### **1. File IoHwAb\_TorqueSensor.h**

| #ifndef IOHWAB\_TORQUESENSOR\_H #define IOHWAB\_TORQUESENSOR\_H  #include "Std\_Types.h"  // Cấu hình cho cảm biến mô-men xoắn typedef struct {  uint8\_t TorqueSensor\_Channel; // Kênh ADC để đọc giá trị từ cảm biến mô-men xoắn  uint16\_t TorqueSensor\_MaxValue; // Giá trị mô-men xoắn tối đa (Nm) } TorqueSensor\_ConfigType;  // Prototype cho hàm khởi tạo cảm biến mô-men xoắn Std\_ReturnType IoHwAb\_TorqueSensor\_Init(const TorqueSensor\_ConfigType\* ConfigPtr);  // Prototype cho hàm đọc giá trị từ cảm biến mô-men xoắn Std\_ReturnType IoHwAb\_TorqueSensor\_Read(float\* TorqueValue);  #endif /\* IOHWAB\_TORQUESENSOR\_H \*/ |
| --- |

### **2. File IoHwAb\_TorqueSensor.c**

| #include "IoHwAb\_TorqueSensor.h" #include "Adc.h" // Gọi API từ MCAL để đọc giá trị từ ADC #include <stdio.h> #include <stdlib.h>  // Giả lập cấu hình của cảm biến mô-men xoắn static TorqueSensor\_ConfigType TorqueSensor\_CurrentConfig;  // Hàm khởi tạo cảm biến mô-men xoắn với cấu hình Std\_ReturnType IoHwAb\_TorqueSensor\_Init(const TorqueSensor\_ConfigType\* ConfigPtr) {  if (ConfigPtr == NULL) {  printf("Error: Null configuration pointer passed to IoHwAb\_TorqueSensor\_Init.\n");  return E\_NOT\_OK;  }   // Lưu cấu hình cảm biến mô-men xoắn vào biến toàn cục  TorqueSensor\_CurrentConfig.TorqueSensor\_Channel = ConfigPtr->TorqueSensor\_Channel;  TorqueSensor\_CurrentConfig.TorqueSensor\_MaxValue = ConfigPtr->TorqueSensor\_MaxValue;   // Gọi API từ MCAL để khởi tạo ADC  Adc\_ConfigType adcConfig;  adcConfig.Adc\_Channel = TorqueSensor\_CurrentConfig.TorqueSensor\_Channel;  Adc\_Init(&adcConfig);   // In ra thông tin cấu hình của cảm biến mô-men xoắn  printf("Torque Sensor Initialized with Configuration:\n");  printf(" - ADC Channel: %d\n", TorqueSensor\_CurrentConfig.TorqueSensor\_Channel);  printf(" - Max Torque Value: %d Nm\n", TorqueSensor\_CurrentConfig.TorqueSensor\_MaxValue);   return E\_OK; }  // Hàm đọc giá trị từ cảm biến mô-men xoắn Std\_ReturnType IoHwAb\_TorqueSensor\_Read(float\* TorqueValue) {  if (TorqueValue == NULL) {  return E\_NOT\_OK; // Kiểm tra con trỏ NULL  }   // Đọc giá trị ADC từ MCAL  uint16\_t adcValue = 0;  if (Adc\_ReadChannel(TorqueSensor\_CurrentConfig.TorqueSensor\_Channel, &adcValue) != E\_OK) {  printf("Error: Failed to read ADC value.\n");  return E\_NOT\_OK;  }   // Chuyển đổi giá trị ADC sang mô-men xoắn (giả lập)  \*TorqueValue = ((float)adcValue / 1023.0f) \* TorqueSensor\_CurrentConfig.TorqueSensor\_MaxValue;   // In ra giá trị mô-men xoắn  printf("Reading Torque Sensor (ADC Channel %d): Torque = %.2f Nm\n",  TorqueSensor\_CurrentConfig.TorqueSensor\_Channel, \*TorqueValue);   return E\_OK; } |
| --- |

### **3. File Adc.h (MCAL Layer)**

| #ifndef ADC\_H #define ADC\_H  #include "Std\_Types.h"  // Cấu trúc cấu hình cho ADC typedef struct {  uint8\_t Adc\_Channel; // Kênh ADC } Adc\_ConfigType;  // Prototype cho hàm khởi tạo ADC void Adc\_Init(const Adc\_ConfigType\* ConfigPtr);  // Prototype cho hàm đọc giá trị từ kênh ADC Std\_ReturnType Adc\_ReadChannel(uint8\_t Channel, uint16\_t\* ValuePtr);  #endif /\* ADC\_H \*/ |
| --- |

### **4. File Adc.c (MCAL Layer)**

| #include "Adc.h" #include <stdio.h> #include <stdlib.h>  // Giả lập khởi tạo ADC void Adc\_Init(const Adc\_ConfigType\* ConfigPtr) {  printf("ADC Initialized for Channel %d\n", ConfigPtr->Adc\_Channel); }  // Giả lập đọc giá trị từ kênh ADC Std\_ReturnType Adc\_ReadChannel(uint8\_t Channel, uint16\_t\* ValuePtr) {  // Giả lập giá trị ADC ngẫu nhiên từ 0 đến 1023  \*ValuePtr = rand() % 1024;  printf("ADC Channel %d Read: Value = %d\n", Channel, \*ValuePtr);  return E\_OK; } |
| --- |

### **5. Ví dụ Cấu hình và Sử dụng trong Hệ thống**

#### **File main.c**

| #include "IoHwAb\_TorqueSensor.h" #include <stdio.h>  int main(void) {  // Cấu hình cho cảm biến mô-men xoắn  TorqueSensor\_ConfigType torqueSensorConfig = {  .TorqueSensor\_Channel = 1, // Kênh ADC 1  .TorqueSensor\_MaxValue = 500 // Mô-men xoắn tối đa là 500 Nm  };   // Khởi tạo cảm biến mô-men xoắn  if (IoHwAb\_TorqueSensor\_Init(&torqueSensorConfig) != E\_OK) {  printf("Failed to initialize Torque Sensor.\n");  return -1;  }   // Đọc giá trị mô-men xoắn  float torqueValue = 0;  if (IoHwAb\_TorqueSensor\_Read(&torqueValue) == E\_OK) {  printf("Current Torque: %.2f Nm\n", torqueValue);  } else {  printf("Failed to read Torque Sensor.\n");  }   return 0; } |
| --- |

### **6. Giải thích Luồng Hoạt Động**

1. **Khởi tạo cảm biến mô-men xoắn**:
   * Hàm IoHwAb\_TorqueSensor\_Init được gọi để khởi tạo cảm biến mô-men xoắn với cấu hình cụ thể. Cấu hình này bao gồm kênh ADC được sử dụng để đọc giá trị từ cảm biến và giá trị mô-men xoắn tối đa.
   * **API Adc\_Init** từ MCAL được gọi để khởi tạo ADC với kênh tương ứng.
2. **Đọc giá trị mô-men xoắn**:
   * Khi cần đọc giá trị mô-men xoắn, hàm IoHwAb\_TorqueSensor\_Read được gọi. Hàm này sử dụng **API Adc\_ReadChannel** từ MCAL để đọc giá trị ADC từ kênh đã cấu hình.
   * Giá trị ADC được chuyển đổi thành giá trị mô-men xoắn dựa trên giá trị mô-men xoắn tối đa được cấu hình.
3. **Kết quả**:
   * Giá trị mô-men xoắn sẽ được in ra màn hình console, cho phép người dùng biết được mô-men xoắn hiện tại mà cảm biến đo được.

### **7. Kết quả Mô phỏng**

Khi chạy chương trình trên một hệ thống giả lập, đầu ra có thể như sau:

| ADC Initialized for Channel 1 Torque Sensor Initialized with Configuration:  - ADC Channel: 1  - Max Torque Value: 500 Nm ADC Channel 1 Read: Value = 845 Reading Torque Sensor (ADC Channel 1): Torque = 413.28 Nm Current Torque: 413.28 Nm |
| --- |