

Confiabilidade da Eletrônica em Produtos Eletro-eletrônicos

Wolfgang Biben

Ministério da Ciência e Tecnologia
CenPRA - Centro de Pesquisas Renato Archer

Patrocínio

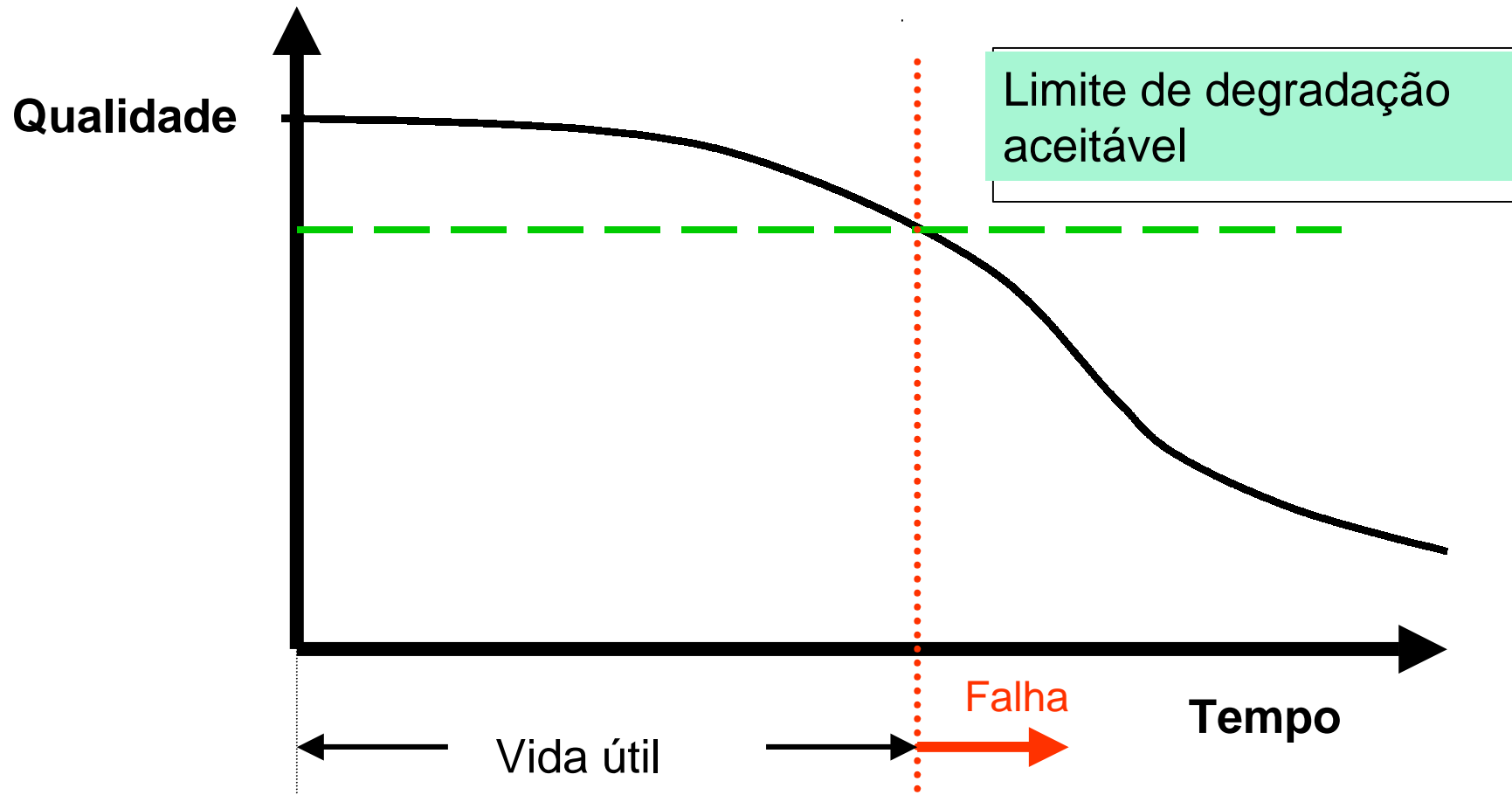


Realização



- Qual é a diferencia entre qualidade e confiabilidade? São sinônimos?
- Qualidade é o que podemos medir **agora**, geralmente uma **conformidade a uma especificação**
- Confiabilidade mede como o produto se comportará no **futuro**; é a **projeção da qualidade ao longo do tempo**

Confiabilidade é a projeção da qualidade no tempo

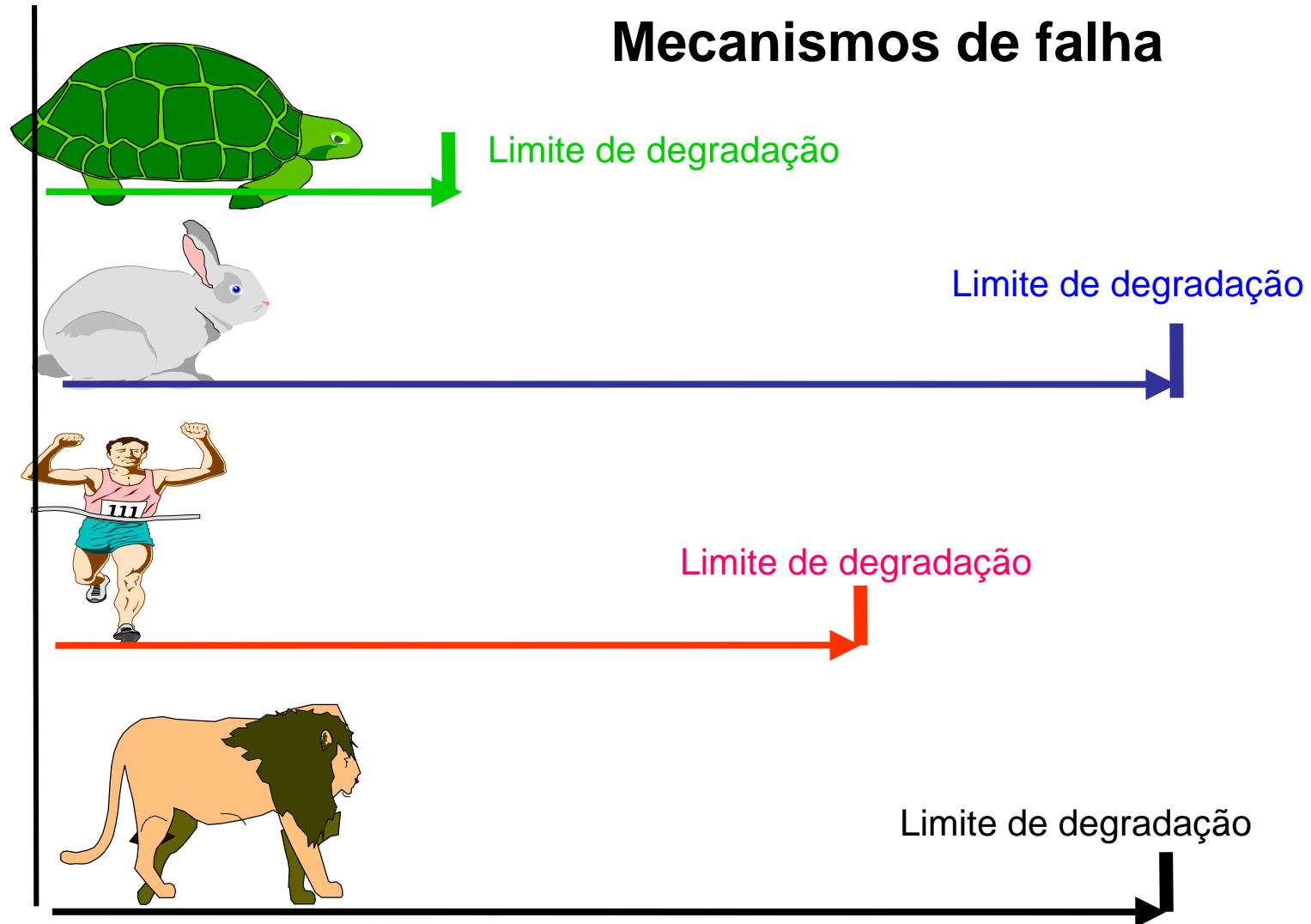


- Confiabilidade é medida em que? **Falhas por unidade de tempo**
- Usava-se **% falhas/1000horas** no passado
- Com o rápido aumento da confiabilidade dos componentes eletrônicos foi necessário adotar o **FIT** (failures in time), uma falha a cada **10^9 horas, 114 mil anos**
- Muitos circuitos integrados complexos atualmente atingem taxas de falhas da ordem de 2 FIT's (uma falha a cada 57 mil anos)

- Como medir a confiabilidade? Implicitamente, o futuro?
- Em vez de cartomante ou bola de cristal usamos **ensaios acelerados** para **simular** a futura **degradação** pelo ambiente de uso, de maneira a **obter informação em pouco tempo** sobre o comportamento futuro do nosso produto.
- Temos que conhecer o **ambiente de uso do produto**, caracterizando estatisticamente os parâmetros de “stress” que afetam nosso produto: temperatura, umidade, tensão, vibração, choque etc..

- Submetemos nosso produto a ensaios com **esforços ambientais maiores** que o ambiente de uso, e, observando seus **mecanismos de falha** e usando modelos físico-matemáticos, podemos, dentro de uma **margem de incerteza**, predizer a **expectativa de vida de nosso produto no seu ambiente de aplicação**.
- Quanto maior pode ser o esforço do ensaio acelerado? Deve reproduzir os **mesmos mecanismos de falha** que o ambiente de uso. São conhecidos para um produto similar, desconhecidos para um produto totalmente novo.

Mecanismos de falha



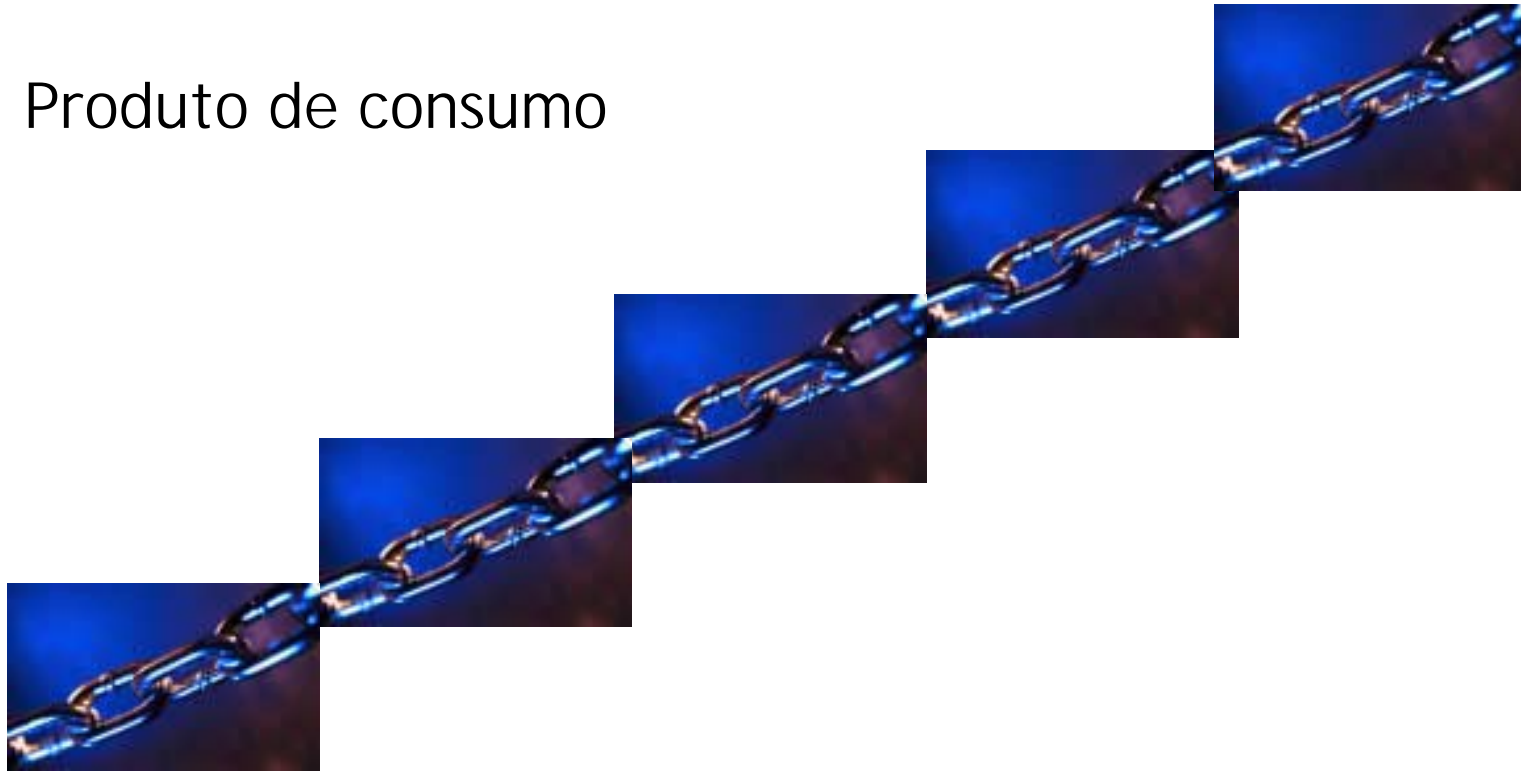
$t = 0$

Falha ocorre quando o primeiro chegar a sua meta

- Permitem um **máximo de confiabilidade** com um **mínimo de custo, consumo e espaço** para qualquer função complexa.
- A tendência é um máximo de integração: **“system on chip”**, um integrado que faça todas as funções do produto.
- Os componentes discretos avançaram em confiabilidade também, mas **não conseguem** acompanhar o produto de confiabilidade e complexidade combinada com baixos custos dos circuitos integrados.

- Um rápido exemplo: tentemos de realizar um processador de vídeo com componentes discretos: o processador tem 10^8 transistores e uma taxa de falhas de 100 FIT (uma falha a cada **mil anos**)
- Com transistores discretos extra-confiáveis com taxa de falha de 0,1 FIT, obteríamos um conjunto com uma taxa de falhas de $0,1 * 10^8 = 10^7$ FIT, ou seja, uma falha a cada **100 horas**

Produto de consumo

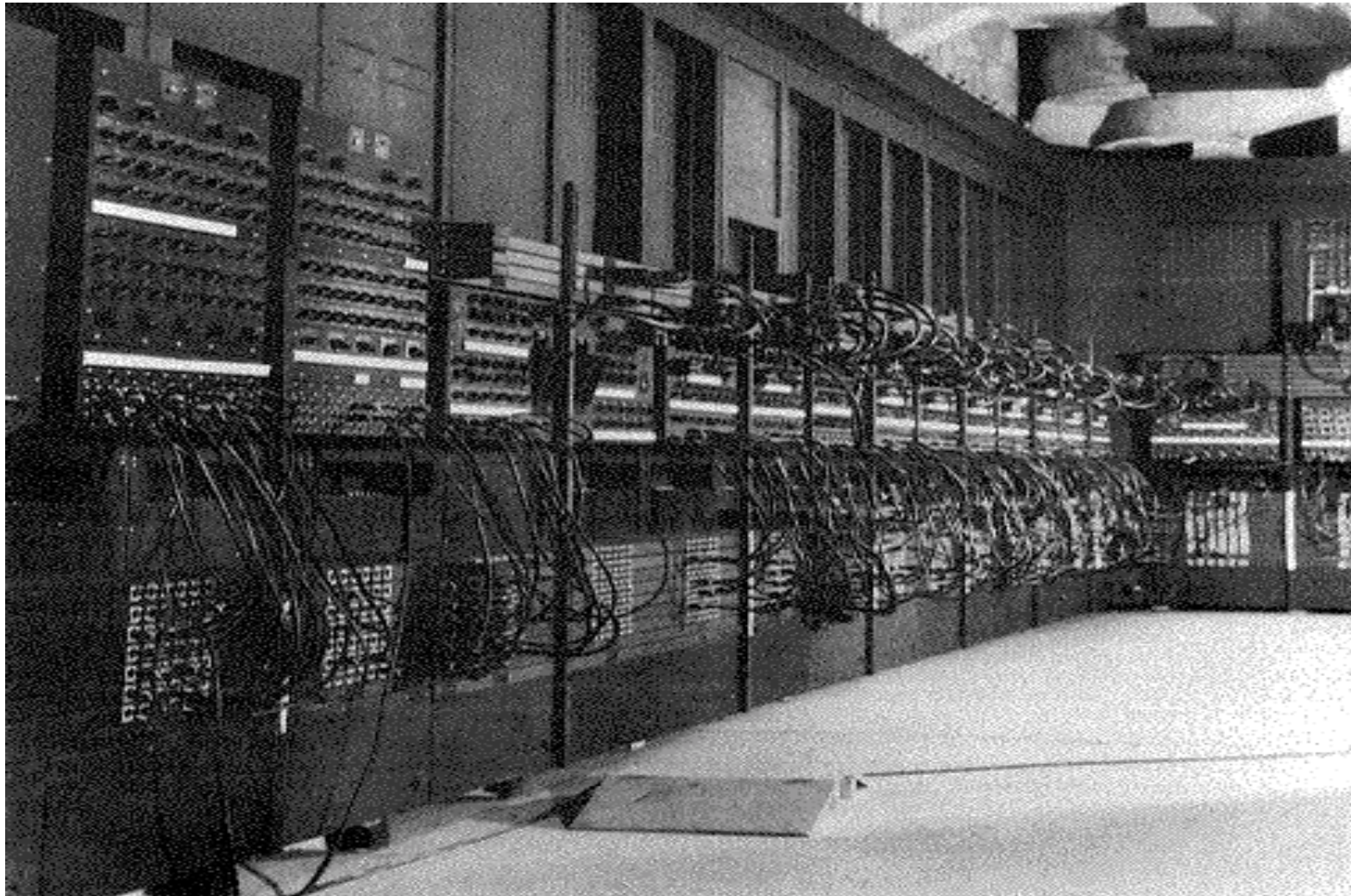


Sem redundância, cada elo da corrente(**componente**) é essencial para obter a funcionalidade plena do produto



Sem redundância a corrente se rompe pelo elo mais fraco

Um pouco de história da confiabilidade



Um pouco de história da confiabilidade

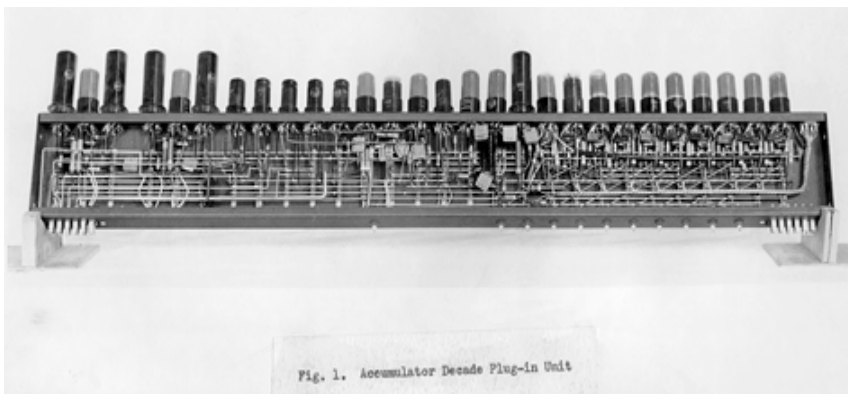
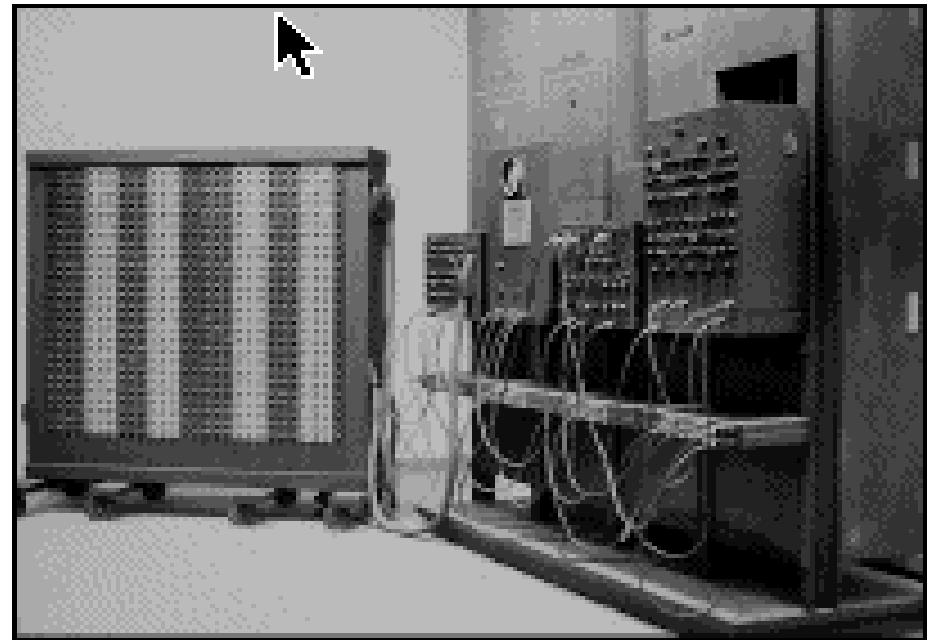
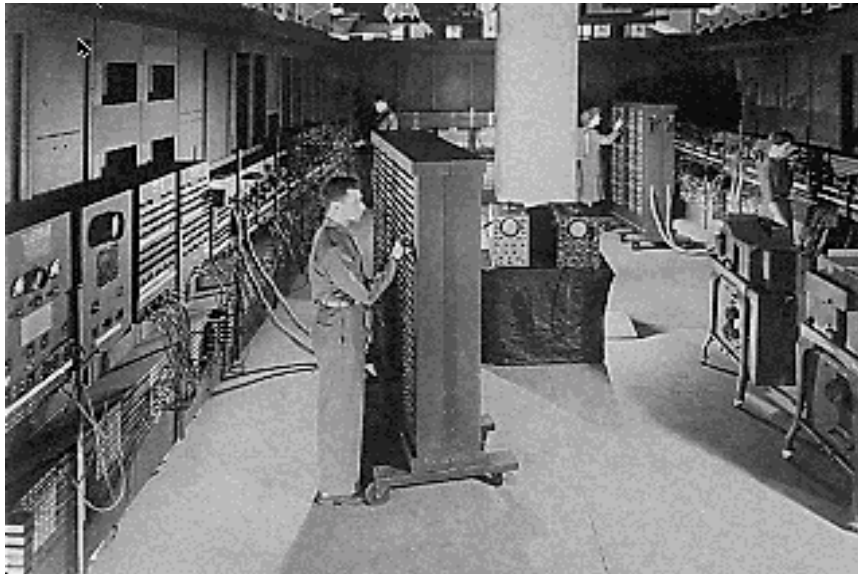
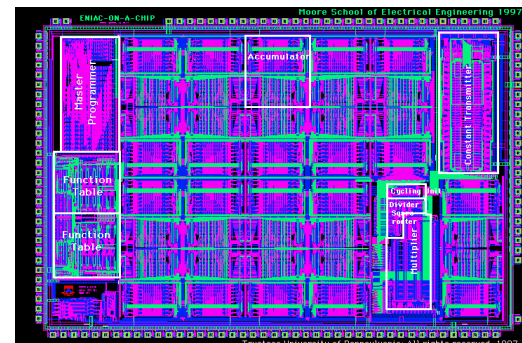


Fig. 1. Accumulator Decade Plug-in Unit



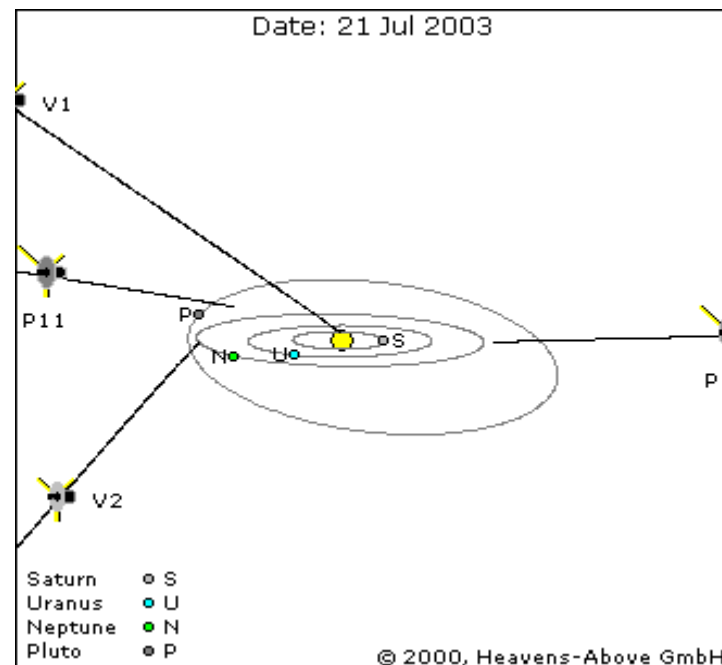
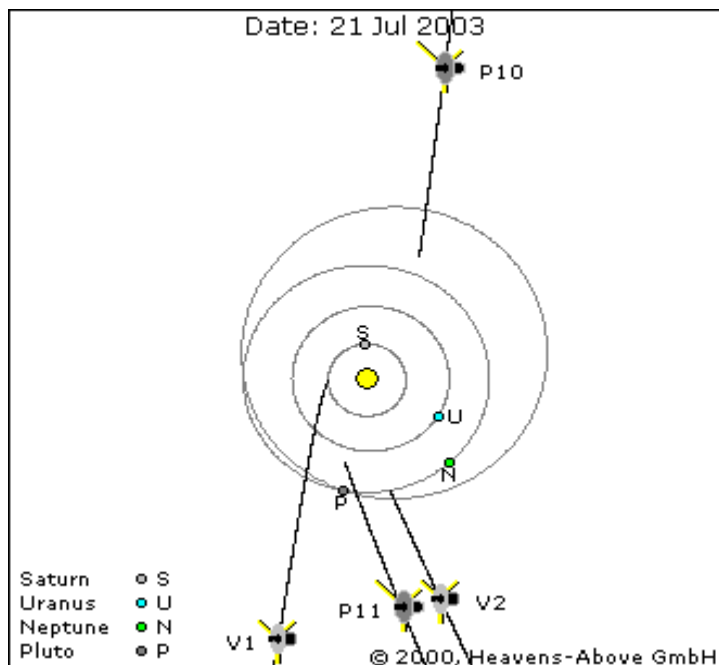
ENIAC

- Construído entre 1943 e OUT de 1945
- 30 toneladas, 30 x 50 m, 200 kW, 19000 válvulas, 80000 resist/cap, 1500 relês, 6000 interruptores
- Entrada e saída por cartão perfurado, execução passo por passo com anotação de resultados, programação por cabos e interruptores
- Capacidade: 5000 somas, 357 mult., 38 divisões/seg
- Sem instrução "IF"
- Em 1948 John von Neumann sugeriu o uso de programas armazenados (Alan Turing)
- Em 1952 foi instalada uma memória de 100 palavras
- **Confiabilidade de projeto: 12h MTBF**
- Para o aniversário de 50 anos a Universidade de Pennsylvania projetou um chip CMOS de 7 x 5 mm com a mesma funcionalidade

Voyager



Voyager



- Lançados em 1977 ambos satélites continuam funcionando, saindo do sistema solar e com expectativa de vida até 2020
- Comunicação banda S e banda X, demora 10 horas só de ida
- Distância 70 vezes a distância terra- sol

Comparemos

- De 1945 a 1977 a vida média de um equipamento complexo passou de 12 horas para 30 anos, um fator 21900 em 32 anos ou um fator 1,37 a cada ano.
- O dispositivo básico, válvula em 1945, transistor CMOS básico de um circuito integrado em 2005, passou de uma vida média de 5000 horas para 10^{16} horas, um fator $2 * 10^{12}$ em 60 anos ou um fator 1,60 por ano.
- A lei de Moore estima uma duplicação da complexidade a cada 18 meses. Isso corresponde a um fator de 1,59 por ano.
- Nenhuma outra tecnologia avança tão rápido por tanto tempo

Desafios da confiabilidade na eletrônica

Globalmente

- Manter-se à frente do aumento de complexidade; gerar novos componentes e equipamentos mais confiáveis e, ao mesmo tempo, mais complexos. O celular é o exemplo mais notório.
- Superar as futuras barreiras da tecnologia CMOS: aumento da resistência de trilhas de cobre à medida que sua largura se aproxima à dimensão dos grãos (40 nm), instabilidade das características do transistor devido à alteração do dielétrico de porta (NBTI, TDDB, HCI)

Localmente

- Acompanhar a implementação de novas tecnologias em materiais, componentes, placas de circuito impresso nuas, placas montadas e equipamentos: celular, solda sem chumbo, nanotecnologia, Led's de alta potência, displays- flexíveis, orgânicos
- Oferecer à indústria nacional apoio no desenvolvimento de produtos inovadores, avaliando **sua qualidade e confiabilidade - Rede TSQC**
- Integração da confiabilidade à metodologia de projeto

Conclusão

- A **confiabilidade** sempre **avançou mais rápido** que o aumento de complexidade na eletrônica.
- Sem esse aumento de confiabilidade os avanços na lei de Moore se tornam inoquos: ninguém compra um celular que dura três horas só.
- O consumidor aprecia as funções adicionais de um produto, mas não a ponto de violar suas expectativas de vida (confiabilidade) do produto.