

Robótica



Prof. Reinaldo Bianchi
Centro Universitário FEI
2016

1a. Aula



Parte A



Introdução IECAT

- Objetivo:
 - Capacitar o aluno a trabalhar com diversos tipos de sistemas robóticos.
- Disciplina em 18 aulas.
- Disciplina dividida em 2 partes:
 - Manipuladores Robóticos.
 - Robôs Móveis.



Avaliação IECAT

- Duas provas escritas e individuais no meio e no fim do curso (com consulta).
- +
- Participação nas experiências de Laboratório.



Programa

- Teoria de Manipuladores:
 - Introdução, Histórico e Aplicações
 - Atuadores e Sensores
 - Cinemática de Manipuladores
 - Estática e Dinâmica de Manipuladores
 - Planejamento de trajetória e Projeto mecânico dos manipuladores
 - Controle de Manipuladores
- Prova 1
- Programação de Robôs Manipuladores
 - Exercícios
- Robótica Móvel
 - Introdução, Histórico e aplicações
 - Cinemática de Robôs Móveis
 - Controle de Robôs Móveis
- Programação de Robôs Móveis
 - Exercícios
- Prova 2



Bibliografia

- Craig, J.J. **Introduction to Robotics**. 3rd. Edition, Pearson, 2005.
- Keramas, James G. **Robot Technology Fundamentals**. Delmar Publisher, 1999.
- Siegwart, R. **Introduction to Autonomous Mobile Robots**, 2001.
- Nehmzow, U. **Mobile Robotics**. Springer, 2000.
- E outros...



Objetivos desta aula

- Apresentar os conceitos básicos de Robótica:
 - Introdução.
 - Histórico.
 - Definições Básicas.
 - Áreas de Aplicação.
- Aula de hoje: capítulos 1, 2, 3 e 4 do Keramas.

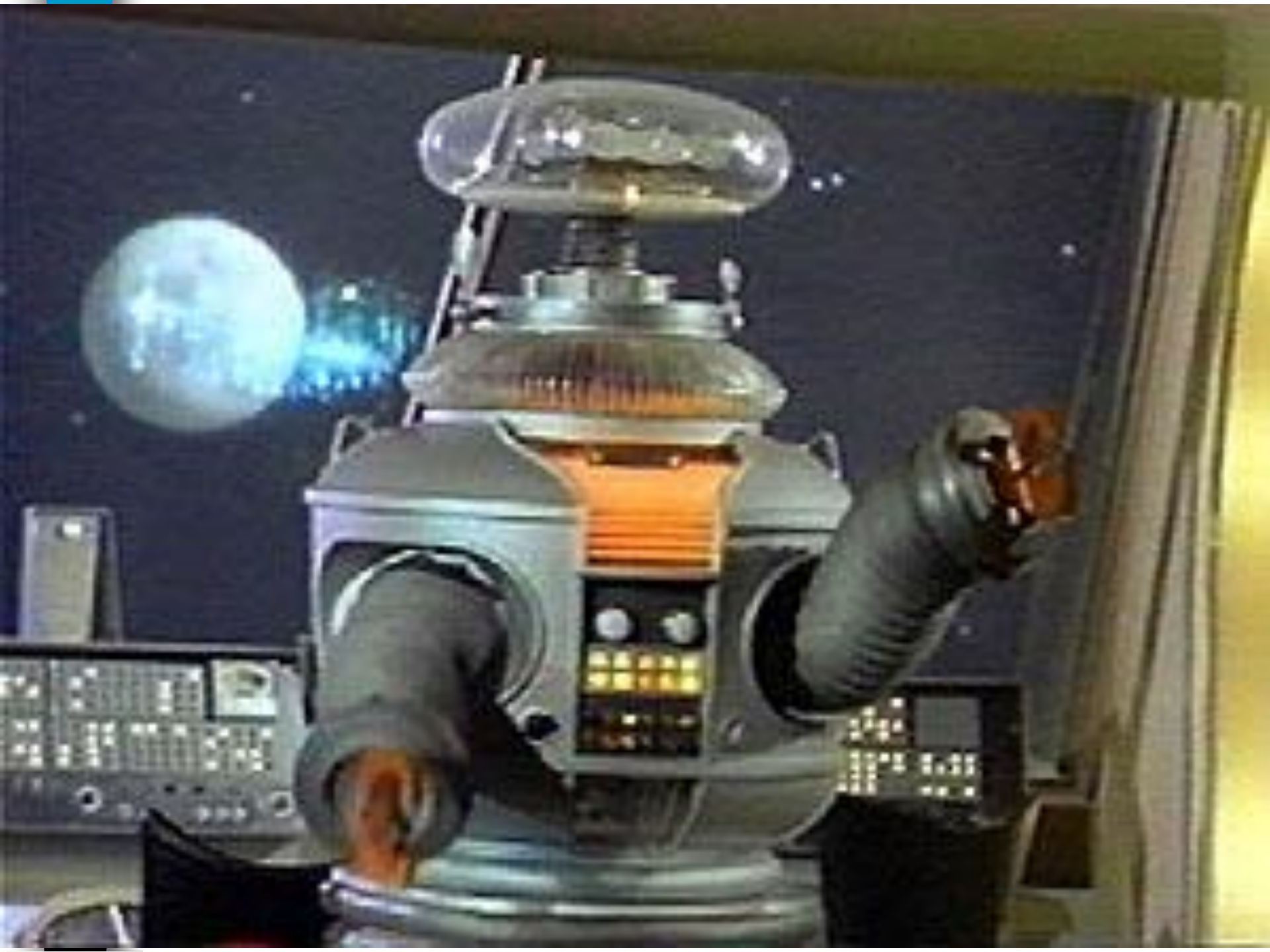


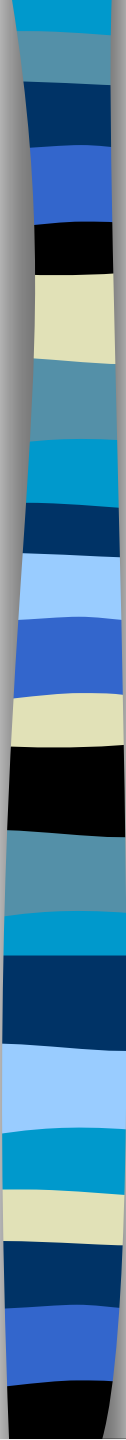
Discussão

- O que vocês tem na imaginação quando se fala de Robôs?
- ...

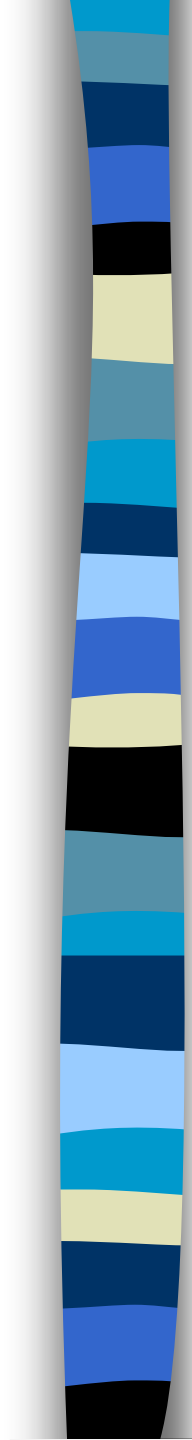




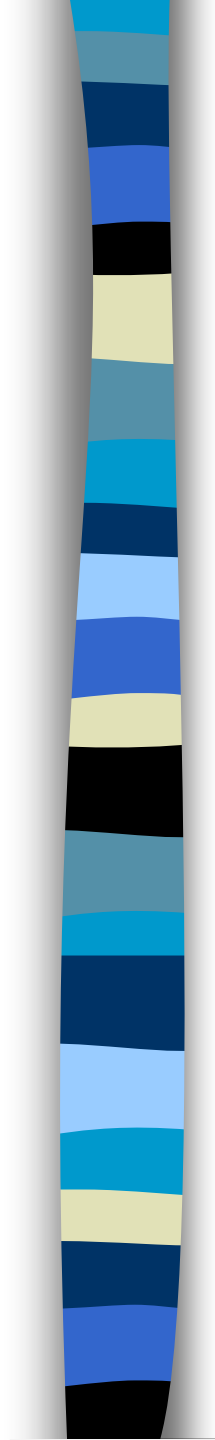


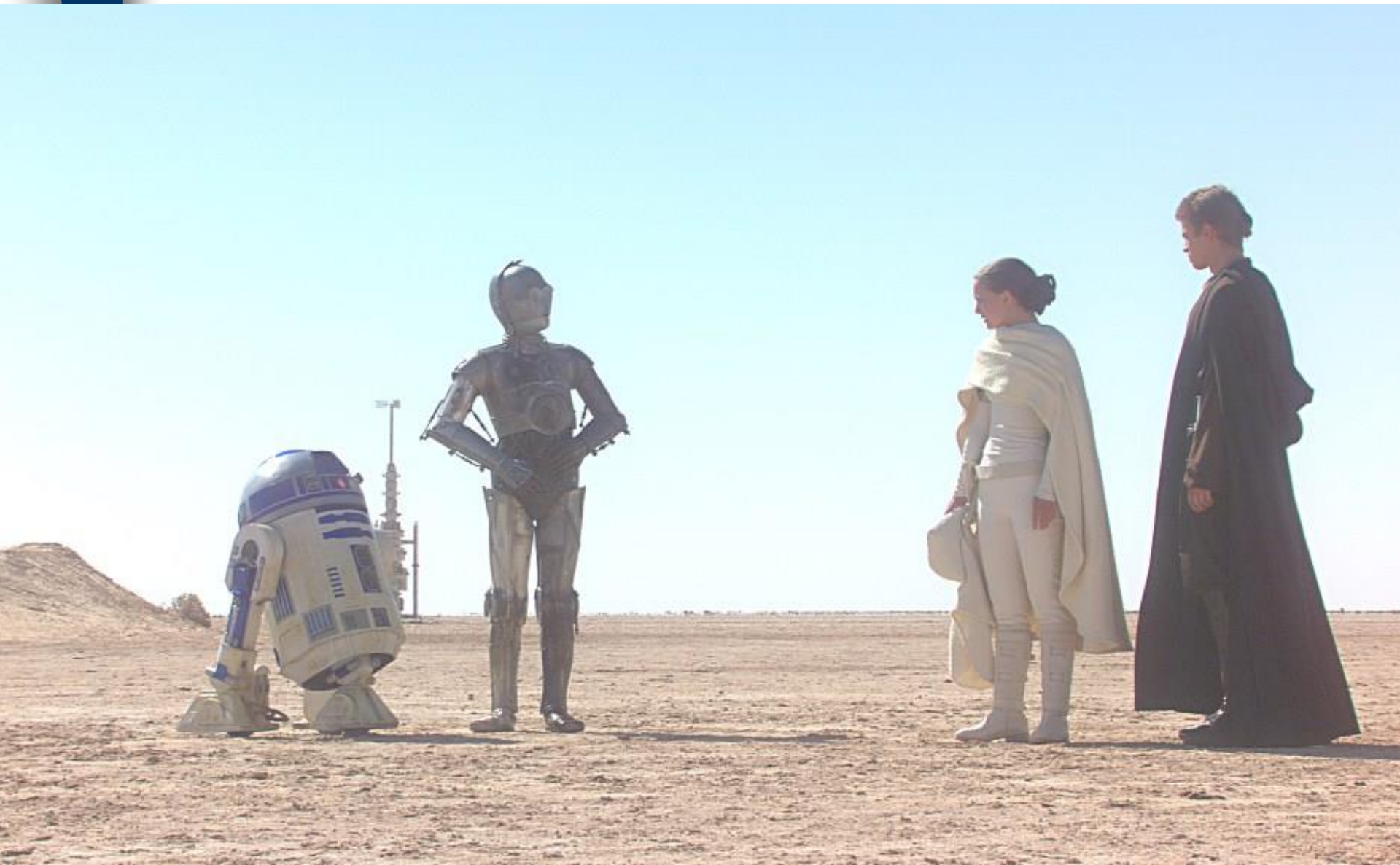






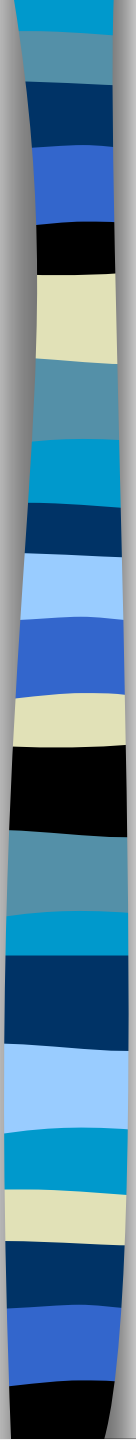












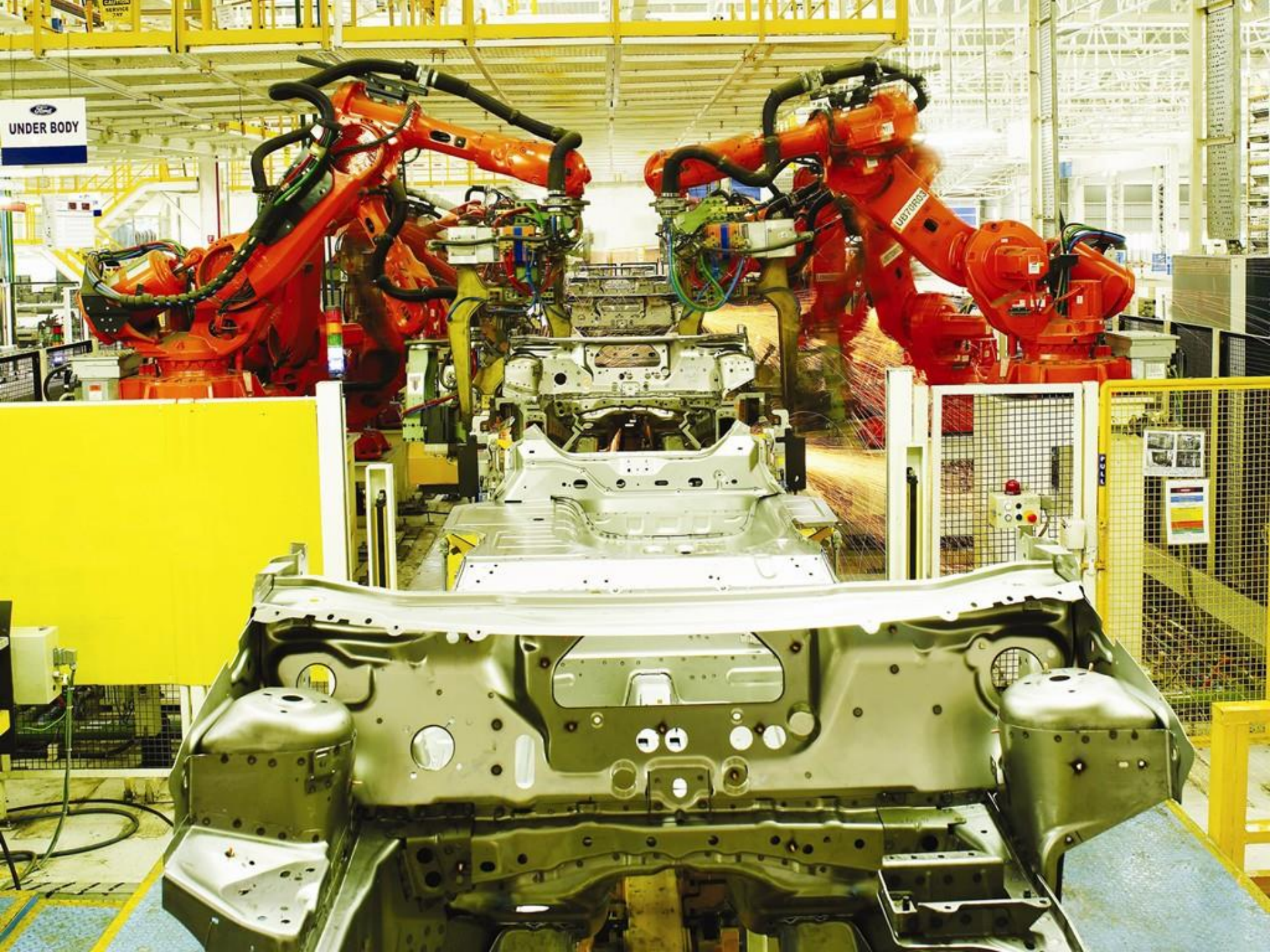




Os mais pé no chão...

- Os mais pé no chão vão pensar em algo assim...

Ford
UNDER BODY







NA8.5 C 9

NA8.5 C 9



Definição de Robô:

- Definições modernas (dicionário Houaiss):
 - Máquina, autômato de aspecto humano, capaz de se movimentar e de agir.
 - Mecanismo comandado por controle automático.
 - Mecanismo automático que efetua operações repetitivas.



Robô - Definições

- The Robot Institute of America (1979) :
 - "A reprogrammable, multifunctional manipulator designed to move materials, parts, tools, or specialized devices through various programmed motions for the performance of a variety of tasks"
- Webster (1983):
 - "An automatic device that performs functions normally ascribed to humans or a machine in the form of a human"



Robô - Definição ISO

- ISO (1998):

- “A machine formed by a mechanism, including several degrees of freedom, often having the appearance of one or several arms ending in a wrist capable of holding a tool, a workpiece or an inspection device”.



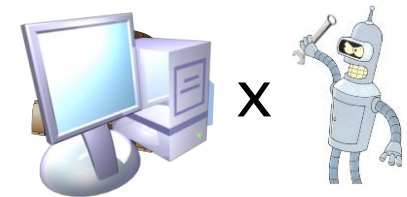
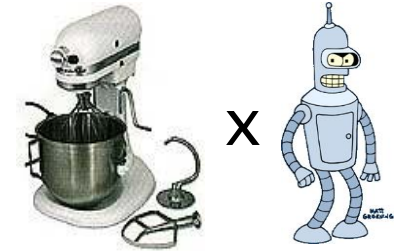
Robô - Definição ISO

- ISO 9283 (1998)

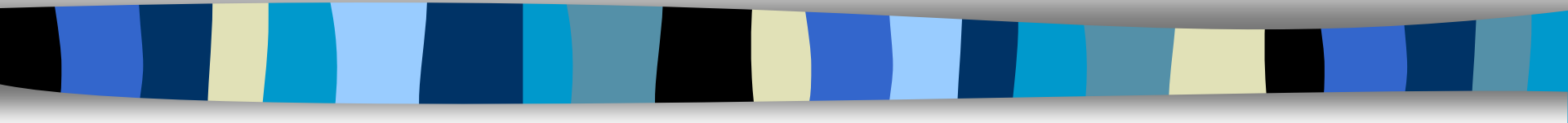
- Visa facilitar o entendimento entre usuários e fabricantes de robôs e sistemas robóticos.
- Define as principais características de funcionamento.
- Descreve como devem ser especificados.
- Recomenda como realizar 14 testes para verificar se o robô obedece a especificação.

O que exatamente é um robô?

- Não é um mero utensílio automatizado (batedeira)
- Não é uma simples máquina que repete operações (máquina de lavar)
- Não é um simples processador de informações (computador)



Uma Breve História da Robótica





História da Robótica

- Robôs não mecânicos sempre existiram no imaginário humano.
- Máquinas que realizam tarefas repetitivas existem desde III A.C.
- A idade média é cheia de relatos de autômatos mecânicos.
- Robôs mecânicos existem na ficção desde o início do século XX.
- Robôs industriais: a partir de 1960.



Pré-História – 230 a.C.

- O inventor grego Ctesibius (Κτησίβιος) criou diversos equipamentos baseados em água:
 - Um órgão hidráulico precursor do órgão moderno,
 - Clepsidras, ou relógios de água, com ponteiros, sinos e figuras que se moviam.
- Seus relógios foram os mais precisos até a invenção dos relógios com pêndulos, no século XVII.
- É chamado “o pai da pneumática”.

*Augusta
Stylianou*



[http://www.mlahanas.de/Greeks/Technology/An
cientGreekTechnology002.html](http://www.mlahanas.de/Greeks/Technology/AncientGreekTechnology002.html)



Pré-História – 1206 d.C.

- Al-Jazari, um engenheiro árabe, completou um texto intitulado “O Livro do Conhecimento dos Dispositivos Mecânicos Engenhosos, ou FI ma'rifat Kitáb al-hiyal handasiyya-al.
- Al-Jazari forneceu informações esquemáticas e desenhos detalhados de vários tipos de aparelhos automáticos, incluindo robôs.



Pré-História – 1206 d.C.

- Um dos dispositivos mais notáveis descritos foi o primeiro humanoide, como robôs programáveis.
- Este dispositivo consistia de um barco com quatro músicos robótico.
 - O barco flutuando em um lago, para proporcionar diversão para os hóspedes reais em festas.

Pré-História – 1206 d.C.



De acordo com Charles B. Fowler, os autômatos eram uma "banda de robô", que executava "mais de cinquenta ações faciais e corporais, durante cada seleção musical."



Pré-História – 1495 d.C.

- Leonardo Da Vinci projetou e construiu o primeiro robô humanóide na civilização ocidental:
 - Foi projetado para parecer com um cavaleiro contemporâneo.
 - Ele usava uma armadura completa, incluindo um capacete, e movia-se como um ser humano.
 - Carregava uma espada.

Pré-História – 1495 d.C.



Podia realizar as seguintes ações: mover seus braços, andar, sentar e deitar.



Pré-História - 1774

- 1768-1774: Inventores suíços Pierre e Henri-Louis Jacquet-Droz (pai e filho) criaram diversos autômatos, entre eles:
 - The Writer: um garoto que escrevia uma mensagem de até 40 caracteres (6000 peças)
 - The Musician: uma mulher que tocava piano (2500 peças).
 - The Draughtsmen (2000 peças): realiza 4 desenhos.
- Máquinas mecânicas programáveis.





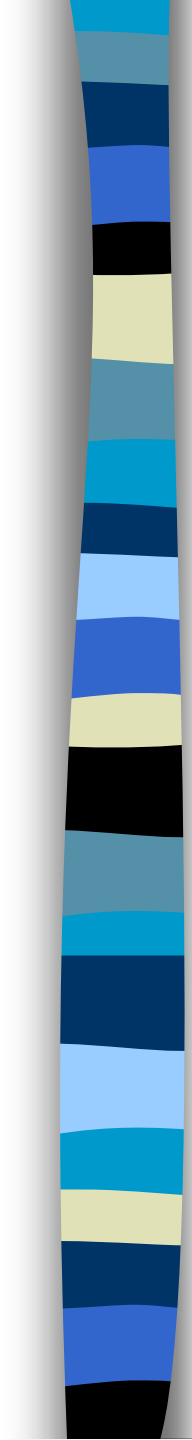
Pré-História - 1774

- Eram vendidos a reis e imperadores.
- Considerados ancestrais dos computadores modernos:
 - The Writer has an input device to set tabs that form a programmable memory, 40 cams that represents the read only program, and a quill pen for output.
- Ainda estão em funcionamento e podem ser vistos no Musée d'Art et d'Histoire de Neuchâtel, na Suíça.



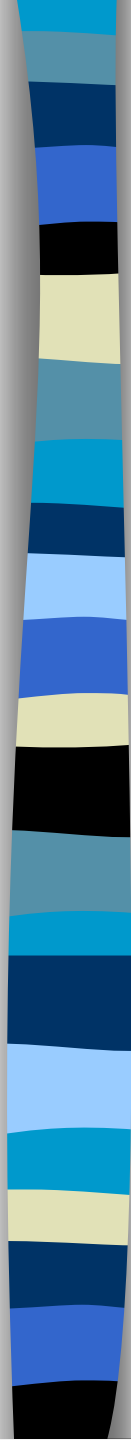
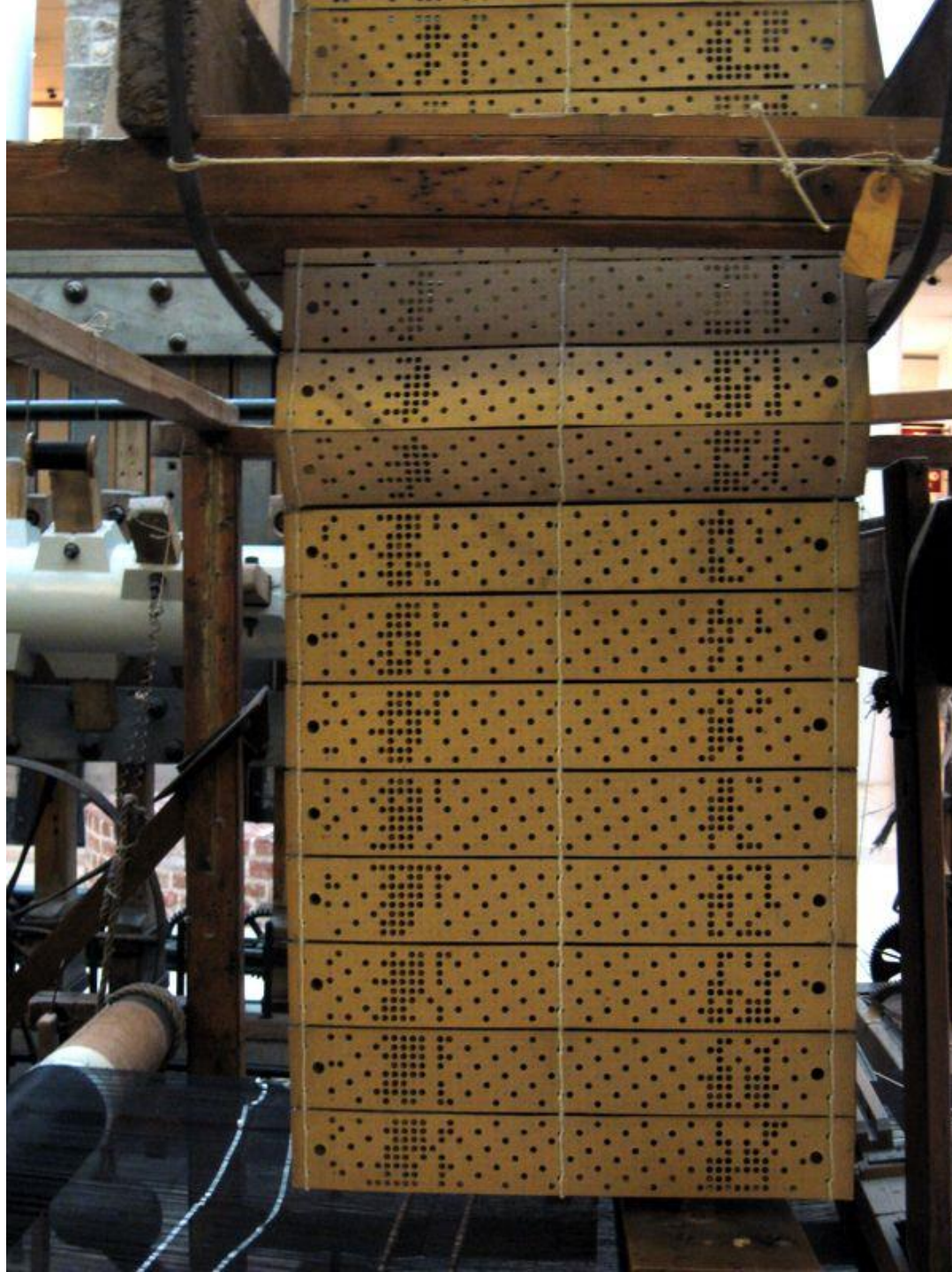
Pré-História - 1801

- 1801: Invenção do Tear mecanizado por Joseph Marie Jacquard:
 - Produzia tecidos com padrões diferentes.
 - Foi a primeira máquina a usar cartões perfurados para controlar uma sequencia de operações.
 - Era “programado” por cartões perfurados, que depois foram usados nos primeiros computadores.



en.wikipedia.org/wiki/Jacquard_loom

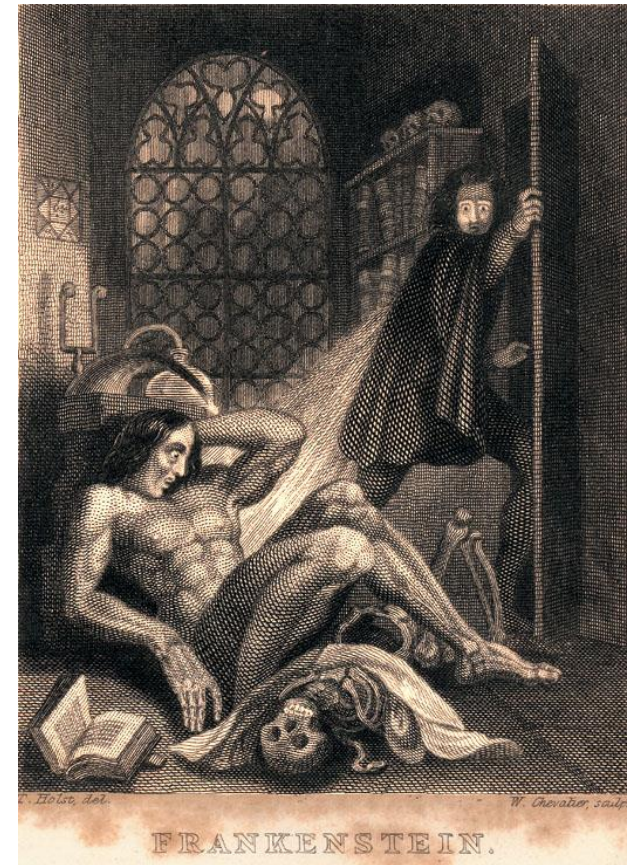






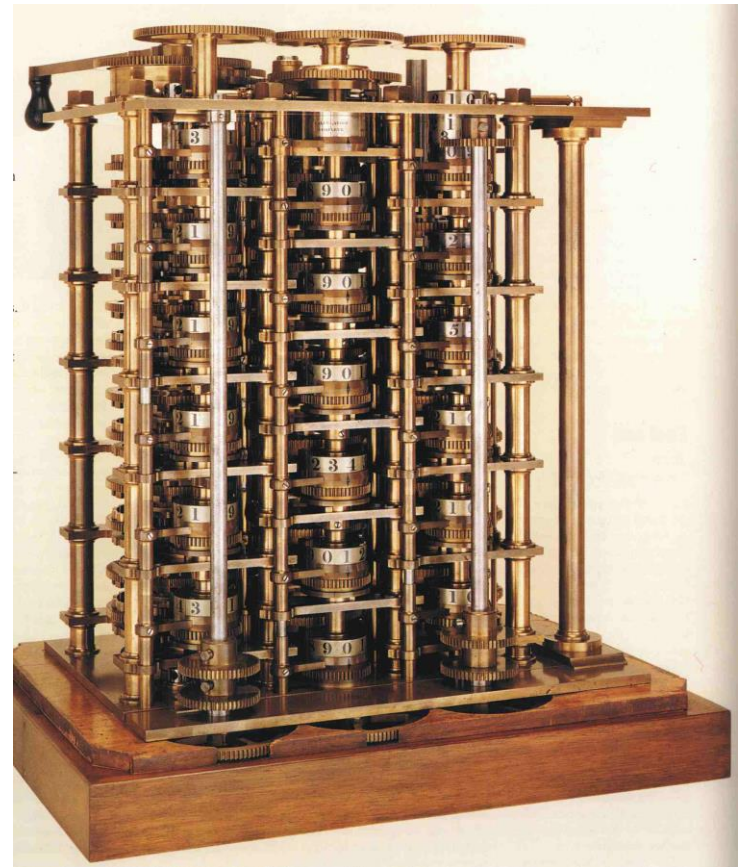
Pré-História - 1818

- Mary Shelley's
Escreve o romance
Frankenstein.
- O Monstro é um
“robô”, andróide,
construído com
“peças” orgânicas...



Pré-História - 1832

- 1832: Charles Babbage cria o primeiro computador de uso geral, utilizando apenas partes mecânicas.
- Máquina Diferencial era programável.





Pré-História

- 1830: O primeiro torno automatizado é criado pelo americano Christopher Spencer.
- 1892: Stewart Babbitt cria um guindaste motorizado com uma garra usada para remover os lingotes de ferro de uma fornalha.



Pré-História – 1850

- Criado por Tanaka Hisashige o Menino Arqueiro é um autômato que atirava uma flexa em um alvo.
- A figura mecanizada utiliza jogo de luz sobre o rosto de porcelana para criar expressões faciais em resposta ao resultado.
- Tanaka Hisashige é o fundador da Toshiba.

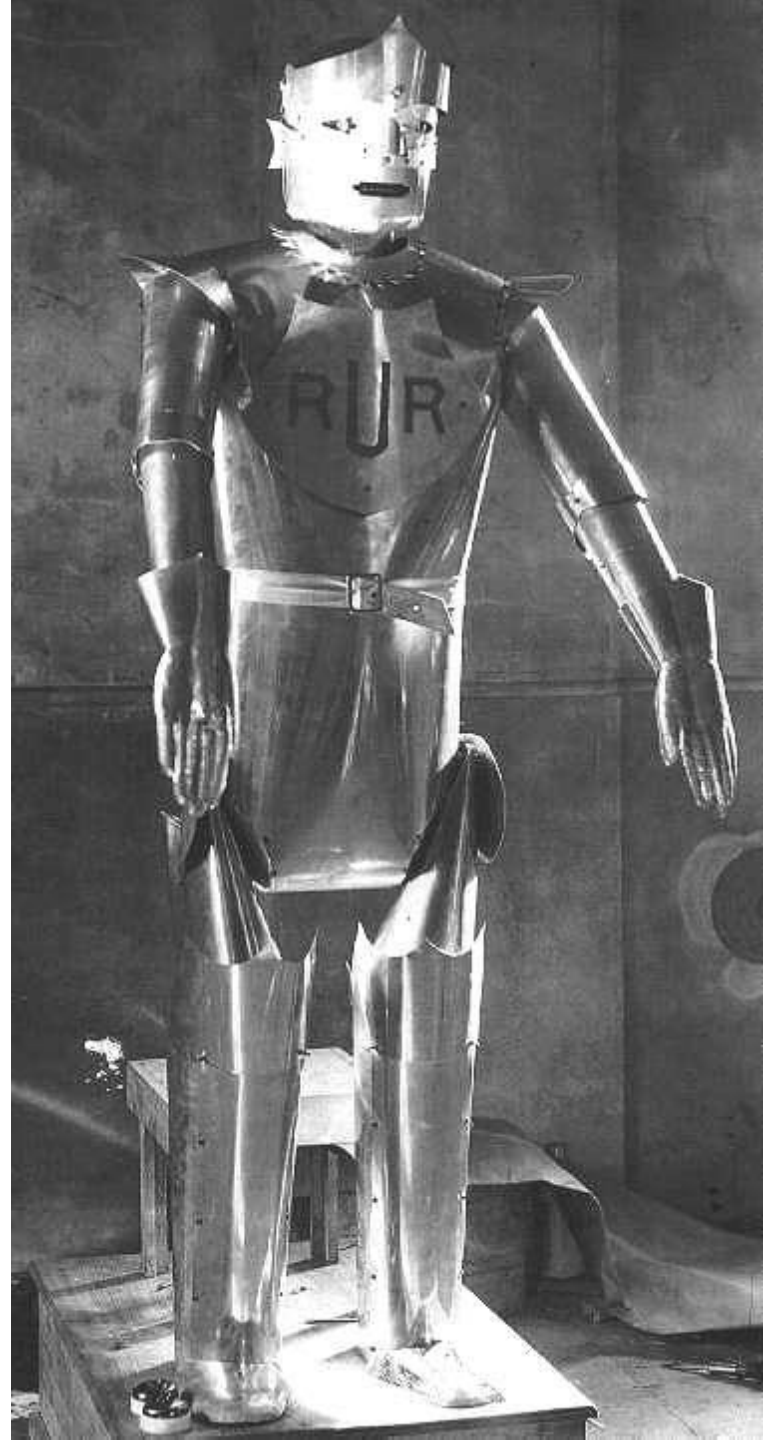




Robô (1921)

- O termo Robô surge na peça "R.U.R.", do escritor checo Karel Capek.
- “Robô vem do termo checo “robota”, que significa trabalho forçado.
- Os Robôs eram escravos, criados para satisfazer a vontade dos homens.
- Não eram mecânicos, mas criados por “engenharia genética”.
- Capek morre em 1938, delcarado inimigo público numero 2 pela Gestapo...

Robô da
Peça R.U.R.
de Capec
(1921)



Metrópolis (1926)

- O filme mudo de Fritz Lang tem como personagem principal a robô fêmea *Robotrix*, a cópia de uma líder trabalhista.
- Criada para oprimir os trabalhadores...



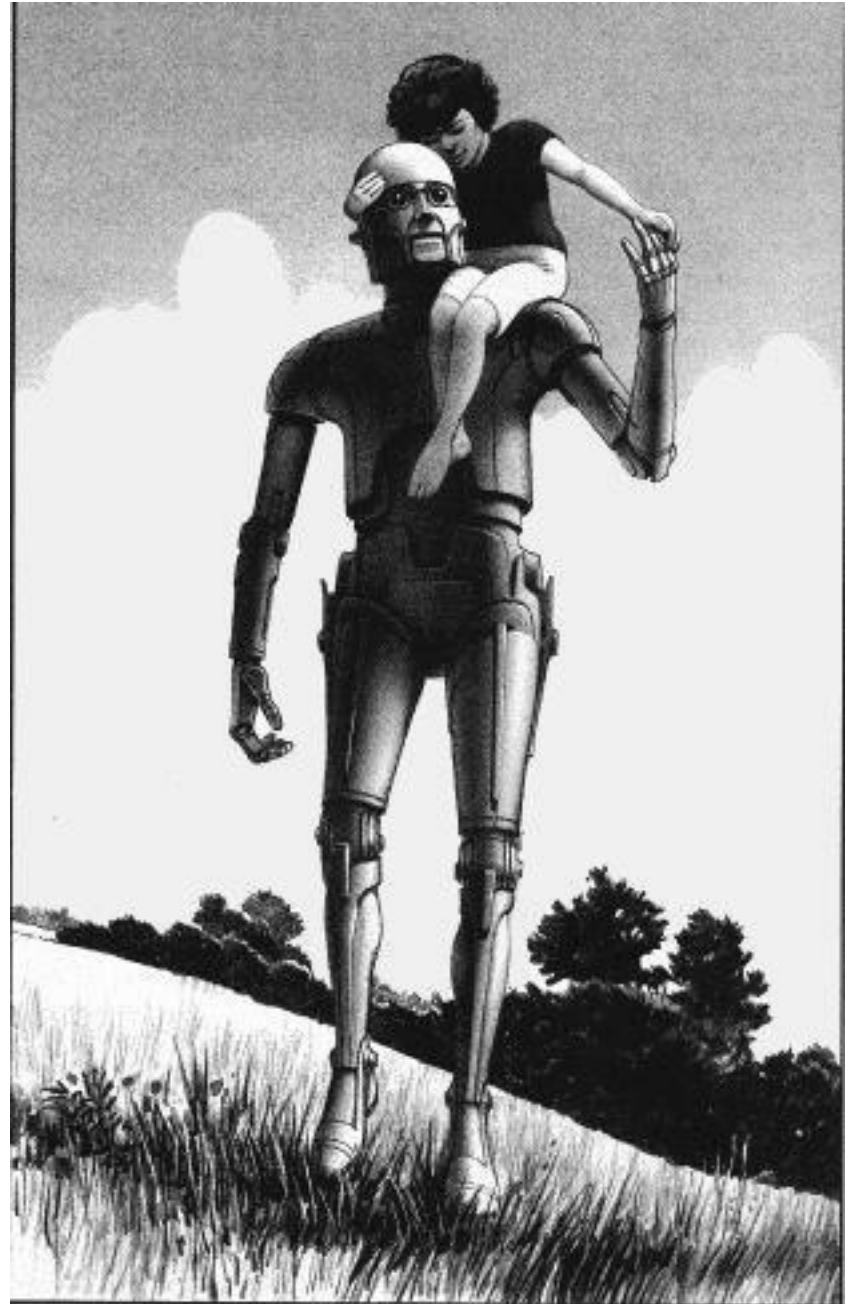




Complexo de Frankenstein

- Até esta época autores tinham complexo de Frankenstein.
- Asimov mudou isso:
 - Robbie (1940): A primeira história com um personagem robô, uma babá que salva uma criança.
 - Liar (1941): Esta história introduz a primeira psicóloga de robôs, a Dra. Susan Calvin.

Asimov's Robbie (1940)





Robótica (1942)

- O termo “Robótica” surge na história “Rundarround”, também de Asimov (1942).
 - Tem o sentido da ciência que estuda a construção de robôs.
- As histórias de Asimov foram coletadas no livro “Eu, Robô”. Elas também introduziram:
 - As três leis da Robótica.



As três leis da Robótica (1942)

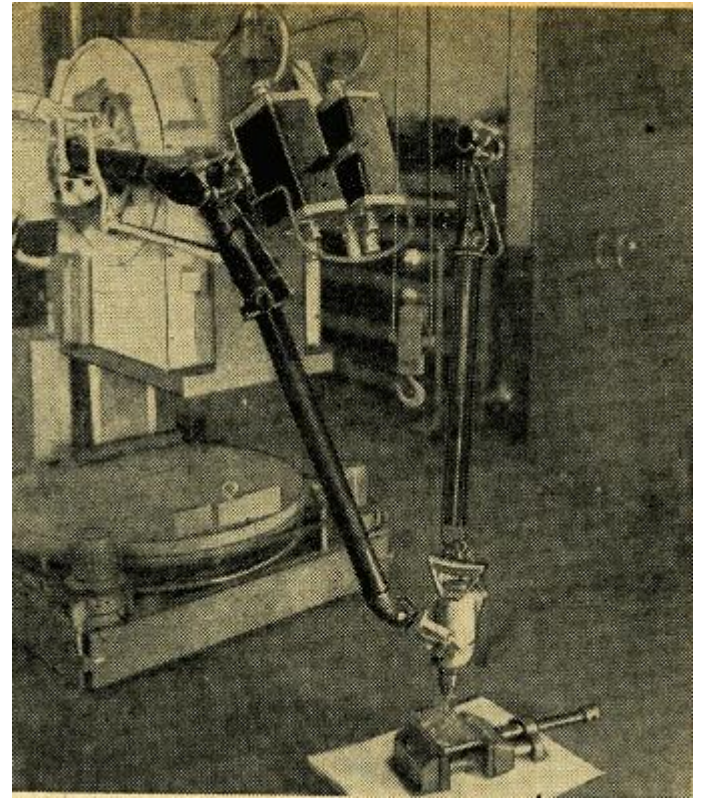
1. A robot may not injure a human being or, through inaction, allow a human being to come to harm.
 2. A robot must obey the orders given it by human beings except where such orders would conflict with the First Law.
 3. A robot must protect its own existence as long as such protection does not conflict with the First or second Laws.
- A implementação destas leis ainda estão além da nossa capacidade tecnológica



Da ficção á realidade: Anos 40

- No final da década de 40 e início da de 50 são iniciadas as primeiras pesquisas com robôs reais.
- 1947: Impulsionados pelo programa da bomba atômica, o Laboratório Nacional em Argonne desenvolve o primeiro manipulador robótico tele-operado:
 - Manipulação de material radioativo.

O primeiro robô teleoperado





O primeiro robô teleoperado

- Argonne National Laboratory scientists are able to perform by remote control virtually any operation which human hands can do and yet be protected from harmful radiation by intervening three-foot shielding walls of concrete and glass.
- The Argonne manipulator consists of two master handles (outside the shielded "cave") and two mechanical hands (inside the shielded "cave") "slaved" to the master handles, displaced from them by about six to eight feet, but moving in exact synchronization with them.

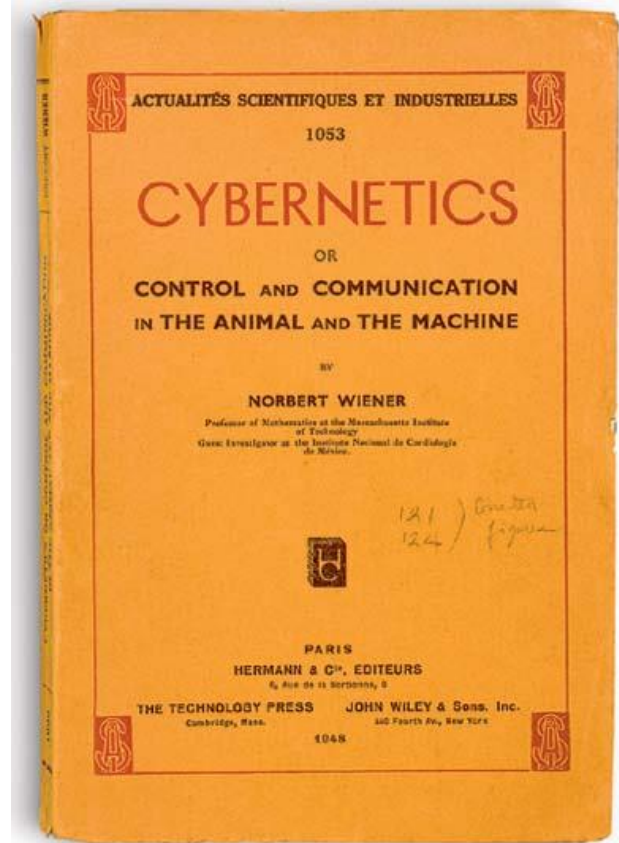


Da ficção á realidade: Anos 40

- 1948: É adicionado um sensor de força ao robô do Laboratório Nacional em Argonne.
- 1951: É desenvolvido o primeiro manipulador articulado tele-operado, pela Comissão de Energia Atômica Francesa.

1948

- 1948: N Robert Wiener publica o livro “Cybernetics”:
 - Define as principais idéias sobre controle e comunicação em sistema mecânicos e animais.
 - Visualizou que a informação como uma quantidade era tão importante quanto a energia ou a matéria.





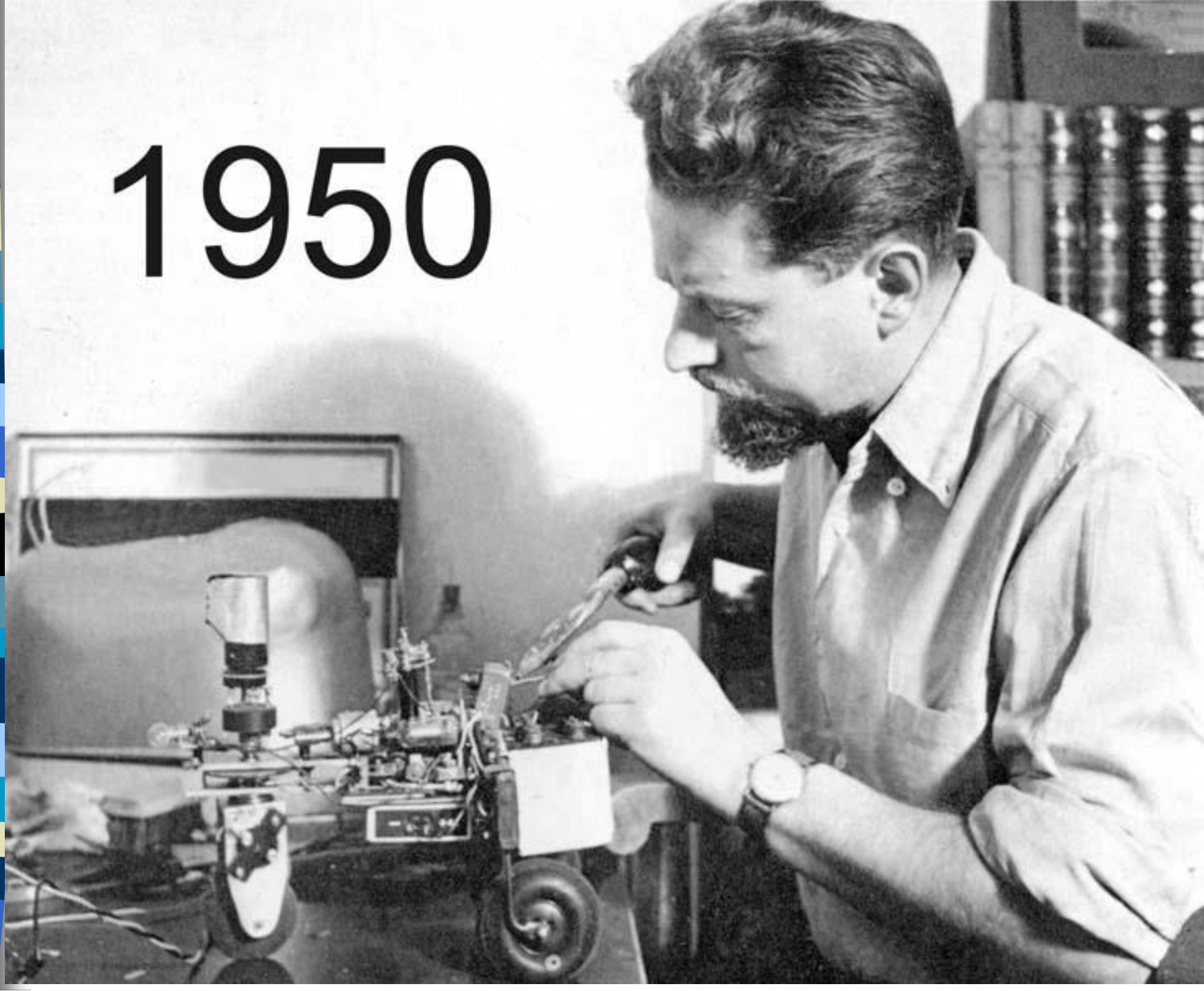
Grey Walter Tortoises (1949-1950)

- Grey Walter cria “tartarugas robóticas”.
- Possuindo uma fotocélula, dois motores e controladas por válvulas, estes robôs exibiam um comportamento semelhante ao de seres vivos.
- Procuravam fontes de luz e dançavam em volta delas até que suas baterias se acabassem.
- Inteligência “bacterial”...

Elsie the Tortoise (1949-1950)



1950





1954

- George Devol cria o termo Universal Automation e inicia o desenvolvimento de robôs programáveis.
- Devol pede a patente de uma “máquina de transferência programável”.
- Ainda em 1954: junto com Joseph Engelberger, Devol cria a Unimation:
 - A primeira indústria a produzir robôs comerciais.

Isaac Asimov e Joe Engleberger





1956 – AI is born

- John McCarthy, do MIT, cria o termo “Artificial Intelligence”:
 - A área de IA foi iniciada em uma conferência no Dartmouth College no verão de 1956.
 - “They wrote programs that were, to most people, simply astonishing: computers were solving word problems in algebra, proving logical theorems and speaking English” (en.wikipedia.org/wiki/Artificial_intelligence).



Década de 60

- 1960: A Unimation inicia o desenvolvimento do primeiro robô comercial do mundo, o UNIMATE.
- 1961: George Devol consegue a patente (pedida em 1954) para o seu “Programmed Article Transfer Machine”, também conhecido como manipulador industrial...
- 1962: A General Motors instala o primeiro robô industrial do mundo em uma linha de produção, um UNIMATE.

21



2,968,237

THE UNITED STATES OF AMERICA

TO ALL TO WHOM THESE PRESENTS SHALL COME

Whereas George C. Devel, Jr.,
of
Greenwich, Connecticut,

has presented to the Commissioner of Patents a written petition for
the grant of Letters Patent for an original and new discovery, to-wit: the
use of a combination of means and apparatus in the navigation of water
& upon the invention and use of a propeller, and compared with the
various requirements of Law in such cases made and observed, and

Whereas said invention does conform with the said Statute in
all respects so far as is required by a Patent under the Law

Now therefore these Letters Patent are to have effect in favor of
George C. Devel, Jr., his heirs, assigns and assigns in law
for the term of SEVENTEEN years from the date of this grant
subject to the usual provisions of the Statute in such cases made and observed
under the Patent Laws.

In testimony whereof, I have hereunto set my
hand and caused the seal of the Patent Office
to be affixed at the City of Washington
this thirteenth day of June,
in the year of our Lord one thousand nine
hundred and sixty-one, and of the
Independence of the United States of America
the one hundred and eighty-fifth.

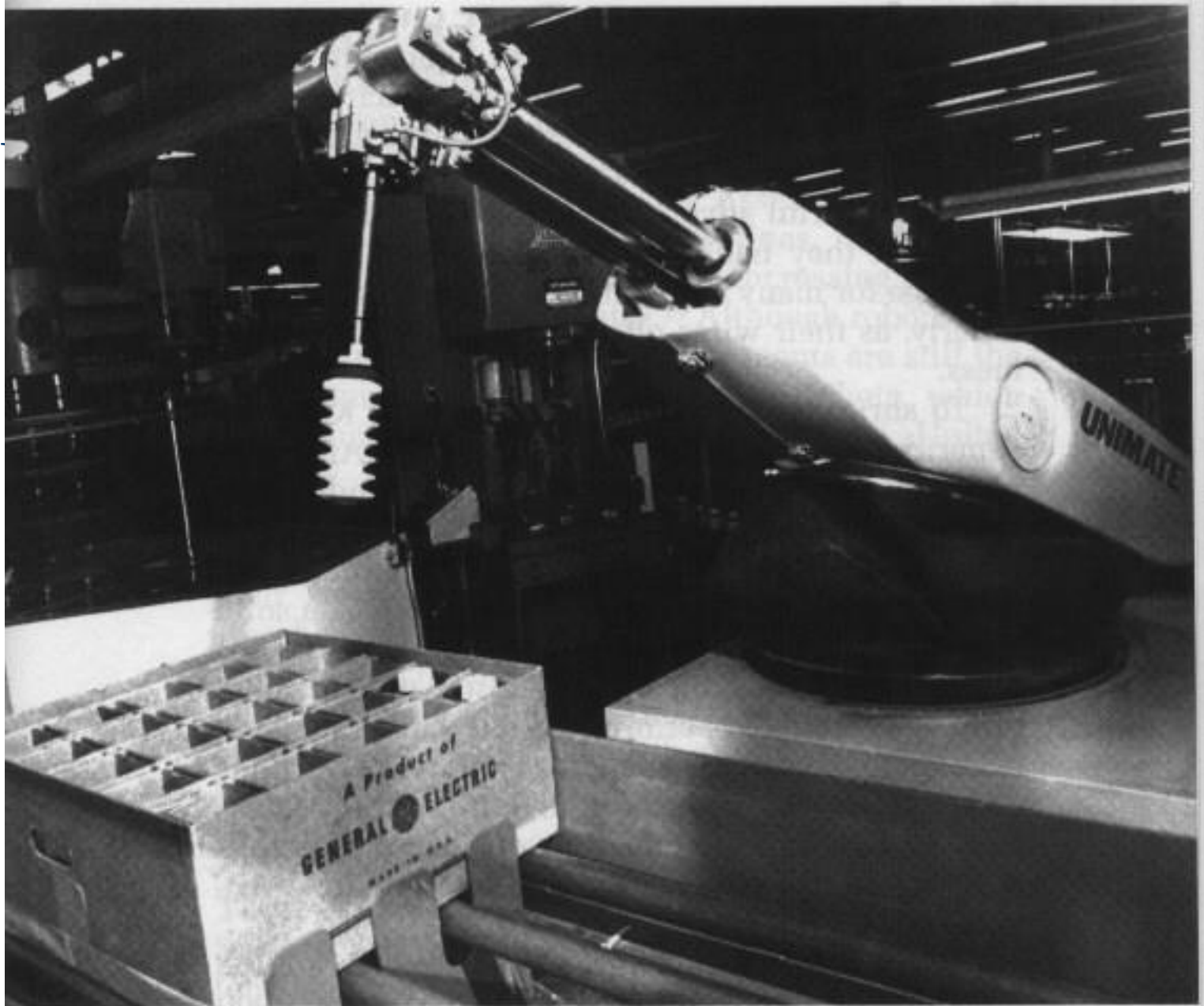
Ernest Inghis
Acting Commissioner

John L. Rice
Commissioner of Patents

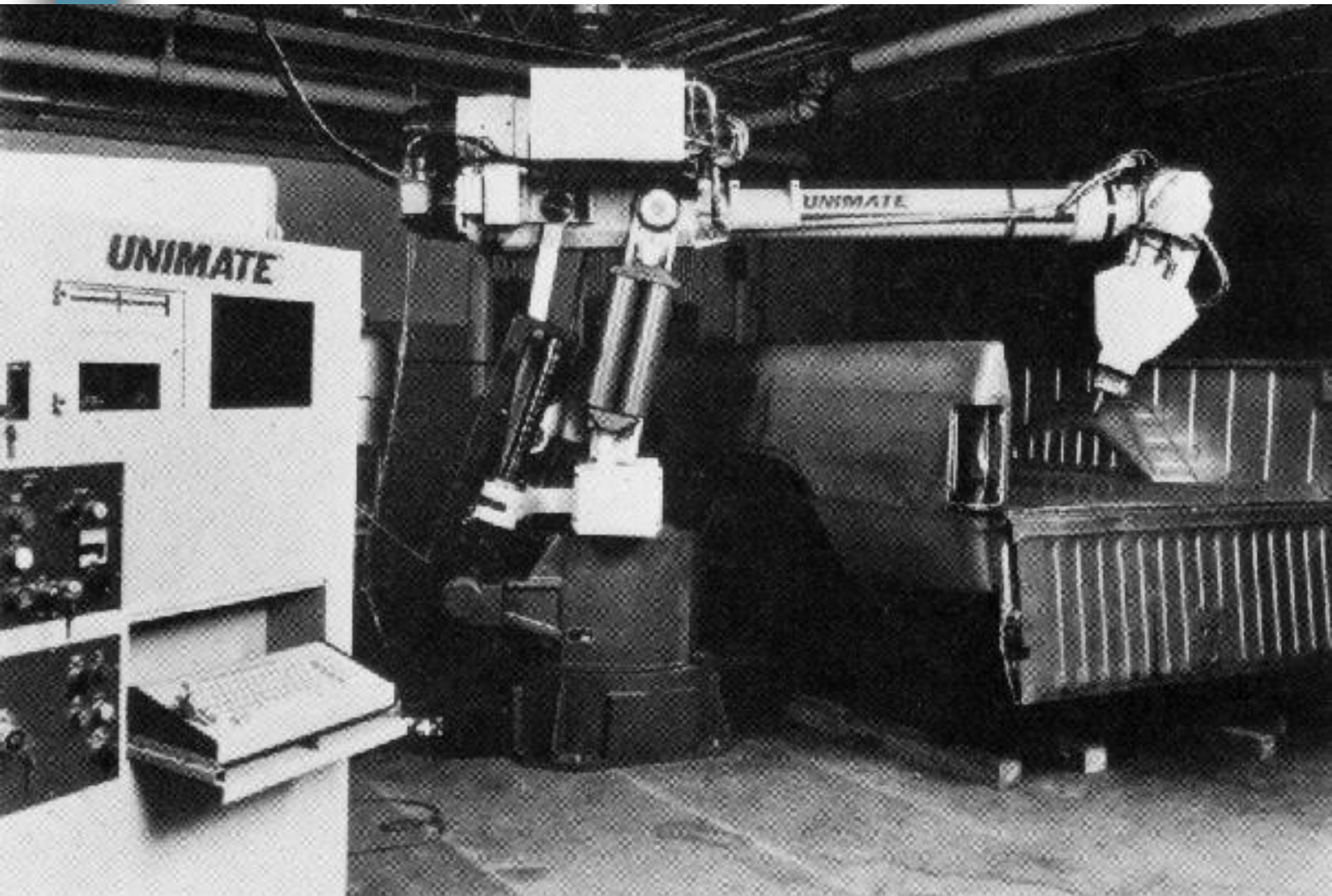
UNIMATE (1960)

- Obedecendo comandos armazenados em um cilindro magnético, o manipulador de 1 tonelada empilhava peças de metal incandescentes.
- Também foi usado para automatizar a fabricação de tubos de TV.





Armed for duty. A Unimate robot—really, just an arm—picks up and puts down parts in a General Electric factory.





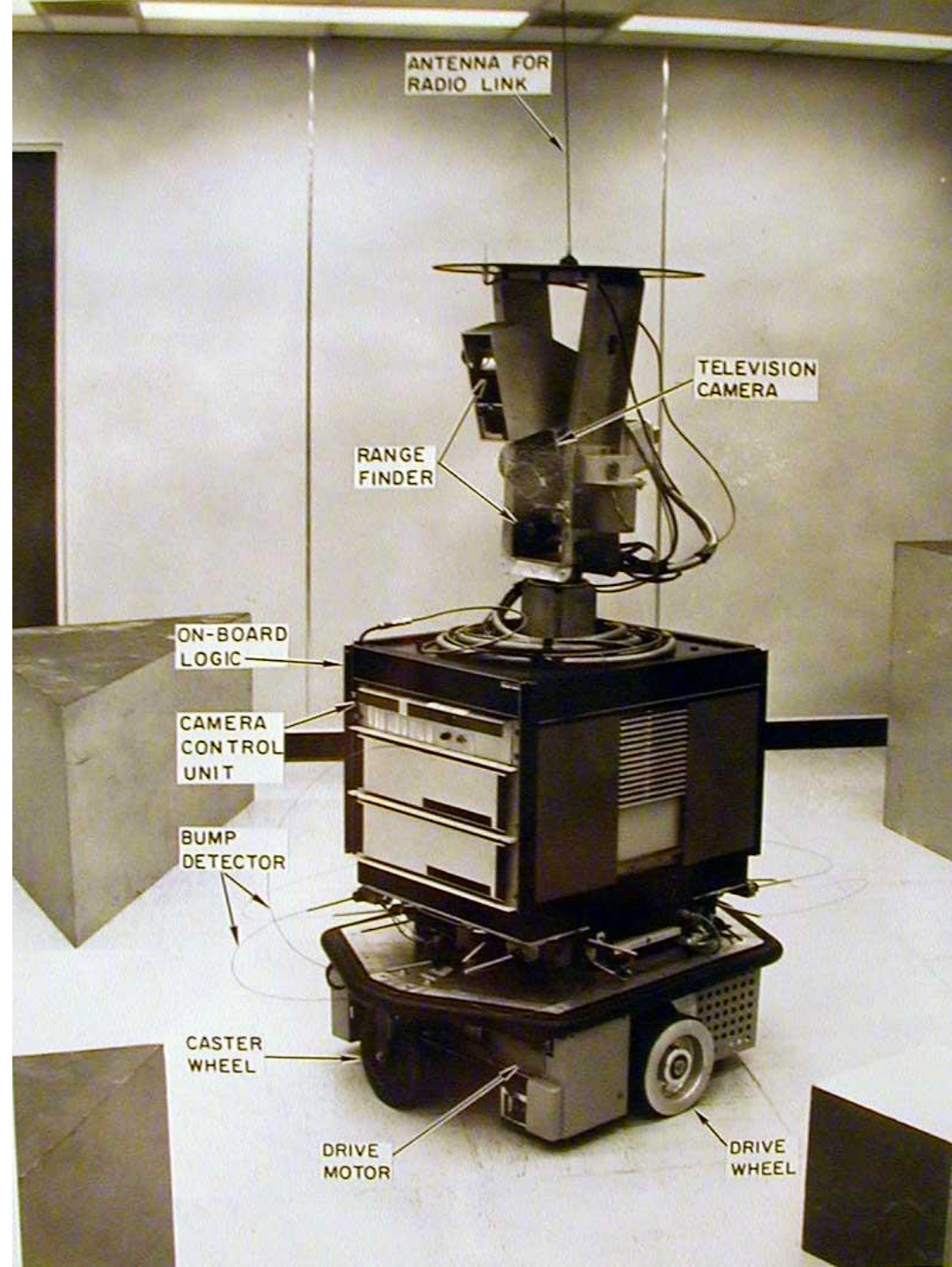


1968 - Shakey

- O Stanford Research Institute demonstra o primeiro robô inteligente.
- O robô é capaz de interpretar visualmente o meio onde está inserido, localizar objetos, navegar entre os objetos e raciocinar sobre suas ações.
- Foi nomeado “Shakey” por causa de seus movimentos erráticos e “Balançantes”.

Shakey (1968)

O Primeiro
Robô
“Inteligente”.





Shakey no Museu...

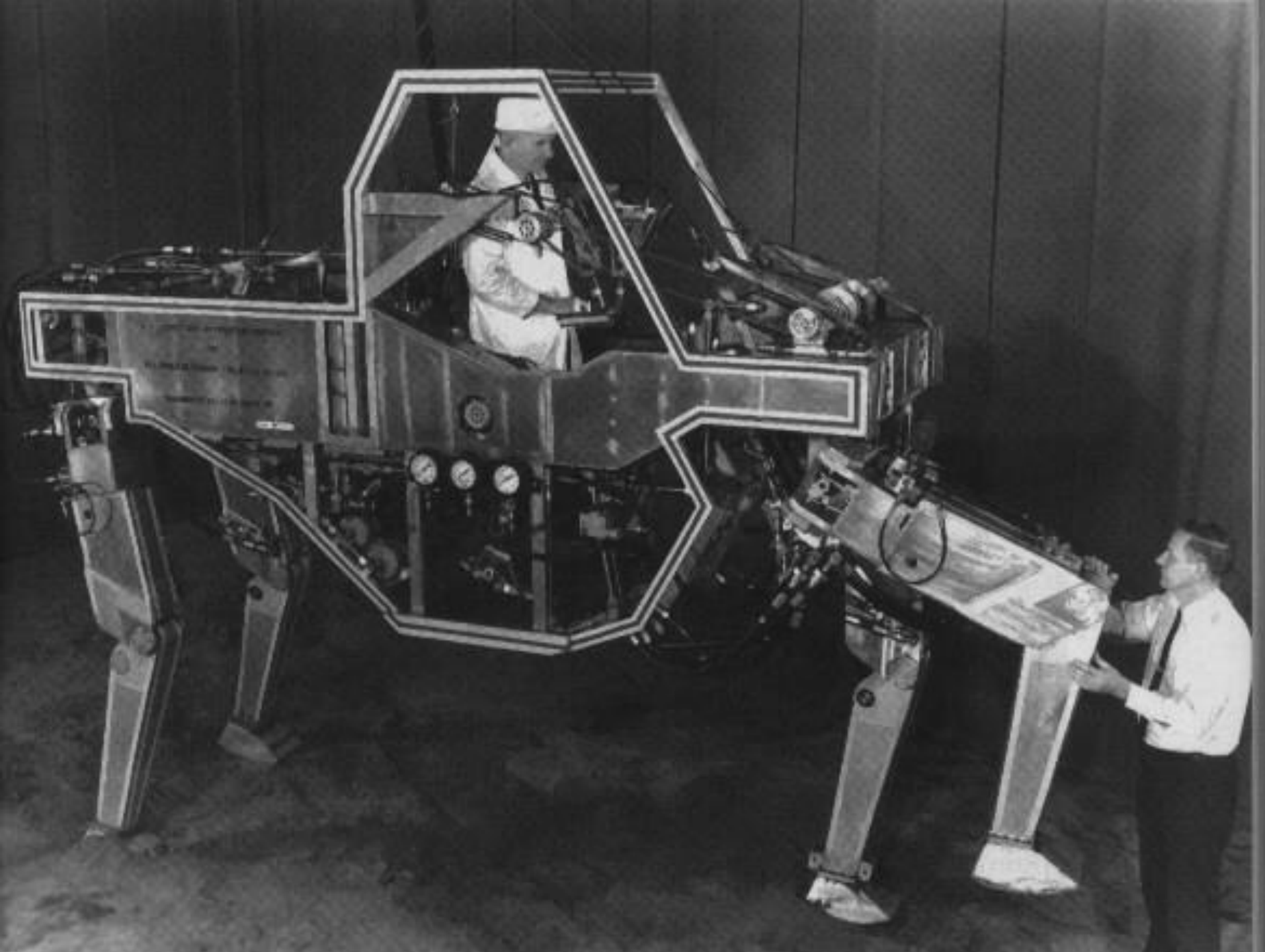
Today, the robot
resides in the
Computer
History Museum
in Mountain
View, Calif.

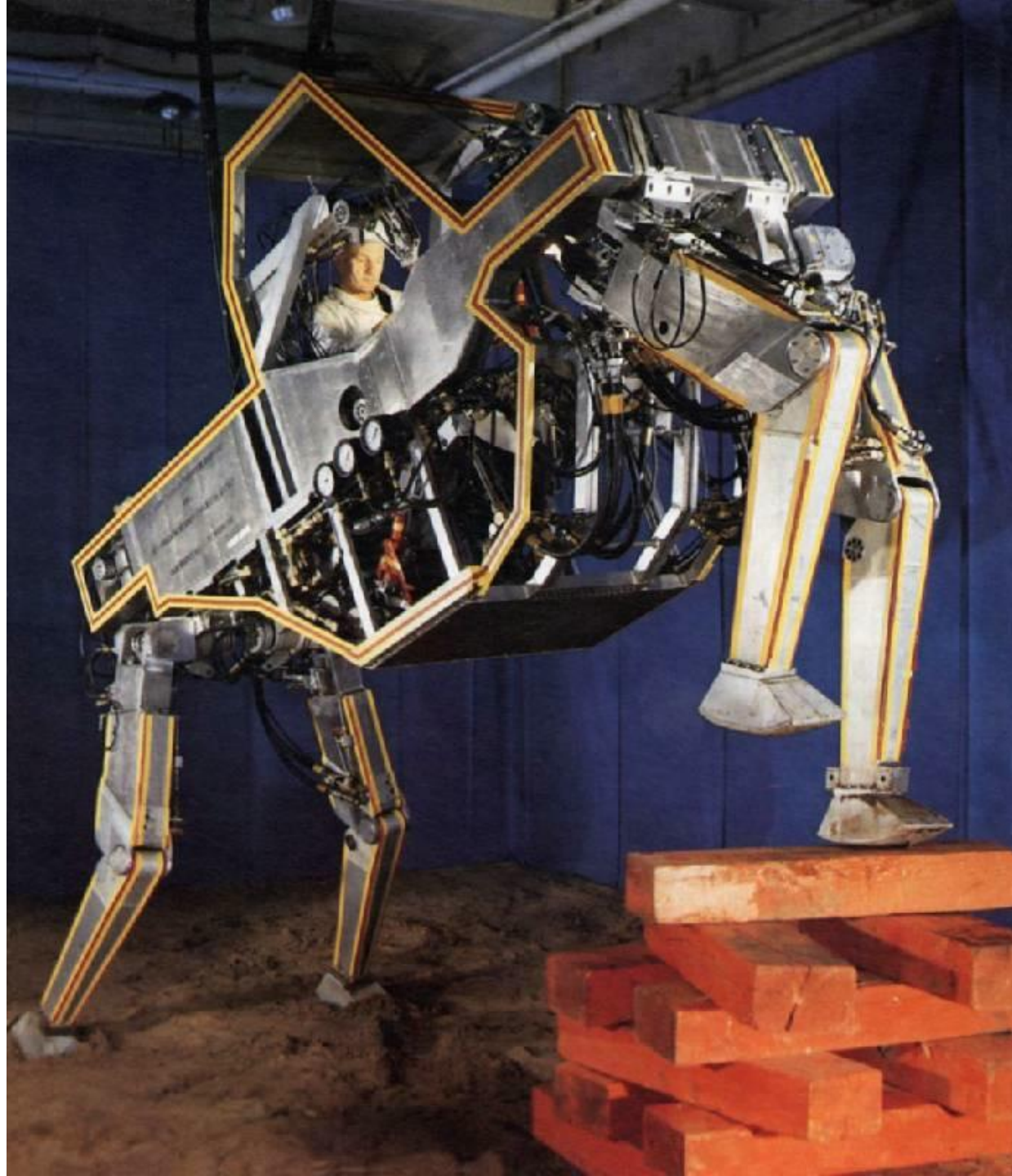
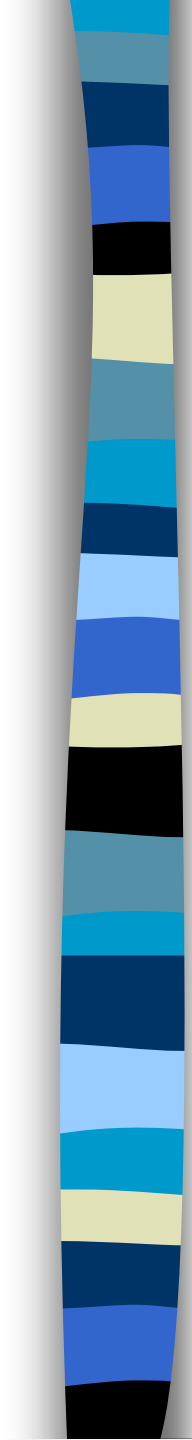


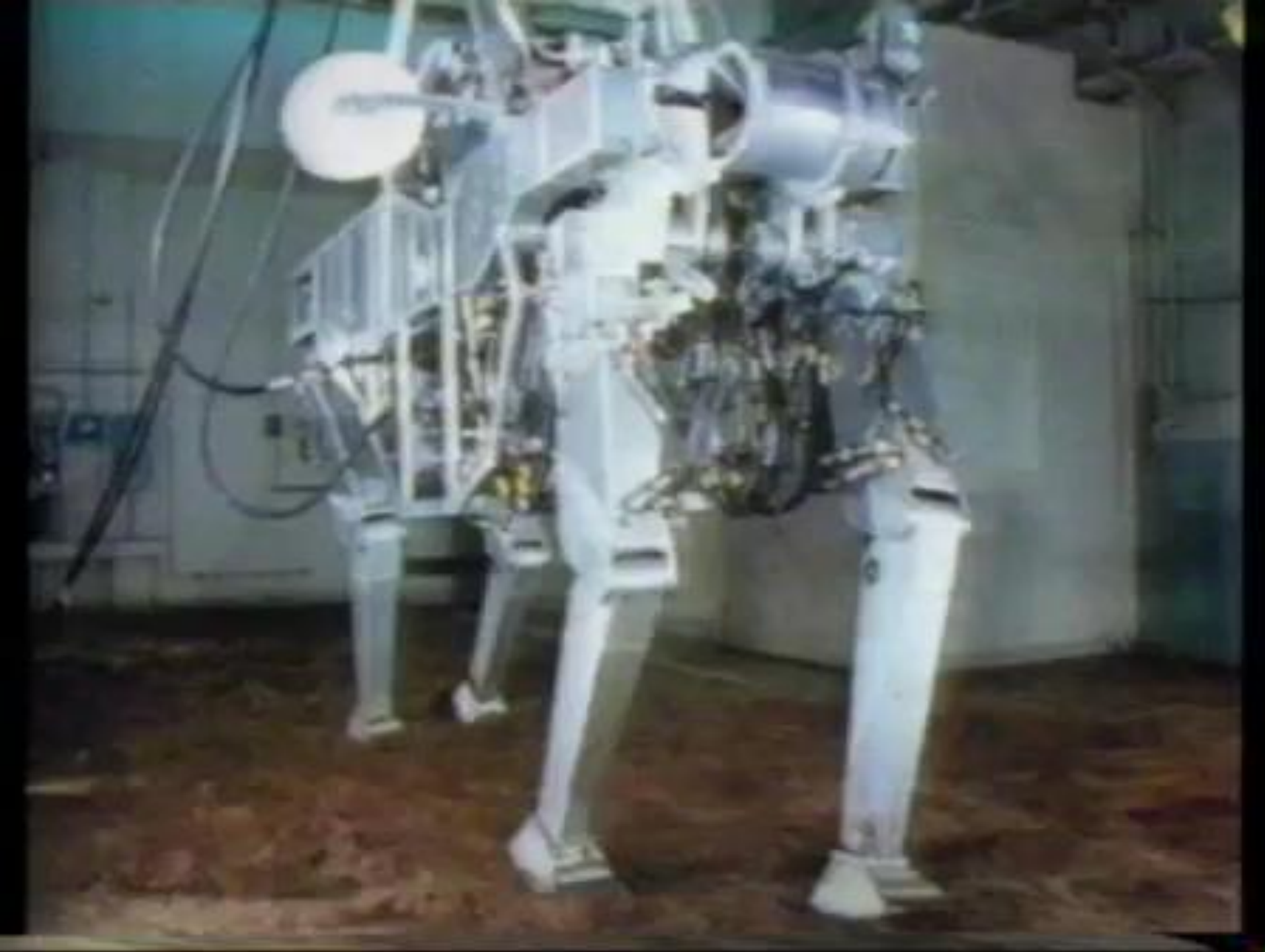


1968

- A General Electric constrói o “Four Legged Walking Truck” para o exército americano:
 - Os movimentos são comandados por um operador dentro do robô, mecanicamente.
 - *The operator's hands controlled the two front legs while his feet operated the two rear legs. Although it was said to be easy to control, operators were fatigued after something like 15 minutes due to the stress of coordinating the positions of the four legs using only manual control of the hydraulic servos.*









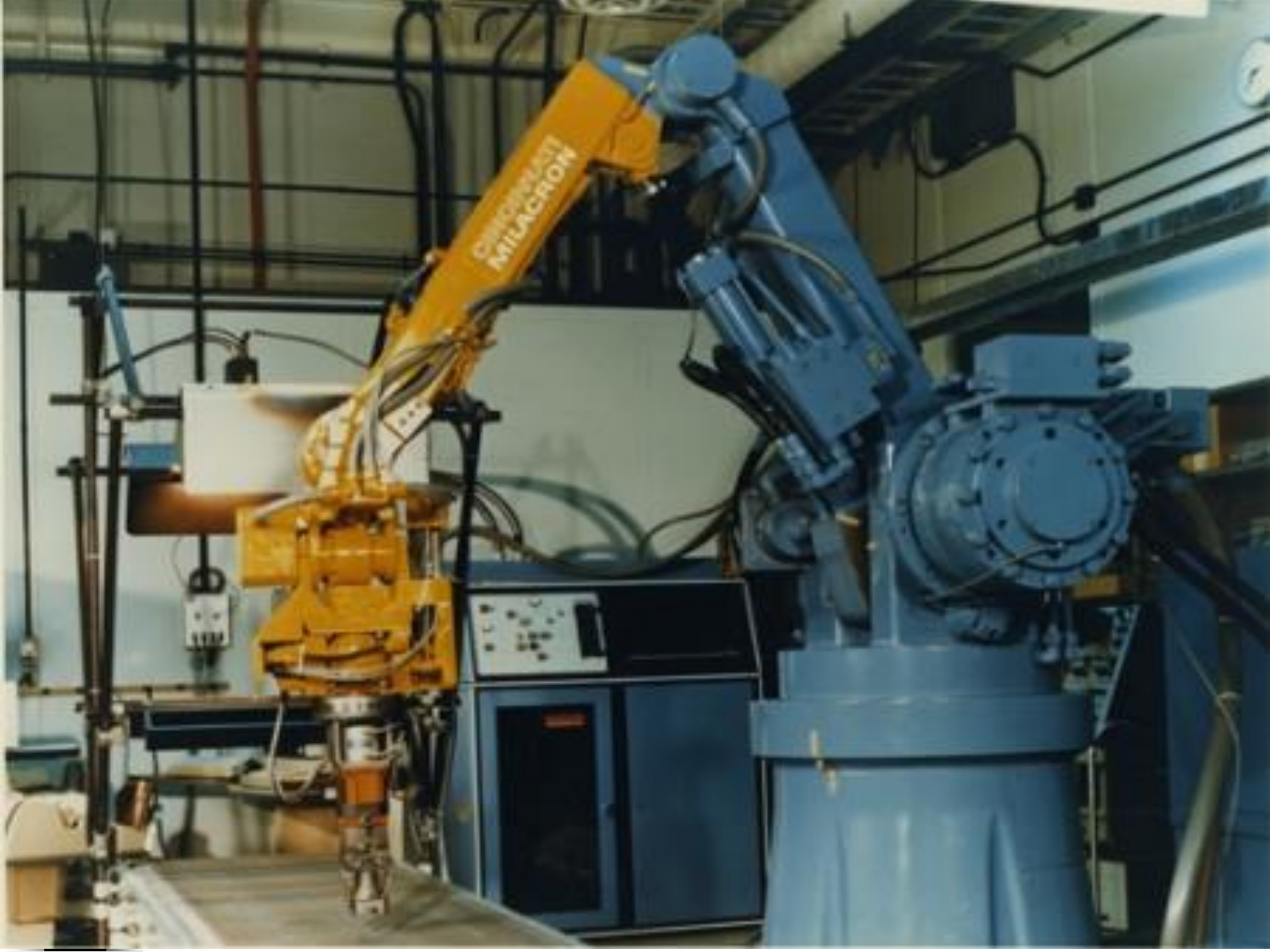
1968-1969

- 1968: Kawasaki licencia os robôs hidráulicos projetados pela Unimation e inicia a produção no Japão.
- 1969: Na universidade de Stanford um novo braço robô é desenvolvido :
 - O braço é o primeiro impulsionado eletricamente e controlado por um computador.
 - Ele torna-se conhecido como o braço de Stanford.



1973: Milacron T³

- Milacron T³: O primeiro robô manipulador industrial controlado por um minicomputador é desenvolvido por Richard Hohn:
 - The Tomorrow Tool
 - *“The Cincinnati Milacron T3-786 robot was the workhorse of the robotics industry for many years. Almost indestructable, thousands of these machines are still in production in hostile, 24 hour manufacturing environments”.*





1974-1977

- 1974: O prof. Scheinman, construtor do Braço de Stanford, funda a Vicarm Inc. para vender uma versão comercial do braço, controlado por um minicomputador.
- 1975: Segundo Joseph Engelberger, este é o primeiro ano que a Unimation tem lucro.
- 1977: Unimation adquire a Vicarm Inc.
- 1977: Asea europeia inicia a produção de diversos manipuladores controlados por microcomputador. Ela se tornará a maior fabricante do mundo, a ABB.



1978

- 1978: Utilizando tecnologia da Vicarm, Unimation desenvolve o manipulador PUMA (Programmable Universal Machine for Assembly):
 - O PUMA foi um dos maiores sucessos comerciais de todos os tempos e ainda é usado em indústrias e laboratórios de pesquisa.

Unimate Puma





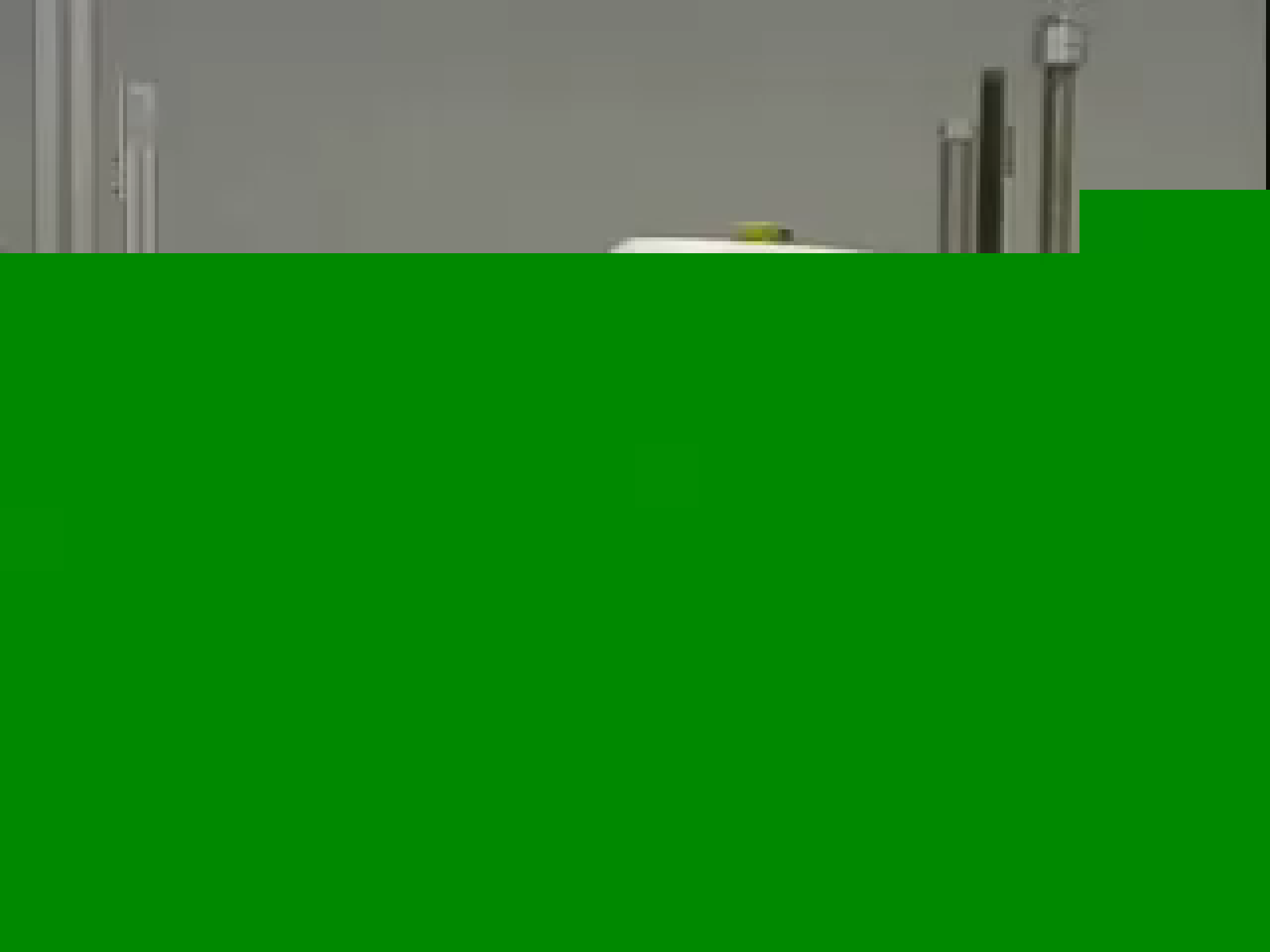


SCARA - 1979

- A Sankyo do Japão e a IBM iniciam a comercialização de robôs SCARA:
 - Selective Compliant Articulated Robot Arm
- Desenvolvido pela Universidade de Yamanashi, é usado em indústrias de montagem de pequenas peças:
 - Computadores,
 - Componentes eletrônicos,
 - Placas de circuito impresso.

SCARA







Década de 80

- Nos anos 80 acontece o maior crescimento de manipuladores industriais, alimentado principalmente pelo aumento da qualidade e a diminuição do ciclo de vida da indústria automobilística.
- 1982: Robótica é reconhecida como tecnologia estratégica pela ONU.



1982-1986

- 1982 Fanuc do Japan e General Electric formam uma joint venture para comercializar robôs nos USA.
- 1986: Com a licença da Unimation terminada, Kawasaki desenvolve e produz sua própria linha de robôs.



Tsukuba World Fair 1985

- Feira mundial realizada em Tsukuba, Japão.
- De março a setembro, teve mais de 20 milhões de visitantes.
- As principais atrações foram os robôs – tendo impacto na mídia mundial.
- Primeira vez que a TV mostrava robôs realizando tarefas tão complexas.
 - Ver <http://vimeo.com/9122298>



1986: Brooks' Subsumption Architecture

- Em 1986, Rodney Brooks, do MIT, propões a “Subsumption Architecture”.
- Defendia uma nova abordagem para IA:
 - Incremental, bottom-up.
 - “At each step we should build a complete intelligent system that we let loose in a real world with real sensing and real action” (Brooks, 1991)
 - Arquitetura em camadas.



1986: Brooks' Subsumption Architecture

- Cria um rebuliço na área de IA com papers intitulados:
 - “Intelligence without Reasoning”
 - “Intelligence without Representation”
 - “Elephants don't play chess”
 - “Building brains for bodies”
- Constrói diversas “criaturas” que exibem comportamento inteligente.
 - Cópia comportamentos simples de insetos.

Criaturas de Brooks

- Hannibal & Atilla





Brooks cria a iRobot

- 1988: Brooks cria uma empresa para fabricação de robôs.
 - “Eu acredito que no ano 2020 todo lar americano vai ter um robô inteligente. E eu quero fornecer estes robôs... (IJCAI, 2001)
 - “We are almost there...” (2014)
- Inicialmente produz robôs para desativar bombas e ajuda em desastres.

1988: Stäubli compra Unimation

- Grupo Suiço Stäubli, que já distribuía robôs Unimation na Europa desde 1982, compra a Unimation do grupo Westinghouse.
- Fabrica hoje mais de 1400 robôs de precisão por ano.
- Grupo fundado em 1892, especializado em equipamentos têxteis.



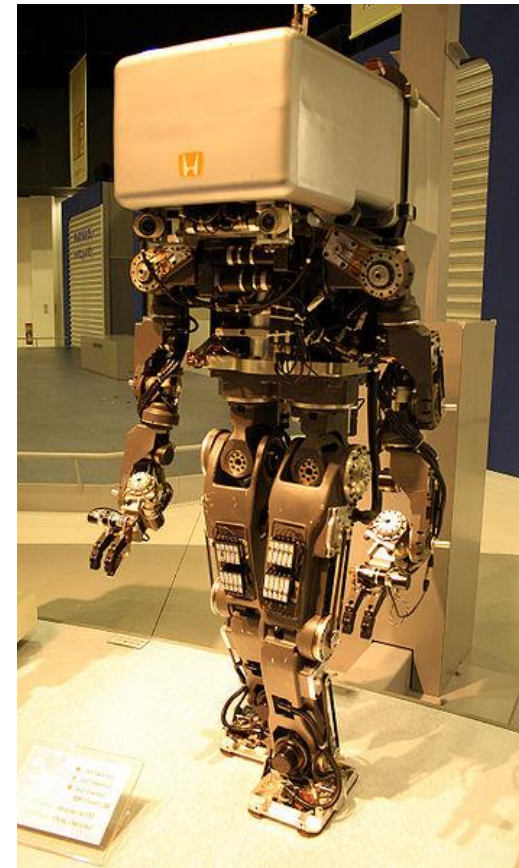


Década de 1990.

- O “baixo custo” e o aumento da capacidade dos microcomputadores possibilita a introdução dos robôs em novas atividades comerciais.
- as aplicações de robôs se expandem para a indústria de serviços.
- Início de pesquisa séria em robôs humanoides.
- Início do uso doméstico.

1993

- Honda começa a criar protótipos de robôs humanóides.
- Modelo P1:
 - 195 cm
 - 175 kg.
- Modelos P2 (1996) e P3 (1997) são protótipos para o Robô Asimo.



1994: Brooks de novo: MIT Cog

- Novo projeto de Brooks no MIT.
- Criar uma criança de 6 meses.
- Embodied AI



The Cog Project

Rodney Brooks
Cynthia Breazeal
Robert Irie

Matthew Marjanovic
Brian Scassellati
Matthew Williamson

MIT Artificial Intelligence Lab

DANTE (1996)

- Robô de 6 pernas usado para explorar vulcões autonomamente (Carnegie Mellon University)

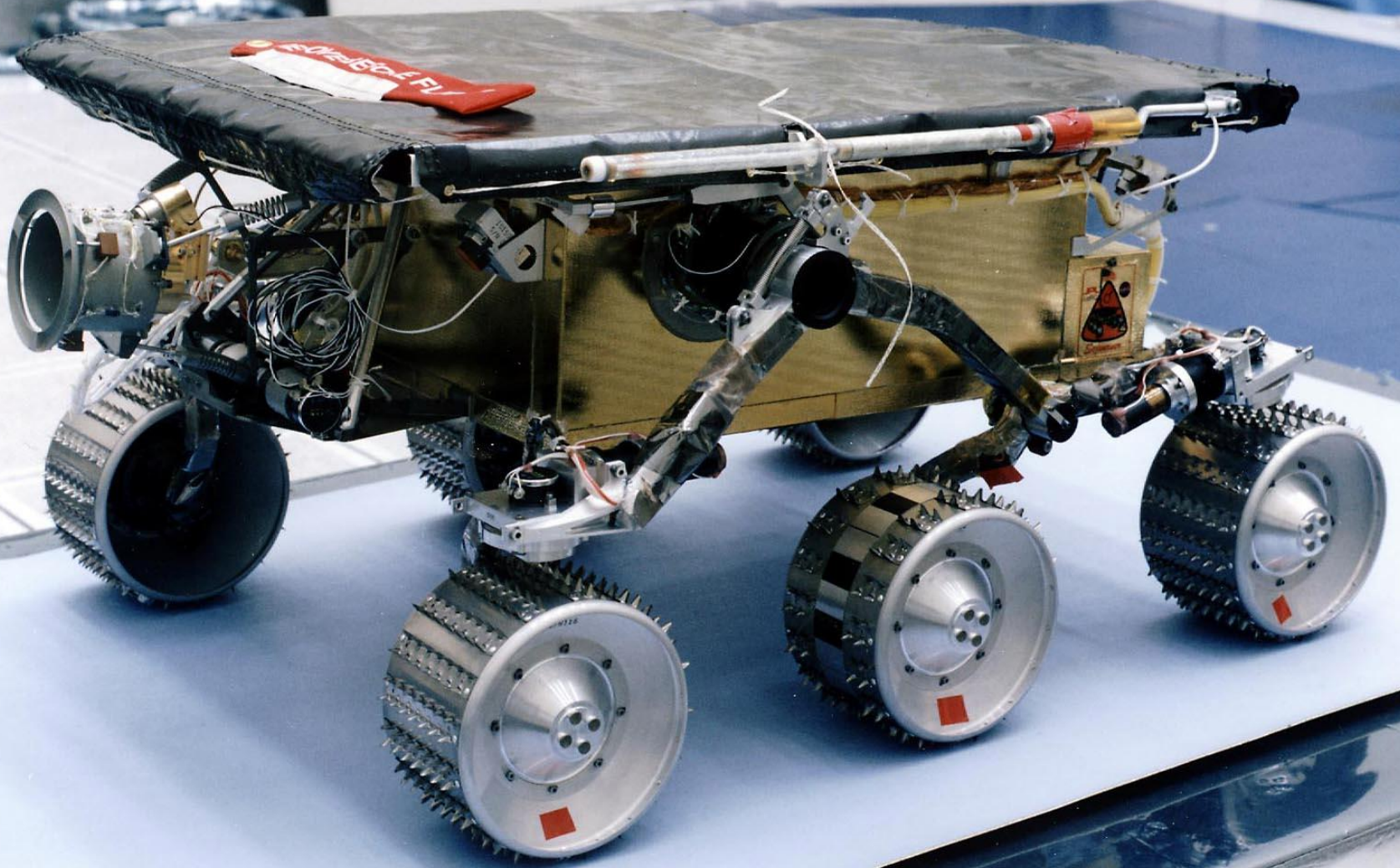




1997 - Pathfinder

- 1997: Missão PathFinder da Nasa.
- O mundo para para assistir, ao vivo, pela internet, imagens transmitidas de Marte pelo robô móvel *Sojourner*.
- Robô controlado a partir da Terra.
- Grande sucesso para a NASA.

NASA Sojourner Rover (1997)



Sony Aibo (1999)



HONDA Asimo (2000)







Século XXI

- Diversas novas aplicações para robôs surgem todos os dias.
- Novas empresas são criadas e se fundem.
- Pesquisa com ênfase em robôs móveis e humanóides.

Sony
Qrio (2003)





2002 - iRobot Roomba

- iRobot, empresa de Rodney Brooks, lança o Roomba:
 - O mais barato aspirador de pó robótico no mercado.
- Hoje: www.irobot.com
 - Fabrica aspiradores, limpadores, avatares, etc.

Produtos iRobot hoje.

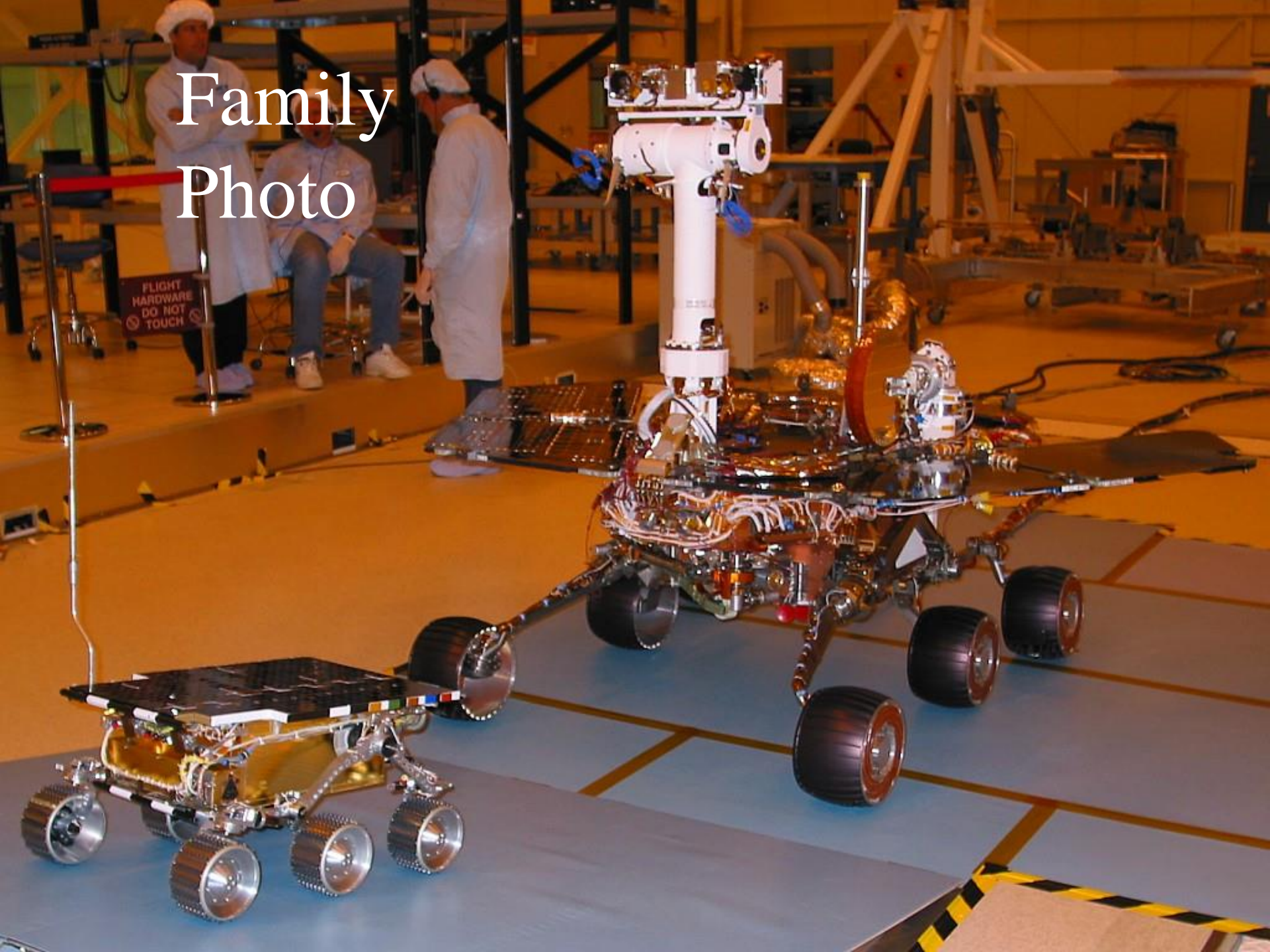




Spirit e Opportunity (2004)



Family Photo



FLIGHT
HARDWARE
DO NOT
TOUCH

Actroid

2003 - 2010

- Primeira unidade em 2003.
- Actroid começou a ser vendida no Japão este ano, por US\$ 20.000, em lojas selecionadas.



して
よろしく



DEA2
debut

FACE.
LINE.
てでて!
AL-CD

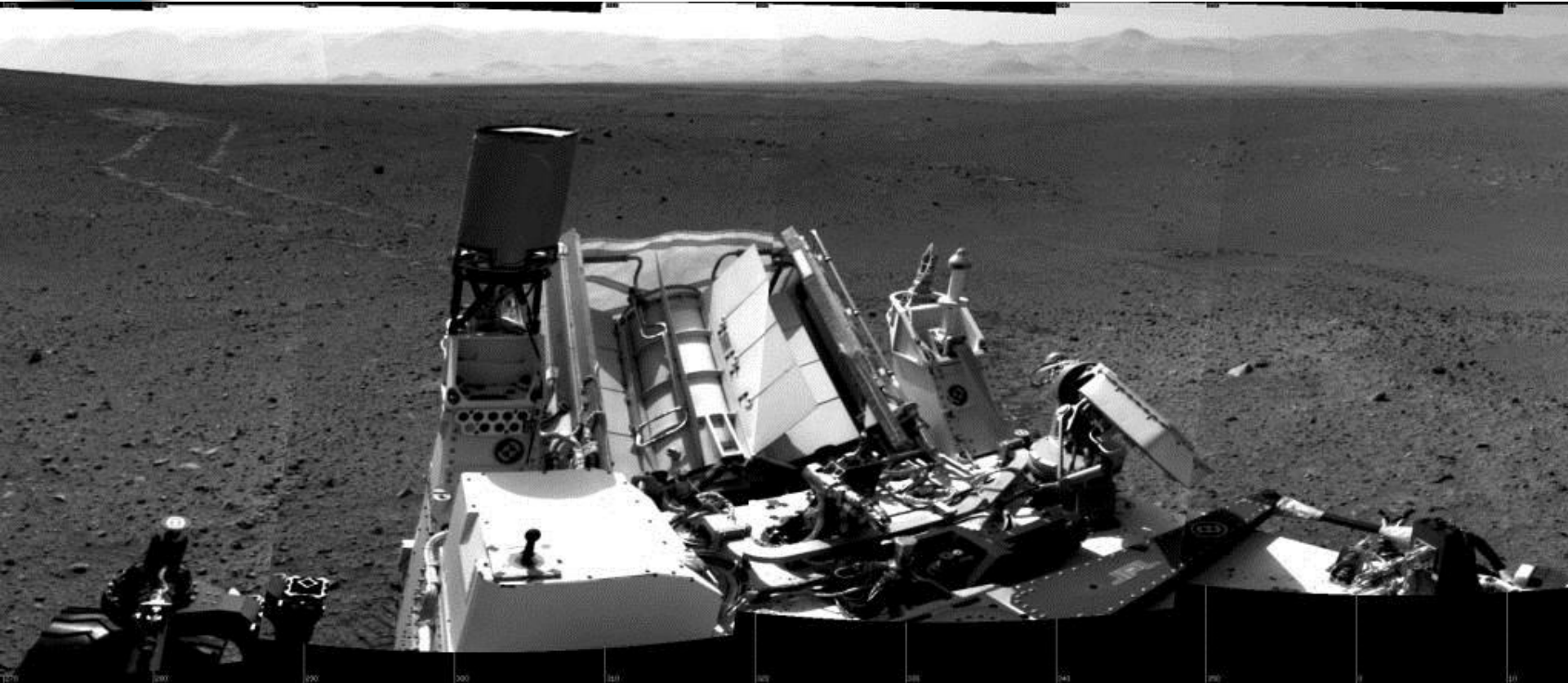


THE...
...
...
...

Toyota Partner Robots (2009)



Sonda Curiosity em Marte – 2012





Conclusão do Histórico

- Grandes Fabricantes:

- ABB
- GE/Fanuc
- Motoman-Yaskawa
- Kawasaki
- Honda
- Kuka

- E centenas de outros...

Intervalo

