

## บทที่ 4

### ผลการศึกษา

การพัฒนาไลบรารีสำหรับควบคุมเครื่องมือวัดอุตสาหกรรมโดยใช้ภาษาโปรแกรมมิ่งแบบรูปภาพและการไหลของข้อมูล ได้ผลลัพธ์จากการดำเนินการตามขั้นตอนที่วางแผนไว้ มีดังต่อไปนี้

1. ผลการวิเคราะห์และสรุปความต้องการของผู้ใช้
2. ผลการวิเคราะห์และออกแบบระบบด้วยยูเอ็มแอล
3. ผลการทดสอบการทำงานของระบบ

#### 4.1 ผลการวิเคราะห์และสรุปความต้องการของผู้ใช้

จากการเก็บข้อมูลแนวทางการพัฒนาไลบรารีสำหรับเครื่องมือวัดอุตสาหกรรมจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการพัฒนาแอปพลิเคชันด้วยภาษาโปรแกรมมิ่งแบบรูปภาพและการไหลของข้อมูล รวมทั้งจากประสบการณ์ของผู้ศึกษาเอง ตลอดจนเอกสารที่เป็นเอกสารทางวิชาการวารสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทำให้ได้ข้อมูลความต้องการเบื้องต้นดังนี้

##### 4.1.1 ความต้องการในส่วนติดต่อกับเครื่องมือวัด

4.1.1.1 ไลบรารีจะต้องมีฟังก์ชันที่สามารถควบคุมการติดต่อสื่อสารกับเครื่องมือวัดทั้ง 5 ชนิดด้วยมาตรฐาน IEEE 488.2 ผ่านตัวควบคุมจีพีไอบี-ยูเอสบี (GPIB-USB Controller) หรือแผ่นวงจรจีพีไอบี (GPIB card) ได้

4.1.1.2 ไลบรารีจะต้องมีฟังก์ชันที่สามารถควบคุมการติดต่อสื่อสารกับเครื่องมือวัดทั้ง 5 ชนิดด้วยมาตรฐานพอร์ตสื่อสารอนุกรม (Serial Port) ได้

4.1.1.3 ไลบรารีจะต้องครอบคลุมทุกฟังก์ชันหลักของเครื่องมือวัดนั้น ๆ ซึ่งออกแบบด้วยโครงสร้างของไครฟ์เวอร์แบบโครงการ (Project-Style Instrument Driver) ซึ่งรายละเอียดของฟังก์ชันย่อยของแต่ละไลบรารีนั้นจะกล่าวต่อไปในหัวข้อ 4.2.1 ยูสเคสไดอะแกรม

4.1.1.4 ไลบรารีต้องสามารถใช้งานร่วมกันได้จากผู้ใช้หลาย ๆ คน

##### 4.1.2 ความต้องการในส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface)

4.1.2.1 ไอคอนที่เป็นเมนูหลักต้องครบตามฟังก์ชันหลักของเครื่องมือวัดนั้น ๆ มีลักษณะรูปแบบที่เป็นมาตรฐานของการออกแบบเมนูบนโปรแกรมภาษารูปภาพ

4.1.2.2 ไอคอนที่เป็นเมนูย่อยต้องครบตามฟังก์ชันย่อยของเครื่องมือวัดนั้น ๆ มีลักษณะรูปแบบที่เป็นมาตรฐานของการออกแบบเมนูบนโปรแกรมภาษารูปภาพ

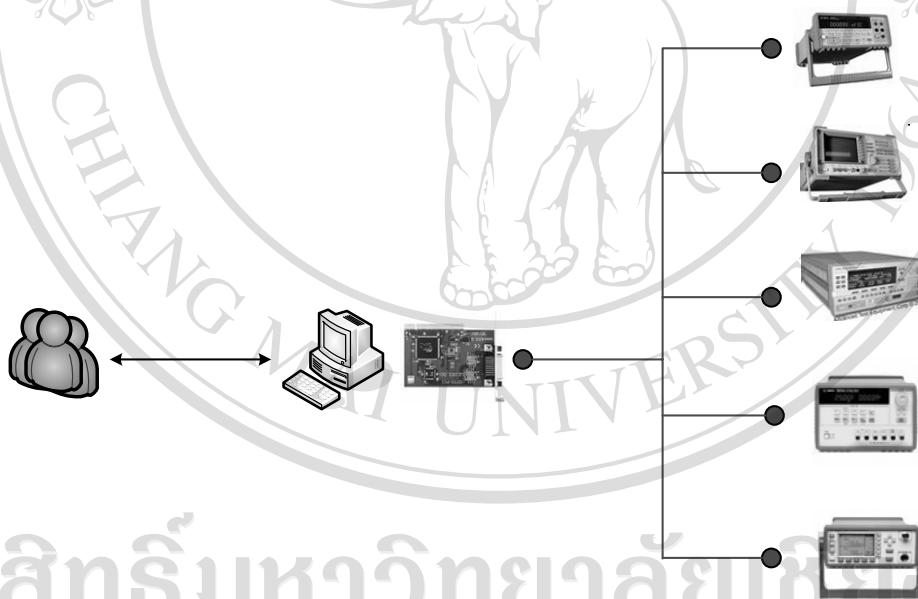
**4.1.3 ความต้องการในส่วนการติดต่อกับเครื่องมือพัฒนาโปรแกรมเขียนภาษารูปภาพบนแลปวิว**

4.1.3.1 สามารถติดตั้ง, เรียกใช้งาน และทำงานร่วมกับโปรแกรมเขียนภาษารูปภาพแลปวิว ได้ตั้งแต่รุ่น 8.0 ขึ้นไปได้

4.1.3.2 สามารถทำงานร่วมกับวัตถุ (Object) และส่วนประกอบ (Component) อื่นๆ ของ โปรแกรมเขียนภาษารูปภาพแลปวิวได้

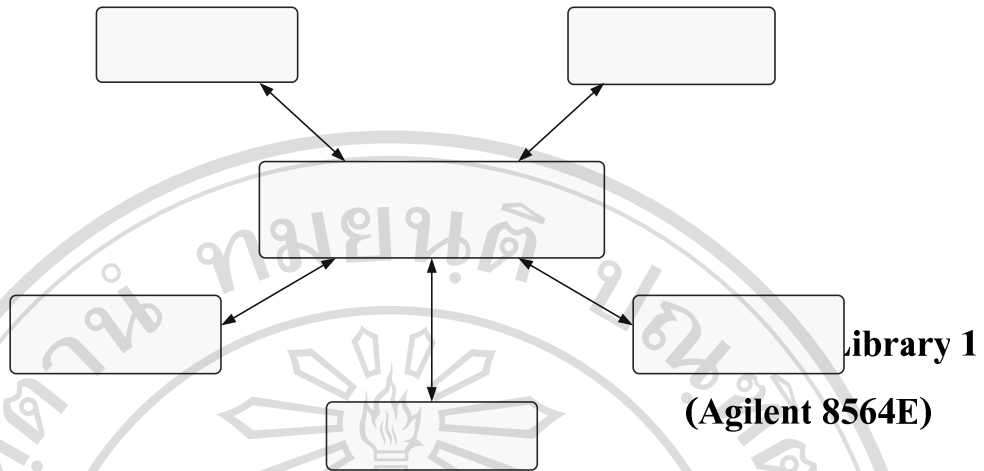
**4.1.4 ภาพรวมของระบบ**

4.1.4.1 ใช้โครงสร้างพื้นฐานของระบบคอมพิวเตอร์แบบทำงานได้ด้วยตัวเอง (Stand Alone) ดังแสดงในรูป 4.1 ไม่ใช้การเชื่อมต่อแบบเครือข่าย ไม่มีฐานข้อมูลและเว็บเซิร์ฟเวอร์ เนื่องจากไม่มีความจำเป็นใด ๆ ที่จะต้องใช้



รูป 4.1 แสดงภาพรวมของระบบทางด้านสถาปัตยกรรมระบบ

4.1.4.2 ใช้โครงสร้างแบบแบ่งปันข้อมูลแหล่งจัดเก็บข้อมูลแบบแบล็คบอร์ด (Repository Model-Blackboard) ข้อดีของระบบย่อยนี้ คือเป็นการแบ่งปันข้อมูลจำนวนมากได้ โดยที่ไม่จำเป็นต้องส่งข้อมูลโดยตรงระหว่างระบบย่อย การเข้าถึงข้อมูลจะเป็นของส่วนกลางที่เรียกว่า “Repository Manager” ดังแสดงในรูป 4.2



รูป 4.2 แสดงภาพรวมของระบบทางด้านส่วนประกอบย่อยของไลบรารี

**4.2 ผลการวิเคราะห์และออกแบบระบบด้วยยูเอ็มแอล**

หลังจากที่ได้วิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้งาน ความต้องการของระบบ ต่อไปจะเป็นขั้นตอนของการวิเคราะห์และออกแบบระบบด้วยยูเอ็มแอล ซึ่งผลที่ได้จากนั้น จะเป็นแผนภาพต่างๆ ที่เป็นการเปลี่ยนแปลงรายละเอียดความต้องการของผู้ใช้งานและระบบให้อยู่ในรูปของไดอะแกรม ซึ่งในการค้นคว้าอิสระนี้ จะได้ไดอะแกรมอยู่ 2 ชนิดคือ

**4.2.1 ยูสเคสไดอะแกรม**

จุดประสงค์เพื่อที่จะแสดงผลของการวิเคราะห์ระบบ ในระดับบนสุดจากมุมมองของผู้ใช้เป็นหลักสำหรับ โครงสร้างของซอฟต์แวร์ของเครื่องมือวัดนั้น โดยปรกติแล้ว การสร้างไลบรารีเพื่อทำงานเป็นซอฟต์แวร์ของเครื่องมือวัดนั้น จะเป็นแบบ โครงการซึ่งตามหลักการออกแบบแบบนี้ จะต้องมีส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface) ที่เป็นเมนูหลักดังต่อไปนี้ ดังนั้นยูสเคสไดอะแกรมของเครื่องมือวัดทั้ง 5 ชนิดจะต้องประกอบไปด้วยยูสเคสเหล่านี้ ซึ่งขึ้นอยู่กับฟังก์ชันการทำงานของเครื่องมือวัดเหล่านั้นว่า ผู้พัฒนาจะจัดให้อยู่ในยูสเคสกลุ่มไหน

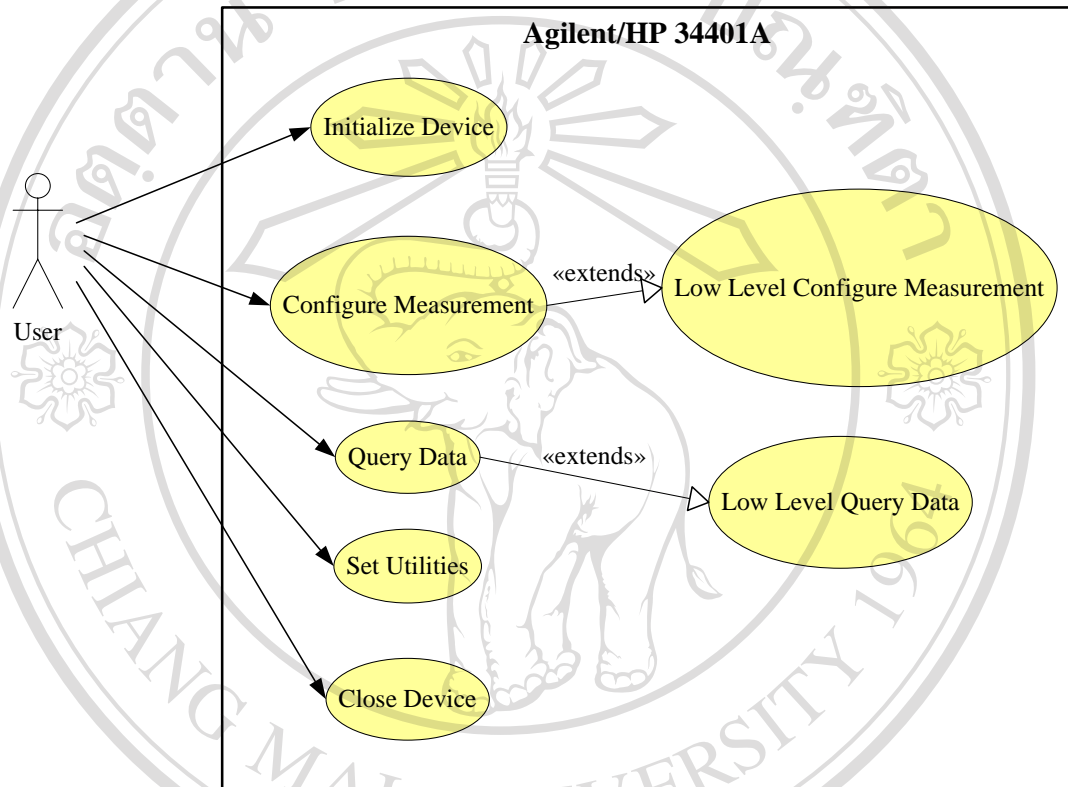
- (1) ยูสเคสเตรียมการเริ่มต้น (Initialize)
- (2) ยูสเคสจัดการ โครงแบบ (Configuration)
- (3) ยูสเคสจัดการ โครงแบบระดับล่าง (Low Level Configuration)
- (4) ยูสเคสปฏิบัติการ (Action)
- (5) ยูสเคสปฏิบัติการระดับล่าง (Low Level Action)
- (6) ยูสเคสสถานะ (Status)
- (7) ยูสเคสสถานะระดับล่าง (Low Level Status)
- (8) ยูสเคสข้อมูล (Data)

(9) ยูสเคสข้อมูลระดับต่ำ (Low Level Data)

(10) ยูสเคสปิด (Close)

รายละเอียดของยูสเคสของเครื่องมือวัดทั้ง 5 ชนิดแสดงได้ดังนี้

1). ไลบรารีของ Agilent 34401A ทั้งหมด 28 ฟังก์ชันประกอบด้วย



รูป 4.3 แสดงยูสเคสไดอะแกรมของเครื่องมือวัด Agilent 34401A

1.1 Initialize (1 ฟังก์ชัน)

- Initialize

1.2 Configure (9 ฟังก์ชัน)

- Configure Measurement
- Configure Auto Zero
- Configure Aperture
- Configure Integration
- Configure AC Filter
- Configure DC Input Resistance

- Configure Offset Compensation
- Configure Math
- Configure Temperature (RTD)

### 1.3 Low Level Configure (2 ฟังก์ชัน)

- Configure Trigger
- Configure Multipoint

### 1.4 Data (4 ฟังก์ชัน)

- Read Single-Point
- Read Multi-Points
- Read Transient
- Read Math

### 1.5 Low Level Data (4 ฟังก์ชัน)

- Initiate Measurement
- Send Software Trigger
- Fetch Measurement
- Query Questionable Data Register

### 1.6 Utility (7 ฟังก์ชัน)

- Error Query
- Revision Query
- Self-Test
- Reset

- Device Clear
- System Option

- Recall Instrument Settings

### 1.7 Close (1 ฟังก์ชัน)

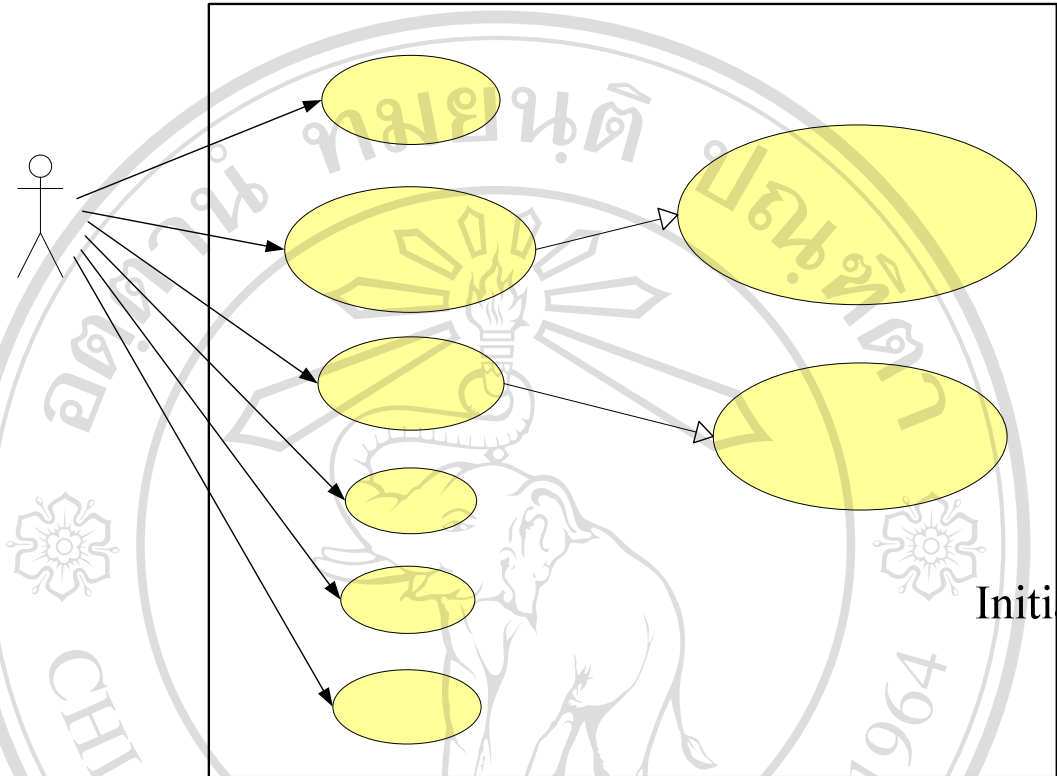
- Close

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright © by Chiang Mai University

All rights reserved

2). ไลบรารีของ Agilent 8564E ทั้งหมด 60 ฟังก์ชันประกอบด้วย



รูป 4.4 แสดงยูสเคสไดอแกรมของเครื่องมือวัด Agilent E3631A

2.1 Initialize (1 ฟังก์ชัน)  
User

- Initialize

2.2 Configure (32 ฟังก์ชัน)

- Configure Frequency
- Configure Calibration
- Configure Reference Level Calibration
- Configure Marker
- Configure Sweep
- Configure Video-Gate
- Configure Span
- Configure Freq-Ampl Correction Points
- Configure Tracking Generator

Initialize Device

Configure Measuremen

Set Action/Statu

Query Data

Set Utilities

Close Device

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright © by Chiang Mai University  
All rights reserved

- Configure Frequency Counter
- Configure Trigger
- Configure Coupling Ratio
- Configure Amplitude
- Configure Normalize
- Configure Video Average
- Configure Peak Search
- Configure Coupling
- Configure Trace
- Configure Mixer
- Configure External Mixer
- Configure FFT Windows
- Configure Display
- Configure Harmonic Number Lock
- Configure Signal ID&Preselector
- Configure Title
- Configure FM-AM Demodulation
- Configure Rear Panel
- Configure Channel Power
- Configure ACP Main
- Configure ACP Channels
- Configure ACP Burst
- Configure ACP Weightings

### 2.3 Action (9 ฟังก์ชัน)

- Perform Calibration
- Perform ACP
- Perform (to) Commands
- Perform Fast Furrier Transform
- Perform Peak Preselector
- Perform Place Marker

- Perform Shift Center Frequency
- Perform Sweep
- Perform Trace

#### 2.4 Query (11 ฟังก์ชัน)

- Query (General)
- Query ACP
- Query Amplitude
- Query Frequency
- Query Bandwidth
- Query Sweep Time
- Query Carrier On-Off Power
- Query Power
- Query Trace Array
- Save-Recall
- Store-Recall Reference Trace

#### 2.5 Utility (6 ฟังก์ชัน)

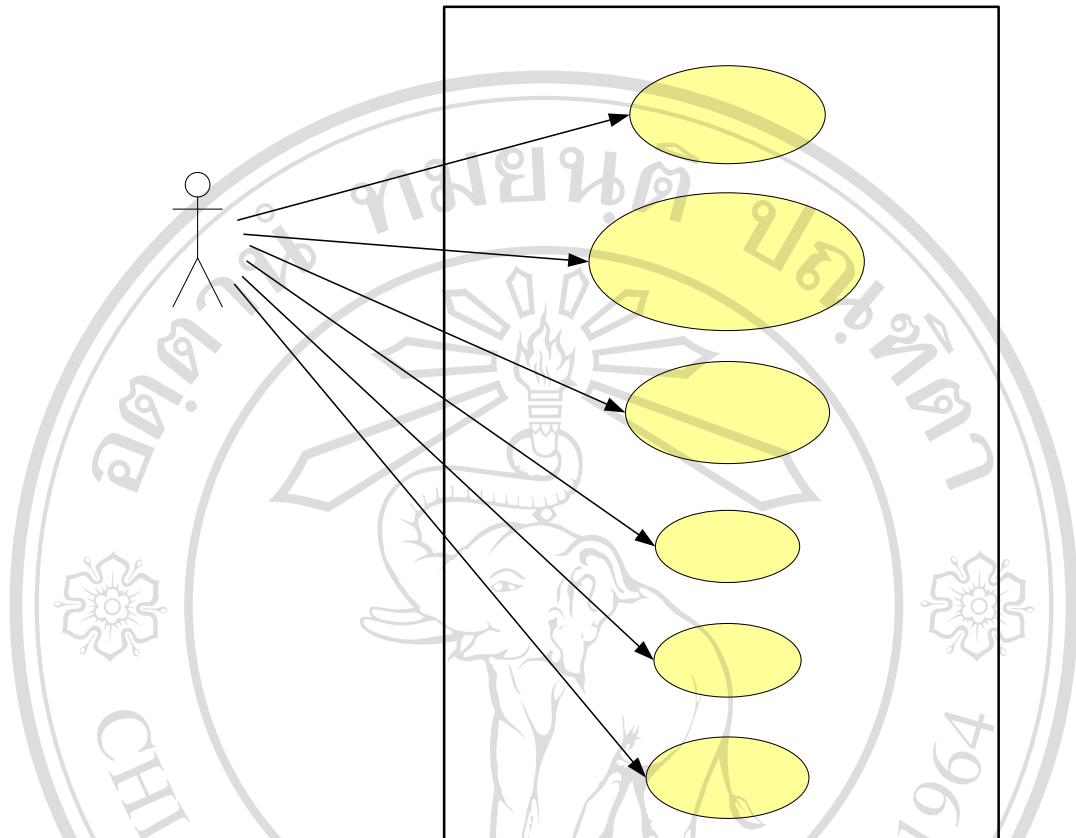
- Self-Test
- Write and Wait
- Reset
- Revision Query
- Error Query

#### 2.6 Close (1 ฟังก์ชัน)

- Close



3). ไลบรารีของ Agilent 83650L ทั้งหมด 37 ฟังก์ชัน ประกอบด้วย



รูป 4.5 แสดงยูสเคสไดอแกรมของเครื่องมือวัด Agilent 83650L

### 3.1 Initialize (1 ฟังก์ชัน)

- Initialize

### 3.2 Configure (22 ฟังก์ชัน)

- Configure Trigger
- Configure List
- Configure Diagnostics
- Configure ALC Power Mode
- Configure Amplitude Modulation
- Configure Frequency Modulation
- Configure Pulse Generation
- Configure Status Register
- Configure Pulse Modulation
- Configure Double Amplifier

- Configure Power Modifier
- Configure Arm Trigger
- Configure Makers
- Configure Sweep Control
- Configure Frequencies Modifier
- Configure Sweep Value
- Configure Reference Oscillator
- Configure Frequency
- Configure RF Output Power
- Configure Sweep Time
- Configure RF Output
- Configure Rear Modulation

### 3.3 Action/ Status (6 ฟังก์ชัน)

- Send Trigger
- Abort
- Display On-Off
- Enable-Disable Self-Test
- Self Calibration
- Run Individual Self-Test

### 3.4 Data (2 ฟังก์ชัน)

- Run Diagnostic Info
- Read Max-Min Values

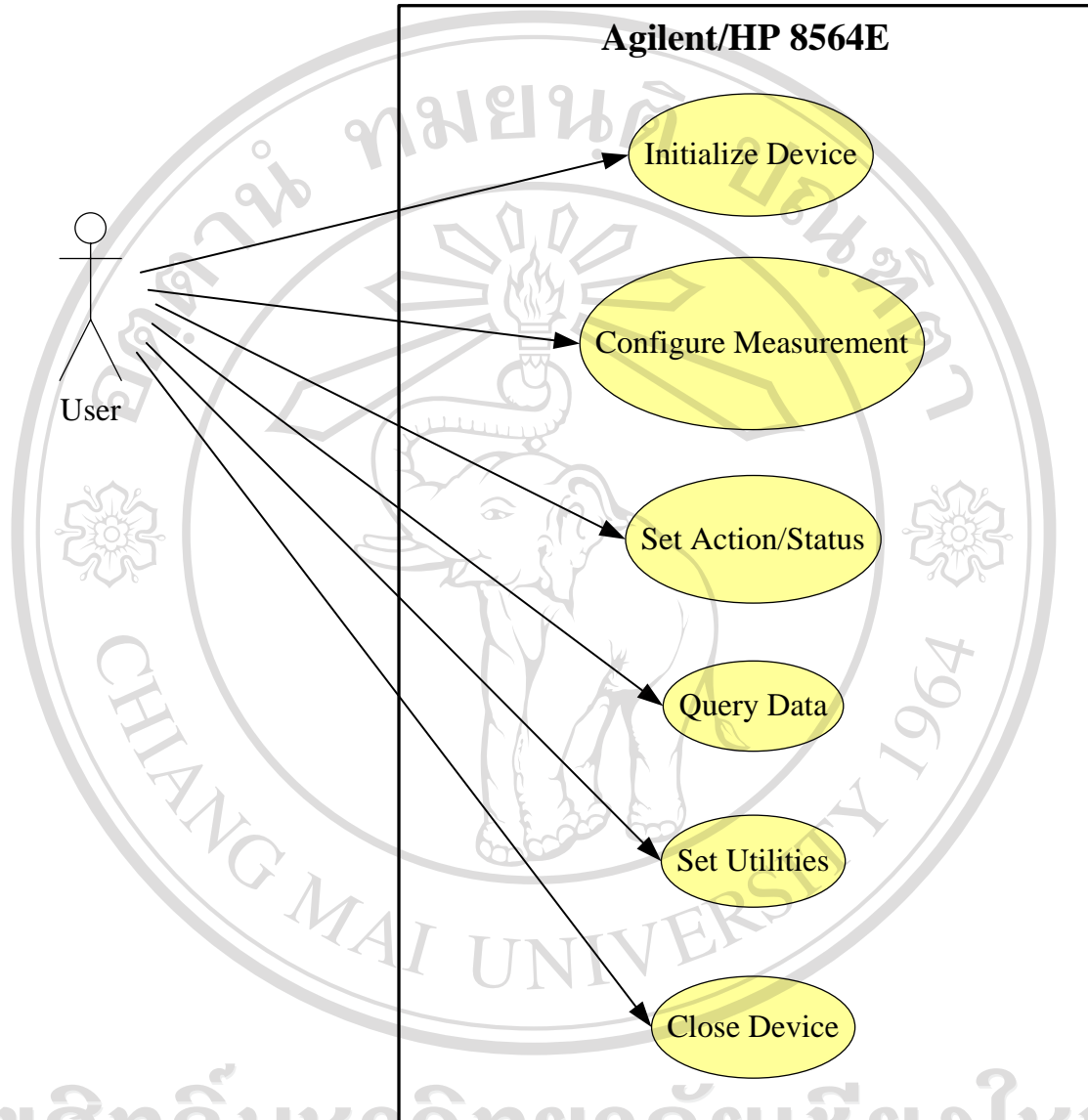
### 3.5 Utility (5 ฟังก์ชัน)

- Error Query (Multiple)
- Self-Test
- Reset
- Revision Query
- Save-Recall Setup

### 3.6 Close (1 ฟังก์ชัน)

- Close

4). ไลบรารีของ Agilent E3631A ทั้งหมด 19 ฟังก์ชันประกอบด้วย



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright © by Chiang Mai University  
All rights reserved

รูป 4.6 แสดงยูสเคสไดอแกรมของเครื่องมือวัด Agilent 8564E

4.1 Initialize (1 ฟังก์ชัน)

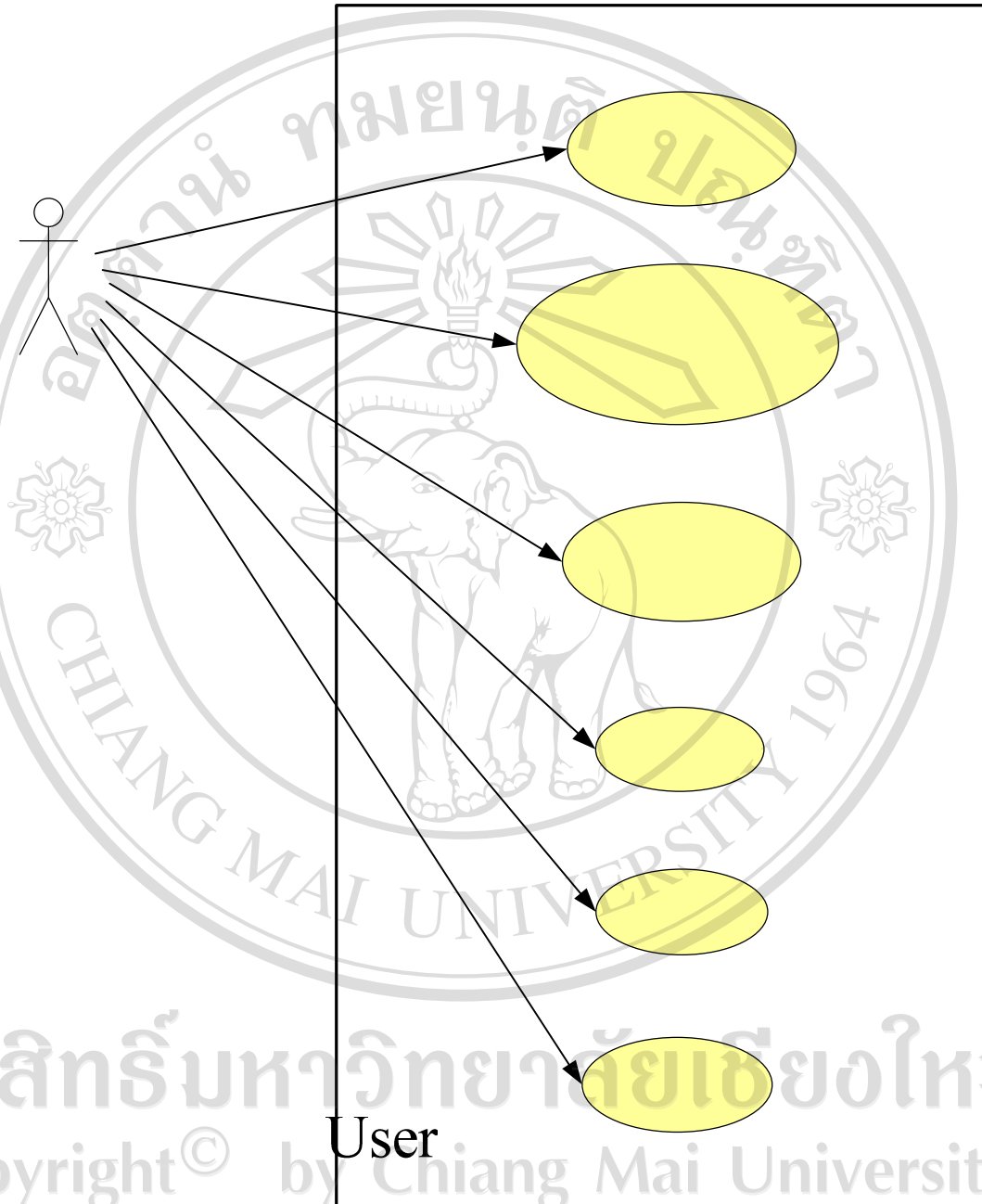
- Initialize

4.2 Configure (6 ฟังก์ชัน)

- Configure Output
- Configure OVP
- Configure Current Limit

- Configure Output Range
- Configure Tracking
- Configure Coupling
- 4.3 Low Level Configure (1 ฟังก์ชัน)
  - Configure Trigger
- 4.4 Action/ Status (2 ฟังก์ชัน)
  - Output Protection Status
  - Reset Output Protection
- 4.5 Low Level Action/Status (2 ฟังก์ชัน)
  - Initiate
  - Send Software Trigger
- 4.6 Data (1 ฟังก์ชัน)
  - Read Output
- 4.7 Utility (5 ฟังก์ชัน)
  - Reset
  - Self-Test
  - Error Query
  - Revision Query
  - Save-Recall Setup
- 4.8 Close (1 ฟังก์ชัน)
  - Close

5). ไลบรารีของ Agilent E4418B ทั้งหมด 72 ฟังก์ชันประกอบด้วย



รูป 4.7 แสดงยูสเคสไดอแกรมของเครื่องมือวัด Agilent E4418B

5.1 Initialize (1 ฟังก์ชัน)

- Initialize

5.2 Configure (46 ฟังก์ชัน)

- Configure Input

- Configure Channel Offset
- Configure Averaging Auto
- Configure Averaging
- Linearity Correction
- Frequency Dependent Offset
- Configure Limits
- Configure Math
- Get Math Expressions
- Configure Gain
- Reset Ref Value
- Set Ref Value State
- Feed
- Configure Measurement
- Set TTL Calibration State
- Calibration Lock Out
- Configure Recorder
- Recorder Measurement
- Reference Oscillator State
- Configure TTL
- Set Initiate Continuous State
- Configure Trigger
- Configure Channel A Trigger
- Trigger Event Count
- E Series Offset Table
- E Series Configure Input
- E Series Configure Measurement
- E9320 Video Averaging
- E9320 Sensor Parameter
- E9320 Configure Trace
- E9320 Configure Gate

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright © by Chiang Mai University

All rights reserved

- E9320 Output Trigger State
- Configure Duty Cycle
- Set Correction
- Set Calibration Factor
- Memory Contents
- Size Of Memory Block
- Active Table Value
- Active Table Information
- Table Operation
- Define Calibration Table
- Define Offset Table
- Register Map Name
- Register Count
- Load From Save Recall Register
- Save to Save Recall Register

### 5.3 Action/ Status (11 ฟังก์ชัน)

- Get Limits Failure
- Clear Fail Count
- Calibration
- E9320 Clear Peak Hold
- E9320 Normal Path Zeroing

- Available Memory
- Abort

- Initiate
- Trigger Immediate
- Set Status Register
- Get Status Register

### 5.4 Data (5 ฟังก์ชัน)

- Fetch
- Read

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
 Copyright © by Chiang Mai University  
 All rights reserved

- Measure
- E Series Measure
- E9320 Trace Data

#### 5.5 Utility (8 ฟังก์ชัน)

- Reset
- Self Test
- Error Query
- Error Message
- Revision Query
- Instrument Type
- Get Sensor Type
- Utility Generate Instrument Error

#### 5.6 Close (1 ฟังก์ชัน)

- Close

#### 4.2.2 สเตทซาร์ทไดอาแกรม

จุดประสงค์เพื่อที่จะแสดงผลการออกแบบระบบ ซึ่งจะเน้นไปที่ลำดับของเหตุการณ์ สถานะและพฤติกรรมของส่วนประกอบของไลบรารีต่างๆ สำหรับรายละเอียดของสเตทซาร์ทไดอาแกรมของแต่ละไลบรารีนั้นอยู่ในภาคผนวก ก เอกสารประกอบการพัฒนาระบบตามมาตรฐานคุณภาพซอฟต์แวร์ไทย (TQS) ในหัวข้อเอกสารการออกแบบซอฟต์แวร์ (02-DOC\_SD) หัวข้อที่ 5

### 4.3 ผลการทดสอบการทำงานของระบบ

#### 4.3.1 ผลการทดสอบระดับหน่วย (Unit Testing)

สำหรับรายละเอียดของผลการทดสอบระดับหน่วย (Unit Testing) นั้นอยู่ในภาคผนวก ก เอกสารประกอบการพัฒนาระบบตามมาตรฐานคุณภาพซอฟต์แวร์ไทย (TQS) ในหัวข้อเอกสารการทดสอบซอฟต์แวร์ (09-REC\_TR)

#### 4.3.2 ผลการทดสอบระดับรวมหน่วย (Integration Testing)

สำหรับรายละเอียดของผลการทดสอบระดับหน่วย (Unit Testing) นั้นอยู่ในภาคผนวก ก เอกสารประกอบการพัฒนาระบบตามมาตรฐานคุณภาพซอฟต์แวร์ไทย (TQS) ในหัวข้อเอกสารการทดสอบซอฟต์แวร์ (09-REC\_TR)

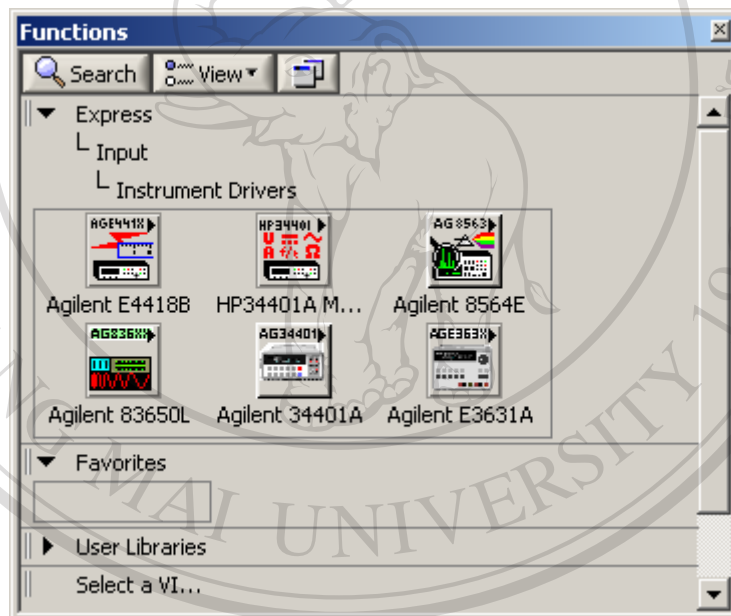


### 4.3.3 ผลการทดสอบทดสอบการยอมรับ (Acceptance Testing)

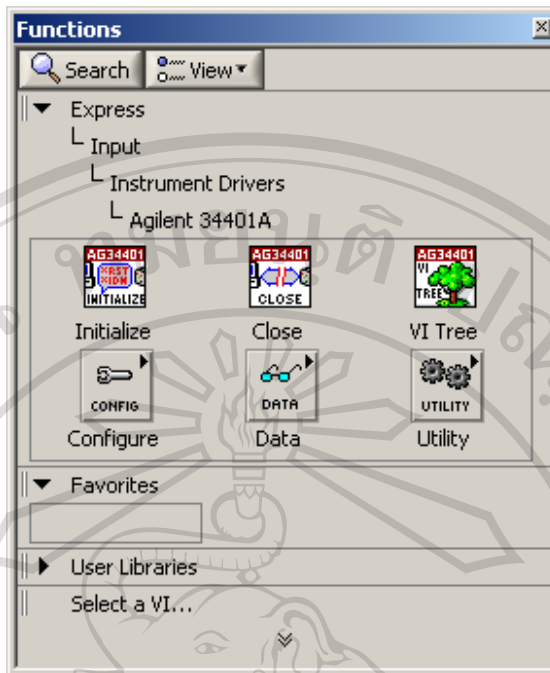
สำหรับรายละเอียดของผลการทดสอบการยอมรับของผู้ใช้งาน (Unit Testing) นั้นอยู่ในภาคผนวก ก เอกสารประกอบการพัฒนาระบบตามมาตรฐานคุณภาพซอฟต์แวร์ไทย (TQS) ในหัวข้อเอกสารการทดสอบซอฟต์แวร์ (10-REC\_UATR)

### 4.3.4 ผลการทำงานระบบโดยรวมด้านส่วนติดต่อกับผู้ใช้และการแสดงผล

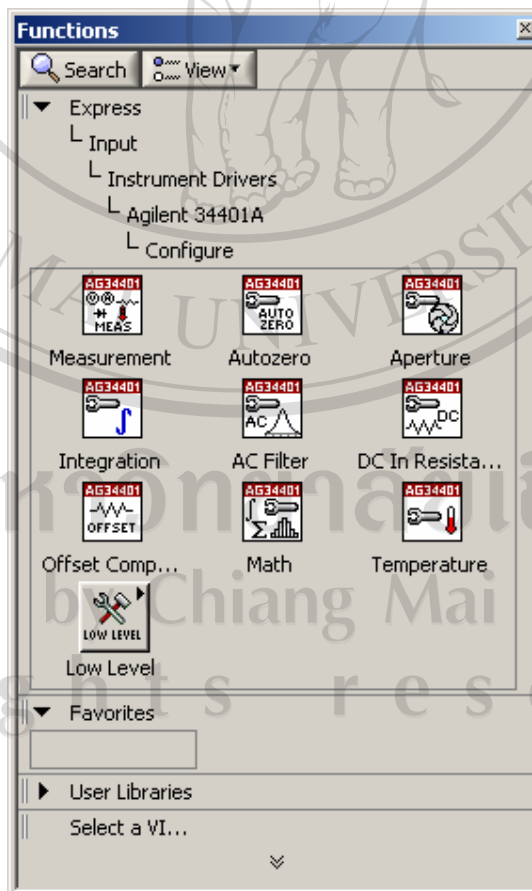
จากการพัฒนาไลบรารีสำหรับเครื่องมือวัดอุตสาหกรรมทั้ง 5 ชนิด จนได้ผลลัพธ์เป็นซอฟต์แวร์ตามมาตรฐานการประกันคุณภาพกระบวนการผลิตซอฟต์แวร์ ISO 12207 และตรงตามความต้องการของผู้ใช้งานที่ผ่านการทดสอบการยอมรับมาแล้วนั้น สำหรับการทำงานของระบบโดยรวมด้านส่วนติดต่อกับผู้ใช้และการแสดงผล สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้



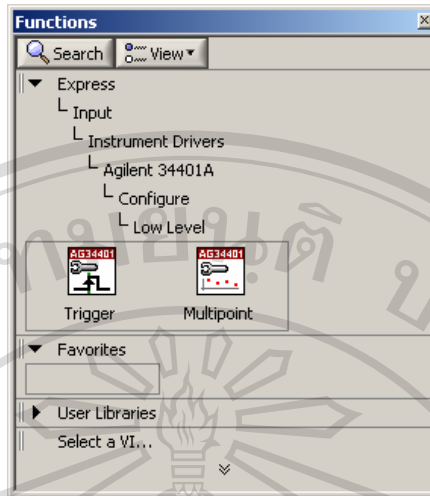
รูป 4.8 แสดงเมนูหลักของไลบรารีของเครื่องมือวัดทั้ง 5 ชนิด



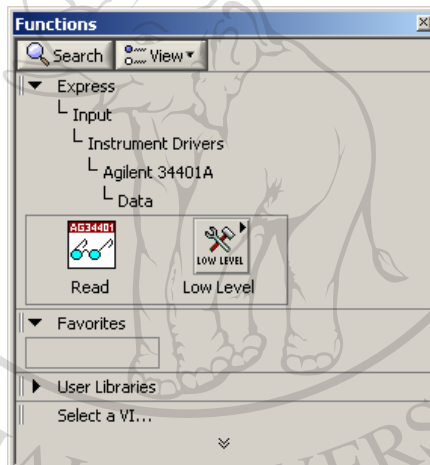
รูป 4.9 แสดงเมนูหลักของไลบรารีเครื่องมือวัด Agilent 34401A



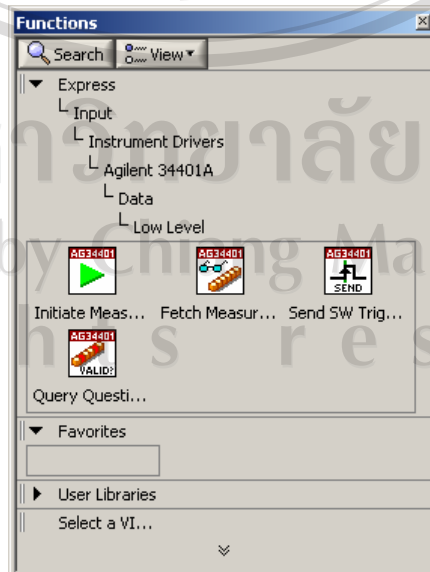
รูป 4.10 แสดงฟังก์ชันย่อยเมนู Configure ของไลบรารีเครื่องมือวัด Agilent 34401A



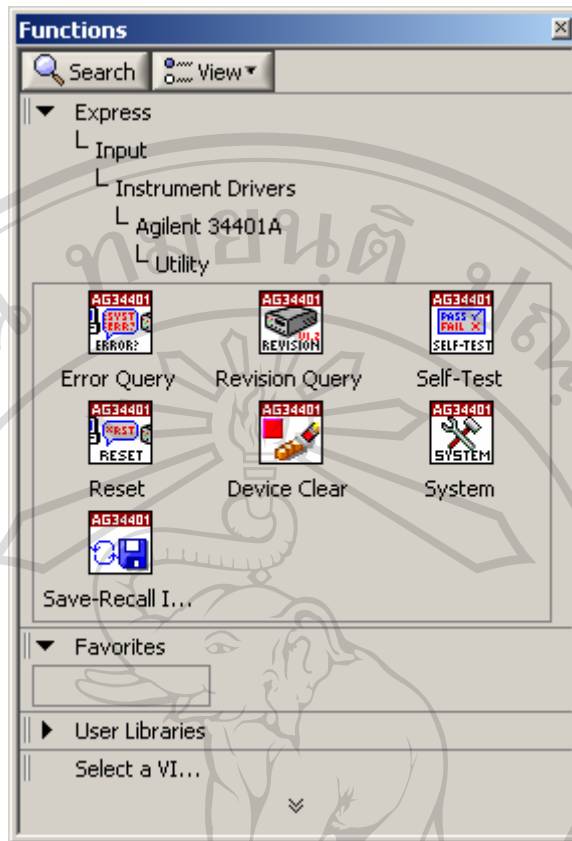
รูป 4.11 แสดงฟังก์ชันย่อยเมนู Low Level Configure ของไลบรารีเครื่องมือวัด Agilent 34401A



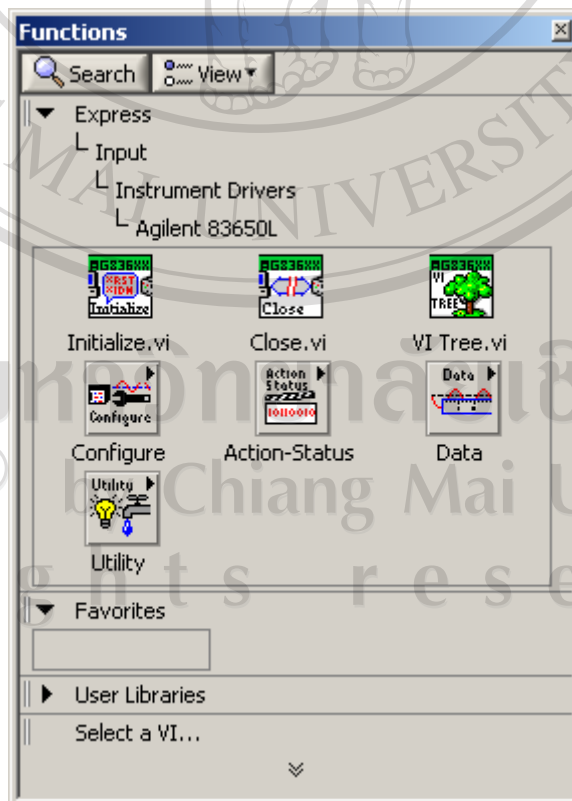
รูป 4.12 แสดงฟังก์ชันย่อยเมนู Data ของไลบรารีเครื่องมือวัด Agilent 34401A



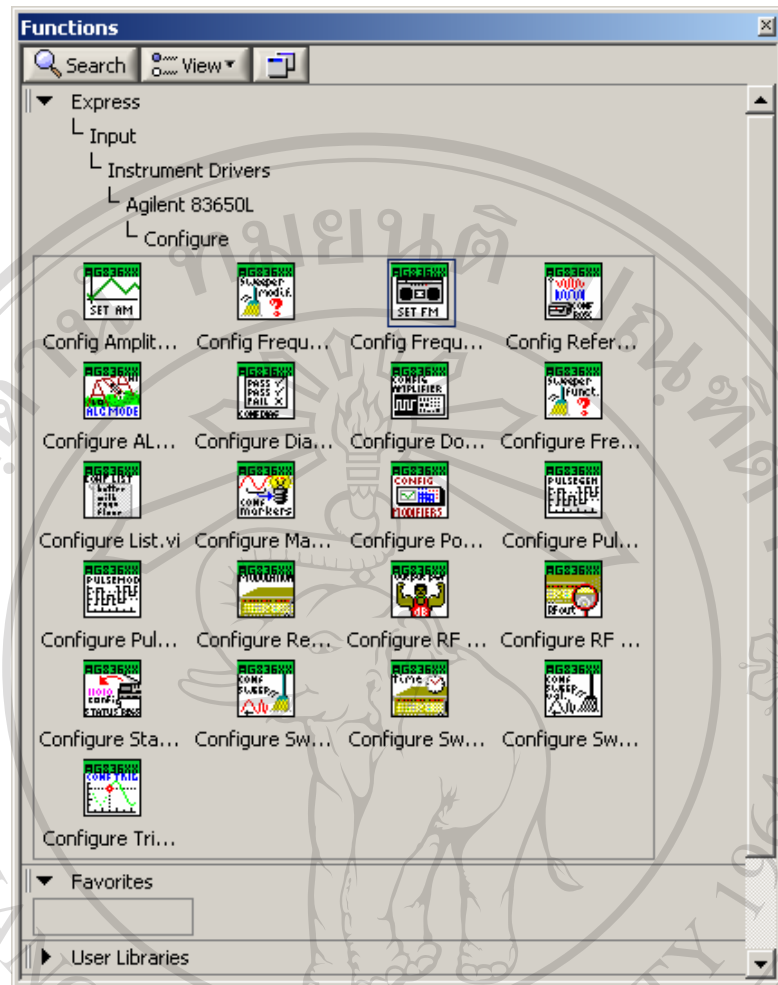
รูป 4.13 แสดงฟังก์ชันย่อยเมนู Low Level Data ของไลบรารีเครื่องมือวัด Agilent 34401A



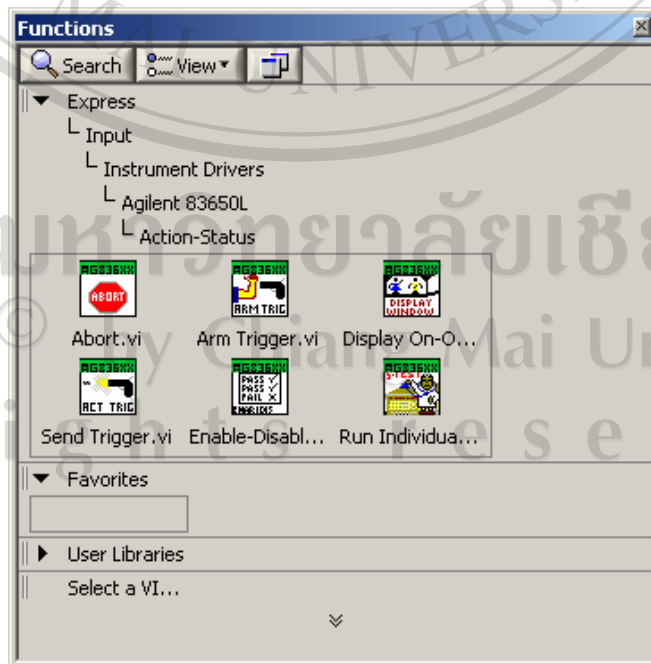
รูป 4.14 แสดงฟังก์ชันย่อยเมนู Utility ของไลบรารีเครื่องมือวัด Agilent 34401A



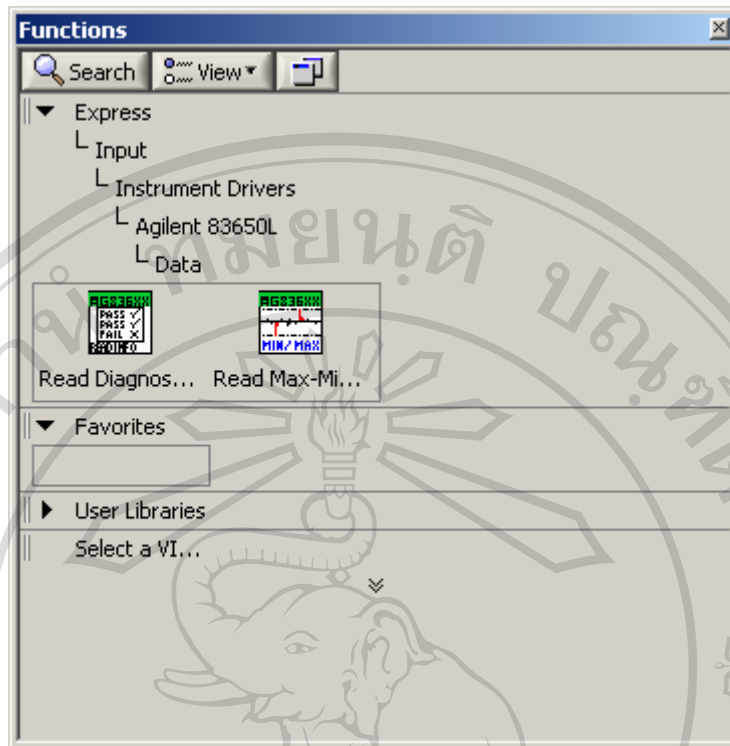
รูป 4.15 แสดงเมนูหลักของไลบรารีเครื่องมือวัด Agilent 83650L



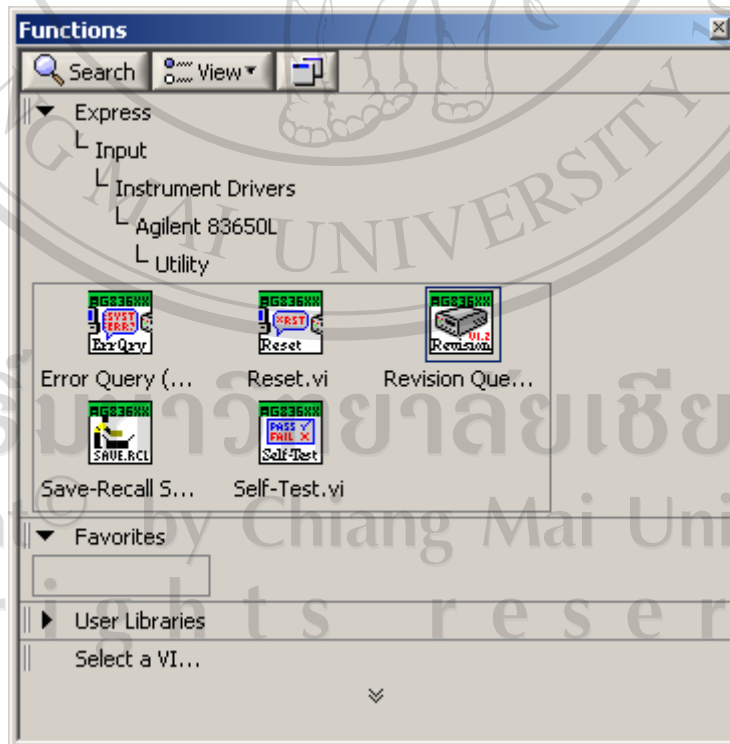
รูป 4.16 แสดงฟังก์ชันย่อยเมนู Configure ของไลบรารีเครื่องมือวัด Agilent 83650L



รูป 4.17 แสดงฟังก์ชันย่อยเมนู Action-Status ของไลบรารีเครื่องมือวัด Agilent 83650L



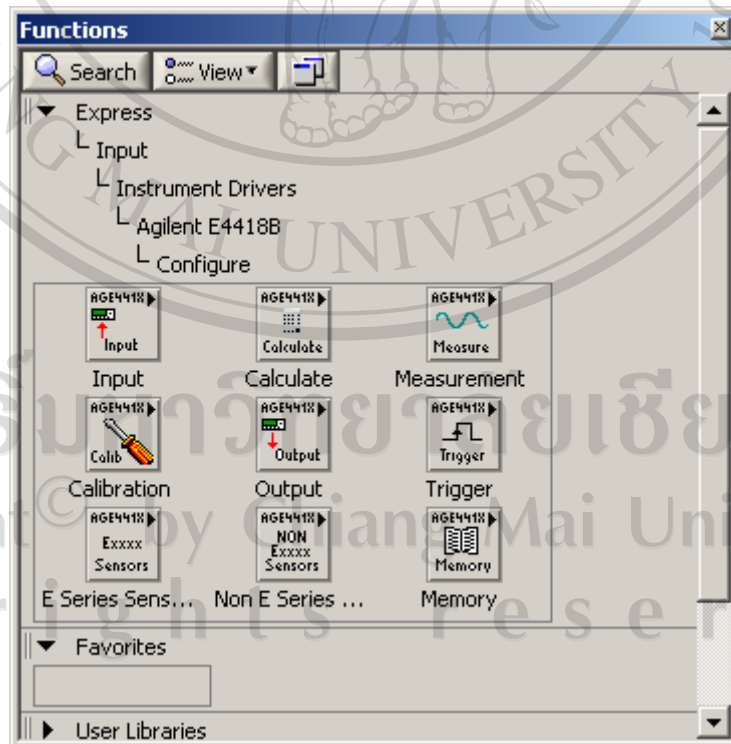
รูป 4.18 แสดงฟังก์ชันย่อยเมนู Data ของไลบรารีเครื่องมือวัด Agilent 83650L



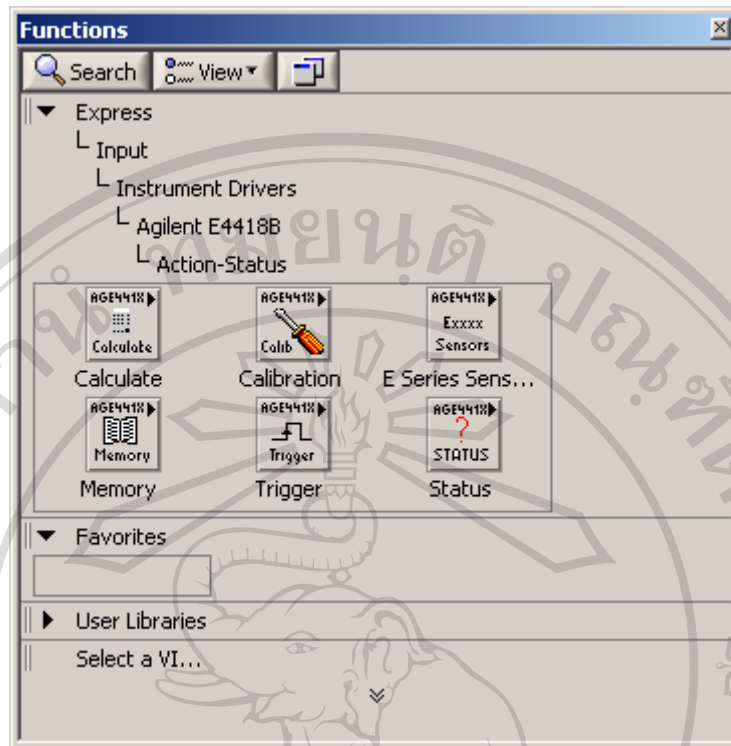
รูป 4.19 แสดงฟังก์ชันย่อยเมนู Utility ของไลบรารีเครื่องมือวัด Agilent 83650L



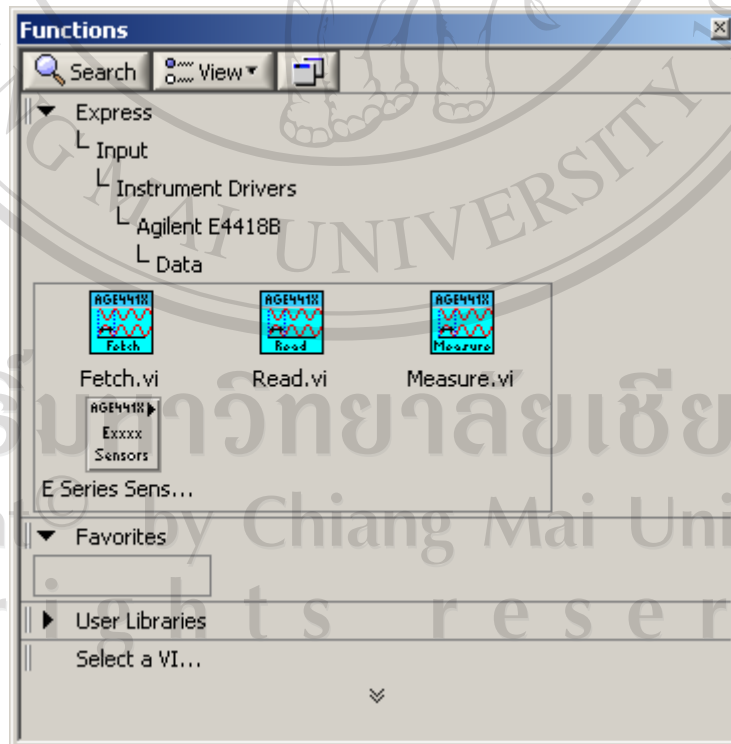
รูป 4.20 แสดงเมนูหลักของไลบรารีเครื่องมือวัด Agilent 4418B



รูป 4.21 แสดงฟังก์ชันย่อยเมนู Configure ของไลบรารีเครื่องมือวัด Agilent 4418B

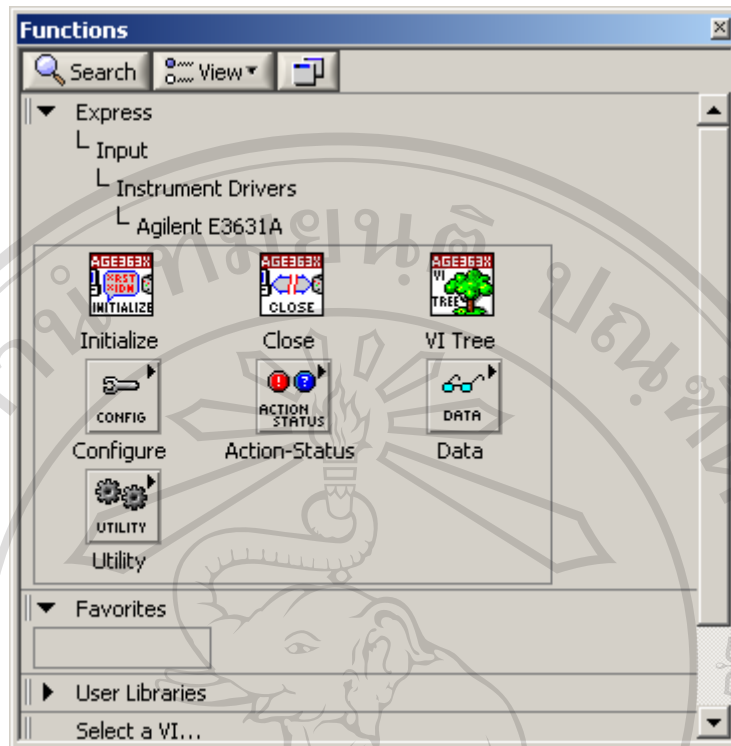


รูป 4.22 แสดงฟังก์ชันย่อยเมนู Action-Status ของไลบรารีเครื่องมือวัด Agilent 4418B

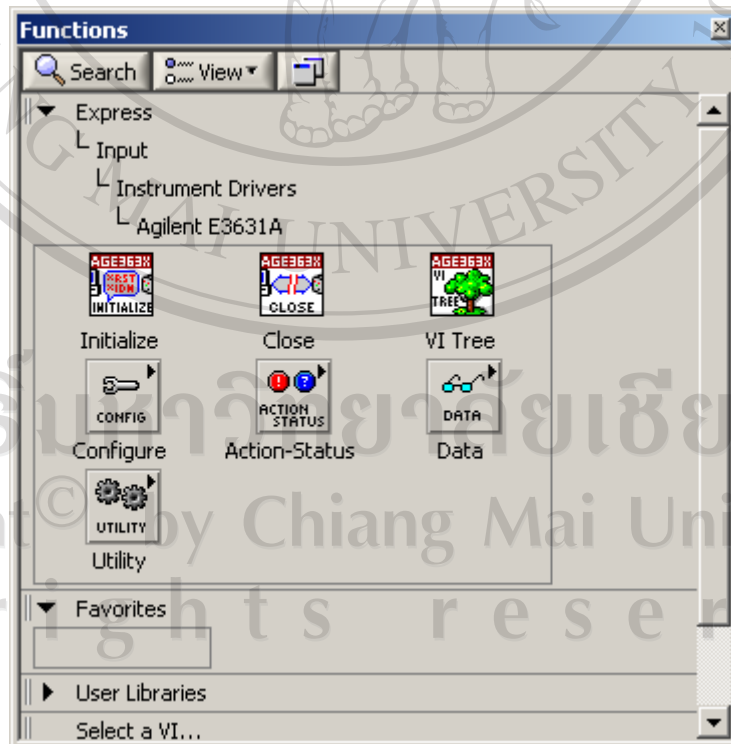


รูป 4.23 แสดงฟังก์ชันย่อยเมนู Data ของไลบรารีเครื่องมือวัด Agilent 4418B

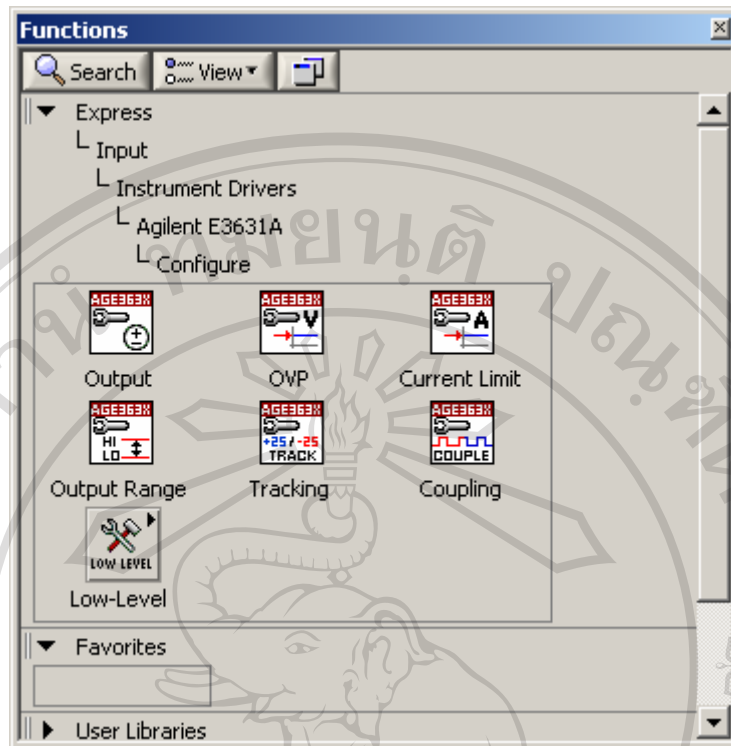




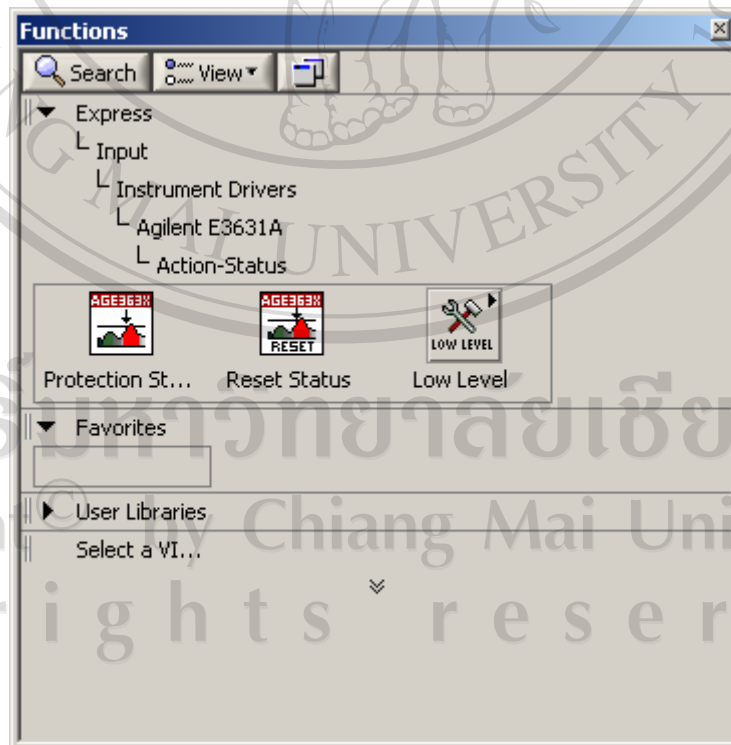
รูป 4.24 แสดงฟังก์ชันย่อยเมนู Utility ของไลบรารีเครื่องมือวัด Agilent 4418B



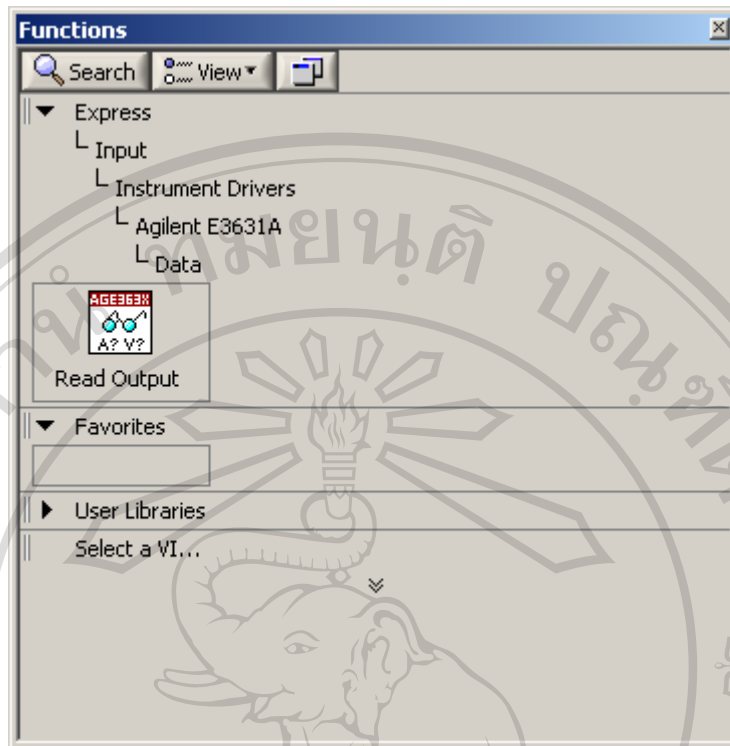
รูป 4.25 แสดงแสดงเมนูหลักของไลบรารีเครื่องมือวัด Agilent E3631A



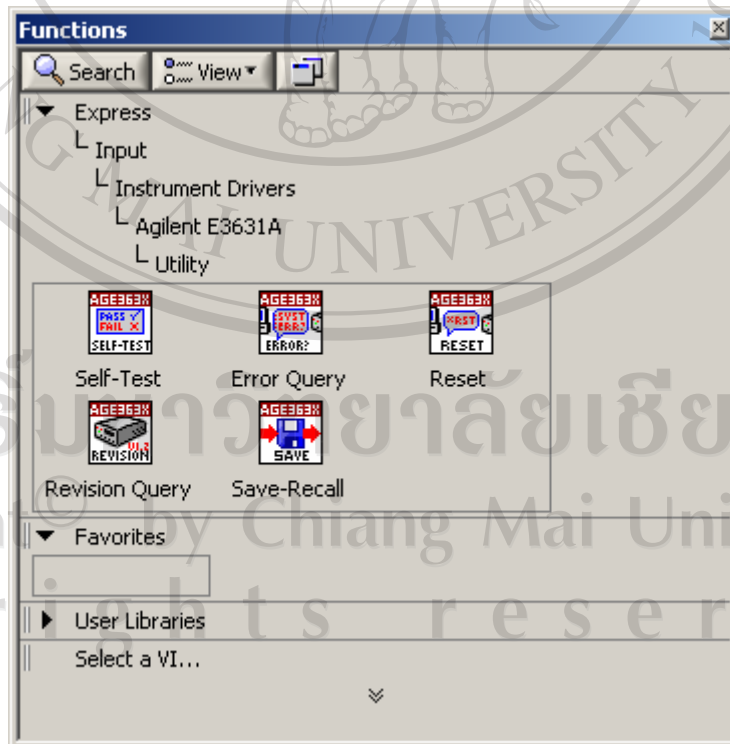
รูป 4.26 แสดงฟังก์ชันย่อยเมนู Configure ของไลบรารีเครื่องมือวัด Agilent E3631A



รูป 4.27 แสดงฟังก์ชันย่อยเมนู Action-Status ของไลบรารีเครื่องมือวัด Agilent E3631A



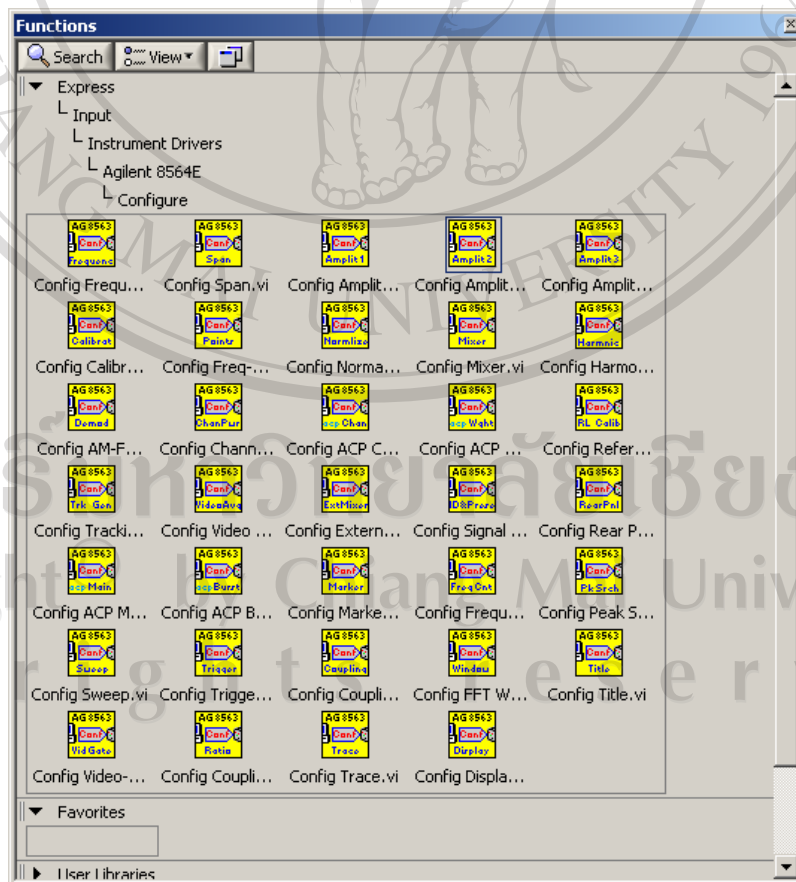
รูป 4.28 แสดงฟังก์ชันย่อยเมนู Data ของไลบรารีเครื่องมือวัด Agilent E3631A



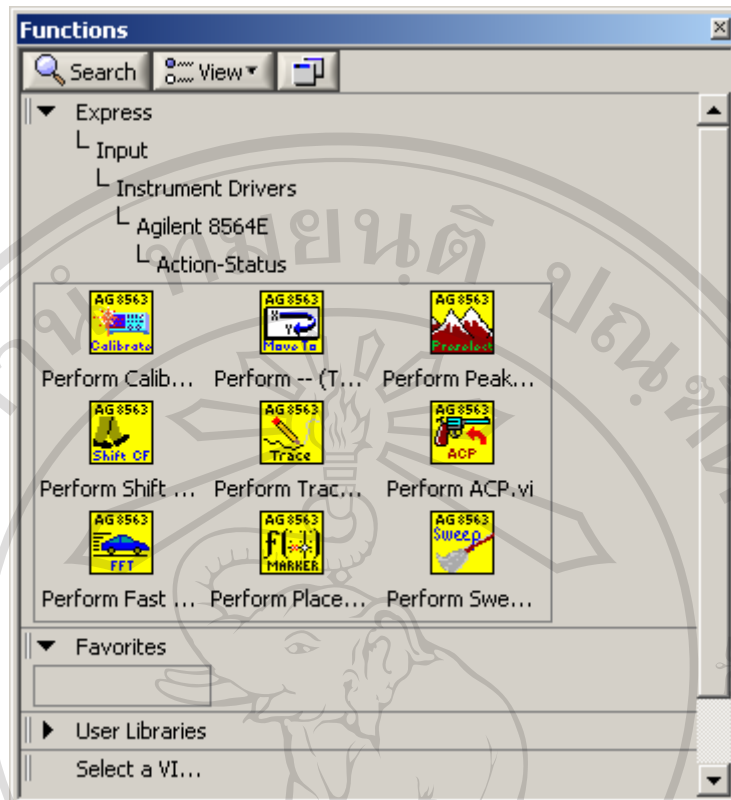
รูป 4.29 แสดงฟังก์ชันย่อยเมนู Utility ของไลบรารีเครื่องมือวัด Agilent E3631A



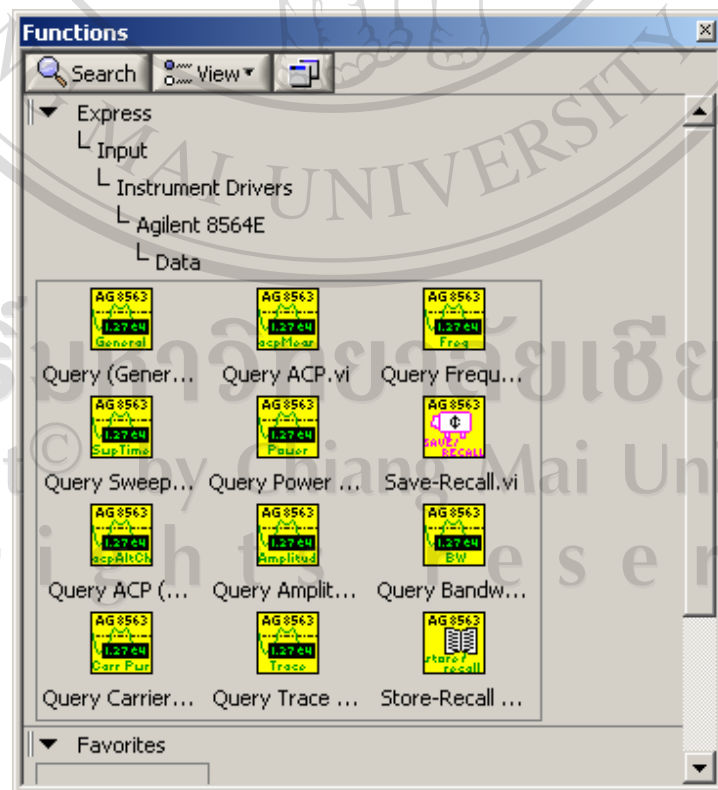
รูป 4.30 แสดงเมนูหลักของไลบรารีเครื่องมือวัด Agilent 8564E



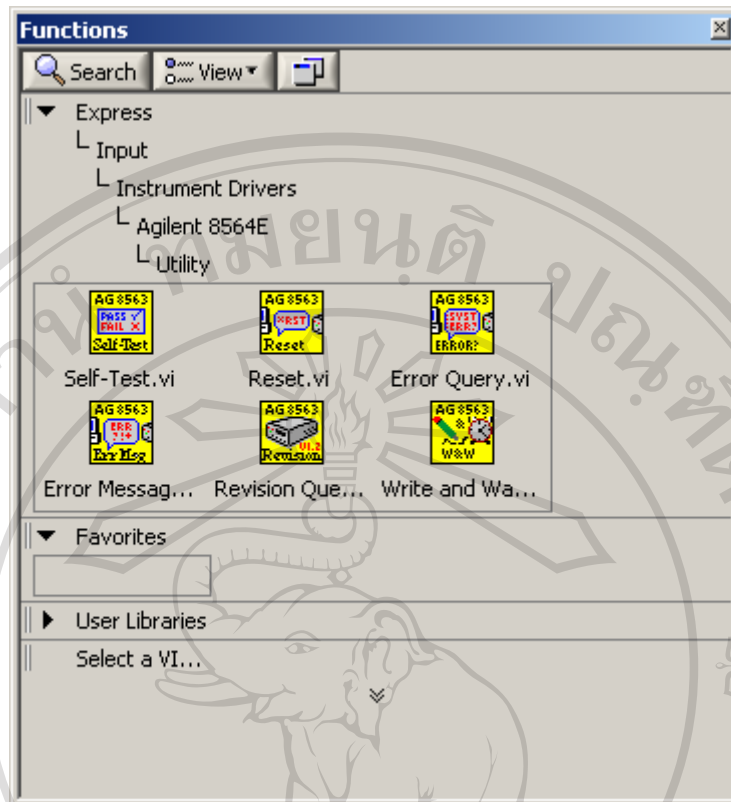
รูป 4.31 แสดงฟังก์ชันย่อยเมนู Configure ของไลบรารีเครื่องมือวัด Agilent E3631A



รูป 4.32 แสดงฟังก์ชันย่อยเมนู Action-Status ของไลบรารีเครื่องมือวัด Agilent E3631A



รูป 4.33 แสดงฟังก์ชันย่อยเมนู Data ของไลบรารีเครื่องมือวัด Agilent E3631A



รูป 4.34 แสดงฟังก์ชันย่อยเมนู Utility ของไลบรารีเครื่องมือวัด Agilent E3631A

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
 Copyright© by Chiang Mai University  
 All rights reserved