

การสร้างและพัฒนาอิเล็กทรอนิกส์ชั้นนำแห่งประเทศไทย



นางสาวนวลรัตน์ สีฤทธิ์

# ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาพิสิกส์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2527

ISBN 974-563-717-3

013114

工159214955

CONSTRUCTION AND DEVELOPMENT OF A DIGITAL ELECTROMETER

Miss Nuanrat Seekularb

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Physics

Graduate School

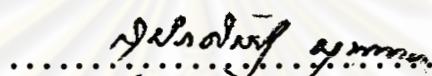
Chulalongkorn University

1984

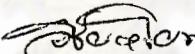
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การสร้างและพัฒนาอิเล็กโตรมิเตอร์ชนิดตัว เลข  
 โดย นางสาว นวลรัตน์ สกุลบาน  
 ภาควิชา พลังงาน  
 อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ภิญโญ ปันยารชุน

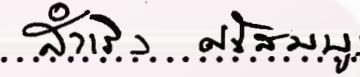


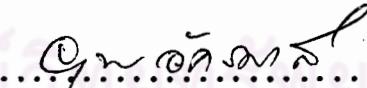
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่ง  
 ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

  
 ..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
 (รองศาสตราจารย์ ดร. สุประดิษฐ์ อุบลาก) .....  
 ..... บัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
 ..... ประธานกรรมการ  
 (ศาสตราจารย์ วิชัย ทิโยดม)

  
 ..... กรรมการ  
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สำเริง ศรีสมบูรณ์)

  
 ..... กรรมการ  
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พุทธ อัครมาล)

  
 ..... กรรมการ  
 (รองศาสตราจารย์ ดร. ภิญโญ ปันยารชุน)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวขอวิทยานิพนธ์

การสร้างและพัฒนาอิเล็กโตรมิเตอร์ชนิดตัวเลข

ชื่อผู้สืบ

นางสาวนวนรัตน์ สุกุลภา

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร. วิทย์ ปันยารชุน

ภาควิชา

ฟิสิกส์

ปีการศึกษา

2526

บทศดย่อ



อิเล็กโตรมิเตอร์ชนิดตัวเลขที่สร้างขึ้นนี้ มีจุดประสงค์ในการสร้าง โดยใช้อุปกรณ์ที่มีจำหน่ายในประเทศไทย ให้มีคุณภาพและความสามารถในการทำงานสูง และคงผลเป็นตัวเลข และมีต้นทุนการผลิตต่ำ ซึ่งนอกจากจะใช้รัดประจุไฟฟ้าปริมาณต่ำ ๆ แล้ว ยังสามารถนำไปใช้รัดศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าต่ำ ๆ ได้อีกด้วย จากการศึกษาการทำงานและการนำอิเล็กโตรมิเตอร์ชนิดตัวเลขที่สร้างขึ้นนี้ไปรัดปริมาณไฟฟ้าต่าง ๆ พบว่าผลจากการรัดที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับผลจากการรัดโดยใช้เครื่องมือรัดที่ได้มาตรฐาน และใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการคำนวณอีกด้วย

## ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Thesis Title                      Construction and Development of a Digital Electrometer

Name                              Miss Nuanrat Seekularb

Thesis Advisor                  Associate Professor Dr. Bhiyayo Panyarjun

Department                      Physics

Academic Year                  1983

#### ABSTRACT

The described digital electrometer was designed and constructed under the following objectives; using available electronic parts in this country, digital display, high performance, can be used to measure very small amount of electric charges, electric currents and electric potentials, and relatively low cost. Its performances were compared with those obtained from standard meters. The results of the measurements from the instrument seem to be in good agreements with those from the standard instruments.

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



กิติกรรมประการ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. กิยโย ปันยารชุน ที่ได้กรุณา  
ให้คำปรึกษา และคำแนะนำสำหรับอ่าน เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำวิทยานิพนธ์ และผู้เขียน  
ขอขอบพระคุณ อาจารย์ พลผลดุง พุดงกุล หัวหน้าภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง ที่ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับ  
ด้านเทคนิคต่าง ๆ ตลอดจนการให้ยืมเครื่องมืออัดและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิจัยนี้ นอกจาก  
นี้ผู้เขียนขอขอบพระคุณคณะกรรมการ ก.ก.ศ. แห่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และ  
เทคโนโลยี ที่ได้กรุณาอนุมัติให้ผู้เขียนลาศึกษาต่อ

ผู้เขียนขอขอบคุณ คุณวิไล คำแดงไสย ที่ช่วยพิมพ์วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ไว ณ โอกาส  
นี้ด้วย

# ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## สารบัญ

|   | หน้า     |
|---|----------|
| บทศดย่อภาษาไทย.....                                     | ๕        |
| บทศดย่อภาษาอังกฤษ.....                                  | ๖        |
| กิจกรรมประจำภาค.....                                    | ๗        |
| รายการตารางประกอบ.....                                  | ๘        |
| รายการรูปประกอบ.....                                    | ๙        |
| <b>บทที่ ๑ บทนำ.....</b>                                | <b>๑</b> |
| 1.1 จุดประสงค์ของการวิจัย.....                          | ๑        |
| 1.2 ขอบเขตของการวิจัย.....                              | ๑        |
| 1.3 วิธีดำเนินการวิจัย.....                             | ๒        |
| 1.4 ประโยชน์ที่จะได้จากการวิจัย.....                    | ๒        |
| <b>บทที่ ๒ อิเล็กโตรมิเตอร์.....</b>                    | <b>๓</b> |
| 2.1 อิเล็กโตรมิเตอร์แบบควบคุมด้วย.....                  | ๓        |
| 2.1.1 ลักษณะโดยทั่วไป.....                              | ๔        |
| 2.1.2 การนำไปใช้งาน.....                                | ๕        |
| 2.2 อิเล็กโตรมิเตอร์แบบแผ่นดูด.....                     | ๖        |
| 2.2.1 ลักษณะโดยทั่วไป.....                              | ๖        |
| 2.2.2 การนำไปใช้งาน.....                                | ๗        |
| 2.3 อิเล็กโตรมิเตอร์แบบหลอดสูญญากาศ.....                | ๘        |
| 2.4 อิเล็กโตรมิเตอร์แบบอิเล็กทรอนิกส์..... <sup>๓</sup> | ๙        |

|                | หน้า   |    |
|----------------|--|----|
| <b>บทที่ ๓</b> | การออกแบบและสร้างอิเล็กทรอนิกส์ชีมิตัวเลข..... | 11 |
| 3.1            | จุดประสงค์ในการสร้าง.....                      | 11 |
| 3.2            | ทฤษฎีเบื้องต้น.....                            | 11 |
| 3.3            | การออกแบบวงจร.....                             | 12 |
| 3.3.1          | วงจรเปลี่ยนค่าที่ต้องการรหัสให้เป็นสัญญาณ..... | 12 |
| 3.3.1.1        | วงจรเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณ.....        | 13 |
| 3.3.1.2        | วงจรเปลี่ยนประจุไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณ.....        | 15 |
| 3.3.2          | วงจรที่ใช้ในการรหัสสัญญาณ.....                 | 16 |
| 3.3.3          | ภาคแสดงผล.....                                 | 16 |
| 3.4            | หลักการทำงานของวงจรและการเลือกใช้อุปกรณ์.....  | 16 |
| 3.5            | วงจรที่ใช้และการทำงานของวงจร.....              | 19 |
| 3.5.1          | วงจรที่ใช้.....                                | 19 |
| 3.5.2          | การทำงานของวงจร.....                           | 22 |
| 3.6            | การออกแบบลายวงจรพิมพ์.....                     | 23 |
| <b>บทที่ ๔</b> | การทดลองและผลการทดลอง.....                     | 26 |
| 4.1            | เครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดลอง.....             | 26 |
| 4.1.1          | อิเล็กทรอนิกส์ชีมิตัวเลข.....                  | 26 |
| 4.1.2          | เครื่องมือวัดที่ใช้เป็นมาตรฐาน.....            | 27 |
| 4.2            | การรหัสสัญญาณ.....                             | 28 |
| 4.3            | การวัดกระแสไฟฟ้า.....                          | 33 |
| 4.4            | การรหัสประจุไฟฟ้า.....                         | 41 |

|   | หน้า      |
|---|-----------|
| <b>บทที่ ๕ ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ.....</b>            | <b>48</b> |
| <b>5.1 ข้อสรุป.....</b>                             | <b>48</b> |
| <b>5.1.1 การออกแบบของร่างอิเล็กทรอนิกส์ชีวภาพ..</b> | <b>48</b> |
| <b>5.1.2 ผลการทดลอง.....</b>                        | <b>49</b> |
| <b>5.2 ข้อเสนอแนะ.....</b>                          | <b>51</b> |
| <b>เอกสารอ้างอิง.....</b>                           | <b>52</b> |
| <b>ภาคผนวก ก.....</b>                               | <b>54</b> |
| <b>ภาคผนวก ข.....</b>                               | <b>61</b> |
| <b>ภาคผนวก ค.....</b>                               | <b>66</b> |
| <b>ประวัติ .....</b>                                | <b>74</b> |

# ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## รายการตารางประกอบ

| ตารางที่   | หน้า |
|--|------|
| 4.2.1 แสดงปริมาณศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากการวัดและการคำนวณ.....  | 31   |
| 4.3.1 แสดงปริมาณกระแสไฟฟ้าในช่วง $\pm 1999 \times 10^{-6}$ แอมป์<br>ซึ่งได้จากการวัดและการคำนวณ.....   | 35   |
| 4.3.2 แสดงปริมาณกระแสไฟฟ้าในช่วง $\pm 1999 \times 10^{-8}$ แอมป์<br>ซึ่งได้จากการวัดและการคำนวณ.....   | 37   |
| 4.3.3 แสดงปริมาณกระแสไฟฟ้าในช่วง $\pm 1999 \times 10^{-10}$ แอมป์<br>ซึ่งได้จากการวัดและการคำนวณ.....  | 39   |
| 4.4.1 แสดงค่าของอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรจ่ายศักย์ไฟฟ้าเพื่อนำมาใช้วัดประจุไฟฟ้า<br>ในช่วง $\pm 1999 \times 10^{-9}$ คูลومบ์ และ $\pm 1999 \times 10^{-11}$ คูลอมบ์. | 41   |
| 4.4.2 แสดงปริมาณประจุไฟฟ้าในช่วง $\pm 1999 \times 10^{-9}$ คูลอมบ์<br>ซึ่งได้จากการวัดและการคำนวณ .....  | 44   |
| 4.4.3 แสดงปริมาณประจุไฟฟ้าในช่วง $\pm 1999 \times 10^{-11}$ คูลอมบ์<br>ซึ่งได้จากการวัดและการคำนวณ.....  | 46   |

**ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**

## รายการรูปประกอบ

| รูปที่  | หน้า |
|---|------|
| 2.1 อิเล็กโตรมิเตอร์แบบความแปรผันที่.....   | 3    |
| 2.2 อิเล็กโตรมิเตอร์แบบความแปรผันที่.....   | 4    |
| 2.3 อิเล็กโตรมิเตอร์แบบแผ่นดูด.....   | 6    |
| 2.4 แสดงส่วนประกอบที่ใช้สังเกตการเคลื่อนที่ของแผ่นเคลื่อนที่.....   | 7    |
| 2.5 วงจรขยายสัญญาณที่ใช้หลอดอิเล็กโตรมิเตอร์.....   | 8    |
| 2.6 อิเล็กโตรมิเตอร์แบบอิเล็กทรอนิกส์.....  | 9    |
| 3.1 วงจรเปลี่ยนค่าที่ต้องการวัดให้เป็นสเกลไฟฟ้า.....  | 13   |
| 3.2 วงจรที่ใช้ในการวัดกระแสไฟฟ้า.....   | 14   |
| 3.3 วงจรที่ใช้ในการวัดประจุไฟฟ้า.....   | 15   |
| 3.4 วงจรแสดงหลักการทำงานของอิเล็กโตรมิเตอร์ชนิดตัวเลข.....  | 17   |
| 3.5 วงจรที่ใช้ในการสร้างอิเล็กโตรมิเตอร์.....   | 20   |
| 3.6 ลายวงจรพิมพ์.....   | 24   |
| 3.7 อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ประกอบบนลายวงจรพิมพ์.....  | 24   |
| 3.8 การซัดส่วนประกอบต่าง ๆ ลงกล่อง.....   | 25   |
| 3.9 อิเล็กโตรมิเตอร์ชนิดตัวเลขที่สร้างและประกอบเสร็จแล้ว.....   | 25   |
| 4.1 อิเล็กโตรมิเตอร์ชนิดตัวเลข.....   | 26   |
| 4.2 เครื่องมือวัดที่ใช้เป็นมาตรฐาน.....   | 28   |
| 4.3 วงจรจ่ายสเกลไฟฟ้าที่นำมาใช้ในการวัดสเกลไฟฟ้า.....   | 29   |
| 4.4 วงจรไฟฟ้าที่ใช้ในการวัดสเกลไฟฟ้า.....   | 29   |
| 4.5 แสดงการต่อเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการวัดสเกลไฟฟ้า.....  | 30   |
| 4.6 กราฟแสดงปริมาณสเกลไฟฟ้าที่ได้จากการวัดและการคำนวณ.....  | 32   |
| 4.7 วงจรไฟฟ้าที่ใช้ในการวัดกระแสไฟฟ้าในช่วง $\pm 1999 \times 10^{-6} \text{ A}$<br>และ $\pm 1999 \times 10^{-8} \text{ A}.....$                                 | 33   |
| 4.8 แสดงการต่อเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการวัดกระแสไฟฟ้า<br>ในช่วง $\pm 1999 \times 10^{-6} \text{ A}$ และ $\pm 1999 \times 10^{-8} \text{ A}.....$ | 33   |

| รูปที่   | หน้า |
|--|------|
| 4.9 วงจรไฟฟ้าที่ใช้ในการวัดกระแสไฟฟ้าในช่วง $\pm 1999 \times 10^{-10}$ A.....                              | 34   |
| 4.10 กราฟแสดงปริมาณกระแสไฟฟ้าในช่วง $\pm 1999 \times 10^{-6}$ A<br>ซึ่งได้จากการวัดและการคำนวณ.....        | 36   |
| 4.11 กราฟแสดงปริมาณกระแสไฟฟ้าในช่วง $\pm 1999 \times 10^{-8}$ A<br>ซึ่งได้จากการวัดและการคำนวณ.....        | 38   |
| 4.12 กราฟแสดงปริมาณกระแสไฟฟ้าในช่วง $\pm 1999 \times 10^{-10}$ A<br>ซึ่งได้จากการวัดและการคำนวณ.....       | 40   |
| 4.13 วงจรจ่ายศักย์ไฟฟ้าที่นำมาใช้ในการวัดประจุไฟฟ้า.....   | 41   |
| 4.14 วงจรไฟฟ้าที่ใช้ในการวัดประจุไฟฟ้า.....  | 42   |
| 4.15 แสดงการต่อเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดประจุไฟฟ้า.....  | 42   |
| 4.16 กราฟแสดงปริมาณประจุไฟฟ้าในช่วง $\pm 1999 \times 10^{-9}$ คูลอมบ์<br>ซึ่งได้จากการวัดและการคำนวณ.....  | 45   |
| 4.17 กราฟแสดงปริมาณประจุไฟฟ้าในช่วง $\pm 1999 \times 10^{-11}$ คูลอมบ์<br>ซึ่งได้จากการวัดและการคำนวณ..... | 47   |

# ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย