
THIẾT KẾ HỆ THỐNG NHÚNG

(EMBEDDED SYSTEMS DESIGN)

cuu duong than cong. com

Nội Dung Môn Học

- **Chương 1: Tổng quan về hệ thống nhúng**
- **Chương 2: Cấu trúc phần cứng hệ thống nhúng**
 - Bộ xử lý chức năng đơn chuyên dụng
 - Bộ xử lý chức năng đơn tiêu chuẩn – ngoại vi
 - Bộ nhớ
 - Giao diện
 - Công nghệ IC
- **Chương 3: Lập trình hệ thống nhúng**
- **Chương 4: Kỹ thuật lập trình nhúng**
- **Chương 5: Hệ điều hành thời gian thực**
- **Chương 6: Tổng hợp phần cứng và phần mềm**
 - Ví dụ về hệ thống nhúng
 - Các hệ thống điều khiển
 - Công nghệ thiết kế

Tài Liệu Tham Khảo

- Slide “Embedded Systems Design”;Truong Quang Vinh, Ph.D. ĐHBK TP.HCM
- Embedded Systems Design: A unified hardware/software introduction – Vahid/Givargis, 1999.
- Designing Embedded Hardware – Jonh Catsoulis, 2005.
- Programming Embedded Systems in C and C++ - Michael Barr, 1999.
- Verilog HDL: A guide to digital design and synthesis – Sarmir Palnitkar, 2003.

CHƯƠNG 1 – BÀI 1

GIỚI THIỆU CHUNG



cuu duong than cong. com

Tổng Quan

- Tổng quan hệ thống nhúng
 - Hệ thống nhúng là gì?
- Yêu cầu về thiết kế – tối ưu các thông số thiết kế
- Các công nghệ [cuu duong than cong. com](http://cuuduongthancong.com)
 - Công nghệ xử lý
 - Công nghệ IC
 - Công nghệ thiết kế

[cuu duong than cong. com](http://cuuduongthancong.com)

Tổng quan hệ thống nhúng

- Các hệ thống tính toán “computing” có mặt ở mọi nơi
- Đa số chúng ta nghĩ đến hệ thống tính toán như là một máy tính
 - PC’s 
 - Laptops 
 - Mainframes
 - Servers
- Nhưng có rất nhiều các hệ thống tính toán khác

Tổng quan hệ thống nhúng

- Hệ thống tính toán nhúng
 - Hệ thống tính toán nhúng trong các thiết bị điện tử
 - Rất khó để định nghĩa. Có thể coi chúng là các hệ thống tính toán ngoài PC.
 - Có hàng tỷ thiết bị được sản xuất mỗi năm, so với số lượng hàng triệu của PC.
 - Có lẽ chiếm đến 50% các thiết bị gia dụng và ô-tô

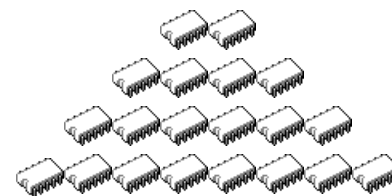
Computers are in here...



and here...



and even here...

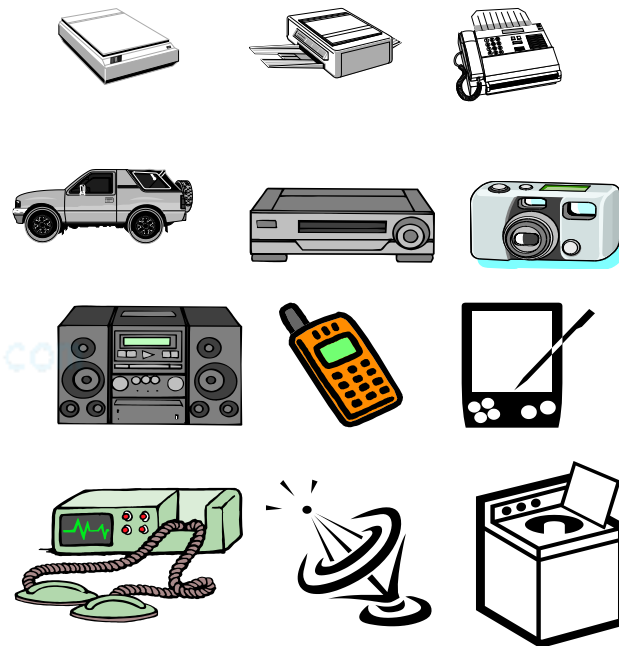


Lots more of these,
though they cost a lot
less each.

Một “danh sách” các hệ thống nhúng

Hệ thống chống bó (Anti-lock brakes)
Tự động điều chỉnh tiêu cự (Auto-focus cameras)
Tự động trả lời (Automatic teller machines)
Thanh toán tự động (Automatic toll systems)
Truyền dẫn tự động (Automatic transmission)
Avionic systems
Xạc bin (Battery chargers)
Máy quay KTS (Camcorders)
Điện thoại di động (Cell phones)
Trạm di động (Cell-phone base stations)
Điện thoại không dây (Cordless phones)
Điều khiển lái (Cruise control)
Camera số (Digital cameras)
Ổ đĩa cứng
Thiết bị đọc thẻ điện tử
Dụng cụ điện tử
Đồ chơi điện tử
Điều khiển nhà máy
Máy Fax
Thiết bị nhận dạng vân tay
Hệ thống an ninh tòa nhà
Hệ thống kiểm tra y tế

Modems
Bộ giải mã MPEG
Card mạng
Định tuyến/chuyển mạch
Thiết bị định vị
Máy photocopy
Máy in
Điện thoại vệ tinh
Máy quét
Máy giặt
Thiết bị nhận dạng giọng nói
Hệ thống thị giác
Hội nghị từ xa
Truyền hình
Bộ điều khiển nhiệt độ
Hệ thống chống trộm
Đầu VCR's, DVDs
Điện thoại có hình
Máy rửa bát
vv....

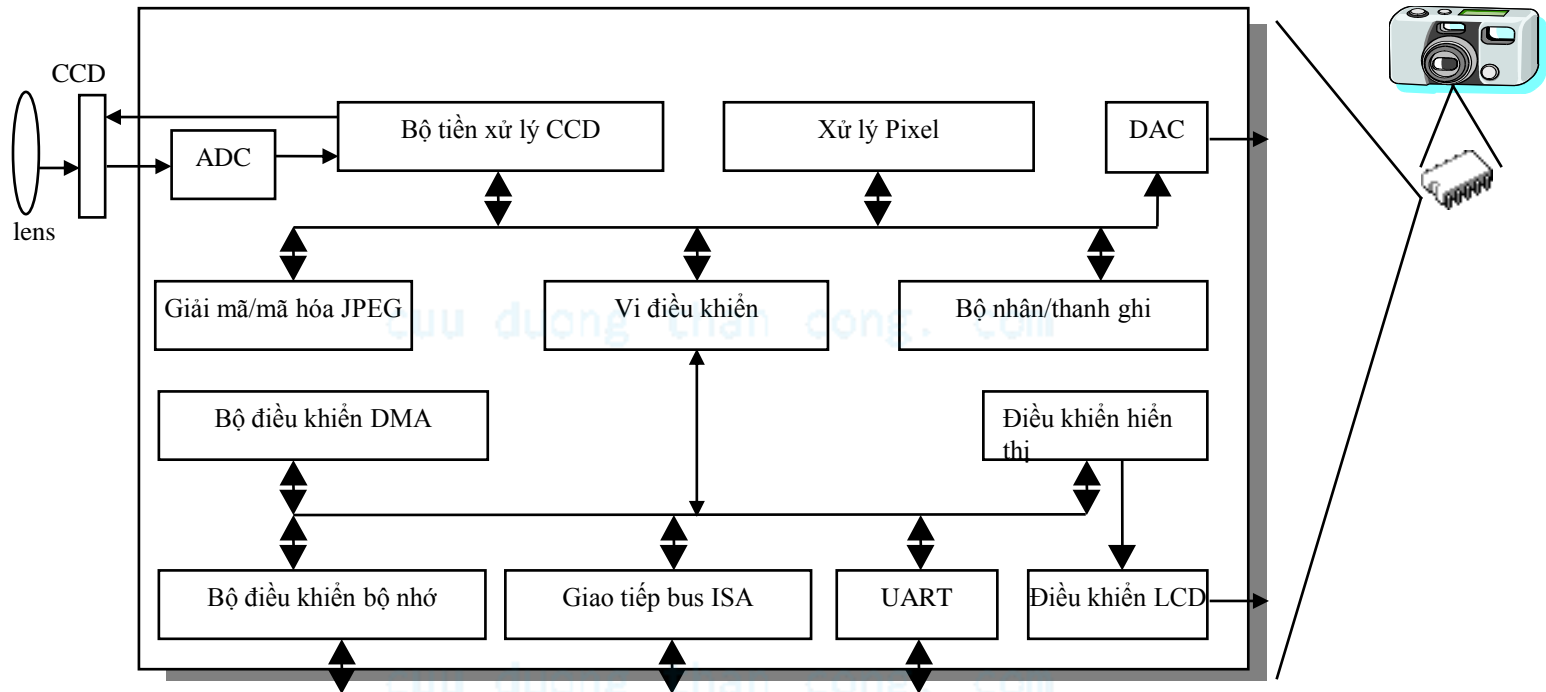


Và rất nhiều thiết bị khác

Một số đặc tính chung của hệ thống nhúng

- Có chức năng đơn lẻ
 - Thực hiện một chương trình đơn lẻ, lặp lại
- Có nhiều ràng buộc
 - Giá thành thấp, công suất tiêu thụ thấp, nhỏ, nhanh, vv.
- Tương tác và thời gian thực
 - Tương tác liên tục với những thay đổi trong môi trường xung quanh
 - Phải tính toán kết quả trong một khoảng thời gian thực (real-time) không có hoặc ít trễ

Một ví dụ về hệ thống nhúng – Camera số



- Chức năng đơn lẻ -- luôn là một camera số
- Các ràng buộc – giá thấp, công suất thấp, nhỏ và nhanh
- Tương tác và thời gian thực – thời gian thực hiện ngắn

Yêu cầu thiết kế hệ nhúng – tối ưu các thông số thiết kế

- Mục tiêu thiết kế tổng quát:
 - Xây dựng một hệ thống thực hiện các chức năng yêu cầu.
- Các yêu cầu về thiết kế:
 - Tối ưu các thông số thiết kế đồng thời
- Các thông số thiết kế
 - Đặc tính xác định việc thực hiện hệ thống
 - Tối ưu các thông số thiết kế là thách thức chủ yếu trong thiết kế hệ thống nhúng

Yêu cầu thiết kế hệ nhúng – tối ưu các thông số thiết kế

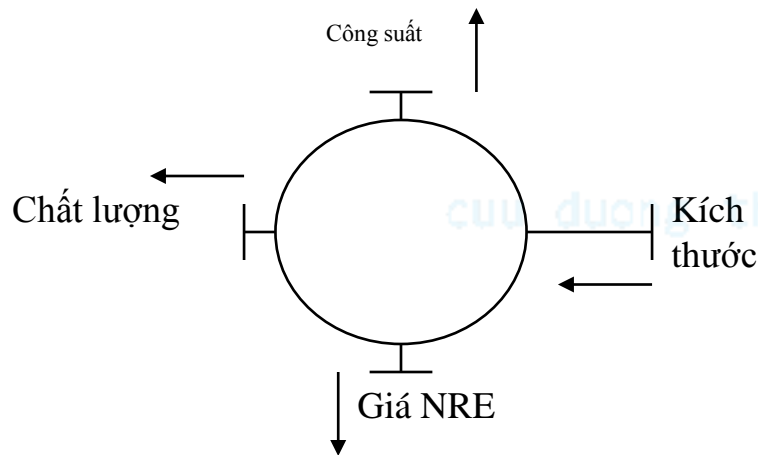
- Các thông số chung
 - Giá của thiết bị: là giá thành sản xuất mỗi sản phẩm, bao gồm giá kỹ thuật
 - Giá (Giá kỹ thuật không được sử dụng lại): Giá thiết kế hệ thống một lần
 - Kích thước: không gian vật lý yêu cầu của hệ thống
 - Chất lượng: thời gian làm việc hoặc tuổi thọ của hệ thống, vv.
 - Công suất: lượng công suất tiêu thụ của hệ thống
 - Độ linh hoạt: khả năng thay đổi các chức năng của hệ thống không làm thay đổi giá kỹ thuật

Yêu cầu thiết kế hệ nhúng – tối ưu các thông số thiết kế

- Các thông số chung (tiếp)
 - Thời gian thử nghiệm: thời gian cần thiết để chế tạo một phiên bản làm việc được
 - Thời gian đưa ra thị trường: thời gian cần thiết để phát triển một hệ thống có thể bán tới khách hàng
 - Khả năng bảo trì: khả năng thay thế và sửa chữa khi có sự cố
 - Độ tin cậy, độ an toàn, vv.

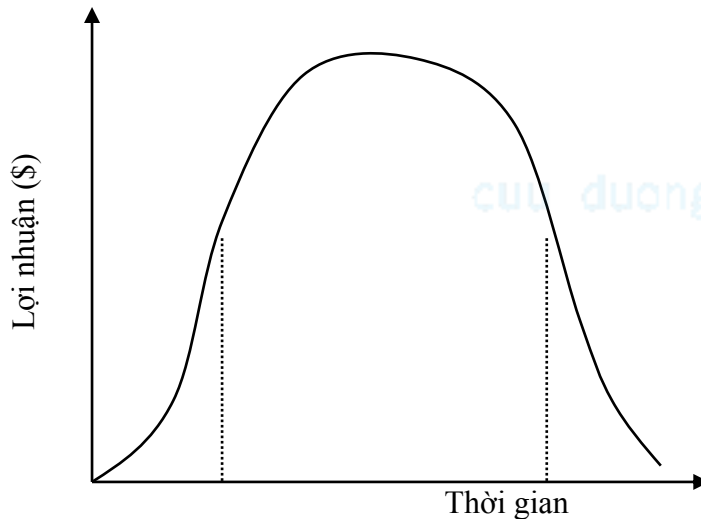
cuu duong than cong. com

Xem xét các thông số thiết kế - cải thiện một thông số có thể làm ảnh hưởng các thông số khác



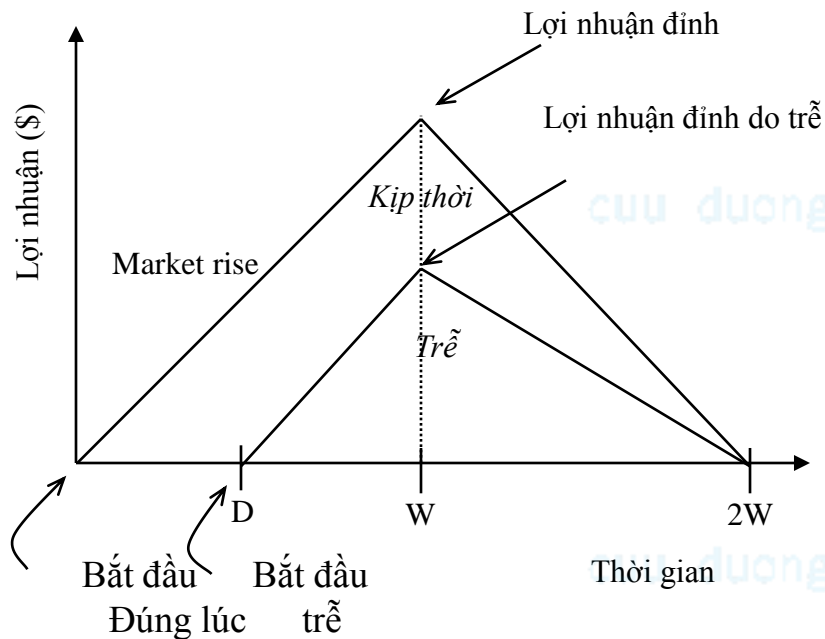
- Yêu cầu kinh nghiệm cả về **phần cứng và phần mềm** để tối ưu quá trình thiết kế
 - Không chỉ đơn thuần là một chuyên gia phần cứng, hoặc phần mềm.
 - Một người thiết kế phải hiểu nhiều công nghệ khác nhau để lựa chọn công nghệ tốt nhất cho một ứng dụng cụ thể.

Thời gian đưa ra thị trường: một thông số thiết kế quan trọng



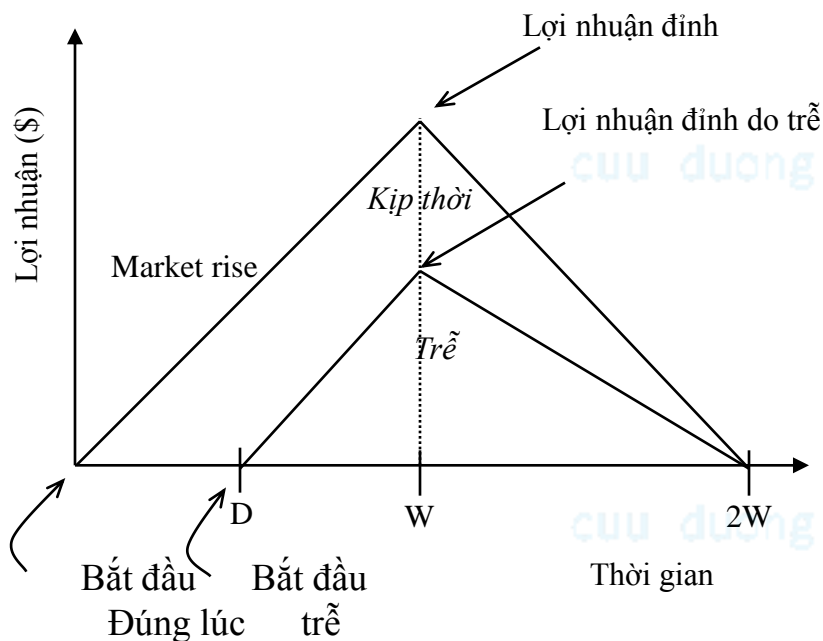
- Thời gian cần thiết để cung cấp sản phẩm tới khách hàng
- “Cửa sổ” thị trường
 - Giai đoạn mà sản phẩm có khả năng bán được số lượng lớn nhất.
- Trung bình thời gian đưa ra thị trường cho một sản phẩm nhúng là 8 tháng
- Kéo dài hơn sẽ tăng giá sản phẩm và làm mất cơ hội cạnh tranh

Các mất mát do đưa ra thị trường trễ



- Mô hình lợi nhuận đơn giản
 - Chu kỳ sống = $2W$, đỉnh tại W
 - Thời gian đưa ra thị trường định nghĩa như 1 hình tam giác, diễn tả sự thâm nhập thị trường
 - Vùng diện tích tam giác biểu thị lợi nhuận
- Chi phí cơ hội
 - Là sự khác nhau giữa vùng đưa ra kịp thời và đưa ra trễ

Các mất mát do đưa ra thị trường trễ (tiếp)



- Diện tích = $1/2 * \text{đáy} * \text{chiều cao}$
 - Đúng hạn = $1/2 * 2W * W$
 - Trễ = $1/2 * (W-D+W)*(W-D)$
- Phần trăm lợi nhuận bị mất = $(D(3W-D)/2W^2)*100\%$
- Ví dụ
 - Chu kỳ sống $2W=52$ tuần, trễ $D=4$ tuần
 - $(4*(3*26-4)/2*26^2) = 22\%$
 - Chu kỳ sống $2W=52$ tuần, trễ $D=10$ tuần
 - $(10*(3*26-10)/2*26^2) = 50\%$
 - Trễ làm giảm lợi nhuận!

Các thông số về giá NRE và giá đơn chiếc

- Giá thành:
 - Giá thành đơn chiếc: lượng chi phí để sản xuất một thiết bị, bao gồm giá NRE
 - Giá NRE (Non-Recurring Engineering cost): Giá thiết kế hệ thống một lần
 - $\text{Giá trị tổng} = \text{giá NRE} + \text{giá đơn chiếc} * \text{số lượng}$
 - $\text{Giá thành sx đơn chiếc} = \text{Giá trị tổng} / \text{số lượng}$

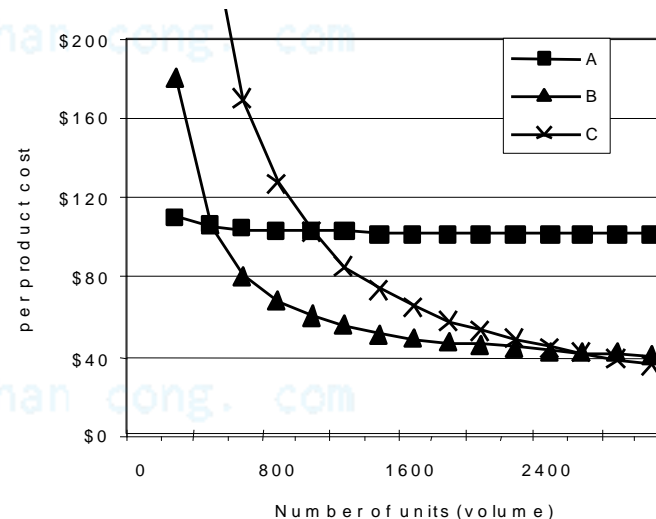
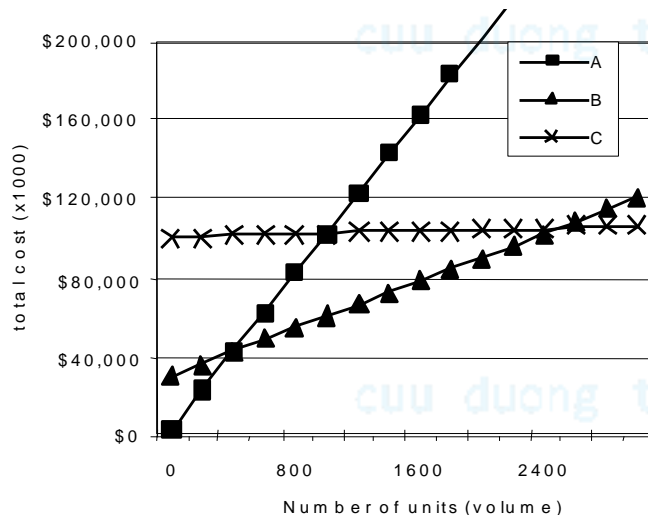
cuu duong than cong. com

- Ví dụ
 - Giá NRE=\$2000, giá đơn vị=\$100
 - Đối với 10 sản phẩm
 - Tổng giá trị = \$2000 + 10*\$100 = \$3000
 - Giá thành từng sản phẩm = \$2000/10 + \$100 = \$300

cuu duong than cong. com

Các thông số về giá NRE và giá đơn chiếc

- So sánh các công nghệ về giá
 - Công nghệ A: NRE=\$2,000, đơn giá =\$100
 - Công nghệ B: NRE=\$30,000, đơn giá =\$30
 - Công nghệ C: NRE=\$100,000, đơn giá =\$2



- Ngoài ra, còn phải quan tâm tới thời gian đưa ra thị trường

Thông số chất lượng

- Tránh lạm dụng các thông số
 - Tần số xung nhịp, số lệnh trên giây – không đánh giá tốt chất lượng
 - Ví dụ camera số – một người sử dụng quan tâm tốc độ xử lý ảnh, không phải tốc độ xung nhịp hoặc số lệnh trên giây
- Trễ (thời gian đáp ứng)
 - Thời gian giữa khởi đầu và kết thúc một tác vụ
 - VD, Camera's A và B xử lý hình ảnh trong 0.25 giây
- Dung lượng, lưu lượng
 - Số tác vụ trên giây, VD Camera A xử lý 4 ảnh trên giây

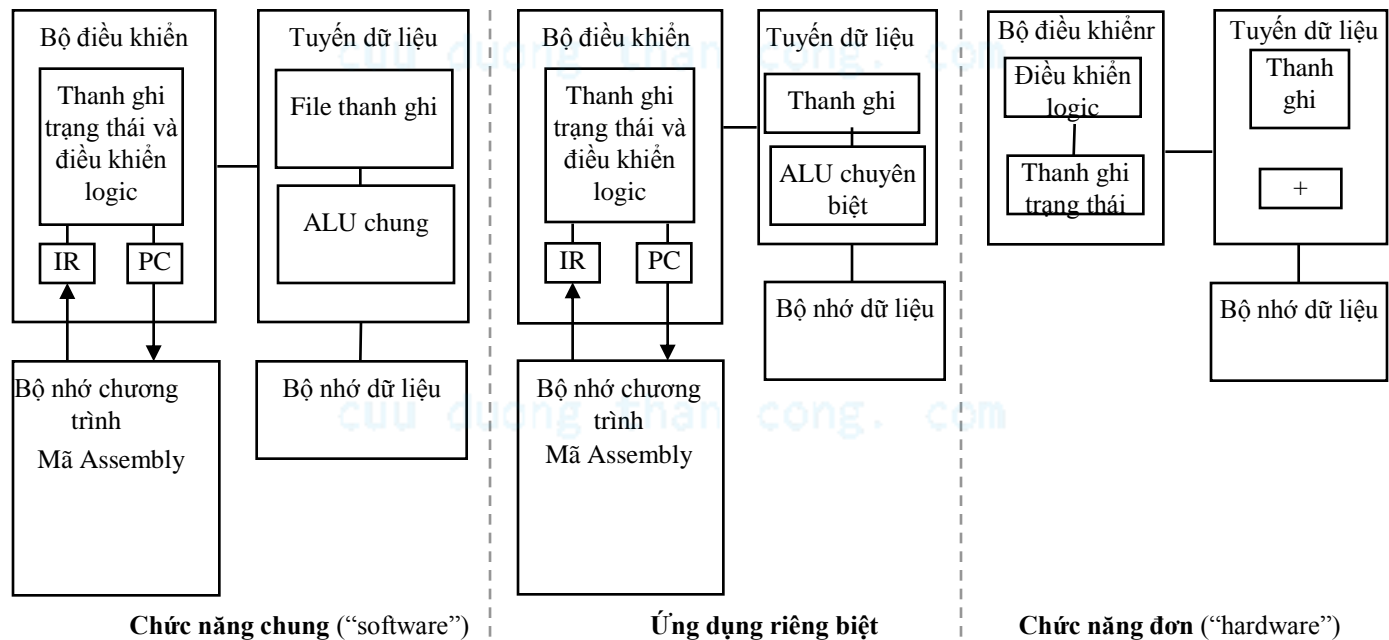
Ba công nghệ chìa khóa của hệ thống nhúng

- Công nghệ
 - Công nghệ ám chỉ việc thực hiện một tác vụ, sử dụng quá trình kỹ thuật, phương pháp và hiểu biết.
- Ba công nghệ chìa khóa đối với hệ thống nhúng
 - Công nghệ xử lý (processor technology)
 - Công nghệ IC (IC technology)
 - Công nghệ thiết kế (design technology)

cuu duong than cong. com

Công nghệ xử lý

- Kiến trúc của các thiết bị tính toán sử dụng để thực hiện một chức năng yêu cầu
- Bộ xử lý không yêu cầu phải lập trình lại
 - “Bộ xử lý” không giống với GPP



Công nghệ xử lý

- Bộ xử lý thay đổi tùy thuộc vào vấn đề mà nó xử lý



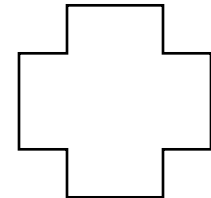
Chức năng mong
muốn



Bộ xử lý chức
năng chung



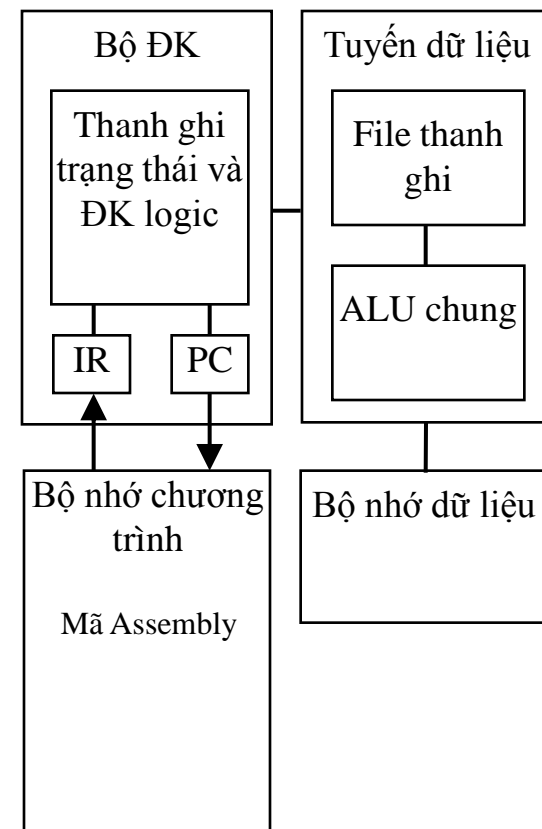
Bộ xử lý chuyên biệt



Bộ xử lý chức
năng đơn

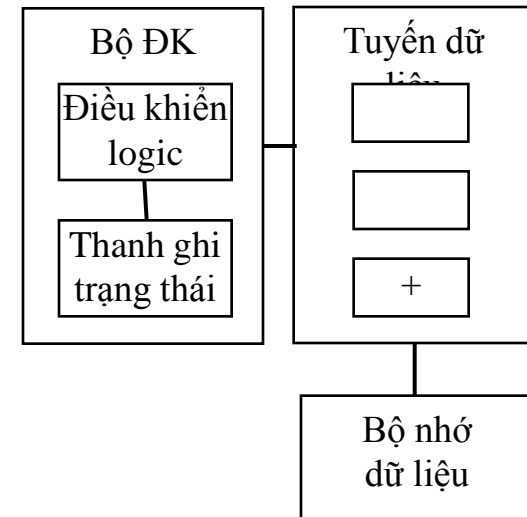
Bộ xử lý chức năng chung (General purpose processors)

- Là các thiết bị có thể lập trình sử dụng cho nhiều ứng dụng khác nhau
 - Đôi khi còn được gọi là “microprocessor”
- Đặc điểm
 - Có bộ nhớ chương trình
 - Có nhiều thanh ghi và đơn vị tính toán ALU
- Lợi ích
 - Giá thành đưa sản phẩm ra thị trường và giá thành NRE thấp
 - Độ linh hoạt cao
- Nổi tiếng nhất là bộ xử lý “Pentium”, tuy nhiên cũng có rất nhiều loại khác



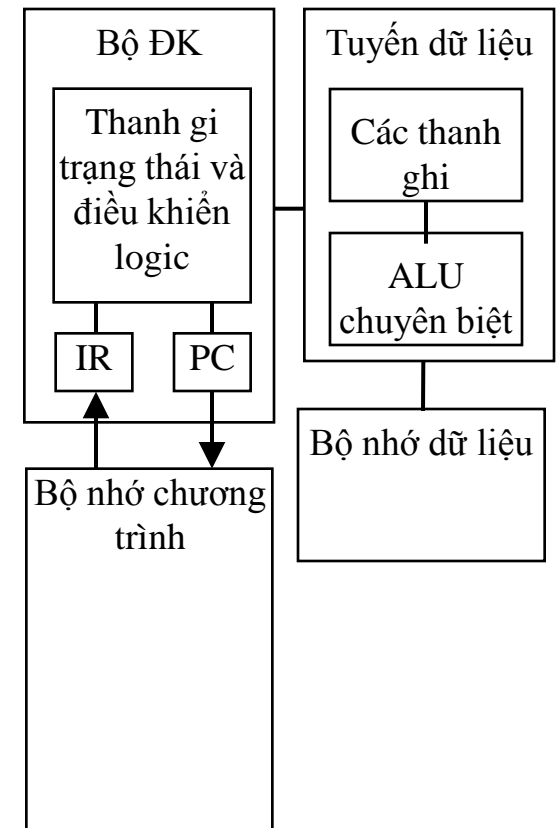
Bộ xử lý chức năng đơn (Single purpose processors)

- Là mạch số được thiết kế để thực hiện chính xác một chương trình
 - VD các thiết bị điều khiển ngoại vi
- Đặc điểm
 - Chỉ chứa các phần tử cần thiết cho một chương trình duy nhất
 - Không có bộ nhớ chương trình
- Lợi ích
 - Nhanh
 - Công suất thấp
 - Kích thước nhỏ



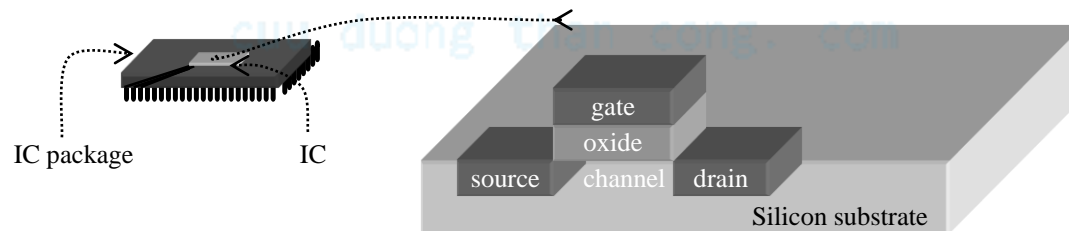
Bộ xử lý ứng dụng chuyên biệt (Application-specific processors)

- Bộ xử lý có thể lập trình được và tối ưu cho một loại ứng dụng cụ thể có nhiều đặc tính chung
 - Nó là sự cân bằng (dung hòa giữa GP processors và SP processors)
- Đặc điểm
 - Có bộ nhớ chương trình
 - Tuyến dữ liệu được thiết kế tối ưu
 - Có các đơn vị chức năng đặc biệt
- Lợi ích
 - Có độ linh hoạt nhất định, chất lượng, kích thước và công suất tốt



Công nghệ IC

- Là công nghệ thực hiện các cổng logic số và được tích hợp trên một thiết bị (IC)
 - IC: mạch tích hợp, hoặc “chip”
 - Công nghệ IC biến đổi tùy thuộc vào thiết kế cho một ứng dụng cụ thể
 - IC thường bao gồm một số lớp (10 lớp hoặc lớn hơn)
 - Công nghệ IC khác nhau ở khía cạnh ai xây dựng các lớp và khi nào chúng được xây dựng (thứ tự)



Công nghệ IC

- Có 3 công nghệ IC điển hình
 - VLSI (very large scale integrated)
 - ASIC (application specific IC - IC chức năng chuyên biệt)
 - PLD (programmable logic devices - thiết bị logic khả lập trình)

cuu duong than cong. com

Chuyên dụng – đầy đủ/Full-custom VLSI

- Tất cả các lớp được tối ưu cho việc thực hiện một hệ thống nhúng
 - Cách bố trí các transistors
 - Kích thước/số lượng các transistors
 - Kết nối
- Lợi ích
 - Chất lượng tốt, kích thước nhỏ, công suất thấp
- Hạn chế
 - Giá NRE cao, thời gian đưa ra thị trường lâu

Bán chuyên dụng (semi-custom)

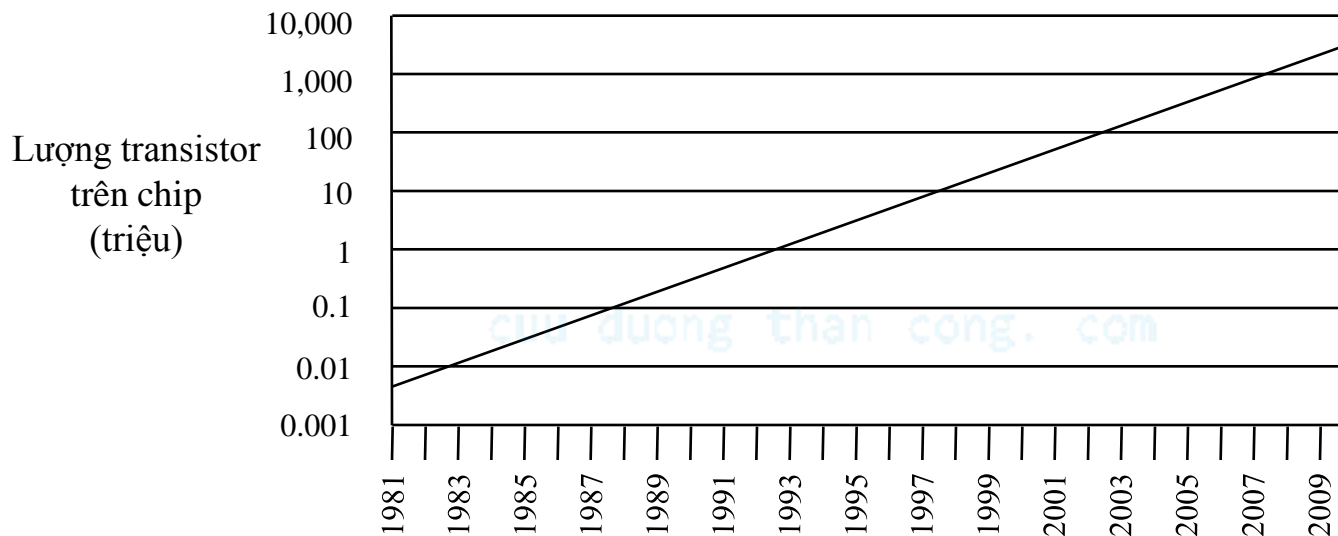
- Các lớp mức thấp được thiết kế một phần hay toàn bộ
 - Người thiết kế được quyền thay đổi kết nối hoặc thêm/bớt các khối
- Lợi ích
 - Chất lượng tốt, kích thước nhỏ, giá NRE giảm so với full-custom
- Nhược điểm
 - Vẫn cần hàng tuần hoặc hàng tháng để thiết kế

PLD (Thiết bị logic khả trình)

- Tất cả các lớp đã có sẵn
 - Người thiết kế có thể mua một IC
 - Các kết nối trên IC được thực hiện bằng cách lập trình
 - Nổi tiếng nhất là FPGA (Field-Programmable Gate Array)
- Lợi ích
 - Giá NRE thấp
- Nhược điểm
 - Kích thước lớn, đắt, tiêu thụ nhiều công suất và tốc độ chậm

Luật Moore

- Sự phát triển của hệ nhúng
 - Dự đoán đưa ra năm 1965 bởi người đồng sáng lập Intel
- Số lượng transistor tích hợp trên vi mạch tăng gấp đôi sau mỗi 18 tháng**



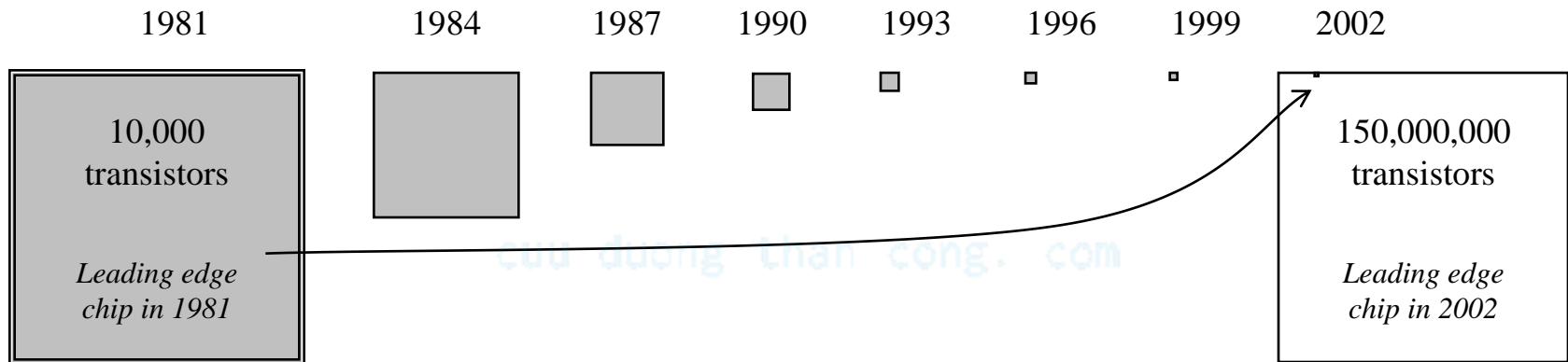
Luật Moore

- Điều ngạc nhiên
 - Tốc độ tăng trưởng này rất khó tưởng tượng, nhiều người ban đầu không tin tưởng

cuu duong than cong. com

cuu duong than cong. com

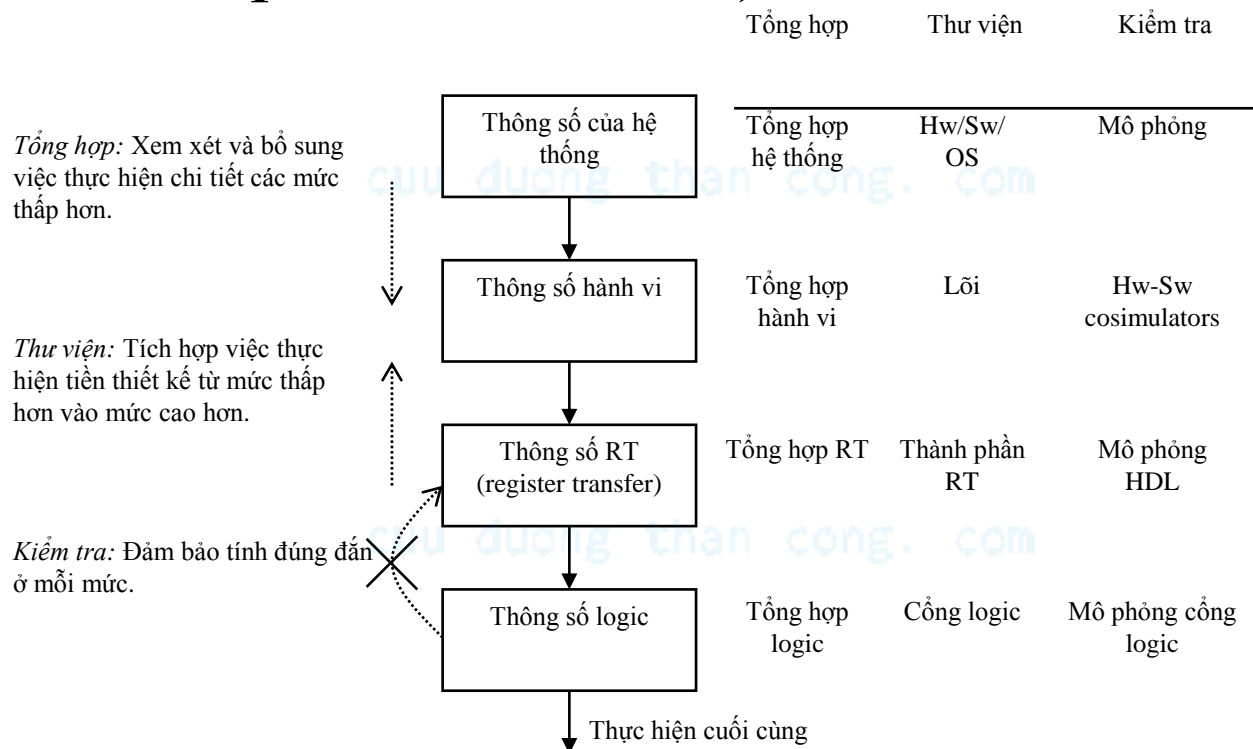
Minh họa đồ thị luật Moore



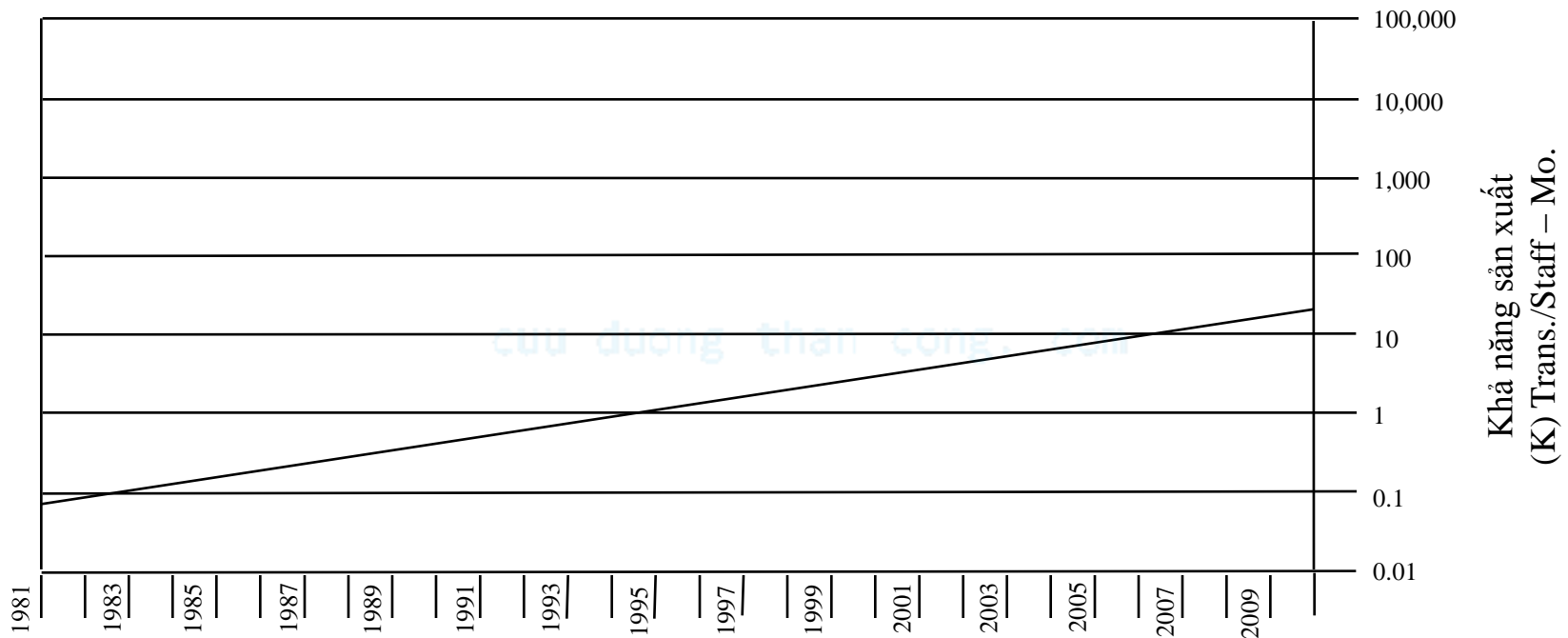
- Một chip năm 2002 có thể chứa khoảng 15,000 chips sản xuất năm 1981 (với cùng kích thước)

Công nghệ thiết kế

- Cách chúng ta biến ý tưởng thiết kế thành hiện thực (thực hiện quá trình thiết kế)



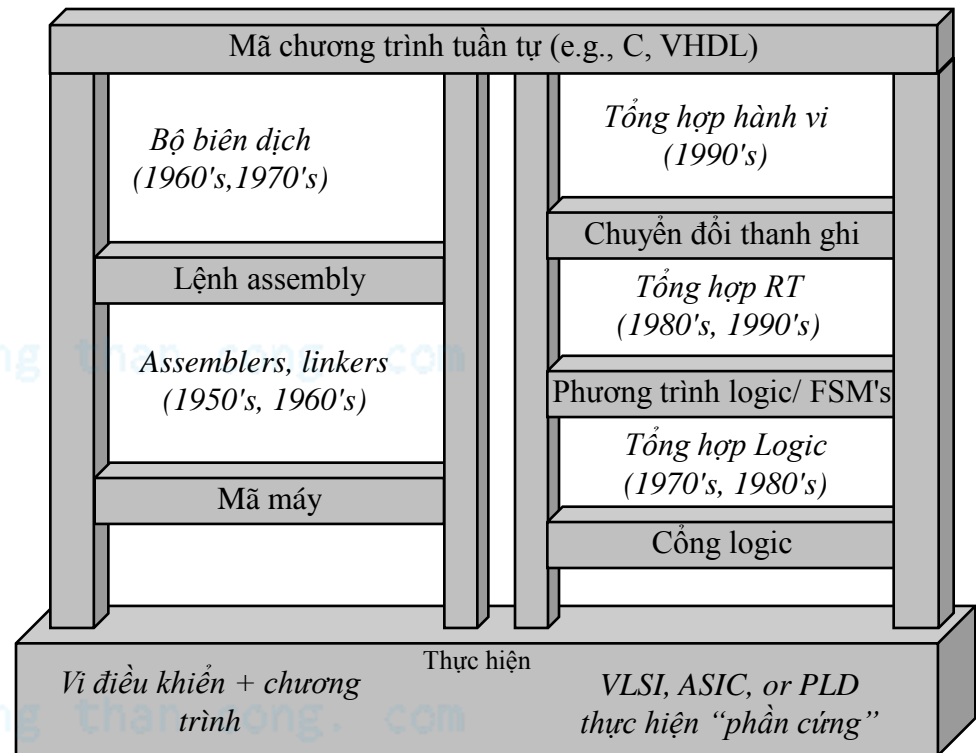
Công nghệ thiết kế tăng theo hàm số mũ



- Tăng theo hàm mũ trong nhiều thập kỷ qua

Đồng thiết kế (co-design)

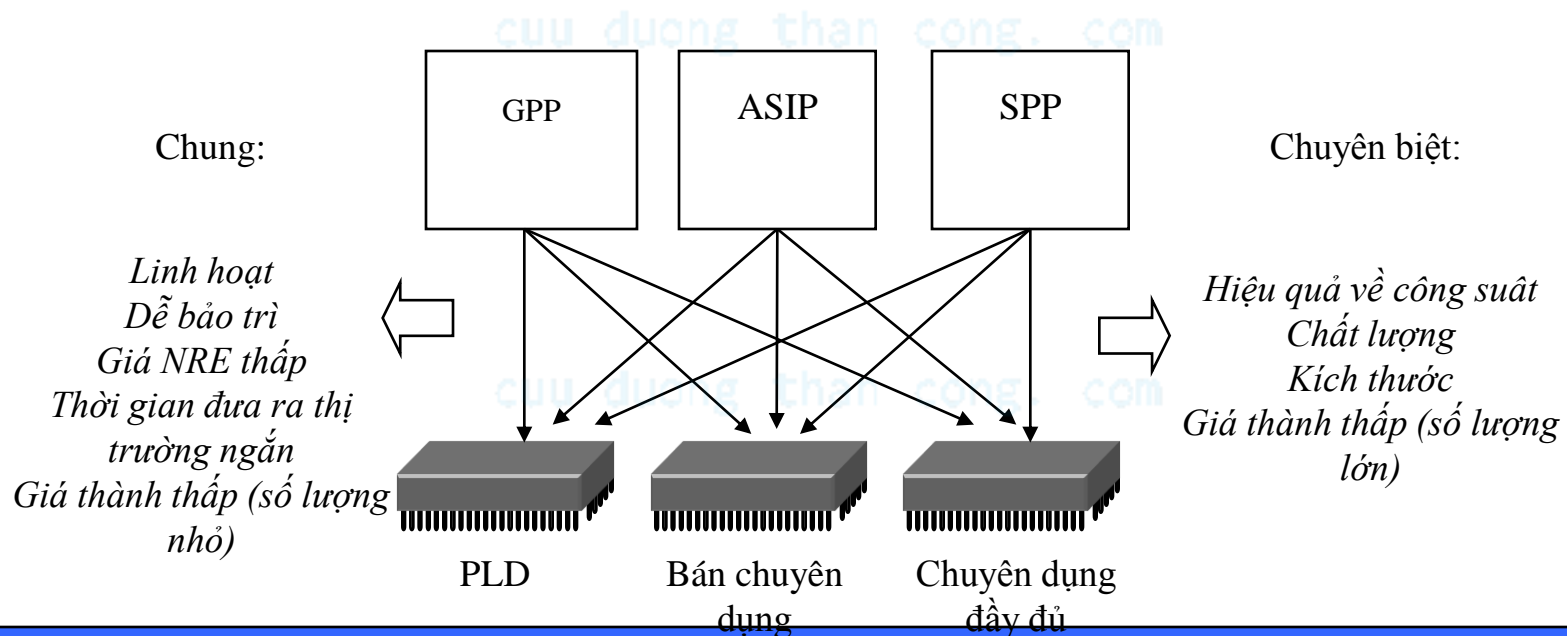
- Trong quá khứ:
 - Công nghệ thiết kế phần cứng và phần mềm rất khác nhau
 - Công nghệ thiết kế gần đây cho phép tổng hợp việc thiết kế HW và SW
- Đồng thiết kế phần cứng/phần mềm



Việc lựa chọn HW hay SW cho các chức năng nhất định là sự lựa chọn cân bằng giữa nhiều thông số thiết kế, như chất lượng, công suất, kích thước, giá thành,...

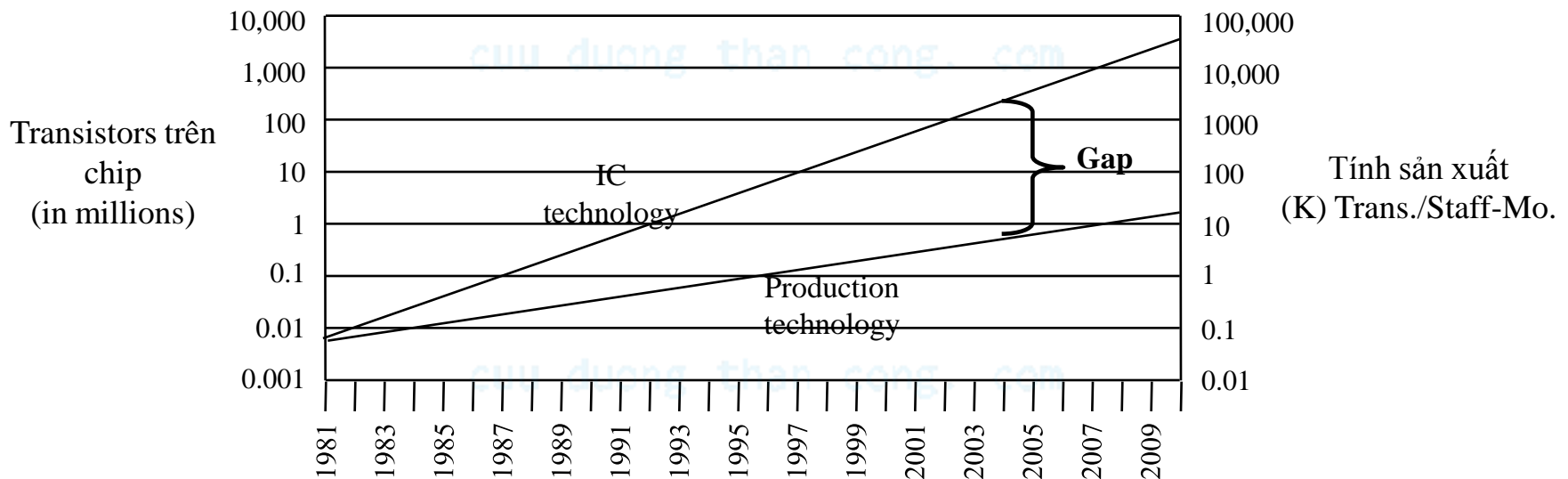
Tính độc lập của bộ xử lý và công nghệ IC

- Cân bằng cơ bản
 - Chung hay chuyên biệt
 - Tập trung vào công nghệ xử lý hay công nghệ IC
 - Hai công nghệ có tính độc lập với nhau



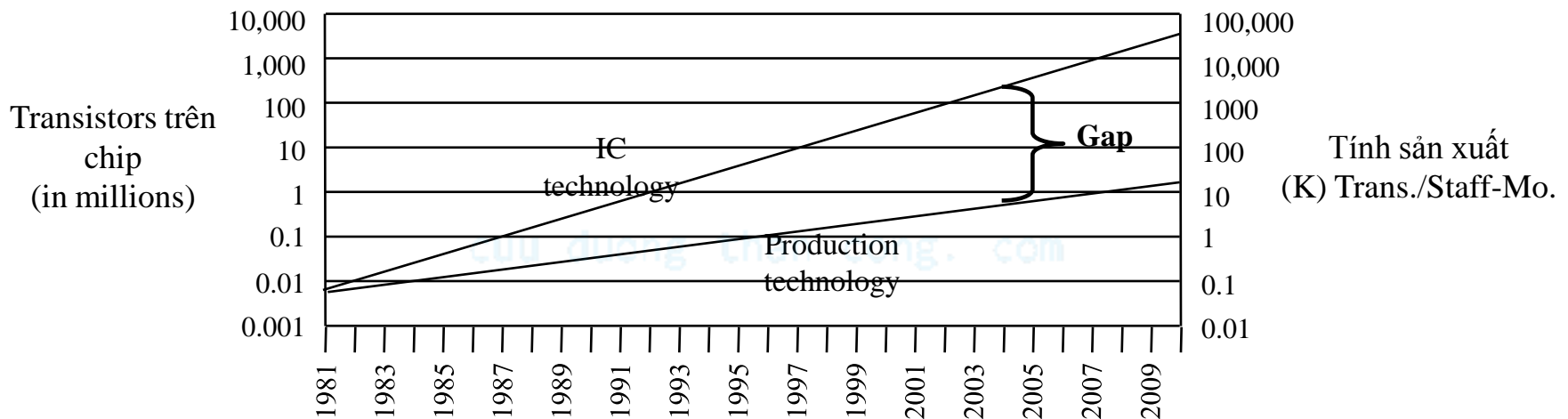
Khoảng trống thiết kế sản phẩm

- Trong khi các nhà thiết kế sản phẩm đã tăng trưởng ở một tốc độ ấn tượng trong thời gian qua, tuy nhiên tốc độ này không theo kịp tốc độ tích hợp chip, tạo ra một khoảng trống



Khoảng trống thiết kế sản phẩm

- Năm 1981, các chip yêu cầu 100 tháng lao động (người thiết kế)
 - 10,000 transistors / 100 transistors/month
- Năm 2002, các chip yêu cầu 30,000 tháng lao động (người thiết kế)
 - 150,000,000 / 5000 transistors/month
- Giá người thiết kế tăng từ \$1M tới \$300M



Tóm tắt

- Hệ thống nhúng có mặt ở mọi nơi
- Thách thức chính: tối ưu các thông số thiết kế
 - Các thông số thiết kế có quan hệ ràng buộc với nhau
- Vì vậy, có hiểu biết chung về cả phần cứng và phần mềm là rất cần thiết để tăng tính sản xuất của hệ nhúng
- Ba công nghệ chìa khóa đối với hệ nhúng
 - Công nghệ bộ xử lý: Chức năng chung, chức năng đơn hay chức năng chuyên biệt
 - Công nghệ IC: Chuyên dụng đầy đủ, bán chuyên dụng, PLD
 - Công nghệ thiết kế: Biên dịch/tổng hợp, thư viện/IP, kiểm tra/thử nghiệm