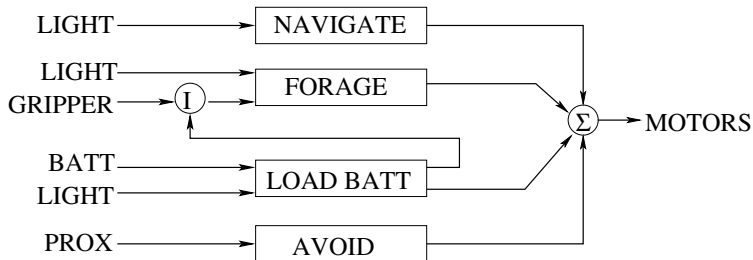
motorSchemas1controller, motorSchemas1Param

Ejemplo 2 - IRSIM



motorSchemas1controller, motorSchemas1Param

Ejemplo 3 - IRSIM



motorSchemas2controller, motorSchemas2Param

-
- 1 Introducción
 - 2 Arquitectura Subsunción
Ejemplos Brooks
Ejemplos IRSIM
 - 3 Esquemas Motores
Ejemplo Arkin
Ejemplos IRSIM
 - 4 Conclusiones**

- ▶ **Técnicas** de diseño **ingenieriles** sobre principios cognitivos
- ▶ **División** en niveles de competencias
- ▶ Cada nivel recibe **información sensorial** del mundo y actúa sobre el mismo
- ▶ Cada capa es completamente **autónoma**
- ▶ Criticada por su poca relación con el diseño de sistemas inteligentes
- ▶ Sin embargo:
 - ▶ Realiza una **descomposición funcional**: No pregunta como procesar información sensorial sino como acoplarla a los actuadores
 - ▶ Está ligada al concepto de **corporeizado**
 - ▶ Es **distribuida**
 - ▶ Combina el diseño de robots con principios evolutivos

- ▶ ¿Es posible implementar **comportamientos complejos**?
- ▶ ¿Es una **evolución**?
- ▶ ¿Capacidad de **aprendizaje**?
- ▶ ¿Serán necesarias **representaciones**?

- ▶ R. Pfeifer and C. Scheier. **Understanding Intelligence**. The MIT Press, Cambridge, MA. (2001)
- ▶ R. A. Brooks. **A Robust Layer Control System For A Mobile Robot**. IEEE Journal of Robotics and Automation, RA-2(1), pp. 14-13. (1986)
- ▶ R. A. Brooks. **A Robot that Walks; Emergent Behaviors from a Carefully Evolved Network**. Neural Computation, 1(2), pp. 253-262, (1989)
- ▶ R. C. Arkin. **Behavior-Based Robotics**. The MIT Press, Cambridge, MA (1998)

GRACIAS!!

GRACIAS!!