

# **ADPro-SE**

## **ARC Lab Development Process - Software Engineering**

# **System Requirements Specification**

Version	Document maturity (draft / valid)	Date of Issue (200x-MM-DD)	Author/Owner	Check/Release	Description
0.1		2008-06-30			Initial version
0.2		2008-07-04			Minor Modified
0.3		2008-07-26			Minor Modified
0.3		2008-08-06			Minor Modified

## TABLE OF CONTENTS

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>5</b>
1.1	PURPOSE AND SCOPE .....	5
1.2	DEFINITIONS, TERMINOLOGY AND ABBREVIATIONS .....	5
1.3	REFERENCES .....	5
1.4	SCOPE OF THE PROJECT .....	5
1.5	SYSTEM OVERVIEW .....	5
1.6	FUNCTIONAL OPERATIONS .....	6
<b>2</b>	<b>CONSTRAINTS .....</b>	<b>7</b>
2.1	ENVIRONMENT IMPOSED .....	7
2.1.1	<i>Supply Voltage</i> .....	7
2.1.2	<i>Temperature Range</i> .....	7
2.2	EXTERNAL INTERFACE REQUIREMENTS .....	7
2.2.1	<i>Hardware Interface</i> .....	7
2.3	MECHANICAL AND ELECTRICAL CONSTRAINTS .....	7
2.3.1	<i>Physical Construction</i> .....	7
2.3.2	<i>Printed Circuit Board</i> .....	8
2.3.3	<i>Electronic Requirements</i> .....	8
2.4	SOFTWARE CONSTRAINTS .....	8
2.4.1	<i>MISRA-C</i> .....	8
2.4.2	<i>Fixed point</i> .....	8
2.5	NETWORK CONSTRAINTS .....	8
<b>3</b>	<b>SYSTEM REQUIREMENTS SPECIFICATION .....</b>	<b>10</b>
3.1	SYSTEM CONTEXT .....	10
3.2	INTERFACES .....	11
3.3	HARDWARE REQUIREMENTS .....	11
3.3.1	<i>Reverse Battery Protection Circuit</i> .....	11
3.3.2	<i>Voltage Regulator</i> .....	11
3.3.3	<i>Voltage Measurement Circuit</i> .....	11
3.3.4	<i>Current Measurement Circuit</i> .....	11
3.3.5	<i>CAN Transceiver</i> .....	12
3.3.6	<i>SCI Transceiver</i> .....	12
3.3.7	<i>Motor Drive Circuit</i> .....	12
3.4	SOFTWARE REQUIREMENTS .....	12
3.4.1	<i>Initialize</i> .....	12
3.4.2	<i>MeasureSupplyVoltage</i> .....	12
3.4.3	<i>MeasureIgnition</i> .....	오류! 책갈피가 정의되어 있지 않습니다.
3.4.4	<i>MeasureBeltTension</i> .....	12
3.4.5	<i>ReceiveCommand</i> .....	13
3.4.6	<i>CheckError</i> .....	13
3.4.6.1	<i>Under-Voltage Error</i> .....	13
3.4.6.2	<i>Over-Voltage Error</i> .....	13
3.4.6.3	<i>Undefined Command Error</i> .....	13
3.4.7	<i>ControlState</i> .....	14
3.4.8	<i>DriveMotor</i> .....	14

3.4.9	<i>TrasmitState</i> .....	14
3.5	REAL-TIME REQUIREMENTS .....	15

## LIST OF FIGURES

FIGURE 1-1	System Overview of MSB.....	6
FIGURE 2-1	Hardware Interface .....	7
FIGURE 2-2	CAN Dataframe .....	9
FIGURE 3-1	Hardware Diagram .....	10
FIGURE 3-2	Software Diagram .....	10
FIGURE 3-3	Current Measurement Circuit .....	11
FIGURE 3-4	Error Code Bit Assignment .....	13
FIGURE 3-5	State chart of ControlState..... 오류! 책갈피가 정의되어 있지 않습니다.	
FIGURE 3-6	State chart in Control ON.....	14

## LIST OF TABLES

TABLE 1-1	Definitions, Terminology and Abbreviations.....	5
-----------	---	---

## 1 Introduction

### 1.1 Purpose and Scope

이 문서는 전동식 안전벨트 ECU(Motorized Seat Belt ECU, MSB ECU)에 대한 전체적인 구조와 각 구성 요소들이 수행해야 하는 역할들에 대해 기술한다. 본 문서는 MSB ECU 의 SoR 을 바탕으로 사용자(System customers)의 요구사항을 명확하게 도출하여 향후 개발 과정에서 이를 반영하는데 목적이 있으며, 수집한 요구 사항을 분석하여 명세화 한다.

### 1.2 Definitions, Terminology and Abbreviations

Abbreviation	Description
MSB	Motorized Seat Belt
SoR	Statement of Requirements
SyRS	System Requirements Specification

TABLE 1-1 Definitions, Terminology and Abbreviations

### 1.3 References

- /1/ ARC Lab Internal Document, ADPro-SE Use Case
- /2/ ARC Lab Internal Document, MoBeE SoR
- /3/ ARC Lab Internal Document, MoBeE SyRS

### 1.4 Scope of the Project

이 문서에서는 기존의 기계식 안전벨트 시스템을 개선하여 승객의 편의를 도모하고 사고 시 승객을 보호할 수 있는 MSB ECU 의 개발을 목표로 한다. MSB 는 크게 MSB ECU 와 MSB Body 로 구성되며 이 문서에서는 MSB ECU 의 기능 및 요구사항들에 대해 기술한다.

### 1.5 System Overview

MSB ECU 는 상위 ECU, 혹은 사용자의 PC 를 통해서 MSB 의 동작명령을 입력 받는다. 입력 받은 동작 명령에 따라 DC 모터의 구동을 통해 MSB Body 의 동작을 구현하며, MSB 의 동작 상태는 상위 ECU 로 전달된다. MSB ECU 의 모든 기능은 차량 배터리 전원을 사용한다. FIGURE 1-1 는 MSB system 에 대해서 간략하게 보여준다.

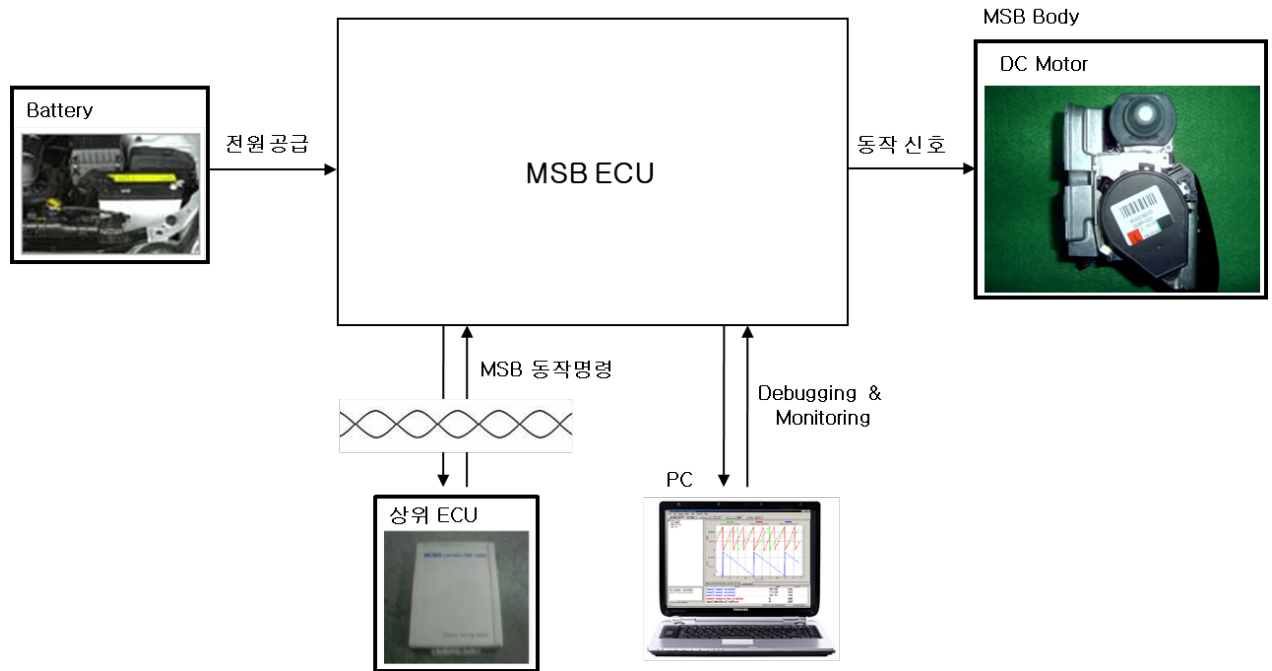


FIGURE 1-1 System Overview of MSB

## 1.6 Functional Operations

MSB ECU 는 다음과 같은 기능을 수행한다.

- **FREEING**
  - 각 동작모드 후 모터를 **FREEING\_TIME(200ms)** 동안 **FREEING\_TENSION(20N)**로 역 회전하여 모터와 웨빙이 감겨있는 휠을 분리한다.
- **RELEASING**
  - **PRETENSION** 동작 후 충돌상황을 회피하면 모터가 **RELEASING\_TIME(600ms)** 동안 **RELEASING\_TENSION(20N)**로 역 회전하여 모터와 웨빙이 감겨있는 휠을 분리한다.
- **SLACK\_REMOVING**
  - 초기 안전벨트를 착용하였을 때 **SLACK\_REMOVING\_TENSION(20N)**로 웨빙을 인입하여 느슨함을 없앤다. 이 때 웨빙의 장력이 **SLACK\_REMOVING\_COMPLETE\_TENSION(20N)** 이상 이라면 승객과 안전벨트의 공간이 제거되었다고 판단한다.
- **BELT\_PARKING**
  - 안전벨트를 풀었을 때 **BELT\_PARKING\_TENSION(20N)**로 웨빙을 인입하여 안전벨트가 원래 자리로 돌아간다. 이 때 웨빙의 장력이 **BELT\_PARKING\_COMPLETE\_TENSION(20N)** 이상 이라면 안전벨트가 원래 자리로 돌아갔다고 판단한다.
- **WARNING**
  - 위험상황 발생시 승객에게 경고를 하기 위해 **WARNING\_TENSION(80N)**로 **WARNING\_TIME(600ms)** 동안 웨빙을 인입한다.
- **PRETENSION**
  - 사고 직전상황에서 승객의 안전을 위해 **PRETENSION\_TENSION(150N)**로 웨빙을 인입하여 승객을 좌석에 고정시키며, 다른 **FREEING** 혹은 **RELEASING** 명령이 입력 될 때까지 동작을 유지한다.

## 2 Constraints

### 2.1 Environment Imposed

#### 2.1.1 Supply Voltage

MSB ECU 는 차량의 Battery 전원을 입력 받아 모든 동작을 수행해야 한다.

- Power-on Voltage:  $\geq 6.5V$
- Maximum Supply Voltage: 30V
- Nominal Voltage: 12V
- Full Function Operating Voltage Range: 9.5~16.5V

#### 2.1.2 Temperature Range

MSB ECU 는  $-40^{\circ}C$ 에서  $+85^{\circ}C$ 의 온도 범위에서 정상동작을 수행해야 한다.

### 2.2 External Interface Requirements

#### 2.2.1 Hardware Interface

MSB ECU 는 CAN Network 와 차량의 배터리 전원, Ignition Key, 실제 동작하는 DC 모터와 물리적으로 연결할 수 있는 Connector 를 포함한다.

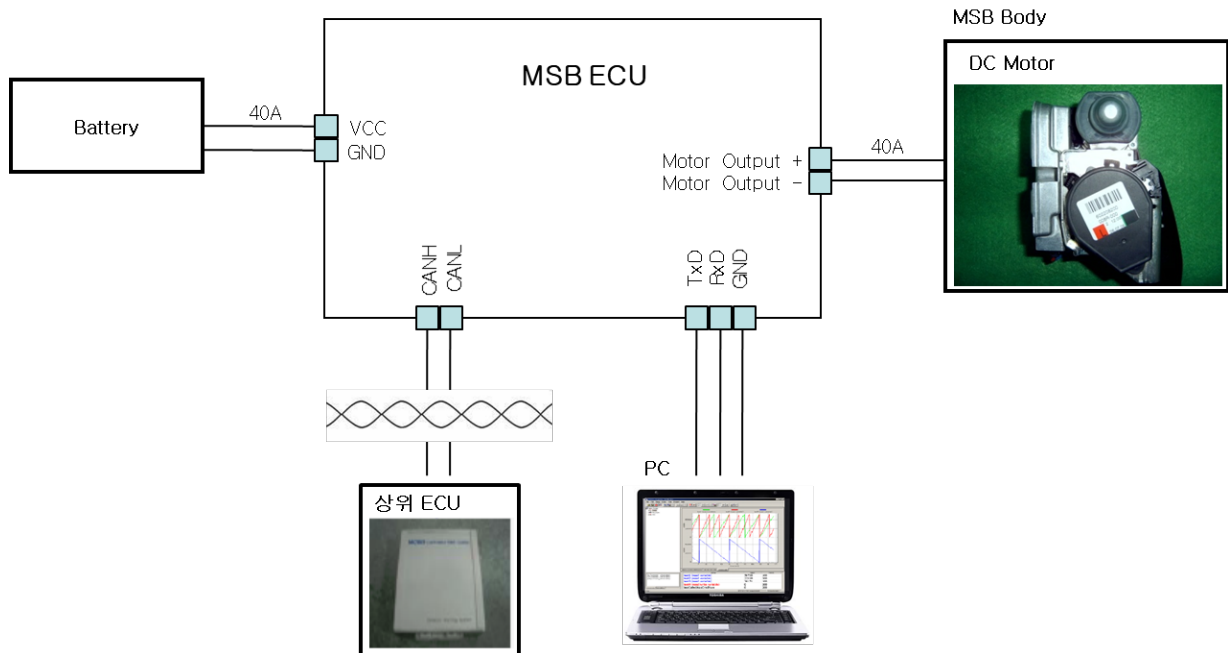


FIGURE 2-1 Hardware Interface

### 2.3 Mechanical and Electrical Constraints

#### 2.3.1 Physical Construction

MSB ECU 의 크기는 130 X 165 X 60 [L\*W\*H](mm) 이내를 만족해야 한다.

### 2.3.2 Printed Circuit Board

MSB ECU 의 제작에 있어, 회로기판은 4-Layer PCB 기판으로 제작한다.

- Top, Bottom Layer
  - 배선 Routing 및 부품 Mounting 에 사용한다.
- Inner1 Layer
  - GND 용도로 사용한다.
- Inner2 Layer
  - 소자 및 MCU 배치에 따른 5V 및 차량 배터리 영역으로 나누어 사용하며, 여분의 영역을 배선 Routing 용도로 사용한다.

### 2.3.3 Electronic Requirements

- PWM
  - MCU 는 DC 모터 구동을 위해서 16bit 의 Resolution 을 가지는 PWM 1 개 채널을 포함해야 한다.
- ADC
  - MCU 는 Analog 데이터를 입력 받기 위해서 10bit 의 Resolution 을 가지는 ADC 3 개 채널을 포함해야 한다.
- SCI
  - MCU 는 사용자와의 인터페이스를 위해서 SCI 통신이 가능해야 한다.
- CAN
  - MCU 는 차량 내 상위 ECU 로부터 CAN Message 를 입, 출력 하기 위해서 ISO 11898 을 만족하는 High Speed CAN 을 지원해야 한다.
- GPIO
  - MCU 는 Digital 입, 출력을 위해서 GPIO 2 개 채널을 포함해야 한다.
- Memory
  - 64KB 이상의 Flash Memory 가 요구된다.
  - 2KB 이상의 EEPROM 이 요구된다.
  - 4KB 이상의 RAM 이 요구된다.
- Clock
  - MCU 의 동작을 위한 16MHz 의 외부 Oscillator 를 포함해야 한다.

## 2.4 Software Constraints

### 2.4.1 MISRA-C

MSB ECU 의 각 동작모드 알고리즘과 각 디바이스 드라이브, API(Application Program Interface)는 MISRA-C 기준을 따라야 한다.

### 2.4.2 Fixed point

Floating point 연산이 아닌 Fixed point 연산을 기본으로 함으로써 추후 저가의 MCU 로의 포팅이 용이해야 한다.

## 2.5 Network Constraints

MSB ECU 는 CAN-Bus 를 통해 상위 ECU 로부터 MSB 동작 명령을 입력 받고 현재 MSB 의 동작 상태에 대하여 출력 할 수 있어야 한다.



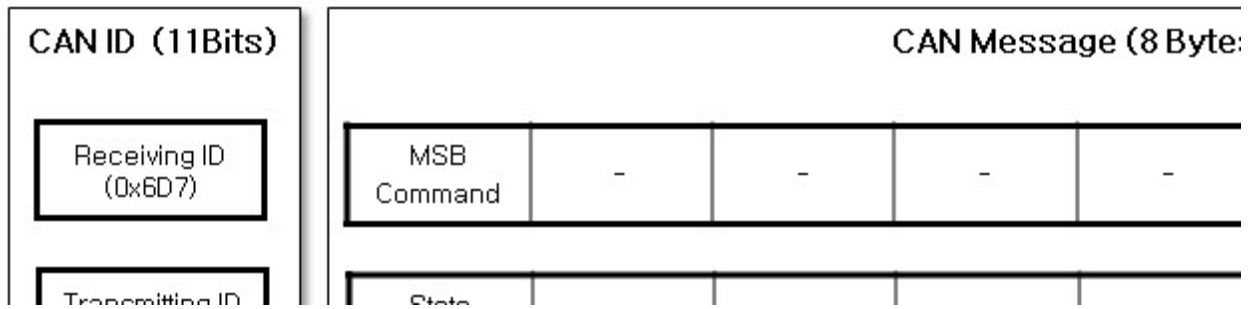


FIGURE 2-2 CAN Dataframe

- 상위 ECU 에서 MSB ECU 로의 동작 명령은 특별한 주기 없이 이벤트 성으로 발생한다.
- MSB ECU 는 10ms 마다 MSB 의 동작 상태를 상위 ECU 로 전송한다.

## 3 System Requirements Specification

### 3.1 System Context

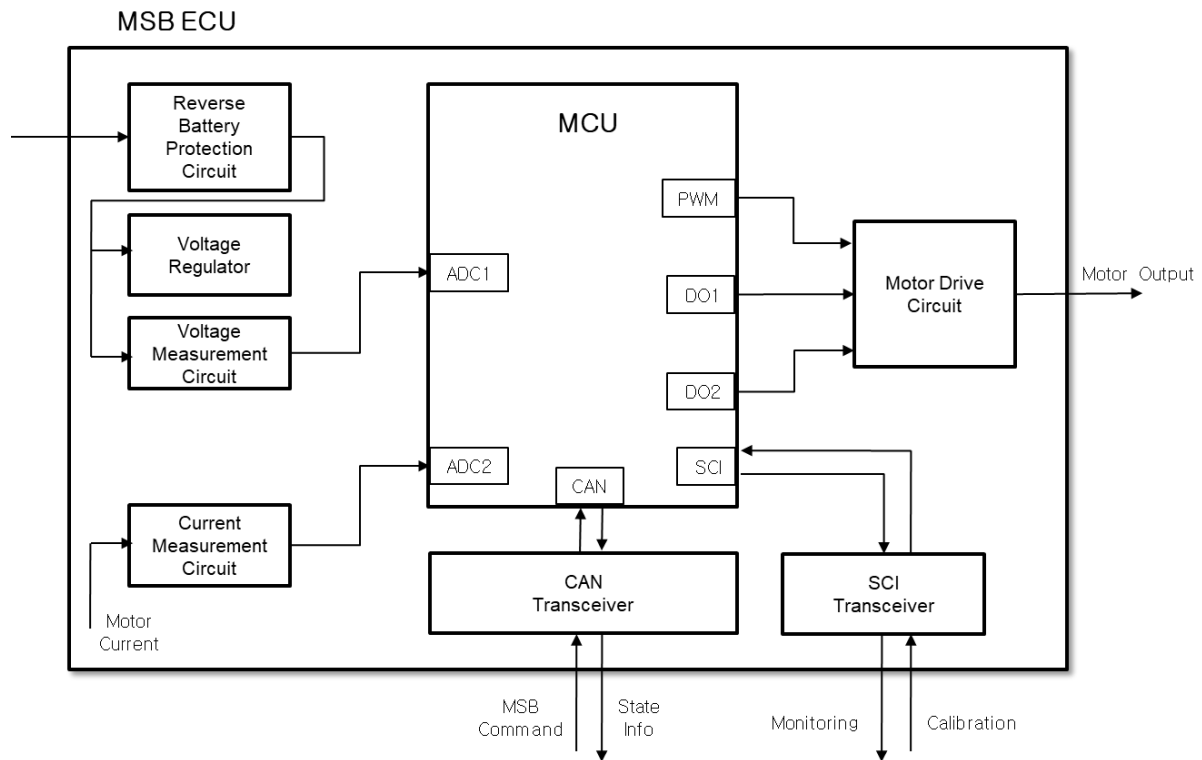


FIGURE 3-1 Hardware Diagram

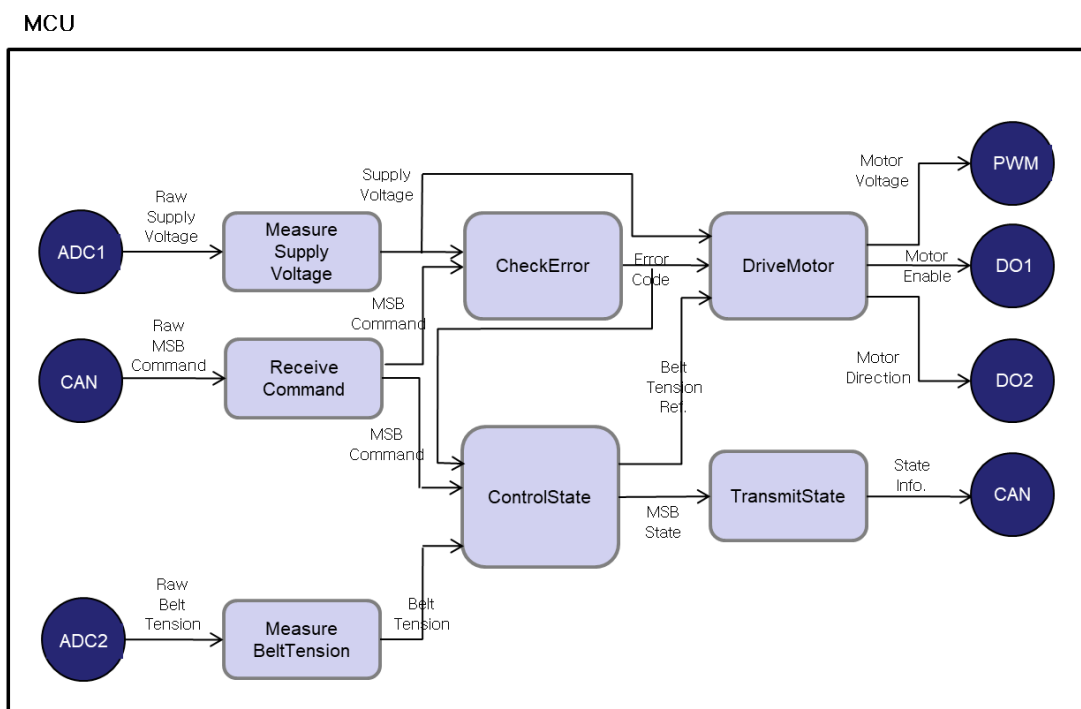


FIGURE 3-2 Software Diagram

## 3.2 Interfaces



System Interface

## 3.3 Hardware Requirements

### 3.3.1 Reverse Battery Protection Circuit

MSB ECU 는 차량 배터리 전원이 반대로 인가 되었을 경우 ECU 회로를 보호할 수 있는 Protection 회로를 포함해야 한다.

### 3.3.2 Voltage Regulator

차량 Battery 이외의 전원에서 동작하는 회로에 전원을 인가시키기 위해서 Voltage Regulator 회로를 포함해야 한다.

- 9.5V 에서 16.5V 의 전원에서 정상동작을 수행해야 한다.
- Ignition Key 에 의해서 Regulator 를 Enable, 혹은 Disable 가능해야 한다.

### 3.3.3 Voltage Measurement Circuit

전압 신호를 저항 비를 이용한 전압분배 및 Low pass Filtering(Cutoff freq: 15.9Hz) 하여 ECU 로 입력 시킬 수 있는 회로를 포함한다.

### 3.3.4 Current Measurement Circuit

H-bridge Low-side Switch 와 Ground 사이 Shunt 저항을 추가하고 그 양단의 전압을 측정하여 모터에 공급되는 전류를 추정할 수 있는 회로를 포함해야 한다.

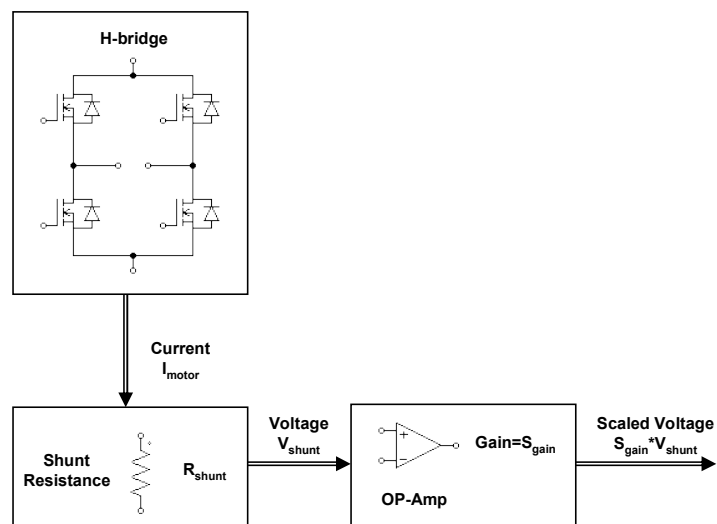


FIGURE 3-3 Current Measurement Circuit

### 3.3.5 CAN Transceiver

외부에 존재하는 CAN Network 에 접속하여 상위 ECU 로 동작명령을 받아들이고, MSB 동작 상태를 출력 할 수 있는 회로를 포함해야 한다.

### 3.3.6 SCI Transceiver

Monitoring 및 Calibration 용도로 사용되며, PC 를 통한 사용자와의 인터페이스를 위한 회로를 포함해야 한다.

### 3.3.7 Motor Drive Circuit

모터의 정, 역방향 구동이 가능한 H-bridge 회로로 구성되어 공급되는 전압의 -100%~+100% PWM 전압을 출력해야 한다.

#### ■ Power Switch

- 모터 동작에 필요한 전류를 공급하기 위해 40A 이상 정격의 파워소자로 구성되어야 한다.
- 차량의 Battery 전원을 입력 받아 동작을 수행 해야 하므로 9.5~16.5V 의 전압 범위 내에서 정상 동작이 가능해야 한다.

#### ■ H-Bridge Drive IC

- MSB ECU 의 MCU 가 출력하는 제어신호를 입력 받아 H-bridge 를 구성하는 4 개 파워소자들의 On/Off 동작을 제어해야 한다.
- 차량의 Battery 전원을 입력 받아 동작을 수행 해야 하므로 9.5~16.5V 의 전압 범위 내에서 정상 동작이 가능해야 한다.
- Over-voltage, Under-voltage, Short Circuit 의 상황에서 H-Bridge 를 보호해주는 기능을 포함해야 한다.
- Reverse Battery Protection 동작을 구현하기 위한 Charge Pump 기능을 포함해야 한다.
- MCU 로부터 0% ~ 100%의 PWM 신호를 입력 받아 동작하고, PWM Frequency 는 최대 30KHz 내에서 정상 동작이 가능해야 한다.
- MCU 로부터 Enable, Direction 의 I/O 신호를 입력 받고, 입력된 신호에 맞는 H-Bridge 의 동작을 동작 시킬 수 있어야 한다.

## 3.4 Software Requirements

### 3.4.1 Initialize

MSB 구동 시 MSB 의 상태를 초기화 하며, 초기화에 따른 상태는 다음과 같다.

- 동작 상태 : Ready
- 모든 인터페이스 변수의 초기화

### 3.4.2 MeasureSupplyVoltage

MSB 에 인가되는 전원 전압을 구한다.

- Supply Voltage = (ADC1 value) \* (Supply Voltage Scaling Factor)

### 3.4.3 MeasureBeltTension

모터에 공급되는 전류값과 안전벨트에 걸리는 장력의 상관관계를 이용하여 Belt Tension 을 추정한다.

- Belt Tension = (ADC2 value) \* (Belt Tension Scaling Factor)

### 3.4.4 ReceiveCommand

상위 ECU로부터 입력 받은 메시지를 파악하여 MSB Command를 갱신한다.

### 3.4.5 CheckError

사전에 정의되지 않은 동작명령, 혹은 (Under-Voltage) ~ (Over-Voltage) V 이외의 전원이 입력될 경우, Error 상황을 Error Code의 각 상황에 해당하는 Bit에 반영한다. (정상상태: 0, Error 발생: 1)

#### ■ Error Code

Bit 2	Bit 1
Under-voltage	Over-voltage

FIGURE 3-4 Error Code Bit Assignment

#### 3.4.5.1 Under-Voltage Error

측정된 배터리 전압이 (Under-Voltage)V 미만인 상황

- Hysteresis Boundary to Detect Under Voltage
  - Under-Voltage Upper Limit: (Under Voltage Critical value + 0.2) V
  - Under-Voltage Lower Limit: (Under Voltage Critical value - 0.2) V

#### 3.4.5.2 Over-Voltage Error

측정된 배터리 전압이 (Over-Voltage)V를 초과한 상황

- Hysteresis Boundary to Detect Over Voltage
  - Over-Voltage Upper Limit: (Over Voltage Critical value + 0.2) V
  - Over-Voltage Lower Limit: (Over Voltage Critical value - 0.2) V

#### 3.4.5.3 Undefined Command Error

MSB ECU는 사전에 정의되지 않은 동작명령을 전달 받은 상황

### 3.4.6 ControlState

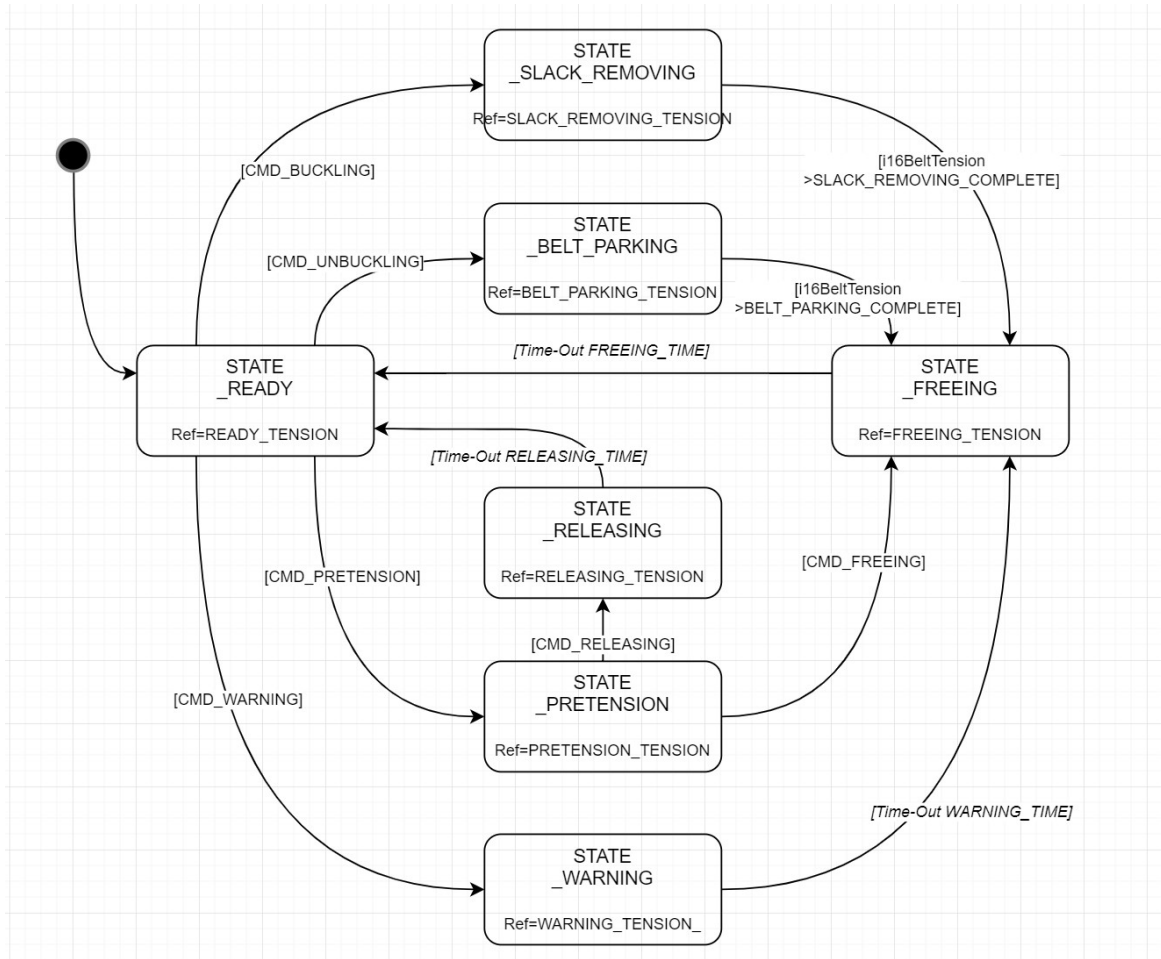


FIGURE 3-5 State chart in Control ON

### 3.4.7 DriveMotor

Error Code 와 Belt Tension Ref 에 따라 모터 Enable/Disable, 모터 회전방향, 모터 인가 Duty 를 결정하고 출력한다.

- 모터 Enable/Disable
  - Error Code = 0 → 모터 Enable
  - Error Code != 0 → 모터 Disable
- 모터 회전방향
  - Belt Tension Ref  $\geq 0$  → 모터 인입 방향으로 회전
  - Belt Tension Ref  $< 0$  → 모터 인출 방향으로 회전
- 모터 인가 Duty
  - Normal DC bus voltage 는 12V 이며 입력되는 실제 DC bus 전압에 따라 Motor Duty 를 조절한다.
  - Motor Duty =  $\text{abs}(\text{Belt Tension Ref}) * ((\text{Normal DC bus voltage}) / (\text{Supply voltage})) * (\text{Tension to voltage Scaling Factor}) / (\text{Tension loss})$

### 3.4.8 TrasmitState

ECU 의 동작 상태 정보를 CAN 을 통해서 상위 ECU 로 전송한다.

### 3.5 Real-Time Requirements

Static cyclic Scheduler 방식으로 태스크들은 일정한 주기를 가지고 수행되어야 한다.

- 다수의 Task 로 수행 가능해야 한다.
- Task 별 수행주기, offset 등의 조건을 조정 가능해야 한다.