

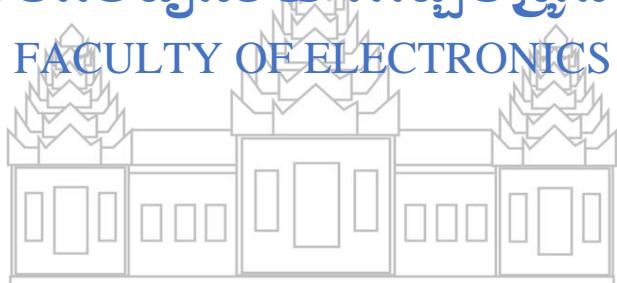
ក្រសួងនរោត្តមន៍ និងការបណ្តុះបណ្តាលអនុវត្តន៍
MINISTRY OF LABOR AND VOCATIONAL TRAINING

ពិភាក្សាឌាមីតិចហុបប្រែកដែនកម្ពុជា

NATIONAL POLYTECHNIC INSTITUTE OF CAMBODIA

ខាងកាត់ជាន់យោង នៃជាតិបច្ចុប្បន្ន

FACULTY OF ELECTRONICS



ពិភាក្សាឌាមីតិច

បង្កើតឡើងបន្ទាន់ថ្មីទៅលើប្រព័ន្ធផ្លូវការអនុវត្តន៍
គ្រប់គ្រង ១ ចោរយោប្រើប្រាស់បាម្បួយនឹង Arduino

Design Prototype Electric Vehicle Supply System
Level 1 Using Arduino

ឬន សុខុម
BOUN TONGHOUR

ឯ សិរី
RY SATHYA

ស្វាយ ពុខារ៉ែន
SVAY PUTHEAROATH

ក្រសួងការពាណិជ្ជកម្មនគរបាល នគរបាលក្រសួងការពាណិជ្ជកម្ម

ప.షాయకవిష్ణువు..

၁၃

ପ୍ରକାଶକ ନାମ

ក្រសួងពេទ្យយោបាយ

“ បន្ទីកលទ្ធផលរបស់ឆ្នាំត្រួតពិនិត្យនូវមន្ត្រីសិក្សាដំឡើង ក្នុងក្រុងការងារ ១ ដោយប្រើប្រាស់បច្ចុប្បន្ន Arduino ”

សរស់ដោយក្រមនិស្សិត ១. បង គុងហ្ម

ព.វិសត្វា

៣. សាយ ពុទ្ធរ៉ែន

ହୋମ୍‌ପ୍ଲଟ୍‌ରେ କୌଣସିଲ୍‌ମ୍‌ପ୍ଲଟ୍‌ରେ କୌଣସିଲ୍‌ମ୍‌ପ୍ଲଟ୍‌ରେ କୌଣସିଲ୍‌ମ୍‌ପ୍ଲଟ୍‌ରେ କୌଣସିଲ୍‌ମ୍‌ପ୍ଲଟ୍‌ରେ

ହୋମ୍‌ପ୍ରୋଟୋଟାଇପ୍‌ରୀକ୍ସିଲ୍‌ବ୍ୟୁନ୍‌ଟିକ୍‌ସ୍କ୍ରୋବ୍‌ ଓ ଡେଜ୍‌ଏକ୍‌ ତାଣ୍‌ ଫୁଲାଟା

៩៨៦

គម្រោងបញ្ចប់ការសិក្សា ឆ្នាំ២០២៤

៨៩

សេចក្តីថ្លែងកំបាននូវឈ្មោះ

ជាតិច្បាស់បស្ថុងយើងខ្ញុំទាំងអស់ត្រាតានិស្សិតច្បាក់វិស្សករឡើង ដំនាន់ទី១៦ មហាវិទ្យាល័យអេឡិចត្រូនិក នៃវិទ្យាសានជាតិពហុបច្ចេកទេសកម្ពុជា ដែលមានសមាជិកចំនួន ៣ រូប៖

១. ហេតុវត្ថុ

២. និងស្ថាប័ន

ଗ. ଶ୍ରୀମତ୍ ରାଜନାୟକ

សូមថ្លែងអំណារគុណដោយក្នុងគេរពដីខ្ពង់ខ្ពស់បំផុត និងដោយក្នុងគុណឆ្លាត់ចំណាំដែលក្រោលបងចំពោះ
ឧបករៈគុណដីរក្សាប្រើបង្កើមពុំពាន ចំពោះអ្នកមានគុណទាំងពីរបស់យើងខ្ញុំទាំងអស់ត្រូវដែលលោកបានផ្តល់
កំណើត និងចិត្តឱ្យបិទាច់ថែរក្សាទំនួរប្រជុំ ព្រមទាំងផ្តល់នូវដំបូងនានល្អាចំណែកបទទៅដោយ
ព្រហ្មវិហារធំដីល្អប្រព័ន្ធនឹងធ្វើឱ្យលិកម្មគ្រប់បែបយ៉ាងទាំងកម្មាំងការ កម្មាំងចិត្ត ប្រាជ្ញា និងសម្ងារៈដោយត្រាន
គិតពីការឡើយលាយ ដើម្បីឱ្យក្នុងបានសិក្សារហូតដល់បានទទួលដោតដីយាស្តរ។

ក្រុមយើងខ្ញុំក៏សូមធ្វើដំណាករគុណដោយតួនាទីគោរពដីខ្លួនខ្លួន ដែលអនុញ្ញាតឱ្យក្រុមយើងខ្ញុំបានបន្ថាការសិក្សាដើម្បី និងលោក នាម សុខាភ ព្រឹទិបុរសនៃមហាវិទ្យាល័យ អេឡិចត្រូនិក ដែលបានជូនបច្ចុប្បន្នរវំណែនការសិក្សា និងការបង្ហាញព័ត៌មាន ការណែនាំ ការធ្វើប្រឈម និងផ្តល់ជាជុន្តុន្តាន ល្អាចល់ក្រុមយើងខ្ញុំដើម្បីពាណិជ្ជកម្ម ដែលដឹង និងធ្វើកិច្ចការស្រាវជ្រាវរកប់អីទេដែលមានការកិច្ចក្រោមខាងក្រោមខាងក្រោម។

ជាតិសេសសុមថ្វីងអំណារគុណចំពោះ៖

- ❖ លោកសាស្ត្រាចារ នាម នវ៉ែន សាស្ត្រាចារដីកនាំគម្រោង ហើយក៏ជាគ្មេតិគ្រោះផ្តល់យោបល់ ដែលពេងដម្លេញឱ្យក្រុមយើងខ្ញុំខិតខំព្យាយាមស្រាវជ្រាវ ពុំពារដឹងទូរសព្ទចំពោះអុខ លោកគ្រួចបានធ្វើយក្រុមដែងបង្ហាញឡើងសាស្ត្រសិក្សាភ្លាស្រាវជ្រាវផ្តល់នូវគំនិតល្អ លើលពីនេះ លោកគ្រួចក៏បានលុះបង់កម្បាំងកាយចិត្ត ដើម្បីធ្វើយក្រុមម្បយនេះ។
 - ❖ ព្រឹកឃុំស នាល់ សុខាត សាស្ត្រាចារពិគ្រោះ
 - ❖ លោកសាស្ត្រាចារ នី នីវេ:អុន សាស្ត្រាចារពិគ្រោះ
 - ❖ លោកគ្រួច អូកគ្រួច មន្ត្រីកដករ និងបុគ្គលិកនៃវិទ្យាសាស្ត្រជាតិពហុកទេសកម្ពុជា ទាំងអស់ដែល បាន អនុញ្ញាតឱ្យក្រុមយើងខ្ញុំបានការពារគម្រោង ហើយបានធ្វើលំដាប់ល្អ ក្នុងការណ្ឌើសនើស ប្រជានេបទដល់ក្រុមយើងខ្ញុំ និងព្រមទាំងចំណាយពេលរោលដោយមានភាពម្ប ក្នុងការធ្វើការបញ្ចប់ក្រុមយោបល់ ក្នុងរយៈពេលសិក្សាភ្លាស្រាវជ្រាវរហូតដល់ទទួលបានលទ្ធផលល្អ ក្នុងការបញ្ចប់ក្រុមរបស់យើងខ្ញុំ។
 - ❖ ជាថីបញ្ចប់នេះក្រុមខ្ញុំបានសូមប្រសិទ្ធភាពដឹងទូលាបានជាកដឹងដែលនេះគ្រប់ពេលរោល និងក្រប់ការ: កិច្ច។

មុខនេយោបាយ

ឧបករណ៍ផ្តល់ព័ត៌មានទិន្នន័យអគ្គិសនីតំរូកម្រិត ១ ដោយប្រើប្រាស់ Arduino មានក្នុងនឹងកិច្ចពួក ចាមពលប្រភពចរន្តភាស់ទៅកាន់រចយន្តអគ្គិសនីដោយសុវត្ថិភាព។ ការសារកម្រិតយន្តអគ្គិសនីត្រូវការដឹកជញ្ជូន ចាមពលខ្ពស់ដើម្បីបញ្ចូរការ control pilot ដែលជា protocol នៃរចយន្តអគ្គិសនីដើម្បីត្រូវបានទៅលើ Power Relay ធានី ពេលណាលំ Close ឬ Open ។ Control Pilot នេះប្រើប្រាស់ PWM $\pm 12, 1\text{kHz}$ ដើម្បីខ្សោយ រចយន្តអគ្គិសនី និងប្រព័ន្ធនេះអាចធ្វើការទំនាក់ទំនងត្រាតានតាមរយៈការអានកម្រិតតង់ស្បែង (read level voltage) របស់ PWM ដែលត្រូវកំណត់ដោយ ស្ថាដែល SAE J1772 ទើបប្រព័ន្ធនេះអាចដឹងថាពេលប្រព័ន្ធបាប់ ប្រើបាយក្នុងការកំណត់អនុញ្ញាតឱ្យប្រភពចរន្តភាស់ផ្ទាល់កាត់ប្រព័ន្ធនេះ។ ទន្លឹមនេះ ដើម្បីខ្សោយប្រព័ន្ធ កាន់តែមានសុវត្ថិភាពមួយកម្រិតឡើត គេបានប្រាប់មុខងារសុវត្ថិភាពមួយចំនួនឡើតដែលប្រព័ន្ធនេះអាចសម្រេច ទៅបានដែលមានផ្ទាល់ជាបាយ UV (undervoltage), OV (Overvoltage), OC (Overcurrent), Earth Detection, GFCI (Ground Fault Circuit Interrupter) និង LED Indicator ដើម្បីខ្សោយក្រុមហ៊ុនប្រើប្រាស់ដឹងថាប្រព័ន្ធនេះកំពុងដំណើរការប្រក្រាស ប្រើបាយក្នុងមានបញ្ហាលាមួយកើតឡើងនៅ អំឡុងពេលប្រើប្រាស់។

តាមរយៈការសិក្សាប្រើប្រាស់ និងវិធីសាលាស្ថាផ្ទៃការគណនាយុទ្ធមករើយឯងទូលាតាននូវចំណោះដឹងផ្តល់ប្រព័ន្ធ រចយន្តអគ្គិសនី (Electric Vehicle Infrastructure) សម្រាប់បង្កើត charging station ទាំងការគណនា និងការរចនានិងដែរ ។ បន្ថែមពីនេះទៅឡើតជាការចូលរួមចំណែកក្នុងការលើកកម្ពស់ទៅលើផ្តើករចយន្តអគ្គិសនី (Electric Vehicle) និងជាងកសារទុកសម្រាប់អ្នកសិក្សាដំនាន់ក្រោយដើម្បីសិក្សាដែកនេះបន្ថែមឡើត ។

ទាញក្នុង

ចំណែក:បើចេច	ទំនាក់ទំនង
លិខិតអនុញ្ញាត	i
សេចក្តីផ្តើមអំណរគុណ	ii
មូលសង្គម	iii
មាតិកា	iv
បញ្ជីប្រភាព	viii
បញ្ជីតារាង	xii
បញ្ជីអក្សរកាត់	xiii
ចំពួក ១. សេចក្តីផ្តើម	1
១.១ សេចក្តីផ្តើម	1
១.២ ចំណោទបញ្ហានៃការសិក្សា	4
១.៣ គោលបំណងនៃការសិក្សា	4
១.៤ សារ:ប្រយោជន៍នៃគម្រោង	5
១.៤.១ ចំពោះសង្គម	5
១.៤.២ ចំពោះខ្លួនឯង	5
១.៥ ទំហំ និងដែនកំណត់	5
១.៦ រចនាសម្ព័ន្ននៃការសិក្សា	7
ចំពួក ២. ចំណោះវិទាកាត់ត័ែង	8
២.១ សេចក្តីផ្តើម	8
២.២ Electric Vehicle Supply System	8
២.៣ Alternating Current (AC)	9
២.៤ EVSE Controller	9
២.៤.១ Control Pilot (CP) Principle of Operation	9
២.៤.២ Proximity Pilot (PP)	11
២.៤.៣ Operational Amplifier (OP-AMP)	15
២.៥ EVSE Connector	18
២.៥.១ Type 1 (AC Type 1)	18
២.៥.២ Type 2 (AC Type 2)	19

២.៥.៣ CCS1 and CCS2	19
២.៥.៥ GB/T Plug (AC and DC).....	21
២.៥.៦ GB/T DC charging plug.....	23
២.៧ Electric Vehicle System	23
២.៧.១ PFC (Power Factor Correction)	24
២.៧.២ DC/DC Stage.....	25
ចំណាំ ៣. គាន់ខ្លួន សិលជំឡើយរបៀប	27
៣.១ សេចក្តីផ្តើម	27
៣.២ ប្រព័ន្ធគ្រប់គ្រង EVSS Level 1	27
៣.២.១ ការធ្វើ Simulation ដោយប្រើប្រាស់កម្មវិធី LTspice	27
៣.២.២ ការខើបញ្ញាសៀវភៅ Relay Driver.....	33
៣.២.៣ ការខើបញ្ញាសៀវភៅ Earth Detection.....	38
៣.២.៤ Voltage Sensor & Current Sensor.....	39
៣.២.៥ Power Supply.....	41
៣.២.៦ Ground-Fault Circuit Interrupt	43
៣.៣ ការដំឡើងផ្ទុក Hardware.....	47
៣.៣.១ Microcontroller	48
៣.៣.២ Power Supply	49
៣.៣.៣ Control Pilot	49
៣.៣.៤ Ground-Fault Circuit Interrupter	50
៣.៣.៥ Power Relay.....	50
៣.៣.៦ Earth Detection	51
៣.៣.៧ Terminal	51
៣.៣.៨ ឧបករណ៍ផ្តល់ផ្តល់ចាមពលរចយនុអត្តិសនីគូកប្រើប្រាស់ ១	52
ចំណាំ ៤. គាន់ពិសោធន៍ល់ សិលជនខ្ពស់	55
៤.១ សេចក្តីផ្តើម	55
៤.២ ការពិសោធន៍ Signal PWM និង Control Pilot	55
៤.២.១ State A.....	55
៤.២.២ State B.....	56
៤.២.៣ State C.....	57
៤.២.៤ State D.....	57

៤.២.៥ Feedback	58
៤.៣ ការពិសោធន៍យ Earth Detection	59
៤.៤ Ground-Fault Circuit Interrupter.....	60
៤.៤.១ GFCI Self-test.....	60
៤.៤.២ GFCI Fault	60
៤.៥ ការពិសោធន៍យ Signal Power Relay & Coil Relay	63
៤.៦ ទិន្នន័យខបករណ៍តែងចាយមេដលចម្លើអតិថិជនីគ្រួកម្រិត ១	64
៤.៦.១ ការសាកធាមួយរចយនុអតិថិជនីជាក់ស្តុងដោយប្រើប្រាស់ចរន្ត 6 A.....	64
៤.៦.២ ការសាកធាមួយរចយនុអតិថិជនីជាក់ស្តុងដោយប្រើប្រាស់ចរន្ត 9 A	65
៤.៦.៣ ការសាកធាមួយរចយនុអតិថិជនីជាក់ស្តុងដោយប្រើប្រាស់ចរន្ត 12 A	65
៤.៦.៤ ការសាកធាមួយរចយនុអតិថិជនីជាក់ស្តុងដោយប្រើប្រាស់ចរន្ត 16 A.....	66
៤.៦.៥ ការវិភាគទិន្នន័យដែលមាន	66
ចំណែក ៥. សេចក្តីផ្តើមទូទាត់ និង អនុសាសន៍	69
៥.១ សេចក្តីផ្តើម	69
៥.២ ធម្មវិធាក	70
៥.៣. អនុសាសន	72
ចំណែក ៦. សេចក្តីទូទាត់	72
៦.១ សេចក្តីផ្តើម	72
៦.២ ការចំណាំយលើគម្រោង	72
៦.៣ ការចំណាំយលើកម្បាច់ដលកម្ប	74
៦.៤ ការកំណត់តម្លៃលក់	74
៦.៥ គោលដៅប្រើប្រាស់ និងទិន្នន័យ	75
៦.៥.១ គោលដៅប្រើប្រាស់	75
៦.៥.២ គោលដៅទិន្នន័យ	75
ឯកសារយោល	77
ឧបសម្ព័ន្ធ	79
ឧបសម្ព័ន្ធ-១	79
ពម្រៀរករដ្ឋិក Software	79
ពម្រៀរករដ្ឋិក Hardware	82
DATASHEET	84
ឧបសម្ព័ន្ធ-២	85
Flow of code	85

QR Scan (Code, Circuit, 3D File, Book)	86
--	----

បញ្ជីរបាយ

រប 1. 1 ប្រភេទនៃស្ថានីយសាករមយន្តអគ្គិសនី [3]	2
រប 1. 2 ស្ថានីយសាករមប្រកពចរន្ទាស់.....	3
រប 1. 3 ស្ថានីយសាករមាមពលចរន្ទដាប់លេវីនលើនកម្រិត ៣	4
រប 1. 4 ចំណាសម្អោននៃការសិក្សា	7
រប 2. 1 J1772 Signaling Circuit [5]	8
រប 2. 2 Alternating Current [6]	9
រប 2. 3 J1772 Negotiation [8]	10
រប 2. 4 កម្លែងចន្ទនកម្រិតបិទាជដែលអាចនឹងផ្តល់ខ្លួនយន្តអគ្គិសនីដោយប្រើប្រាស់ PWM	11
រប 2. 5 Voltage Divider	12
រប 2. 6 Proximity Resistance Network	13
រប 2. 7 នៅពេល Connector មិនដោតចូលរចយន្តអគ្គិសនី	13
រប 2. 8 ពេលចុចិត្តធម៌ Proximity	14
រប 2. 9 Proximity នៅពេលដែលខ្ចប់ដោតចូលរចយន្តអគ្គិសនី	14
រប 2. 10 សៀវភៅជ្រាវក្រាម និងនិចិត្តសញ្ញាបស់ OP-AMP & Comparator	15
រប 2. 11 Noninverting Comparator Operation Amplifier	16
រប 2. 12 Inverting Comparator Operational Amplifier	16
រប 2. 13 non-inverting amplifier.....	17
រប 2. 14 Inverting Amplifier.....	17
រប 2. 15 Type 1 Plug, Single Phase [11]	18
រប 2. 16 Type 2 Plug and Pinout, Three Phase [10]	19
រប 2. 17 CCS Type 1 and 2 Plug and Inlets [10]	20
រប 2. 18 GB/T AC charging plug [10].....	21
រប 2. 19 Insert Arrangement [13]	22
រប 2. 20 Circuit Diagram: Vehicle Side [13].....	23
រប 2. 21 GB/T DC plug និង pinout ដែលប្រើប្រាស់នៅក្នុងប្រទេសចិន [13] [14]	23
រប 2. 22 On-board Charger [15]	24
រប 2. 23 ជ្រាវក្រាមនៃ single-phase on-board charger របស់រចយន្តអគ្គិសនី	24
រប 3. 1 បច្ចុប្បន្នជ្រាវក្រាមនៃប្រព័ន្ធ Electric Vehicle Supply System Level 1	27
រប 3. 2 Control Pilot Method A	28
រប 3. 3 PWM Input	28
រប 3. 4 PWM Output	28
រប 3. 5 Control Pilot State B (Vehicle Detection)	29

ក្រុ 3. 6 Control Pilot State C (Charging)	29
ក្រុ 3. 7 Operational Amplifier Output (Not Detecting any state)	29
ក្រុ 3. 8 Operational Amplifier Output (Detecting Vehicle and charge)	30
ក្រុ 3. 9 Control Pilot Method B [16]	30
ក្រុ 3. 10 PWM INPUT (5 V)	30
ក្រុ 3. 11 PWM Output (12 V)	31
ក្រុ 3. 12 Control Pilot State B (Vehicle Detected)	31
ក្រុ 3. 13 Control Pilot State C (Charging)	31
ក្រុ 3. 14 Feedback Signal (No V5&R6)	32
ក្រុ 3. 15 Feedback Signal use V5&R6	32
ក្រុ 3. 16 Feedback signal	32
ក្រុ 3. 17 Power Relay Drive Circuit	33
ក្រុ 3. 18 សៀវភៅសមមូលនៃ Power relay drive	33
ក្រុ 3. 19 IM-NE801A-12-2A-P	34
ក្រុ 3. 20 M7 Diode	35
ក្រុ 3. 21 Transistor S8050 J3Y	37
ក្រុ 3. 22 សៀវភៅ Earth Detection	38
ក្រុ 3. 23 Signal នេះពេលដែលអត្ថមាន earth	39
ក្រុ 3. 24 Signal ពេលឆ្លាប់ទៅ earth	39
ក្រុ 3. 25 ដោយត្រួតពេល PZEM-004T-100A	39
ក្រុ 3. 26 ការដំឡើង PZEM-004T-100A [18]	40
ក្រុ 3. 27 Dimension of Hi-Link (mm)	41
ក្រុ 3. 28 Dimension of Hi-Link 12V 10W	41
ក្រុ 3. 29 Typical Application Circuit	42
ក្រុ 3. 30 dimension of IA1212S-2 (mm)	42
ក្រុ 3. 31 Current Transformer	44
ក្រុ 3. 32 GFCI Configuration [21]	44
ក្រុ 3. 33 GFCI Circuit	46
ក្រុ 3. 34 GFCI Detected [21]	46
ក្រុ 3. 35 ការដំឡើងគម្រោងទាំងមូលជាមួយគ្រឿងបង្កើបន្ទែម	47
ក្រុ 3. 36 សៀវភៅ Microcontroller	48
ក្រុ 3. 37 សៀវភៅ Power supply	49
ក្រុ 3. 38 សៀវភៅ Control Pilot	49
ក្រុ 3. 39 សៀវភៅ GFCI	50

រូប 3. 40 សៀវភៅ Power Relay.....	50
រូប 3. 41 សៀវភៅ Earth Detection	51
រូប 3. 42 សៀវភៅ Terminal.....	51
រូប 3. 43 ដំឡាតាំងមូល.....	52
រូប 3. 44 3D Top View របស់ EVSS.....	52
រូប 3. 45 3D Bottom View របស់ EVSS	53
រូប 3. 46 Indicator board Back	53
រូប 3. 47 Indicator Board Front	53
រូប 3. 48 គ្រប់គ្រងដែលបានដំឡើងយុទ្ធបាល	54
រូប 3. 49 ឧបករណ៍សាករចយនអត្ថិសនីគ្មេកក្រឹត ១	54
រូប 4. 1 Signal State A និង Control Pilot	55
រូប 4. 2 Signal State B និង Control Pilot	56
រូប 4. 3 Signal State C និង Control Pilot	57
រូប 4. 4 Signal State D និង Control Pilot	57
រូប 4. 5 Feedback ដែល microcontroller read	58
រូប 4. 6 No Earth Detected	59
រូប 4. 7 Earth Detected	59
រូប 4. 8 GFCI Self-test.....	60
រូប 4. 9 GFCI signal	60
រូប 4. 11 Signal GFCI បន្ទាប់ពីពង្កែក.....	61
រូប 4. 11 Signal GFCI បន្ទាប់ជាក់ Capacitor	61
រូប 4. 12 Signal ដែល microcontroller read	61
រូប 4. 13 Fault and Relay Signal	61
រូប 4. 14 Shock, Fault and Relay Signal	61
រូប 4. 15 រយៈពេលនៃការធែកត្រាល់ និងការលេចឆ្នាប់ចរន្ត	62
រូប 4. 16 ប្រព័ប្រើប្រាស់ relay drive និង Relay Coil	63
រូប 4. 17 ភាគរយនៃចូល និងរយៈពេលនៃការសាក	67
រូប 4. 18 សិក្សាពាណិជ្ជកម្ម និងរយៈពេលនៃការសាក	67
រូប 4. 19 ចាមពល និងរយៈពេលនៃការសាក	68
រូប ក. 1 KiCad Logo [23]	79
រូប ក. 2 ផ្ទាំង Interface របស់កម្មវិធី KiCad	79
រូប ក. 3 Arduino Logo [24]	80
រូប ក. 4 ផ្ទាំង Interface របស់កម្មវិធី Arduino	80
រូប ក. 5 Linear Technology Logo [26]	81

រូប ក. 6 ផ្តៃវង Interface នៃសំគាល់មូនវិធី LTspice	81
រូប ២. 1 Flow of code	85

បញ្ជីតារាង

តារាង 1. 1 ស្នើសុំស្ថានីយសាករចយនអគ្គិសនីកម្រិត ១ និង ២	3
តារាង 1. 2 ស្នើសុំស្ថានីយសាករចយនអគ្គិសនីកម្រិត ៣	4
តារាង 1. 3 តារាងកាលវិភាគ	6
តារាង 2. 1 Charging state VS CP-PE resistance	10
តារាង 2. 2 PWM duty cycle បញ្ចាក់ពីបរិមាណចរន្តដៃលត្រដីកជាតុន	11
តារាង 2. 3 កម្រិតសិស្សដៃលត្រដីកជាតុន PLUGS	12
តារាង 2. 4 Proximity resistance circuit tolerances in SAE J1772 and IEC 61851-1	12
តារាង 2. 5 កម្រិតកដៃស្បែងនៃ Proximity Pin	15
តារាង 2. 6 SAE J1772 / IEC 62196-2-1 Type 1 [11]	19
តារាង 2. 7 Combine Charging System 1 [11]	20
តារាង 2. 8 Combine Charging System 2 [12]	20
តារាង 2. 9 GB/T 20234.1 Changing modes	21
តារាង 2. 10 Configuration of GB/T Standard [13]	22
តារាង 2. 11 គុណសម្រាតិ និងគុណរិបត្តិនៃ PFC Topologies នឹមួយា [16]	25
តារាង 2. 12 គុណសម្រាតិ និងគុណរិបត្តិនៃ DC/DC topologies [16]	26
តារាង 3. 1 តារាងកម្រិតថាគម្ពោគខ្លួន Power Delivery Circuit	34
តារាង 3. 2 តារាងកម្រិតថាគម្ពោគខ្លួន IM-NE801A-12-2A-P	35
តារាង 3. 3 តារាងកម្រិតថាគម្ពោគខ្លួន M7 Diode	36
តារាង 3. 4 តារាងកម្រិតថាគម្ពោគខ្លួន S8050 J3Y [17]	37
តារាង 3. 5 Function description of PZEM-400T-100A [18]	40
តារាង 3. 6 Function description of Hi-Link [19]	41
តារាង 3. 7 Capacitor and Inductor Value Recommended [20]	42
តារាង 3. 8 Pinout of IA1212S	42
តារាង 3. 9 Function description IA1212s-2W [20]	43
តារាង 4. 1 GFCI Test Data	62
តារាង 4. 2 ការពិសោធន៍យប្រើប្រាស់ចរន្តដីម្បីសាករចយនអគ្គិសនី 6 A	64
តារាង 4. 3 ការពិសោធន៍យប្រើប្រាស់ចរន្តដីម្បីសាករចយនអគ្គិសនី 9 A	65
តារាង 4. 4 ការពិសោធន៍យប្រើប្រាស់ចរន្តដីម្បីសាករចយនអគ្គិសនី 12 A	65
តារាង 4. 5 ការពិសោធន៍យប្រើប្រាស់ចរន្តដីម្បីសាករចយនអគ្គិសនី 16 A	66
តារាង 4. 6 ទិន្នន័យពិសោធន៍យប្រើប្រាស់ចរន្តដីម្បីសាករចយនអគ្គិសនីគ្មែរកម្រិត ១	66
តារាង 5. 1 បញ្ហាដែលអាចកើតឡើងពេលដំណើរការគ្របាយ	70

បញ្ជីអក្សរភាសា

អក្សរភាសា	អត្ថន័យ
A	Ampere
AC	Alternating Current
AKA	Also Known As
CNC	Computer Numerical Control
CP	Control Pilot
DAB	Dual-Active Bridge
DC	Direct Current
EDA	Electronic Design Automation
EV	Electric Vehicle
EVSE	Electric Vehicle Supply Equipment
EVSS	Electric Vehicle Supply System
GFCI	Ground Fault Current Interrupt
GPL	General Public License
IEC	International Electrotechnical Commission
L1	Line 1
LCD	Liquid-Crystal Display
MCB	Miniature Circuit Breaker
MCU	Microcontroller Unit
N	Neutral Line
NPV	Net Present Value
OV	Overvoltage
PE	Protection Earth
PFC	Power Factor Correction
PP	Proximity Pilot
PSFB	Phase-Shifted Full Bridge
PWM	Pulse Width Modulation
SAE	Society of Automotive Engineers
UV	Undervoltage
V	Volt

នៅក្នុង ១

នៅក្នុងចេងក្រោម

ଶ୍ରୀମତୀ ହେମକୁମାରୀ ପାତ୍ର

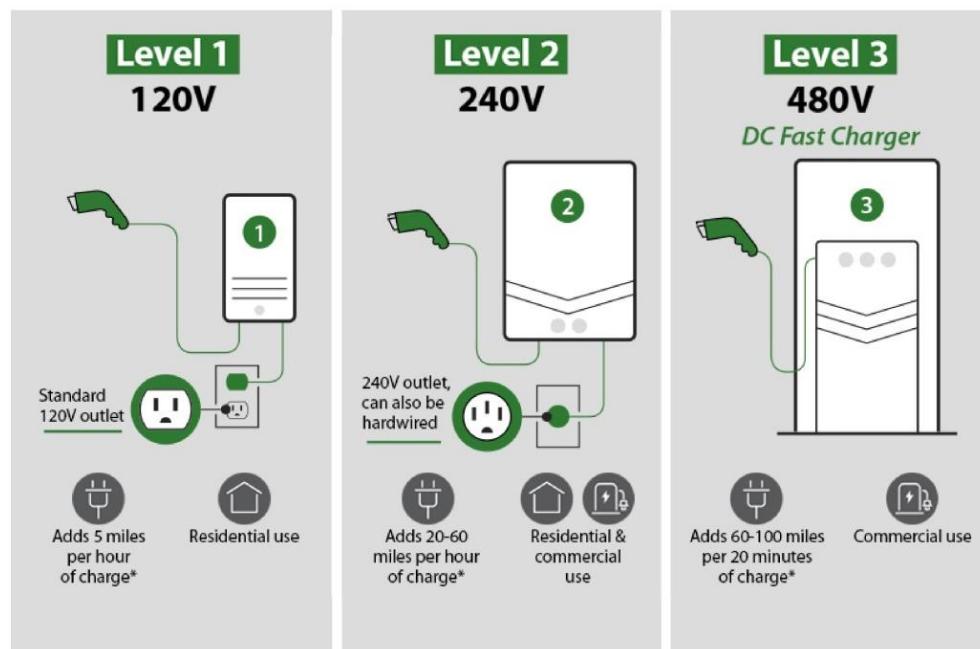
១.១ សេចក្តីផ្តើម

សូច្ចចេន់ បច្ចេកវិទ្យាមានការកួលុតលាស់ជាថ្មាំងគ្រឿងគ្រឿងតែសម្រាល់ ហើយនៅក្នុងការអភិវឌ្ឍកម្មាធិធី និងអភិវឌ្ឍមានដឹងដឹរ ដែលនាំឱ្យមានការប៉ះពាល់ឡើដល់បរិស្ថាន ដូចនេះហើយទីបានការអភិវឌ្ឍន៍របៀបនេះអតិសនីឡើងដើម្បីកាត់បន្ទាយនូវការបំពុលបរិយាតសដ្ឋារយោនយន្តដែលជំណើរការដោយ ម៉ាសីន។ បណ្តាញប្រទេសនៅជុំវិញពីភពលោកកំណុងលាយនៅក្រោករបីប្រាស់របៀបនេះអតិសនីនាថ្មីអនាត់ ហើយចំម៉ាំងមានគ្រប់គ្រងការប្រើប្រាស់របៀបនេះដែលជំណើរការដោយប្រុងគ្ននេះដឹងដឹរ។

ប្រទេសនឹងរៀស គិតប្រចាំសប្តាហានអ្នកប្រើប្រាស់រចយនុអតិសនីប្រើនជាងគេដែលមានរហូតឡាច់លេខ ២៩.១ភាគរយ (29.1 %) នៃអ្នកប្រើប្រាស់រចយនុសរុបនៅក្នុងកំឡុងឆ្នាំ ២០១៦ ហើយត្រូវលេខនេះគឺកែនឡើងជាបន្ទូបន្ទាប់ ដូចជា ឆ្នាំ ២០១៧ កែនដល់ ៣៩.២ភាគរយ (39.2 %), ឆ្នាំ ២០១៨ កែនដល់ ៤៩.១ភាគរយ (49.1 %), ឆ្នាំ ២០១៩ កែន ៥៥.៦ ភាគរយ (55.9 %), ឆ្នាំ ២០២០ កែនដល់ ៧៤.៧ភាគរយ (74.7 %)។ យោងទៅតាមគេហទំនួរ Statista.com នៅក្នុងឆ្នាំ ២០២៤ គេនឹងរំពឹងទុកចាការីនឹងអាចកែនឡើង ៨៦.៤៣ ភាគរយ (86.93 %) [1]។ ក្រឡាយកមកមិនប្រទេសកម្ពុជាយើងវិញ ការប្រើប្រាស់រចយនុអតិសនីនាថែលបង្កើតឡើងកំណត់មានការកែនឡើងជាលំដាប់ផែងដែរ។ យានយន្តអតិសនីដែលបានចុះបញ្ជីត្រីមខេក្តុះ ឆ្នាំ ២០២៤ មានចំនួន ១៨៨៧គ្រឿង ដោយក្នុងនោះរចយនុទេសចរណ៍មានចំនួន ៣០៦គ្រឿង ត្រីមក្រយានយន្តមានចំនួន ៤១៥គ្រឿង និងទោះត្រីមក្រយានយន្តមានចំនួន ៥៦៦គ្រឿង។ ក្នុងឆ្នាំ២០២៣ យានយន្តអតិសនីដែលចុះបញ្ជីសរុបមានចំនួន ៧៥៧គ្រឿង បានកែន ១៩.២ ភាគរយ ធ្វើបន្ថីជាគ្នាំ ២០២២ ដែលមានចំនួន ៦៦៣គ្រឿង។ ចំណោកទីកំងបញ្ហាលចាមពលគិតត្រីមដើមឆ្នាំ ២០២៤ មានចំនួន ២១កន្លែង ដែលមានទូបញ្ហាលចាមពលយានយន្តអតិសនីលេវីវិនិលេវីសរុបមានចំនួន ២៧គ្រឿង [2]។ ដូចនេះហើយ កំណើននៃការប្រើប្រាស់នូវស្ថានីយសាកចាមពលរចយនុកំណត់មានតម្លៃការខ្ចោះសំផីដែរ ហេតុនេះ ទីបង្កើតឱ្យក្នុកយើងជ្រើសរើសគម្រោង “បង្កើតខ្លួនគិតជាបញ្ហាបច្ចាត់បង្កើតប្រចាំឆ្នាំ ១ ដោយប្រើប្រាស់ជាមួយនឹង Arduino (Design Prototype Electric Vehicle Supply System Level 1 Using Arduino)” យកមកសិក្សាភ្លាស់ប្រជាធិបតេយ្យ និងជើងជានីត្រូវបញ្ហាបច្ចាត់បង្កើតបច្ចេកទេស។

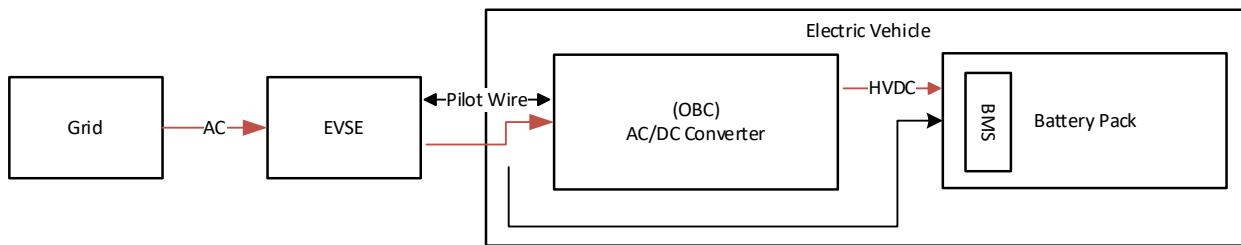
Electric Vehicle Supply System គីជាប្រព័ន្ធមួយដែលធ្វើការដឹកជញ្ជូនចាមពលអត្ថិសនីចរណន្តាស់ (AC) ទៅកាន់រចយន្តអត្ថិសនីដោយសុវត្ថិភាព។ ប្រព័ន្ធនេះធ្វើការប្រើប្រាស់ Comparator ដើម្បីវិភាគថាអត្ថិសនីមានការប្រើប្រាស់កម្រិតខ្លួនដែលត្រូវបានពិនិត្យ។ Control Pilot ដែលមាន Frequency 1 kHz ដើម្បីឱ្យ Microcontroller និងប្រព័ន្ធទាំងមូលដឹងថារចយន្តបានក្នុងលក្ខខណ្ឌណាមួយ (Plugin state, Charge state)។ ហន្ទាប់មក Microcontroller និងធ្វើការបេញប្រាក់ទៅកាន់ Relay ដើម្បីត្រួតពិនិត្យថាមពលភាពអាចត្រួតពិនិត្យក្នុងប្រព័ន្ធនេះមានសមត្ថភាពភាពត្រួតពិនិត្យក្នុងប្រព័ន្ធ ចរណ៍, Ground detection, GFCI, ធ្វើការត្រួតពិនិត្យថាមពលភាពមានភាពមិនប្រកបត្រឹម។

ប្រព័ន្ធនេះគឺមានភាពងាយស្រួលភ្លើងការយកតាមខ្លួនរាល់ពេលដែលយើងធ្វើដំណើរតាមខេត្ត ប្រកន្លែង ផ្សាយទាំងពីរក្នុងការរកស្ថានឱយសាក។ វិនិមុខងារពីសសរស្ថប្រព័ន្ធនេះមួយឡើត គឺអាចធ្វើការនៃលក្ខម្មរបស់ខ្លួន វិញ ក្នុងចំណែក នៅតាមដ្ឋាននៃវិនិមុខងារ។ នៅពេលដែលស្ថិតក្នុងប្រព័ន្ធ និងបានដោះស្រាយក្នុងប្រព័ន្ធនេះ គឺជាប្រព័ន្ធឌីជីថល និងប្រព័ន្ធទូរសព្ទ នៅតាមដ្ឋាននៃវិនិមុខងារ។



រប 1. 1 ប្រភេទនៃសានិយសករចំយនអគិស [3]

ស្ថានីយសាកប្រកចចរន្តផ្សាស់ (AC charging station) ត្រូវបានចែកចេញជា ២ ប្រភេទគឺ Level 1 និង Level 2 ដាចម្បតា Level 1 អាចប្រើប្រាស់តាមស្ថាន 120 VAC - 230 VAC និង ចរណ 12 A - 16 A ដែលប្រើប្រាស់រយៈពេលសាកប្រហែលពី 12Hours - 17Hours (Fully charge 24-kWh) ហើយចាមពលអតិថ្មរមានិងអាហ្វរមាកមានចន្ទោះប្រហែលចាប់ពី 1.44 kW - 1.92 kW ។ ចំពោះស្ថានីយសាកប្រកចចយន្តអគ្គិសនីប្រកចចរន្តផ្សាស់នេះសម្រាប់ប្រើប្រាស់នៅតាមគេហដ្ឋាន (residential) និងងាយស្រួលគួរការចែលកំយកតាមខ្លួនដែលនៅខាង Input គឺមានល្អាប់ចរណលូលុលដែលរារមដោតទៅកាន់ល្អាប់ចរណត្រូវឈានដែលមាននៅ ៣ ដុចត្រា (Line, Neutral, Ground) និងនៅខាង Output គឺមាននៅដោតចំនួន ៥ (Line, Neutral, Ground, Control Pilot, Proximity pilot) ដើម្បីដោតទៅកាន់រចយន្តអគ្គិសនី។



រូប 1. 2 ស្ថានីយសាកប្រកបនៃឡាតាំង

Level 2 គាថប្រើប្រាស់អង់ស្សែង 208 VAC - 240 VAC និង ទរន 15 A - 80 A ដែលប្រើប្រាស់រយៈពេលសាកប្រហែលពី 6 Hours – 8 Hours (Fully charged charge 24-k Wh) ហើយចាមពលអតិបរមា និង អប្បបរមាការមានចន្លោះប្រហែលចាប់ពី 3.1 kW - 19.2 kW [4]។ ចំពោះស្ថានីយសាកប្រកបនៃឡាតាំងទី២ នេះ គឺប្រើប្រាស់សម្រាប់ Commercial ដែលស្ថានីយប្រភេទនេះភាពព្រឹនគេប្រើប្រាស់នៅតាមទីសាធារណៈ មួយចំនួនដូចជា ផ្សាយទីនីក កន្លែងធ្វើការ និងមុខងារទីសេសមួយឡើងសម្រាប់ស្ថានីយប្រភេទនេះភាពព្រឹនការ ទូទាត់លួយ និងតាមជាននៃការសាករបស់យើងចំណាយអស់ចាមពលបុន្ទានតាមរយៈទូរសព្ទដែល កំបុងនូវស្ថានីយប្រភេទនេះបិនអាចចល់តិចតាំងបានទេ។

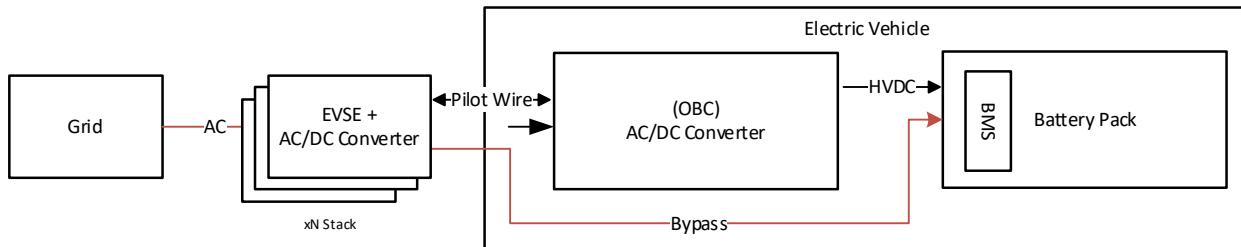
តារាង 1. 1 ស្ថានីយសាករចំយន្តអតិសនិកម្រិត ១ និង ២

EVSE Types	Power Supply	Charger Power	Charging Time (For 24-kWh Battery)
AC L1	120-230 VAC and 12-16 A	1.44 kW-1.92 kW	Approximately 17 H
AC L2	208-240 VAC and 15-80 A	3.1 kW-19.2 kW	Approximately 8 H

ស្ថានីយសាកប្រកបនៃឡាតាំងលោក្បែនលោក្បែន (DC Charging station) គឺជាស្ថានីយសាក Level 3 ដែល យើងគ្រប់គ្នាបានដឹងច្បាបកហើយចាប់មានប្រសិទ្ធភាពខ្ពស់ និងមានលោក្បែននៃការសេវាការមានពលលោក្បែនចំនួន ៩០០kW ទៅ ៣០០kW ដែលអាចសាកមានមានពលស្សែងចំនួន ជាប់រហូតដល់ ៦០០ VDC និង ៤០០ A ហើយវាគ្រោះគូប្រើប្រាស់ដំណាក់កាល (Stacks) ជាប្រើប្រាស់ទីប្រើប្រាស់ ការចំបែង ចាមពលពី AC-DC នៃបាន ទីប្រើប្រាស់ដំណាក់ការនៅលើរចយន្តបានដូចខាងក្រោម OBC ដូច្នោះហើយគេប្រើប្រាស់ជាក់ការ នៅរម្យត្រូជាមួយនឹង Charging Station ទៅអង់ស្សែងដែល DC charging នៃជូនការបញ្ចូនតាមពលទៅការ អាកូយ (Main Battery) នៃរចយន្តដូចខាងក្រោម [4]។ ចំពោះស្ថានីយសាកប្រកបនៃឡាតាំងលោក្បែនលោក្បែន កម្រិត ៣ គឺខ្ពស់ពីស្ថានីយសាកប្រកបនៃឡាតាំងលោក្បែន ១ និង ២ ទាំងប្រើប្រាស់សម្រាប់ស្ថានីយសាកប្រកបនៃឡាតាំងលោក្បែនលោក្បែននេះគឺត្រូវបានគេយក AC-DC Converter ទៅជាក់នៅក្រោររចយន្តអតិសនិ ក្រោះវាមានទម្ងន់ ធ្លីនៃនិងទំហំដែលស្ថានីយប្រភេទនេះគឺភាពព្រឹនគេប្រើប្រាស់នៅតាមទីសាធារណៈ មួយចំនួនដូចជាស្ថានីយសាក រចយន្តអតិសនិ និងផ្សាយលោក្បែនលោក្បែន។ សម្រាប់ស្ថានីយប្រភេទនេះគឺភាពព្រឹនទូទាត់លួយ និងតាមជាន នៃការសាករបស់យើងចំណាយអស់ចាមពលបុន្ទានតាមរយៈទូរសព្ទដ៏។ ស្ថានីយប្រភេទនេះបិនអាចចល់តិចតាំងបានទេ។

តារាង 1. 2 ស្តីដំជាស្ថានិយសាករចំយនេអគ្គិសនីកម្រិត ៣

EVSE Types	Power Supply	Charger Power	Charging Time (For 24-kWh Battery)
DC L3	300-600 VDC, Max 400 A	120kW – 240 kW	Approximately 30 mn



រប 1. 3 ស្ថានិយសាកចាមពលចរណជាប់លេខ៌នៃលេខ៌នកជីត ៣

១.២ ចំណែកចម្លាត់នៃការសិក្សា

នៅក្នុងគម្រោងនេះ EVSS ដែលយើងឡើងការសិក្សា និងបង្កើតឡើងអាមេរិកមានសមត្ថភាពដីកជញ្ញាបានចាមពល ចាន 3.5 kW ។ ដ៏ាយកៅតិា EVSE Level 1 ដែលក្រមហូលបង្កើតមកមានគណនីបិតិមួយចំនួនដូចជា៖

- គេហដ្ឋានដែលប្រើប្រាស់ចរន្តអតិសនី ≥ 16 A មិនអាចប្រើប្រាស់ EVSE Level 1 (16 A) បានទេ ព្រមទាំងអាចប្រើប្រាស់ចរន្តអតិសនីដៃរីឡើងឡើងទេ
 - កាល់ពេលដែលប្រព័ន្ធមានបញ្ហាជុចជាតិ Under/Over Voltage ឬ Over current នៅក្នុងប្រព័ន្ធនឹងផ្តាច់ជំណើរការទាំងមូល ដើម្បីខ្សោយប្រព័ន្ធដំណើរការឡើងវិញ ឬក្នុងប្រព័ន្ធនឹងផ្តាច់ជំណើរការឡើងវិញ

១.៣ ត្រូវបង្កើតនគរបាលនៃការសិក្សា

គោលបំណងនៃការបង្កើតប្រព័ន្ធគម្ពុជា EVSS Level 11 នេះទទួលឱ្យមក ពីដើម្បីរាជច្ឆុចខ្សែរចេយនុអគ្គិសនិភាពធ្វើការ សាកលវិទ្យាល័យ សម្រាប់ការបង្កើតគម្រោងនៃមានគោលបំណងសំខាន់ៗដូចជា៖

- បង្កើតស្ថានីយសាកកប្រិទ ១ ដែលអាចធ្វើចំមពល ≈3.5 kW ឡើកាន់រចយនអគ្គិសនី
 - អាចនែលតម្លៃចរន្តអគ្គិសនីតាមតម្លៃការ (ក្រាម 16 A)
 - ជួយសម្រួលបញ្ហាជល់វិស័យបច្ចេកទេសនៃរចយនអគ្គិសនីនៅកម្ពុជា
 - ដំណឹកការឡើងវិញដោយខ្លួនឯងបញ្ជាប់ពីមានបញ្ហាកែវការឡើង (Self-Restart)
 - មានសុវត្ថិភាពក្នុងការរហូត្យាស់ឡើតាមកប្រិទស្ថិសដោ (SAE J1772)

១.៥ សារៈប្រយោជន៍នៃតេលបញ្ជាផល

១.៥.១ ចំណោះសម្រាម

គម្រោងដែលប្រពុមរបស់យើងខ្ញុំគ្រាន់នឹងបង្កើតឡើងមួយនេះអាចធ្វើឲ្យដល់សង្គមដូចជា ៖

- អភិវឌ្ឍបច្ចេកវិទ្យាលើវិស័យបច្ចេកវិទ្យាឌីសនី
- មានអ្នកបច្ចេកទេសជូនសាច់លក្ខាមទេសមានបញ្ហាស្ថានីយសាក
- លើកទីកចិត្តឱ្យមានការប្រើប្រាស់ចែកចាយអតិសនិកាន់តែថ្មីនេះមិនបានបញ្ចប់បន្ថយការបំពុលបរិយាកាសដោយសារម៉ាសីនប្រើធ្វើសុំលតន់។

១.៥.២ ចំណោះខ្លួនឯង

ដោយយោងតាមហេតុដលាងលើនេះយើងខ្ញុំសង្ឃឹមថាគម្រោងមួយនេះនឹងអាចធ្វើឲ្យដាក់អត្ថប្រយោជន៍ដែលនិស្សិតវិសុំកម្មអនុវត្តន៍របស់នឹង វិស័យសាធារណៈជូចឡើង ៖

- ចូលរួមចំណោកក្នុងការអភិវឌ្ឍន៍ឡើងបច្ចេកវិទ្យាសាកច្បាប់ចែកចាយអតិសនី
- រួមចំណោកដូចជាចំណោះដឹងបន្ថែមឡើងបច្ចេកវិទ្យាសាកច្បាប់អតិសនី
- ធ្វើឱ្យពួកយើងមានភាពងាយស្រួលក្នុងការស្វែងរកការងារធ្វើនៅពេលបញ្ចប់ការសិក្សា ប្រាក់យើងមានចំណោះដឹងខ្លះៗពី EVSS ។

១.៥ ផែនការសិក្សាដំឡើង

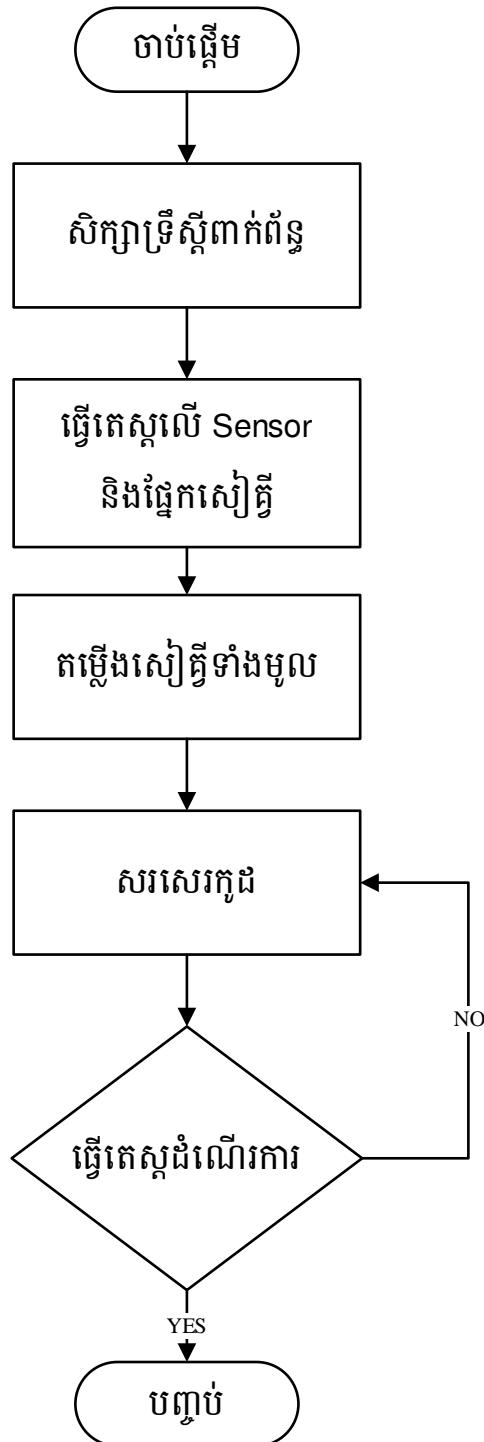
ជាការពិតណាស់ នៅក្នុងការសិក្សាប្រើប្រាស់គម្រោងអីមួយ តើតែងតែមានដែនកំណត់របស់វា ដែលត្រូវកំណត់ឱ្យមានភាពងាយសំខាន់ខាងក្រោម ពេលបញ្ចប់បញ្ហាបញ្ហាប់ និងអ្នកទទួលខុសត្រូវឡើង ។ ព្រមទាំងជាក់គោលដៅច្បាស់លាស់។ សម្រាប់ការដំឡើងគម្រោង បង្កើតខបករណីផ្ទុកផ្ទុកដែលចែកចាយអតិសនិកប្រើប្រាស់ជាមួយនឹង Arduino មានចំណាំ និងដែនកំណត់ដែលប្រព័ន្ធនេះអាចដឹកជញ្ជូន ចាមពលអតិសនីបាន $\approx 3.5 \text{ kW}$ ($\text{Power} \approx 3.5 \text{ kW}$) ឡើកាន់ចែកចាយអតិសនី និងធ្វើការសាកចូលអាតុយរបច្ឆេកចាយអតិសនិបាន។ សម្រាប់ប្រព័ន្ធនេះទាំងមូលគឺ ប្រើប្រាស់ Arduino ដើម្បីធ្វើការ Generate PWM 1kHz ដែលជា Control Pilot ដើម្បីឱ្យ EVSS និងចែកចាយអតិសនិអាចធ្វើការទាំងនេះបាន ព្រមទាំងធ្វើការត្រួតពិនិត្យលក្ខខណ្ឌសុវត្ថិភាព ដែលយើងបានកំណត់មានដូចជា Earth detection, Over/Under Voltage (UV/OV), Overcurrent protection, Leakage Current ។ សម្រាប់គម្រោងនេះយើងនឹងប្រើប្រាស់ខ្លួនដោយ GB/T 20234.2 ដើម្បីធ្វើការចែកចាយអតិសនិជាត់។

១.៦ គម្រោងនៃការសិក្សា

ຕາກັນ 1. 3 ຕາກັນຄາລໂກເຕ

១.៤ រចនាសម្ព័ន្ធដែលគារសិក្សា

ការសិក្សាតម្រងមួយនេះមាន flowchart ដូចខាងក្រោមនេះប្រចិត 2 ដែលបានរៀបរាប់ពីដំណើរការនៃការសិក្សាតម្រងទាំងមូល។



រូប 1. 4 រចនាសម្ព័ន្ធដែលការសិក្សា

នីរុត្ត ៤

បំផែវេះជិនពាណក់តំណែ

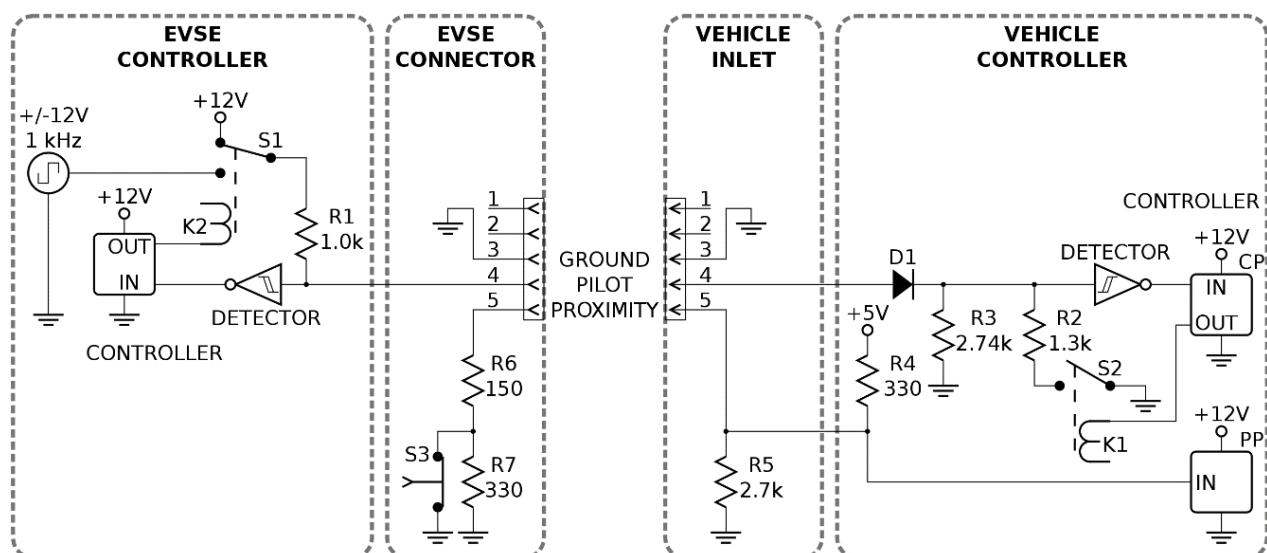
ថតទូទៅ ២. ចំណោះដើរពាក់ព័ណ្ឌ

២.១ សេចក្តីផ្តើម

មុននឹងឈាយនឹងដល់ការដំឡើងនូវគម្រោងទាំងមូល ពំពាចណាស់ត្រួសិក្សាព្រឹត្តិស្ឋិដិលពាក់ព័ន្ធសម្រាប់ជាមូលដ្ឋានក្នុងការស្រួលយល់អំពីប្រព័ន្ធ EVSS Level 1។ ដូច្នេះនៅក្នុងថតទូទៅនេះនឹងពិភាក្សាអំពីដំណើរការនៃប្រព័ន្ធ EVSS ដូចជាលក្ខណៈលួចដំណើរការ និងការរដ្ឋិសនិសប្រកែទ Controller ដួងដើរ។

២.២ Electric Vehicle Supply System

Electric Vehicle Supply System ត្រូវបានគេបងចែកជា ២ ផ្នែកគឺ Controller & Connector ដូចខាងក្រោម ២.១ ផ្នែកទី ១ មាន Microcontroller ដែលមានក្នុងជាមួយកបដើត PWM 5 V 1 kHz បំប្លែងទៅជា $\pm 12V$ PWM 1 kHz, ជាប្រព័ន្ធប្រាប់ Relay និងត្រួតពិនិត្យទេសលក្ខណៈសុវត្ថិភាពធ្វើដោយ (Overcurrent, UV, OV, Ground Detection, Leakage Current) ។ ផ្នែកទី ២ Connector មានក្នុងជាមួយកដីកដ្ឋានចាមពលពីប្រព័ន្ធ EVSS ទៅកាន់រចយនុអគ្គិសនិត្តាល់ និងជាមួយក Mechanical Switch ព្រមទាំងអាចផ្តល់ Signal ឱ្យរចយនុដឹងថាពេលណាយឱ្យចង់ដែក Connector ចេញពីរចយនុ។



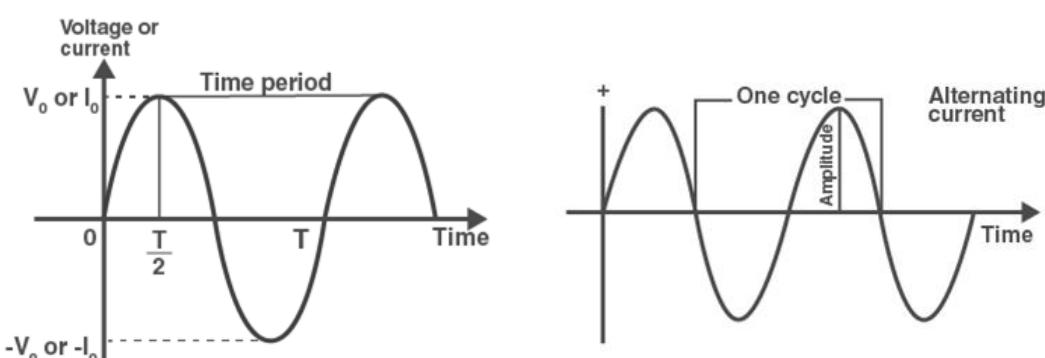
រូប 2. 1 J1772 Signaling Circuit [5]

ផ្នែកទី ១ មាន Microcontroller ដែលមានក្នុងជាមួយកបដើត PWM 1 kHz, Comparator operational amplifier ដើម្បីបំប្លែងទៅជា $\pm 12V$ PWM 1 kHz, ជាមួយកប្រាប់ប្រព័ន្ធប្រាប់ Relay និងត្រួតពិនិត្យទេសលក្ខណៈសុវត្ថិភាពធ្វើដោយ (Overcurrent, UV, OV, earth Detection, Leakage Current) ។ DETECTOR ជាមួយកត្រួតពិនិត្យកប្រិតកដៃស្រួលដើម្បីដឹងថាទេសលក្ខណៈមានក្នុងប្រព័ន្ធ EVSS ទៅកាន់រចយនុអគ្គិសនិត្តាល់ មុខងារមួយទៀតជាមួយក Mechanical switch បាននៅលើពេលដែលយឱ្យចង់ដែក Connector ចេញពីរចយនុតឹករំពួចបុច្ចុប្បន្ន។ និងផ្នែកទី ២ Connector មានក្នុងជាមួយកដីកដ្ឋានចាមពលពីប្រព័ន្ធ EVSS ទៅកាន់រចយនុអគ្គិសនិត្តាល់ មុខងារមួយទៀតជាមួយក Mechanical switch បាននៅលើពេលដែលយឱ្យចង់ដែក Connector ចេញពីរចយនុតឹករំពួចបុច្ចុប្បន្ន។

ដើម្បីខ្សោយ Controller នៅខាងចម្លងដឹងចាថ់ដែល Connector ចេញពីរចម្លង ពេលនោះ រចម្លងនឹងធ្វើការផ្តល់ Signal ទៅកាន់ប្រព័ន្ធដូឡូការត្រួតពិនិត្យ។

២.៣ Alternating Current (AC)

ចរន្តឆ្លាស់ (Alternating Current) គឺជាបន្ទុអតិសនិដែលឆ្លាស់ប្រើប្រាស់ដោយការប្រើប្រាស់បន្ទុយនឹងពេលវេលា [5]។ ចាមពលអតិសនិដែលផ្តល់តំណែងនៅក្នុងបន្ទុយ និងការឃាល់យរបស់យើងរាល់ច្បាស់ គឺជាការប្រើប្រាស់ស្ថិតិមានបន្ទុយដែលមានបន្ទុយប្រព័ន្ធដូឡូការត្រួតពិនិត្យ (Sine Function) ដាមួយនឹងរួម: ពេលដែលតំណែងស្ថិតិមានបន្ទុយដែលមានបន្ទុយប្រព័ន្ធដូឡូការត្រួតពិនិត្យ (Alternating Voltage or AC Voltage) និងចរន្តដែលមាននៅក្នុងសៀវភៅគេហែត្រូវបានគេហែត្រូវ ចរន្តឆ្លាស់ (Alternating Current or AC Current) ។ ស្មើថ្វីនេះ ការប្រើប្រាស់បន្ទុយប្រព័ន្ធដូឡូការត្រួតពិនិត្យដែលយើងប្រើប្រាស់គឺមានកម្រិតការប្រើប្រាស់ស្ថិតិមានបន្ទុយដែលផ្តល់តំណែងចរន្តជាប់ គឺជាយសារកំចាន់ចរន្តឆ្លាស់មានភាពងាយស្រួល និងមានប្រសិទ្ធភាពក្នុងការបំប្លែងចាមពលមួយទៅជាបានចាមពលមួយដូចតែងទៀតដែលអាស៊ីយបែកត្រួតស្តូរ (Transformer) ។ បន្ថែមទីនេះ ចាមពលអតិសនិនេះអាចបញ្ចូនក្នុងរយៈចម្ងាយឆ្លាយដីដែរ [6] ។



រូប 2. 2 Alternating Current [6]

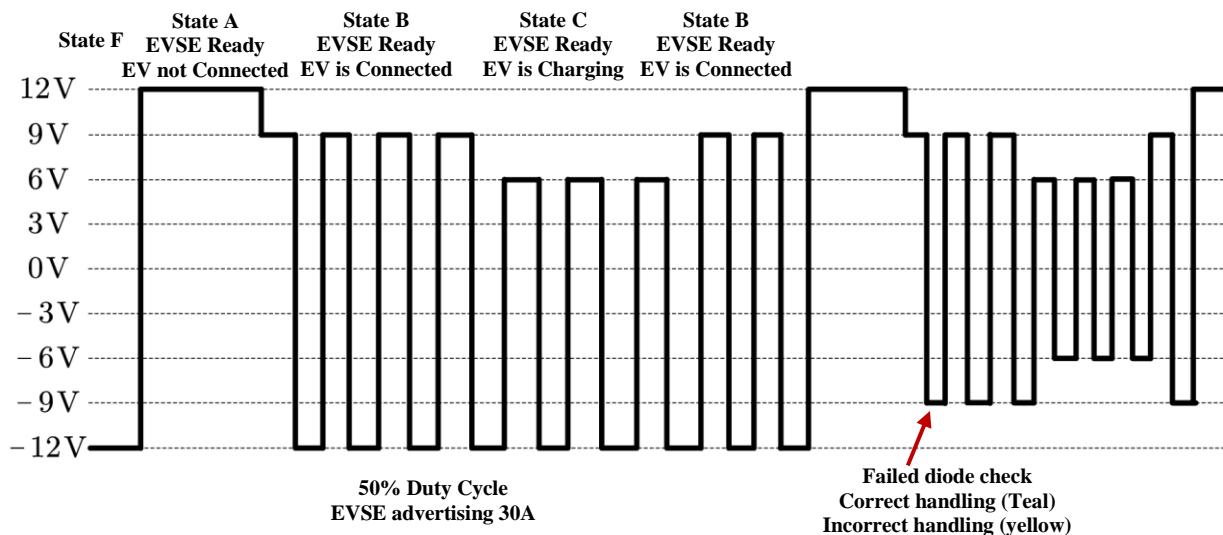
២.៤ EVSE Controller

សម្រាប់ប្រព័ន្ធផ្សេង់ទូទាត់ទៅការប្រើប្រាស់បន្ទុយប្រព័ន្ធឌូឡូការត្រួតពិនិត្យ (Control Pilot Pin) ដោយប្រព័ន្ធនេះដើរការ Generate signal PWM $1\text{ kHz} \pm 12\text{ V}$ ដើម្បីខ្សោយចម្លងដើរការ Detect នូវកម្រិតតំណែងស្ថិតិមានបន្ទុយ (Voltage Level) នៅពេលដែល Signal PWM មានកម្រិតតំណែង 12 V (State A = EV Not Connected), 9 V (State B = EV is connect), 6 V (State C = EV Charging) [7] ។

២.៤.១. Control Pilot (CP) Principle of Operation

Control Pilot signal បានផ្តល់ដំណើរការជា Analog electronic ។ ប្រព័ន្ធផ្សេង់ទូទាត់ទៅការប្រើប្រាស់បន្ទុយប្រព័ន្ធឌូឡូការត្រួតពិនិត្យ (EVSE) ដោយប្រព័ន្ធនេះដើរការ State A ដែលនៅក្នុងខណៈពេល CP Signal តើ $+12\text{ VDC}$ ប្រសិនបើ CP detect បាន និងត្រួតពិនិត្យ 2.7 $\text{k}\Omega$ (ផ្តល់កាត់ពីដើរការ CP - PE), EVSE នឹងឆ្លាស់ប្រើប្រាស់បន្ទុយទៅ State B ខណៈពេលនោះវានឹង Generate PWM ដែលមានប្រព័ន្ធ 1 kHz (peak-to-peak square wave) ។ រចម្លងអតិសនិអាចធ្វើការ Request charging ដោយ Controller នៅក្នុងរចម្លងដើរការត្រួតពិនិត្យ 1.3 $\text{k}\Omega$ (ផ្តល់កាត់ពីដើរការ CP-PE) ។

ប្រសិនបើគិតពាកតនៃស្បែងវិញ នៅពេលដែលយើងដោត Connector ឬលរចយន្តភានីងភ្លាប់ផសិស្សនៃ $2.7\text{ k}\Omega$ (ឆ្លងកាត់ដើម CP-PE) ខណៈពេលនោះពាកតស្បែងនឹងឆ្លាក់ពី $+12\text{ V}$ ទៅ $+9\text{ V}$ ដែលវានឹងបញ្ចូន PWM ទៅកាន់រចយន្ត បន្ទាប់មកវាដើរការសាកនោះពេលដែលរចយន្តធ្វើការភ្លាប់ផសិស្សនៃ $1.3\text{ k}\Omega$ ខ្លួន (ឆ្លងកាត់ដើម CP-PE) ខណៈពេលនោះពាកតស្បែងនឹងឆ្លាក់ពី 9 V ទៅ 6 V ។ ដូច្នេះប្រព័ន្ធផ្សែនត្រូវត្រូវការ Detected នូវកម្រិតពាកតស្បែង (Voltage drop) ដែលនោះដើម CP ទៅ PE តីអាចដើរចយន្តអតិសនិស្សនោះ តុង State មួយណាន [8]។



រូ 2. 3 J1772 Negotiation [8]

តារាង 2. 1 Charging state VS CP-PE resistance

State	Pilot High	Pilot Low	Frequency	CP-PE	Description
State A	$+12\text{ V}$	N/A	DC	N/A	Not Connected
State B	$+9\text{ V}$	-12 V	1000 Hz	$2.74\text{ k}\Omega$	EV Connected (Ready)
State C	$+6\text{ V}$	-12 V	1000 Hz	$882\text{ }\Omega$	EV Charge
State D	$+3\text{ V}$	-12 V	1000 Hz	$246\text{ }\Omega$	EV Charge, Vent. Required,
State E	0 V	0 V	N/A		Error
State F	N/A	-12 V	N/A		Unknown/Error

ចំពោះ turn on time (dt) នៃ duty cycle តីបញ្ហាក់ពីបរិមាណអតិបរិមាពរន្តដែលប្រព័ន្ធផ្សែនត្រូវត្រូវការដើរចយន្តទៅខ្លួនរចយន្តអតិសនិដើម្បីខ្លួនរចយន្តធ្វើការបើក load ទិន្នន័យបញ្ចប់ដែលប្រព័ន្ធបញ្ចប់មក។

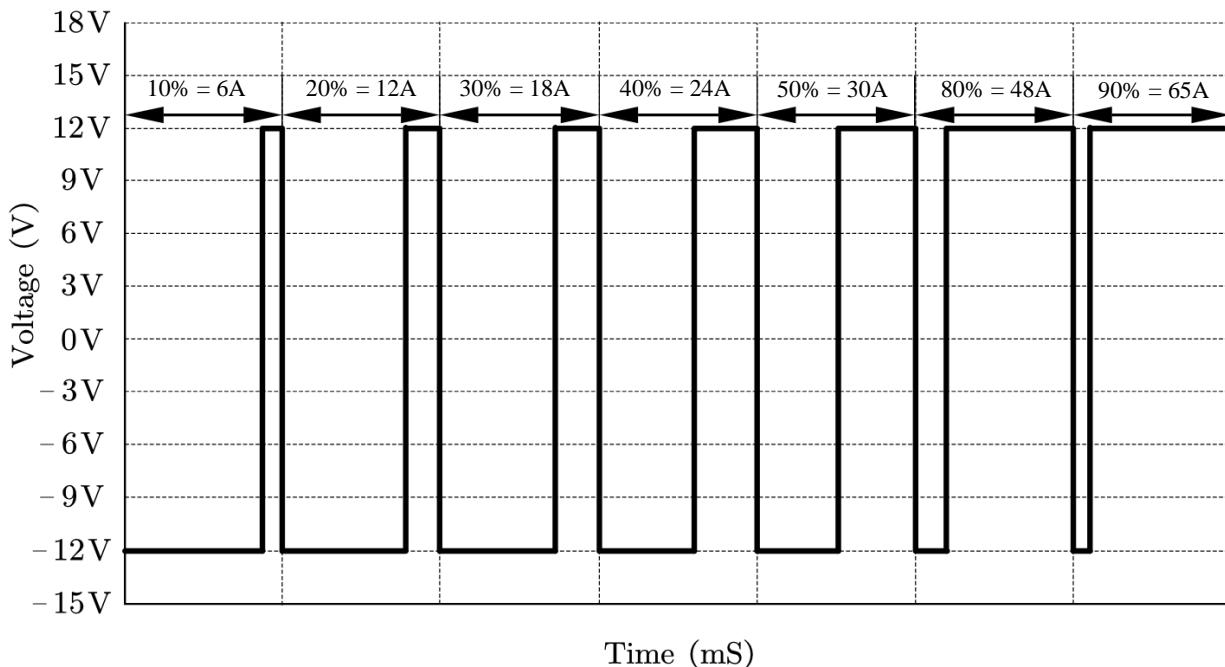
➤ សម្រាប់ចរន្តពី 6 A ទៅ 51 A

$$I = DT \times 0.6 \quad (1)$$

➤ សម្រាប់ចរន្តធី 51 A ទៅ 80 A

$$I = (DT - 64) \times 2.5 \quad (2)$$

ដែល I : ចរន្ត [A]
DT : រយៈពេលដែល PWM បើក [%]



រូប 2. 4 តម្លៃចរន្តអតិបរិមាណដែលអាចនឹងផ្តល់ឱ្យរចយនអតិសនិជោយប្រើប្រាស់ PWM

តារាង 2. 2 PWM duty cycle បញ្ជាក់ពីបរិមាណចរន្តដែលត្រូវដើរការណា

Amp	Duty Cycle	Amp	Duty Cycle
6 A	10 %	40 A	66 %
12 A	20 %	48 A	80 %
18 A	30 %	65 A	90 %
24 A	40 %	75 A	94 %
30 A	50 %	80 A	96 %

២.៤.២ Proximity Pilot (PP)

Proximity pilot (PP) មានតួនាទីភាពឱ្យរចយនមានសមត្ថភាពភាពដីដែលបានដោត Connector ទៅរចយនបុរាណ និងបង្ហាញថា Cable connector របស់យើងអាចដើរការណាបានប៉ុន្មានអំពេទ (Amp) ដោយគ្រាន់តែធ្វើការរាយសេសិកណ៍ PP-PE។

Rc តើសំដែលបើសុំស្នើដែលនៅរាជធានីភ្នំពេញ & PE ។ ប្រសិនបើយើងចង់ដឹងថា Cable connector ដែលយើងប្រើប្រាស់អាចដឹងដាក់បានចរណ៍បុំន្ទាន យើងអាចធ្វើការវារ៉ាសតម្លៃសុំស្នើស្នើនៅដើម្បីទាំងពីរនេះបាន។

តារាង 2. 3 តម្លៃសុំស្នើស្នើសម្រាប់ PLUGS

ចរណ៍អតិបរិមាណដែល Connector អាចដឹងដាក់បានចរណ៍បាន	Rc ($\pm 3\%$)	បំប្រឈមប្រឈម
13 A	1.5k Ω /0.5 W	1-2.7 k Ω
20 A	680 Ω /0.5 W	330 Ω -1 k Ω
32 A	220 Ω /1 W	150-330 Ω
70 A single-phase 63 A three-phase	100 Ω /1W	50-150 Ω

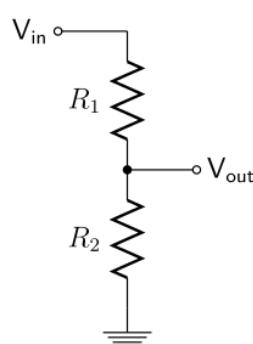
ឧបករណ៍នេះជាតារាងតម្លៃសុំស្នើស្នើនៅពេលដែលយើងចូចកុងតាក់ PP (Proximity Pilot)

តារាង 2. 4 Proximity resistance circuit tolerances in SAE J1772 and IEC 61851-1

Resistance (PP-PE)	
R4	330 Ω
R5	2700 Ω
R6	150 Ω
R7	330 Ω

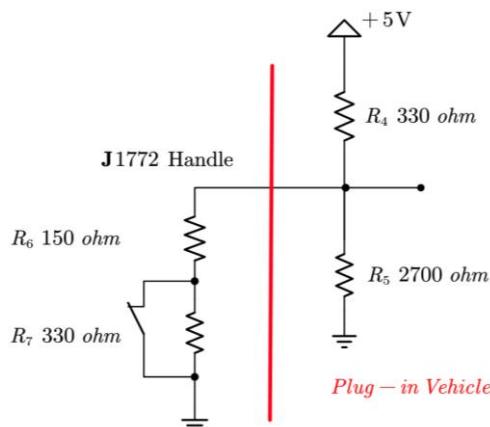
បើយោងតាម Voltage divider

$$V_o = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) V_{in} \quad (3)$$



រូប 2. 5 Voltage Divider

ឧងតម្លៃនៃជាន់ Resistance network នៃស៊ីដីថី PP



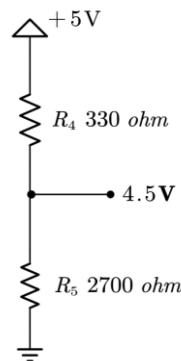
រូប 2. 6 Proximity Resistance Network

ឧងតម្លៃនៃជាន់លាបក្នុងណួនភ្លោងនៃពេលដែលដែល connector និងរចយន្តមិនត្រូវបែក

ធានាយយោងតាម (3)

$$V_o = \left(\frac{R_4}{R_4 + R_5} \right) V_{in}$$

$$V_o = \left(\frac{2700}{330 + 2700} \right) 5 = 4.5V$$



រូប 2. 7 នៃពេល Connector មិនធានក្នុងរចយន្តអគ្គិសនី

ឧងតម្លៃនៃជាន់ក្នុងណួនភ្លោង យើងចុចបូពីតុង (Proximity) ដែលនៅជាប់ជាមួយ Connector

ធានាយយោងតាម (3)

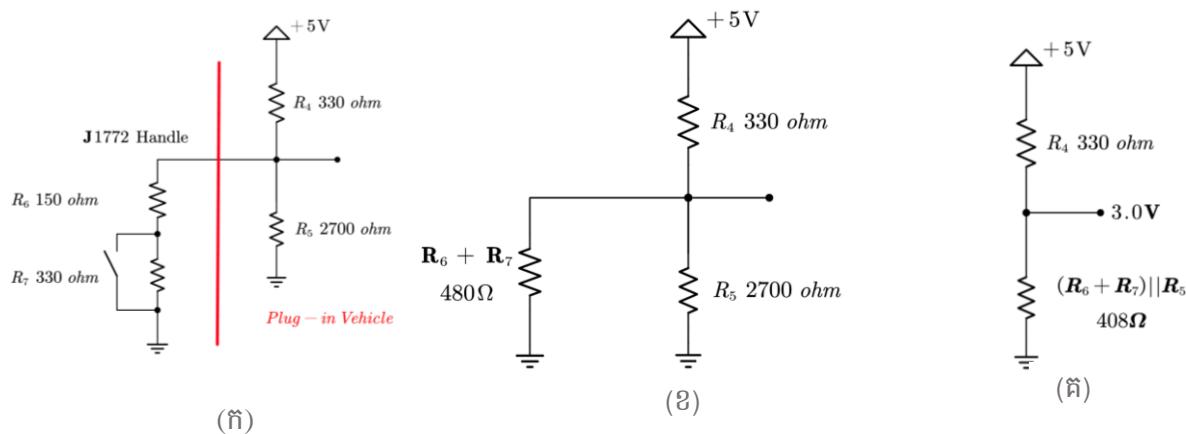
$$V_o = \left(\frac{R_{567}}{R_4 + R_{567}} \right) V_{in}$$

នៅ

$$R_{567} = R_5 // R_{67}$$

$$R_{567} = \frac{R_5 \times R_{67}}{R_5 + R_{67}} = \frac{2700 \times 480}{2700 + 480} = 408 \Omega$$

$$V_o = \left(\frac{408}{330 + 408} \right) 5 = 3 V$$



រូប 2. 8 ពេលចុចិចិត្តនៃ Proximity

ឧងតភាគនេះជា Resistor network នៅពេលដែល Connector និងខ្លួនភាប់ត្ថាត

ដោយយោងតាម (3)

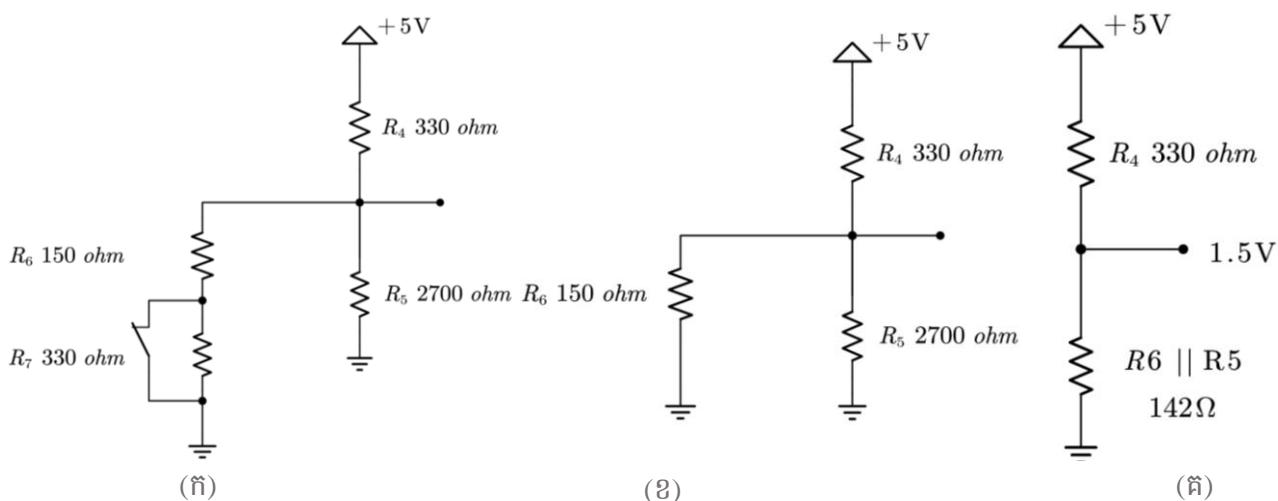
$$V_o = \left(\frac{R_{56}}{R_4 + R_{56}} \right) V_{in}$$

ដោយ $R_5 // R_6$

$$R_{56} = \frac{R_5 \times R_6}{R_5 + R_6} = \frac{2700 \times 150}{2700 + 150} = 142 \Omega$$

ដូចនេះ V_{out}

$$V_o = \left(\frac{142}{330 + 142} \right) 5 = 1.5 \text{ V}$$



រូប 2. 9 Proximity នៅពេលដែលខ្លួនដោតចូលរចនាយកអតិសវិ

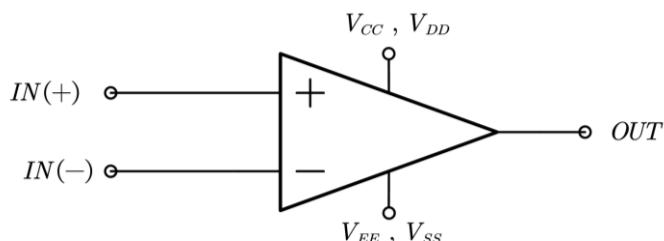
រាយ 2. 5 កម្រិតតង់ស្បែងនៃ Proximity Pin

State	Voltage on Proximity pin
Not Connected	4.5V
Button Pressed	3.0V
Connected	1.5V

២.៤.៣ Operational Amplifier (OP-AMP)

Operational Amplifier (op-amps) ជាទករណ៍ដែលមិនត្រូវការគុណភាពឡើលេខតាមបែបពិធីគុណភាពនៃបីប្រភេទផ្សេងៗទេ បីនេះអាចធ្វើការពង្រីកតង់ស្បែងដោយគ្រាន់តែបើប្រាស់សៀវភៅត្រឹមត្រូវបានការពិភាក្សាដា Comparator, Filter, Phase shifter, Buffer ជាដីម ។ Op-amps បើប្រាស់សីងតែត្រូវបានសៀវភៅត្រឹមត្រូវបានការពិភាក្សាដា ដែលទទួលបានមកពី Sensor និងធ្វើការរាយសំណួរកម្រិតតង់ស្បែងជាដីម ។

Voltage comparator ជាមុខងារមួយដែលយើងយកមកបើប្រាស់ត្រូងតម្រាងរបស់យើង ដោយ Op-amp ធ្វើការប្រើបង្រៀនតង់ស្បែង Signal (input) ជាមួយនឹង Reference voltage ដែល Output របស់វាតីមានតម្លៃស្ថិតិថ្មីប្រកបដែលយើងបានផ្តល់ឱ្យ ។



V_{CC}, V_{DD}: Positive power Supply
V_{EE}, V_{SS}: Negative Power Supply
IN (+): Noninverting input
IN (-): Inverting input
OUT: Output

រាយ 2. 10 សៀវភៅងារក្រាម និងនិមិត្តសញ្ញាឯបស់ OP-AMP & Comparator

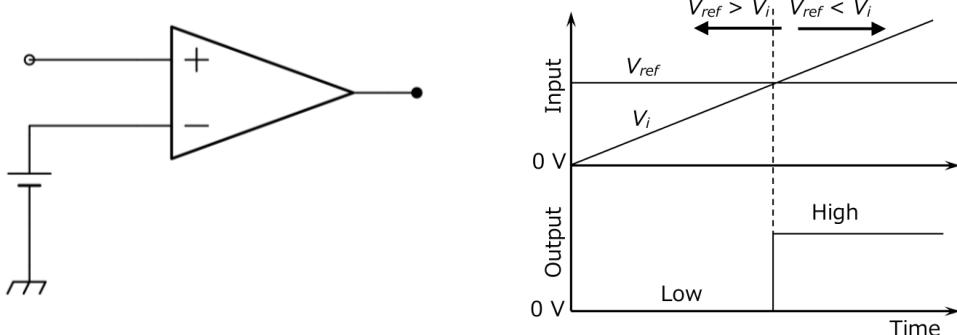
Op-amp មានដើរសំខាន់ៗនេះ ឬ Positive power supply, Negative power supply, Noninverting input, Inverting input, Output ។ សម្រាប់ Dual-supply Configuration តើមាននូយចាត់ការផ្តល់ប្រកបតង់ស្បែងវិធីមានទៅឱ្យ V_{CC}(V_{DD}) និងតង់ស្បែងអវិធីមានទៅកាន់ដើរ V_{EE}(V_{SS}) ។ សម្រាប់ដើរប្រកបនៃ Power supply របស់ Bipolar device គេហេរ V_{CC}(+) & V_{EE}(-) ក៏បីនេះដើរ Power supply របស់ CMOS Device គេហេរ V_{DD}(+) & V_{ss}(-) [9] ។ OP-AMP ត្រូវបានគេបង់ចែកចេញជាឃឹង ៣ ប្រភេទគឺ៖

៣. Basics of Comparator

Comparator មិនមាន Feedback ទេលើកលែងពេត្តុងករណីពិស់សម្បយចំនួន។ យើងធ្វើការត្រាប់ដើង Inverting នៃ Comparator ទៅកាន់តង់ស្បែងថែរូបយ (Fixed Reference Voltage) ដែលបានកំណត់ និងត្រាប់ដើង Noninverting ទៅកាន់តង់ស្បែង Signal ដែលយើងចង់ប្រើបង់បញ្ចប់មក Output នឹងបង្ហាញថា តង់ស្បែង Signal ខ្លួន បុទ្ទាបជាងតង់ស្បែង Reference ប្រសិនបើយើង Configuration ទៅតាម រូប 2. 11

- នៅពេលដើល $V_{ref} > V_i$ ពេលនោះ Output នឹង LOW
- ប្រសិនបើ $V_{ref} < V_i$ ពេលនោះ Output នឹង HIGH

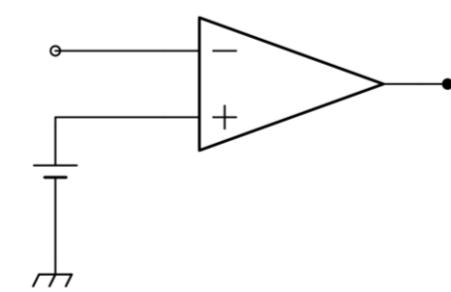
ចំពោះតម្លៃតង់ស្បែងនៅខាង Output គឺស្រីនឹង តង់ស្បែងដែល Supply ឱ្យ Op-amp នោះ [9] ។



រូប 2. 11 Noninverting Comparator Operation Amplifier

បើនេះប្រសិនបើត្រាប់ដើង Inverting នៃ Comparator ទៅកាន់តង់ស្បែង Signal នឹង Noninverting ទៅកាន់តង់ស្បែង Reference

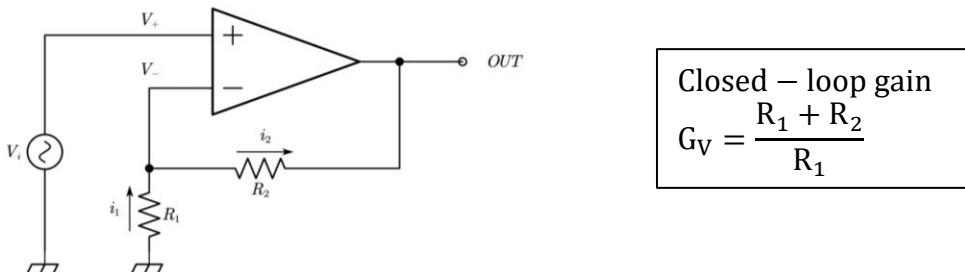
- នៅពេលដើល $V_{ref} > V_i$ ពេលនោះ Output នឹង HIGH
- ប្រសិនបើ $V_{ref} < V_i$ ពេលនោះ Output នឹង LOW ។



រូប 2. 12 Inverting Comparator Operational Amplifier

២. Noninverting amplifier

Configuration នេះគឺបាប់ទេដើម្បី Noninverting, GND ត្រូវបាប់ទេដើម្បី Inverting & Output ដោយ ផ្តល់កាត់តាមនឹងស្ថិតុនុយ៉ា R1&R2 ។ ដើម្បីដឹងពីទំនាក់ទំនងរវាង តួនាទី Input (Vi) និងតួនាទីស្ថិតុនុយ៉ា Output (Vo) គឺត្រូវប្រើប្រាស់សមិទ្ធភាព KCL នៅ Node 1 ។



រូប 2. 13 non-inverting amplifier

$$i_1 = i_2 \Rightarrow \frac{0 - V_-}{R_1} = \frac{V_- - V_0}{R_2}$$

ដោយ $V_- = V_+ = V_i$

- $\frac{V_i}{R_1} = \frac{V_i - V_0}{R_2}$

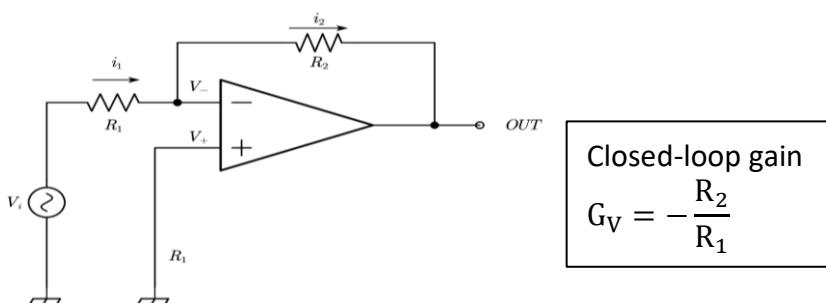
$$V_0 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_i \quad (4)$$

Voltage gain

$$G_v = \frac{R_1 + R_2}{R_1} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

៣. Inverting amplifier

Inverting Amplifier គឺបាប់ទេដើម្បី Noninverting ទៅ GND, គឺបាប់ទេដើម្បី Inverting ទៅ Inverting & Output ដោយ ផ្តល់កាត់ នឹងស្ថិតុនុយ៉ា R1 & R2 ។ ដើម្បីដឹងពីទំនាក់ទំនងរវាង តួនាទី Input (Vi) និងតួនាទីស្ថិតុនុយ៉ា Output (Vo) គឺត្រូវប្រើប្រាស់សមិទ្ធភាព KCL នៅ Node 1 ។



រូប 2. 14 Inverting Amplifier

$$i_1 = i_2 \Rightarrow \frac{V_i - V_-}{R_1} = \frac{V_- - V_o}{R_2}$$

បើនេះ $V_- = V_+ = 0$ សម្រាប់តើ ideal Op-Amp

$$\begin{aligned} \frac{V_i}{R_1} &= -\frac{V_o}{R_2} \\ V_o &= -\frac{R_f}{R_1} V_i \end{aligned} \quad (5)$$

Voltage gain

$$G_v = -\frac{R_2}{R_1} V_i$$

២.៥ EVSE Connector

ប្រសិនបើនឹងយាយឡាផលការធ្វើរចាយពលពីប្រព័ន្ធ EVSS ទៅកាន់រចយនុអតិសនីនោះ តើមិនអាចខ្លះបានទេ នូវខ្សោយ Connector ។ ខ្សោយ Connector នឹងត្រូវបានគេបង់ចំការចេញជាប្រចាំឆ្នាំ និង ស្ថាដាក់ដែលគេបានកំណត់មកទៅតាមកម្រិតចាយពល និងទីបនិមួយនៃផែននិយមប្រើប្រាស់។

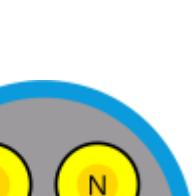
២.៥.១ Type 1 (AC Type 1)

Type 1 (AC Type 1) ជាប្រភេទស្ថាដាក់ដែលបានកំណត់មកទៅតាមកម្រិតចាយពល SAE J1772 (IEC 62196 Type 1) ប្រអប់របស់ម៉ោងទៀតចា J Plug ដែលវាតីជាស្ថាដាក់ដែលបានកំណត់មកទៅតាមកម្រិតចាយពល (North American standard) ដែលបានកំណត់ឡើងដោយក្រុមហ៊ុន SAE International [10]។



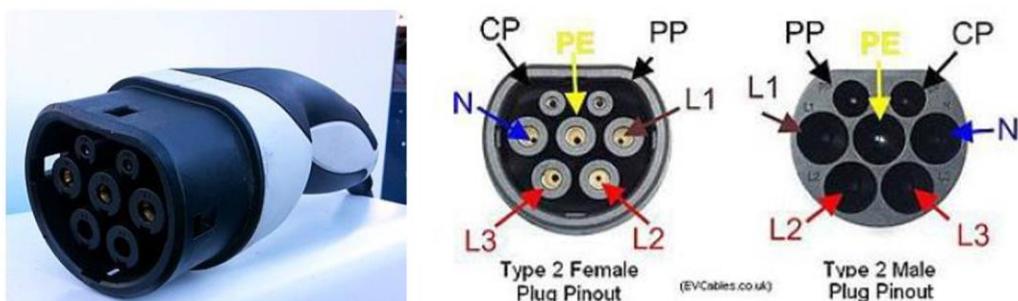
រូប 2. 15 Type 1 Plug, Single Phase [11]

តារាង 2. 6 SAE J1772 / IEC 62196-2-1 Type 1 [11]

	មុខងារ	ពិពណ៌នា
	L1	ពង្ឋស្យីដទន្លេ “AC Line 1”
	N	ពង្ឋស្យីដទន្លេ “AC Neutral”
	PE	Protective Earth ប្រអចបោមកំណត់ GROUND
	PP	Proximity Pilot ឬ Plug present ការពារបើមានការដែក Connector ចេញពីរចយននៅពេលកំណុកសាករចិយនអគ្គិសនី
	CP	Control Pilot ជាមធ្យាបាយដែលរចយន និងប្រព័ន្ធ EVSS ដើម្បី ចាប់ពេលដែលរចយនត្រូវការសាកជាមពល។ ចំពោះ Signal នេះគឺ ប្រភេទ Square wave 1kHz កម្រិតពង្ឋស្យី ±12V ដែលបង្កើត ដោយប្រព័ន្ធផីរចយនអគ្គិសនី ឬបីរាស់ Signal នេះដើម្បីដឹងពីបរិមាណនៃចរន្តដែល EVSS អាចផ្តល់ឱ្យរាយ។

፩.፪.፪ Type 2 (AC Type 2)

Type 2 (AC Type 2) ປະ IEC 62196 Type 2 Connector ປະຕິການເບີຍງົກເຖິງຕະຫຼາດ Mennekes ສັນລັບຜ່ານເພື່ອມາຮັດວຽກສັນລັບຜ່ານເພື່ອມາຮັດວຽກ



JU 2. 16 Type 2 Plug and Pinout, Three Phase [10]

ဤ.နီ.က CCS1 and CCS2



រូប 2. 17 CCS Type 1 and 2 Plug and Inlets [10]

តារាង 2. 7 Combine Charging System 1 [11]

មុខងារ	ពិពណ៌នា
L1	Single-phase AC
L2/N	Single-Phase AC/Neutral
CP	Control Pilot
PP	Proximity Pilot
PE	Protective earth
DC+, DC-	CCS Combo 1 គឺមានដើងពីបន្ទូលឡើងតី DC+, DC- នៅខាងក្រោម។ នៅក្នុងរូបនេះគឺចង់បង្ហាញពី socket ដែលនៅជាប់រចយនុ ដូចនេះប្រសិនបើ រចយនុប្រើបាស់ CSS1, CSS2 គឺនូវសាក AC និង DC គឺនៅក្នុងផែមួយ។

តារាង 2. 8 Combine Charging System 2 [12]

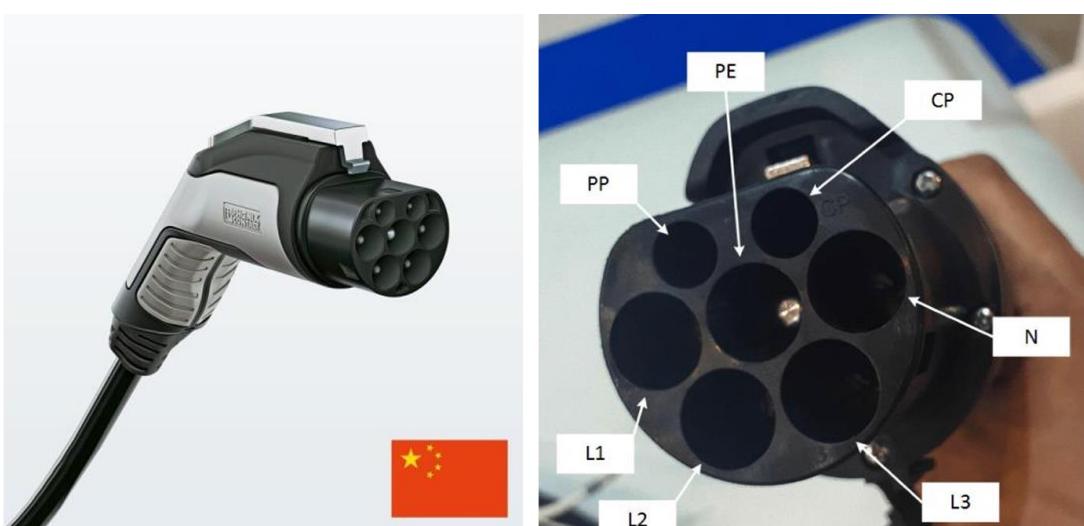
មុខងារ	ពិពណ៌នា
L1	1-phase AC / 3-phase AC
L2	
L3	
N	Neutral
CP	Control Pilot
PP	Proximity Pilot
PE	Protective earth
DC+, DC-	CCS Combo 1 គឺមានដើងពីបន្ទូលឡើងតី DC+, DC- នៅខាងក្រោម។ នៅក្នុងរូបនេះគឺចង់បង្ហាញពី socket ដែលនៅជាប់រចយនុ ដូចនេះប្រសិនបើ រចយនុប្រើបាស់ CSS1, CSS2 គឺនូវសាក AC និង DC គឺនៅក្នុងផែមួយ។

២.៥.៥ GB/T Plug (AC and DC)

GB/T Plug (AC connector) មកពីពាក្យជាភាសាទិនតិ៍ 国标推荐 (guóbìāo/tuījiàn) (recommended/voluntary national standard) Connector ប្រភេទនេះគឺបង្កើតឡើងដើម្បីប្រើប្រាស់នៅក្នុងប្រទេសចិន និងពេញនិយមប្រើប្រាស់នៅប្រទេសកម្មជាយើងដែរ ។ សម្រាប់នៅក្នុងគម្រោងសារណារបស់យើងគឺប្រើប្រាស់ Connector ប្រភេទនេះ (GB/T 20234.2) ។ ស្ថិតិ៍ជាឌាប់ GB/T ត្រូវបានគេបង់ចំការចេញជា 3 Modes ដូចខាងក្រោម ពាក្យ 2.9 ។

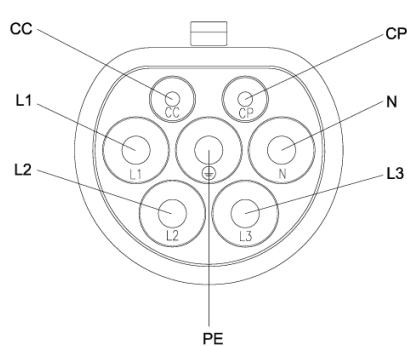
ពាក្យ 2.9 GB/T 20234.1 Changing modes

Changing Mode	Coupler Type	Rate Voltage	Rate Current	Max Power
2	AC (20234.2)	250 VAC	10 A	27.7 kW
			16 A	
			32 A	
3		440 VAC	16 A	
			32 A	
			63 A	
4	DC (20234.3)	750 V/1000 VDC	80 A	250 kW
			125 A	
			200 A	
			250 A	

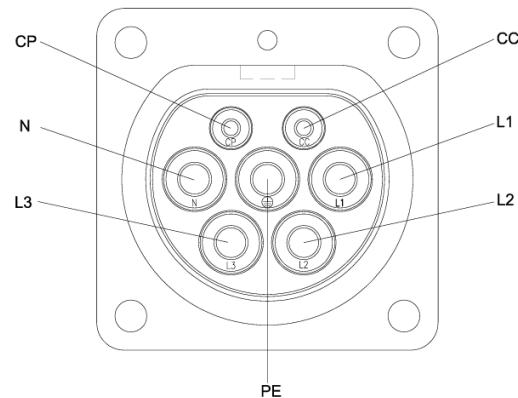


រូប 2.18 GB/T AC charging plug [10]

VEHICLE CONNECTOR



VEHICLE INLET



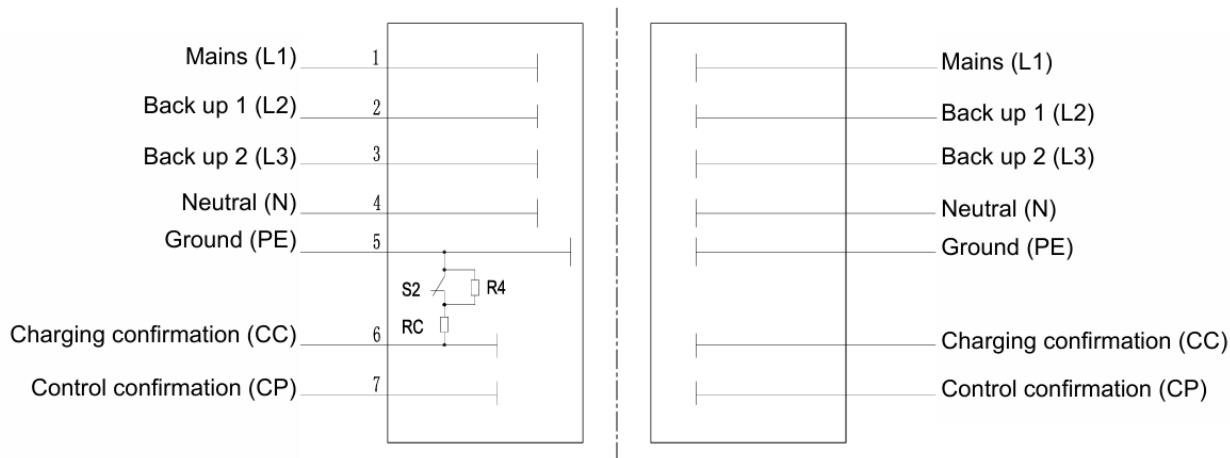
រូប 2. 19 Insert Arrangement [13]

តារាង 2. 10 Configuration of GB/T Standard [13]

Contacts Number & Function	Rated Voltage & Current	Function
L1	250 V/440 V 16/32 A	AC Power
N	250 V/440V 16/32 A	Neutral
Earth	-	PE, connect charging stake and vehicle chassis ground
CC	30V 2 A	Charging confirmation
CP	30V 2 A	Control confirmation
L2	-	Back up contact
L3	-	Back up contact

VEHICLE CONNECTOR

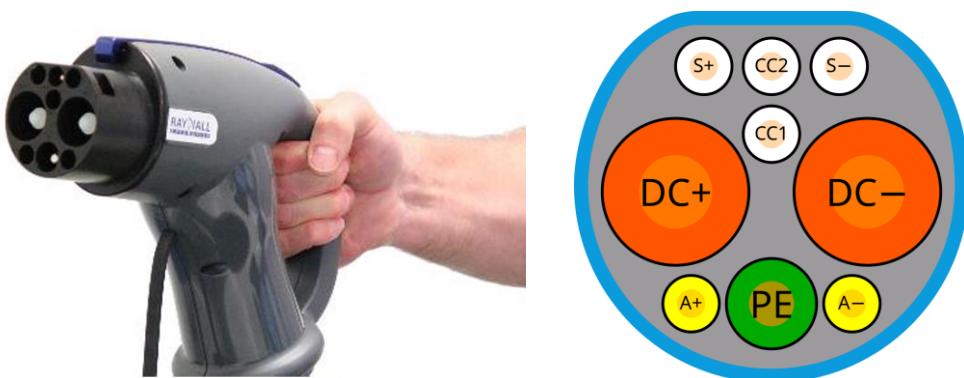
VEHICLE INLET



2.20 Circuit Diagram: Vehicle Side [13]

၂.၅.၄ GB/T DC charging plug

GB/T 20234.3 ប្រើប្រាស់សម្រាប់ដឹកជញ្ជូនចាមពលចរន្តដាប់ 250 kW ជាមួយ^{ចរន្ត} 80/125/200/250 A និងតង្គស្សែង 750-1000 V ។



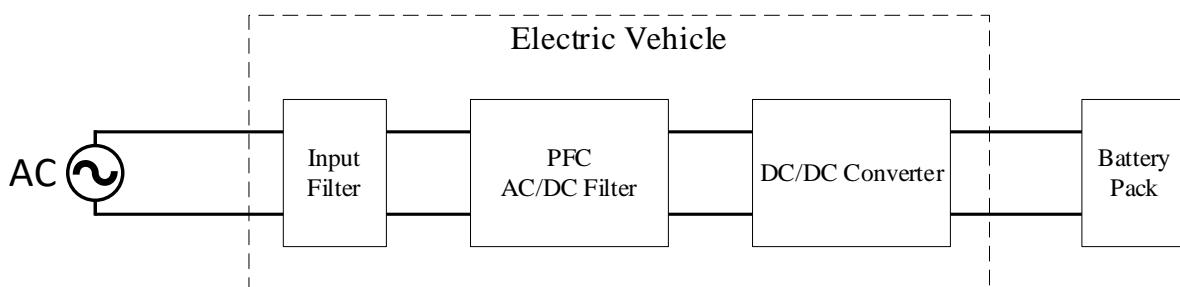
រូប 2. 21 GB/T DC plug និង pinout ដែលប្រើប្រាស់នៅក្នុងប្រទេសចិន [13] [14]

၁၂.၄ Electric Vehicle System

On-Board Charger ។ ដំណើរការនេះ On-Board Charger តើមាន ២ ជំណាក់កាល សម្រាប់ជំណាក់កាលទី ១ តើ ការបំប្លែងចាមពលអគ្គិសនីចរន្តផ្តល់ទៅជាថរន្តជាប់ (AC-DC Converter) ដែលជំណាក់នេះគេហោថា PFC (Power Factor Correction) ។ នៅក្នុងជំណាក់កាលនេះគ្រូបានគេបង់ថែក topologies ជារឿងនេះទៀត ដែល យើងនឹងនិយាយពីគុណសម្រាតិ topologies នីមួយៗ នៅក្នុងចំណុច ២.៤.១ ។ វិនិមាតកាលទី ២ តើជាការ បំប្លែងចាមពលចរន្តជាប់ពីកម្រិតពង្រីកម្រិតពង្រីកម្រិតពង្រីក (DC-DC Converter) ។



§§ 2. 22 On-board Charger [15]



រូ 2. 23 ជុំក្រាមនៃ single-phase on-board charger បែស់រ៉ូយនអគិសនី

၂.၇.၁ PFC (Power Factor Correction)

PFC stage ជាដំណាក់កាលដំបូងនៃការបំប្លែងពីចរន្តផ្សាស់ទៅចរន្តជាប់ (AC/DC stage) ។ វាបំប្លែងពីស្ថាឃ AC ពីប្រភពខាងក្រោមទៅ DC link ប្រហែល $800 \text{ V}_{\text{DC}}$ ។ ក្នុងចំណុចនេះ វិធីសាស្ត្រដែលគេប្រើប្រាស់មានដូចជា Totem pole, Interleaved, Neutral Point Clamped ប្រើប៉ែនពេលអត្ថិតានី 1-Phase និងចំណាក់ជាមពលអត្ថិតានី 3-Phase វិញ្ញីមានវិធីសាស្ត្រដូចជា Two-level PFC, Vienna PFC, Neutral Point Clamped (NPC) 3 level PFC, T-type NPC PFC ដើម្បីធ្វើការបំប្លែងចាមពលអត្ថិតានី [16] ។ ដោយយោងទៅតាមនីកសារ Texas Instruments តែបានសង្ឃឹមនូវគុណសម្រាតិនិងគុណវិបត្តិនៃវិធីសាស្ត្រ PFC ដែលបានរៀបរាប់ខាងលើនេះ នៅក្នុង តារាង 2.11 ។

តារាង 2. 11 គុណភាពមូលដ្ឋាន និងគុណវិបត្តិនៃ PFC Topologies នូយោង [16]

	2-Level	3-Level NPC	3-Level Vienna	3-Level TNPC	3-Level ANPC
THD of Output Current	High	Very low	Very low	Very low	Very low
Peak voltage stress on active and passive devices	High	Low	Low	Low/High Blocking	Lowest
Power density	Low	Higher	High	High	Higher
Bidirectional	Yes	Yes	No	Yes	Yes
Conduction loss	Low	High	High	Mid	High
Switching loss	High	Low	Mid	Mid	Low
Efficiency	Low	Very High	High	High	Highest
Cost	Low	High	Mid	Mid	High
Control	Easy	Mid	Mid	Mid	Mid
Input inductor size	Large	Low	Low	Low	Low
Thermal management	Easy	Difficult due to unsymmetrical loss distribution	Mild	Easy	Easy

២.៧.២ DC/DC Stage

DC/DC Stage គឺជាគំណត់ការទី ២ នៃការបំប្លែងថាមពលរបស់រថយន្តអតិសនី។ វារួមការបំប្លែងថាមពលចរន្តជាប់ 800 V_{DC} (3-Phase) ទៅថាមពលចរន្តជាប់ដែលមានតង់ស្ទើសារកម្រិតទាបធាននេះដើម្បីសាកទោកនៃភាគុយនៃរថយន្តអតិសនី។ DC/DC Converter ត្រូវតែមានសមត្ថភាពផ្តល់នូវថាមពលដែលមានទំហំធំ, ឧបាហរណ៍ តង់ស្ទើសារ 50 V_{DC} – 500 V_{DC} ដែលអាចធ្វើការសាកកង់អតិសនីបានប៉ុណ្ណោះ 48 V_{DC} រហូតដល់ 400 V_{DC} សម្រាប់ Plug-In Hybrid (PHEV) ដែលមានសមត្ថភាពសាកថាមពលទោកនៃភាគុយដែលមានចរន្តនិងតង់ស្ទើសារ ដែលវាគារប្រើប្រាស់យកទៅលើ State Of Charge (SOC) នៃភាគុយដែរ [4] ។

ជាយោងទៅតាម Texas Instruments គេមានវិធីសាស្ត្រនៃ high-power DC/DC converter ដូចជា: LLC resonant converter, Phase-shifted Full Bridge (PSFB), Single-phase Dual-Active Bridge (DAB) និង Dual-Active Bridge ក្នុង CLLC mode (DAB – CLLC) ។ High-power DC/DC converter នេះ គេកែតាមបរិយាយអំពីគុណសម្រាតិ និងគុណវិបត្តិដែរ [4] ។

តារាង 2. 12 គុណសម្រាតី និងគុណវិបត្តិនៃ DC/DC topologies [16]

	LLC Converter	Phase-shifted Full Bridge (PSFB)	Dual Active Bridge (DAB)	DAB-CLLC Mode
Peak device stress on pri. and sec. side	High	Mild low	Lowest	High
Transformer KVA rating	High	Medium	Low	High
Power output to transformer KVA rating	Low	Medium	High	Medium
Input/output capacitor RMS currents	High	Medium	Low	High
Operation	Unidirect	Unidirect	Bidirect	Bidirect
Conduction loss	High	Medium	Lowest	Medium
Turn ON switching loss	ZVS	ZVS	ZVS	ZVS
Turn OFF switching loss	Low (ZCS)	High	High (device turn off at peak leakage inductor current value)	Low (pri. side turn off decided by magnetizing inductor current, sec. side turn off is zero due to ZCS)
Total losses	Low	Higher	Medium	Low
Control complexity	Moderate	Very simple	Simple to complex	Moderate
Wide battery voltage, fixed bus voltage	No needs add DC/DC stage	Yes (with reduced efficiency)	Yes (with reduced efficiency)	Limited range
Paralleling Modules	Intensive	Easy	Easy	Intensive
Switching Frequency	Fixed/High (Si/SiC)	High	High	Very High

ជំពូក ៣

ភាពខ្លួនខ្សោយស្រប

និង

ជំនួយនានាយករាជ

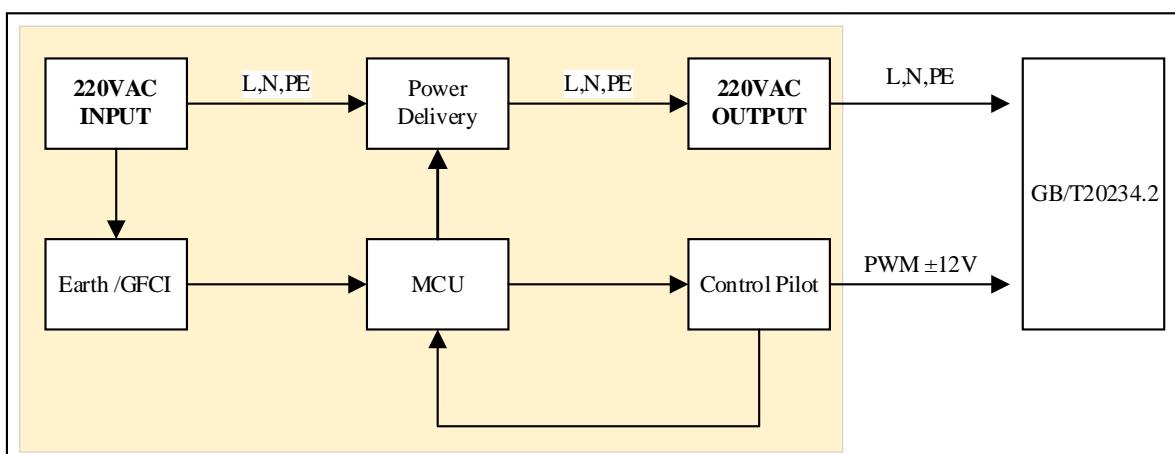
លំណែន ៣. នានាចិត្តរបាយក្រឹង សិទ្ធិជំនួយវត្ថុយោបាយ

៣.១ សេចក្តីផ្តើម

នៅក្នុងជំពូកការខិត្យហ្មាល់ និងជំឡើងគម្រោងនេះ, ធ្វើការគណនា និងខិត្យហ្មាល់សៀវភៅនៃប្រព័ន្ធឌំងមូលសម្រាប់គ្រប់គ្រងលើជំណើរការទាំងមូល ដោយក្នុងនោះគឺជាផ្លូវខិត្យហ្មាល់នូវសៀវភៅដែលដាក់ថា Power Delivery Control Pilot, Earth Detection, Leakage Current ។

៣.២ រូបរាង EVSS Level 1

សម្រាប់ការដំឡើងសៀវភៅប្រើប្រាស់ក្នុងប្រព័ន្ធ EVSS មានពីរផ្លូវកសាទាន់ទាំងពីរដែលត្រូវបានគ្រប់គ្រងដោយក្រុមហ៊ុនក្នុងប្រព័ន្ធនេះ ដើម្បីធ្វើការដំឡើងអគ្គិសនីទៅកាន់ចែករំដែនអគ្គិសនី (AC Grid) ទៅកាន់ចែករំដែនអគ្គិសនី។ ចំពោះសៀវភៅ Control Pilot ប្រើប្រាស់សម្រាប់ ឱ្យប្រព័ន្ធ EVSS នឹងចែករំដែនអគ្គិសនីអាចធ្វើការទាំងអស់នៃគ្មាន។



រប 3. 1 បច្ចេកទេសប្រព័ន្ធ Electric Vehicle Supply System Level 1

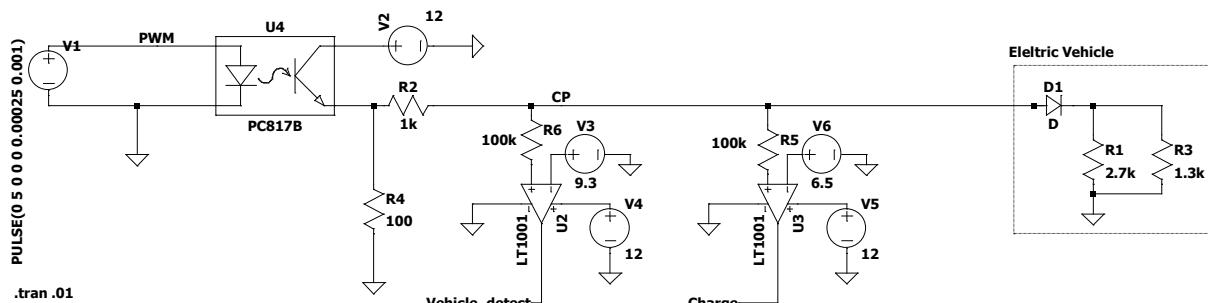
၃.၂.၁ ကာင့် Simulation ပေးယူပြီးလာဖဲ့ကဗ္ဗာ LTspice

បើយោងទៅតាមការសិក្សាភ្លាហ័រក្នុងមកវិធីសាស្ត្រដែលអាជធ្វើសៀវភៅ control pilot បានគឺមាន ២ វិធីសាស្ត្រដែលនៅក្នុងនេះបានគាំងជា Method A & Method B ។

8. Control Pilot Method A

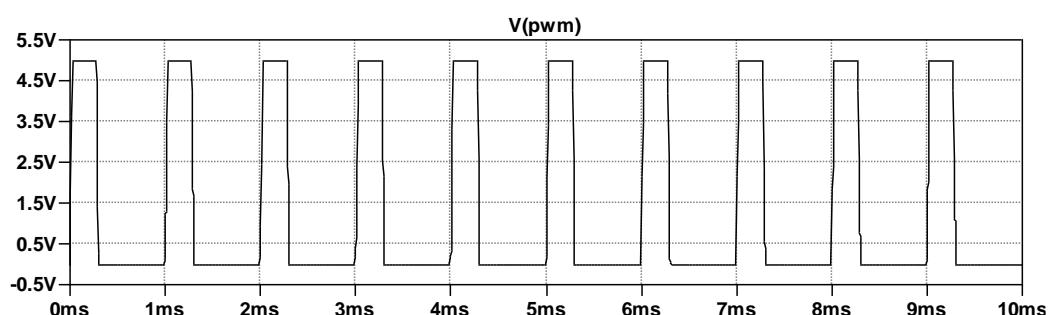
នៅក្នុងវិធីសាងស្តែនេះគឺបើប្រាស់ Optocoupler ដើម្បីធ្វើការ switch សូត្រូល់ដែលទទួលបានពី microcontroller PWM 5 V ឱ្យត្រូយជាសូត្រូល់ PWM 12 V រួចបើប្រាស់ Comparator OP-AMP (Operational Amplifier) ដើម្បីធ្វើការចាប់យកនូវកម្រិតកន្លែងស្ថឹកដែលបានកំណត់ដោយយកតុកស្ថឹក reference និងសូត្រូល់ PWM 12 V មកធ្វើការប្រើបង់ប្រសិនបើ connector ដោតចូលរចយនុអតិថិជន ពេលនោះ R_2 នឹងត្រូយជា voltage divider នោះតុកស្ថឹកនឹងផ្តល់តុក 12 V ទៅ 9 V, ពី 9 V ទៅ 6 V ទៅតាមស្ថឹកដែលគេបានកំណត់។ ដូចនេះនៅពេលដែល PWM មានតម្លៃទាបជាងតុកស្ថឹក reference ដែលនៅឱ្យ

output របស់ comparator op-amp ស្ថើសុំនូវ ១ ដោយយោងទៅតាមលក្ខខណ្ឌដែលចេញពី op-amp នេះ ហើយដែលផ្តើមឱ្យ microcontroller ដឹងថាពេលណាយើងបានដោត Connector & Charge request ។



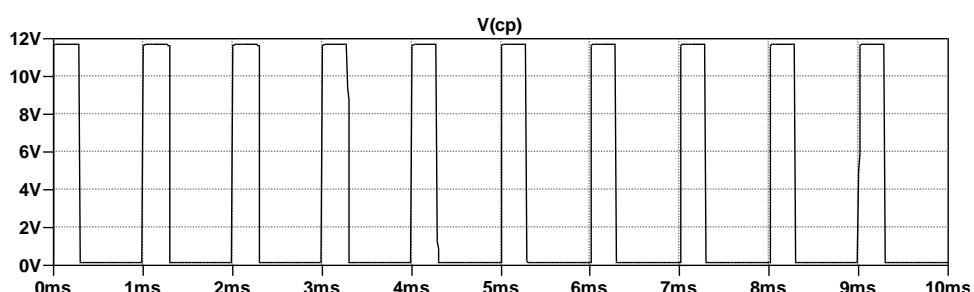
រូប 3. 2 Control Pilot Method A

រូប 3. 3 ជាអគ្គភាព 5V ដែលចេញមកពី Microcontroller ។



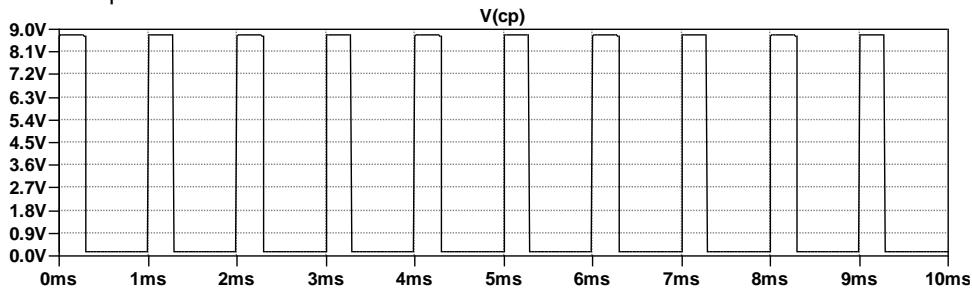
រូប 3. 3 PWM Input

រូប 3. 4 ជាអគ្គភាព PWM ដែលចេញមកពី optocoupler 12V ។ ប្រសិនយក PWM 5 V ទៅធ្វើការ ចំណាក់ចំនងជាមួយរចយនអតិសនិត្តាលំ ធ្វើឱ្យរចយនត្រូវបានចាប់ឡើងនៅពេលត្រូវបានរំភៀន ព្រមទាំងត្រូវបានរំភៀន ។



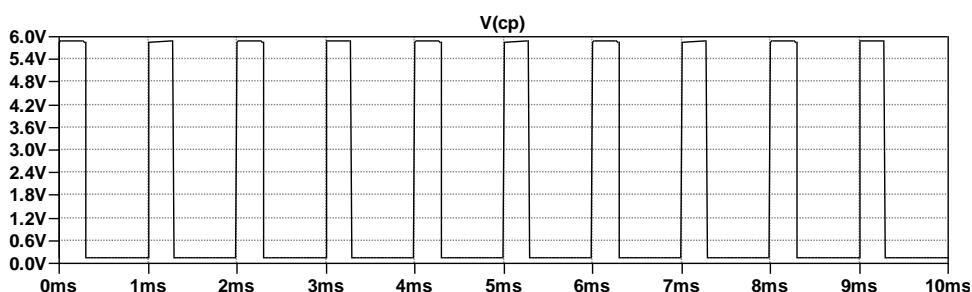
រូប 3. 4 PWM Output

រូប 3. 5 ជាកម្មសំណង់ស្បែង PWM បន្ទាប់ពីដោក connector (state B Vehicle detected) ចូលរចយនអតិសនីតង់ស្បែងនឹងឆ្លាក់ពី 12 V ទៅ 9 V ។



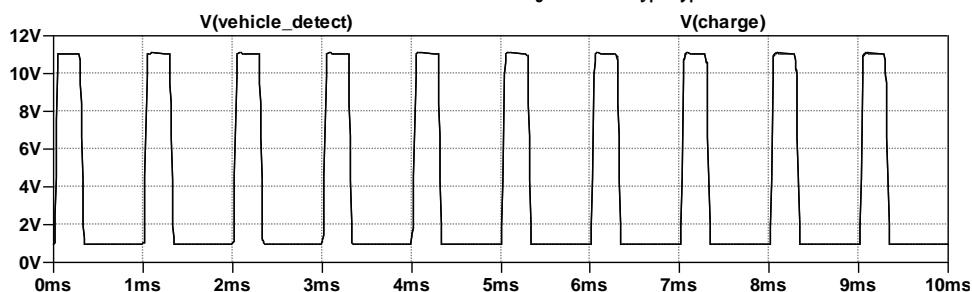
រូប 3. 5 Control Pilot State B (Vehicle Detection)

រូប 3. 6 បង្ហាញពីកម្រិតតង់ស្បែង PWM បន្ទាប់ពី Connector ត្រូវបានដោកចូលទៅការរចយនពេលនៅ: controller របស់រចយនធ្វើការត្រួតពិនិត្យថារចយនពិតជាក្រោរការសាកមេនប្រអត់ តង់ស្បែងនឹងឆ្លាក់ពី 9 V ទៅ 6 V ។



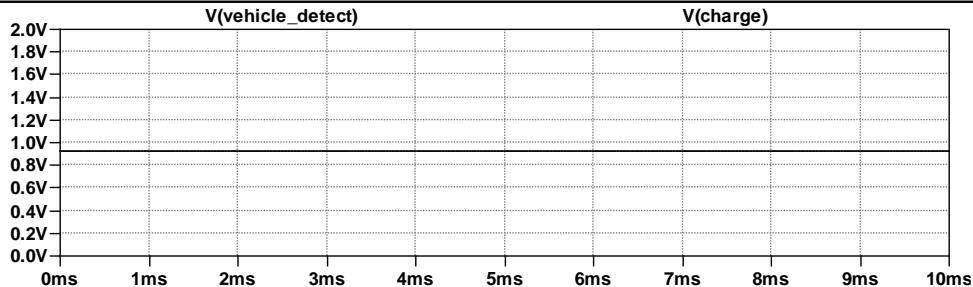
រូប 3. 6 Control Pilot State C (Charging)

រូប 3. 7 បង្ហាញពី output signal របស់ comparator op-amp នៅពេលដែល signal PWM ខ្ពស់ជានុវត្តន៍ reference បាននៅយ៉ាង connector មិនទាន់ដោកចូលរចយនអតិសនី ។



រូប 3. 7 Operational Amplifier Output (Not Detecting any state)

រូប 3. 8 គឺជា Output signal comparator op-amp នៅពេលដែល Connector បានដោកចូលរចយនអតិសនី Output = LOW បាននៅយ៉ាងប្រសិនបើ Controller របស់ប្រព័ន្ធ EVSS read បាន LOW (ព្រម:យើងប្រើប្រាស់ non-inverting comparator) បាននៅយ៉ាង connector ត្រូវបានឆ្លាក់ទៅការរចយនអតិសនី ប្រសិនបើយើងចង់ឱ្យ Microcontroller read បាន High នៅពេលដែល Connector ដោកចូលរចយនយើងត្រូវ Configuration op-amp ជា Inverting comparator ។

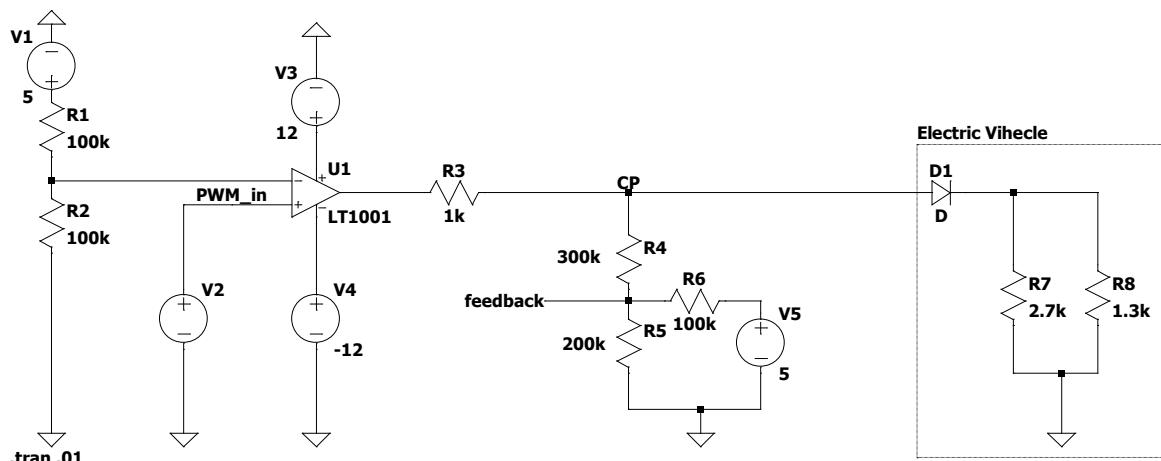


រូប 3. 8 Operational Amplifier Output (Detecting Vehicle and charge)

៣. Control Pilot Method B

នៅក្នុងវិធីសារស្ថិត៖ គឺប្រើប្រាស់ comparator operational amplifier ដើម្បី switch signal PWM ± 12 V តែម្នាចដោយមិនត្រូវការ optocoupler នៅទេ ដោយតាងស្បែង reference កំណត់យកពាកតកណ្តាលនៃ signal PWM input (2.5 V ក្នុងលក្ខខណ្ឌនេះ)

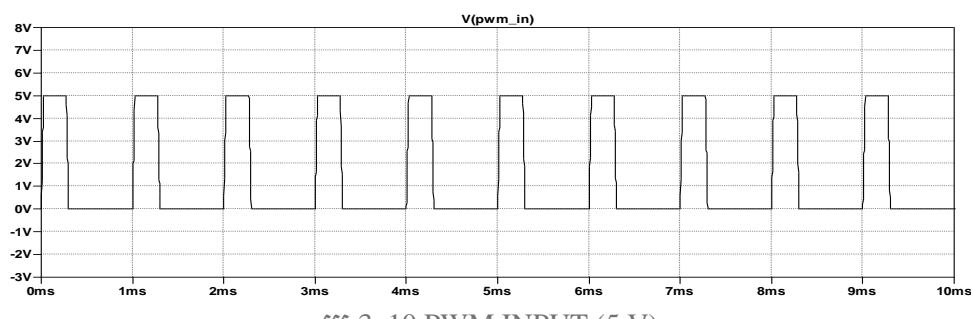
- ប្រសិនបើ PWM input មានតម្លៃតាងស្បែងខ្ពស់ជាង 2.5 V output = +12 V
- ប្រសិនបើ PWM input មានតម្លៃតាងស្បែងទាបជាង 2.5 V output = -12 V



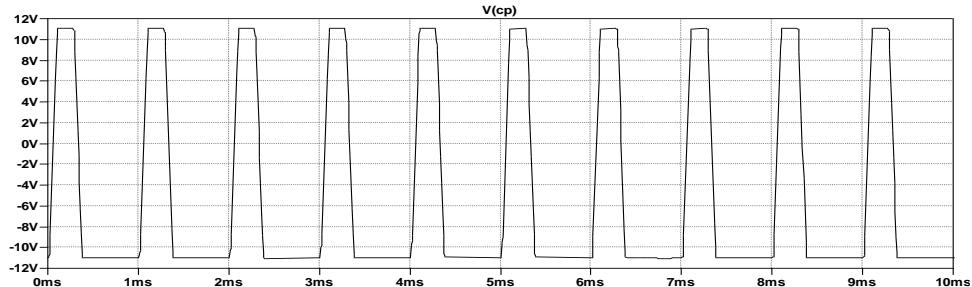
PULSE(0 5 0 0 0 0.00025 0.001)

រូប 3. 9 Control Pilot Method B [16]

រូប 3. 10 ជាផ្លូវការនៃ signal PWM input ដែលទទួលបានពី microcontroller ។

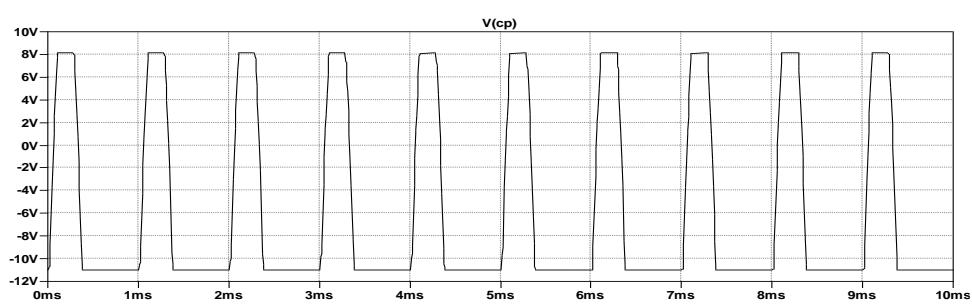


រូប 3. 10 PWM INPUT (5 V)

រូប 3. 11 ជាសិរី signal output ដែលបង្ហាញមកពី comparator op-amp $\pm 12\text{ V}$ ប្រពុល control pilot ។

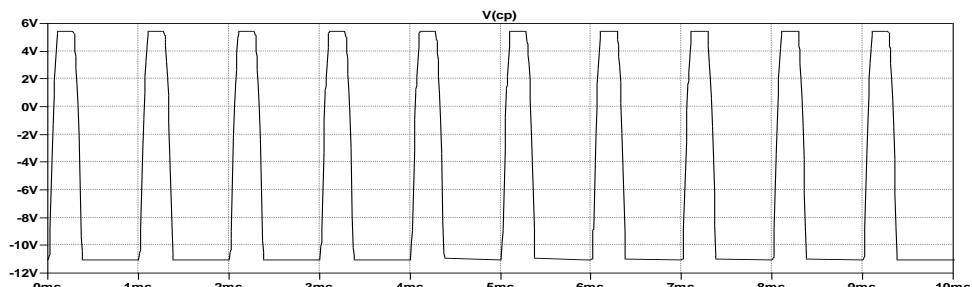
រូប 3. 11 PWM Output (12 V)

រូប 3. 12 ជាសិរី Signal control pilot នៅពេលដែល connector ត្រូវបានត្រួតពេញថា កាន់ចំយន្តអគ្គិសនី តាងស្បែងឆ្លាក់ពី 12 V ទៅ 9 V ។



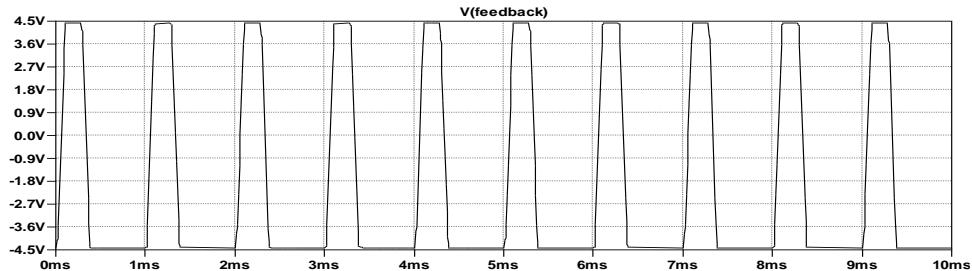
រូប 3. 12 Control Pilot State B (Vehicle Detected)

រូប 3. 13 ជាសិរី Signal control pilot នៅពេលដែល ចំយន្តអគ្គិសនីបានធ្វើការ request charge នៅពេល នោះតាងស្បែងឆ្លាក់ពី 9 V ទៅ 6 V ។

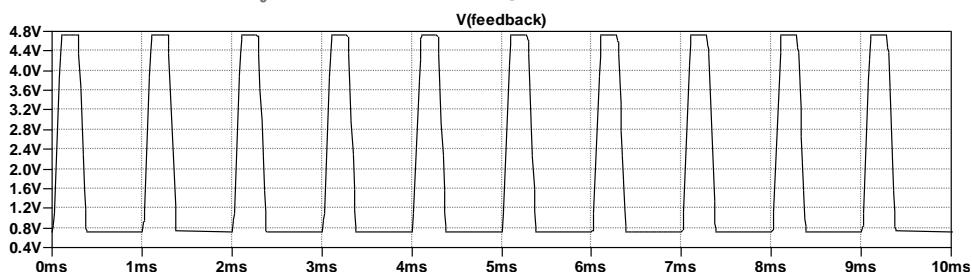


រូប 3. 13 Control Pilot State C (Charging)

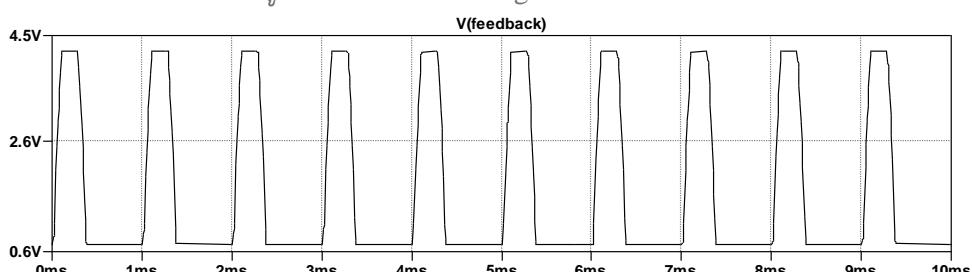
សម្រាប់ Feedback យើងបានប្រើប្រាស់ Voltage divider ($R_4 \& R_5$) ដើម្បីទម្រាក់តាងស្បែងពី 24 V ($\pm 12\text{ V}$) ។ ចំណោះ: Feedback ដែលមានតាងស្បែង $\pm 4.5\text{ V}$ បែបនេះ: Microcontroller មិនអាចអាងតម្លៃបានទេ ដូចឡើង: ត្រូវប្រើប្រាស់ V5(5 V) & R6 ដើម្បីធ្វើការ Shift voltage ទៅកាន់ Range 0-5 V ដើម្បីខ្សោយ Microcontroller អាចអាងតម្លៃបានទេ ដូចឡើង:យើងអាចអាងតម្លៃ Feedback ជាឌាមីតិ៍ និង Analog read តែម្លៃ ដើម្បីយើង បានប្រើប្រាស់ប្រព័ន្ធដែលត្រូវបានបង្ហាញ។



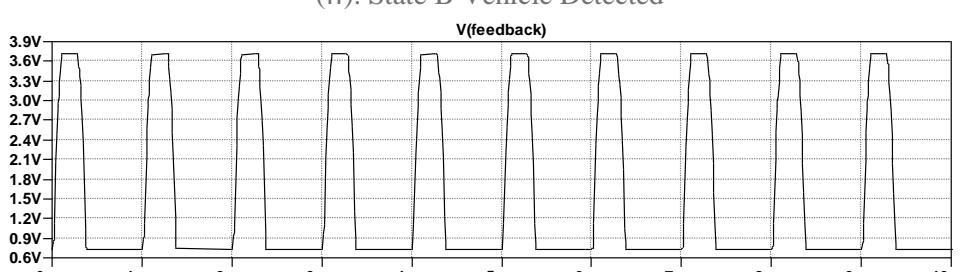
រូ 3. 14 Feedback Signal (No V5&R6)



រូ 3. 15 Feedback Signal use V5&R6



(៦). State B Vehicle Detected

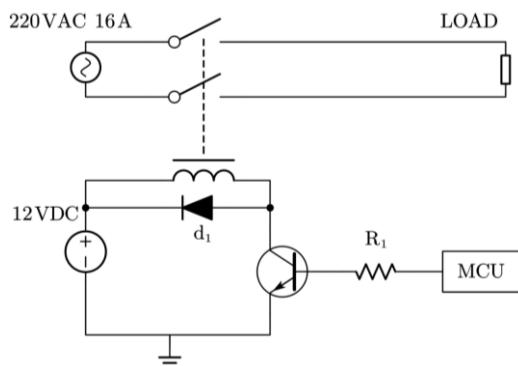


(៧). State C CHARG

រូ 3. 16 Feedback signal

៣.២.២ ការគ្រប់ក្រឡាងស្រើត្រួត Relay Driver

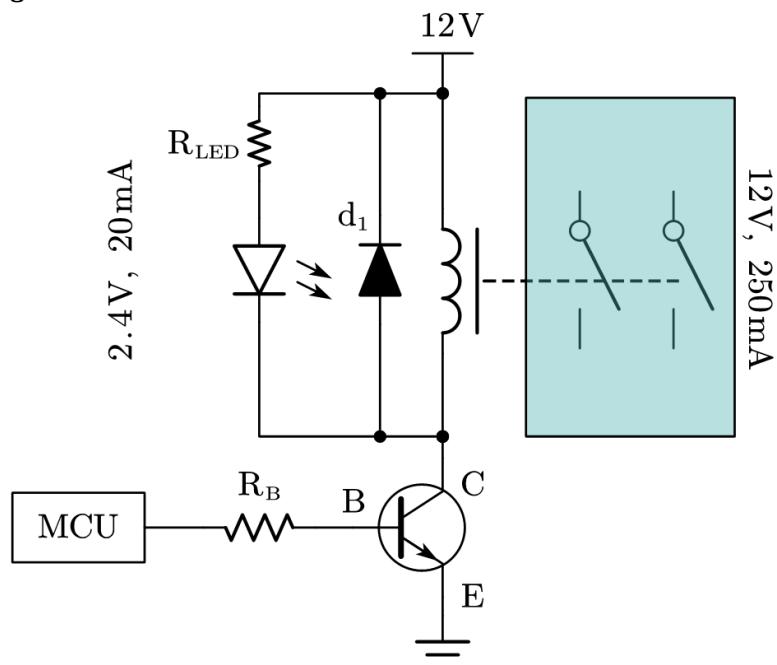
ក្នុងការគ្រប់ក្រឡាងស្រើត្រួត Relay Driver ដែលបានបង្ហាញឡើង រូប 3. 17 ដើម្បីដឹងដំឡូនថាមពល ពីផ្ទើងផ្តើ (AC Grid) ទៅកាន់រចយនុអត្ថិសនី ចំពោះគ្រឿងបង្កើដែលមិនភាពខ្លះបាននោះតើ Relay និងខ្សោយ Cable ឱ្យត្រូវទៅតាមកម្រិតថាមពលដែលយើងបានប្រើប្រាស់ ។



រូប 3. 17 Power Relay Drive Circuit

៣ ឥណទានឥឡូវបញ្ជីថាមពល Power Delivery

សម្រាប់ការគ្រប់ក្រឡាងស្រើត្រួត Power Delivery យើងត្រូវដឹងពីចាប់ពីមែនត្រូវយកចំនួនជាមុនសិន ដើម្បីអាច ធ្វើសារត្រួតពីផ្ទើងបង្កើដៃរួចរាល់បាន ។



រូប 3. 18 ស្រើត្រួតសម្រួលនៃ Power relay drive

តារាង 3. 1 តារាងកម្រិតបច្ចុប្បន្ននៃសកម្មជាតិ

ល.រ	ប្រព័ន្ធគម្រិត	អក្សរតាង	តម្លៃ	ខ្លត
0១	តង់ស្ថិកដំណើរការ	V	220	V
0២	ចរន្តដំណើរការ	I	16	A
0៣	ចាមពលគ្រឿងដំណើរការ	P	3.5	kW
0៤	ប្រភកដំណើរការ	f	50	Hz
0៥	ចរន្តផ្តើមកាត់ត្រង់សីស្សា	I _{CE}	270	mA
0៦	តង់ស្ថិកចរន្តជាប់	V _{DC}	12	V

២. គាររៀនិសនីយនិត្យ Power Relay

ការរៀនិសនីយនិត្យ Power Relay ដែលជាកុងតាក់អេឡិចត្រូនិក

- ករណីទី១ Relay Close: មានចរន្តផ្តើមកាត់ relay តី I_{in}(max) ដើម្បីដឹងពីចាមពលពី ប្រព័ន្ធផ្សែន EVSS ទៅកាន់រចយនុអតិសនីដូច្នេះក្នុងលក្ខខណ្ឌសុវត្ថិភាពលូបំផុត តីរៀនិសនីយនិត្យ I_{relay} > I_{in}(max)
- ករណីទី២ Relay Open: នៅពេលនេះ relay ត្រូវមានសមត្ថភាពត្រូវប៉ោន្តោះដើម្បីការងារ ចរន្តដែលប្រភក ដូលំមក ដូច្នេះក្នុងលក្ខខណ្ឌសុវត្ថិភាពលូបំផុត តីរៀនិសនីយនិត្យ I_{relay} > I_{in}(max)

តាមករណីទាំងពីរខាងលើនេះ យើងអាចរៀនិសនីយនិត្យ Relay ដែលយកមកប្រើប្រាស់ត្រូវតែរាយនូវចរន្ត ដែលផ្តល់នូវការងារនៅពីរតម្លៃ V_{IN} = 220 VAC, I = 16 A ។ ជាមួយគ្មាន៖ដែរ យើងត្រូវរៀនិសនីយនិត្យ Relay ដែល ការងារ Close បានយុរឈររហ័ស ការសាករចយនុអតិសនីត្រូវការរយៈពេលយុរឈរទៅល្អ ។ ហេតុនេះទៅយើងបានយកមកប្រើប្រាស់សាករចយនុអតិសនី នៅក្នុង។



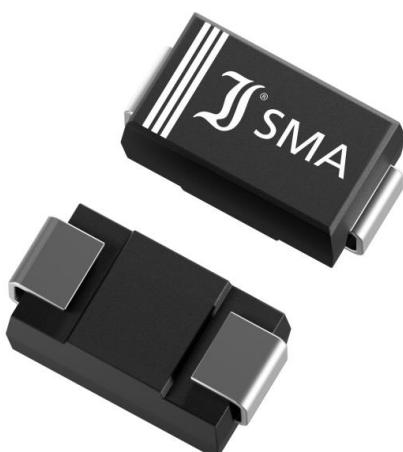
រូ 3. 19 IM-NE801A-12-2A-P

តារាង 3. 2 តារាងព័ត៌មានអំពីការងារ IM-NE801A-12-2A-P

PARAMETER	VALUES	UNIT
Contact Arrangement	2A	
Contact Material	AgSnO2	
Environment Temperature	-40~85	°C
Continuous Current	40	A
Max. Switching Voltage	277	VAC
Power Consumption	1.8/3.0	W
Rated Voltage	12 – 24	VDC
Pick-up Time	30	ms
Release Time	10	ms
Weight	~70	g

៣. ការរៀននឹង diode

ការរៀននឹង Diode សម្រាប់ត្រូវបែងចាយ Power Relay ដើម្បីការពារ Spike នៅពេលដែល Relay close ចំណោះ Coil របស់ Relay ដែលយើងយកមកប្រើប្រាស់តី $I_{coil} \cong 250 \text{ mA}$ ដូចខាងក្រោម $I_F > I_{coil}$



រូប 3. 20 M7 Diode

តារាង 3. 3 តារាងព័ត៌ម្នបាបាក់ម៉ែត្រនៃ M7 Diode

PARAMETER	Symbol	VALUES	UNIT
Maximum current Peak Reverse Voltage	V _{RRM}	1000	V
Maximum RMS Voltage	V _{RMS}	7000	V
Maximum DC Blocking Voltage	V _{DC}	1000	V
Max Average Forward Current	I _{F(AV)}	1.0	A
Maximum Forward Voltage at 1.0A	V _F	1.1	V
Max DC Reverse Current	I _R	5 to 50	μA
Operating Junction & Storage Temp	T _J , T _{STG}	-55 to 150	°C

៣. តារាងតម្លៃស្តីស្តីលម្អិត R_B

អនុវត្តតាមរបមន្ទី

$$\beta_{DC} = \frac{I_C}{I_B} \quad (6)$$

ដោយយើងប្រើសវិសយកត្រដៃសីស្តី S8050 J3Y => $\beta_{DC} = 10$ និងចរន្តដែលយើងចង់ឱ្យផ្តល់ការត្រួតពិនិត្យ BC តី 270 mA (Relay=12 V, 250 mA, LED=2.4 V, 20 mA)

$$I_B = \frac{I_{LED} + I_{relay}}{\beta_{DC}} = \frac{0.02 + 0.25}{10} = 0.027 A$$

$$R_B = \frac{V_{in} - V_{BE}}{I_B} = \frac{5 - 0.7}{0.027} = 159 \Omega$$

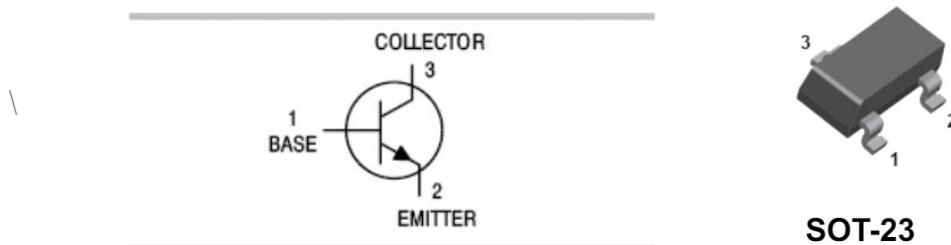
$$R_{LED} = \frac{V_{cc} - V_{LED} - V_{CE}}{I_{LED}} = \frac{12 - 2.4 - 0}{0.02} = 480 \Omega$$

៤. ការរួមចូលស្នើសុំ

ក្នុងការប្រើសវិសត្រដៃសីស្តី ដែលជាក្នុងការអេឡិចត្រូនិកសម្រាប់ធ្វើការបិទបើក relay

- ចរន្តតែងតម្លៃត្រដៃសីស្តីតី 270 mA ជាចរន្តដែល relay (250 mA) & LED (20 mA)

បើយោងទៅតាមព័ត៌ម្នចរន្តខាងលើយើងអាចប្រើសវិសត្រដៃសីស្តី យកមកប្រើប្រាស់ដែលចរន្តនៅពីនេះ Collector & Emitter ត្រូវពេញអាចរងចរន្ត (I_{CE} > I_{LOAD}) ដែលយើងយកមកប្រើប្រាស់។



រូ 3. 21 Transistor S8050 J3Y

តារាង 3. 4 តារាងកម្លែងប៉ាងម៉ែត្រនៃ S8050 J3Y [17]

PARAMETER	SYMBOL	VALUES	UNIT
Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	25	Vdc
Collector-Base Voltage	V_{CBO}	40	Vdc
Emitter-Base Voltage	V_{EBO}	5	Vdc
Collector Current – Continuous	I_C	500	mAdc
Total Device Dissipation @ $TA = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	300	mW

ច. ការគណនោះខ្សោយចម្លោ

ដើម្បីធ្វើការគណនានូវមុខភាពខ្សោយចម្លោ តើយើងត្រូវប្រើប្រាស់រូបមន្ទុយចំនួនដូចខាងក្រោម ៖

- ❖ គណនាមុខភាពខ្សោយ (Cross Sectional Area)

$$A = \frac{I}{J} \quad (7)$$

$$\text{ដែល } A = \text{មុខភាព } (\text{mm}^2)$$

$$I = \text{ចរណី } (\text{A})$$

$$J = \text{ដំសីតេចរណី } (\text{A/mm}^2)$$

ប៉ាងម៉ែត្រដែលយើងមាន $I = 16 \text{ A}$

$$J = 3.5 \text{ A/mm}^2 \text{ (Aluminum wire)}$$

នាំឱ្យ

$$A = \frac{16}{3.5}$$

$$A = 4.57 \text{ mm}^2$$

❖ គណនោអង្គត់ធ្វើពី (Diameter)

$$D = \sqrt{\frac{A \times 4}{\pi}} \quad (8)$$

ដែល $D = \text{អង្គត់ធ្វើពី} \text{ } (mm^2)$

$A = \text{មុខភាព} \text{ } (mm^2)$

ចាត់កំម៉ែត្រដែលយើងមាន $A = 4.57 mm^2$

$\pi = 3.14$

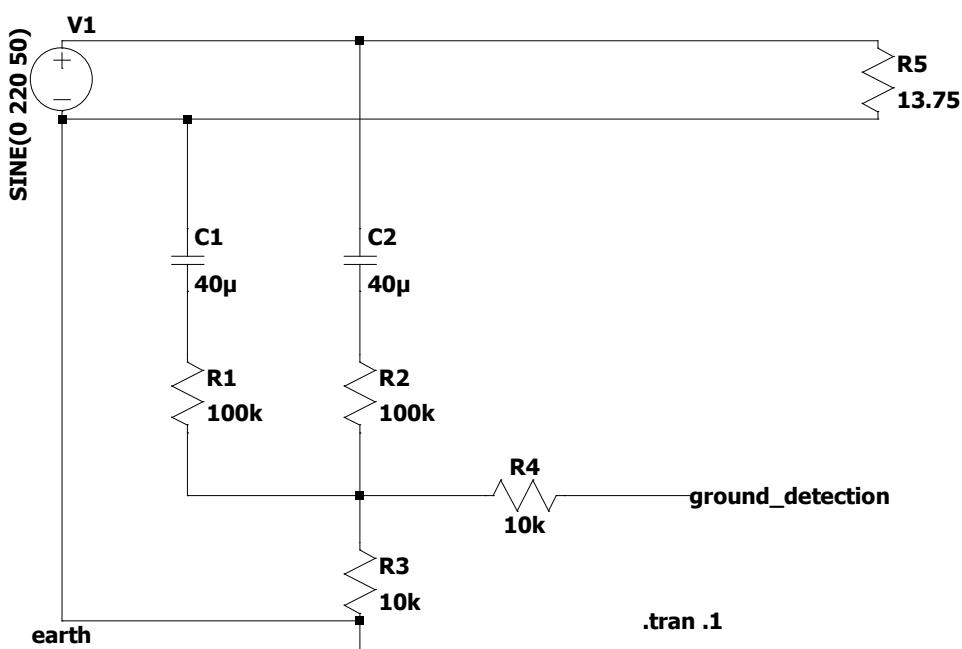
នាំឱ្យ

$$D = \sqrt{\frac{4.57 \times 4}{3.14}}$$

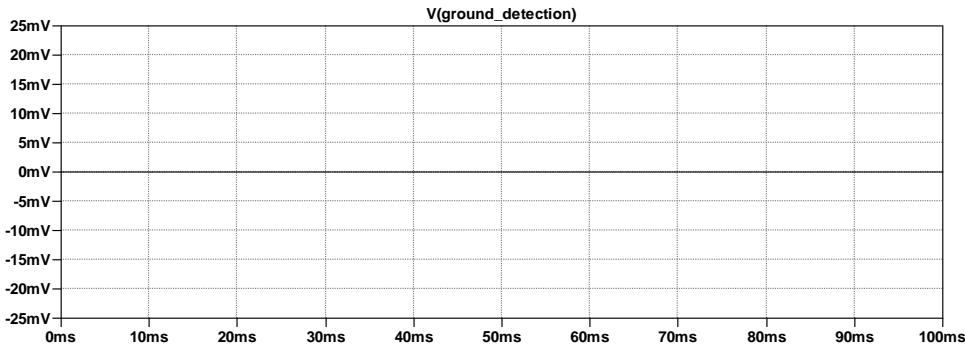
$$D = 2.41 mm$$

៣.២.៣ ការទិន្នន័យស្រួល Earth Detection

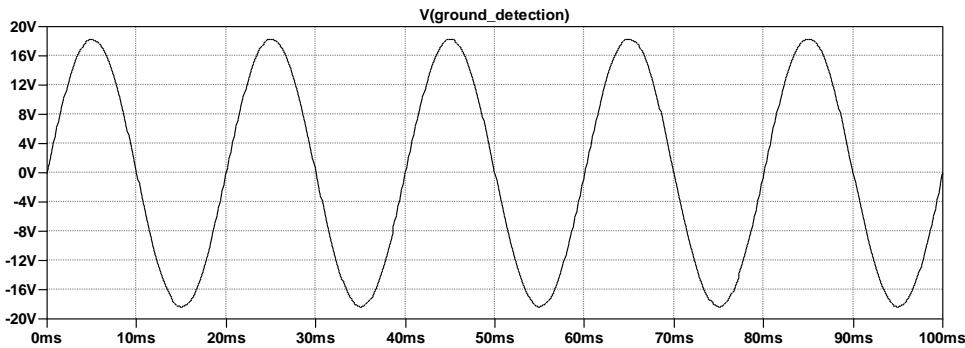
សម្រាប់ Earth Detection យើងប្រើប្រាស់ Ceramic capacitor 103 2 kv ដើម្បី Isolation ដែលឱ្យ Microcontroller អាចអានតម្លៃបាន បន្ទាប់មកយើងប្រើប្រាស់ Voltage divider ដើម្បីទទួលកំណងស្ថិត 220 V (R1,R2,R3) និង R4 សម្រាប់កំណត់ចរន្តការពារកំខ្លួនបញ្ជាផែនក្នុង Microcontroller ។



រូប 3. 22 ស្ថិត Earth Detection



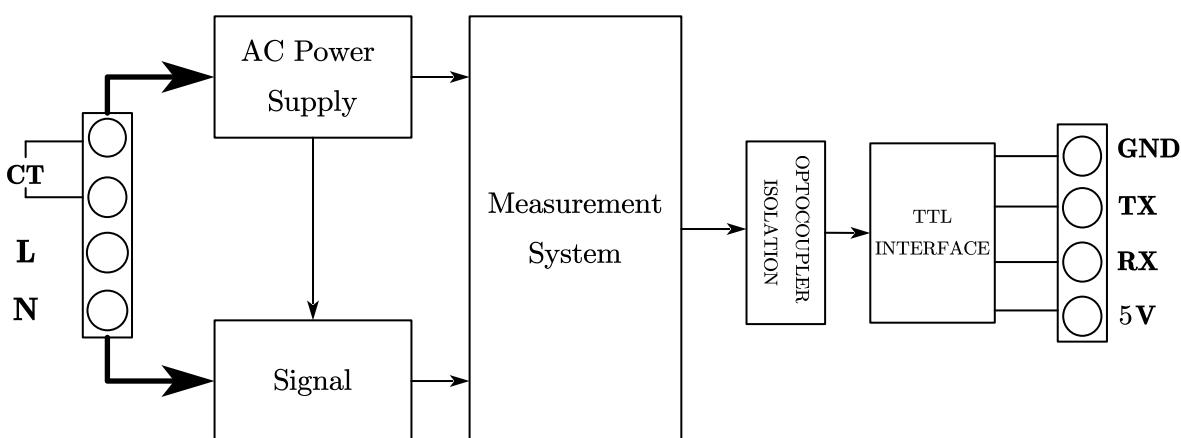
រូប 3. 23 Signal នៃពេលដែលអត្ថមាន earth



រូប 3. 24 Signal ពេលភ្លាប់ទៅ earth

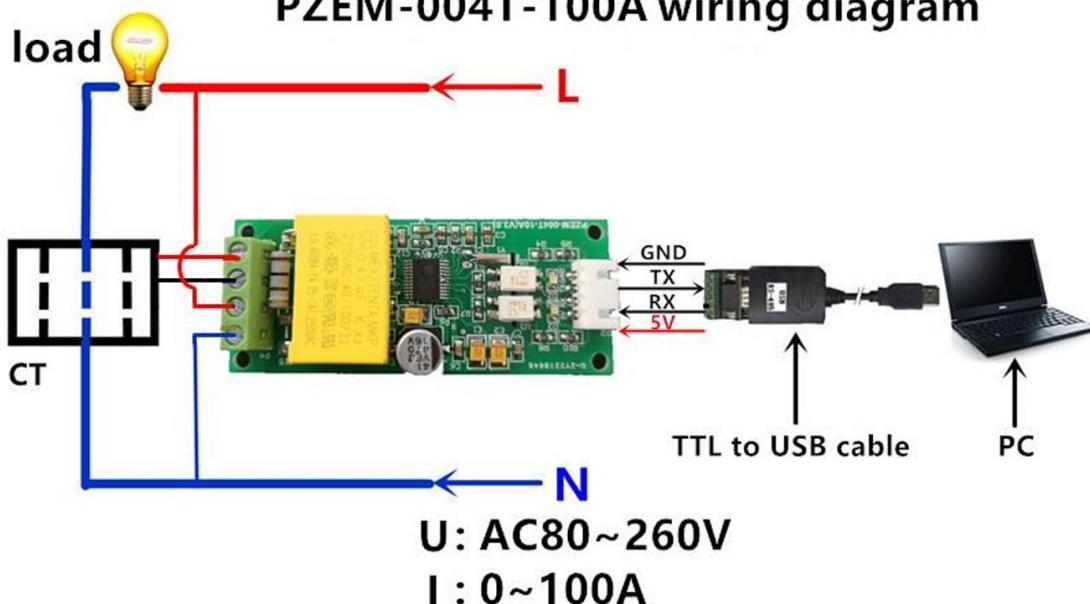
៣.២.៤ Voltage Sensor & Current Sensor

យើងប្រើប្រាស់ PZEM-004T-100A ជា Communication module ដើម្បី Module នេះប្រើប្រាស់សម្រាប់រាស់ AC voltage, current, active power, frequency, power factor and active energy សម្រាប់ការរាយទិន្នន័យ តាមរយៈ TTL (Transistor-Transistor Logic) interface [18] ។



រូប 3. 25 ផ្ទាក់របស់ PZEM-004T-100A

PZEM-004T-100A wiring diagram



រូប 3. 26 ការដំឡើង PZEM-004T-100A [18]

តារាង 3. 5 Function description of PZEM-400T-100A [18]

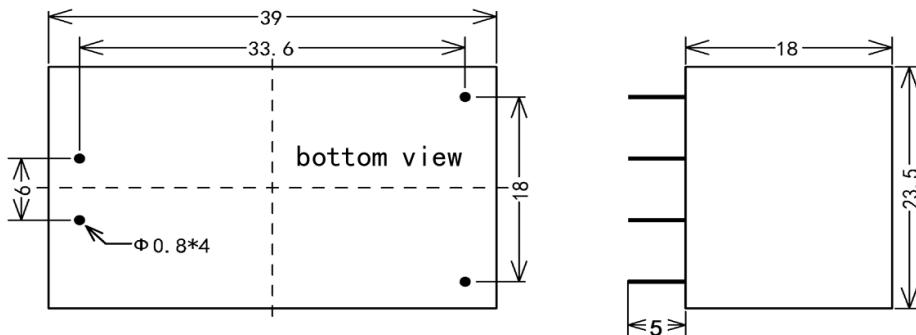
PARAMETER	VALUES	UNIT
Voltage Measuring Range	80-260	V
Resolution	0.1	V
Measurement accuracy	0.5	%
Current Measuring Range	0-100	A
Resolution	0.001	A
Measurement accuracy	0.5	%
Active Power Measuring range	0-23	kW
Starting measure power	0.4	W
resolution	0.1	W
Measurement accuracy	0.5	%
Frequency Measuring rang	45-65	Hz
Resolution	0.1	Hz
Measurement Accuracy	0.5	%
Power Factor Measuring Range	0.00-1.00	
Resolution	0.01	
Measurement accuracy	1	%

៣.២.៥ Power Supply

នៅក្នុងប្រព័ន្ធផ្សែនភាព EVSS នេះ យើងប្រើប្រាស់ Power Supply ចំនួន ២ ដើម្បីធ្វើតែងតាំងប្រភពតង់ស្បែងនៅក្នុងប្រព័ន្ធចាងមូល។

៤. Hi-Link

Hi-Link មានត្រូវនាទីជាមួកបំប្លែងពង់ស្បែងចរន្តផ្តាស់ដើម្បីធ្វើតែងតាំងឡើង Relay, Buck និង IA1212S



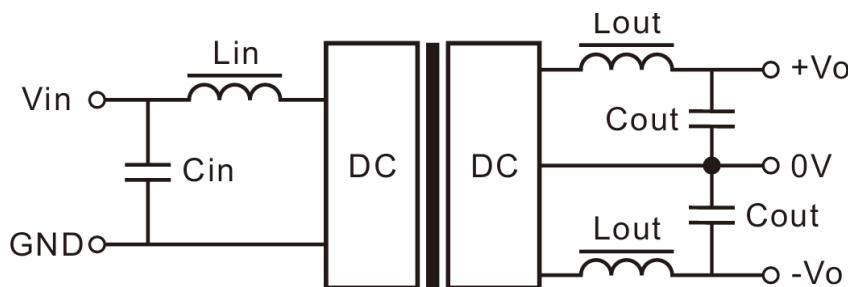
រូប 3. 27 Dimension of Hi-Link (mm)

តារាង 3. 6 Function description of Hi-Link [19]

PARAMETER	VALUES	UNIT
Input Voltage	100-240	V
Maximum Input Voltage	270	V
Maximum Input Current	≤ 0.3	A
Input Inrush current	≤ 34	A
Input Low Start	≤ 50	ms
Full-load rated output voltage	12	V
Load Regulation	± 0.5	%
Ripple/Noise	≤ 70	mV _{P-P}

៣. IA1212S-2W

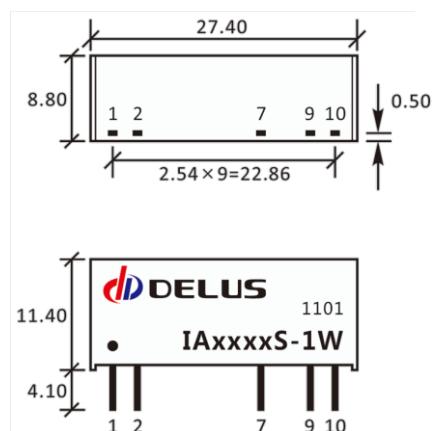
IA1212S-2W គឺជា isolated & regulated dual output dc-dc converter ដែលបង្កើតឡើងសម្រាប់ប្រើប្រាស់ក្នុងលក្ខខណ្ឌជា power supply ដែលជាចំពេញតិត្យរាយនឹងប្រភព Input និង output (Isolation)។ នៅក្នុងប្រព័ន្ធផ្លូវការ (EVSS) នេះគឺប្រើប្រាស់ដើម្បីបង្កើត Signal PWM $\pm 12V$ ដែលជា Control Pilot ដើម្បីខ្សោយប្រព័ន្ធដើម្បីការទំនាក់ទំនងជាមួយរឹងអតិសនី។



រូប 3. 29 Typical Application Circuit

តារាង 3. 7 Capacitor and Inductor Value Recommended [20]

Cin	Cout		Lin, Lout
10~100uF	$\pm 5V$	4.7uF	Not required, recommended Values 4.7-22uH
	$\pm 9V$	2.2uF	
	± 12	1uF	
	$\pm 15V$	0.47uF	



តារាង 3. 8 Pinout of IA1212S

Pin	IA1212S-2W
1	Vin
2	GND
7	+12
9	-12
10	GND

រូប 3. 30 dimension of IA1212S-2 (mm)

តារាង 3. 9 Function description IA1212s-2W [20]

PARAMETER	VALUES	UNIT
Input Voltage	12	V
Maximum Input voltage	15	V
Output power (-40~+85 °C)	2	W
Ripple	20	mV _{p-p}
Short Circuit Protection	1	s
Insulation Resistance (Test at 500Vdc)	1000	MΩ
Isolation Capacitance (In-Out,100kHz @0.1Vdc)	20	pF
Switching Frequency	100	kHz
Operating Temperature	-40~+85	°C

៣.២.៦ Ground-Fault Circuit Interrupt

Current Transformer (CT) ជាខ្សែករណីប្រើប្រាស់សម្រាប់វាសំចរន្ទនាសំដែលខ្សែករណីនេះធ្វើឱ្យមានភាពងាយស្រួលក្នុងការគ្រប់គ្រង និងមានសុវត្ថិភាពក្នុងការវាស់។

នៅពេលដែលមានចរន្ទរត្តក្នុងខ្សែរម្ចាន់ ពេលនោះនៅជីវិញខ្សែរម្ចាន់នឹងកែតមាន Magnetic force ។ ប្រសិនបើយកខ្សែរម្ចាន់ដែលយើងចង់វាសំនោះជាក់ចូលទៅក្នុងប្រឈាម៖ Core វាប្រៀបដូចជាយើងមានរបៀ Primary ដែល CT នេះប្រៀបដូចជានរបៀ Secondary មួយឡើត ដូចនេះវាបាយជាក្រោងស្តូម្មួយ។ បើយោងតាមសមីការខាងក្រោម នៅពេលដែលរបៀ Primary មានចំនួនដូចនិចជានរបៀ Secondary ធ្វើឱ្យចរន្ទនៅខាងរបៀ Secondary តូចជានរបៀ Primary ។

$$\frac{I_p}{I_s} = \frac{N_s}{N_p} \quad (9)$$

ឧទាហរណ៍៖ យើងមាន Current Transformer ដែលមានសមត្ថភាពអាចវាសំចរន្ទបាន 50A Primary និងរបៀ Secondary 25mA ដូចនេះ Ratio របស់វា $\frac{I_p}{I_s} = \frac{50}{0.025} = 2000$ ។

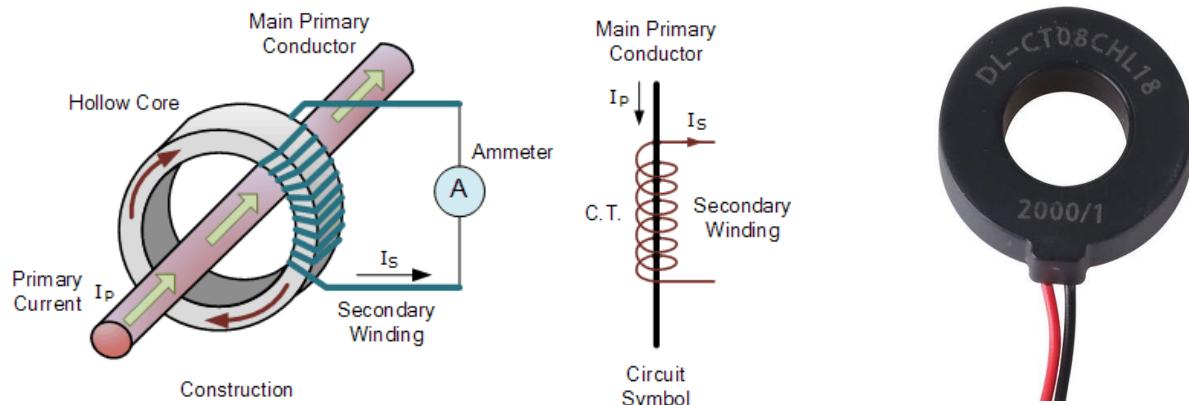
ប្រសិនបើរបៀខាង Secondary មានចរន្ទចំនួន $I_s = 0.005A$

នៅពេលដែលយើងដឹងថាគ្រោងនៅក្នុងការគ្រប់គ្រង នៅរបៀ Primary

ដោយយោងតាម (9)

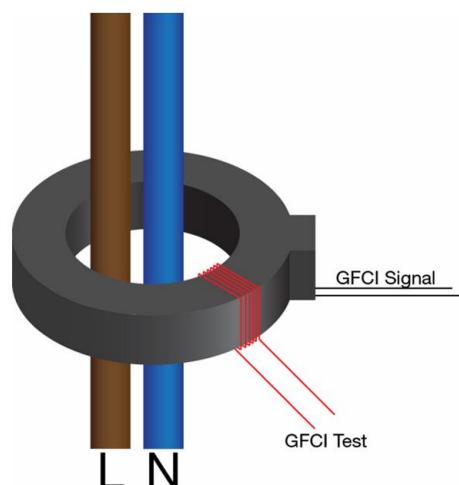
$$I_p = \frac{N_s}{N_p} I_s \Rightarrow I_p = (2000) 0.005 = 10A$$

ដូចនេះចរន្ទនៅរបៀ Primary តី $I_p = 10A$



រូប 3. 31 Current Transformer

Ground-Fault Circuit Interrupter (GFCI) គឺជាំណើរការនៃពេលដែលចារន្ទួងកាត់ខ្សោយ Line & Natural មិនមានស្ថិតិភាព ។ នៅពេលនេះ GFCI Circuit នឹងផ្តើការផ្តល់ Signal ទៅខ្សោយ Microcontroller នឹងផ្តើការផ្តាច់ Power relay ។ ដូចនេះបាននៅយចាប្រសិនបើយើងចង់ប្រើប្រាស់មុខងារ GFCI យើងត្រូវផ្តើការជាតិខ្សោយ Line & Natural ចូលទៅកាន់ប្រលេះៗ៖ Core របស់ CT ទាំង ២ ខ្សោយ បើប្រព័ន្ធដំណើរការធ្វើតាំង Signal ដែល Controller read បានគឺស្មើសុង (ត្រូវការស្រួលពីជំនួយរូប 3. 33) ។ ហេតុតែប្រព័ន្ធនេះត្រូវការប្រើប្រាស់ មុខងារនេះប្រាក់៖ EVSS ជាប្រព័ន្ធមួយដែលភាពប្រើប្រាស់និយមប្រើប្រាស់នៅខាងក្រោម (Outdoor) ដូចនេះនៅពេល ដែលមានការរកការប្រើប្រាស់បញ្ហាមួយប្រព័ន្ធនេះនឹងផ្តើការផ្តាច់ Power relay ដូចដែលបានរៀបចំនៅខាងលើ។



រូប 3. 32 GFCI Configuration [21]

៤. Resistor Burden

នសីស្សដែលបានបង្កើតឡើងតាមរាយការណ៍នៃរបស់ CT (Current Transformer) ទៅធានាដែលបានបង្កើតឡើងដើម្បីគ្រប់គ្រងព័ត៌មានទូទៅនៃរបស់ CT ដើម្បីផ្តល់ព័ត៌មានទូទៅទៅក្នុង Microcontroller ភាពអាងបានបង្កើតឡើងតាមរាយការណ៍នៃរបស់ CT ដើម្បីផ្តល់ព័ត៌មានទូទៅទៅក្នុង Microcontroller ។ ដើម្បីបង្កើតឡើងតាមរាយការណ៍នៃរបស់ CT ត្រូវធ្វើដោយលើខាងក្រោម៖

- តម្លៃបញ្ហាផលិតផល (Output) នៃ CT
- តម្លៃបញ្ហាផលិតផលកាត់នសីស្សដែលបានបង្កើតឡើង (V_{R_{burden}} < V_{microcontroller})
- CT Burden Rating
- ច្បាប់អូម៖ ប្រើប្រាស់ច្បាប់អូម ដើម្បីគ្រប់គ្រងព័ត៌មានទូទៅនៃរបស់ CT

ចំណេះ: microcontroller ដែលយើងប្រើប្រាស់គឺ Arduino Nano មានសមត្ថភាពអាច read 5V, 10bits (1024)

$$V_{\text{resolution}} = \frac{5}{1024} = 4.88 \text{ mV}$$

ចំណេះ: Current Transformer មាន

$$\text{Ratio} = \frac{I_P}{I_s} = \frac{50 \text{ A}}{25 \text{ mA}} = 2000$$

$$I_{P_{\min}} = 0.1 \times \sqrt{2} = 0.1414 \text{ A}$$

យោងតាម (9)

$$I_{s_{\min}} = \frac{I_{P_{\min}}}{\text{ratio}} = \frac{0.1414}{2000} = 0.0705 \text{ mA}$$

$$R_{\text{burden}_{\min}} = \frac{V_{s_{\text{resolution}_{\min}}}}{I_{s_{\min}}} = \frac{4.88 \text{ mV}}{0.0705 \text{ mA}} = 69.21 \Omega$$

$$V_s = R_{\text{burden}_{\min}} \times I_{s_{\min}} = 69.21 \Omega \times 0.0705 \text{ mA} = 4.88 \text{ mV}$$

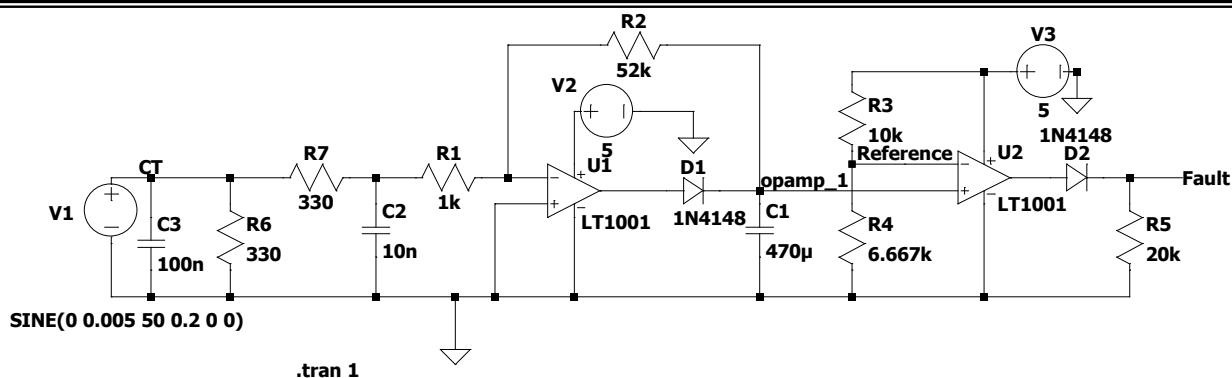
$$I_{P_{\max}} = 50 \times \sqrt{2} = 70.5 \text{ A}$$

យោងតាម (9)

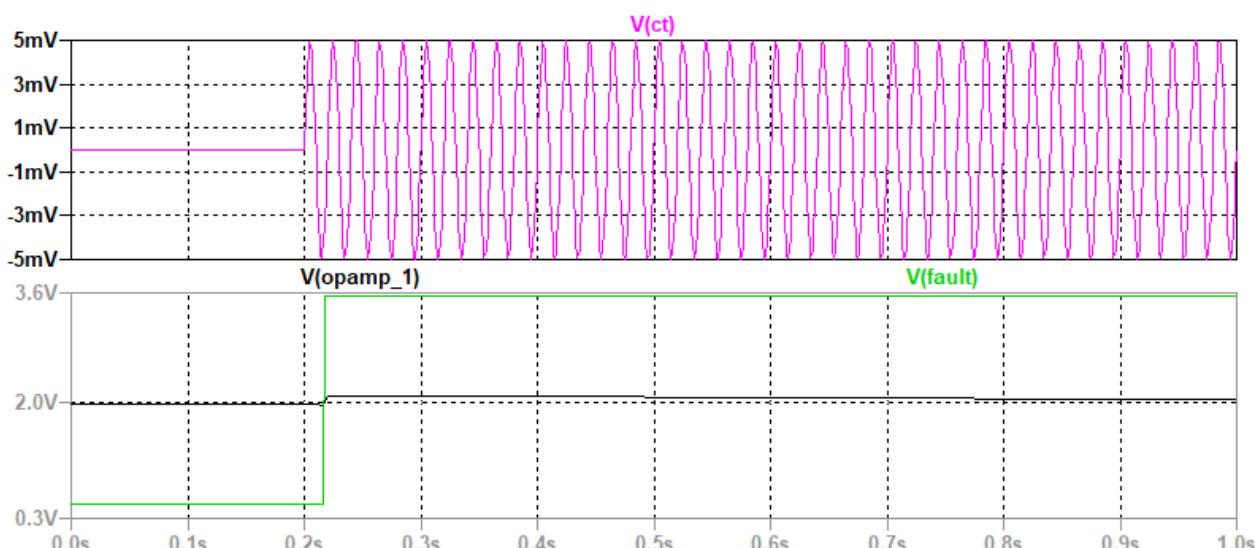
$$I_{s_{\max}} = \frac{I_{P_{\max}}}{\text{ratio}} = \frac{70.5}{2000} = 35.25 \text{ mA}$$

$$R_{\text{burden}_{\max}} = \frac{V_{s_{\text{resolution}_{\max}}}}{I_{s_{\max}}} = \frac{2.5 \text{ V}}{35.25 \text{ mA}} = 70.92 \Omega$$

$$V_s = R_{\text{burden}} \times I_{s_{\max}} = 70.92 \Omega \times 35.25 \text{ mA} = 2499 \text{ mV} = 2.4 \text{ V}$$



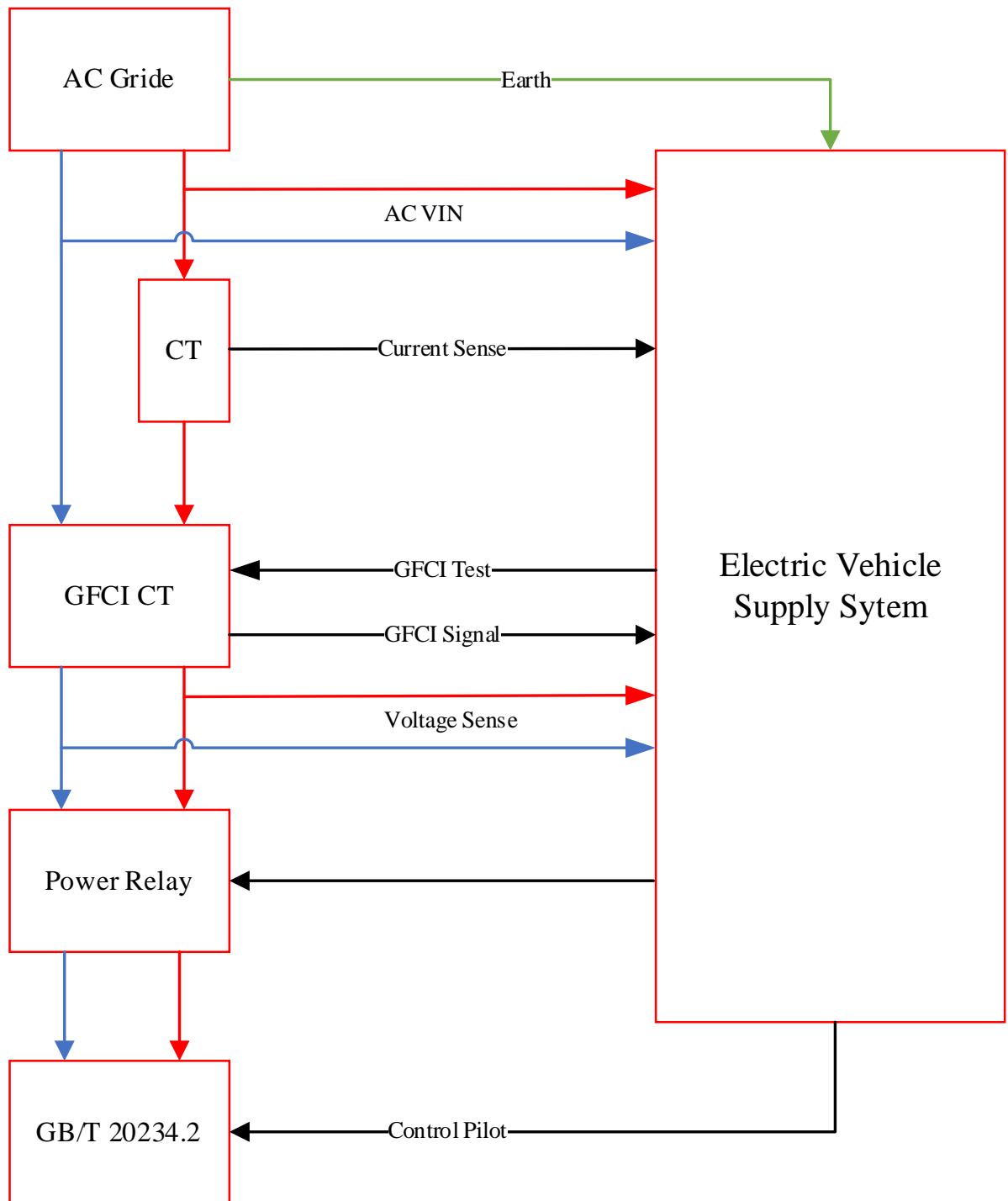
រូប 3. 33 GFCI Circuit



រូប 3. 34 GFCI Detected [21]

៣.៣ ការចិត្តឱ្យលេខោក Hardware

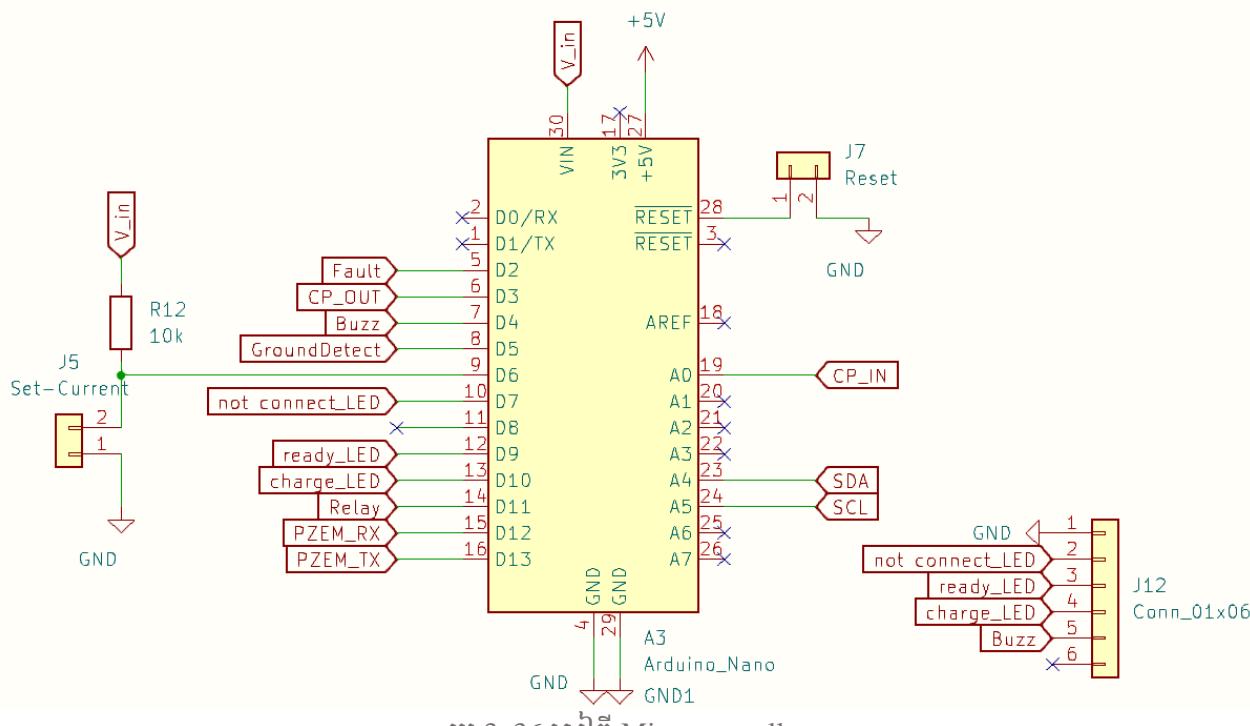
បន្ទាប់ពីបានគណនាគោះ និងការធ្វើសនឹសគ្រឹងបង្កែមយើងធ្វើការខិត្តហ្មាល្សស្ថី ការផ្តល់បង្ហាញ ដូចតួនាទី រូប ៣.៣៥ ខាងក្រោម



រូប ៣.៣៥ ការដំឡើងគម្រោងទាំងមូលជាមយកគ្រឹងបង្កែមបន្ថែម

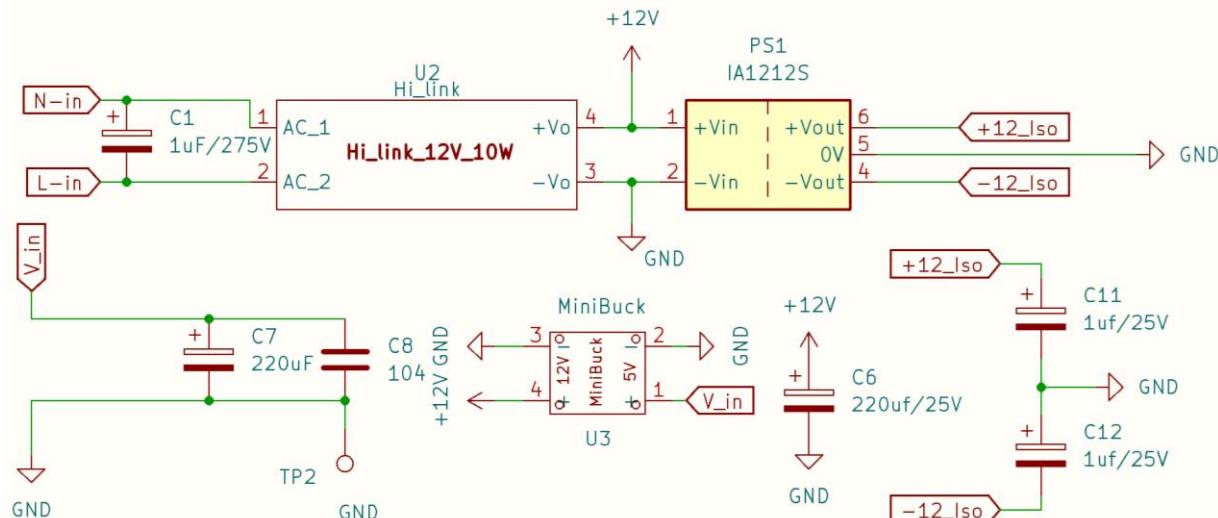
៣.៣.៩ Microcontroller

នៅក្នុង រូប 3. 36 នេះជាបង្កើស្ថិតិសម្រាប់បុកនៅដើម្បី Microcontroller ដែលធ្វើការភ្លាប់ទៅកាន់ផ្ទុក ធ្វើនៅខ្លួន បុក Microcontroller នេះមានត្បូនាទិជាមួកត្រូវបង្រៀននូវប្រព័ន្ធរបស់យើង ទាំងមួលដែលនៅក្នុង នេះរួមមានការ Generate PWM, ការអាននូវតម្លៃថ្មី Sensor និង Feedback ដើម្បីធានាថាប្រព័ន្ធរបស់យើង ដំណើរការប្រព្រឹតិ, ធ្វើការបញ្ចាននៅ Power Relay, ធ្វើការបង្ហាញសញ្ញាណាមរយ: Indicator light, Buzzer និង LCD ។



៣.៣.២ Power Supply

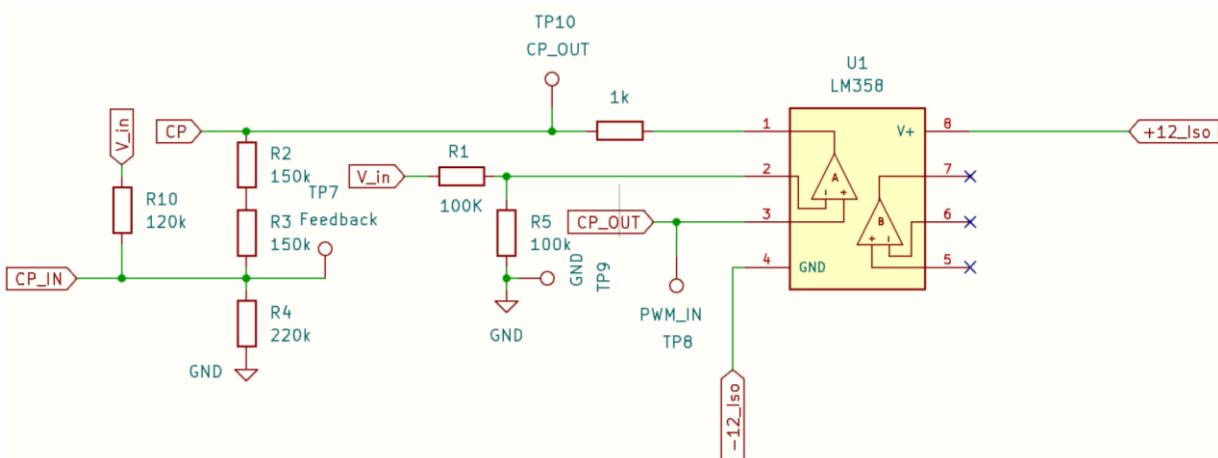
នៅក្នុងប្លុកនេះគឺជាប្លុក Power supply ដែលប្រើប្រាស់សម្រាប់ផ្តើមដែលត្រូវបានទៅខ្លួន ទាំងមូលដោយយកចាមពលចរន្តតាន់ចូលទៅកាន់ Hi-Link (220VAC-12VDC) បន្ទាប់មក 12 VDC ដែលទទួលបានគឺជូលទៅកាន់ Mini-buck (12 V-5 V) ដើម្បីផ្តើមដែលខ្ពស់ Microcontroller និង IA1212S (± 12 V) ដែលជាមួកផ្តល់ប្រកបទៅខ្ពស់ OP-AMP ដើម្បីបង្កើតបានជាគារ ± 12 V PWM។



រូប 3. 37 ស៊ីត្តិ Power supply

៣.៣.៣ Control Pilot

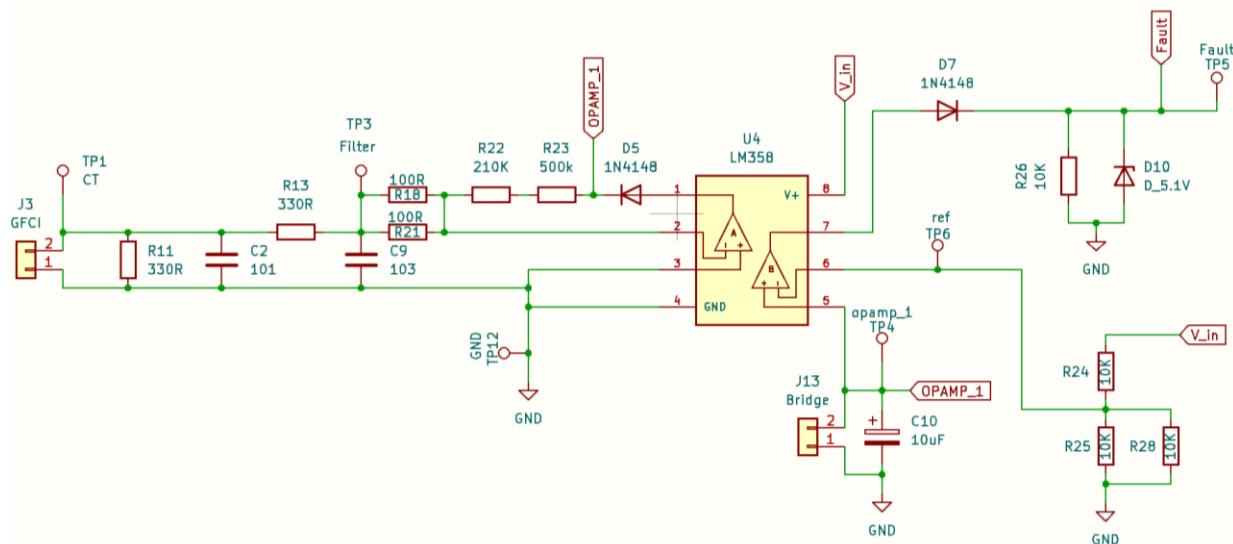
ប្លុកនេះមានតួនាទីធ្វើការទទួល PWM (5 V 1 kHz) ដែលទទួលបានមកពី Microcontroller រួចឆ្លងកាត់ op-amp ដើម្បីខ្សោយ Signal PWM នៅទៅ Switch ± 12 V 1 kHz បន្ទាប់មកធ្វើការបញ្ចូន Signal នៃបន្ទុទេកាន់រចយនុអតិសនិ។ លើសពីនេះទៅឡើកប្លុកនេះគឺមាន Feedback ដើម្បីខ្សោយប្រព័ន្ធផីវិស់មែនភាព ដើម្បីចូលរួមចិត្តយន្ត បូង្ហាញរសាករហើយប្រចាំថ្ងៃ។



រូប 3. 38 ស៊ីត្តិ Control Pilot

៣.៣.៥ Ground-Fault Circuit Interrupter

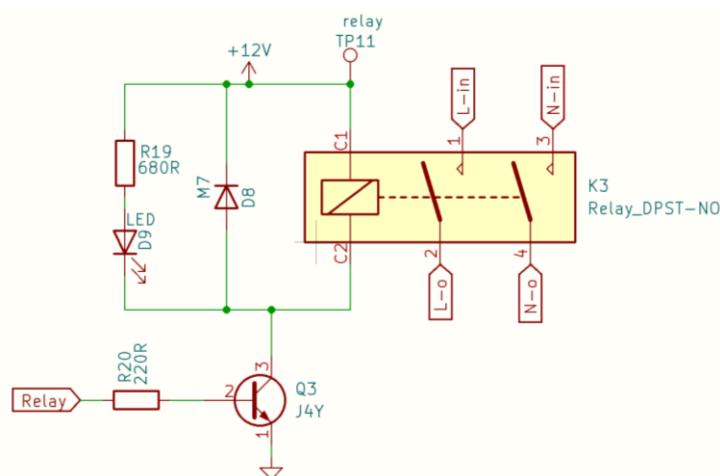
Ground-Fault Circuit Interrupter ឬហេតុភាគគំនិត GFCI មានធ្វើនាទីទូល signal sinewave ពី current transformer បន្ទាប់មក signal នៅ: ត្រូវចូលទៅកាន់ RC filter ដើម្បីធ្វើការសម្ងាត់ ដើម្បីរួច OP-AMP ងាយស្រួលក្នុងការព្យឹក signal នៅ: ១ បន្ទាប់ពីធ្វើការព្យឹក signal នេះហើយ វាត្រូវចូលទៅកាន់ OP-AMP 1 ត្រាប់ឡើតដើម្បីធ្វើការប្រើបង្កើរបាបឃុំយើងតម្លៃតិ៍ស្ថិត reference ដើម្បីយើងបានកំណត់។ ដំបានចុងក្រាយតី output ដើម្បីចេញទៅ OP-AMP ទី២ តិ៍តម្លៃ ០,១ (ប្រសិនបើមានការលេចប្រាបចនា Fault មានតម្លៃស្តី 1 HIGH, បើប្រើត្រូវមិនមានការលេចប្រាបចនា Fault មានតម្លៃស្តី 0 LOW) ដើម្បីយើងអាចប្រើប្រាស់ microcontroller ដើម្បីអានតម្លៃនេះបានយកមកធ្វើលក្ខខណ្ឌ ទៅតាមអ្នកដែលបានចង់បាន ។



រូប 3. 39 សេវ្យ GFCI

៣.៣.៥ Power Relay

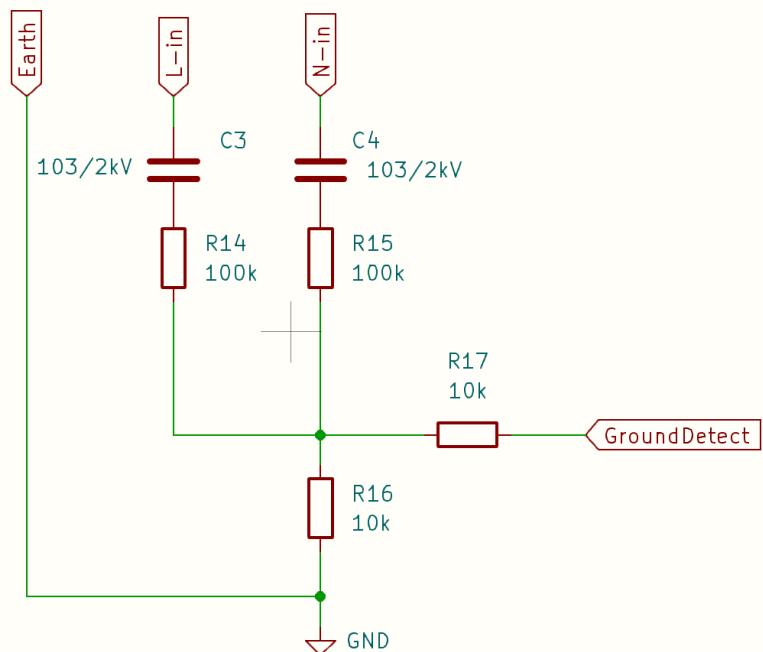
នៅក្នុងប្រព័ន្ធរួចចូលទៅកាន់ក្នុងការត្រូវប់ បង្កើតចំណែកមានលក្ខខណ្ឌដើម្បីយើងបានកំណត់។



រូប 3. 40 សេវ្យ Power Relay

៣.៣.៦ Earth Detection

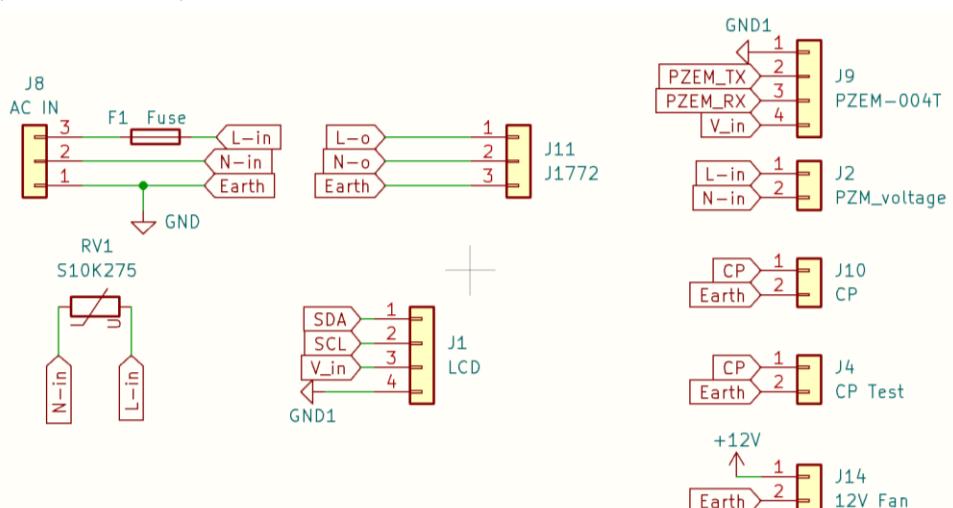
នៅក្នុងប្លុកនេះគឺជាសៀវភៅដែលមានត្រនាទីក្នុងការ Detecting Earth បាននៃយចាប្រសិនមិនមានខ្សោយត្រាប់មកប្រព័ន្ធ EVSS ទេ signal ដែលចេញទៅកាន់ microcontroller តើ sinewave 0 V ប៉ុន្តែប្រសិនបើមានខ្សោយដឹកបាប់ទៅកាន់ប្រព័ន្ធផឱ្យ signal OUTPU៖ ចេញទៅកាន់ microcontroller តើ sinewave ~16 V



រូប 3. 41 សៀវភៅ Earth Detection

៣.៣.៧ Terminal

នៅក្នុងប្លុកនេះគឺជា connector pin ដែលប្រើប្រាស់ដើម្បីប្រាប់ទៅកាន់ module ផ្សេងទៀត ដែលមានដូចជា LCD, PZEM-004T, GFCI-Self test

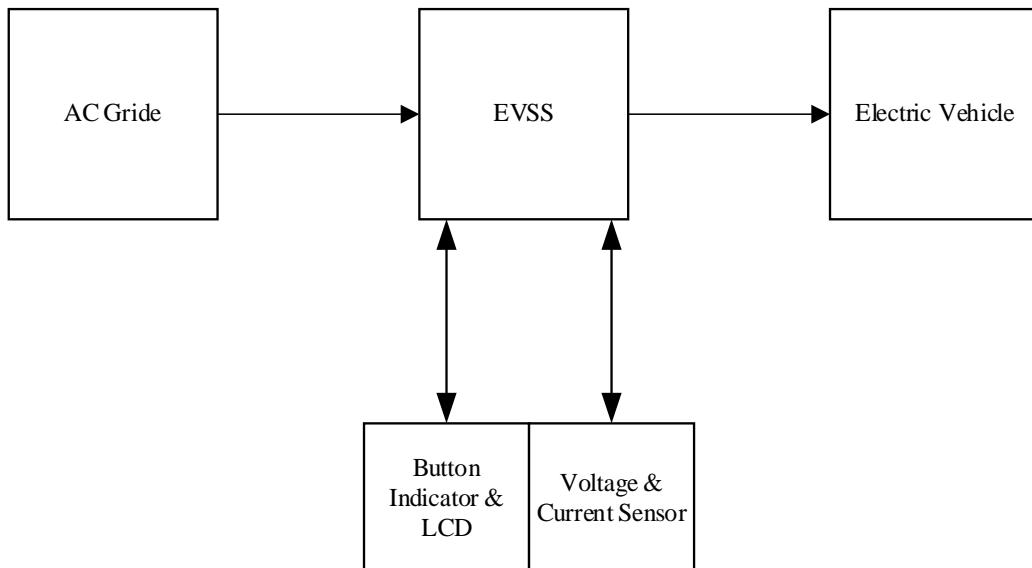


រូប 3. 42 សៀវភៅ Terminal

៣.៣.៥ ឧបករណ៍ឆ្លែងតំលៃថ្លែងអត្ថលក្ខសនិត្តកម្រិត ១

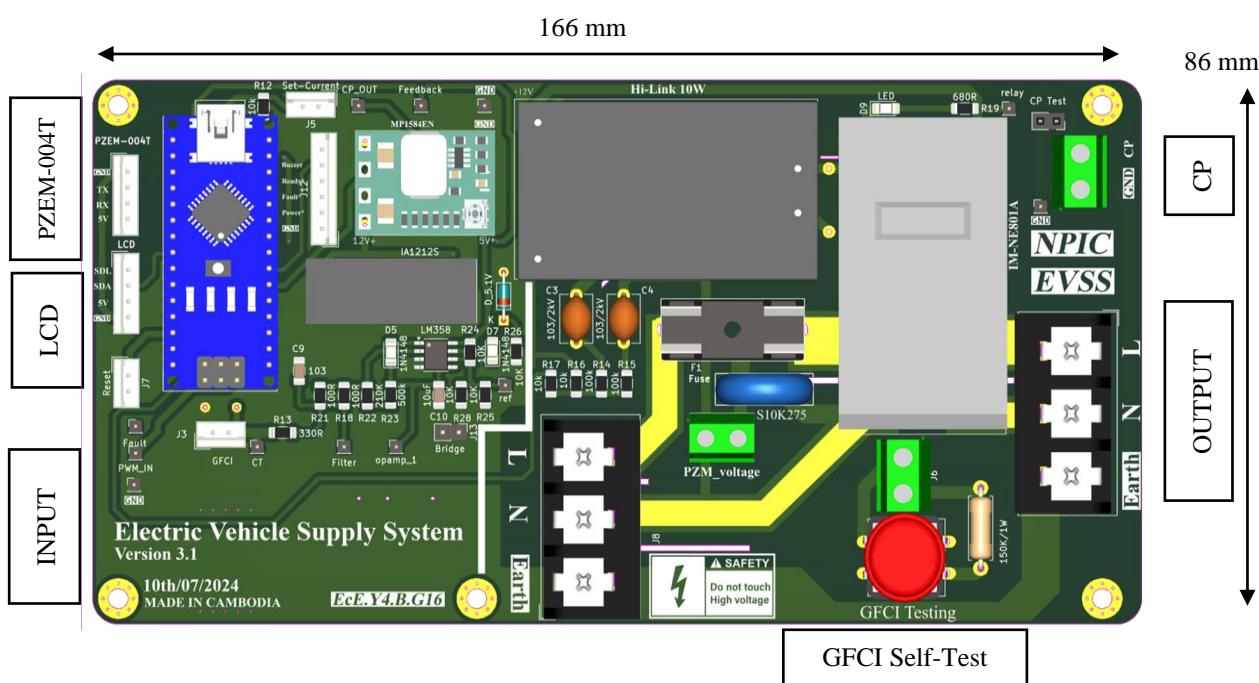
ផ្លូវការតំបន់របៀបដោះស្រាយ: ការខ្សោតប្រាកេតុល្អកស៊ីម៉ាស៊ី យើងអាចដំឡើងនូវខ្លួនរបស់ខ្លួន ដោយប្រើប្រាស់ប្រព័ន្ធផ្លូវការតំបន់របៀបដោះស្រាយ ១ ដូចខាងក្រោម:

- Block Diagram



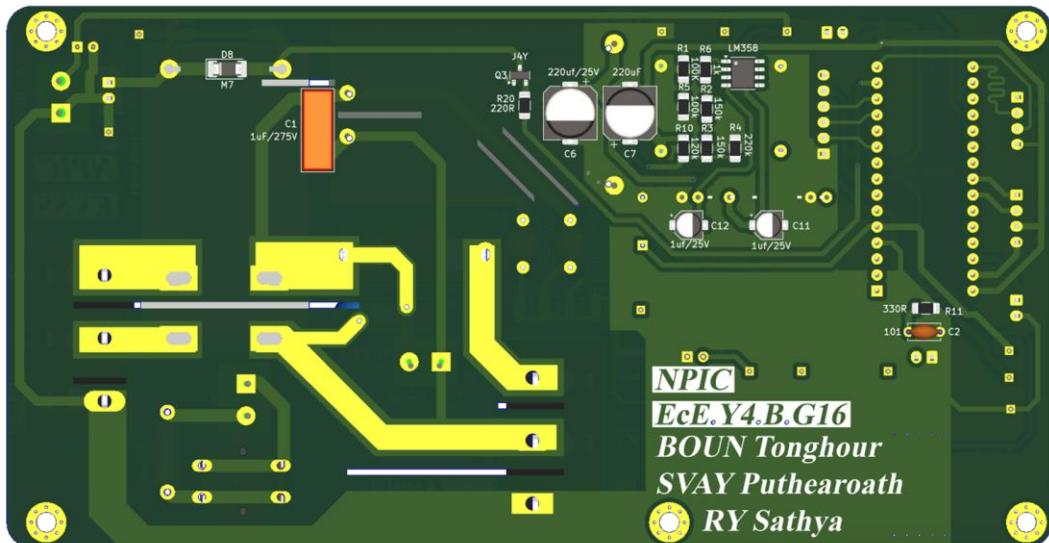
រូប 3. 43 ដំឡើងរបស់ស៊ីម៉ាស៊ីទាំងមូល

- 3D Top View



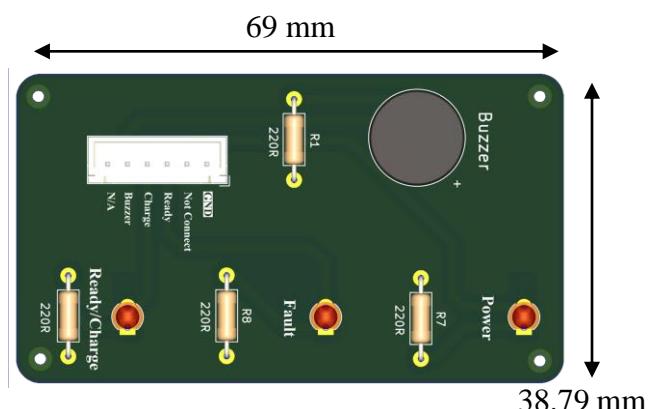
រូប 3. 44 3D Top View របស់ EVSS

- 3D bottom View

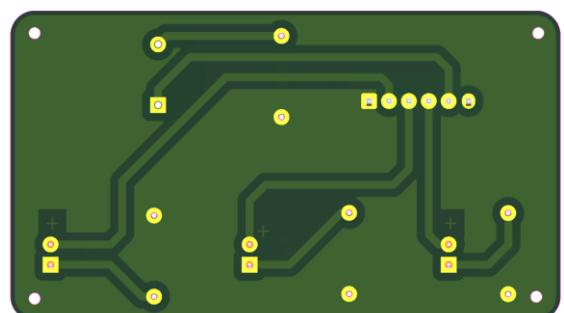


រូប 3.45 3D Bottom View បន្ទី EVSS

- 3D Separate board



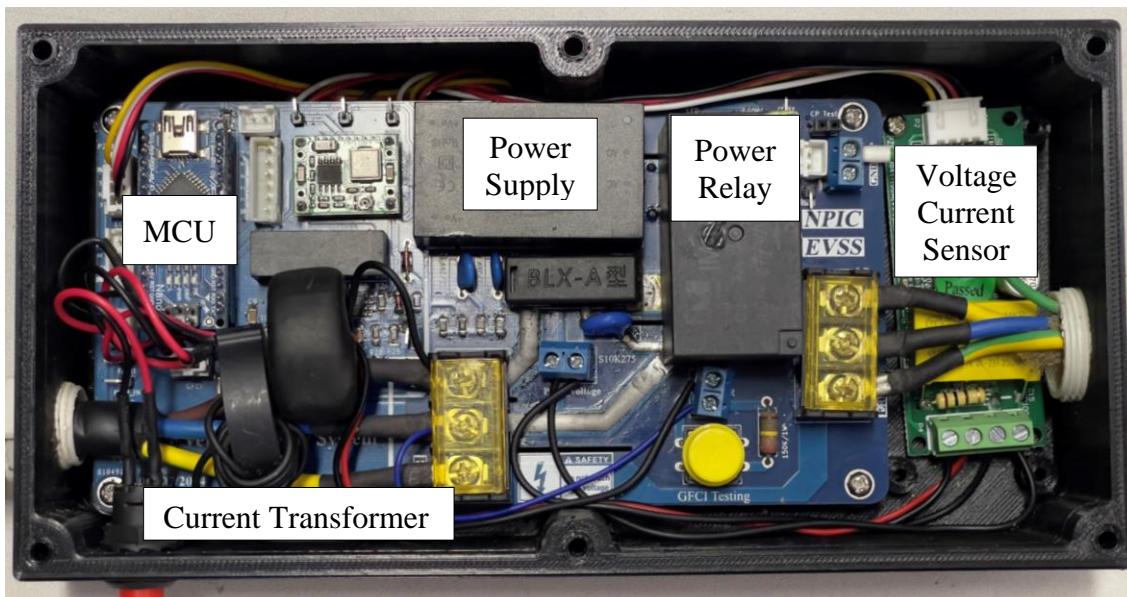
រូប 3.47 Indicator Board Front



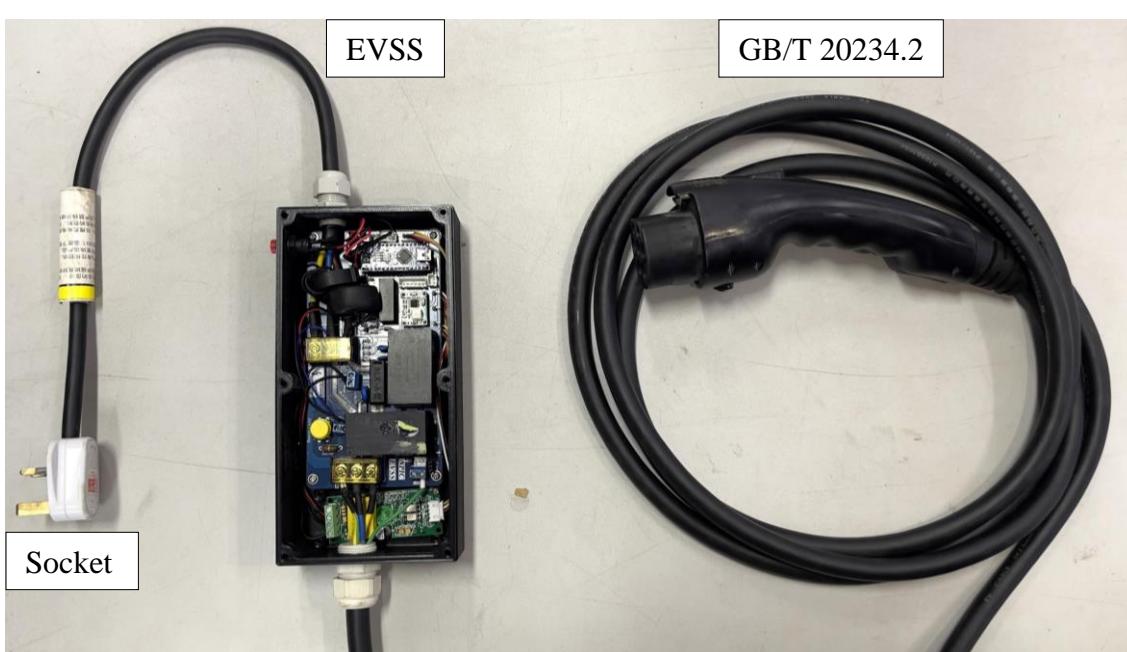
រូប 3.46 Indicator board Back

គ. គនេដីឡើលតាមរយៈ

រូប 3. 48 បង្ហាញពីគម្រោងដែលបានដំឡើងរួចរាល់ ក្នុងនោះមាន 5 ផ្ទុកសំខាន់ៗដូចជា MCU មានត្រួតពាក្យត់ signal PWM ដែលជា Control Pilot ដើម្បីឱ្យរចយនុអត្ថិសនីស្ថាល់នូវប្រព័ន្ធនេះ និងត្រួតពិនិត្យថ្វារៈ លើលក្ខខណ្ឌសុវត្ថិភាព។ Current Transformer មានមុខងារអាជីវកម្មនៃម៉ោងរន្តនាស៊ែដែលផ្តល់ការត្រួតព្រមទាំងមូល។ Power Supply មានមុខងារបំប្លែងប្រភពចរន្តនាស៊ែ ឡើចរន្តជាប់ដើម្បីផ្តល់តម្លៃដែលត្រួតពិនិត្យ MCU ។ Power Relay មានត្រួតពាក្យត់សំខាន់សម្រាប់ផ្ទុក។ ប្រភាគប់នូវប្រភពចរន្តនាស៊ែដែលនឹងធ្វើការសាកទៅការនៃរចយនុអត្ថិសនី។ Voltage & Current Sensor ដើម្បីសម្រាប់ត្រួតពិនិត្យថ្វារៈ លើកនឹងស្បួននាស៊ែ និងម៉ោងរន្តនាស៊ែ (AC) ដែលដំណើរការនៅក្នុងប្រព័ន្ធចំងមូល។



រូប 3. 48 គម្រោងដែលបានដំឡើងរួចរាល់



រូប 3. 49 ឧបករណ៍សាករចយនុអត្ថិសនីត្រូកម្រិត ១

ବୀରୁଳ ଡେ
କାନ୍ଟରିସେସନ୍ସ
ପିଲା
ରୂପକୁଣ୍ଡଳ

គឺពីរ ៤. ការពិសោធន៍យ និងលទ្ធផល

៤.១ សេចក្តីផ្តើម

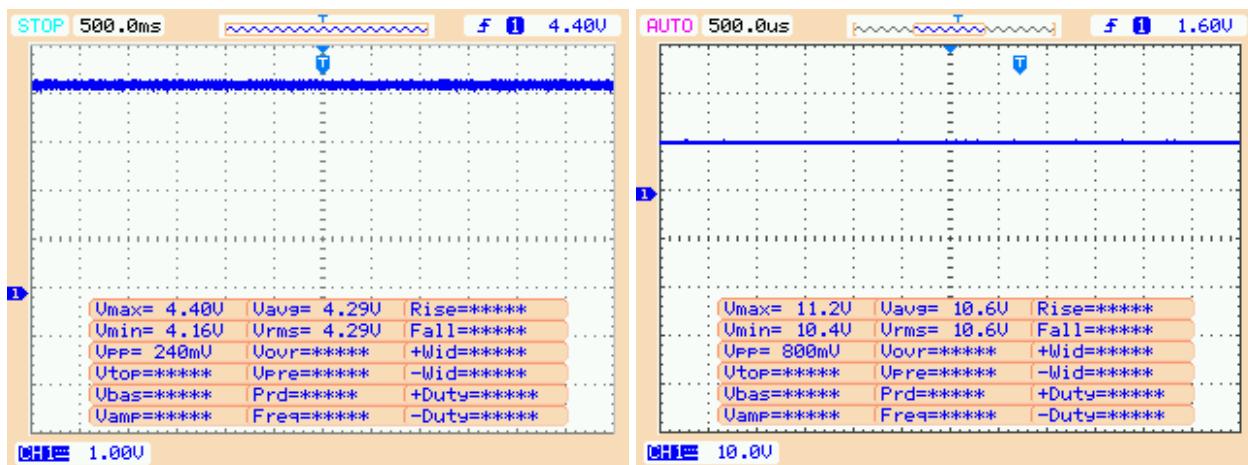
បន្ទាប់ពីបានសិក្សាអំពីត្រីស្តីពាក់ព័ន្ធ និងបានខិត្តរួចរាល់សៀវភៅដែលបានខិត្តរួចរាល់ សម្រាប់ដំណឹកនេះនឹងធ្វើការពិសោធន៍យឡើង សម្រាប់ការពិសោធន៍យសៀវភៅជាបុរាណ PWM ដែលត្រូវការគ្រប់ពី microcontroller, Control Pilot, GFCI ។

៤.២ ការពិសោធន៍យ Signal PWM និង Control Pilot

ក្នុងការរាយសៀវភៅ Signal PWM ដែលជា Signal ដើម្បីខ្សោចយន្តអត្ថិសនិ និងប្រព័ន្ធ EVSS ដើម្បីដំណរកកាលនៃការសាកនិងបរិមាណចរន្តអតិបរិមាជនប្រព័ន្ធនេះនឹងធ្វើការបញ្ចូនទៅខ្សោចយន្តដោយប្រើប្រាស់ឧបករណ៍ Oscilloscope ប្រភេទ Rigol (DS1204B) ។

៤.២.១ State A

នៅក្នុង រូប 4. 1 លក្ខខណ្ឌនេះ កម្រិតនៃស្បែកដែលនៅ Pin CP (Control Pilot) តី 12 VDC (idle) បាននៅយ៉ាប្បព័ន្ធយើង ទាំងមូលតីមិនទាន់ដោតចូលទៅកាន់រចយន្តអត្ថិសនិ ។



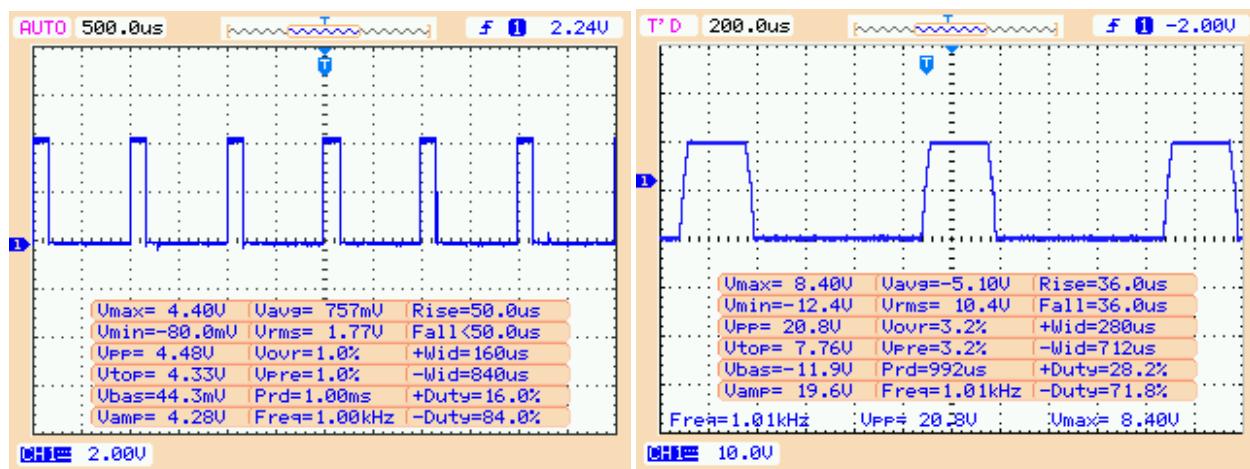
(ឯ). State A ពី microcontroller

(២). State A របស់ Control Pilot

រូប 4. 1 Signal State A និង Control Pilot

៤.២.២ State B

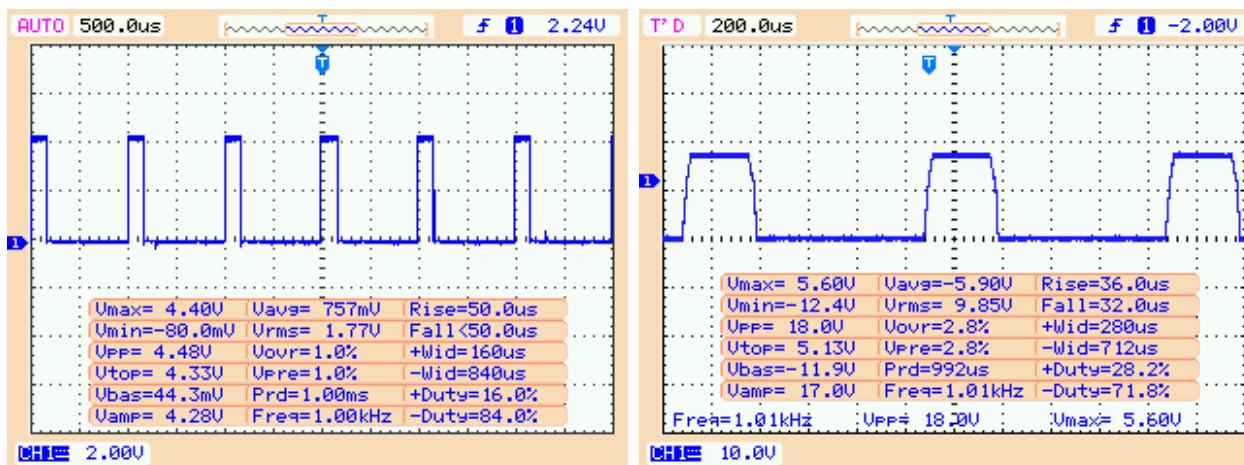
នៅក្នុង រូប 4. 2 គឺចង់សំដែរលើប្រព័ន្ធគម្រោង EVSS ដែលត្រូវបានដោតចូលទៅកាន់រថយន្ត ។ State B ឬ Vehicle Detect នៅពេលនេះប្រព័ន្ធរបស់យើងដឹងថាបានដោត connector ចូលទៅកាន់រថយន្តដោយនៅ តួនរថយន្តគឺមានរសីសុំនៅ 2.74 kΩ (រវាងដឹង CP ទៅកាន់ ground) បាននិយាយថាពេលតង់ស្រួលត្រូវបានឆ្លាក់ (Voltage Drop) ពី 12 V ទៅ 9 V ។ នៅពេលដែល EVSS ដឹងថាទាត់ស្រួលនៅដឹង CP ឆ្លាក់សល់ 9 V/12 V ពេលនោះ Microcontroller និងបារិះធ្វើម៉ាកប៉ុណ្ណោះ PWM ទៅកាន់រថយន្ត ដែល Signal នៅក្នុង រូប 4. 2 នេះគឺមានប្រព័ន្ធ 1.00 kHz ជាមួយ PWM on-time 16 % (ប្រព័ន្ធគម្រោង EVSS ប្រាប់ទៅកាន់រថយន្តអគ្គិសនីមានចរន្ត 9.6 A សម្រាប់ផ្តល់ខ្សោយរថយន្ត) ។



រូប 4. 2 Signal State B និង Control Pilot

៤.២.៣ State C

នៅក្នុង រូប 4. 3 ពានបង្ហាញថាប្រព័ន្ធគីឡូស៊ីអីស៊ី (EVSS) តើកំពុងស្ថិតនៅក្នុង state C ឬ CHARGING State ។ បញ្ជាប់ពីពានធ្វើការចាប់ផ្តើមបើក PWM រួចហើយ ប្រសិនបើរចយនូវធ្វើការដ្ឋៀងដ្ឋានតែមិនមានបញ្ហា និង battery របស់រចយនូវធ្វើតិចត្រូវការសាកពិតមេនពេលនោះរចយនូវនិងធ្វើការភ្លាប់នសីស្ទឹង 882 Ω ខ្លួននិងនសីស្ទឹងដែលមានត្រាប់ (2.74 kΩ) ដែលការភ្លាប់នសីស្ទឹង 882 Ω តើរចយនូវបានបញ្ចាក់ប្រាប់ប្រព័ន្ធគីឡូស៊ីអីស៊ី (EVSS) ចាប់រចយនូវតីត្រូវមុននូវជាប្រព័ន្ធដឹកស្រាវតង់ស្ថុងឆ្លាស់ (AC Voltage) ។ ចំពោះ Control Pilot ពេលនោះគឺមានតង់ស្ថុង 6 V/ -12 V នៅពេលនោះប្រព័ន្ធគីឡូស៊ីអីស៊ី និងធ្វើការបើក Power Relay (NC) ដើម្បីអនុញ្ញាតឱ្យតង់ស្ថុងឆ្លាស់រក្សាទុកាត់វា ។



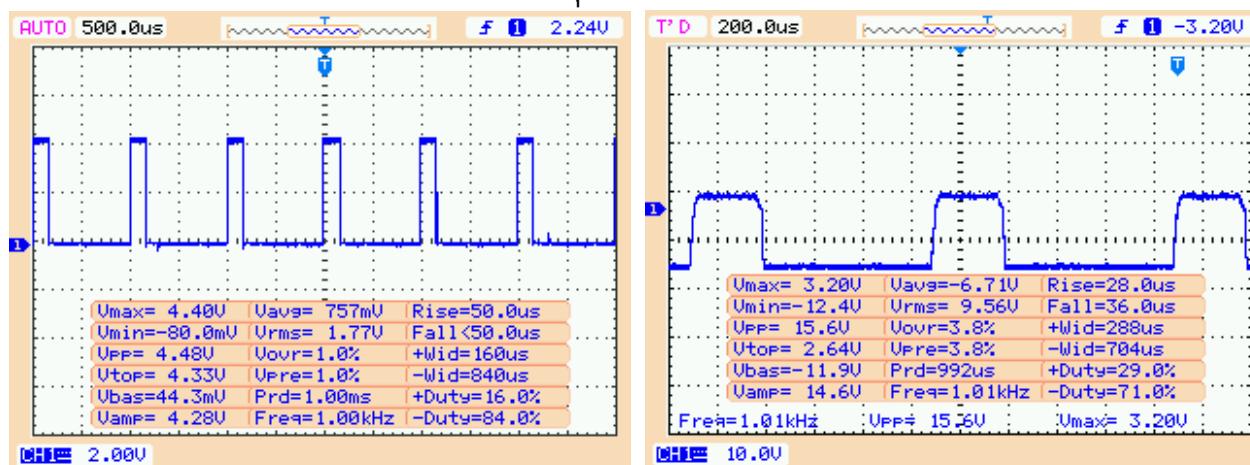
(ក). State C ពី microcontroller

(ខ). State C របស់ Control Pilot

រូប 4. 3 Signal State C និង Control Pilot

៤.២.៤ State D

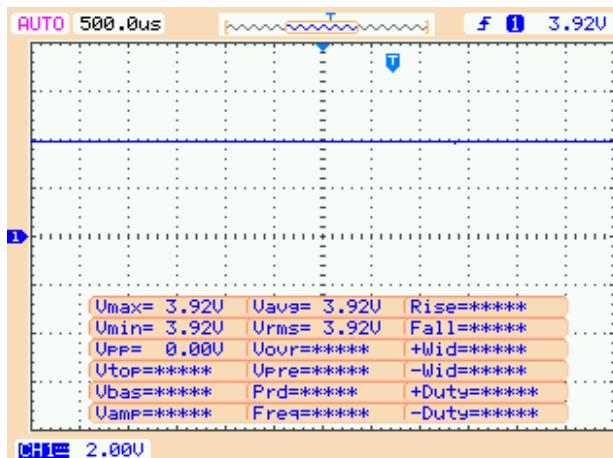
នៅក្នុង រូប 4. 4 ប្រព័ន្ធគីឡូស៊ីអីស៊ី state D ឬ (Error State) នៅក្នុងលក្ខខណ្ឌនោះរចយនូវអគ្គិសនិចង់ប្រាប់ទៅប្រព័ន្ធគីឡូស៊ីអីស៊ី ការសាកពីមានបញ្ហាព្រមទាំងបញ្ហាដែលធ្វើការដ្ឋានច្បាស់ដោយរចយនូវធ្វើការភ្លាប់នសីស្ទឹង 246 Ω ។ ចំពោះតង់ស្ថុងរបស់ Control Pilot ពេលនោះគឺជាកំណត់ដល់ 3 V/ -12 V ។



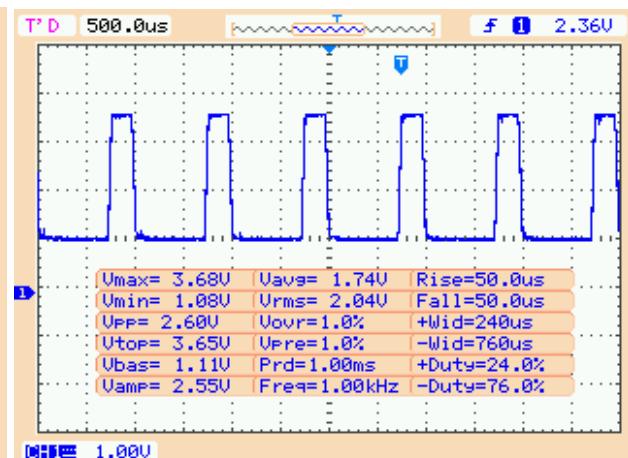
រូប 4. 4 Signal State D និង Control Pilot

៤.២.៥ Feedback

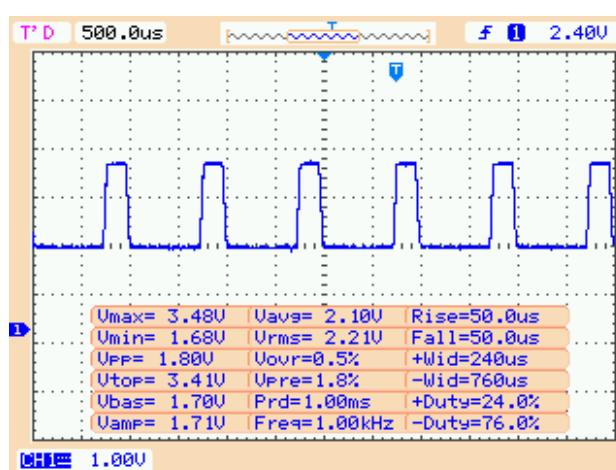
ចំពោះ រូប 4. 5 តើជាគិតប្រភេទសកម្មជាតិ Feedback ត្រូវបានទទួលឱ្យ microcontroller នឹងធ្វើការ read ដើម្បីយកទៅធ្វើជាលក្ខខណ្ឌ។



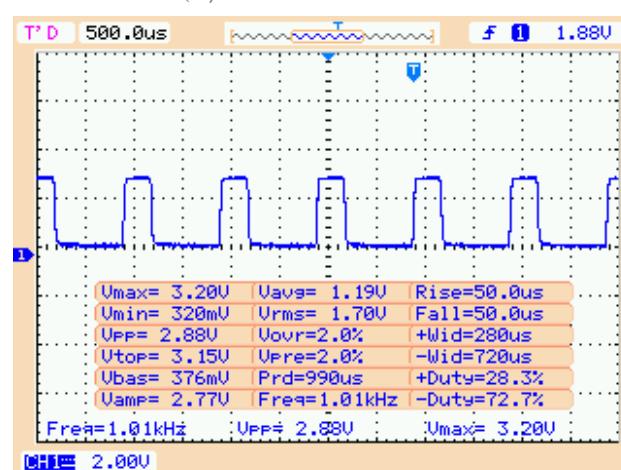
(ឯ). State A Feedback



(៧). State B Feedback



(ឯ). State C Feedback

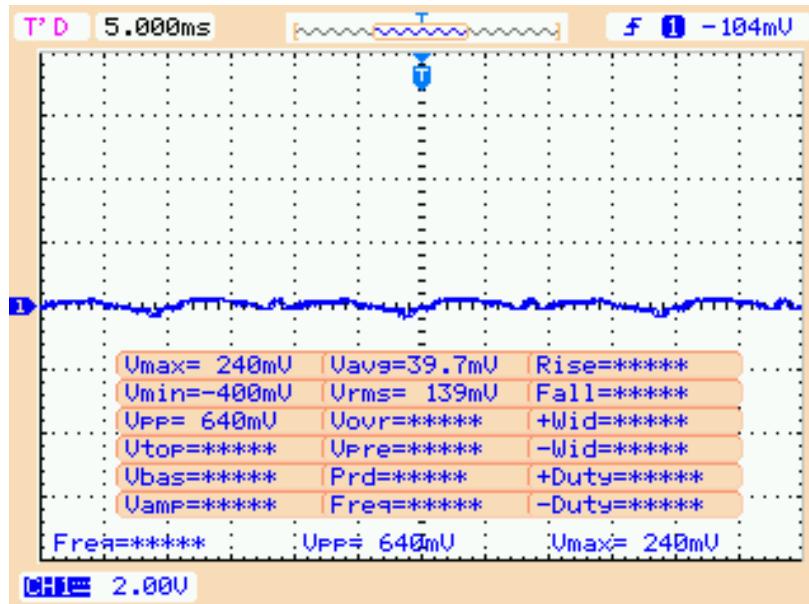


(ឯ). State D Feedback

រូប 4. 5 Feedback ដែល microcontroller read

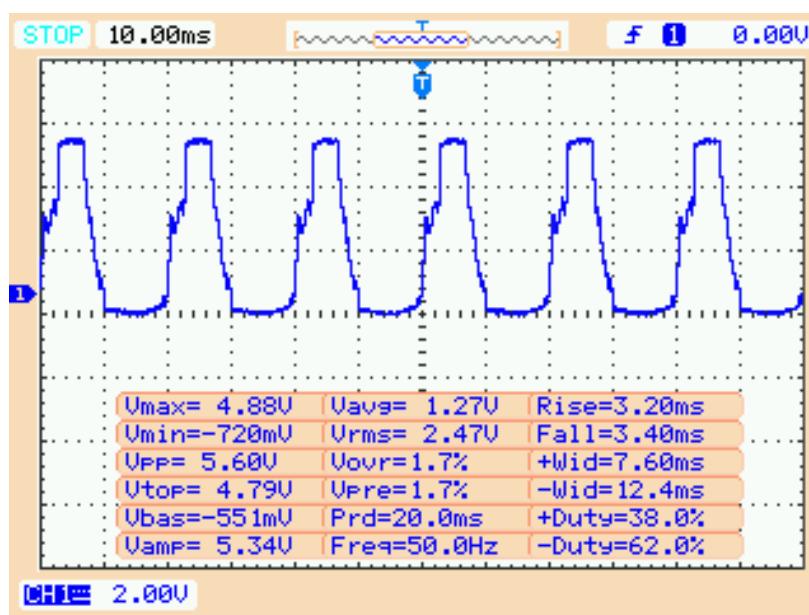
៤.៣ ការពិនេាជន៍ Earth Detection

នៅក្នុង រូប 4. 6 គឺបង្ហាញពីសិរីព្យាល់នៅពេលដែលមិនមាន earth ត្រូវបែងការនៃប្រព័ន្ធ EVSS ។ យើងសង្គត យើងព្យាល់សិរីព្យាល់គឺមានតង់ស្បែងមិនសិរីសិរី 500 mV ដូចខាងក្រោម: microcontroller Read តម្លៃបាន 0 ។



រូប 4. 6 No Earth Detected

ចំពោះ រូប 4. 7 គឺបង្ហាញពី Signal នៅពេលដែលយើងធ្វើការត្រូវបែងការនៃ Earth ឱ្យ EVSS នៅក្នុងពេលនោះ តង់ស្បែងដែល Microcontroller read បានតី 1 និង 0 ដែលមានប្រភក់ 50 Hz ។

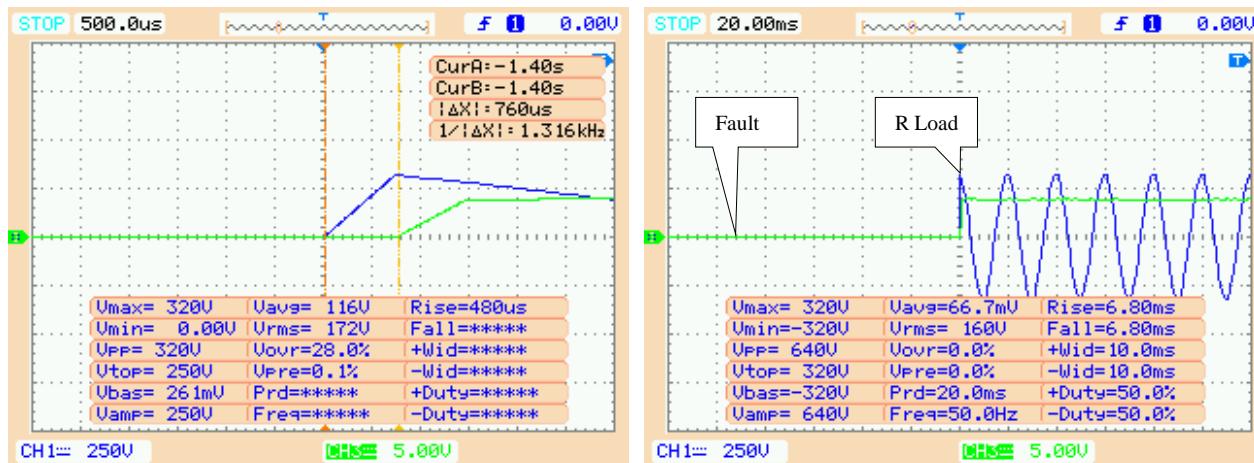


រូប 4. 7 Earth Detected

៤.៤ Ground-Fault Circuit Interrupter

៤.៤.១ GFCI Self-test

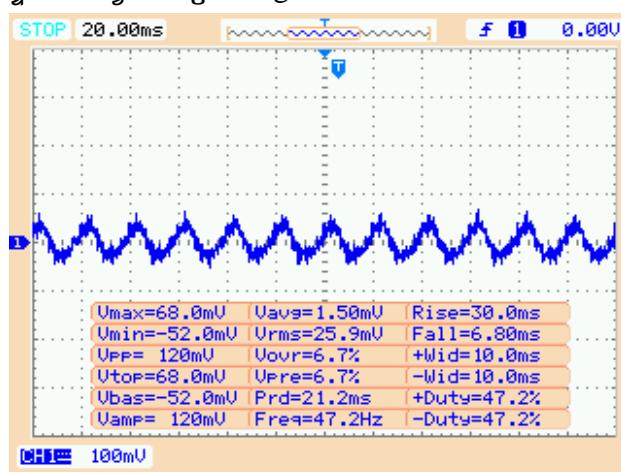
GFCI self-test គឺជាការធ្វើតែស្ថិសាកល្បង ដើម្បីខ្សោយប្រាកដថា GFCI CT នៃសំប្តែតនូវ EVSS ពិតជាដំណឹកការមែន ១ យោងតាម រូប 4. 8 នៅពេលចូច self-test button, GFCI ត្រូវការយោះពេល 760 us ទីប microcontroller read បានថា Fault ១



រូប 4. 8 GFCI Self-test

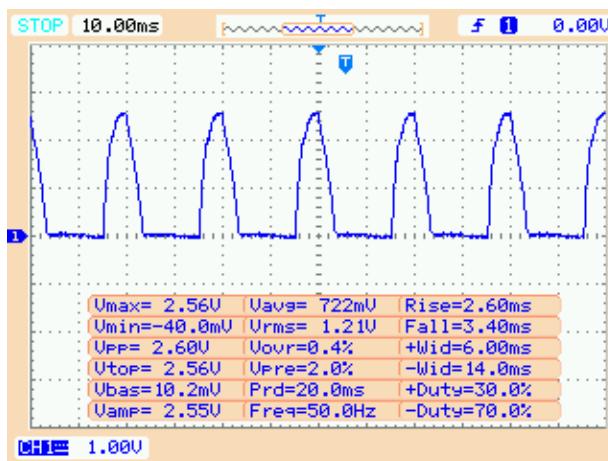
៤.៤.២ GFCI Fault

ក្នុង រូប 4. 9 បន្ទាល់ពី GFCI Signal ដែលបែងចាញ់ CT ត្រាយមកយើងប្រើប្រាស់ Low-Pass Filter ដើម្បីសម្ងាត់ Signal នេះ បន្ទាប់មកធ្វើការពង្រីក Signal នេះ។

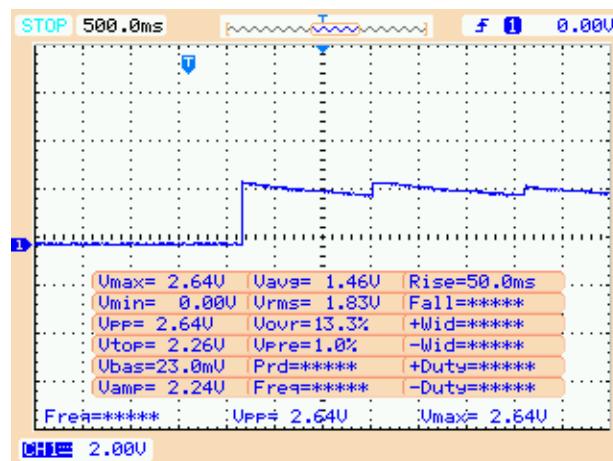


រូប 4. 9 GFCI signal

ក្នុង រូប 4. 11 ជាឌ Signal ដែលផ្តល់នូវការតាម Diode ដែលជាបន្ទុកដែលធ្វើឱ្យ signal នេះមានពេតាក់កណ្តាលរលក។ រូប 4. 11 ជាដំហានបន្ទាប់ត្រាយពីបាន signal ពាក់កណ្តាលរលកហើយវាគ្រួចឆ្លងកាត់ capacitor មួយទៀតទីបធ្វើឱ្យ signal នេះប្រើប្រាស់ក្នុងរូប (Charge & Discharge) បន្ទាប់មក signal ដែលបានមកតីត្រូវយកទៅប្រើបង្រួចជាមួយ voltage reference (2.5 V)។

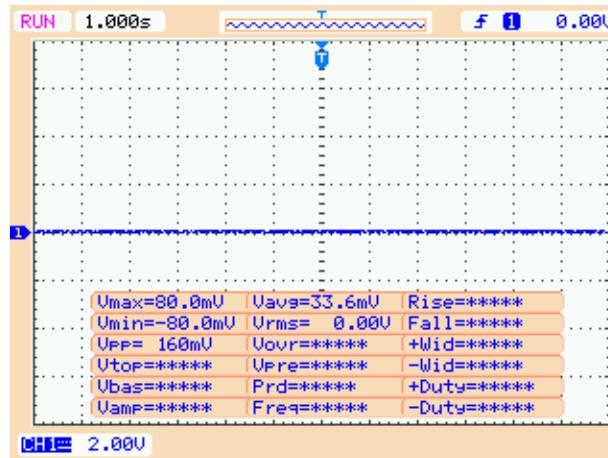


រូប 4.11 Signal GFCI បន្ទាប់ពីតង្វើក

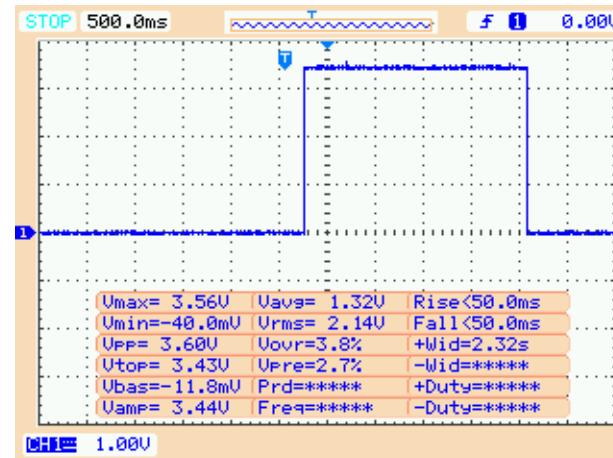


រូប 4.11 Signal GFCI បន្ទាប់ដាក់ Capacitor

នៅក្នុង រូប 4.12 បង្ហាញពី signal output ដែលចេញមកពីសេវភី GFCI ដែល signal នេះគឺត្រូវបានទេញឱ្យ MCU ។

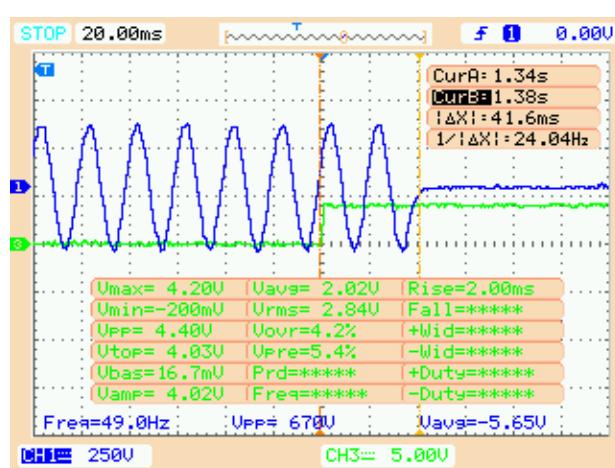


(ក). Signal INPUT (Normal Condition)

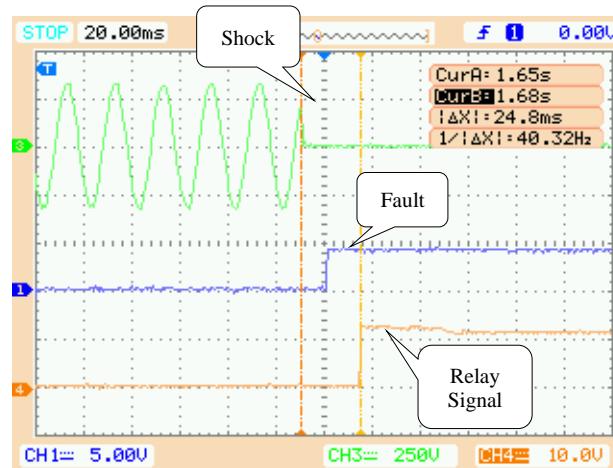


(ខ). Signal INPUT (Fault Condition)

រូប 4.12 Signal ដែល microcontroller read



រូប 4.13 Fault and Relay Signal



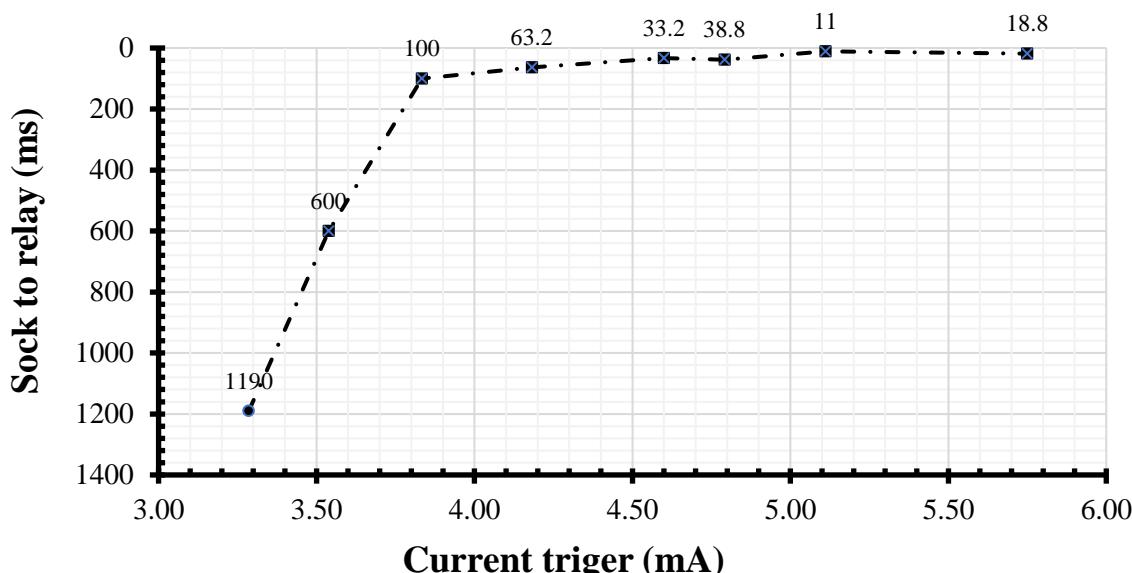
រូប 4.14 Shock, Fault and Relay Signal

គ. គារពិនេយន៍ Ground-Fault Circuit Interrupter

តាមរយៈរូប 4. 15 និងតារាង 4. 1 បង្ហាញពីរយៈពេលដែលប្រព័ន្ធ GFCI ទទួលបាន signal ឆ្លាំ (Shock) របៀប Relay ធ្វើការផ្តាញប្រព័ន្ធឌានមូលឱ្យឈប់ដំណើរការ។ ជាលទ្ធផលសៀវភៅនេះចាប់ផ្តើមដំណើរការលុបត្រាគារនៃមេន្ទុល់លេចធ្វាបថាប័ព្តិ (Leakage Current) ≥ 3.29 mA ដែលប្រើប្រាស់រយៈពេល 1.1 s ដើម្បីខ្សោយប្រព័ន្ធនេះបញ្ចប់ដំណើរការ ក៏ដូចត្រូវបានប្រសិនបើមេន្ទុល់លេចធ្វាបការនេះតែប៉ុណ្ណោះប្រព័ន្ធមូលឱ្យឈប់ដំណើរការនៅលើការប្រើប្រាស់ប្រព័ន្ធដែលប្រសិនបើមេន្ទុល់លេចធ្វាបការ Leakage Current = 4.6 mA ប្រព័ន្ធឌានមូលត្រូវការរយៈពេល 33.2 ms ។

តារាង 4. 1 GFCI Test Data

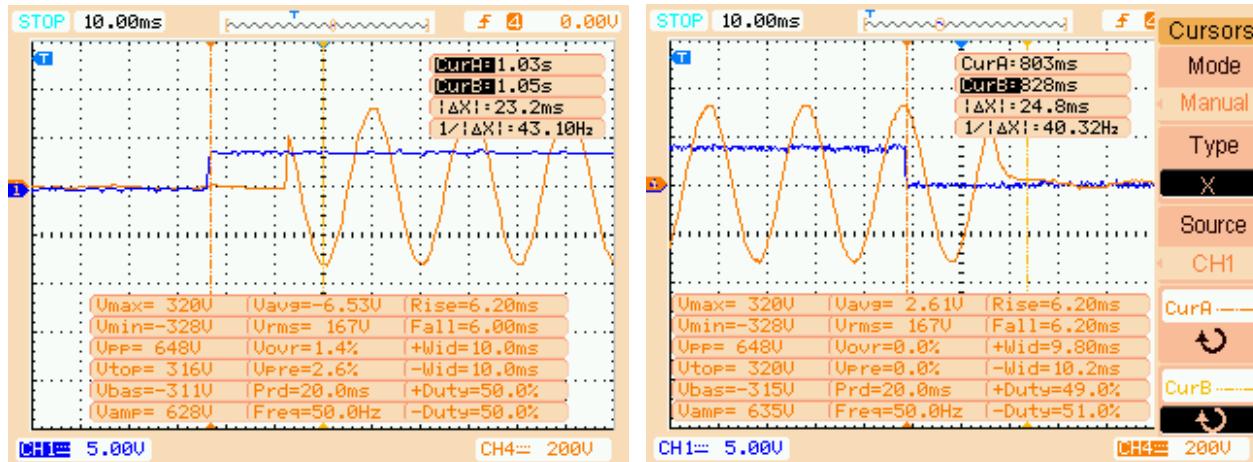
Ground-Fault Circuit Interrupter			
Leakage Current(mA)	Resistor Load (kΩ)	Shock to relay (ms)	Fault to relay (ms)
3.29	70	1190	272
3.54	65	600	144
3.83	60	100	83
4.18	55	63.2	51.2
4.6	50	33.2	31
5.11	45	11	8.08
5.75	40	18.8	18.4



រូប 4. 15 រយៈពេលនៃការសក់ឆ្លាត់ និងការលើកប្រព័ន្ធដែល

៤.៥ ការពិនេាចន់ Signal Power Relay & Coil Relay

យោងទៅតាម រប 4. 16 យើងអាចសង្គតយើងពី relay ដែលយើងយកមកប្រើគឺត្រូវការ រយៈពេល ~24 ms ដើម្បីឆ្លាប់ ប្រពុញចា។



(៩). Relay Drive និង Relay Coil (Turn on)

(១០). Relay Drive និង Relay Coil (Turn off)

រប 4. 16 ប្រព័បណ្តុះបរាងនឹង relay drive និង Relay Coil

៥.៦ និត្យលេខយុទ្ធភាពនៃថ្លែងតំបន់ថ្លែងអត្ថបន្ទាន់និងតម្លៃកម្រិត ១**៥.៦.១ ការសារកចាមយុទ្ធភាពនៃថ្លែងអត្ថបន្ទាន់និងតម្លៃកម្រិត ៦ A**

យោងទៅតាម ពាក្យ 4. 2 ការសារកចាមយុទ្ធភាពនៃថ្លែងអត្ថបន្ទាន់និងតម្លៃកម្រិត ៦ A នឹងលក្ខណៈ 6 A តីត្រូវការរយៈពេល ៥ម៉ោង ៣០នាទី ដើម្បីសារកបាន 20 % ចំណោកចរន្តជាក់ស្អែង 5.98 A តង្គស្អែង 222.9 V អនុកាត 1.319 kW សីគុណភាពតី 58 °C (តម្លៃមធ្យមភាគត) ដើម្បីប្រាក់ប្រាក់ ៦.១៥ kWh ។

ពាក្យ 4. 2 ការពិសោធន៍ប្រើប្រាក់ចរន្តដើម្បីសារកចាមយុទ្ធភាពនៃថ្លែងអត្ថបន្ទាន់និង 6 A

Set Current 6 A (Battery 30.5 kWh)						
Time (h)	Energy (kWh)	Percent (%)	Voltage (V)	Current (A)	Power (W)	Temperature (°C)
0	0.02	20	221.7	5.82	1276	31.1
0.5	0.72	23	220.4	5.92	1296	53.8
1	1.26	24	222.9	6.01	1329	60
1.5	1.79	25	224.6	6	1333	60.8
2	2.62	28	223.4	5.89	1302	61.5
2.5	2.92	30	221.9	6	1319	61
3	3.5	32	220.9	5.97	1306	61.7
3.5	4.12	34	224.2	6.05	1343	61.9
4	4.82	36	223.7	6.07	1345	62
4.5	5.52	38	224.4	6.04	1345	62.1
5	6.15	40	224.1	5.96	1320	62.2
Average			222.9	5.98	1319.5	58

៤.៦.២ ការសាកលាច្បាយចំណេះតម្លៃសារតម្លៃបាន 9 A

យោងទៅតាម ពាក្យ 4. 3 ការសាកដាមូយរចយនអតិសនីជាក់ស្តីដែលមានកម្រិតថាមពលចូល 30.5 kWh ត្រួតពេលវេលាបន្ទាន់ 9 A តើត្រូវការយេទេល 3 ម៉ោង 47នាទី ដើម្បីសាកបាន 20 % ចំណោកចរន្តជាក់ស្តីដែល 9.38 A តង់ស្រួល 216.78 V អនុភាព 2.03 kW សីតុណ្ឌភាពតី 61.35 °C (តម្លៃមធ្យមភាព) ដែលប្រើប្រាស់ថាមពលអស់ 6.69 kWh ។

ពាក្យ 4. 3 ការពិសោធន៍យប្រើប្រាស់បន្ទាន់ដើម្បីសាករចយនអតិសនី 9 A

Set Current 9 A (Battery 30.5 kWh)						
Time (h)	Energy (kWh)	Percent (%)	Voltage (V)	Current (A)	Power (W)	Temperature (°C)
0	0.07	46	214.3	9.09	1941	30.1
0.5	1.01	49	216.5	9.32	2010	60.4
1	2.05	51	217.7	9.35	2027	65.4
1.5	3.07	54	215.1	9.44	2023	66.5
2	4.08	58	216.7	9.43	2037	66.9
2.5	5.13	60	217.9	9.47	2056	67.1
3	6.15	62	218.6	9.48	2064	67.2
3.28	6.69	65	217.4	9.45	2047	67.2
Average			216.775	9.37875	2025.625	61.35

៤.៦.៣ ការសាកលាច្បាយចំណេះតម្លៃសារតម្លៃបាន 12 A

យោងទៅតាម ពាក្យ 4. 4 ការសាកដាមូយរចយនអតិសនីជាក់ស្តីដែលមានកម្រិតថាមពលចូល 30.5 kWh ត្រួតពេលវេលាបន្ទាន់ 12 A តើត្រូវការយេទេល 2 ម៉ោង ដើម្បីសាកបាន 20 % ចំណោកចរន្តជាក់ស្តីដែល 12.69 A តង់ស្រួល 215.56 V អនុភាព 2.73 kW សីតុណ្ឌភាពតី 63.58 °C (តម្លៃមធ្យមភាព) ដែលប្រើប្រាស់ថាមពលអស់ 5.97 kWh ។

ពាក្យ 4. 4 ការពិសោធន៍យប្រើប្រាស់បន្ទាន់ដើម្បីសាករចយនអតិសនី 12 A

Set Current 12 A (Battery 30.5 kWh)						
Time (h)	Energy (kWh)	Percent (%)	Voltage (V)	Current (A)	Power (W)	Temperature (°C)
0	0.04	65	216.3	12.69	2737	39.6
0.5	1.87	73	214.7	12.75	2729	68.8
1	3.17	77	216	12.65	2772	70.4
1.5	4.62	80	214.6	12.67	2712	68.5
2	5.97	85	216.2	12.69	2736	70.6
Average			215.56	12.69	2737.2	63.58

៤.៦.៤ ការសារតាមចាប្ត់យោលអត្ថបន្ទូលដីបានដែលបានបង្កើតឡាយបន្ថែមទៅថ្មី 16 A

យោងទៅតាម តារាង 4. 5 ការសារតាមចាប្ត់យោលអត្ថបន្ទូលដីបានដែលបានបង្កើតឡាយបន្ថែមទៅថ្មី 16 A តើត្រូវការយោល 2 ម៉ោង ដើម្បីសារតាម 20 % ចំណោកចរន្តជាក់ស្តី 15.20 A តង់ស្រួល 227.98 V អនុភាព 3.456 kW សីតុណ្ឌភាពតី 65.26 °C (តម្លៃមធ្យមភាព) ដែលបង្កើតឡាយបន្ថែមទៅថ្មី 6.28 kWh ។

តារាង 4. 5 ការពិសោធន៍យប់បន្ថែមទៅថ្មីដើម្បីសារតាមចាប្ត់យោលអត្ថបន្ទូលដី 16 A

Set Current 16A (Battery 30.5kWh)						
Time (h)	Energy (kWh)	Percent (%)	Voltage (V)	Current (A)	Power (W)	Temperature (°C)
0	0.01	80	227.0	15.15	3432	40
0.5	1.68	85	228.5	15.17	3456	70.1
1	3.44	91	228.8	15.18	3464	72.8
1.5	5.42	96	229.4	15.13	3463	71.2
1.8	6.28	100	226.2	15.36	3466	72.2
Average			227.98	15.20	3456	65.26

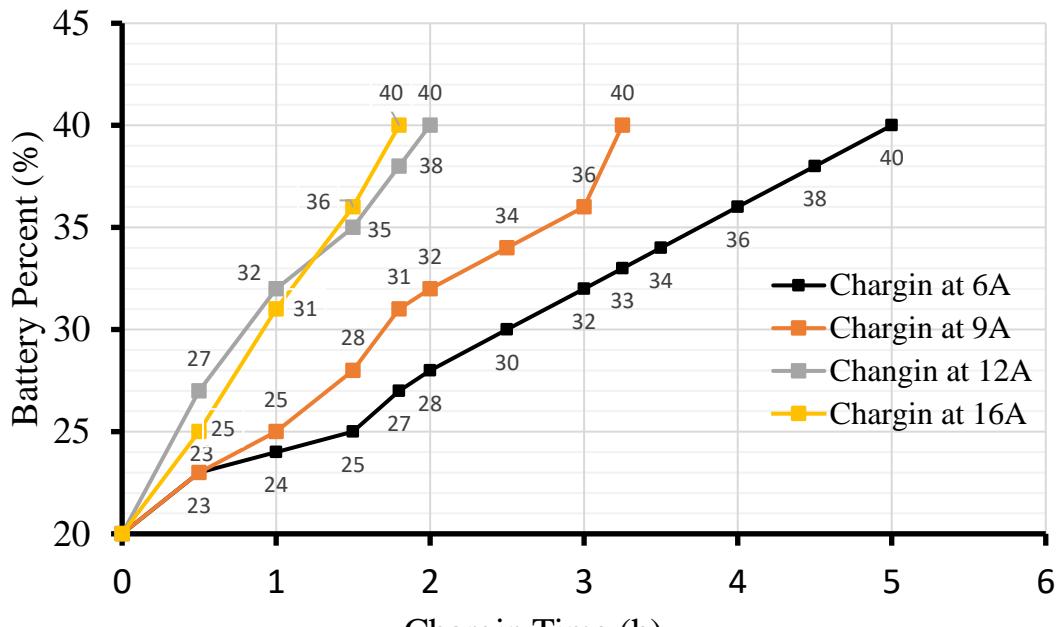
៤.៦.៥ ការគន្លាតិលូល័យចេនបាន

តាមរយៈការពិសោធន៍យក្នុងដំណាក់កាលនីមួយា បន្ទាប់ពីការបង្កើតឡាយបន្ថែមទៅថ្មី 16 A

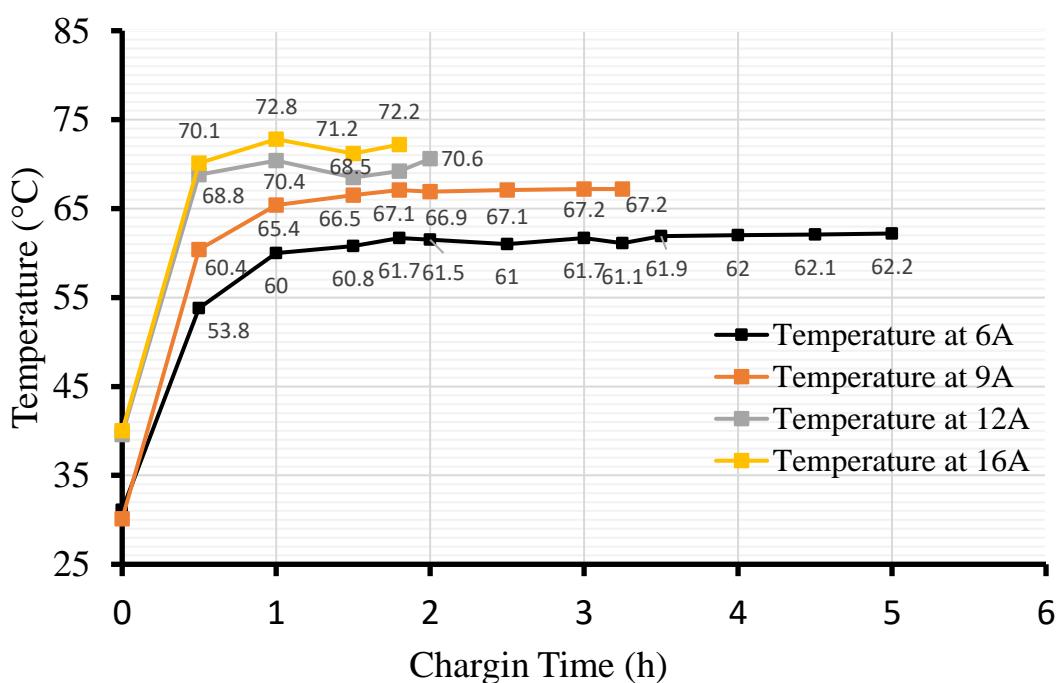
តារាង 4. 6 ខាងក្រោម៖

តារាង 4. 6 ទិន្នន័យពិសោធន៍យក្នុងខ្លួនរបស់ខ្លួនតាមពលរចយោលអត្ថបន្ទូលដីត្រូវបង្កើត ១

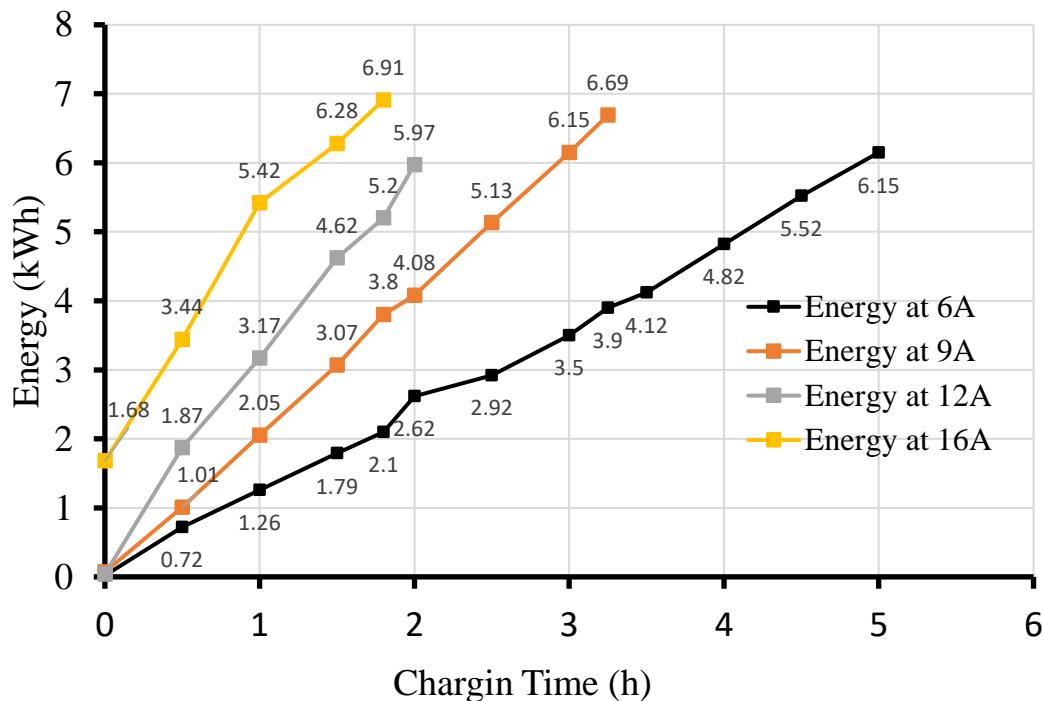
Battery 30.6 kWh	Set Current (A)	Actual Current (A)	Power (kW)	Energy (kWh)	Time (h)	Temperature (°C)
20%	6A	5.98	1319.5	6.15	5.00	58.00
	9A	9.38	2025.6	6.69	3.28	61.35
	12A	12.69	2737.2	5.97	2.00	63.58
	16A	15.2	3456.2	6.28	1.80	65.26



រូប 4. 17 ភាគរយោនដូច និងរយៈពេលវេះការសាក



រូប 4. 18 សីតុណ្ឌកាត និងរយៈពេលវេះការសាក



រូប 4. 19 ចាមណល និងរយៈពេលនៃការសាក

ជំរួន ៥

សេចក្តីផ្តល់នូវធម្មាន

ភិប

ទេស្ថាសម្បែក

ඩීරුණ දේ. පෙරේන්ඩුහාසුලිජ්‍යාව විව මත්තුහාසුලිජ්‍යාව

៥.១ សេចក្តីផ្តើម

បន្ទាប់ពីបានធ្វើការស្ថារជ្រាវ និងពិសោធន៍អភិវឌ្ឍមកប្រព័ន្ធ EVSS Level 1 នេះគឺពិតជាអាចសាករចំយន្តអគ្គិសនីបានពិតប្រាកដដែល ដោយចាមពលដែលប្រព័ន្ធនេះអាចដឹងជាពួនបានតី 3.45 kW ។ ប្រព័ន្ធនេះគឺជាការចាមពល 5 W ដើម្បីដំណើរការប្រព័ន្ធនេះទាំងមូលបាន (Standby Mode) ដោយទំនួរប្រព័ន្ធនេះថែមទាំងអាចលើកប្រើបញ្ជីទៅតាមកន្លែងដែលប្រើបាស់ បុក្បមលក្បខណ្ឌសុវត្ថិភាពមួយចំនួនឡើងដូចជា នៅពេលដែលតីស្ថាបី Undervoltage, Overcurrent និង Overvoltage ប្រព័ន្ធនេះធ្វើការផ្តាញ Power Relay បន្ទាប់មក 1 នាទីក្រោយវានឹងធ្វើការ Auto-Restart ដោយខ្លួនឯង។ GFCI ប្រសិនបើមានចន្លេលេចប្រាបលើសពី 4.6 mA ពេលនោះ Power Relay នឹងធ្វើការផ្តាញប្រព័ន្ធឌីជីថីដំណើរការដោយប្រើបាស់រយៈពេល 33.2 mS ឬប្រាក់ពេលយើងចូច Button Reset ទើបដំណើរការដែលត្រូវបានប្រើបាស់។ Earth Detection នៅពេលដែលមាន earth ត្រូវបានការព័ន្ធផ្សែនតាមតម្លៃតាម 1 HIGH ក៏ដូចនេះប្រសិនបើប្រកបដែលយើងប្រើបាន earth MCU នឹងការប្រព័ន្ធនេះតម្លៃ 0 LOW ពេលនោះ LCD នឹងបង្ហាញថាប្រព័ន្ធនេះយើងមិន earth ។ បញ្ជាក់៖ សម្រាប់ប្រកបដែលមិនមាន earth គឺអាចសាករបានដែលត្រូវបានប្រើបាស់ ក៏ដូចនេះខ្លួន ពេលខ្លួនអគ្គិសនីនឹងធ្វើការផ្តាញប្រព័ន្ធទាំងមូលដោយស្មើយប្រើបាស់ (មិនឱ្យប្រព័ន្ធ EVSS ធ្វើការសាករបន្ទុ) ។ សម្រាប់ខ្លួនរបស់ខ្លួន គឺមានអគ្គិសនីគ្រប់ប្រព័ន្ធ ១ នេះនៅមិនទាន់អាចយកទៅប្រើបាស់សម្រាប់ការសំប្បុចដែលយើងបានប្រព័ន្ធនេះឡើងទេហ្មោះនៅពេលដែលយើងបានប្រព័ន្ធនេះទាំងមូលចូលក្នុងប្រអប់បិទជិតដូចជាដលិតផល ដែលលក់នៅក្នុងទៅផ្លាស់រីយោ យើងសង្គ់តាមយើងបានសិក្សាការ Power relay និង Power Supply គឺកើតរហូតដល់ 72.8 °C (Charging 16 A) ដូចនោះទេះដាច់ខ្លួននេះបានដំណើរការបានទៅតាមអ្នកដែលយើងបានតម្លៃទុកកិត្តមេន ក៏នៅតែមិនទាន់អាចយកទៅប្រើបាស់ទេ តើយើងត្រូវសិក្សាបន្ទូមធ្វើយ៉ាងណាស់កុណ្ឌាការពេញការបាន 60 °C នៅពេលដំណើរការ (ដលិតផលក្នុងទីផ្សារ)។

៥.២ ផលវប្បធម៌

បន្ទាប់ពីបានធ្វើការសិក្សាគម្រោងខាងលើចមក លទ្ធផលដែលទទួលបាននៅមានកម្រិតនូវឡើយ ទោះដោយណាក់ដោយ ការសិក្សាគម្រោងមួយនេះនៅមានការខ្សោះខាតចំពោះការប្រើប្រាស់ប្រចាំថ្ងៃ (Real World Application) ខាងក្រោមនេះជាអនុសាសនីក្នុងការធ្វើការម្រោងនេះឱ្យបានល្អជាដងមន។

តារាង 5. 1 បញ្ហាដែលអាចកើតឡើងពេលដំណើរការគម្រោង

លេខ	ពិពណ៌នាប័បញ្ហា	បញ្ហា	ដំណោះស្រាយ
១.	នៅពេលដែលដោត connector ចូលចិត្តយក relay ធ្វើការភ្លាប់ផ្តាច់ទៅ (state B & C) មិនស្ថិតក្នុង state ណាមួយជាក់លាក់ ។ ប៉ុន្តែនៅពេលដែលផ្តល់ព័ត៌មានស្ថិតយកតាម PWM feedback មកវិញ មិនត្រូវបានបញ្ជី ។	បញ្ហាតីមកពីព័ត៌មានស្ថិតយកពេល supply ទៅឱ្យ Arduino មិនត្រូវបានបញ្ជី ។ ព័ត៌មានស្ថិតយកតាម PWM feedback មកវិញ មិនត្រូវបានបញ្ជី ។	គ្រាន់តែតម្រូវព័ត៌មានស្ថិតយកពេល supply ទៅឱ្យ microcontroller ឱ្យស្ថិតយកតាម PWM feedback មកវិញ មិនត្រូវបានបញ្ជី ។
២.	តម្លៃ analog ដែល microcontroller read នៅពេលដែលដោតខ្សោះ serial និងមិនដោតខ្សោះ serial ទៅឱ្យ microcontroller តើអាចមានតម្លៃខុសគ្នា ដូចនេះតម្លៃដែលត្រូវកំណត់នៃលក្ខខណ្ឌ (state A,B,C,D) តើខុសគ្នា ។	នៅពេលដែលដោតខ្សោះ serial តម្លៃព័ត៌មានស្ថិតយកតាម serial និងពេលមិនដោតតម្លៃដែលត្រូវដោតខ្សោះ serial មួយទៀត ។	ត្រូវកំណត់តម្លៃ threshold ត្រូវបានបញ្ជី ។ (១ សម្រាប់ពេលដោតខ្សោះ serial & ១ សម្រាប់ពេលមិនប្រើខ្សោះ serial)
៣.	ប្រព័ន្ធព្រឹត្តបានធ្វើការដំឡើងទៅតាមការណែនាំនៃប័ណ្ណនៅពេលមិនដោករ	ប្រព័ន្ធរួម EVSS និងចិត្តយកអតិសនិមិនមាន ground reference ឬមួយ	ត្រូវប្រាកដថាទ្រូវបានបញ្ជី ។ (១ Earth & GND នៃស្ថិតយកតាម serial & ១ ស្ថិតយកតាម ground reference ឬមួយ)
៤.	លក្ខខណ្ឌសុវត្ថិភាពអាចនឹង unstable ប្រាប់ព័ត៌មានតម្លៃយកព័ត៌មានស្ថិតយក និងចរន្តជាក់ស្តីដោយ ។	តម្លៃដែលអាចនោះមកធ្វើបានលក្ខខណ្ឌ អាចនឹងប៉ះពាល់ដល់លក្ខណ៍សុវត្ថិភាពរបស់ប្រព័ន្ធយើង	ត្រូវមាន current & voltage sensor ដែលអាចអាចប្រព័ន្ធយើងបានសុវត្ថិភាព
៥.	ចំពោះ GFCI response ក្នុងការ read & write ដើម្បីឱ្យ relay ធ្វើដំណើរការពេល microcontroller read បានលក្ខខណ្ឌ Fault	ដោយសារការប្រើប្រាស់ LCD ដែលបានបញ្ជី ។	ត្រូវប្រើប្រាស់ controller ណាមួយដែលមានសមត្ថភាព read និង write លើក្នុងការដោយប្រើប្រាស់ LCD

		ឡើងដូចនេះវាគ្រោះការណែល (...) ដើម្បី process នូវលក្ខខណ្ឌនេះ	ប្រាស់ LCD ទៅ screen ដែលលើវិនជាន់ (OLED ឬ Nextion screen)
៦.	គ្រឿងផ្លូវការ Earth ឱ្យទៅកាន់រចយនអតិសនី	ប្រាស់វាគាស្ទឹងជាដែល បានកំណត់ឱ្យរចយនអតិសនី។ បើតាន Earth ទៅ នោះនៅពេលសាកបានមួយភ្លាម onboard ធ្វើចំណើរការ រួចភ្លាប់វិញ (ធ្វើចំណាប់ឯង)	គ្រឿងផ្លូវការ Earth ឱ្យប្រព័ន្ធចាំងមូល
៧.	តង់ស្រួលប្រកបណ្តាក់ចុះក្រោម 220V ពេលសាក	តង់ស្រួលប្រកបទាបជាង Load ដែលរចយនគ្រឿទាញ	រកប្រកបណ្តាក់ជាង load របស់រចយន

៥.៣. អនុលោតនៅ

បន្ទាប់ពីបានធ្វើការសិក្សាគម្រោងខាងលើចមក ចំពោះលទ្ធផលដែលទទួលបានគឺថាបានការណ៍ដែលយើងបានបង្កើតមកនេះគឺនៅម៉ោងទាន់ភាពប្រើប្រាស់ជាមួយនឹងការប្រើប្រាស់ស្រួលចំណេះដឹង។ ដូចនេះខាងក្រោមនេះជាអនុសាសន៍ក្នុងការធ្វើការម្រោងមួយនេះខ្លួន ៖

- បន្ទូច Temperature Sensor ដើម្បីតាមដានសិក្សាត្រូវការបស់ប្រព័ន្ធពេលដំណើរការ
- បន្ទូច memory ដើម្បីរក្សាទុកទិន្នន័យ (ងាយស្រួលក្នុងការស្រួលបានក្នុងការប្រើប្រាស់ទិន្នន័យពី Sensor)
- Update code ឱ្យកាន់តែប្រសើរឡើង
- ផ្តាស់ប្តូរ LCD ដែលមាន refresh rate លើវីនដើម្បីនាំយកស្រួលមេិល និងមិនធ្វើឱ្យ Code ដើរបើក
- បន្ទូចមុខងារមួយចំនួនដូចជា relay latched contact detection

ខ្លួន ៦

លោកស្រី

ថីពុក ៦. សេច្ចិកភ្លើង

៦.១ សេច្ចិកភ្លើង

បន្ទាប់ពីបានធ្វើការសិក្សាសារជាតិ, ដំឡើង និងបានជាក់ប្រើប្រាស់សាកល្បងកន្លែងមក យើងបានទទួលបាននូវលទ្ធផលដូចខាងក្រោម ដូចខាងក្រោមដែលបានធ្វើឡើងនៅក្នុងផ្លូវការ នៃការបង្ហាញរបៀបរបាយការណ៍ និងកម្មាធិធានកម្ពស់ បន្ថែមទាំងនេះយើងកំណត់នូវរតម្លេលក់ គោលដៅប្រើប្រាស់ និងទិន្នន័យដែរ។

៦.២ តារាងផលកម្មាធិធាន

តារាងខាងក្រោមនេះគឺជាការចំណាយទៅលើគ្រឿងបង្កើដែល យើងបានធ្វើសរើសយកមកប្រើប្រាស់។ កាលបរិច្ឆេទដែលបានកំណត់ឡើងនេះ គឺត្រូវបានកំណត់ឡើងនៅក្នុងប្រព័ន្ធដែលបានបង្ហាញនៅក្នុងកម្មាធិធាន។

ល.រ	ឈ្មោះគ្រឿងបង្កើ	Model	បរិមាណ	តម្លៃសរុប (₹)	ពេញចិញ្ជី
៩	Capacitor	101			
		103			
		104			
		1uf	11	8000	
		10uf			
		220uf			
១០	Resistor	220			
		100			
		150			
		220			
		330			
		680			
		1k	25	10000	
		10k			
		100k			
		120k			
		150k			
១១	Diode	210k			
		500k			
១២	LED	1N4148			
		M7	3	2000	
១៣	OP-AMP	3mm	10	2000	
		LM358	2	4000	
១៤	POWER SUPPLY	HI-LINK			
		IA1212S-2W			
		MINI-BUCK	3	35000	
១៥	FUSE	20A	1	1000	
១៦	SWITCH	PBS-11	3	2000	
១៧	MCU	Arduino NANO	1	14000	

៩០	Power Relay	IM-NE801	1	30000	
៩១	Transistor	J4Y	1	1000	
៩២	Varistor	S10K275	1	1000	
៩៣	Pin Header	01x09	9	15000	
៩៤	JST	01x04 01x02	5	10000	
៩៥	Terminal Block	01x02	5	4000	
៩៦	Cable Gland	M12 M24	2	6000	
៩៧	Wire	12AWG	3	20000	
៩៨	Plug and Socket	32A Industrial Plug and Socket	1	12000	
៩៩	3D print	Esun 3D printing filament PLA+ black 1.75mm 1kg	1	80000	
១០	Phillip Screw	M3 M4	2	2000	
១១	PCB + Shipping			60000	
១២	Current Transformer		2	8000	
១៣	LCD	LCD 20x04	1	6000	
១៤	EV Connector	GB/T 20234.2	1	300000	
សរុប				633000	

៦.៣ ការចំណាយលើកម្មវែតនាគម្ពុជា

កល់ការដលិតទាំងអស់ ច្បាស់ណាស់តែងពេមានការចំណាយលើកម្មវែតនាគម្ពុជា នៅក្នុងការបង្កើតលើក្រោងនេះ យើងបានបញ្ជាញទាំងកម្មវែតនាគម្ពុជាកាយ និងកម្មវែតនាគម្ពុជាដីឡូដីម្ខីចេញបានដលិតផលសម្រេចម្ពុយ។ ដោយការខិតខ្សែងប្រែងទាំងនេះ យើងក៏បានរួមបញ្ចូលកម្មវែតនាគម្ពុជាដឹកម្មួយយ៉ាងសំខាន់នៅក្នុងដំណើរការឱ្យចេញបានដលិតផលនេះ។ ឧបនក្រាមនេះគឺជាធាទិកចំណាយលើកម្មវែតនាគម្ពុជាសុបសប្រាប់ក្រោងម្ពុយនេះ។

ចំណាយ	ជកតា	តម្លៃរាយ	តម្លៃសរុប	ធ្វើដោយ
កម្មវែតនាគម្ពុជានៅថ្ងៃ	3	10\$	30\$	
កម្មវែតនាគម្ពុជា	សរុបក្នុងរយៈពេល ១ខែ		900\$	

៦.៤ ការគំនាល់តម្លៃទីតាំង

ឧបករណ៍ផ្តល់ជូនដល់ចាមពលរចយនអតិសនិកក្រុម ១ នេះគឺមានតម្លៃការខ្សោះក្នុងពេលបច្ចុប្បន្ន និងពេលអនាគត ពីព្រះទ្វានអតិសនិនឹងនាំចូលក្នុងប្រទេសកាន់តែប្រើប្រាស់ដូចដែលយើងបានដឹងអំពីព័ត៌មាននៃការបង្កើតស្ថានពីឧបនក្រាមនេះ។ ហើយ យើងនឹងជាក់លក់ខ្លួនឯងបានដោយតម្លៃសមរម្យ រាយការណ៍ទូលាយការបង្កើត។

ការចំណាយ	តម្លៃរាយ	តម្លៃដុល្លារ	ធ្វើដោយ
ក្រុម ១	633000	154	
កម្មវែតនាគម្ពុជា	1435000	350	

កំណត់តម្លៃលក់	តម្លៃរាយ	តម្លៃដុល្លារ	ធ្វើដោយ
ក្រុម ១	633000	154	
ប្រាក់ចំណោម	40%	40%	
សរុប	886200	216.14	

៦.៥ នោរបែវព្រឹក្បាស់ សិលជីថ្វារ

ၬ.၂.၁ လေဆိပ်အေးပြုချုပ်ဆန်

- សម្រាប់អគ្គិភីជនបឹងប្រាស់: EVSS តើជាខករណ៍ដែលអ្នកបឹងប្រាស់រចយន្តអគ្គិភីត្រូវការប្រាស់បឹងប្រាស់ខករណ៍សាកនេះទេនឹងមិនអាចផ្តល់ចាមពលទៅកាន់រចយន្ត ដើម្បីធ្វើដំណើរបន្ទាត់ទៅការប្រាស់បឹងប្រាស់ខករណ៍សាកនេះទេ។ ឧបាណរណ៍នៅពេលដែលធ្វើដំណើរទៅតាមខេត្ត ឬកំពង់ដែលមានប្រជាធិបតេយ្យ តិចតុច ចាមពលអគ្គិភីអាចនឹងមិនមានប្រប់គ្រាន់ក្នុងការបឹងប្រាស់ដើម្បីសាកនេះទេ ដូចនេះហើយអ្នកបឹងប្រាស់អាចកំណត់ថវិនការសាកិត្យសម្របទៅតាមទីតាំងដែលមានចាមពលអគ្គិភីខ្សោយនោះបានដោយត្រូវយករាម
 - សម្រាប់ការស្រាវជ្រាវ: គម្រោងមួយនេះអាចផ្តល់ភាពងាយស្រួលទៅដែលអ្នកសិក្សាភ្លាហ័ណ្ឌបានបន្ទាត់ដែលអាចធ្វើការពីសោចក្តី និងអភិវឌ្ឍន៍គម្រោងមួយនេះឱ្យកាន់តែប្រសើរឡើង អ្នកស្រាវជ្រាវបានបន្ទាប់អាចយកគម្រោងមួយនេះធ្វើជាយុប៉ាប៉ែជាបានកសារក្នុងការសិក្សាភ្លាហ័ណ្ឌ និងអនុវត្តបន្ទូមបែង Level 2 (Commercial) និង Level 3 charge station ។

ၬ.၂.၁ အောက်ဖော်ပြန်ခွင့်

ବିଜ୍ଞାନରେତ୍ତା

ឯកសារយោង

- [1] M. Carlier, "Norway: forecast electric vehicle revenue by vehicle type 2016-2028," 15 Sep 2023. [Online]. Available: <https://www.statista.com/statistics/1413404/norway-forecast-electric-vehicle-revenue-by-vehicle-type/#statisticContainer..> [Accessed 16 Jan 2024].
- [2] រាជរដ្ឋាភិបាលកម្ពុជា, "គោលនយោបាយជាតិ ស្តីពី ការអភិវឌ្ឍន៍សំយោនយន្តអគ្គិសនី ២០២៤-២០៣០," p. 4, 29 May 2024.
- [3] E. Charger, "Types of Charging Stations: Exploring Level 1, Level 2, and DC Fast Chargers," Econg Charger, 22 Sep 2023. [Online]. Available: <https://www.linkedin.com/pulse/types-charging-stations-exploring-level-1-2-dc-fast-chargers..> [Accessed 2024].
- [4] J. R. H. Ramakrishnan, "Power Topology Considerations for Electric Vehicle Chagring Stations," Texas Instruments , Dallas, Texas, 2020.
- [5] "Alternating current," [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Alternating_current#Transmission,_distribution,_and_domes tic_power_supply.. [Accessed 28 May 2024].
- [6] ""ALTERNATING CURRENT," in Chapter Seven.".
- [7] OpenEVSE, "Electric Vehicle Charging," OpenEVSE, 2023.
- [8] T. I. Incorporated, "Untangling electric vehicle chargers – Exploring standards," Texas Instruments Incorporated, 2024. [Online]. [Accessed 05 2024].
- [9] "Basics of Operational Amplifiers and Comparators (Application Note)," Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation, 2021-03-26.
- [10] B. E. Ali Bahrami, "EV Charging Definitions, Mode, Levels, Communication Protocols and Applied Standards," ResearchGate, Jan 2020.
- [11] I. Wikimedia Foundation, "en.wikipedia.org," SAE J1772 , [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/SAE_J1772#cite_note-20.. [Accessed July 2024].
- [12] I. Wikimedia Foundation, "Wikimedia Foundation, Inc.," Combined Charging System, [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Combined_Charging_System.. [Accessed July 2024].
- [13] A. P. SHENZHEN, "EXCEL|MATE CC," AMPHENOL PCD SHENZHEN, SHENZHEN,CHINA.
- [14] I. Wikimedia Foundation, "Wikimedia Foundation, Inc.," GB/T charging standard, [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/GB/T_charging_standard.. [Accessed July 2024].
- [15] V. S. T. F. S. MOBILITY, "EV High Voltage On-Board Charger," Valeo SMART TECHNOLOGY FOR SMARTER MOBILITY, 2023.
- [16] J. R. H. ramakrishnan, "Power Topology Considerations for Electric Vehicle Charging Stations," Texas Instruments Incorporated, Texas Instruments, Dallas, Texas, , September 2020.
- [17] microdiode.com, "SOT-23 Plastic-Encapsulate Transistors Rev2024A1".
- [18] "PZEM-004T V3.0 User Manual," innovatorsguru.com.
- [19] L. Shenzhen Hi-Link Electronic Co., "hlktech.net," Hi-Link, 2021. [Online]. Available: <https://hlktech.net/index.php?id=132&cateid=732..>

- [20] L. Delus Guangzhou Electronic Technology CO., "IA/IE-1W ~ 2W Series," Guangzhou , 2016.
- [21] T. I. Incorporated, "Level 1 and Level 2 Electric Vehicle Service Equipment (EVSE) Reference Design," Texas Instruments Incorporated, Post Office Box 655303, Dallas, Texas, 2016.
- [22] KiCad, "KiCad," [Online]. Available: <https://www.kicad.org/about/kicad/>. [Accessed 04 June 2024].
- [23] "KiCad logo," KiCad, [Online]. Available: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/59/KiCad-Logo.svg/2560px-KiCad-Logo.svg.png>. [Accessed 28 June 2024].
- [24] "Arduino Logo," [Online]. Available: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/87/Arduino_Logo.svg/2560px-Arduino_Logo.svg.png. [Accessed 28 June 2024].
- [25] Wikipedia, "Wikipedia," LTspice, [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/LTspice>. [Accessed 04 June 2024].
- [26] "Linear Technology," [Online]. Available: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/ae/Logo_Linear_Technology.svg/2560px-Logo_Linear_Technology.svg.png. [Accessed 28 June 2024].
- [28] T. K. TODAY, "The number of registered electric vehicles in Cambodia will increase to 1335 units by 2023, an increase of more than 82%," THE KHMER TODAY," T. K. TODAY, 29 Feb 2024. [Online]. Available: <https://thekhmertoday.com/public/index.php/news/detail/711..> [Accessed 08 April 2024].
- [29] M. Mathew, "Cambodia expects over million EVs by next decade," KHMER TIMES,, 09 Feb 2024. [Online]. Available: [https://www.khmertimeskh.com/501437127/cambodia-expects-over-million-evs-by-next-decade/#:~:text=Cambodia%20is%20expecting%20to%20have,Works%20and%20Transports%20\(MPWT\)...](https://www.khmertimeskh.com/501437127/cambodia-expects-over-million-evs-by-next-decade/#:~:text=Cambodia%20is%20expecting%20to%20have,Works%20and%20Transports%20(MPWT)...) [Accessed 08 April 2024].
- [30] ENERGY.GOV, "ENERGY.GOV," The History of the Electric Car, 15 Sep 2014. [Online]. Available: <https://www.energy.gov/articles/history-electric-car>. [Accessed 08 April 2024].
- [31] C. K. a. M. N. Sadiku, "Chapter 9 Sinusoids and Phasors in Fundamentals of Electric Circuits (Fifth Edition) p. 370.," The McGraw-Hill Companies, Inc., United States of America, 2013.
- [32] O. Semiconductor, "P2N2222A/D," Semiconductor Components Industries, January, 2013 – Rev. 7.

ଓଡ଼ିଆ

ឧបសម្ព័ន្ធ

ឧបសម្ព័ន្ធ-ក

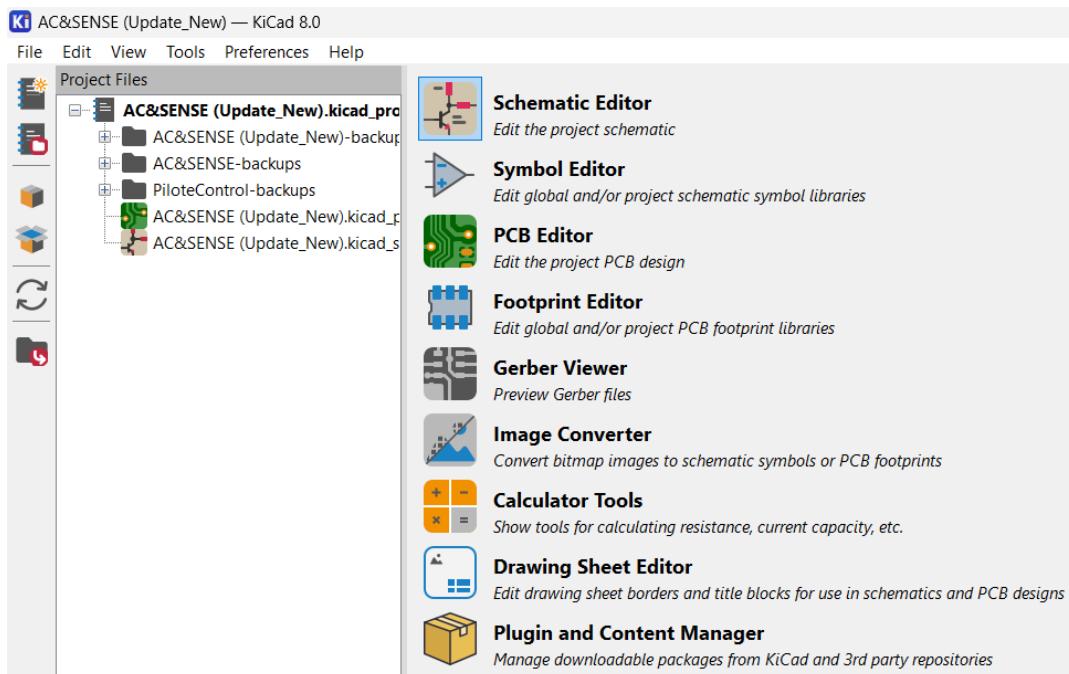
តម្លៃទការដំឡើក Software

ក. KiCad

KiCad គឺជាប្រពេទកម្មវិធីប្រកពបៀកចំបា (Open source) ដែលមានតួនាទីសមស្របសម្រាប់អ្នកបច្ចនោះផ្តល់ជូន (Electronic Design Automation AKA EDA) ។ កម្មវិធីនេះមានមុខងារជាប្រពេទដូចជា៖ គូស Schematic, រចនា PCB ដែលអាចបង្កើតឯករាជ្យជាអំពីរក្សាសម្រាប់អ្នកបច្ចនោះផ្តល់ជូន CNC ។ កម្មវិធីនេះអាចដំណើរការលើប្រពេទប្រពេទភាពធនធាន Window, Linux និង MacOS ដែលមានអាជ្ញាប់ឆ្លើនស្ថិតក្រោមការគ្រប់គ្រងរបស់ GNU General Public License v3 (GNU GPL v3) ។ គោលដៅនៃកម្មវិធី KiCad នេះ គឺជាប្រពេទកម្មវិធីរចនាឨេច្ចិថត (EDA) ឆ្លងផ្លូវការ (cross platform) ល្អបំផុត សម្រាប់អ្នកដែលមានជនាងរចនាសៀវភៅនឹងកម្មវិធី [22] ។



រូប ក. 1 KiCad Logo [23]



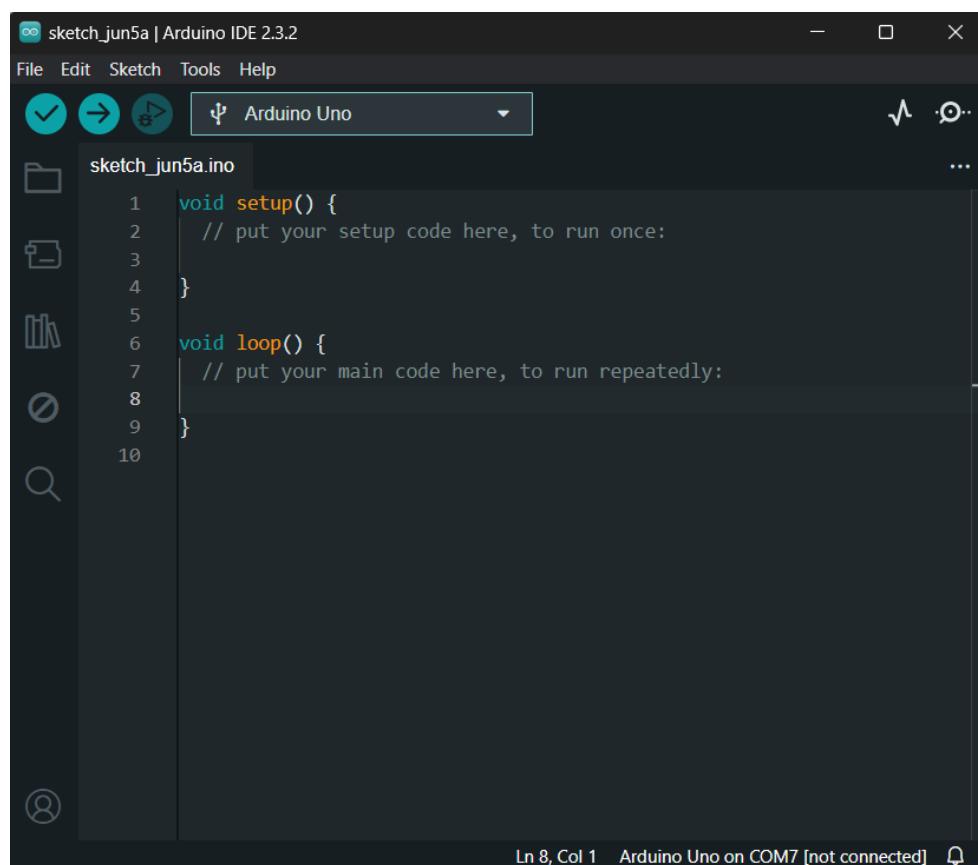
រូប ក. 2 ផ្ទាំង Interface របស់កម្មវិធី KiCad

៤. Arduino IDE

Arduino IDE (Integrated Development Environment - បិរស្ថានអភិវឌ្ឍន៍ចម្លោះ) គឺជាកម្មវិធីប្រកាសបើកចំហេ (Open Source) ដែលមានក្នុងខ្លួនខ្លួនដូចគ្នា សរស់រក្សាទិញ (Programming) ដែលយកទៅបញ្ហាប្រព័ន្ធដំណើរការ Hardware Board របស់គេដោយ Arduino Board ជាមួយនឹងការសរស់រក្សាទិញការសម្រាប់ប្រព័ន្ធបច្ចុប្បន្នការដោះស្រាយ។ កម្មវិធីនេះគឺជាកម្មវិធីប្រព័ន្ធឌីជីថី (Digital) ដែលអាចដំឡើងការលើប្រព័ន្ធបច្ចុប្បន្នបាន។ Arduino IDE មាន Library និង Tools ជាព្រឹនសម្រាប់ដំនួយដែលការប្រើប្រាស់ទៅកាន់ Users។



រូប ក. 3 Arduino Logo [24]



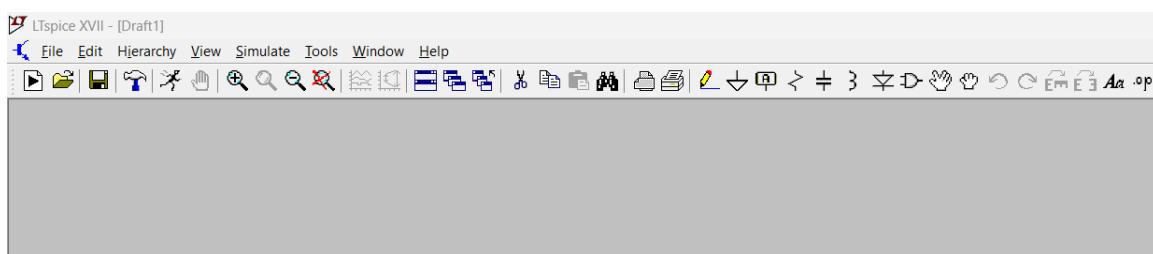
រូប ក. 4 ផ្ទាំង Interface របស់កម្មវិធី Arduino

៤. LTSpice

LTspice ជាកម្មវិធីសម្រាប់ធ្វើការ Simulation ទៅលើសៀវភៅអេឡិចត្រូនិកនៅលើកំពុងទី ដែលបង្កើតឡើងដោយក្រុមហ៊ុន Analog Devices (Originally by Linear Technology)¹។ LTspice ផ្តល់នូវការគូស Schematic ដែលអាចធ្វើការ Simulate លើសៀវភៅអេឡិចត្រូនិកដែលយើងបានគូសក្នុងកម្មវិធីនោះ។ ដោយការ Simulation នេះ យើងអាចធ្វើការមើលទៅលើដំណើរការ និងចារកលក្អណៈរបស់គ្រឹងបង្កុះ និងសៀវភៅដែលយើងបានប្រើប្រាស់។ យើងអាចមើលទៅលើ Waveform ដែលមានបង្កាញពី Transient, Noise, AC, DC, DC transfer function [25]។ ការធ្វើ Simulation នៅលើកម្មវិធីនេះ បានបង្កាញនូវដំណើរការ និងចារកលក្អណៈស្ថើរកមានប្រសិទ្ធភាព 100% ដូចនឹងដំណើរការនៃគ្រឹងបង្កុះ និងសៀវភៅពីកន្លែងក្រោម (real-world application)¹

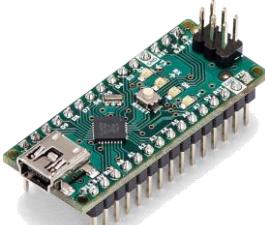
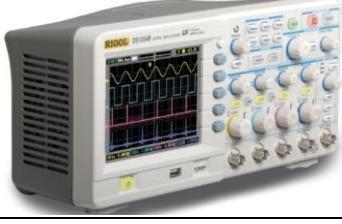


រូប ក. 5 Linear Technology Logo [26]



រូប ក. 6 ផ្ទើង Interface របស់កម្មវិធី LTspice

តម្លៃទិន្នន័យ Hardware

ល.រ	ឈ្មោះ	ចំនួន	រូបភាព
1	Arduino NANO	1	
2	GB/T 20234.2-2015	1	
3	Oscilloscope	1	
4	Oscilloscope probe	1	
5	Rigol RP1100D High Voltage Differential Probe	1	
6	Multimeter	1	

7	Clamp meter	1	
8	MCB	1	
9	Electric Vehicle	1	

DATASHEET

- LM 358



DATA SHEET
www.onsemi.com

Single Supply Dual Operational Amplifiers

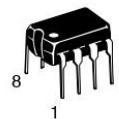
LM258, LM358, LM358A, LM358E, LM2904, LM2904A, LM2904E, LM2904V, NCV2904

Utilizing the circuit designs perfected for Quad Operational Amplifiers, these dual operational amplifiers feature low power drain, a common mode input voltage range extending to ground/ V_{EE} , and single supply or split supply operation. The LM358 series is equivalent to one-half of an LM324.

These amplifiers have several distinct advantages over standard operational amplifier types in single supply applications. They can operate at supply voltages as low as 3.0 V or as high as 32 V, with quiescent currents about one-fifth of those associated with the MC1741 (on a per amplifier basis). The common mode input range includes the negative supply, thereby eliminating the necessity for external biasing components in many applications. The output voltage range also includes the negative power supply voltage.

Features

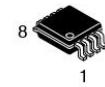
- Short Circuit Protected Outputs
- True Differential Input Stage
- Single Supply Operation: 3.0 V to 32 V
- Low Input Bias Currents
- Internally Compensated
- Common Mode Range Extends to Negative Supply
- Single and Split Supply Operation
- ESD Clamps on the Inputs Increase Ruggedness of the Device without Affecting Operation
- NCV Prefix for Automotive and Other Applications Requiring Unique Site and Control Change Requirements; AEC-Q100 Qualified and PPAP Capable
- These Devices are Pb-Free, Halogen Free/BFR Free and are RoHS Compliant



PDIP-8
N, AN, VN SUFFIX
CASE 626

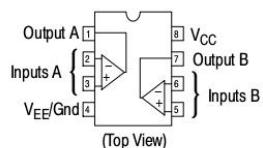


SOIC-8
D, VD SUFFIX
CASE 751



Micro8™
DMR2 SUFFIX
CASE 846A

PIN CONNECTIONS



ORDERING INFORMATION

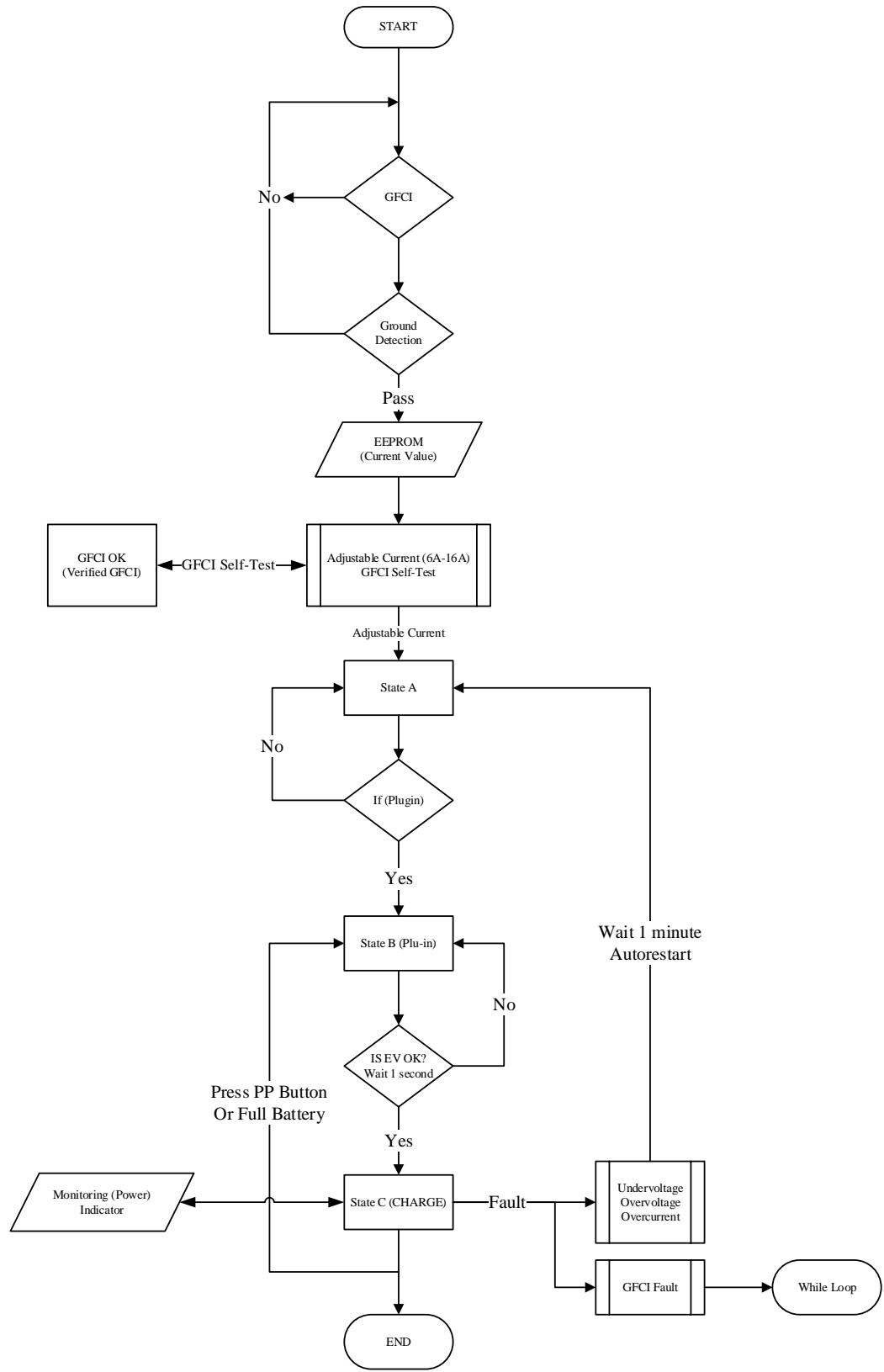
See detailed ordering and shipping information on page 10 of this data sheet.

DEVICE MARKING INFORMATION

See general marking information in the device marking section on page 11 of this data sheet.

ឧបតម្លៃខ្លួន

Flow of code



រូប ២. ១ Flow of code

QR Scan (Code, Circuit, 3D File, Book)