

# **TestSystem**

Utveckling av testprotokoll för PSU-enheter

## **Test System**

Development of test protocols for PSUs

*Lilian Geesu, Danny Jabeli, Firaol Balcha,  
Emmanuel Nwadou, Kristian Yousef,  
Raman Sabri*

Projektarbete inom Elektroteknik

Handledare på KTH: Martin Jakobsson

Examinator: Martin Jakobsson

KTH Skolan för Kemi, Biologi och Hälsa

141 52 Huddinge, Sverige

## Sammanfattning

Projektet inriktar sig på att utveckla ett “Test System” för att granska och förbättra testmetoderna för PSU-enheter inom järnvägssektorn. Målet är att utveckla mer exakta och effektiva testmetoder/testprotokoll för att säkerställa PSU:s prestanda och säkerhet. Detta är avgörande för att undvika tågtraffikförseningar och därmed störningar i vardagen. Projektet har resulterat i en testmetod som effektivisera utvärdering av olika PSU-egenskaper som till exempel lastreglering, effektivitet, säkerhetsfunktioner och isoleringsnivåer. Denna metod förbättrar standarder/specifikationer inom PSU-testning, genom att säkerställa att enheterna uppfyller nödvändiga krav för ett välfungerande järnvägssystem. Arbetet lyfter fram innebörden av pålitliga system för att undvika driftstörningar.

## Nyckelord

Test System, Power Supply Unit, PSU, testmetoder, järnvägssystem, prestanda, lastreglering, effektivitet, driftstörningar

## Abstract

The project aims to develop a Test System to evaluate and improve the testing methods for Power Supply Units (PSU) within the railway sector. The problem is based on the need for more accurate and efficient testing methods to ensure the performance and safety of PSUs. This is crucial for avoiding train delays and thus disruptions in society's daily life. The project has resulted in a testing methodology that streamlines the evaluation of various PSU characteristics such as load regulation, efficiency, safety features, and insulation levels. This methodology enhances standards/specifications within PSU testing by ensuring that the units meet the necessary requirements for a well-functioning railway system. The work highlights the importance of reliable systems to prevent operational disruptions.

## Keywords

Test System, Power Supply Unit, PSU, testing methods, railway system, performance, load regulation, efficiency, operational disruptions

## Innehållsförteckning

<b>1 Inledning.....</b>	<b>1</b>
1.1 Problemformulering.....	1
1.2 Målsättning.....	1
1.3 Avgränsningar.....	1
1.4 Författarnas bidrag till projektarbetet.....	2
<b>2 Teori och bakgrund.....</b>	<b>2</b>
2.1 Bakgrund.....	3
2.2 Teori.....	3
2.2.1 Aktiv Effekt.....	4
2.2.2 RMS-värden.....	4
2.2.3 Reaktiv Effekt.....	5
2.2.4 Skenbar Effekt.....	5
<b>3 Metoder och resultat.....</b>	<b>6</b>
3.1 Metod.....	6
3.1.1 Blockschema över testsystemet.....	7
3.1.2 DC-BAIS och spänningsavkänning.....	7
3.1.3 Strömsensor.....	8
3.1.4 Temperatursensor.....	9
3.1.5 LCD.....	9
3.1.6 Tangentbord.....	10
3.1.7 Webbserver.....	10
3.1.7.1 Flask.....	10
3.1.7.2 Åtkomst till servern.....	10
3.2 Resultat.....	11
3.2.1 Avläsning.....	11
3.2.2 Tangentbord.....	11
3.2.3 Strömberäkningar.....	12
3.2.4 Spänningsberäkningar och DC-BAIS.....	12
3.2.5 Effektberäkningar och funktioner.....	13
3.2.6 krets kopplingen och det slutliga läsning.....	14
3.2.7 Webbserver.....	14
<b>4 Analys och diskussion.....</b>	<b>14</b>
<b>5 Slutsatser.....</b>	<b>15</b>
<b>Källförteckning.....</b>	<b>16</b>

# 1 Inledning

## 1.1 Problemformulering

Detta projekt inriktar sig på att utveckla ett avancerat Test System för att grundligt granska olika egenskaper hos Power Supply Units (PSU). För att upprätthålla ett effektivt och pålitligt järnvägssystem är det avgörande att införa mer noggranna och effektiva testmetoder för PSU-enheter. Brister i systemet kan leda till svårigheter att noggrant bedöma PSUs, vilket är nödvändigt för att garantera deras prestanda och säkerhet. Otillräckliga tester av PSUs kan resultera i tågförseningar och påverka människors dagliga liv negativt, exempelvis genom att försena deras pendling till arbete.

Projektet har fokuserat på att utveckla metoder för att mäta och analysera PSUs kapacitet inom områden som lastreglering, effektivitetsnivåer och säkerhetsmekanismer. Genom att skapa noggranna testprotokoll har projektet syftat till att minimera riskerna för driftstörningar och förbättra den generella säkerheten inom järnvägstransporter. Detta kommer inte bara att bidra till ett mer tillförlitligt järnvägssystem utan även till att höja standarden på de enheter som används, vilket säkerställer en högre driftsäkerhet.

## 1.2 Målsättning

Projektarbetet har inriktat sig på att utforma noggranna och omfattande testmetoder för att möjliggöra en granskning av Power Supply Units (PSU). Genom att utveckla avancerade metoder för att testa och analysera specifika egenskaper hos PSUs, inklusive lastreglering, effektivitet, säkerhetsfunktioner och isoleringsnivåer, har projektet strävat efter att höja kvaliteten inom PSU-testning. Det primära målet var att säkerställa att alla PSU-enheter möter de nödvändiga standarderna och specifikationerna, vilket är avgörande för att garantera tillförlitlighet och säkerhet inom järnvägssystem. Målet med arbetet var att förbättra befintliga testprotokoll och införa nya, innovativa tillvägagångssätt för att identifiera och åtgärda potentiella svagheter i PSU-design och funktion. Slutligen är målsättningen att dessa förbättrade testprocesser kommer att implementeras som en branschstandard, vilket hjälper till att höja prestanda nivåerna över hela sektorn.

## 1.3 Avgränsningar

Projektet har fokuserat på att utveckla testmetoder och protokoll för PSU-enheter baserat på linjära transformatorer. Det har begränsats till att testa en PSU-enhet av enbart enfästyp. Projektet är även inriktat på förbättringen av testmetoder för just Power Supply Unit inom järnvägssektorn. Parametrar som kommer observeras i PSU:n vid olika last förhållanden är: ström, spänning, RMS, Effektfaktor etc.

Arbetet har fokuserat på att utveckla nuvarande och standardiserade PSU-modeller. Det betyder att undersökningen inte kommer att omfatta utveckling av nya PSU-modeller. På grund av brist på tid och resurser så har projektet endast fokuserat på att utföra korttidsmätningar och tester.

## 1.4 Författarnas bidrag till projektarbetet

Projektet bestod av 6 personer.

Följande är vad varje person har fokuserat på, men alla bidrog i alla delar och all arbete var gemensam med hela gruppen.

Kristian och Raman labbade med PSU enheten och kom på kreativa lösningar till kopplingen.  
Danny, Firaol bidrog med matematik och krets koppling.  
Emmanuel och Lilian bidrog med att skapa hemsidan och gränssnitt till användaren.  
Danny och Firaol bidrog med kod skrivande och systemdesign.

## 2 Teori och bakgrund

### 2.1 Bakgrund

Sedan början av 1800-talet har järnvägstransporter varit en central del av industriell och ekonomisk utveckling. Från Storbritanniens första ånglok till dagens elektriska höghastighetståg reflekterar utvecklingen av järnvägar enorma tekniska framsteg. Dessa innovationer har expanderats globalt och är avgörande för att möjliggöra snabbare och mer effektiva transportlösningar runt om i världen (1).

I Sverige började tågtrafiken utvecklas i mitten av 1800-talet med den första linjen mellan Göteborg och Jonsered. Sedan dess har järnvägsnätet utökats och moderniseringen för att inkludera elektrifierade banor och höghastighetståg som X2000. Pågående projekt som Ostlänken är exempel på investeringar för att förbättra kapaciteten och minska restider ytterligare.

Signalsystem i tågtrafiken är avgörande för en säker och effektiv verksamhet. Dessa system styr tågrörelser, förhindrar kollisioner och optimerar trafikflödet genom att tillhandahålla information om spåravändning och trafikförhållanden. Svenska företag som Bombardier (numera Alstom) och Ericsson var pionjärer i utvecklingen av avancerade signalsystem som ERTMS, för att främja säkerhet och enhetlighet i järnvägstrafiken över hela Europa.

Utvecklingen av järnvägssystem och signaleringsteknik fortsätter att vara av högsta vikt för att möta framtidens transportbehov, särskilt med tanke på ökande miljömedvetenhet och behovet av hållbara transportlösningar. Det svenska engagemanget i miljövänlig och säker järnvägstransport stärker landets position som ledare i globala järnvägslösningar.

Säkerheten inom järnvägstransporter är viktig och ständigt i fokus i svensk järnvägsindustri. Svenska företag som Alstom och Ericsson fortsätter att leda utvecklingen av avancerade säkerhetssystem och signaleringsteknologier, vilket bidrar till mindre risker och förbättrad säkerhet för passagerare och gods. Dessa insatser speglar Sveriges åtagande att prioritera och stärka säkerheten inom sin infrastruktur, vilket i sin tur bekräftar landets ledande ställning i utvecklingen av säkra och effektiva järnvägslösningar på en global nivå (2).

## 2.2 Teori

De mätvärden som valdes att undersökas i denna rapport är aktiv, reaktiv och skenbar effekt tillsammans med RMS-värden för ström och spänning. Webbsidan kommer att konfigureras med användning av flask.

### 2.2.1 Aktiv effekt

Momentan effekt vid en tidpunkt definieras som

$$p(t) = v(t) \cdot i(t)$$

*Formel (1): Momentan effekt vid en tidpunkt definieras som*

för den momentana spänningen och strömmen vid en tidpunkt

Med hänsyn till fasförskjutningar, låt  $v(t)=V\sin(\omega t)$  och  $i(t)=I\sin(\omega t+\varphi)$  med viss fasförskjutning. Den momentana effekt beräkningen  $p(t)=V\sin(\omega t)\times I\sin(\omega t+\varphi)$  kommer att reflektera detta.

Aktiv effekt per definition kan approximeras genom att medelvärdesberäkning av momentan effekt så som det visas nedan [3]

$$P = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (v_n \cdot i_n)$$

*Formel (2): Aktiv effekt*

### 2.2.2 RMS-värden

RMS-strömmen är ett mått på det effektiva värdet av en växelström. I representerar det n:te samplet av den momentana strömmen.

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N i^2}$$

*Formel (3): RMS-strömmen*

Samma sätt om det finns  $N$  lika fördelade sampel av spänningen över en hel cykel, beräknas RMS-spänningen som

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N v^2}$$

*Formel (4): RMS-spänning*

Enligt Nyquist-satsen ska sampel antalet  $N$  per sekund dubbelt så mycket som signalens frekvens

### 2.2.3 Reaktiv effekt

Reaktiv effekt är effekt som skapas av reaktiva komponenter, såsom kondensatorer och spolar. Det är inte verklig effekt som kan ge en meningsfull energi utan snarare fas förskjuter strömmen från spänningen

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

*Formel (5): Reaktiv effekt*

### 2.2.4 Skenbar effekt

Skenbar effekt, i form av sample, kan definieras som produkten av RMS-värdena för spänning och ström

$$S = V_{rms} \cdot I_{rms}$$

*Formel (6): Skenbar effekt*

eller

$$S = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N v^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N i^2}$$

Förhållandet mellan skenbar effekt( $S$ ), verklig effekt ( $P$ ) och reaktiv effekt ( $Q$ ) kan representeras som följande:

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

*Formel (7): Förhållandet mellan effekt, skenbar effekt och reaktiv effekt*

## 2.2.5 Flask

Flask är skrivet i Python. Den tillhandahåller de nödvändiga verktygen för att bygga webbapplikationer, inklusive routing, mallar och hantering av HTTP-förfrågningar och svar. (10).

# 3 Metoder och resultat

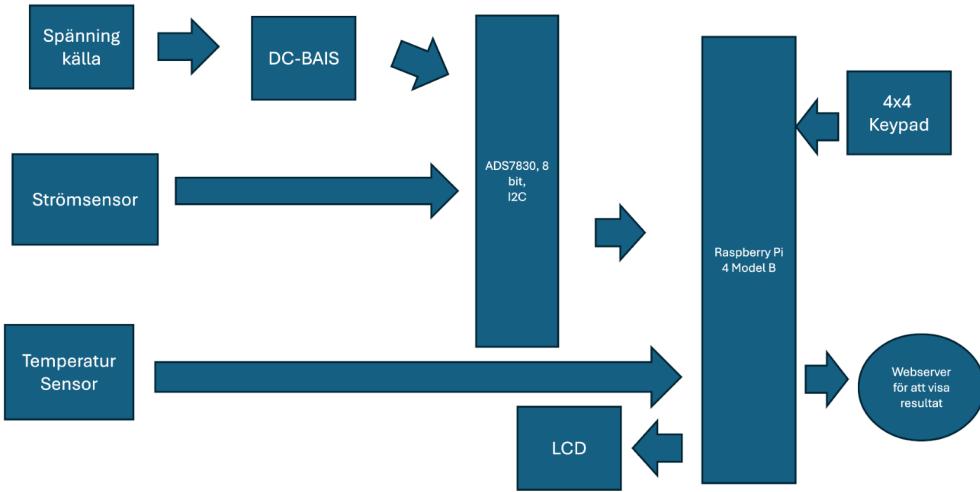
## 3.1 Metod

Mätvärdena som har tänkts mätas i detta projekt är beroende av ström- och spänningsmätningar. För spänningsavkänning måste AC-källan vara “DC-baised”, som innebär att hela signalen måste ligga på positiv spänning, och skalas ner för att kunna läsas av ADC:n. Strömmen har tänkts vara i serie med lasten och spänningsskällan bör anslutas direkt till ADC.

För kod-relaterade delarna är många från Adafruit-bibliotek avsedda att användas för sina funktionaliteter som är enkla att använda såsom att skriva på en LCD, läsa från ADC och även de bouncing för knappar(4).

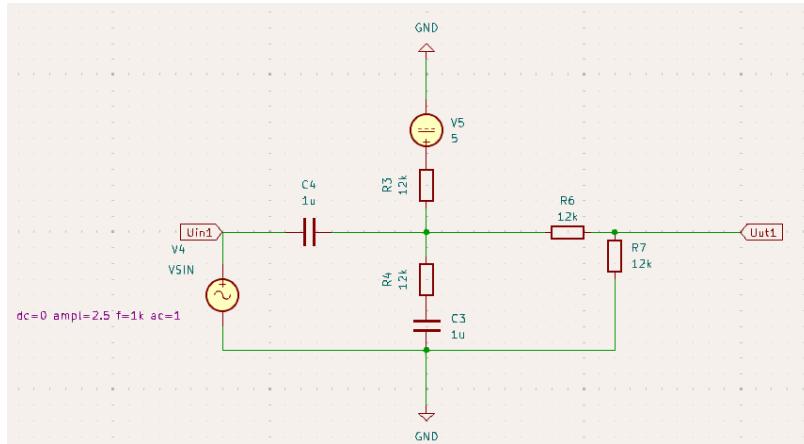
### 3.1.1 Blockschema över testsystemet

Följande blockschema kommer att användas i detta projekt. Spänningsskällan kommer att gå genom en DC-bas och till en analog till digital omvandlare. Strömsensor'n ger också ut en analog signal som också måste gå genom ADC'n. Resten kommer att konfigureras enligt *figur 1*.



Figur (1): blockschema för systemet

### 3.1.2 DC-BAIS och spänningsavkänning



Figur (2): kretsschema för en DC-Bais för en AC-signal

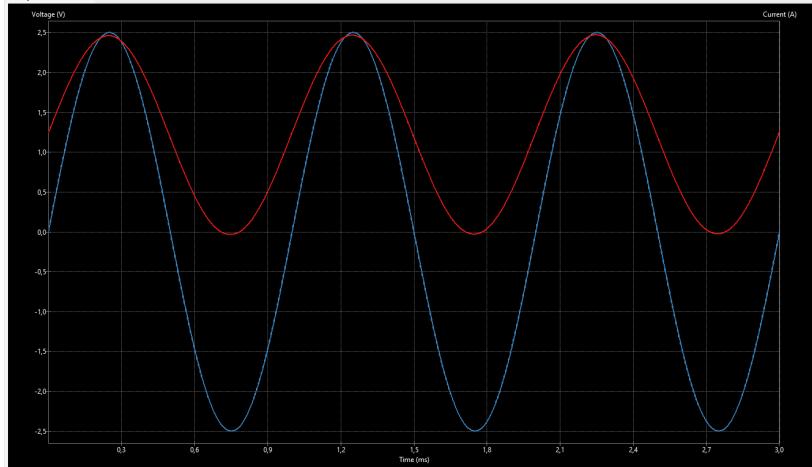
En 5V-källa för enkel åtkomst från GPIO-pinerna hade det valts på Raspberry Pi (se figur 2). C4 är en kondensator som kallas för en “coupling” kondensator som blockerar likströmskomponenten från källan V4 och tillåter endast AC-komponenten att passera igenom. Därför når endast AC-signalen noden där R3, R4 är anslutna.

$$V_{bias} = V \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4} = 5 \cdot \frac{12k\Omega}{12k\Omega + 12k\Omega} = 2.5V$$

Formel (9): Vbias formel

C3 kallas för decoupling kondensator och denna kondensator ger en låg impedans väg till jord för AC-signaler, och stabiliseringen sker genom DC punkten vid kopplingspunkten.

AC-signalen från Vin, efter att ha passerat genom C4, överlagras på DC-bais på 2,5V i korsningen mellan R3 och R4. Utspänningen Uut1 kommer att vara AC signalen som är på en DC-nivå på 2,5V. R6 och R7 gör sedan signalen dämpad med faktor 2 för att säkra en säker ADC-avläsning som bör ligga inom intervallet 0 till 5.



Figur (3): Simulering av kretsschema för DC-bais

Inspänningen, som funktion av tiden, med blåmärke svänger mellan -2.5 och 2.5. En DC-bais av 2.5V har sedan lagts på signalen och skalats ner med faktor 0.5 så att den svänger från 0-2.5 istället.

Analog till digital-omvandlaren som används för att läsa spänningar och strömmar är en 8-bitars kanal med i2c-kommunikationssystem. Komponenten är mycket relevant för projektet på grund av dess 70 kHz samplingsfrekvens. Detta eftersom projektet är beroende av spännings- och strömsampling utan aliasing (5)

### 3.1.3 Strömsensor

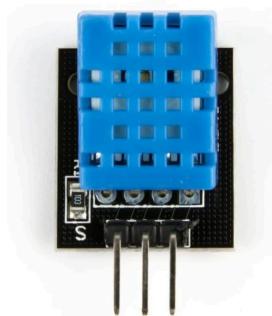
Ström-sensorn som används är ACS712 vilket är en hall-effektbaserad sensor. Utgången är 2,5V vid start som också kallas 0 ström punkten, den kommer sedan att ändras centralt kring den punkten när strömmen svänger. Det finns olika versioner med olika känsligheter men för detta projekt har vi en sensor som ändrar 0.185mV per Aändringar och en med 100 mV ändring per Aändringar. De har också en max märkström på 5A respektive 20A (6)



Figur (4): strömsensor ACS712 (6)

### 3.1.4 Temperatursensor

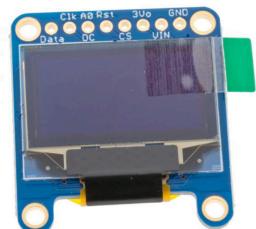
Temperatursensorn är en DHT11 som har en digital utgång. Därför behövde denna sensorn inte anslutas till ADC:n utan snarare direkt till Raspberry Pi.



Figur (5): DHT11 (7)

### 3.1.5 LCD

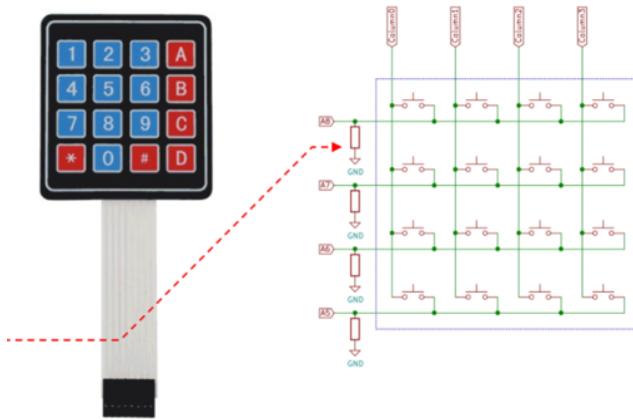
LCD-skärmen som används för detta projekt är vald för att övervaka mätvärden som är typisk i ett testsystem. LCD-skärmen är ett 0,96 tum med I2C eller SPI kommunikationssystem. Men för detta projekt är endast I2C tänkt att användas för enkelhets skull när det gäller kopplingar och kod.



*Figur (6): LCD (8)*

### 3.1.6 Tangentbord

Tangentborden är en 4x4-anslutning som kan underlätta användningen av produkten för icke tekniska användare. Den kan fungera genom att ställa in kolumn som utgång och raderna som ingång som visas på bilden. Genom att sätta kolumnerna till en logisk etta, skannar sedan programmet av GPIO-pinnarna kontinuerligt på raderna som är anslutna till pull-down resistor. Om det sedan trycks på en knapp kommer en rad och kolumn att vara aktiva. Då kommer processorn använda sig av ett förutbestämt bibliotek för att veta vilka vilka två kombinationer som betyder vilken knapp.



Figur (7): 4x4 tangentbord (9)

### 3.1.7 Webbserver

#### 3.1.7.1 Flask

Som standard binder Flask till 127.0.0.1 (localhost), vilket innebär att servern endast är tillgänglig från samma maskin. Om man ställer in den på 0.0.0.0 får man åtkomst från andra maskiner i nätverket.(11)

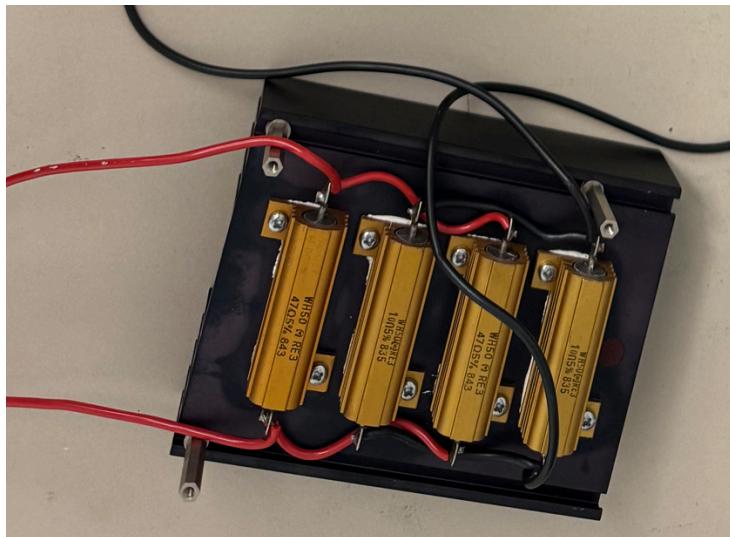
#### 3.1.7.2 Åtkomst till servern

När användaren navigerar till sidan (<http://<192.168.0.20>:8080>), (“192.168.0.20” är ip-adressen på raspberry pi som användes i detta projekt) betjänas filen index.html av Flask. “port=8080” anger portnumret på vilket servern lyssnar efter inkommande anslutningar. Port 8080 är vald eftersom det är det mest använda valet för utvecklingsserver (källa)

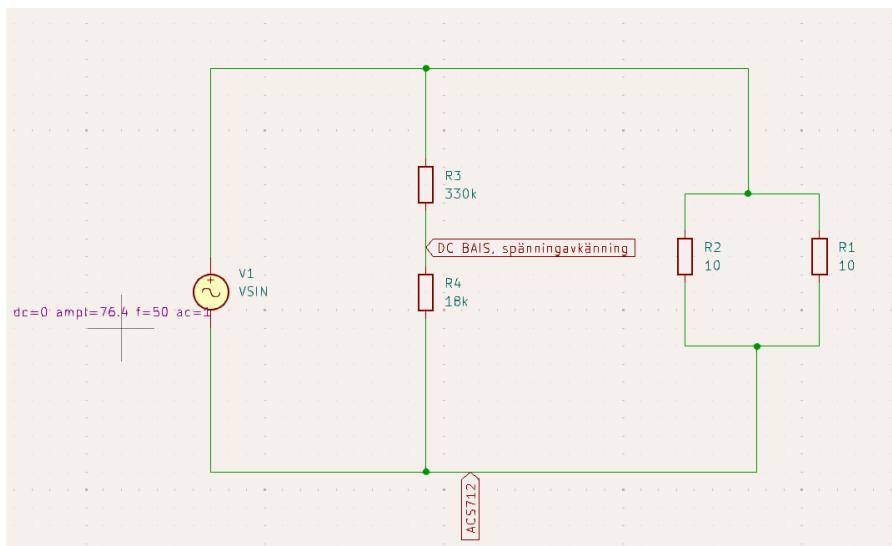
Gränssnittet måste bestå av en HTML-fil (index.html) med inbäddad CSS och JavaScript.

### 3.1.8 Kretskonstruktion

4 resistiva belastningar visas i figuren, 47 ohm motstånd parallellt och 10 motstånd parallellt. Dessa används för att hantera höga belastningar och för strömmätningar.



figur (8): två parallellkopplade 10 ohms resistorer som en en load



figur (9) krets på hur spänning från PSU kan läsas av med hjälp av ström sensorn och spänning

Amplituden är tagen från faktumet att 27 V RMS AC är tagen från PSU uttaget

$$V_{pp} = V_{rms} \cdot 2\sqrt{2}$$

$$V_{pp} = 27 \cdot 2\sqrt{2}$$

$$V_{pp} = 76.4$$

Två stora resistorer valdes för att dels ha en säker avläsning från ADC:n och dels för att inte belasta kretsen så att det inte blir fel värde på ström läsningen från ACS712.

Kopplingen från PSU källan och till DC Bais måste skalas ner och U1 tas som spänningen vid DC Bais källan (se 3.1.2). Resistorernas värde valdes eftersom

$$U_1 = U_{psu} \cdot \frac{R_4}{R_4 + R_3}$$

$$U_1 = 76.4 \cdot \frac{18k}{(18k + 330k)} = 3.95$$

vilket är i säkra nivå för avläsningen med ADC:n.

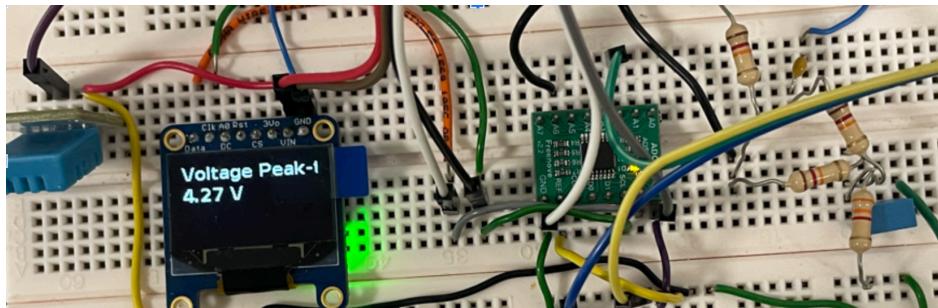
Eftersom DC Bais skalar den ännu mer med faktor 1/2 så är formeln som behövs användas för avläsningen.

$$U_{adc} = U_{psu} \cdot \frac{18k}{2 \cdot (18k + 330k)}$$

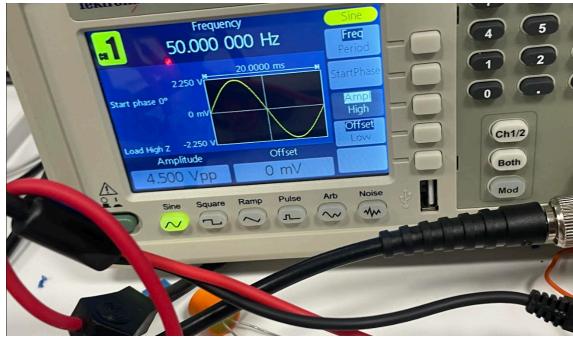
## 3.2 Resultat

### 3.2.1 Avläsning

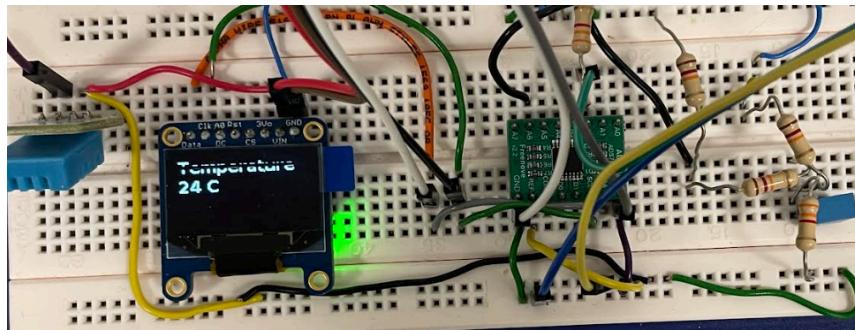
Figurerna nedan (*figur 10, 11 och 12*) visar 4,5 vpp avläsning från funktion generatorn och temperatur som ett exempel på mätvärde.



*Figur (10): kretskoppling*



Figur (11): funktionsgenerator



Figur (12): visar temperatur avläsning från dht11 som ett exempel på mätvärde

### 3.2.2 Tangentbord

För tangentbord används en DigitalOutputDevice, DigitalInputDevice-funktion från gpio och initialiseras som nedan

```
column_pins = [DigitalOutputDevice(pin) for pin in cols]
```

```
row_pins = [DigitalInputDevice(pin, pull_up=False) for pin in rows]
```

Tangentbord Bibliotek för kombinationen av den lästa ingången initialiseras som nedan

```
keys = {
    (0, 0): '1', (0, 1): '2', (0, 2): '3', (0, 3): 'A',
    (1, 0): '4', (1, 1): '5', (1, 2): '6', (1, 3): 'B',
    (2, 0): '7', (2, 1): '8', (2, 2): '9', (2, 3): 'C',
    (3, 0): '*', (3, 1): '0', (3, 2): '#', (3, 3): 'D'
}
```

Knapparna 1-8 har använts som

1: RMS Current, 2: RMS Voltage, 3:Voltage Peak-to-Peak, 4: Temperature, 5: Apparent Power, 6: Active Power

### 3.2.3 Beräkningar av ström

Kalibrerat värde på 2,4901960784 tas bort från spänningen och divideras med känsligheten för att visa strömmen, tex

```
def current_from_voltage(voltage):  
    return (voltage - 2.4901960784) / 0.100
```

### 3.2.4 Spänningsberäkningar och DC-BAIS

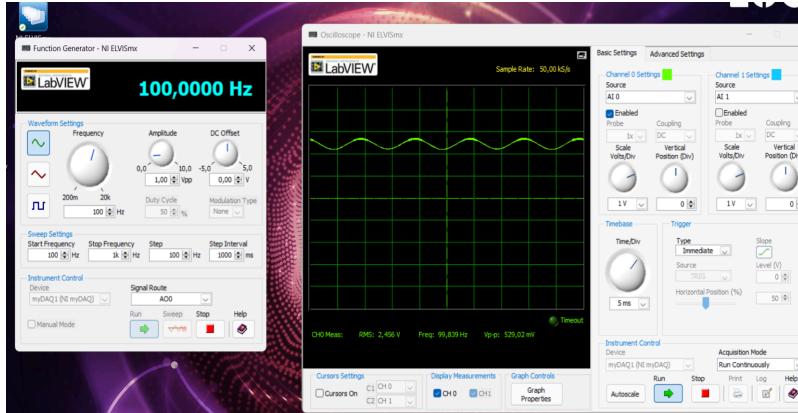
```
def voltage_from_adc(adc_value):  
    return (adc_value / 255.0) * VCC
```

Detta returnerar versionen av spänningen från ett rå ADC-värde (255 steg för 8 bitars ADC)

Sedan beräknas rms med t.ex

```
rms_voltage = math.sqrt(sum(v**2 for v in voltage_samples) / len(voltage_samples))
```

Testning av DC-bais med 1 Vpp ingångs växelpänning



Figur (12): graf över signalen utan vertikala justeringar



*Figur (13): graf över signalen med vertikala justeringar på -2,5 som drar ner grafen till att svänga runt 0 centern*

Spänning i ADC beräknas med sedan som  $spänning = (voltage\_from\_adc(adc\_value)-2.7)*38.6* Vref$ .

38.6 är faktor för att skala tillbaka till källvärde och 2,7 är kalibrerat värde för 2,5 bas.

### 3.2.5 Effektberäkningar och funktioner

För effektberäkningar har funktioner som samplar 2000 sampel per sekund använts som t.ex denna för ström

```
def sample_sensor_current(channel, num_samples=2000):
```

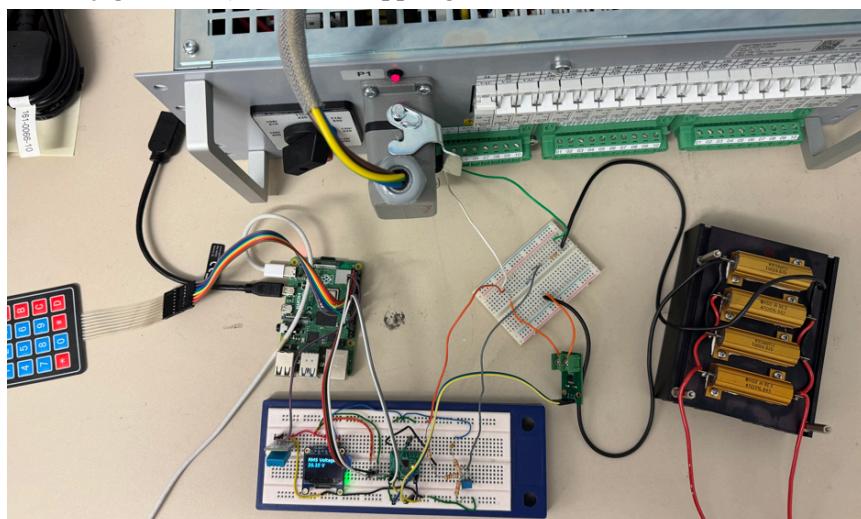
Funktioner gällande effekt som använts :

```
apparent_power = (rms_voltage*5) * rms_current #skalat 5 gånger
```

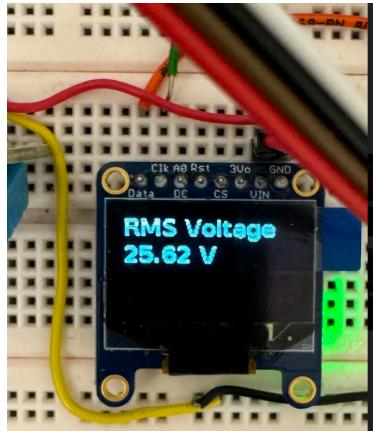
```
real_power = apparent_power
```

### 3.2.6 Krets Koppling och slutlig läsning

Nedan (*figur 14-19*) visar slutkopplingen och mätvärdena för de olika värden som valdes.



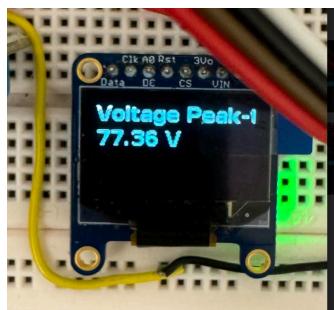
*Figur (14): avläsning från PSUs 27V källa*



Figur (15): en närmare bild på RMS spänning läsning



Figur (16): en närmare bild på ström RMS avläsning



Figur (17): en närmare bild på peak to peak läsning från adc



Figur (19): en närmare bild på aktiv effekt avläsning

### 3.2.7 LCDc

För att uppdatera mätvärdena på displayen, används denna funktion som tar titel och data som argument.

```
def update_display(title, data):
```

```

oled.fill(0)
image = Image.new("1", (oled.width, oled.height))
draw = ImageDraw.Draw(image)
font = ImageFont.truetype("/usr/share/fonts/truetype/dejavu/DejaVuSans-Bold.ttf", 16)
draw.text((0, 0), title, font=font, fill=255)
draw.text((0, 20), data, font=font, fill=255)
oled.image(image)
oled.show()

```

### 3.2.8 Webbserver

`app = Flask(__name__)`: initierar Flask-applikationen.

`"/latest_measurement"`: Returnerar den senaste mätningen som ett JSON-objekt.

`"new_measurement"`: Returnerar den senaste mätningen som ett JSON-objekt

Huvudprogrammet som kör webbservern är skrivet som:

```

if __name__ == '__main__':
    threading.Thread(target=background_task, daemon=True).start()
    app.run(debug=False, host='0.0.0.0', port=8080)

```



Figure (21): tänkta utseende på hemsidan

Resultatet för uppbyggnad på hemsidan blev inte som i figuren (Figur 21). Jobbet på hemsidan och RP programmeringen utfördes parallellt. Det visade sig att modellen på hemsidan inte var kompatibel

med RP strukturen.

## Real-Time Measurements

Get New Measurement

Clear Measurements

Figur (22): hemsidan efter modifiering

Hemsidan fungerar tillsammans med tangentbordet. När man trycker på ett nummer, har varje nummer en kopplad funktion. På hemsidan visas sedan det beräknade värdet när man trycker på "Get New Measurements". Knappen "Clear Measurements" rensar alla värden som visas på hemsidan.

## 4 Analys och diskussion

Under utvecklingen av detta projekt fanns det flera tekniska utmaningar som krävde olika lösningar.

En av de delarna var att säkerställa korrekt spänningssökning med en DC-bias. Det visade sig att användningen av coupling- och decoupling kondensatorer var avgörande för att stabilisera signalerna och säkerställa att endast AC-komponenten överfördes till ADC:n.

Genom att kalibrera systemet noggrant kunde det fås tillförlitliga avläsningar inom det önskade spänningssområdet. Strömsensor ACS712 fungerade för att mäta växelströmmar, men noggrannheten påverkades av störningar och brus.

Implementeringen av ett genomsnittligt kalibrerat värde förbättrade dock precisionen och stabiliteten i mätningarna. Integrationen av temperatursensorn DHT11 gick smidigt, tack vare dess digitala utgång som eliminerede behovet av ytterligare ADC-kanaler.

Däremot var noggrannheten begränsad jämfört med mer avancerade temperatursensorer, vilket bör beaktas i framtida iterationer av projektet.

Reaktiv och skenbar effekt har uteslutits från denna rapport på grund av otillräcklig tillgång till materialer och begränsad budget såsom elektrisk last som kan variera deras impedanser över tid. Detta gjorde att rapporten bara blev delvis klar, eftersom det inte fanns något sätt att undersöka eller koda en komplett algoritm för att beräkna reaktiva belastningar.

Tangentbordet och webbservern utgjorde användargränssnittet och möjliggjorde en flexibel och användarvänlig upplevelse. Flask-ramverket för webbservern var enkelt att implementera och tillhandahöll tillräcklig funktionalitet för att visa mätvärden i realtid. En svårighet som stöttes på var att synkronisera tangentbord-inmatningar med de webbaserade mätvärdena, men detta löstes genom att använda dedikerade "tasks" för "background tasks".

LCD-skärmen visade sig vara en metod för att visa mätvärden lokalt, men dess begränsade

storlek var en begränsande faktor. För framtida utveckling kan en större och mer högupplöst skärm övervägas för att förbättra användarupplevelsen.

En annan utmaning var att skapa en robust och stabil krets för att undvika felaktiga avläsningar och förhindra överbelastning av systemet. Genom att använda parallelkopplade motstånd minskades belastningen på ADC:n och säkerställa säkra avläsningar.

Slutligen, medan den ursprungliga webbdesignen inte var kompatibel med Raspberry Pi-strukturen, kunde en modifierad version uppnå nödvändig funktionalitet. Det visade vikten av att testa och iterera på webbgränssnittet för att säkerställa att det fungerar smidigt med hårdvara komponenterna. Sammantaget demonstrerade detta projekt hur olika elektroniska komponenter och sensorer kan integreras med en Raspberry Pi för att skapa ett mångsidigt och användarvänligt mätsystem. Framtida förbättringar kan inkludera mer avancerade sensorer, förbättrade användargränssnitt och ytterligare optimeringar av krets designen för att öka noggrannheten och tillförlitligheten i mätningarna.

## 5 Slutsats

Detta projekt visade sig vara bra för att skapa ett system som kan mäta och övervaka ström, spänning och aktiv effekt och temperatur med hjälp av olika sensorer kopplade till en Raspberry Pi förutom reaktiv och skenbar effekt. Genom att använda ett AC-DC kopplingssystem, en analog-till-digital-omvandlare och Adafruit-biblioteket kunde vi effektivt läsa av och呈现出 dessa mätvärden både på en LCD-skärm och via en webbserver.

## Källförteckning

- [1] Encyclopaedia Britannica (n.d.) *Railroad history*. Tillgänglig på: <https://www.britannica.com/technology/railroad/Railroad-history> (Hämtad: 24 May 2024).
- [2] Alstom (n.d.) *Homepage*. Tillgänglig på: <https://www.alstom.com/> (Hämtad: 24 May 2024).
- [3] Boylestad, R. (2022) *Introductory Circuit Analysis*. 13th ed. New International Edition.
- [4] Adafruit (2024) *All About Arduino Libraries: How to Install and Use Them*. Tillgänglig på: <https://learn.adafruit.com/adafruit-all-about-arduino-libraries-install-use/arduino-libraries> (Hämtad: 24 May 2024).
- [5] Texas Instruments (n.d.) *ADS7830*. Tillgänglig på: [https://www.ti.com/product/ADS7830?utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=asc-dc-null-44700045336317137\\_prodfolderdynamic-cpc-pf-google-wwe\\_int&utm\\_content](https://www.ti.com/product/ADS7830?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=asc-dc-null-44700045336317137_prodfolderdynamic-cpc-pf-google-wwe_int&utm_content)

ent=prodfolddynamic&ds\_k=DYNAMIC+SEARCH+ADS&DCM=yes&gad\_source=1&gclid=Cj0KCQjwgJyyBhCGARIIsAK8LVLMEP8Ps3ij0QV1kGIYJeywZAiCWLkwDzm4K-sHk48cl\_CitDwbUeSsaAqlPEALw\_weB&gclsrc=aw.ds (Hämtad: 24 May 2024).

[6] Electrokit (n.d.) *ACS712 Datasheet*. Tillgänglig på:  
<https://www.electrokit.com/upload/product/41016/41016390/ACS712.pdf> (Hämtad: 24 May 2024).

[7] Mouser (n.d.) *DHT11 Technical Data Sheet*. Tillgänglig på:  
<https://www.mouser.com/datasheet/2/758/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version-1-143054.pdf> (Hämtad: 24 May 2024).

[8] Electrokit (n.d.) *LCD OLED 0.96" 128x64 SPI/I2C*. Tillgänglig på:  
<https://www.electrokit.com/lcd-oled-0.96128x64-spi/i2c> (Hämtad: 24 May 2024).

[9] Circuit Basics (2015) *How to Set Up a Keypad on an Arduino*. Tillgänglig på:  
<https://www.circuitbasics.com/how-to-set-up-a-keypad-on-an-arduino/> (Hämtad: 24 May 2024).

[10] Wikipedia (2024) *Flask (web framework)*. Tillgänglig på:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Flask\\_\(web\\_framework\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Flask_(web_framework)) (Hämtad: 24 May 2024).

[11] Stack Overflow (2013) *How do I get Flask to run on port 80?* Tillgänglig på:  
<https://stackoverflow.com/questions/20212894/how-do-i-get-flask-to-run-on-port-80> (Hämtad: 24 May 2024).