

**ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI**

**TRƯỜNG ĐIỆN – ĐIỆN TỬ**

BÁO CÁO HỆ THỐNG NHÚNG

VÀ THIẾT KẾ GIAO TIẾP NHÚNG

**Đề tài: Điều khiển bồn cầu tự động**

**Nhóm sinh viên thực hiện:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tên sinh viên** | **MSSV** | **Mã lớp** |
| Phạm Ngọc Lâm | 20182628 | 133385 |
| Nguyễn Việt Thi | 20182798 | 133385 |
| Nguyễn Huy Nam | 20182695 | 133385 |

**Giảng viên hướng dẫn:** TS. Phạm Văn Tiến

Hà Nội – 6/2022

# MỤC LỤC

[MỤC LỤC 1](#_bookmark0)

[DANH MỤC HÌNH ẢNH i](#_bookmark1)

[DANH MỤC BẢNG ii](#_bookmark2)

[LỜI NÓI ĐẦU iii](#_bookmark3)

[CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU CHUNG (INTRODUCTION) 1](#_bookmark4)

* 1. [Giới thiệu chung 1](#_bookmark5)
  2. [Hệ thống thời gian thực (Real-time operating system) 1](#_bookmark6)
  3. [Hệ thống điều khiển thang máy cao ốc 1](#_bookmark7)

[CHƯƠNG 2. MÔ HÌNH HÓA HỆ THỐNG 4](#_bookmark9)

* 1. [Mô hình hóa hệ thống sử dụng UML 4](#_bookmark10)
     1. [Use case Diagram 4](#_bookmark11)
     2. [Class Diagram 5](#_bookmark13)
     3. [State Diagram 5](#_bookmark15)
     4. [Sequence Diagram 6](#_bookmark17)
  2. [Mô hình hóa hệ thống sử dụng SystemC 9](#_bookmark23)
  3. [Kết luận 12](#_bookmark27)

[CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ HỆ THỐNG (SYSTEM DESIGN) 13](#_bookmark28)

* 1. [Thiết kế phần cứng 13](#_bookmark29)
     1. [Lưu đồ thuật toán cho bộ điều khiển 1 thang máy 13](#_bookmark30)
     2. [Thiết kế sơ đồ ASMD (Algorithm State Machine and Datapath) 15](#_bookmark32)
  2. [Thiết kế phần mềm 18](#_bookmark36)
     1. [Mục tiêu 18](#_bookmark37)
     2. [Lý do lựa chọn phần mềm 18](#_bookmark38)
     3. [Thiết kế 20](#_bookmark39)
     4. [Hướng triển khai 22](#_bookmark42)
     5. [Giải quyết các vấn đề gặp phải trong quá trình triển khai 22](#_bookmark43)
  3. [Thiết kế giao tiếp giữa phần cứng và phần mềm 23](#_bookmark44)
     1. [Mô tả chi tiết các đầu vào và ra 23](#_bookmark46)

[CHƯƠNG 4. KIỂM THỬ (VERIFICATION) 25](#_bookmark47)

* 1. [Kế hoạch kiểm thử 25](#_bookmark48)
     1. [Kịch bản test 25](#_bookmark49)
     2. [Kiểm thử thiết kế phần cứng bộ điều khiển cho 1 thang máy sử dụng ModelSim](#_bookmark50)

[......................................................................................................................................... 25](#_bookmark50)

* + 1. [Triền khai tích hợp hệ thông sử dụng kit FPGA ZC702 và phần mềm Vivado26](#_bookmark52)
  1. [***Kết quả và đánh giá 29***](#_bookmark60)

[**CHƯƠNG 5. BÁO CÁO CÁ NHÂN 30**](#_bookmark61)

* 1. [***Thiết kế phần cứng 30***](#_bookmark62)
     1. [Lưu đồ thuật toán cho bộ điều khiển 1 thang máy 30](#_bookmark63)
     2. [Thiết kế sơ đồ ASMD (Algorithm State Machine and Datapath) 32](#_bookmark64)
     3. [Triền khai tích hợp hệ thông sử dụng kit FPGA ZC702 và phần mềm Vivado35](#_bookmark65)
  2. [***Kết quả và đánh giá 38***](#_bookmark66)

[**CHƯƠNG 6. KẾT LUẬN 39**](#_bookmark67)

[**TÀI LIỆU THAM KHẢO 40**](#_bookmark68)

# DANH MỤC HÌNH ẢNH

[Hình 2.1 Use case diagram của hệ thống thang máy 4](#_bookmark12)

[Hình 2.2 Class Diagram của hệ thống thang máy 5](#_bookmark14)

[Hình 2.3 State Diagram cho phần mềm hệ thống 6](#_bookmark16)

[Hình 2.4 Sequence Diagram cho nút bấm ngoài thang 7](#_bookmark18)

[Hình 2.5 Sequence Diagram cho nút bấm bên trong thang 7](#_bookmark19)

[Hình 2.6 Sequence Diagram cho hoạt động mở cửa 8](#_bookmark20)

[Hình 2.7 Sequence Diagram cho cảnh báo overload 8](#_bookmark21)

[Hình 2.8 Sequence Diagram cho cảnh báo cháy 9](#_bookmark22)

[Hình 2.9 Sơ đồ hệ thống thang máy sử dụng systemC 10](#_bookmark24)

[Hình 3.1 Lưu đồ thuật toán mô tả hoạt động thang máy 15](#_bookmark31)

[Hình 3.2 Sơ đồ ASMD 16](#_bookmark33)

[Hình 3.3 Sơ đồ kết nối khối Control unit và datapath 17](#_bookmark34)

[Hình 3.4 Sơ đồ phần mềm hệ thống 20](#_bookmark40)

[Hình 3.5 Sơ đồ hoạt động tìm kiếm 21](#_bookmark41)

[Hình 3.6 Sơ đồ toàn hệ thống giao tiếp giữa vi xử lý và phần cứng 23](#_bookmark45)

[Hình 4.1 Kết quả mô phỏng 26](#_bookmark51)

[Hình 4.2 Tạo project trên phần mềm vivado 26](#_bookmark53)

[Hình 4.3 Block design 27](#_bookmark54)

[Hình 4.4 Kit FPGA ZC702 27](#_bookmark55)

[Hình 4.5 Năng lượng tiêu thụ ước tính 28](#_bookmark56)

[Hình 4.6 Báo cáo timming 28](#_bookmark57)

[Hình 4.7 Tài nguyên tiêu tốn 28](#_bookmark58)

[Hình 4.8 Gen bitstream và tạo sdk 29](#_bookmark59)

# DANH MỤC BẢNG

[Bảng 1.1: Bảng thông số kỹ thuật 2](#_bookmark8)

[Bảng 2.1 Tín hiệu đầu vào/ đầu ra của elevator controller 11](#_bookmark25)

[Bảng 2.2 Tín hiệu đầu vào/ đầu ra của phần mềm hệ thống 12](#_bookmark26)

[Bảng 3.1 Bảng mô tả thông số kỹ thuật 17](#_bookmark35)

# LỜI NÓI ĐẦU

Thời gian gần đây, các Hệ thống nhúng – Thời gian thực được quan tâm nhiều hơn ở Việt Nam, và trên thế giới thì các hệ thống này đã và đang được phát triển mạnh mẽ và là xu hướng thịnh hành ở các nước Công nghiệp vì những lợi ích to lớn, thiết thực mà nó mang lại. Chương trình học môn Hệ thống nhúng và thiết kế giao tiếp nhúng là một phần quan trọng giúp hiểu rõ quy trình thiết kế, đánh giá hệ thống nhúng. Trong báo cáo này, nhóm chúng em triển khai thiết kế và mô phỏng hệ thống nhúng cho Điều khiển bồn cầu tự động. Thiết kế được triển khai bằng ngôn ngữ mô tả phần cứng System Verilog và ngôn ngữ C, mô phỏng kiểm thử trên phần mềm Vivado. Cho ra kết quả hoạt động đúng với yêu cầu bài toán. Chúng em sẽ đi trình bày cụ thể những gì chúng em đã làm được thông qua 4 chương sau:

**Chương 1: Giới thiệu chung (Introduction) Chương 2: Đặc tả hệ thống (System Specification) Chương 3: Thiết kế hệ thống (System Design) Chương 3: Kiểm thử (Testing)**

**Chương 4: Kết luận**

Nhóm chúng em xin chân thành cảm ơn thầy Phạm Văn Tiến đã tận tâm hướng dẫn nhóm chúng em trong quá trình thực hiện bài tập lớn cũng như hoàn hiện báo cáo này!

# CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU CHUNG (INTRODUCTION)

*Chương này giới thiệu khái quát và các kiến thức cơ bản về hệ thống nhúng bài toán Hệ thống Điều khiển thang máy cao ốc.*

## Giới thiệu chung

Hệ thống nhúng (Embedded Systems) là sự kết hợp của phần cứng và phần mềm máy tính, và có thể bổ sung phần cơ khí hoặc một số bộ phận khác, được thiết kế để thực hiện một chức năng cụ thể. Điều này trái ngược hoàn toàn với máy tính cá nhân như Laptop, Computer, … Nó cũng bao gồm phần cứng, phần mềm các thành phần cơ khí. Tuy nhiên, máy tính cá nhân không được thiết kế để thực hiện một chức năng cụ thể. Đúng hơn là nó thực hiện nhiều công việc khác nhau, hay có thể sử dụng thuật ngữ máy tính đa năng để phân biệt mới máy tính hệ nhúng.

Thông thường, một hệ thống nhúng là một thành phần trong một số hệ thống lớn hơn. Như bài toán ta đang triển khai Điều kiển bồn cầu tự động, một hệ thống nhúng điều khiển xả nước, xịt rửa và làm ấm tự động.

## Hệ thống thời gian thực (Real-time operating system)

Trong các bài toán điều khiển chúng ta hay bắt gặp các thuật ngữ “Thời gian thực”. Thời gian thực không phải là thời gian phản ánh một cách trung thực, chính xác thời gian hay yêu cầu hệ thống phải trùng với thời gian thực tế.

Hệ thống thời gian thực được hiểu là các hoạt động của hệ thống phải thỏa mãn về tính tiền định. Tính tiền định là hành vi của hệ thống phải được thực hiên trong một khung thời gian cho trước hoàn toàn xác định, khung thời gian này được quyết định bởi đặc điểm và yêu cầu của hệ thống.

Thực tế cho thấy rằng hầu hết các hệ thống nhúng là các hệ thống thời gian thực và ngược lại các hệ thống thời gian thực là hệ thống nhúng.

## Hệ thống điều khiển bồn cầu tự động

Bồn cầu tự động là thiết bị ….

Hệ thống của một bồn cầu tự động bao gồm:

…..

Các thông số kĩ thuật được mô tả qua bảng sau:

**Bảng 1-1: Bảng thông số kỹ thuật**

|  |  |
| --- | --- |
| Item | Parameter |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

Yêu cầu về công nghệ:

* Dễ điều khiển
* An toàn tuyệt đối cho người và thiết bị
* Xử lí các tình huống phát sinh chuẩn xác
* Tiết kiệm điện năng
* Dễ dàng nâng cấp chỉnh sửa, bảo trì
* Đảm bảo tính thời gian thực

# CHƯƠNG 2. MÔ HÌNH HÓA HỆ THỐNG

*Chương này mô tả tổng quan về hệ thống bồn cầu tự động mà nhóm thực hiện*.

## Mô hình hóa hệ thống sử dụng UML

UML (Unified Modeling Language) là một ngôn ngữ được sử dụng để mô tả các đặc điểm của hệ thống. Dựa vào chỉ tiêu kĩ thuật đã được đề cập trong chương 1, nhóm thực hiện thiết kế hệ thống thang máy sử dụng UML.

### Use case Diagram

Tất cả các phần của hệ thống tương tác với con người hoặc các tác nhân tự động sử dụng hệ thống cho một số mục đích và cả con người và tác nhân đều mong đợi hệ thống hoạt động theo những cách có thể dự đoán được. Trong UML, use case diagram được sử dụng để mô hình hóa các hành vi của một hệ thống hoặc một phần của hệ thống.

Dựa theo các yêu cầu kĩ thuật đã được nêu trước đó, use case diagram của hệ thống bồn cầu tự động được thể hiện ở hình dưới.

…………………..Hình ảnh……..

**Hình 2.1 Use case diagram của hệ thống thang máy**

Tác nhân duy nhất trong hệ thống bồn cầu tự động là người sử dụng, đây là vai trò của con người khi tương tác với hệ thống. Người sử dụng tương tác với hệ thống. Do đó, biểu đồ use case cho thấy tác nhân có …

### Class Diagram

Biểu đồ lớp (Class Diagram) sẽ làm rõ các lớp, giao diện và mối quan hệ giữa chúng. Biểu đồ lớp liên quan đến mô tả hệ thống một cách tổng quan bao gồm các thuộc tính, hoạt động trong một lớp. Các thuộc tính và hoạt động có thể có của một hệ thống bồn cầu tự động được thể hiện trên hình dưới đây.

……. Hình ảnh ……..

**Hình 2.2 Class Diagram của hệ thống thang máy**

Từ hình trên, hệ thống bồn cầu tự động bao gồm ….

### State Diagram

Biểu đồ trạng thái (state diagram) để hiện luồng hoạt động của một thành phần hệ thống.

Dưới đây là biểu đồ trạng thái của phần mềm hệ thống.

……… Hình ảnh……….

**Hình 2.3 State Diagram cho phần mềm hệ thống**

Phần mềm hệ thống có nhiệm vụ ………

### Sequence Diagram

Sơ đồ trình tự (Sequence diagram) thể hiện tương tác giữa một tập hợp các đối tượng của hệ thống. Sơ đồ trình tự bao gồm tất cả các thông báo cho một phần hoặc một trường

hợp sử dụng. Ở đây, nhóm sử dụng sơ đồ trình tự để thể hiện sự tương tác giữa phần cứng và phần mềm, và các tương tác cho trường hợp cảnh báo của hệ thống.

***Sequence diagram cho nút bấm xịt rửa:***

***…….. Hình ảnh …….***

**Hình 2.4 Sequence Diagram cho nút bấm xịt rửa**

Dựa vào sơ đồ trên, khi người dùng bấm nút ….

***Sequence diagram cho nút bấm sấy khô:***

**Hình 2.5 Sequence Diagram cho nút bấm sấy khô**

Đối với các tín hiệu khi người dùng bấm nút …….

***Sequence cho hệ thống xả nước tự động:***

…………… Hình ảnh…

**Hình 2.6 Sequence Diagram cho hệ thống xả nước tự động**

Hệ thống xả ….

***Sequence diagram cho hệ thống làm ấm tự động:***

…….. Hình ảnh ………

**Hình 2.7 Sequence Diagram cho hệ thống làm ấm**

Hình bên trên thể hiện sequence diagram cho …..

***Sequence diagram cho hệ thống đèn tự động:***

………. Hình ảnh ……….

**Hình 2.8 Sequence Diagram cho hệ thống đèn tự động**

Hình trên thể hiện sequence diagram cho …..

## Mô hình hóa hệ thống sử dụng SystemC

Ngoài việc sử dụng UML, nhóm còn chọn systemC là ngôn ngữ thứ hai để thiết kế và mô hình hóa hệ thống thang máy. Sơ đồ hệ thống của hệ thống bồn cầu tự động được mô tả trên hình dưới đây.

……… Hình ảnh ………

**Hình 2.9 Sơ đồ hệ thống bồn cầu tự động sử dụng systemC**

Dựa vào các yêu cầu kĩ thuật ở phần trước,…..

## Kết luận

Trong chương này, nhóm đã trình bày việc mô hình hóa hệ thống bồn cầu tự động sử dụng hai công cụ là UML và SystemC. Từ đó, nhóm có thể hình dung tổng quan về hệ thống và các phần cần thiết để đáp ứng chỉ tiêu kĩ thuật đã nêu ra ở Chương 1. Công việc triển khai hệ thống được trình bày ở chương tiếp theo.

# CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ HỆ THỐNG (SYSTEM DESIGN)

*Chương này mô tả thiết kế chi tiết từng khối và toàn hệ thống bồn cầu tự động.*

## Thiết kế phần cứng

### Lưu đồ thuật toán cho bộ điều khiển 1 bồn cầu tự động

Lưu đồ thuật toán ở [Hình 3.1](#_bookmark31) mô tả hoạt động của bộ điều khiển cho một ….

**….. Hình ảnh …….**

**Hình 3.1 Lưu đồ thuật toán mô tả hoạt động thang máy**

Chú thích các tín hiệu:

* + - * rq\_at\_curr = button\_select\_floor[k] | button\_up[k] | button\_down[k]
      * rq\_at\_higher = button\_select\_floor[g] | button\_up[g] | button\_down[g] | g > k
      * rq\_at\_lower = button\_select\_floor[g] | button\_up[g] | button\_down[g] | g < k

### Thiết kế sơ đồ ASMD (Algorithm State Machine and Datapath)

Từ sơ đồ thuật toán hoạt động của bộ điều khiển một bồn cầu tự động, khoanh vùng xác định được các trạng thái:

……… Hình ảnh …….

**Hình 3.2 Sơ đồ ASMD**

## Thiết kế phần mềm

Trình bày tổng quát về phần mềm thiết kế, cũng như có 1 cái nhìn tổng thể về hệ thống, cũng như những vấn đề phát sinh và hướng giải quyết khi gặp vấn đề và đưa ra giải pháp thay thế với những bài toán đã đặt ra.

### Mục tiêu

Nhóm đề xuất việc áp dụng phần mềm vào việc phục vụ …..

### Lý do lựa chọn phần mềm

Lý do nhóm lựa chọn phần mềm để thực hiện mục đích này gồm những ý chính sau:

### Thiết kế

***…………. Hình ảnh ………***

**Hình 3.4 Sơ đồ phần mềm hệ thống**

**Giải thích:**

### Hướng triển khai

Việc triển khai được sử dụng ngôn ngữ lập trình C, lập trình trên phần mềm Vivado sử dụng board ZYNQ-7 ZC702 Evaluation Board.

Các thư viện sử dụng: <stdio.h>, "platform.h", "xil\_printf.h", "xgpio.h", "xtime\_l.h",

<stdlib.h>.

Các hàm sử dụng:

### Giải quyết các vấn đề gặp phải trong quá trình triển khai

* + - 1. *Giải quyết vấn đề về kit lập trình*

Do nhóm chỉ có 1 bộ kit của một thành viên nên trong quá trình phát triển, gặp đôi chút khó khăn trong việc nạp code lên kit và chạy chương trình. Nhóm đã giải quyết vấn đề bằng cách lập trình chương trình C/C++ độc lập chạy khối logic và chương trình bên ngoài bằng “build-essential” ở trên Ubuntu.

Cách chạy thử:

* + - * 1. Clone git repository
        2. Install build-essential
        3. Build source bằng cách sử dụng lệnh gcc
        4. Chạy chương trình bằng cách chạy file đã build ở bước 3

Sau khi kiểm tra chương trình đã chạy thỏa mãn yêu cầu, chúng ta tiến hành ghép code vào SDK Vivado. Về mặt cơ bản source code sẽ không khác nhiều, chỉ có một vài thư viện cần phải thay đổi và đầu vào sẽ chuyển qua sử dụng thư viện của Xilinx.

* + - 1. *Giải quyết vấn đề về phần cứng cảm biến thang*

## Thiết kế giao tiếp giữa phần cứng và phần mềm

………. Hình ảnh …….

**Hình 3.6 Sơ đồ toàn hệ thống giao tiếp giữa vi xử lý và phần cứng**

Hình trên mô tả sơ bộ toàn hệ thống giao tiếp giữa phần vi xử lí và phần cứng tự thiết kế. Trong project này, chúng em chọn giao tiếp GPIO để truyền thông giữa phần mềm và phần cứng. Để đồng bộ giữa 2 phần, chúng em thiết kế thêm một khối trung gian là register block hoạt động cùng tần số với tần số của elevator controller, để captrure đầu vào mô phỏng được gửi từ phần mềm và gửi đầu vào ổn định cho elevator controller.

### Mô tả chi tiết các đầu vào và ra

Đầu vào của phần mềm:

Đầu ra của phần mềm:

# CHƯƠNG 4. KIỂM THỬ (VERIFICATION)

*Chương này trình bày các kết quả mô phỏng cho từng khối và toàn bộ thiết kế được triển khai bằng ngôn ngữ Verilog và ngôn ngữ C trên phần mềm Vivado.*

## Kế hoạch kiểm thử

### Kịch bản test

**CHƯƠNG 5. BÁO CÁO CÁ NHÂN**

Trong chương này, em sẽ tổng hợp lại các phần mà em đã thực hiện và đóng góp vào kết quả chung của nhóm.

* 1. **Thiết kế phần cứng**

**CHƯƠNG 6. KẾT LUẬN**

Sau một thời gian nghiên cứu về hệ thống nhúng, đặc biệt là hệ thống nhúng điều khiển bồn cầu tự động, nhóm em đã nắm được các quy trình thiết kế một sản phẩm nhúng cũng như cấu tạo của thang máy và hoạt động của nó. Đồng thời nhóm đã thiết kế hệ thống điều khiển bồn cầu tự động trên Xilinx Zynq-7000 SoC ZC702. Hệ thống gồm các sensor, button sẽ nhận tín hiệu và đưa vào bộ chọn thang được viết bằng ngôn ngữ C, sau đó các tín hiệu sẽ được gửi tới bộ điều khiển được mô tả bằng ngôn ngữ Verilog để điều khiển hoạt động của thang.

Hệ thống điều khiển bồn cầu tự động hoạt động đúng như những chỉ tiêu kĩ thuật đã được đề ra đảm bảo hoạt động theo yêu cầu. Trong quá trình thực hiện do thời gian và kiến thức còn nhiều sai xót, mong thầy cô và các bạn đóng góp ý kiến để nhóm em hoàn thiện hơn.

Nhóm em xin chân thành cám ơn TS. Phạm Văn Tiến đã giúp đỡ nhóm chúng em trong quá trình thực hiện bài tập lớn này.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. Programming Embedded Systems in C and C++
2. <https://www.asic-world.com/systemc/tutorial.html>