

ក្រសួងការការណ៍ និងការអប់រំ  
MINISTRY OF LABOR AND VOCATIONAL TRAINING

ជាតិភាសាអាស៊ាន និងបច្ចេកទេសកម្ពុជា  
NATIONAL POLYTECHNIC INSTITUTE OF CAMBODIA

បច្ចេកទេស និងបច្ចេកទេស  
FACULTY OF ELECTRONIC ENGINEERING

ប្រធានបទបញ្ជាក់

ប្រព័ន្ធបាន់សេវាបច្ចុប្បន្ន និងបច្ចេកទេសកម្ពុជា

បច្ចេកទេស និងបច្ចេកទេសកម្ពុជា: GSM-LoRa

Water Pressure and Flow Monitoring System  
with GSM-LoRa Data Transmission

ីម ថាល់ណា

TOEM PHANNA

ហុង សុខនុរាង

HONG SOKUNNORAK

ធម៌ ពេជ្រពណ្ឌនារ៉យ

THO PECHPORN NAREAY

ខ្លួន ២០២៣

# ଓଡ଼ିଆମନ୍ତ୍ରାଳ

## ప్రెతస్తాప్తులక్షీబాణిక్షుభాగ

ជាកិច្ចពេលស្តុងយើងខ្ញុំទាំងអស់ត្រាគានិស្សិតចូកកំបរិញ្ញាបត្របច្ចេកវិទ្យាង្វំទី៤ ជំនាញទី១៥ មហាវិទ្យាល័យ នៃវិបត្រនិភ័យ និងវិទ្យាសាស្ត្រ ជាកិច្ចបុប្ផបច្ចេកទេសកម្មជាដែលមានសមាជិកចំណុះ ៣ រូប៖

9. සිංහ ප්‍රසාද

ગ. હૃદ સ્વરૂપાનાના

က. ဘုရားရဟန်

សូមថ្លែងអំណាកគុណដោយភីគោរពដីខ្ពង់ខ្ពស់បំផុត និងដោយភីកត្តិត្រូវតាមមីជីជំនះខ្លួន កុណដីជីរភីប្រើបង្កើមតាំបាន ចំពោះអ្នកមានកុណទាំងពីរបស់យើងខ្ញុំទាំងអស់ត្រូវដែលលោកបានផ្តល់កំណើត និងចិត្តីមបីបានចំពោះក្រោទនុកបម្រួលព្រមទាំងផ្តល់នូវដំបូន្ទានល្អ ដល់កុនដែលប្រកបដោយព្រហ្មវិហារមីជីលូ ប្រព័ន និងធ្វើធនលីកម្មគ្រប់យ៉ាងទាំងកម្បាំងកាយ កម្បាំងចិត្ត ប្រាជ្ញា និងសម្បារៈដោយមិនគិតពីការនឹៅយណាយ ដើម្បីដោយកុនងានសិក្សាបេក្ខដល់ទទួលបានជាតិជីយជាសាធារ។

## ជាតិសេសសុមថ្វីងអំណារគុណចំពោះ៖



ជាទីបញ្ញប់ក្រុមយើងខ្ញុំសូមប្រសិទ្ធបនដីយដល់អ្នកមានគុណ លោកត្រូវ អ្នកត្រូវ និងសារក្នាតាយទាំងអស់សូមជួបទៅសេចក្តីសុខ និងសុខភាពល្អទុលបានជាគីយជំនះគ្រប់ពេលវេលា និងគ្រប់ការកិច្ច។

## នគរបាល

### ឌីជីថទ្ទី

ប្រព័ន្ធកសសម្ងាត់ និងលំហូរទឹកជាមួយការបញ្ចុនទិន្នន័យតាមរយៈ GSM-LoRa ធាប្រព័ន្ធមួយដែលមានសមត្ថភាពក្នុងការវាយសំសម្ងាត់ និងលំហូរទឹករួចបញ្ចុនទិន្នន័យទៅកាន់អ្នកប្រើប្រាស់ដោយបានធ្វើការពិសោធន៍ា ៣ស្តានីយ្យមេខាងក្រោម និងស្តានីយមេ (1<sup>st</sup> Sub-station & 2<sup>nd</sup> Sub-station) និងស្តានីយមេចំនួន១ (Main Station) ដែលមានទីតាំងដោយស្តី។ ប្រព័ន្ធនេះដំណើរការក្នុងការវាយសំសម្ងាត់ និងលំហូរទឹកនៅអនុស្តានីយទាំងពីរ (1<sup>st</sup> Sub-station & 2<sup>nd</sup> Sub-station) រួចធ្វើការបញ្ចុនទិន្នន័យតាមរយៈ LoRa ជាអំពីរបៀបដោយស្តានីយមេ (Main Station) ស្តានីយមេ (Main Station) មានក្នុងការទទួលយកទិន្នន័យពីអនុស្តានីយទាំងពីរ រួចបញ្ចុនទិន្នន័យទៅកាន់អ្នកប្រើប្រាស់តាមរយៈ GSM (SMS) ដែលអាចបង្ហាញទិន្នន័យនៅក្នុងទូរសព្ទដែរ។ ទន្លះនឹងនេះយើងក៏អាចធ្វើការស្នើ (Request) ក្នុងការត្រួតពិនិត្យទិន្នន័យបានភាពមានដំឡើងចាប់ពីរហូតដល់ម៉ោងកំណត់បញ្ចុនទិន្នន័យ និងអាចរក្សាទុកទិន្នន័យចូលទៅក្នុង SD Card បានដឹងដែរ។ ប្រព័ន្ធនេះត្រូវបានធ្វើការរចនាដោយដឹងដោយអ្នកប្រើប្រាស់ដោយស្រាវជ្រាវដែលបានផ្តល់ព័ត៌មានពីការត្រួតពិនិត្យសម្ងាត់ និងលំហូរទឹកនៅទីកន្លែងដែលមានចម្ងាយឆ្លាយដែលត្រូវចំណាយពេលវេលាទៅត្រូវពិនិត្យដែលទទួលទិន្នន័យតាមរយៈការបញ្ចុនប្រព័ន្ធ ដូចជាស្ថាបន្ទូរការលេចឆ្លាយទឹកដោយមិនបានដឹងដឹង ដូចជាមួយការផ្តល់ផ្តើម និងការគ្រប់គ្រងប្រព័ន្ធនៅក្នុងប្រព័ន្ធនេះ។

## មេគោល

ឈាមនឹងក្រសួង

### ចំណាត់ថ្នូរ

ទំព័រ

លិខិតអនុញ្ញាត.....	i
សេចក្តីផ្តើមអង្គភាព.....	ii
មុនសម្រួល .....	iii
មាតិកា .....	iv
បញ្ជីបន្ទាត .....	viii
បញ្ជីតារាង .....	x
បញ្ជីអក្សរកាត់.....	xi
<b>ចិត្តទទួល. សេចក្តីផ្តើម.....</b>	<b>1</b>
១.១ ការពិពណ៌នាអូឡឺ .....	1
១.២ មូលហេតុនៃការង្រឿសអីសតម្រាងស្រាវជ្រាវ .....	1
១.៣ គោលបំណងនៃការសិក្សាតម្រាង .....	2
១.៤ សារៈសំខាន់នៃការសិក្សាតម្រាង .....	2
១.៤.១ សារៈសំខាន់ចំណោះសង្គម .....	2
១.៤.២ សារៈសំខាន់ចំណោះអ្នកសិក្សាស្រាវជ្រាវ .....	3
១.៥ ដែនកំណត់នៃការសិក្សា .....	3
១.៦ កាលវិភាគនៃការសិក្សាតម្រាង .....	4
១.៧ រចនាសម្ពន៍នៃការសិក្សាតម្រាងស្រាវជ្រាវ .....	5
១.៨ ប្រវត្តិសង្គមរបស់ប្រព័ន្ធការសំណងធីក .....	6
<b>ចិត្តទទួល. ក្រុមការកំណត់.....</b>	<b>8</b>
២.៩ សេចក្តីផ្តើម .....	8

២.២ ការសិក្សាអំពីប្រព័ន្ធឌីតី	8
២.២.១ សម្ងាត់ទឹក	8
២.២.២ Analog Water Pressure Sensor	9
២.២.៣ លំហូរទឹក	11
២.២.៤ Water Flow Sensor	11
២.៣ ទីតាំងការសិក្សាអំពីគ្រឿងបង្គំ	12
២.៣.៩ Microcontroller	12
២.៣.១៣ Real-Time Clock	13
២.៣.៣៣ Micro SD Card	14
២.៣.៤ LCD	14
២.៤ ការបញ្ជានទិន្នន័យតាមរយ: Global System for Mobile Communication (GSM)	15
២.៤.១ ប្រវត្តិ GSM	15
២.៤.២ GSM Architecture	16
២.៤.៣ SIM CARD	18
២.៤.៤ Addressing	20
២.៤.៥ GSM SIM 800L MODULE	24
២.៥ ការបញ្ជានទិន្នន័យតាមរយ: Long Rang (LoRa)	26
២.៥.១ ប្រវត្តិ LoRa	26
២.៥.៩ LoRa	27
២.៥.១៣ LoRa Gateway	28
២.៥.៣៣ LoRa Node	28
២.៥.៥ LoRa Server	28
២.៥.៥៤ LoRaWAN	28
២.៥.៥៦ Device Class	30
២.៥.៥៧ Radio modulation and LoRa	31
២.៥.៥៨ Network Topology and Capacity	31

២.៥.៥ The Things Network .....	33
២.៦ អំពី E220-900T30D User Manual .....	33
<b>ចំណាំ ការងារ និងផ្តើមប្រព័ន្ធគាំលម្លោន</b> .....	<b>36</b>
៣.១ សេចក្តីផ្តើម .....	36
៣.២ ការបង្កើតប្រព័ន្ធ .....	36
៣.៣ ការរចនាឌែវការប្រព័ន្ធគាំងមូល .....	37
៣.៤ ការរចនាប្រព័ន្ធភាស់សម្ងាត់ និងលំហេរទឹក .....	39
៣.៤.១ រចនាសម្ងាត់នៃគ្រឿងបង្កុះរបស់ប្រប័ន្ធភាស់សម្ងាត់ និងលំហេរទឹក .....	39
៣.៤.២ ការចនាសេវាដំឡើងដែកប្រកតតង់សូង .....	42
៣.៤.២.១ ការដំឡើង Software .....	45
៣.៤.២.២ ការដំឡើង LoRa និងការជាក់ Adress-Channel.....	45
៣.៤.៣ ការកំណត់អាសយដ្ឋានចំពោះ Sub-system និង Main System.....	45
៣.៤.៤ ការដំឡើង GSM SIM800L.....	46
៣.៤.៥ ការដំឡើង Hardware .....	48
៣.៤.៦.១ ការដំឡើងប្រព័ន្ធគាំងមូល .....	48
៣.៦ ទីតាំងការធ្វើឱ្យសាច .....	49
<b>ចំណាំ ៤. ការគេងការ និងបញ្ជីសាច</b> .....	<b>52</b>
៤.១ សេចក្តីផ្តើម .....	52
៤.២ លទ្ធផលពិសោធន៍ .....	52
៤.២.១ ការរាស់ទិន្នន័យសម្ងាត់ និងលំហេរទឹក .....	52
៤.២.២ ការបញ្ចូនទិន្នន័យតាមរយ: Wireless Communication .....	53
<b>ចំណាំ ៥. សេចក្តីសម្រួល្យាន និងអនុសាសន៍</b> .....	<b>59</b>
៥.១ សេចក្តីសម្រួល្យាន .....	59
៥.២ ធនវិញាក .....	59
៥.៣ អនុសាសន៍ .....	59
<b>ចំណាំ ៦. សេចក្តីសម្រួល្យាន .....</b>	<b>61</b>

៦.១	ការចំណាយលើគម្រោង .....	61
៦.២	ការចំណាយលើកម្មាំងពលកម្ម .....	61
៦.៣	ទីតាំងអនីវកម្ម .....	62
៦.៤	ការកំណត់ថ្វូលក់ .....	62
<b>៧.សរាវយោល</b>		<b>64</b>
<b>ទីបសម្បន្ត</b>		<b>67</b>
ឧបសម្បន្ត-១	Source Code .....	67
ឧបសម្បន្ត-២	តម្រូវការ Hardware និង Software .....	72

# បញ្ជីរបាយ

រប 1. 1 រចនាសម្ពន្តនៃការសិក្សាគម្រោង .....	5
រប 2. 1 Water Pressure Sensor [5] .....	9
រប 2. 2 ដំណើរការរបស់ Water Pressure Sensor .....	10
រប 2. 3 ក្រាបតង់ស្ថឹករបស់ Sensor ធ្វើបាននឹងសម្ងាត់ទីក [5] .....	10
រប 2. 4 Water Flow Sensor [7].....	11
រប 2. 5 Arduino MEGA2560 Rev3.....	12
រប 2. 6 Real-TimeClock DS3231 .....	13
រប 2. 7 Micro SD Card Module .....	14
រប 2. 8 I2C Interface LCD Display.....	15
រប 2. 9 GSM Architecture.....	17
រប 2. 10 Sim Card Pinout Diagram .....	18
រប 2. 11 Block Diagram of GSM Card.....	19
រប 2. 12 International Mobile Station Equipment Identity .....	21
រប 2. 13 SIM800L Functional Diagram.....	25
រប 2. 14 កង់ស្ថឹកតាមចុះពេល Transmit Burst .....	25
រប 2. 15 SIM800L Module Pinout Diagram.....	26
រប 2. 16 LoRa Class.....	30
រប 2. 17 LoRa Architecture .....	32
រប 2. 18 LoRa E220-900T30D Module.....	33
រប 3. 1 រចនាសម្ពន្តដំណើរការរបស់ Sub-system.....	37
រប 3. 2 រចនាសម្ពន្តដំណើរការរបស់ Main System .....	38
រប 3. 3 រចនាសម្ពន្តគ្រឿងបង្ក់របស់ Main System .....	39
រប 3. 4 រចនាសម្ពន្តគ្រឿងបង្ក់របស់ 1 <sup>st</sup> Sub-system .....	39
រប 3. 5 រចនាសម្ពន្តគ្រឿងបង្ក់របស់ 2 <sup>nd</sup> Sub-system .....	40
រប 3. 6 គ្រឿងបង្ក់របស់ Main System .....	41
រប 3. 8 គ្រឿងបង្ក់របស់ Sub-system .....	41
រប 3. 9 រចនាសម្ពន្តសៀវភៅបែងចែកចាមពល Sub-System.....	42
រប 3. 10 រចនាសម្ពន្តសៀវភៅបែងចែកចាមពល Main System.....	42
រប 3. 11 Schematic សៀវភៅបែងចែកចាមពល Main System .....	43
រប 3. 12 Schematic សៀវភៅបែងចែកចាមពល Sub-system.....	44

រូប 3. 13ការ Config Channel និង Adress ជាមួយ Serial Converter .....	46
រូប 3. 14 ការប្រើប្រាស់ Software សម្រាប់ Config .....	46
រូប 3. 15 3D Design ស្ថូរតីថែងចែកចាយពល .....	47
រូប 3. 16 Sub-system .....	48
រូប 3. 17 ដំណើរការរបៀបផ្តល់ទំនាក់មុល .....	48
រូប 3. 18 ទីតាំងការធ្វើឱ្យសោចន៍ .....	49
រូប 3. 19 ទីតាំងពិសោធន៍ជាក់ស្អែង .....	50
រូប 4. 1 ទិន្នន័យទឹកបាននៅ Main Station .....	52
រូប 4. 2 ការធ្វើ និងការស្រើទិន្នន័យតាមរយ: GSM .....	53
រូប 4. 3 ទិន្នន័យសម្ងាត់ទីកនៈ 1 <sup>st</sup> Sub-station និង 2 <sup>nd</sup> Sub-station .....	53
រូប 4. 4 ទិន្នន័យលំហ្អទីកនៈ 1 <sup>st</sup> Sub-station និង 2 <sup>nd</sup> Sub-station .....	54
រូប 4. 5 ការប្រៀបធៀបសម្ងាត់ និងលំហ្អទីកនៈ 1 <sup>st</sup> Sub-station .....	54
រូប 4. 6 ការប្រៀបធៀបសម្ងាត់ និងលំហ្អទីកនៈ 1 <sup>st</sup> Sub-station .....	55
រូប 4. 7 ក្រាបទិន្នន័យសម្ងាត់ទីក 2.20 Bars និងការប្រៀបប្រើប្រាស់លំហ្អទីក .....	55
រូប 4. 8 ក្រាបទិន្នន័យសម្ងាត់ទីក 2.46 Bars និងការប្រៀបប្រើប្រាស់លំហ្អទីក .....	56
រូប 4. 9 ក្រាបទិន្នន័យសម្ងាត់ទីក 2.72 Bars និងការប្រៀបប្រើប្រាស់លំហ្អទីក .....	56
រូប 4. 10 ក្រាបទិន្នន័យសម្ងាត់ទីក 2.92 Bars និងការប្រៀបប្រើប្រាស់លំហ្អទីក .....	56
រូប 4. 11 លទ្ធផលដែលរក្សាទុង SD Card ជាប៉ូងកល់ម៉ោង .....	57
រូប 8. 1 ផ្តល់កម្មវិធី Arduino IDE .....	72
រូប 8. 2 KiCad EDA Logo .....	73
រូប 8. 3 ផ្តល់កម្មវិធីរបស់ Fusion 360 .....	74

## បញ្ជីតារាង

ពាកង 2. 1 លក្ខណៈទូទៅរបស់ Water Pressure Sensor .....	9
ពាកង 2. 2 លក្ខណៈទូទៅរបស់ Water Pressure Sensor .....	12
ពាកង 2. 3 លក្ខណៈទូទៅរបស់ Arduino Mega 2560.....	13
ពាកង 2. 4 លក្ខណៈទូទៅរបស់ Real-TimeClock.....	14
ពាកង 2. 5 KEY FEATURES .....	24
ពាកង 2. 6 លក្ខណៈទូទៅ GSM SIM800L .....	26
ពាកង 2. 7 ការប្រើបង្រៀនកិច្ចការនឹមួយៗ .....	29
ពាកង 3. 1 ការប្រើប្រាស់ AT Command .....	47

# ចរណីនគ្មេញការតែងតាំង

## អក្សរកាត់

## អត្ថន័យ

AC	Alternating Current
ADR	Alternative Dispute Resolution
APDU	Application Data Unit
AuC	Authentication Center
BSC	Base Station Controller
BSS	Base Station Sub-system
BTS	Base Transceiver Station
BCC	Base Transceiver Station Color Code
CPU	Central Processing Unit
CSS	Customer Service System
DC	Direction Current
EIR	Environmental Impact Report
EIR	Equipment Identity Register
ETSI	European Telecommunication Standard Institute
FSPL	Free Space Path Loss
GSM	Global System for Mobile Communication
GUI	Graphical User Interface
HLR	Home Location Register
ID	Identity document
ISDN	Integrated Services Digital Network
IMEI	International Mobile Station Equipment Identity
IMSI	International Mobile Subscriber Identity
ISC	International Switching Center
IP	Internet Protocol
IWF	Interworking Function
LED	Light Emitting Diode
LCD	Liquid Crystal Display
LBT	Listen Before Talk
LAC	Location Area Code

LAI	Location Area Identify
LoRa	Long Range
LNA	Low Noise Amplifier
MoU	Memorandum of Understanding
MCC	Mobile Country Code
MNC	Mobile Network Code
MSISDN	Mobile Station Integrated Services Digital Network
MSIN	Mobile Subscriber Identification Number
MSC	Mobile Switching Center
NCC	Network Color Code
NDC	Networked Data Center
NSS	Networking Station Sub-system
OMSS	Operation and Maintenance System
OMC	Operation Maintenance Center
PCS	Personal Communication Service
PA	Power Amplifier
RX	Receive
RSSI	Received Signal Strength Indicator
STCs	Saudi Telecommunication Company
SAT	Scholastic Assessment Test
SD Card	Secure Digital Card
SMS	Short Message Service
SNR	Signal to Noise Ratio
SMG	Special Mobile Group
SAR	Specific Absorption Rate
SRES	State Rural Employment Society
SIM	Subscriber Identity Module
SN	Subscriber Number
TMSI	Temporary Mobile Subscriber Identities
GMSC	The Gateway Mobile Switching Centre
TACS	Total Access Communication System
TCP	Transmission Control Protocol
TX	Transmit

ជំពូក ១

សេចក្តីផ្តើម

គំពូកទៅលាស្រី

## ១.១ ភាពពិរន្ទវីសាទ្វេដៃ

ប្រព័ន្ធកាស់សម្ងាត និងលំហូវីកតីជាប្រព័ន្ធដែលមានគុណភាពក្នុងការគ្រប់គ្រងការប្រើប្រាស់ផ្ទុកប្រើប្រាស់ មិនតែប៉ុណ្ណោះប្រព័ន្ធម្មយោទេ នៅពេលដែលបានចិត្តនៃយកាមរយៈបច្ចេកវិទ្យាតែទៀត នៅពេល GSM-LoRa ដែល GSM ជាបច្ចេកវិទ្យាម្មយោទេ បច្ចុនទិន្នន័យបានចម្ងាយឆ្លាយនិងប្រើប្រាស់ថាមពលតិច (Low Power) ចំពោះ LoRa ប្រើប្រាស់សម្រាប់បច្ចុនទិន្នន័យក្នុងចម្ងាយដឹក។ ប្រព័ន្ធកាស់សម្ងាត និងលំហូវីកនេះប្រើប្រាស់ជាមួយនិង Sensor ពីរប្រភេទតីកែវ សម្រាប់ការស្នើសុំការងារ និងការស្នើសុំការងារ ដោយធ្វើការពីកែវទៅលើ 3 ស្ថានឯម (1 Main Station & 2 Sub-station)។ ទន្លឹមនិងនេះប្រព័ន្ធនេះអាចទាញយកទិន្នន័យបានភ្លាមារនៅពេលដែលគ្រឿរការ មិនតែប៉ុណ្ណោះ ថែមទាំងការចរក្សាភុក្សរាល់ទិន្នន័យចូលក្នុង SD Card បានដើរ។

## ១.២ មុនទេសត្រូវដែលត្រូវបានបង្កើតឡើង

ធម្មលក្ខណៈការធ្វើសវិសគម្រោងប្រព័ន្ធកាសសម្ងាត់ និងលំហូរទីកនះទៅដឹងអាស្រែយដោយហេតុថាការត្រួតពិនិត្យប្រព័ន្ធទីកដែលនៅតំបន់ឆ្នាំយុទ្ធសាស្ត្រ តីនៅមានបញ្ហាដែលកំណុងជួលប្រទេរុមមាន ការត្រួតពិនិត្យប្រព័ន្ធទីកដែលនៅតំបន់ឆ្នាំយុទ្ធសាស្ត្រ ចំណាយពេលវេលាយុរ ការផ្តើមតែផ្តើមទីកម្រិតត្រួតពិនិត្យប្រព័ន្ធទីកដែលនៅតំបន់ឆ្នាំយុទ្ធសាស្ត្រ ព្រមទាំងការលេចឆ្នាំយដោយមិនបានដឹងមុនធ្វើឱ្យមានការខ្លះខ្សោយទីកជាបីម៉ា ប្រព័ន្ធកាសសម្ងាត់ និងលំហូរទីកអាចរក្សាទីកបានប្រសើរឡើងតាមរយៈការត្រួតពិនិត្យសម្ងាត់ និងលំហូរទីកដែលធ្វើការធ្វើទិន្នន័យ ជាក្រោះកន្លែងការដែលឆ្នាំយដែលមែនតុលាប្រព័ន្ធទីក ការចំណាយពេក្តុងការត្រួតពិនិត្យដែលកន្លែង។ តាមរយៈការត្រួតពិនិត្យសម្ងាត់ និងលំហូរទីកនៅក្នុងប្រព័ន្ធ អាចកំណត់ពីបញ្ហាទីកជួលបាន និងអភាគលំហូរទីកខ្លួន អាចដួរយក្នុងការត្រួតពិនិត្យទីកអាយកាន់តែប្រសើរ និងអាចកំណត់បញ្ហា ដែលអាចកែតែមានធ្វើឱ្យមានការឆ្នាំយប្រសើរក្នុងការត្រួតពិនិត្យទីក កាត់បន្ទូយហានីកំយនៃការបាត់បង់ទីក ផ្តល់អាចកែតែមានធ្វើឱ្យមានការឆ្នាំយប្រសើរក្នុងការត្រួតពិនិត្យទីក ការដោះស្រាយបញ្ហាទីក ដែលលេចឆ្នាំយទាន់ពេលវេលាទីកជាផិនានការសំខាន់ណាស់ក្នុងការកាត់បន្ទូយនូវវិមាណទីកដែលបញ្ហាផាមការ លេចឆ្នាំយនេះ [1]។

ស្របពេលជាមួយនឹងបដិស្តីតួនិកខស្សាបកម្ម ៤.០ កំពុងវិកចម្រើនដៃវីនិលីន និងតាមរយៈការមិនយើង  
នូវភាពវិកចម្រើនជាមួយនឹងខបករណីប្រើប្រាស់អេឡិចត្រូនិកនាថេលបច្ចុប្បន្នដែលភាពធ្វើការបញ្ចាញមានការ  
ទាញយកទិន្នន័យដោយពុំចាំបាច់មានការធ្វើការចាប់កាន់ផ្ទាល់ជាមួយនឹងខបករណីដែលប្រើប្រាស់ការបញ្ចាត់  
ចម្ងាយទិន្នន័យនូវផ្តល់ជាកោលគម្រោង និងជាកោលលប់ណាងនៃការសិក្សាដើម្បីបង្កើតអោយបានទៅជាប្រព័ន្ធភាស់  
សម្រាប់ និងលំហ្អទិន្នន័យតាមរយៈ GSM-LoRa។

ផ្លូវការតែមការបកប្រាស់យោងលើចមក ទីបក្ខុមយើងខ្ញុំបានសម្រេចចិត្តដើរីសវិសធ្វើការបើកយកនូវគម្រោងមួយនៃជាយមាន **លោក ស្រីន ថាន់ណា** ដែលជាសាស្ត្រាថាយ្លែងមហាវិឡាលីយេអេឡិចត្រូនិកបាន

ផ្តល់ជាតិនឹងដំណឹងសម្រាប់ក្រុមយើងខ្ញុំ និងបានផ្តល់ជាយោបល់ជាប្រើប្រាស់ជាមួយនឹងកម្រោងមួយនេះ ដែលជាភោតុ ក្នុងការធ្វើរួចចិត្តអោយក្រុមយើងខ្ញុំលើកយកកម្រោងមួយនេះទៀត ដើម្បីការសិក្សា។ ប្រព័ន្ធការសំណង់សម្រាប់ និងលំហោទីកនេះអាចធ្វើការទាញយកទិន្នន័យ និងធ្វើការបញ្ចូនទិន្នន័យបានល្អប្រសើរ និងផ្តល់ការគ្រប់គ្រងទីក អោយកាន់ពេលវេលាដាកេរស្តីស្រុល កាត់បន្ទូយករលបច្ចាយដែលមិនបានដឹង។ ទន្លឹមជាមួយនឹងលក្ខខណ្ឌទាំងអស់ខាងលើនេះ ការប្រើប្រាស់បច្ចេកវិភាគការបញ្ចូនទិន្នន័យតែម្រួយ GSM-LoRa មានសារ៖ សំខាន់ និងចំពាត់ ក្នុងការអនុញ្ញាតអោយប្រព័ន្ធមួយនេះ ធ្វើការដោយការទៅបានដោយស្ម័គ្រិត។

## ១.៣ នោរបចំខាងលើការសិក្សាលេខ្លោន

គោលបំណងនៃការសិក្សាគម្រោងនេះទៀតដូចខាងក្រោមនេះ៖

- ❖ បង្កើតប្រព័ន្ធការសំណង់សម្រាប់ និងលំហោទីកដោយប្រើប្រាស់ GSM-LoRa សម្រាប់ការបញ្ចូនទិន្នន័យ
- ❖ ធ្វើការស្នើសុំការបញ្ចូនទិន្នន័យមាន ស្ថានីយមេចំនួន១ (Main Station) និងអនុស្ថានីយមេ (1st Sub-station & 2nd Sub-station) ដែលមានទីតាំងធ្វើនៅត្រូវបញ្ចូនទៅកាន់ស្ថានីយមេ (Main Station) តាមរយៈ LoRa
- ❖ ទិន្នន័យដែលទទួលបានពីការវាស់ស្សាន់ពីអនុស្ថានីយទាំងពីរ (1st Sub-station & 2nd Sub-station) ត្រូវបញ្ចូនទៅកាន់ស្ថានីយមេ (Main Station) តាមរយៈ LoRa
- ❖ ទិន្នន័យដែលទទួលបានពីស្ថានីយទាំងអស់នឹងបញ្ចូនទៅកាន់ទូរសព្ទជាប្រព័ន្ធភាពកល់ម៉ោងតាមរយៈ SMS (GSM)

## ១.៤ សារ៖ សំខាន់លើការសិក្សាលេខ្លោន

### ១.៤.១ សារ៖ សំខាន់ចំសារោះសម្រួល

ក្រុមយើងខ្ញុំសង្ឃឹមថាគារប្រាន់ប្រាប់មួយនេះ នឹងផ្តល់អត្ថប្រយោជន៍ដល់សង្គមជូនជាតិ៖

- ❖ ការប្រើប្រាស់ប្រព័ន្ធការសំណង់សម្រាប់ និងលំហោទីកដែលបញ្ចូនទិន្នន័យតាមរយៈ GSM-LoRa អាចត្រួតពិនិត្យទិន្នន័យបានរហូតដល់សង្គមជូនជាតិ៖
- ❖ ចូលរួមចំណោកក្នុងការអភិវឌ្ឍបច្ចេកវិភាគក្នុងការគ្រប់គ្រងពិនិត្យប្រព័ន្ធឌីក
- ❖ រួមចំណោកក្នុងការផ្តល់ចំណោះដើម្បីបន្ថែមដល់អ្នកសិក្សាប្រាកបដោយផ្តល់ប្រព័ន្ធផ្លូវការប្រព័ន្ធដីក ផ្តល់ការងាយស្រួលដល់អ្នកប្រើប្រាស់

## ១.៤.២ សារ៖សំខាន់ថែរោងមួយនៃបណ្តុះបណ្តាលសារ៖សំខាន់ដល់ក្រុមរើបីនឹងខ្លួន

នៅក្នុងការធ្វើការសិក្សាស្រាវជ្រាវទៅនឹងគម្រោងមួយនេះបានផ្តល់សារ៖សំខាន់ដល់ក្រុមរើបីនឹងខ្លួនដូចក្នុងសិក្សាស្រាវជ្រាវមាន៖

- ❖ អាចធ្វើការសិក្សាសំខាន់យល់ និងទទួលបានបទពិសោធន៍អំពីការត្រួតពិនិត្យសម្ភារម និងលំហ៊ូរីក
- ❖ ផ្តល់បទពិសោធន៍បន្ថែមសម្រាប់ការសិក្សាស្រាវជ្រាវទាំងផ្តើម Hardware និង Software
- ❖ ផ្តល់ចំណោះដឹងបន្ថែមក្នុងការរឿបច្ឈាស់ខ្លួនការទិន្នន័យ GSM-LoRa ឬក្នុងជាមួយការរឿបច្ឈាស់នូវប្រភេទសេនសំរាប់សម្ភារម និងលំហ៊ូរីក ព្រមទាំងការរឿបច្ឈាស់គ្រឹងបង្កើរដៃ

## ១.៥ ចំណែកជាតិនៃការសិក្សា

ដើម្បីធ្វើការបង្កើត និងសិក្សាទៅលើគម្រោងមួយនេះដោយបានស្តីដឹងថ្មី ព្រមទាំងធ្វើការអភិវឌ្ឍប្រព័ន្ធកាស់សម្ភារម និងលំហ៊ូរីកអាយមានភាពព្រឹមព្រៀវជាមួយនឹងដំណើរការដោយរលូនតម្រូវអាយមានកត្តាតារីន ដែលបានចាន់ទេរើដោយបញ្ហាប្រចាំខែបច្ចុប្បន្នទៅលើពេលវេលា និងចំណោះដឹងផ្តើកបច្ចេកវិទ្យានៅ មានកម្រិតនៅត្រួតពិនិត្យយើងទៅក្នុងការរំណត់អំពីទំហំ និងដែនកំណត់ដែលភាពធ្វើការសិក្សាទៅលើលក្ខខណ្ឌមួយចំនួនក្នុងប្រព័ន្ធមួយនេះដែលមានដូចជា៖

- ❖ បង្កើតនូវប្រព័ន្ធកាស់សម្ភារម និងលំហ៊ូរីកដែលធ្វើការបញ្ចូនទិន្នន័យតាមរយៈ GSM-LoRa
- ❖ ភាពធ្វើការធ្វើទិន្នន័យជាក្រុងកាលប៉ែងក្រុងកាលប៉ែង និងភាពបញ្ចូនទិន្នន័យតាមរយៈការស្នើសុំ
- ❖ ធ្វើការពិសោធន៍ទៅលើបីស្ថានីយរូមមាន ស្ថានីយមេ១ និងអនុស្ថានីយមេ២ (មានទីតាំងដើរដី)
- ❖ រក្សាទិន្នន័យចូលក្នុង SD Card ជាក្រុងកាលប៉ែងក្រុងកាលប៉ែងនៅអនុស្ថានីយទាំងពីរ

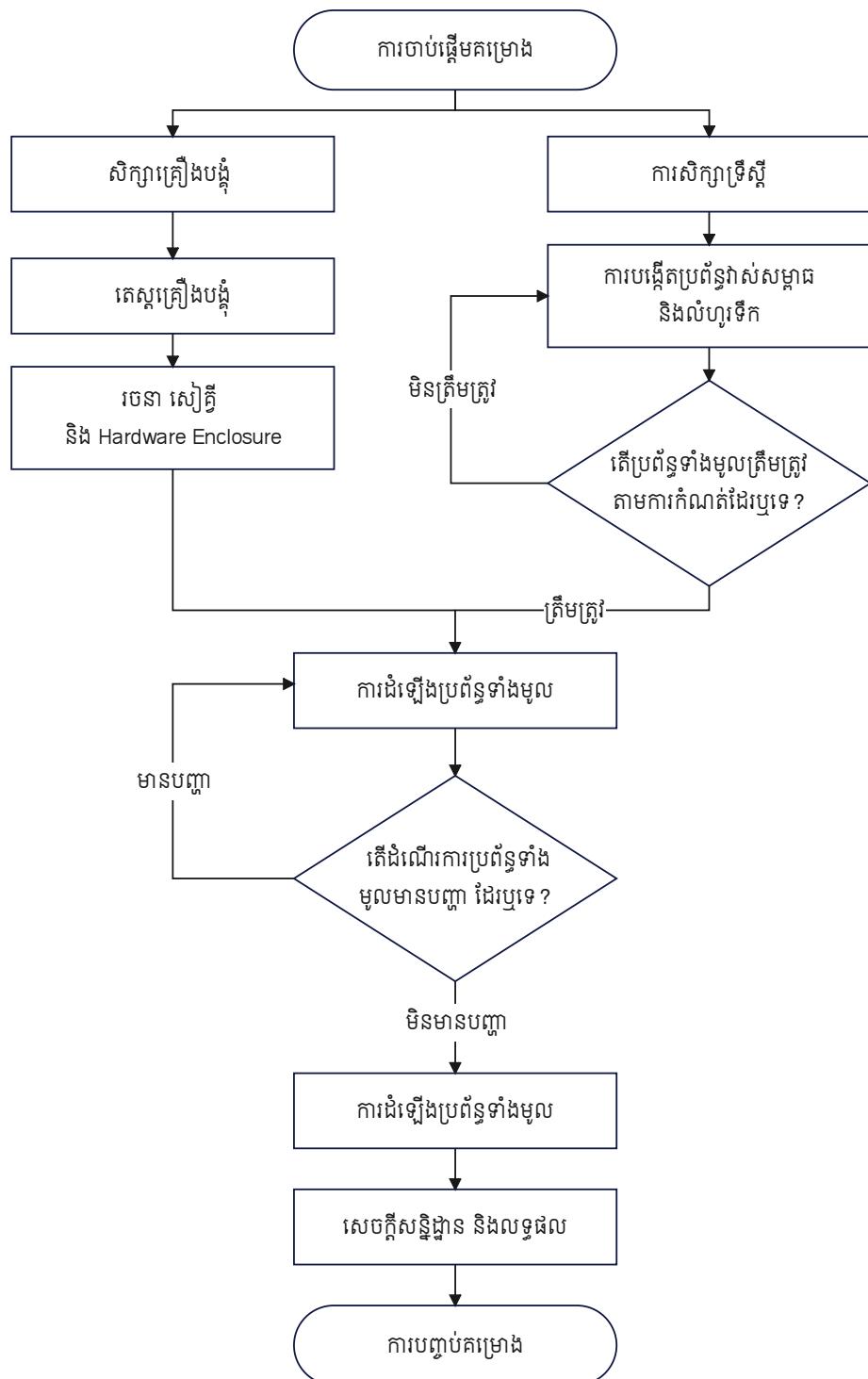
## ១.១ ភាពវត្ថុនៃការគិតគ្រាល់ប្រចាំខែកន្លែង

ពាណិជ្ជកម្ម 1. កាលវិភាគនៃការសិក្សា

បរិយាយ	សមាជិក	Day
ការបង្កើតប្រព័ន្ធភាស់សម្រាប់ផ្តល់ព័ត៌មាន	ត្រូវបានផ្តល់	
សម្រាប់ផ្តល់ព័ត៌មាន	ត្រូវបានផ្តល់	Start
បញ្ចូនឯកសារការណ៍	នរោងរាយ	
ការធ្វើការស្ថិតិយវត្ថុនៃការណ៍	ត្រូវបានផ្តល់	
ការសរស់រក្សាស្ថិតិយវត្ថុ	ត្រូវបានផ្តល់	
ការសរស់រក្សាស្ថិតិយវត្ថុ	ត្រូវបានផ្តល់	
ការឱ្យស្ថិតិយវត្ថុ Hardware	ពណ៌រាយ	
ការដំឡើង Hardware	ត្រូវបានផ្តល់	
កែសម្រួលប្រព័ន្ធចំងមូល	ត្រូវបានផ្តល់	
កែសម្រួលផ្តល់ព័ត៌មាន	ពណ៌រាយ	
សរស់រក្សាស្ថិតិយវត្ថុ	ត្រូវបានផ្តល់	
ការកែសម្រួលអាយប្រព័ន្ធទំនួរមូលប្រសើរ	ត្រូវបានផ្តល់	

## ១.៣ រចនាសម្ពន៍នៃការសិក្សាលើសាច់ប្រព័ន្ធ

បក្សាយអំពីរចនាសម្ពន៍នៃការសិក្សាលើសាច់ប្រព័ន្ធដែលបានសិក្សាតាំងមួលបែង ដើម្បីប្រាកដការអនុវត្តន៍



រូប 1. 1 រចនាសម្ពន៍នៃការសិក្សាលើសាច់ប្រព័ន្ធ

## ១.៨ ប្រព័ន្ធសម្រេចបានសម្រាប់ប្រព័ន្ធហាន់សម្រាប់ប្រព័ន្ធផ្លូវការ

ប្រព័ន្ធសម្រាប់ប្រព័ន្ធផ្លូវការ និងលំបើរទឹកអាចធ្វើការរាយសំបិទាណាសម្រាប់ទីកន្លែង និងលំបើរទឹកចេញពីបំពងទីក រាយស្តីកទីក ព្រមទាំងមានសមត្ថភាពក្នុងការបញ្ចូនទិន្នន័យទៅកាន់អ្នកគ្រឹតពិនិត្យ ដើម្បីមានភាពងាយស្រួលក្នុងការគ្រប់គ្រងសម្របទៅនឹងតម្រូវការបស់អ្នកប្រើប្រាស់ លើសពីនេះទៅទៀតដូចយប់ពីរសន្យាការលំបញ្ញាមួយ ចំនួនដែលអាចនឹងកែតឡើងដូចជា ការលើសប្រួល៖សម្រាប់ទីកនោះតាមតំបន់ណាមួយ និងអាចបញ្ចូនជាត់តែមានទៅកាន់អ្នកគ្រឹតពិនិត្យតាមរយៈការបញ្ចូនទិន្នន័យតែខ្លួយ GSM-LoRa ។ ជាក់ស្នើដី Main Controller Chip នឹងធ្វើការត្រូវបានបញ្ចូនទិន្នន័យតែខ្លួយ GSM ហើយ និង Bluetooth មិនតែប៉ុណ្ណោះវាទប្រើប្រាស់សម្រាប់ការត្រួតពិនិត្យតិចម្នាយ និងគ្រប់គ្រងលើខែករណ៍បានតាមរយៈទូរសព្ទដែលដោយការប្រើប្រាស់បច្ចុប្បន្នលស្ងាត់ (SMS) តាមរយៈប្រព័ន្ធរួចរាល់ និងលើសពីនេះទៅទៀតកំណត់មានរួមបញ្ចូនការប្រើប្រាស់តាមរយៈ IoT Network សម្រាប់ការត្រួតពិនិត្យកម្រិតកម្ពស់ទីកដោយប្រើប្រាស់បច្ចុប្បន្នវិនិច្ឆ័យៗ Wi-Fi Digi XBee សម្រាប់ការបញ្ចូន និងថែករំលកនូវទិន្នន័យព្រមទាំងធ្វើការបង្ហាញទៅលើ Cloud Server [2, 3]។

ဘဏ္ဍာန ၄

ပြန်လည်ပေးပို့

## ជំពូក២. ត្រីន្ទីរាជការណ្ឌល

## ២.១ សេចក្តីផ្តើម

ប្រព័ន្ធកាស់សម្ងាត់ និងលំហូរទឹកជាបច្ចេកវិទ្យាមួយដែលប្រើប្រាស់ GSM-LoRa សម្រាប់ការបញ្ជី ទិន្នន័យរបស់សម្ងាត់ និងលំហូរទឹកដល់អ្នកប្រើប្រាស់អោយបានដឹង ប្រព័ន្ធមួយនេះដំណើរការក្នុងការបញ្ជី ទិន្នន័យជាមួយបច្ចេកវិទ្យាតែមទៀតខ្លួន និងការទាញយកទិន្នន័យពី Sensor សម្ងាត់ និងលំហូរទឹកដែលរាស់បានរួចធ្វើ ការបញ្ជីទិន្នន័យទាំងនេះតាមរយៈ LoRa ក្នុងការបញ្ជីទិន្នន័យទៅកាន់បីស្ថានីយផ្សេងៗគ្នា (2 Sub-station, 1 Main Station) ចំណែកការបញ្ជីទិន្នន័យទៅកាន់អ្នកប្រើប្រាស់។ ការរាស់សម្ងាត់ និងលំហូរទឹក បង្ហាញទិន្នន័យលើផ្ទាល់ខ្លួន LCD នូវទិន្នន័យសម្ងាត់ និងលំហូរទឹកជាលក្ខណៈ Real-Time ដើរ។ គុណសម្រាត់ របស់ប្រព័ន្ធកាស់សម្ងាត់ និងលំហូរទឹកនេះគឺត្រូវបានប្រើប្រាស់ក្នុងការគ្រប់គ្រងប្រព័ន្ធទឹក ដើរសារការលេច ផ្តាយទឹក និងការផ្តល់ផ្តល់អ្នកប្រើប្រាស់អោយបានត្រូវបានគ្រប់គ្រង ព្រមទាំងជាបច្ចេកវិទ្យាមួយដែលជួយសម្រេច ដល់ការស់នៅរោងមានភាពឆ្លាតរីយ៍ ចំណែកពេលវេលា និងធ្វើរោងការគ្រប់គ្រងទឹកមានភាពល្អប្រសើរ ឡើង [1]។ ដើម្បីរាយការទៅដល់ការចាប់ផ្តើមដំណើរការនៅក្នុងគម្រោងមួយនេះយើងចាំបាច់ត្រូវធ្វើការសិក្សាថែរ ហើយធ្វើក Hardware និង Software ដែលត្រូវបានយកមកប្រើប្រាស់នៅក្នុងគម្រោងមួយនេះជាកត្តាចាំបាច់ក្នុង ការយកដឹងពីមុខងាររបស់ខ្លួនរាយការន៍មួយ។ ដើម្បីកាត់បន្ទាយនូវការលំបាត់ និងខបសត្ថិដែលបាននៅក្នុងការប្រើប្រាស់ និងការដំឡើងដឹងដើរ។ នៅក្នុងធ្វើកសំខាន់ថនេះត្រូវបង្កើរមាន៖ Water Pressure Sensor, Water Flow Sensor, GSM, LoRa, Arduino MEGA, Buck Converter, Real-Timerclock ចំពោះធ្វើក Software សំខាន់ថដែលត្រូវបានយកមកប្រើប្រាស់នៅក្នុងគម្រោងប្រព័ន្ធកាស់សម្ងាត់ និងលំហូរទឹកជាមួយការបញ្ជី ទិន្នន័យតាមរយៈ GSM-LoRa មួយនេះរួមមាន៖ Arduino IDE, KiCad និងFusion360។

## ២.២ ការសិក្សានំពីបច្ចេកវិភាគ

## ୨.୨.୭ ପରିଷାଳନାକୀର୍ତ୍ତିକା

សម្ងាត់ទីកើតជារៀង់រៀង នៃកម្មវិធីទាំងនេះ ដើម្បីបានបញ្ចប់លើម៉ាស់ទីក ដូច្នេះវាអាស់យោល កម្មស់ទីកនិងដឹងសុពិភ័ណន៍ទីក។ បរិមាណសម្ងាត់នៅម៉ាសីនអាចប្រើប្រាស់យោលបាន ទីកដើម្បីបានអាស់យោលប៉ុណ្ណោះទីកដើម្បីបានអគ្គិភីដីដួងផ្សេងទៀតដើម្បីបានអាស់យោលកំពុងប្រើប្រាស់។ សម្ងាត់ទាបអាចកាត់បន្ទាយលើហូរទីក ឡាយឆ្លាក់ចុះ ហើយវានឹងត្រូវចំណាយពេលយុវវិជ្ជីបំពេញក្នុងអាងស្តីកទីក និងធ្វើឡាយមានភាពយើកដៅវា ក្នុងការបំពេញតម្លៃការរបស់អ្នកប្រើប្រាស់។ សម្ងាត់ទាបអាចមានមូលហេតុជាថ្មីនូចជាបី ឬមីនិត្យប្រចាំថ្ងៃ បណ្តាញទីកកូចពេកសម្ងាត់យុទ្ធផ្លូវ ទីកបំពង់ទីកហើយនៅពេលដែលម្រោគទីកខ្ពស់ (ដូចជានៅពេលប្រើក ឬពេលល្អាច) សម្ងាត់អាចទាបអំឡុងពេលដែលមានអ្នកប្រើប្រាស់ប្រើប្រាស់ វាក៏អាចមានបញ្ហាចង់ដើរដើម្បីបាន ធ្វើឡាយមានការធ្វើជាបីទីកមិតនៅក្នុងគ្រប់គ្រាន់សម្រាប់ការប្រើប្រាស់ [4]។ សម្ងាត់ខ្លះពេកអាចធ្វើឡាយខែ

បរិភាគរបៀបដៃទីក ដែលអាចបណ្តាលរោយមានការខ្សោយទីក ការលេចឆ្លាយ ការខ្ចោចខបករណក អាចប្រែបចាំពេលជាដឹម។ មូលហេតុចម្លាស់ដែលធ្វើរោយសម្ងាត់ទីកខ្លួនមានដូចជា៖ ខ្សោយជាប់នៅក្នុងបំពេកដែលអាចបង្កើនសម្ងាត់ទីក។ សម្ងាត់ទីកគឺជាក្នុងសំណង់ទំនាក្យដែលត្រូវបានបញ្ជាញលើម៉ាស់ទីក ដូច្នោះវាអាស្រែយលើកម្មស់ខាងលើកសារយោងនិងដីសុំតែនៅទីក [3]។

## ២.២.២ Analog Water Pressure Sensor

នៅក្នុងគម្រោងវាស់សម្ងាត់ និងលំហេរទីកនេះក្នុមយើងខ្ពស់ដើរីស Analog Water Pressure សម្រាប់ធ្វើការវាស់សម្ងាត់ទីកដែលជាប័ណ្ណបករណកសម្រាប់វាស់សម្ងាត់របស់វត្ថុរវ ឧបករណកវាស់សម្ងាត់ទីកដែលធ្វើការដោយវាស់កម្លាំងសម្ងាត់អាចវាស់សារតាមរវ និងភាពវាស់សម្ងាត់ដែលបញ្ជាញដោយទីកក្នុងតំបន់បិទធិត បុសម្ងាត់បរិយាកាសនៅក្នុងតំបន់បើកចំហាប។



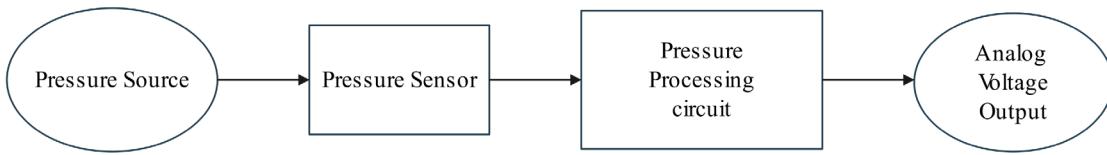
រូប 2. 1 Water Pressure Sensor [5]

Analog Water Pressure អាចប្រើប្រាស់ជាមួយ Controller ដូចជា Arduino ក្នុងការបំប្លែងទិន្នន័យពី Sensor ទៅជាទិន្នន័យសម្រចប់យបញ្ញនទិន្នន័យទាំងអស់នៅៗទៅកាន់ឧបករណ៍ទំនាក់ទំនង តិតខ្សោយ។ ដោយធ្វើកលើ Piezoresistive ការវាស់សម្ងាត់ដែលធ្វើការតាមរយៈ IC ទីនីមនឹងនេះឧបករណ៍នេះ ចាប់សុំញ្ហាលនៃកម្លាំង (Force-Sensitive) និងMechanical-Electrical។

តារាង 2. 1 លក្ខណៈទូទៅរបស់ Water Pressure Sensor

Water Pressure Sensor Specification	
Pressure Measurement Range	$\leq 10\text{mA (DC5V)}$
Input Voltage	+5 VDC
Output Voltage	0.5~4.5 V
Measurement Accuracy	0.5%~1%FS (0.5%, 055°C)
Quiescent Current	2.8 mA
Normal Operating Pressure	$\leq 2.0 \text{ Mpa}$
Damaged Pressure	$\geq 3.0 \text{ Mpa}$

ឧបករណ៍នេះមានជាមួយនឹងសេវាទី (Amplify Circuit) និងផ្តើកធ្វើដោះស្រាយ ដែលសេវាទីផ្តល់នូវសុវត្ថិភាពផ្តើកច្រកចេញស្ថាដ (Analog Output)។ Water Pressure Sensor បញ្ចូនចរន្តដែលបង្កើតបានជាសុវត្ថិភាពអតិសនិសមមាត្រានៅនឹងសម្ងាត់ដែលបានរាស់ ហើយ Resistance នឹងប្រប្រលេនវៃពេលទទួលរងកម្បាំងដែល Resistance ប្រើប្រាស់ក្នុងការកែតម្រូវតួន្ផេស្ថិត Output របស់ឧបករណ៍ [5]។



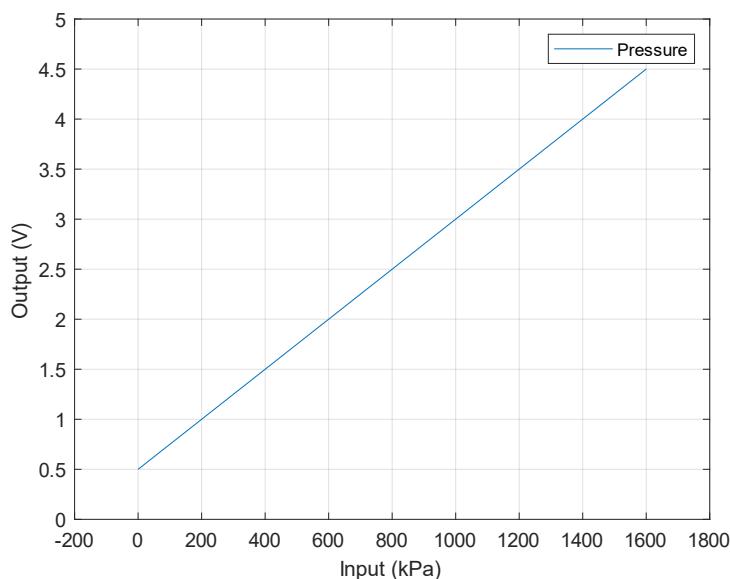
រូប 2. 2 ដំណើរការរបស់ Water Pressure Sensor

មុននឹងប្រើប្រាស់ Water Pressure Sensor យើងត្រូវធ្វើការ Calibrate ដែលប្រើប្រាស់សមិគាបន្ទាត់ដោះស្រាយនឹងសម្ងាត់ទីក ហើយនៅពេលដែលតួន្ផេស្ថិតមានតម្លៃ 0.5V សម្ងាត់នឹងមានតម្លៃ 0 និងនៅពេលដែលតម្លៃនៃសម្ងាត់មិនត្រូវ គឺមាននំយចាយើងនឹងធ្វើការកែតម្រូវតួន្ផេមួយ Offset Value ដូចបានបង្ហាញក្នុងរូបខាងក្រោម៖

- សមិគាបន្ទាត់ត្រូវតួន្ផេស្ថិតមួយនឹងសម្ងាត់ទីក នឹងសម្ងាត់ទីក៖

$$m = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}$$

$$m = \frac{1600 - 800}{4.5 - 2.5} = \frac{800}{2} = 400$$



រូប 2. 3 ក្របតួស្ថិតរបស់ Sensor ដោះស្រាយនឹងសម្ងាត់ទីក [5]

## ២.២.៣ តម្លៃទឹក

លំហូរទឹកសំដោះទៅលើបរិមាណទឹកដែលបាបូឡូនឹងការតំបន់ ទឹកនេះខណៈ: ណាមួយដែលលំហូរទឹកតីជាដ្ឋីកម្មយើងសំខាន់នៅក្នុងប្រព័ន្ធជាកសាល្យ ប្រសិនបើការប្រើប្រាស់ទឹកប្រើប្រាស់នៅលំហូរទឹកដែលបាបូឡូតីបំពាន ទឹកដែលមានមុខកាត់ក្នុងលំហូរទឹកតីមានទាបជាងបំពានទឹកដែលមានមុខកាត់ដែល ដូច្នេះប្រសិនបើមាត្រីនូវប្រាក់ប្រាក់ ឬប្រាក់ប្រាក់ទីក្រុវាទានបើក្នុងពេលពេលមួយប្រព័ន្ធ នៅពេលរាយមានបរិមាណទឹកមិនគ្រប់គ្រាន់ និងពេលរាយមានលំហូរទឹកកាន់តែទាហ៍ លំហូរទឹកចេញពីក្រុលម៉ាសុីនទឹកដែលបាបូឡូនឹងការតំបន់ដោយសម្ងាត់ទឹក តីនៅពេលដែលមានបរិមាណទឹកបាបូឡូប្រើប្រាស់នៅពេលរាយមានសម្ងាត់តែខ្លាំង [6]។

## ២.២.៤ Water Flow Sensor

Liquid flow sensor តីជាបករណ៍សម្រាប់ធ្វើការរាយសំលំហូរទឹក ដែលបង្កើតឡើងដោយផ្តាត់លើដំណើរការអេឡិចត្រូនូម៉ោងទឹក ដោយ Sensor នឹងផ្តល់ចំណុន Pulses សម្រាប់កំណត់ពីកម្រិតលំហូរទឹក។ នៅពេលប្រកបដោយ (Input) និងប្រកបដោយ (Output) របស់ Sensor ប្រើប្រាស់ Seal O-ring ជាដំរកស្តី និងប្រើសរាងតុ Silion seal សម្រាប់ការពារកម្មាំងទឹក និងការលេចប្រាបទឹក។



រូប 2. 4 Water Flow Sensor [7]

ឧបករណ៍រាយសំលំហូរទឹកនេះមានភាពវិស័យ និងងាយស្រួលដែលរាយភ្លាប់ និងផ្តល់ទិន្នន័យទៅកាន់ Controller ដូចជា Arduino, Raspberry Pi ជាដើមសម្រាប់ធ្វើការរាយសំស្ថាង និងបំប្លែងទិន្នន័យរបស់កម្រិតលំហូរទឹក។ ចំណោក Pinwheel នៅខាងក្រុងឧបករណ៍ នឹងធ្វើការចាប់សញ្ញាផ្សាស់ទឹកនៅពេលដែលមានសារធាតុរវប្រាមខ្លួន ដែលបាបូឡូទឹកនេះ: មិនតែប៉ុណ្ណោះឧបករណ៍នេះមិនត្រូវការស្រួលប៉ុណ្ណោះដើម្បីអាយុដំណើរការប្រើប្រាស់សម្ងាត់ទឹក។

ការកួនការរាស់អត្រាលំហ្អទីកនោះទៅ។ ខបករណីរាស់លំហ្អទីកនោះដឹងដែរនឹងត្រូវភ្លាប់នៅជាមួយបំពង់បង្គរទីកដើម្បីរាជធីនឹងពីកម្រិតលំហ្អទីកនោះកួនការបើប្រាស់ជាក់ស្សាន [7]។

តារាង 2. 2 លក្ខណៈទូទៅរបស់ Water Pressure Sensor

Water Flow Sensor Specification	
Operating Voltage	DC3.5~24V
Operating Current	$\leq 10\text{mA}$ (DC5V)
Output Mode	NPN pulse signal
Water Pressure Resistance	$\leq 1.2\text{MPA}$
Insulation Resistance	$>100\text{M}\Omega$
Flow Range	30-3000L/H
Error	$\pm 1\%$ (20-3000L/H)
High Level of Output Pulse	$>\text{DC}4.7\text{V}$ (input voltage DC5V)
Low Level of Output Pulse	$<\text{DC}0.5\text{V}$ (input voltage DC5V)
Flow & Pulse Correlation	1L=75 pulses

## ២.៣. គ្រឿងស្នើសុំការសិក្សាអំពីក្រុងការបង្កើត

### ២.៣.១ Microcontroller

Arduino MEGA2560 គឺជាក្រឹងអេឡិចត្រូនិកមួយប្រភេទដែលបានសំណង់ជា Microcontroller ចំពោះដំណើរការចម្លងនៃ Arduino Mega 2560 Rev3 គឺបើរិបន់លើបី ATMEGA2560 ដែលជាដំណើរការនៅប្រភេទ 16 MHz។ Microcontroller នេះមាននូវចំនួននៃ Input និងOutput ដែលផ្តល់នូវការភ្លាប់ខបករណីខាងក្រោមនៃប្រព័ន្ធនេះទៅក្នុងពេលជាមួយភ្លាន៖ ប្រតិបត្តិការ និងជំណើរការលើវីដីយសរ RAM ដែលជាប្រព័ន្ធឌីជីថល និងប្រព័ន្ធឌីជីថល Processor ធ្វើនៅក្នុងប្រព័ន្ធ មិនតែប៉ុណ្ណោះមានបំពាក់នូវអង្គដំណើរការ Serial USB ATMEGA16U2 ដែលធ្វើឱ្យជាបំណុលប្រព័ន្ធការរាយសញ្ញាបញ្ហាល USB និងខ្សោយការប្រើប្រាស់ នេះបង្កើនភាពបាត់បែននៃប្រព័ន្ធប្រព័ន្ធក៏ដូចជានឹងបន្ទាប់ក្រឹងកំពុងទៅនឹងបន្ទាប់ Arduino Mega 2560 Rev 3 [8]។



រូប 2. 5 Arduino MEGA2560 Rev3

Arduino MEGA2560 ប្រើប្រាស់ជា Microcontroller សម្រាប់បង្កើតទឹននៃយុទ្ធសាស្ត្រ Sensors ទៅជា ទឹននៃយសប្រចាំថ្ងៃដែលបានទឹននៃយទាំងអស់នៅកាមរយៈខ្លួន ឬក្នុងបច្ចុនទឹននៃយ GSM-LoRa។

តារាង 2. 3 លក្ខណៈទូទៅរបស់ Arduino Mega 2560

Arduino MEGA2560 R3 Specification	
Microcontroller	ATMEGA2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 15 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

## ២.៣.២ Real-Time Clock

DS3231 ជាប្រភេទ Real-Time Clock ដែលប្រើប្រាស់សម្រាប់ការកំណត់ពេលវេលាត្រូវការបច្ចុនទឹននៃយតាមអ្នកដែលយើងបានកំណត់។ DS3231 អាចតាមដានវិនាទី នាទី ម៉ោង ថ្ងៃ កាលបរិច្ឆេទ ខ្លួន និងឆ្នាំ មិនតែបុណ្យបាន សម្រាប់ខែដែលមានរយៈពេលតិចជាង 31 ថ្ងៃ វាកៅតប្រើកាលបរិច្ឆេទដោយ ស្ថើយប្រវត្តិនៅចុងខែ រួមទាំងការកៅតប្រើបង្ហាញបង្ហាញ។ DS3231 អាចដំណើរការជាន់ប្រចាំ 12 ម៉ោង ឬ 24 ម៉ោង និងមានសូចនាករ AM/PM។ វាកៅតមានម៉ោងហេតិកឱ្យម៉ោងដែលអាចដាក់កម្លើវិធីបាន [9]។ DS3231 ប្រើប្រាស់សម្រាប់ការកំណត់ និងបង្ហាញពីម៉ោង និងកាលបរិច្ឆេទការបច្ចុនទឹននៃយនៅក្នុងប្រព័ន្ធភាស់សម្រាប់ និងលំបើរទឹកនេះ។



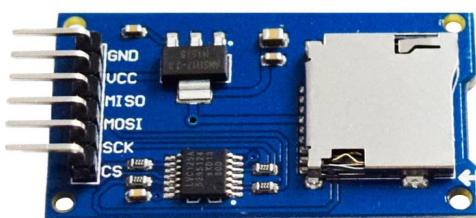
រូ 2. 6 Real-Time Clock DS3231

រាយ 2. 4 លក្ខណៈទូទាត់ Real-TimeClock

DS3231 RTC Specifications	
I2C Interface	Fast (400Khz) I2C Interface
EEPROM	AT24C32 32Kbit Serial I2C
1Hz output pin	SQW
32KHz output pin	32K
Voltage supply	2.2V to 5.5V for RTC
Operating Temperature ranges	2.7V ~ 5.5V (including 24C32)

### ២.៣.៣ Micro SD Card

Micro SD Card មាននាទីក្នុងការក្រឡុកទិន្នន័យសម្ងាត់ និងលំហែទឹកនៅអនុសានីយទាំងពីរ (1<sup>st</sup> Sub-station & 2<sup>nd</sup> Sub-station)។ Micro SD Card ដំណើរការជាមួយ មុខងារ SDIO និង SPI ដែល SDIO មានលេវ្យីនលេវ្យីជាង ហើយត្រូវបានប្រើប្រាស់នៅក្នុងទូរសព្ទដៃ កាមេរិកឱ្យធម៌ល និងខែករណ៍ធ្វើឡើង ឡើត បីនៅមានភាពស្ថិតស្ថាប្បាយទាមទារខ្សោយការចុះហត្ថលេខាលើកិច្ចប្រមព្រៀងមិនបង្ហាញពីមាន។ ដូច្នេះហើយស្រីវគ្គប្រជប់ SD Card Module ប្រើមុខងារ SPI "លេវ្យីទាប និងកិចជាងមុន" ដែលមាន លក្ខណៈសាមញ្ញក្នុងការអនុវត្តលើ microcontroller ធ្វើឡើង។ Module នេះក្នុងមានលិខិត 74LVC125A ដែលអនុញ្ញាតឱ្យមានការទំនាក់ទំនងប្រកបដោយសវត្ថិភាព និងងាយស្រួលជាមួយនឹង តាមស្ថិត 3.3V ឬ 5V ដែលមិនធ្វើឱ្យខ្ចោះ SD Card ។ SD Card នេះប្រើប្រាស់សម្រាប់ការក្រឡុកទិន្នន័យសម្ងាត់ និងលំហែទឹកនៅអនុសានីយទាំងពីរជាក្រោមរាល់ម៉ោង។

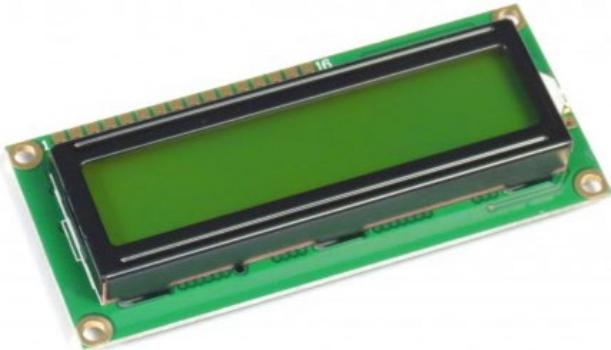


រាយ 2. 7 Micro SD Card Module

### ២.៣.៤ LCD

I2C Interface 16x2 LCD Display គឺជា Module ដែលមាន 2 បន្ទាត់ និង 16 គុណកម្ម ជាមួយនឹង ការលេតប្រើការគ្រប់គ្រងកម្រិតណែនាំនៅលើភាពអំពុល Backlight ។ I2C Serial LCD នេះនឹងធ្វើអាយការ តាមប័ណ្ណិភាយស្រួលដោយមានក្រឡុក I/O pins មួយចំនួននៅលើ Arduino board ដែលប្រើប្រាស់

សម្រាប់បង្ហាញ។ 12C LCD Display នេះត្រូវបានប្រើប្រាស់ក្នុងគម្រោងសម្រាប់ការបង្ហាញទិន្នន័យរបស់សម្ងាត់ និងលំហូរទឹក រួមជាមួយពេលវេលា និងកាលបរិច្ឆេទនៃការធ្វើទិន្នន័យដែលដើរ [12] ។



រូប 2. 8 I2C Interface LCD Display

## ២.៥ គារបញ្ជាណទិន្នន័យតាមរយៈ: Global System for Mobile Communication (GSM)

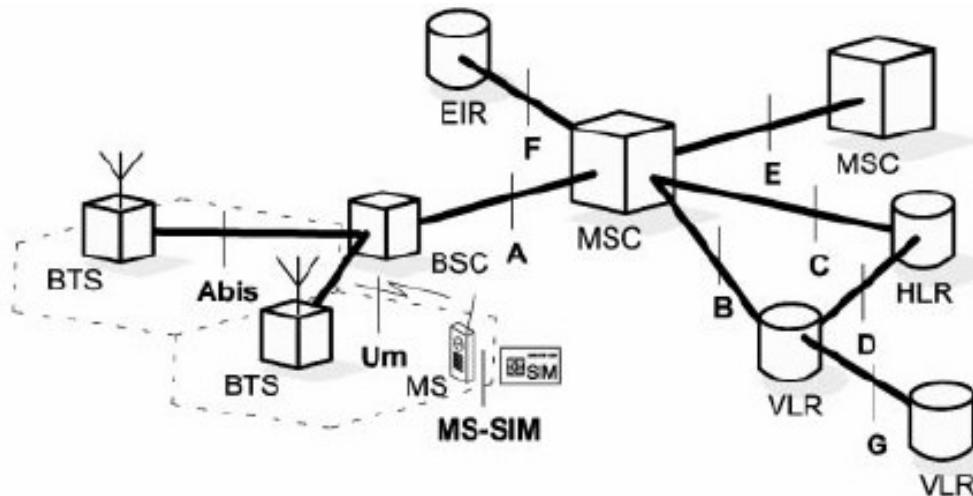
### ២.៥.១ ប្រព័ន្ធរបស់ GSM

នៅក្នុងឆ្នាំ 1982 ការអភិវឌ្ឍន៍ការកំណត់ស្ថាដារូមអីរូបសម្រាប់ Digital Cellular Mobile Radio បានចាប់ផ្តើមឡើងដោយ the Groupe Spécial Mobile of the CEPT (Conférence Européene des Administrations des Postes et des Télécommunication)។ ដើមឡើយពាក្យ “GSM” ត្រូយចេញ មកពីរបៀបរបស់ក្រុមនេះ បន្ទាប់ពីចានបង្កើត ETSI (European Telecommunication Standard Institute) មកក្រុម GSM ត្រូយជាតិការវិន ETSI ក្នុងឆ្នាំ 1989។ បន្ទាប់ពីការកែនឡើងយ៉ាងរហ័សនៃកំណើន GSM network របៀបនេះត្រូវបានប្រកាសបន្ទាត់ជា Global System for Mobile Communication។ បន្ទាប់ពីភាពចុះខ្សាយរបស់ Analog Network មួយចំនួន ដែលកែត្រូវឡើងដំណឹងត្រូវនៅទីបីអីរូបដែលមានដូចជា Total Access Communication System (TACS) នៅចក្រកណ្ឌអង់គេស NMT នៅ Scandinavia ភាគខាងជើងអីរូប និង C-netz នៅអាលីម៉ែងដៅយោងនានាការបានចាប់កំណើនឡើងនៅការសិក្សាលើនិយមន័យនៃ European-wide standard for digital mobile radio នៅដើមទសវិញ 1980។ GSM ត្រូវបានគេរកយើងហើយរាយការនៅក្នុងក្រុមការកំណត់ស្ថាដីលីសក្នុណ៍:បច្ចេកទេសមួយចំនួន និងបានលើកទៅ ETSI ដើម្បីស្តីការអនុញ្ញាតអោដាតក្នុងប្រើប្រាស់សំណើស្តីនេះគឺជារបស់ Special Mobile Group (SMG) ដែលមានក្រុមការងារទូលបន្ទកតុចាប់ឡើងដែលប្រព័ន្ធបានគេហោចា Sub Technical Committees (STCs)។ ការងារដែលរាយការនៅក្នុងប្រព័ន្ធដឹកសម្រាប់ដៅការសិក្សាសមាន Service Aspects (SMG 01), Radio Aspects (SMG 02), Network Aspects (SMG 03), Data Services (SMG 04), Network Operation និង Maintenance (SMG 06) ប្រមិនាំក្រុមការងារដែលបានដឹកជញ្ជូនជាមួយនាម Mobile Station Testing (SMG 07), Integrated Circuit Card Aspects (SMG 09), Security (SMG 10), Speech Aspects (SMG 11) System Architecture (SMG 12)។ ចំណោកជាមួយ SMG 05 មានក្នុងនាមដើរដៅការសិក្សាលើ Future Network និងដៅការទូលាចសក្រវិលីដ្ឋាកកំណត់ស្ថាដីលីដូចជាអំពីរបស់ Next Generation របស់ប្រព័ន្ធ។

ប្រព័ន្ធចំនាក់ចំនងទូរសព្ទចលកអីរីប (European Mobile Radio System)។ ក្រុមមួយនេះត្រូវបានបង្កើចចុចក្រុមអនុកម្មសកម្ម (UMTS) ដែលបានដោឡូកដៃក្នុងមួយ និងជាដែកជីសំខាន់របស់ ETSI។ The Third Generation Partnership Project (3GPP) បានបង្កើតឡើងក្រាមកិច្ចសហប្រតិបត្តិការណាយ Standardization Committee ដូចខាងសកលលោក។ គោលដៅបានដោឡូកគេតីការណាយបញ្ហាលក្តានឱវាទំនាក់របស់ពិសេស ហម្មុតកទេសសម្រាប់ UMTS។ ក្នុងឆ្នាំ 2000 ETSI ប្រកាសអោយបិទ GSM ដែលចាប់មានគោលដៅបង្កើត GSM Standard ដែលចំណាយពេលអស់រយៈពេល 18ឆ្នាំ, បន្ទាប់មកការងារដែលសេសសល់ត្រូវដោឡើង ផ្លាស់ទៅសិក្សាលើ 3GPP។ បន្ទាប់ពីការចាប់ផ្តើមជាមួយការដំបូងរបស់ GSM Network ក្នុងឆ្នាំ 1992 ចំនួន អ្នកប្រើប្រាស់ (Subscriber) មានការកែនឡើងយ៉ាងតាមរបៀប ត្រីមឆ្នាំ 1993 អ្នកប្រើប្រាស់មានចំនួនជាង 1 លាននាក់ពានឡើករហ័រចេញនៅលើ GSM Networks ត្រូវលកម៉ឺលជាលក្ខណៈសកល GSM standard ទូលាយនានារាងទូលាស្ថាល់យ៉ាងលើវិនដែលជាមួលហេតុឡើងយាយ Commercial GSM Network មួយចំនួន ចាប់ផ្តើមរានីវកម្មរបស់ក្នុកគេនៅក្រោមអីរីប ដែលមាននៅតាមប្រទេសមួយចំនួនជូនចាតា Australia, Hong Kong, និងNew Zealand។ ក្រុមមក មាននៅតាមប្រទេសជាប្រើប្រាស់ឡើងសារព័ត៌មាន (Brunei, Cameroon, Iran, South Africa, Syria, Thailand, USA និងUnited Arab Emirate) ស្របពេលដែល GSM Network ភាពប្រើប្រាស់ប្រើកង់ 900MHz (GSM900) តែកំណានយើង GSM Network នៅក្រុមប្រើប្រាស់ប្រើកង់ 1800MHz (GS1800) ឬ PCNs Digital communication System (DCS 1800) ហើយនៅសហរដ្ឋអាមេរិកគេប្រើប្រាស់ប្រើកង់ 1900MHz (GSM1900) ហេតុា PCS។ Networks ទាំងនេះមានលក្ខណៈ និង Architecture ស្ថិវភ័យជូនចាត់ស្រួលរបស់ ETSI នៅក្នុងឆ្នាំ 1987 ក្រុម GSM Network Operator និង National Administrations បានបង្កើតក្រុមមួយដែលសមាជិក របស់ក្រុមនេះបានធ្វើការចុះហត្ថលេខាលើអនុស្សារណៈយោតយល់ត្រា (MoU) MoU Association មួយ នេះមាននាទីក្នុងការបង្កើតលក្ខណៈគោល មួយសម្រាប់ឡើកការអនុញ្ញាតអោយ Transnational Operation of Mobile Stations ប្រើប្រាស់ International Standardized Interface។ នៅក្នុង ខែមេសា ឆ្នាំ 2008 GSM MoU មានសមាជិកចំនួន 747 ដែលកំណុងដោឡើប្រតិបត្តិការលើ GSM Networks ចំនួន 670 Networks ក្នុង ចំណោម 200 ប្រទេស [13]។

## ២.៤.២ GSM Architecture

ធាតុសំខាន់របស់ GSM Network គឺមានបង្ហាញនៅក្នុងរូ 2.10។ ទូរសព្ទដែរបស់អ្នកប្រើប្រាស់ ហេតុា Mobile Station (MS) ដែលអាចធ្វើចំនាក់ចំនង Wireless ទៅកាន់ Base Station ហេតុា Base Transceiver Station(BTS) ដែលមាន Transmitter និងReceiver equipment មានដែចជាអង់គ់ន (Antenna) និងអំពើ (Amplifier) រួមមានសមាសធាតុមួយចំនួនឡើតសម្រាប់ធ្វើ Signal and Protocol Processing។ ឧបាទរណ៍៖ Error Protection Coding វិកធ្វើការនៅក្នុង BTS ដើម្បី



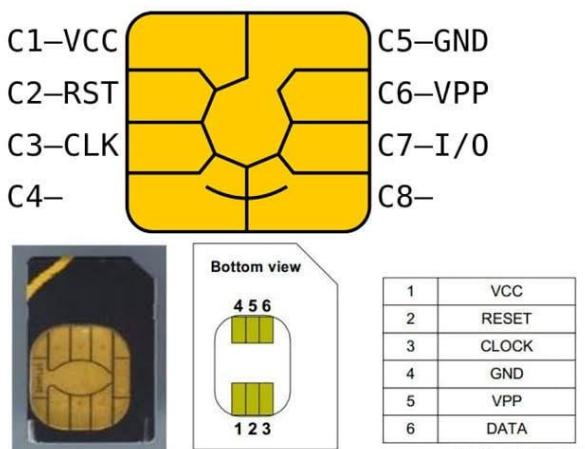
រូប 2.9 GSM Architecture

Link-Level Protocol ដែលមាននាទីសម្រាប់បញ្ជានសើស្សាហ៍នៅលើផ្លូវរលកវិទ្យាល័យ ដំណឹងការនៅ Base Station មានទំហំតួច ការគ្រប់គ្រង និងប្រើប្រាស់ Protocol Intelligence ត្រូវ ដំណឹងការនៅ Base Station Controller (BSC) ដែលជាទុទៅ BTS ច្បាស់ត្រូវគ្រប់គ្រងដោយ BSC។ នៅ ក្នុងការអនុវត្ត BTS និងBSC ត្រូវបាត់ដោយ Fixed Lines ឬ Point-to-Point Radio Link។ BTS និងBSC បុរិបញ្ញាលក្តាមហេតុ និងការប្រើប្រាស់នៅក្នុង Channel ត្រូវបានបញ្ជានទៅរៀងយោយ Switch ហេតុ Mobile Switching Center (MSC) និងធ្វើការ switch គ្រប់ Switching Mode ទាំងអស់នៅក្នុង Fixed Telephone Network។ ការដោឡូលើការប្រើប្រាស់របស់រូបមាន Path Search, Data Forwarding និងService Feature Processing ចំពោះ MSC គឺតិចពីការរំលែក Space និងការគ្រប់គ្រងលើ Radio Resource និង User Mobility មិនតែប៉ុណ្ណោះ MSC ផ្តល់នូវមុខងារសំខាន់ៗ ដែលទៀតក្នុងមាន មុខងារសម្រាប់ធ្វើការភ្លាប់ទីតាំង(Location) របស់ User និងការផ្តល់កំណត់ត្រាប់ក្នុងករណី User ធ្វើការផ្តាសទី Cell មួយទៅ Cell មួយទៀតហេតុ Handover។ នៅក្នុង Cellular Network រាប មាន MSC ច្បាស់ដែល MSC និមួយៗធ្វើការទទួលខុសត្រូវទៅតាមផ្លូវកំនែ Network។ ការហេតុរស្សី និង ការបញ្ចប់ការហេតុស្ថិតនៅក្រោមដំណឹងការរបស់ Dedicated Gateway MSC (GMSC)។ អនុការងារ (Interworking) រវាង Cellular Network និងFixed Network (PSTN,ISDN) គឺត្រូវបានដោយសារ Interworking Function (IWF) និងពិធាចំបាចំត្រូវធ្វើ Map Protocol របស់ Cellular Network ទៅរៀង Fixed Network និមួយៗ។ កំណត់ត្រាប់ទៅកាន់ទូរសព្ទចល់ត ឬ International Network ចំបាច់ត្រូវផ្តល់កាត់ International Switching Center (ISC) របស់ប្រទេសនិមួយៗ GSM Network ផ្ទុកនូវប្រពេទ Database ផ្សេងៗគ្នាមួយចំនួន ចំណោកជា Home Location Register(HLR) និង Visitor Location Register (VLR) ប្រាប់ពីទីតាំងបច្ចុប្បន្នរបស់ Mobile User។ ការដឹងពីទីតាំងនេះ គឺសំខាន់ដោយសារកំពង់ Network ត្រូវដឹងពី Cell ដែល User កំពង់ស្ថិតនៅដើម្បីធ្វើការបង្កើតទំនាក់ទំនងរវាង User ពីរដោយប្រើប្រាស់ Base Station រោងពាណិជ្ជកម្ម។ លើសពីនេះទៀត Register ទាំងនេះធ្វើការផ្តល់នូវទិន្នន័យរបស់ User ដែលចំបាច់ប្រពេទសម្រាប់សម្រាប់ និងលំហែទីការបង្ហាញនិងផ្តល់មិនយោង: GSM-LoRa

សម្រាប់ធ្វើការ charging and billing និងសម្រាប់បញ្ចារដុលម្បូយចំនួនឡើងទៅការ Database ពីរដឹងទៀត ដែលមានមុខងារទាក់ទងទៅនឹង Security ឬ Authentication Center (AuC) Equipment Identity Register (EIR) ចំពោះ AuC ផ្ទិត security-related data មានដូចជា Keys ដែលប្រើសម្រាប់ Authentication និង Encryption។ វិន EIR មាននាទី register Equipment Data និង Subscriber Data។ ការគ្រប់គ្រង Network ត្រូវធ្វើឡើងនៅកន្លែងដែលសំខាន់ ឬ Operation and Maintenance Center (OMC) ដោយមានមុខងារដូចត្រូវគ្រប់គ្រងអ្នកប្រើប្រាស់ Subscriber, terminal, charging data, network configuration, operation, performance monitoring និង Network maintenance។ Operation និង Maintenance អារ៉ាស៊ីម៊ែន្រៀប Concept និង Telecommunication Management Network(TMN) ដែល ជាស្អដែជាអន្តោក្នុង ITU-T series M.30។ ជាមួយការងារ GSM Network ថែកចេញជាបីជ្រួក ឬ Radio Access Network, Core Network, និង Management Network ដែល Sub-network ទាំងនេះហេច្រាប់ Sub-system នៅក្នុងស្អដែជារ GSM។ Sub-system ទាំងនេះមានលោខោ៖ មួយឡើតបោចា Base Station Sub-system (BSS), Networking Station Sub-system (NSS) Operation and Maintenance Sub-system (OMSS)។

## ២.៤.៣ SIM CARD

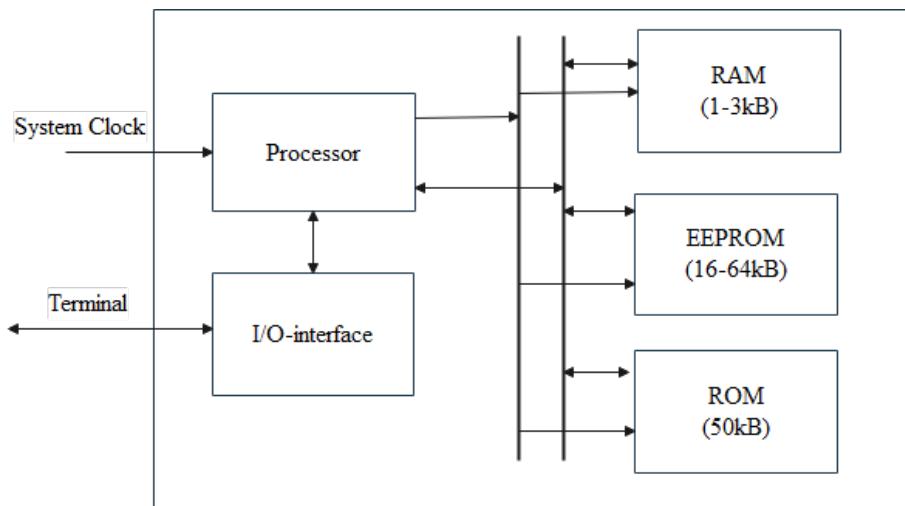
គ្រប់ GSM User សុទ្ធដែល Chip Card ធ្វាល់ខ្លួនហេច្រាប់ SIM (Subscriber Identity Module) តាមពិតទៅ SIM Card បំពេញលក្ខណៈរបស់ Mobile Equipment នៅរដ្ឋាភិបាល Mobile Station ដែលអាចប្រើសម្រាប់ធ្វើការហេច្រាប់ ឬ ហេច្រាប់បានហើយចាប់ពីក្រដៃដែលសំខាន់នៅលើ Chip Card ឬ IMSI និង Secret Key ដែលប្រើសម្រាប់ Authentication និងបង្កើត Ciphering Key។



រូ 2. 10 Sim Card Pinout Diagram

SIM Card ឧសពិនិត្យការងារក្នុងមាននាទីជារ Microcontroller ដែលអាចប្រើលើគោលដៅ ផ្សេងៗ ឬ ដូចបង្ហាញក្នុង (រូ 2.12 ) Mobile Device មិនអាចទាញយកព័ត៌មានពី EEPROM ដោយធ្វាល់ទេ

គឺជាបច្ចេកការណ៍ CPU របស់ SIM ធាមុនសិន ដូច្នេះហើយភារ៉ាងកសារដែលសំខាន់អាជនីនអនុញ្ញាត នៅយទាញយកបានទេ។ CPU មាននាទីសម្រាប់បង្កើត SRES តួនាទីនឹងពេលដំណើរការ Network Authentication Procedure ដោយប្រើ RAND នៅក្នុង Authentication Center (AuC) ដែលធានាទៅការ គណនា SRES ត្រូវអនុវត្តនៅលើ SIM card ខ្លួនវាត្រាល់មិនមែននៅលើ Mobile Device នៅទេដើម្បី ការពារ Secret Key Ki ប្រសិនបើការគណនា SRES ធ្វើឡើងនៅលើ Mobile Device នៅមាននៃយថា SIM card ធ្វើវា Ki ទៅកាន់ Mobile Device ដែលអាចអោយគេធ្វើការបង្កើត SIM copy បាន។



រូប 2. 11 Block Diagram of GSM Card

លើសពីនេះទៅឡើកប្រព័ន្ធ Microcontroller របស់ SIM card អាចដំណើរការកម្មវិធីដែល Network Operator ធ្វើការតម្លៃនៅលើ SIM។ ការតម្លៃនេះធ្វើឡើងតាមរយៈ SAT (SIM Application Toolkit) Interface។ ដោយសារ SAT Interface កម្មវិធីនៅលើ SIM card អាចធ្វើការចូលទៅកាន់មុខងារ របស់ Mobile Device ដែលមានដូចជាការ Waiting for User Input បុគ្គលិកប្រើសម្រាប់បង្ហាញសារ (Text Message) និងបញ្ជី (Menu) នៅលើអេក្រង់។ Mobile Network Operator ធ្វើប្រើប្រាស់មុខងារនេះ សម្រាប់ដាក់បញ្ជី (Menu) របស់ Operator ទាំងនេះទៅក្នុងបញ្ជី (Menu) Graphical User Interface (GUI) របស់ Mobile Device ឧទាហរណការ នៅក្នុងបញ្ជីដែលបង្កើតដោយ កម្មវិធីរបស់ SIM card អ្នកប្រើប្រាស់អាចធ្វើការបើក មើលនូវទីក្រាត់សុប្របស់ខ្លួនបាន។ ពេលដែលអ្នកប្រើប្រាស់ចូលទៅកាន់បញ្ជី (Menu) ឲ្យបញ្ចូល Input តាមរយៈបូតុង (keypad) Input ទាំងនេះត្រូវបញ្ចូនពី Mobile Device ទៅ SIM card។ កម្មវិធីនេះនឹងប្រាប់ Mobile Device អោយបញ្ចូនសារ SMS នោះទៅកាន់ Network ដើម្បីធ្វើការ ធ្វើឱយកបង្ហាញ SMS មួយ ឬ ប្រចើន ដែលជូកការមើលទីក្រាត់ដែលនៅសល់។ បន្ទាប់មក SIM card ធ្វើការ ទាញយកព័ត៌មានទាំងនេះទៅ SMS ឲ្យបង្ហាញទិន្នន័យទាំងនេះទៅអោយអ្នកប្រើប្រាស់យើង។ ក្រោពីនេះ SAT អាចមានមុខងារផ្សេងៗដែល មានភាពសុគត្តស្ថាបាននេះឡើត។ ត្រូវបាន Data នៅលើ GSM SIM card ត្រូវផ្តល់នៅក្នុង Directories និង Files តួនាទីនឹងបានស្របដោយការផ្តល់ឱ្យរបស់ Hard-Drive របស់ PC ដូចគ្នា។ Directory សំខាន់ជាងគេហ៊ា Main File (MF)។ Directory បន្ទាប់ហ៊ា Dedicated Files

(DF) និង File ដម្ល៉ា ហើយថា Elementary File (EF) ។ ដោយសារព័ត៌មាន របស់ SIM card មាន កំណត់ 2 Byte ដូចនេះ លេខា: File មិនអាចធ្វើការកំណត់តាម រយៈលេខា: File ឬ Directory នៅទេ។ ជំនួសមកវិញ លេខ Hexadecimal ដែលមានប្រវែង 4 bits ត្រូវបានគេប្រើបានស្ថិតិយោរៈតែជាក់លេខា: ទៅអាយុលេខទាំងនេះ បើនេះមិនត្រូវបានធ្វើការលើ SIM card នៅទេ។ ដូចនេះដើម្បីធ្វើការអាន IMSI ឬ SIM card Mobile Device ត្រូវពេកតាមរយៈលេខ 0x3F00 0x7F20 0x6F07។ សម្រាប់សម្រាប់ជាពលរដ្ឋ ការចូលទៅយក Data ដែលមាននេះលើ SIM card របស់ Mobile Device File នឹមួយៗអាចមានទម្រង់មួយ ក្នុងចំណោមទប្រង់ទាំង ៣ នេះ:

- Transparent : File ដាច់ចំនួន Byte ជាប្រើបានតាមត្រូវ
- Linear Fixed : File មួយនេះធ្វើការកំណត់តាមប្រវែងច្បាស់លាស់ណាមួយ
- Cyclic : ធ្វើការត្រូវ Pointer សម្រាប់ប្រាប់ពីទីតាំងដែលធ្វើការកំណត់តាមច្បាប់ក្រាយបង្គាស់

ក្នុងការធ្វើទំនាក់ទំនងរវាង Mobile Station ទៅនឹង SIM card / Application Protocol Data Units (APDUs) ត្រូវបានគេប្រើបានដើម្បីប្រាប់ទៅ SIM card នៅរដ្ឋាភិបាលនៃការធ្វើការផ្ទេរ Data ។ SIM card ធ្វើការ វិភាគទៅលើ command APDU រួចធ្វើដំណើរការដើម្បីផ្តើមឈរតាម APDU, SIM card មាននាទីត្រឹម ពេលជាមួយការអំពើក្នុងទំនាក់ទំនង Data នេះ។ រាយការណ៍លទ្ធភាពពេលមួយគត់ គឺធ្វើតាមការចង់បានរបស់ APDU ។ ប្រសិនបើ File ត្រូវអានចេញពី SIM card នៅនៅក្នុង Command APDU មានធ្វើការត្រូវរាយការណ៍ជាប្រចាំថ្ងៃ ជារឿងចំនួន Byte ដែលនឹងត្រូវបានចេញពី File ប្រសិនបើ File ជាប្រភេទ Cyclic ឬ Linear Fixed នៅក្នុង Command កំណត់មានធ្វើការលេខបញ្ជីដែរ (Record Number) ។ ប្រសិនការចូលទៅកាន់ File ត្រូវបាន អនុញ្ញាតនោះ SIM card នឹងបានកំណត់មានដែលបានស្រើស្អុំ ប្រសិនបើ Mobile Device ចង់ធ្វើការបញ្ចូន Data ចូលទៅកាន់ File ដែលនេះលើ SIM card នៅ Command APDU នឹងបញ្ជី File ID និង Data ដែលត្រូវបញ្ចូនយកទៅជាក់នៅក្នុង File នៅ បន្ទាប់មកវិញ SIM card ធ្វើការបាន Data មកវិញដោយបញ្ចាក់ថា ការជាក់ Data នៅក្នុង File ទទួលបានជាគាត់ជួយ។

## ២.៥.២ Addressing

នៅក្នុងប្រព័ន្ធបណ្តាញទំនាក់ទំនងនឹមួយៗ GSM Network ត្រូវពេលមាននូវអាសយដ្ឋាន (addressing) ឬ identifiers ច្បាស់លាស់ សារប្រយោជន៍ត្រូវបានគេប្រើសម្រាប់ធ្វើការសម្រាប់ (identify) ធ្វើការធ្វើដាក់ (authenticate) និងកំណត់ទីតាំង (localize) នូវបណ្តាញដែលមាន GSM address ដែលតែ ស្ថាល់ច្បាស់ជាងគេ គឺលេខទូរសព្ទក្រោមពីលេខទូរសព្ទ មាន identifier ជាប្រើបានមួយចំនួនឡើងតែដែលត្រូវបានគេប្រើបានក្រោមពីអ្នកប្រើបាន User Mobility និងធ្វើការទំនាក់ទំនងជាមួយបណ្តាញដែលត្រូវបានគេប្រើបានក្រោមពីអ្នកប្រើបាន User និងខ្លួនខ្លួន (user) និងឧបករណ៍ (equipment) ។ ហេតុធ្វើដេចបៀវិញមាន Address ខ្លួនប្រើសម្រាប់សម្រាប់ User និងខ្លួនខ្លួន MS ។ អគ្គសញ្ញាណរបស់អ្នកប្រើបានត្រូវបានធ្វើការនៅលើ SIM និងអគ្គសញ្ញាណរបស់ឧបករណ៍ (equipment) ត្រូវធ្វើការនៅលើ IME ។ លើសពីនោះថែម ឡើង GSM ក៏

បានធ្វើការពេញកត្តារាងអត្ថសញ្ញាណអ្នកប្រើប្រាស់ (User Identity) និងលេខទូរសព្ទរបស់ពួកគេដែរ។ នៅថ្ងៃកប្បន្តប់ យើងនឹងនិយាយអំពី address និង identifier សំខាន់ៗមួយចំនួនដែលប្រើប្រាស់នៅក្នុង GSM។

### ៩. International Mobile Station Equipment Identity

The International Mobile Station Equipment Identity (IMEI) ធ្វើការកំណត់នូវអត្ថសញ្ញាណរបស់ទូរសព្ទជាលក្ខណៈសកល និងប្រាប់ពីទីតាំង កាលបរិច្ឆេទនៃការផលិត។ រាយការណ៍ស្រាវជ្រាវ Serial Number។ IMEI ត្រូវបានបង្កើតដោយអ្នកផលិត និងធ្វើការចុះលេខដោយ Network Operator ដែល នឹងត្រូវដោឡូកនៅក្នុង EIR។ តាមរយៈ IMEI យើងអាចដឹងពីសភាពទូរសព្ទដូចជា ហ្មតុសម្រាយ ឬ ត្រូវបានគេលួច ឬ មិនដំណើរការ និងអាចធ្វើការបិទសេវាដែលត្រូវការ។ IMEI ត្រូវបានប្រព័ន្ធដោយ EIR តាម ៣ ផ្នែកសំខាន់ៗ ដូចជា៖

- The white list: ផ្នែកត្រូវបានបង្កើតដោយអ្នកផលិត
- The black list: ផ្នែករាយការណ៍ស្រាវជ្រាវ
- The gray list: ផ្នែកនូវការបិទសេវាដែលមិនដំណើរការខសប្រកតិ (malfunction) ឬ ប្រើប្រាស់ Software ហ្មតុសម្រាយ។



រូប 2. 12 International Mobile Station Equipment Identity

IMEI មាន address ជាព្យាក់រង្វាយខាងក្រោម៖

- Type Approval Code (TAC) មានលេខ 6ខ្សែ
- Final Assembly Code (FAC) មានលេខ 6ខ្សែ
- Serial Number មានលេខ 6ខ្សែ
- Spare មានលេខ 1ខ្សែ

## ៨. International Mobile Subscriber Identity

នៅពេលដែលធ្វើការចុះឈ្មោះសម្រាប់ការប្រើប្រាស់សេវាបស់ប្រព័ន្ធបណ្តាលូរសព្ទគ្រប់អ្នកប្រើប្រាស់នឹងទទួលបាននូវ Identifier មួយ គឺ International Mobile Subscriber Identity (IMSI)។ គ្រប់ Mobile Station អាចដំណើរការបាន ឬ៖ត្រូវទៅ IMSI មានសុពលភាពបុរីមាត្រា ឬ IMEI មានសុពលភាពដីនៅ។ IMSI ប្រើប្រាស់លេខ Decimal ចំនួន 15 ខ្លួន និងចំចេញជាបីផ្ទុកដូចជា៖

- Mobile Country Code (MCC) មានលេខ 3 ខ្លួន
- Mobile Network Code (MNC) មានលេខ 2 ខ្លួន
- Mobile Subscriber Identification Number (MSIN) មានលេខអតិបរមាចំនួន 10 ខ្លួន

## ៩. Mobile Subscriber ISDN Number

Mobile Subscriber ISDN Number (MSISDN) គឺ សំដែនថែទីលេខខ្លួនសព្ទដែលបស់អ្នកដែលប្រើប្រាស់។ ផ្ទុករបស់ MSISDN ត្រូវគោរពតាមលេខ ISDN អនុរាជតិដែលមានទម្រង់ដូចខាងក្រោម៖

- Country Code (CC) មានទំហំថែទីដល់ 3 ខ្លួន
- National Destination Code (NDC) ជាទុទៅ មាន 2 ឬ 3 ខ្លួន
- Subscriber Number (SN) មានអតិបរមាចំនួន 10 ខ្លួន

## ១០. Mobile Station Roaming Number

Mobile Station Roaming Number (MSRN) គឺជាលេខបណ្តាងអាសន្នរបស់ ISDN ដែលអារ៉ាប់យក ឬ ទីតាំងដែលរាយក្រឹតនៅលេខនេះបានមកពី VLR ដែលស្ថិតនៅតំបន់នោះ ឬចង្ក្រោមទៅលើ MS និមួយៗ ដែលនៅតំបន់ជាមួយត្រូវបានបញ្ជាផន្លេទៅលើ MS តាមរយៈ Identifier មួយនេះតាមរយៈ Request HLR ផ្ទើការបញ្ជាន MSRN ទៅលើ GMSC។

MSRN មានទម្រង់ដូចត្រូវនឹង MSISDN ដើម្បី គឺ៖

- CC របស់ Visited Network
- NDC របស់ Visited Network
- SN របស់ Current Mobile Network

## ១១. Location Area Identity

LA និមួយរបស់ Cellular Network មាន identifier ធ្លាក់ខ្លួនរបស់វា។ Location Area Identity (LAI) ត្រូវបានគេបង្កើតឡើងជាដាក់ និងមានលក្ខណៈពិសេសធ្លាក់ខ្លួន។ នៅក្នុងការបង្កើតឡើង គឺមានផ្ទុកស្ថិតជាអនុរាជតិ និងផ្ទុករបស់ Operator ដែលមានដូចតទៅ៖

- CC 3 ខ្លួន
- MNC 2 ខ្លួន
- Location Area Code (LAC) មានលេខអតិបរមា 5 ខ្លួន ឬ 2x8 bits របស់លេខ Hexadecimal

### ៥. Temporary Mobile Subscriber Identity

VLR ដែលទទួលខុសត្រូវលើទីតាំងបច្ចុប្បន្នរបស់អ្នកប្រើប្រាស់ អាចបង្កើត TMSI នេះ ដែលវាយតាមសារ សំខាន់យ៉ាងឆ្លំងសម្រាប់ទីតាំងដែល VLR ធ្វើការគ្រប់គ្រង។ វាត្រូវបានគេប្រើជាមួយ IMSI សម្រាប់ធ្វើការ កំណត់អត្ថសញ្ញាណច្បាស់លាស់ និងអាសយដ្ឋានរបស់ MS។ ប៉ុន្តែគេមិនអាចធ្វើការកំណត់អត្ថសញ្ញាណ របស់អ្នកប្រើប្រាស់តាមរយៈការស្វាប់លើ Channel ដែលគេកំណុងប្រើប្រាស់នៅទៅដោយសារតែ TMSI អាច មានតែក្នុងកំឡុងពេលដែលមាន MS នៅក្នុងកំបង់របស់ VLR ហើយវាអាចធ្វើការផ្តល់បញ្ជីថា ក្នុងកំ ឡុងពេលនេះដឹងដែរ (ID Hopping)។ TMSI មាននៅលើ SIM របស់ទូរសព្ទ និងមាននៅលើ VLR ប៉ុន្តែវាមិនបានស្ថិតនៅក្នុង HLR នៅទេ [13]។

### ៦. Identifier ផ្សេងៗទៀត

VLR អាចបង្កើតបន្ថែមទូទៅវា Searching Key នៅលើ MS នឹមួយៗ ដែលស្ថិតនៅក្នុងកំបង់របស់វា តើដើម្បី ដំឡើងដំឡើការទាញ Data ពី Database។ Searching Key នៅ៖ ហេរិចា Local Mobile Station Identity (LMSI)។ វាកែតមាននៅពេលដែល MS បានត្រូវបានបញ្ចូនទៅរោង HLR។ កលប់ពេលដែល Message បញ្ចូនទៅកាន់ VLR ប្រាប់ពី MS វាកែតដែល LMSI នៅជាមួយដែលអាច អាយ វាលូវប្រើ Short Searching Key សម្រាប់ធ្វើប្រពិបត្តិការលើ MS នៅបាន។ ការកំណត់ អត្ថសញ្ញាណបន្ថែមនេះអាចប្រើការបានតែក្នុងពេលដែល MSRN ត្រូវបានផ្តល់បញ្ជីថា ក្នុងករណី នេះ Fast Processing មានសារសំខាន់ក្នុងការធ្វើរោងមានរយៈពេលខ្លួនដើម្បីបង្កើតការហេរិចា ។ LMSI មានចំនួន 4 Octets (4 x 8bits) នៅក្នុង LA Cell នឹមួយៗកំណត់ដោយ Cell Identifier (CI) ដែលមាន ទំហំអតិបរមា 2 x 8 bits រួមគ្នាដាមួយ CI Cell ដើម្បីទៀត វាត្រូវបានគេកំណត់យ៉ាងពិសេស។ ដើម្បីព្យាក ត្រារវាង Base Station ពី Base Station មួយទៀត គេប្រើ Base Transceiver Station Identity Code (BSIC) ដែលមានផ្តូរក្នុង 2 Components:

- Network Color Code (NCC) ក្នុង Mobile Network (មាន 3 bits)
- Base Transceiver Station Color Code (BCC) ក្នុង BTS (មាន 3 bits)

BSIC ត្រូវធ្វាយដែលបន្ថូនបន្ទាប់ត្រាបេញពី Base Station Mobile Network ដែលនៅក្នុងបន្ទាប់ត្រាបេញ និង NCC ផ្សេងៗពីត្រា ឧណ៍: ពេលដែល Base Station ដែលនៅជាព្យាក់ត្រូវមាន BCC ខុសគ្នាដើរ។ MSC និងទីតាំងសុកទុក Register អាចហេរិភាសយដ្ឋានបានតាមរយៈលេខ ISDN។ វាកែតមាន Signaling Point Node (SPC) ដែលប្រើសម្រាប់ហេរិភាសយដ្ឋានបានតាមរយៈ Address តាមរយៈ Signaling System Number 7 Network (SS#7)។ លេខរបស់ VLR ស្ថិតនៅកំបង់ដែលមាន MS នៅកំណុងផ្លូវកាត់ ត្រូវបានរក្សាទុក នៅក្នុង HLR Data សម្រាប់ MS មួយនៅ៖ ដូចនេះ ប្រសិនបើការបង្កើត MSRN ឈរលើការហេរិភាសយដ្ឋានបានតាមរយៈ MSRN អាចធ្វើការ Request សម្រាប់ការហេរិចុលហើយការហេរិភាសយដ្ឋានបានតាមរយៈនឹងត្រូវបានផ្តល់ទៅកាន់ MS បាន [13]។

## ២.៥.៥ GSM SIM 800L MODULE

### ៥. ការណែនាំ SIM 800L

SIM800L គឺជាប្រព័ន្ធផាល់លក្ខណៈ: quad-band GSM/GPRS module ដែលមានជំនួយការសម្រាប់ប្រព័ន្ធដ៏ខ្ពស់ តើ GSM850MHz, EGSM900MHz, DCS1800MHz, ហើយនិងPCS1900MHz សមត្ថភាពប្រើប្រាស់របស់ SIM800L មានដូចខាងក្រោម:

- អាចប្រើប្រាស់ជាមួយ keypad 5x5x2
- One full modem serial port, user can configure two serial ports
- អាចប្រើប្រាស់ជាមួយ USB
- មាន Audio Channel ដែលអាចភ្លាប់ជាមួយ microphone ចំនួនពីរ និងSpeaker
- មាន Programmable សម្រាប់ប្រើប្រាស់ដើម្បី INPUT និងOUTPUT
- មាន SIM Card interface មួយ
- មានជំនួយការជាមួយ FM
- មាន PWM មួយ

SIM800L តម្រូវការទូទៅដែលបានបញ្ជាក់: Power Saving ដែលមានចរន្តទាមប្រែកល 0.7mA នៅក្នុងលក្ខខណ្ឌ Sleep Mode [14]។

### ៣. SIM 800L KEY FEATURE

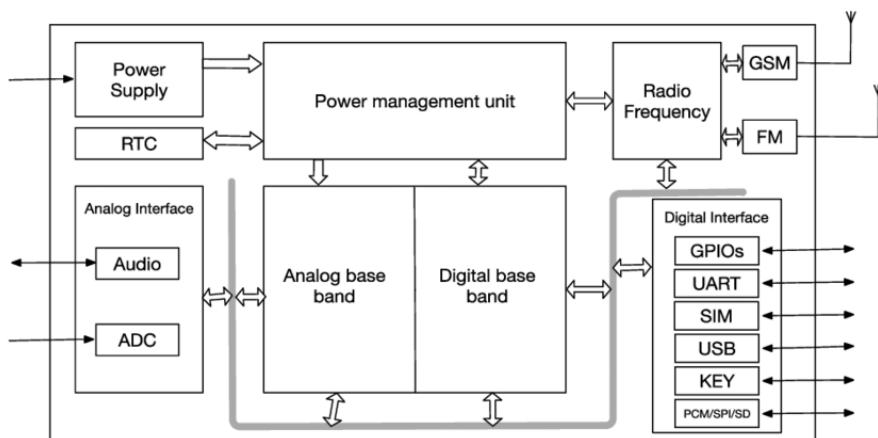
តារាង 2. 5 KEY FEATURES

Feature	Implementation
Power Supply	3.4V ~ 4.4V
Power Saving	Sleep Mode Current 0.7mA
Frequency bands	Quad-band: GSM850, EGSM900, PCS1900, and SIM800L Search the 4 frequencies band automatically.
Transmitting Power	<ul style="list-style-type: none"> <li>Class 4 (2W) at GSM 850 and EGSM900</li> <li>Class 1 (1W) at DCS1800 and PCS1900</li> </ul>
Temperature range	Normal operation: -40 °C ~ +85°C
SMS	<ul style="list-style-type: none"> <li>MT, MO, CB, Text and PDU mode</li> <li>SMS storage: SIM card</li> </ul>
SIM interface	Support SIM Card: 1.8V, 3V
Serial Port	<ul style="list-style-type: none"> <li>Full modem interface with status and control line</li> <li>1200bps to 115200bps</li> <li>Can be used for AT Commands</li> </ul>
Real-TimeClock	Support RTC

### គ. FUNCTIONAL DIAGRAM

ខាងក្រោមបង្ហាញរាងការ Function Diagram នៃ SIM800L

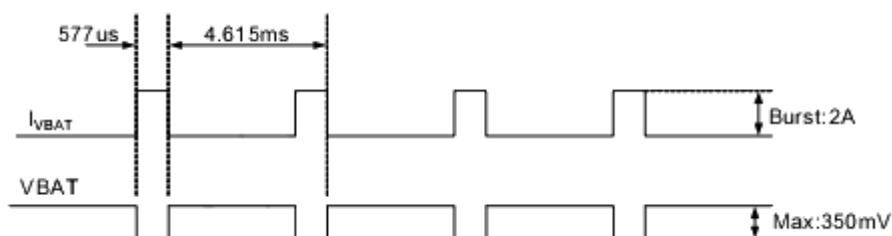
- GSM baseband
- GSM RF
- Antenna interface
- Other Interface



រូប 2. 13 SIM800L Functional Diagram

### ឃ. POWER SUPPLY

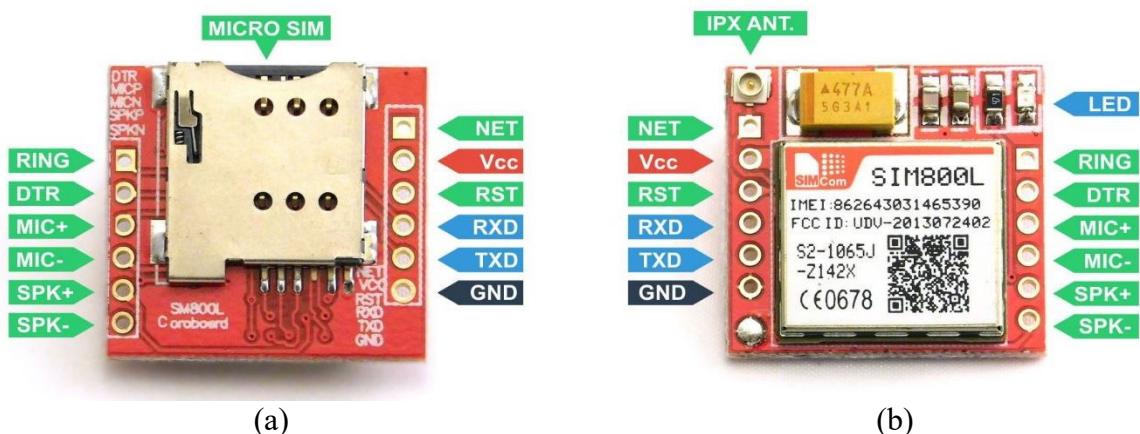
ប្រភពតង្គស្បុងធ្វើតង្គស្បុងរាយ SIM800L មានចន្ទោះពី 3.4V ដល់ 4.4V នៅពេលដែល Transmitting និងបំផើម Burst ដែលធ្វើរាយ មានការឆ្លាក់ចុះនៃតង្គស្បុង ហើយវាគ្រួរការរាយភាពកែនឡើង ដែលគ្រួរការចរណ៍ កែនឡើងដែរហើយដល់ចរណ៍ 2A។



រូប 2. 14 តង្គស្បុងឆ្លាក់ចុះពេល Transmit Burst

### ឌ. SIM800L Module

SIM800L ផ្តល់នូវលក្ខណៈដែលភាពបើប្រាស់បណ្តាលូរសព្វ GSM សម្រាប់ទូទឹលប៊ីមានពីតំបន់ ដែលទ្វេតដែលនៅត្រាយ។ SIM800L GSM Module នេះ អាចរាយយើងទូទានពីមានតាម 3វិធី គឺ SMS (Short Message Service) Audio និង GPRS Service ដីដែរ [14]។



រូប 2. 15 SIM800L Module Pinout Diagram

### តារាង 2.8 បង្ហាញពីលក្ខណៈទូទៅរបស់ GSM SIM800L Module:

តារាង 2. 6 លក្ខណៈទូទៅ GSM SIM800L

GSM SIM800L Module Specification	
Supply Voltage	3.8V-4.2V
Recommended Supply Voltage	4V
Power Consumption	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sleep mode &lt;2.0mA</li> <li>Sleep mode &lt;7.0mA</li> </ul>
GSM Transmission (avg)	350mA
GSM Transmission (peak)	2000mA
Module size	25 x 23cm
Interface	USART (max. 2.8V) and AT Commands

## ២.៥ ការបញ្ជាផលនៃយោនដៃ: Long Range (LoRa)

### ២.៥ ប្រព័ន្ធ LoRa

LoRa គឺបានចាប់ផ្តើមក្នុងឆ្នាំ ២០០៦ ដោយបុរសជនជាតិបានរារាំងពីរនាក់តី លោក Nicolas Sormin និងលោក Olivier Seller។ គោលបំណងរបស់គាត់ទាំងពីរដើរដើរដែលបានបង្កើតឡើងនៅឆ្នាំ ២០១០ លោក Francois Sforza បានចូលរួមជាសមាជិក ដោយពួកគាត់ទាំងបីនាក់បានចាប់ផ្តើមបង្កើតជាភ្លុយបច្ចុប្បន្នមួយដែលមានឈ្មោះថា Cycleo។ ជាដំបូងបុរសទាំងបីនាក់មានគោលដៅទៅរួម metering industry ដែលបានរួមបញ្ចូលទាំង ការទំនាក់ទំនងអភិវឌ្ឍ (Wireless

Communication) សម្រាប់ទំនាក់ទំនងទេសីនិង Gas, Water និង Electricity meter ដោយប្រើប្រាស់បច្ចេកទេស Chirp Spread Spectrum Modulation។ នៅក្នុងឆ្នាំ 2012 ក្រុមហ៊ុន Cycleo បានសហការជាមួយក្រុមហ៊ុន Samtech ដើម្បីធ្វើធមូលិតបន្ទះសៀវភៅ (Chips) សម្រាប់ End Device or Node (SX1272 និង SX1276) និងសម្រាប់ Gateway (SX1301)។ ដោយធ្វើនៅលើ ការទំនាក់ទំនងឆ្លាយ (Long Range) និងចំណាយចាមពលពិច (Low Power Consumption) ។

#### ៤.៥.១ LoRa

LoRa គឺមកពីពាក្យ (Long Range) មាននឹមួយៗ ការទំនាក់ទំនងចម្ងាយឆ្លាយ ក្នុងបច្ចេកទេសទំនាក់ទំនងតួខ្សោយ (Wireless Communication) ដែលបានបង្កើតឡើងដោយ Semtech។ Wireless Communication តើជាបច្ចេកទេសតួខ្សោយដែលជាទុទេមានផ្ទុចជា Wi-Fi, Bluetooth, LTE and Zigbee ជាដើម។ LoRa ប្រើប្រាស់ចាមពលទាបពេញទំនាក់ទំនងបានចម្ងាយឆ្លាយ (Low power wide Area Network) និងប្រើប្រាស់ Unlicensed Frequency Band សម្រាប់កម្ពុជាមាន Frequency Band (866-869) MHz ស្ថិតជាអីរីប និងFrequency Band (923-925)MHz ស្ថិតជាអាមេរិក។ LoRa គឺបានចាប់ផ្តើមក្នុងឆ្នាំ ២០០៦ ដោយបុរសជនជាតិបារាំងពីរនាក់តី លោក Nicolas Sornin និងលោក Olivier Seller។ គោលបំណងរបស់គាត់ទាំងពីរដើម្បីបង្កើតទំនាក់ទំនងក្នុង ចម្ងាយឆ្លាយ និងចំណាយចាមពលបញ្ញនពិច។ នៅក្នុងឆ្នាំ ២០១០ លោក Francois Sforza បានចូលរួមជាសមាជិក ដោយពួកគាត់ទាំងបីនាក់បានចាប់ផ្តើមបង្កើតជាក្រុមហ៊ុនមួយដែលមានឈ្មោះថា Cycleo។ ជាដំបូងបុរសទាំងបីនាក់មានគោលដៅទៅលើ metering industry ដែលបានរួមបញ្ចប់ទាំងការទំនាក់ទំនងតួខ្សោយ (Wireless Communication) ដើម្បីទំនាក់ទំនងទេសីនិង Gas, Water និងElectricity meter។ នៅក្នុងឆ្នាំ ២០១២ ក្រុមហ៊ុន Cycleo បានសហការជាមួយក្រុមហ៊ុន Semtech ដើម្បីធ្វើធមូលិតបន្ទះសៀវភៅ (Chips) សម្រាប់ End Device or Node (SX1272 and SX1276) និងសម្រាប់ Gateway (SX1301)។ ដោយធ្វើនៅលើ ការទំនាក់ទំនងបានឆ្លាយ (Long Range Communication), ចំណាយចាមពលពិច (Low Power Consumption) និងប្រសិទ្ធភាពនៃការប្រើប្រាស់បានយូរ (Long Battery Lifetime)។ LoRa បានប្រើប្រាស់ FSK Modulation សម្រាប់ Physical Layer Modulation មួយនេះប្រើប្រាស់ចាមពលទាបបំផុតសម្រាប់ធ្វើ Modulation និងប្រើប្រាស់ Spread Spectrum Technique ដែលហៅថា Chirp Spread Spectrum (CSS) សម្រាប់ជាការទំនាក់ទំនងទេសីនិង FSK ដួងដែរ។ លើសពីនេះទៅទៀត CSS គឺជាការទំនាក់ទំនងសញ្ញាលរំខានពីខាងក្រោម (Robustness to Interference)។ CSS បានប្រើប្រាស់ក្នុងការទំនាក់ទំនងចម្ងាយឆ្លាយ (Long Communication) និងមានភាពវិនិច្ឆ័យសញ្ញាលរំខានពីខាងក្រោម (Space Communication) និងវិស័យយោជន៍ដើរ។ LoRa បច្ចេកទេសជាដំបូងដែលតម្លៃទាបសម្រាប់ការប្រើប្រាស់ អមពាណមន៍ក្នុងក្រុងក្រុងកម្ពុជា (Commercial) [15]។

## ២.៥.២ LoRa Gateway

LoRa Gateway គឺជាស្ថានីយកណ្តាល (Relay Station) សម្រាប់ត្រួតពេងផ្ទាក់ផ្ទាត់នៃពី (End Node Device) ទៅកាន់ (Server) ការរោចចាប់ផ្តើមនៃពី End Node មកកាន់ Lora Gateway ប្រើប្រាស់ Modulation ហេរិថិ Radio Frequency។ LoRa Gateway ជាស្ថានីយតែខ្លួនដែលបានការកំណត់ឡាយប្រើប្រាស់បន្ថែមទាំងអស់ប្រើប្រាស់បន្ថែមទាំងអស់បន្ថែម។ នៅពេលមាន Gateway កាន់តែប្រើប្រាស់បន្ថែមទាំងអស់បន្ថែម។ ដូចត្រូវនេះជាដំឡើង LoRa ត្រូវបានរៀនដើម្បីជាការ Wireless Gateway សម្រាប់ប្រើប្រាស់បន្ថែមទាំងអស់បន្ថែម។ ដែលបានការកំណត់ឡាយប្រើប្រាស់បន្ថែម (Channel allocations) និងលេវ្កិនបញ្ជីឡាយ (Data rate) ចោរស់លាស់។ ប្រើប្រាស់បន្ថែមទាំងអស់បន្ថែមនៃ LoRa Gateway ជាការអនុវត្តន៍អំពី ការទាញយកទិន្នន័យនៃ Class A និង Class B នៃឧបករណ៍។

## ២.៥.៣ LoRa Node

LoRa Node គឺជាប្រព័ន្ធឌាមីយនឹង Sensor ដែលប្រើប្រាស់បន្ថែមទាំងអស់បន្ថែម ទៅតាមការកំណត់ឡាយ តែខ្លួនដែលបានការកំណត់ឡាយ។ LoRa Node គឺជាមួយឧបករណ៍ដែលបានប្រើប្រាស់ LoRa radio។ នៅក្នុងសារពិនិត្យកម្មវិធី LoRaWAN ជាស្ថានីយឧបករណ៍ចុងក្រោយ (End Node Devices) ដែលប្រើប្រាស់ Single-hop សម្រាប់ការទាញយកទិន្នន័យ ទៅកាន់ស្ថានីយកណ្តាល (Gateway)។

## ២.៥.៤ LoRa Server

LoRa Server គឺជាដំឡើងម៉ូយនៃ LoRaWAN ហើយវាក៏ជាស្ថានីយគ្រប់គ្រងរាល់ទិន្នន័យ ដែលទទួលបានពី Gateway សម្រាប់ផ្តល់ព័ត៌មានទៅកាន់អ្នកប្រើប្រាស់ (Client)។ LoRa Server បានផ្តល់នូវសមាសធាតុខ្លះសម្រាប់ LoRaWAN Network ដែលអនុញ្ញាតរោងមានការព្យាយារប់ការគ្រប់គ្រងនិងការត្រួតពិនិត្យឧបករណ៍ Gateway និង End Users Applications។

## ២.៥.៥ LoRaWAN

ការអភិវឌ្ឍន៍នៃពិភពលោកតុល្យរការនៃតែវិកចម្រើនដែលសម្រេចត្រូវបានគេស្ថាប់ចាបជីវិត្យន៍ ខស្សាបកម្ម 4.0 ដែលអាចនាំពិភពលោកដែលមានលេវ្កិនម៉ូយនោះគឺជា Internet of Things (IoT)។ IoT បានភ្លាយជាដំឡើងសំខាន់ក្នុងវិស័យផ្សេងៗរបស់វិស័យបច្ចុប្បន្ន ការអប់រំ (ការពិតនិមិត្ត), ស្តែយប្រព័ន្ធគ្មាន មនុស្សយន្ត ខស្សាបកម្ម កម្មវិធីសេដ្ឋកិច្ច (SAR)។ ជាពិសេសសម្រាប់ខស្សាបកម្ម ដូចជាមួយឧបករណ៍បញ្ហាគ្នុងក្រុងក្រុង (PLC) តុល្យរវន់ប្រើបាយ PLC-IoT។ លក្ខណៈបច្ចេកទេសនៅក្នុងបណ្តាល ឧបករណ៍ចាប់សញ្ញាតតខ្លួន នៅក្នុងជំណើរការនៃការទាញយកទិន្នន័យរវាង Node រវាង TX និង RX ពាក់ព័ន្ធនិងសមាសធាតុម៉ូយចំនួន ឧបករណ៍ Tx Power ប្រើប្រាស់បានប្រើប្រាស់បន្ថែមសម្រាប់ឧបករណ៍បញ្ហា, ឧបករណ៍បច្ចេកទេសនៅក្នុងបណ្តាល ឧបករណ៍បញ្ហាគ្នុងក្រុងក្រុង (Cellular) មានបានប្រើប្រាស់បន្ថែម Tx ជំបំដិត (mW) នោះគឺ 500mW។ បន្ទាប់មក Tx Power WIFI ~ 80mW នៅលើពេលបានប្រើប្រាស់ LoRa ~ 20mW និងBluetooth

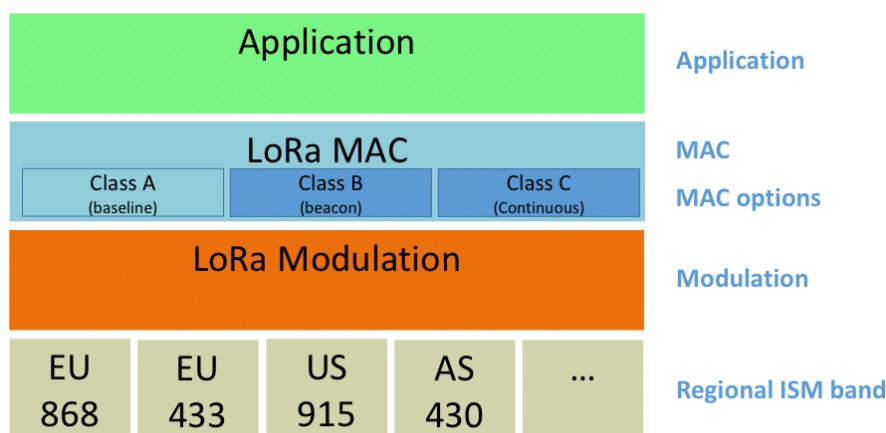
## តារាង 2. 7 ការប្រើបង្កែបបច្ចេកវិទ្យានីមួយៗ

Technology	Wireless Communication	Range	Tx Power	The Transmission Speed (bps)
ZigBee/IEEE 802.15.4	Short Range	120m (LOS)	~2 mW	250kbps
Wi-Fi	Short Range	50 m	80 mW	11Mbps
3G-4G	Cellular	5km	5000mW	12.5Mbps
LoRa	LPWAN	2-5 km (urban) 5-15km (rural) 15km (LOS)	20mW	250bps

## ២.២.៦ Device Class

ឧបករណ៍ចុងក្រាយ LoRaWAN ត្រូវបានប្រើសម្រាប់កម្មវិធីផ្សេងៗគ្នា និងមានពម្រិករាយសរុប។ ដើម្បីបង្កើនប្រសិទ្ធភាពទម្រង់កម្មវិធីផ្សេងៗគ្នា LoRaWAN បានប្រើប្រាស់ថ្នាក់ឧបករណ៍ផ្សេងៗគ្នា ថ្នាក់ឧបករណ៍នេះធ្វើការដោយផ្តល់ការបញ្ជីកម្រិតការទំនាក់ទំនង network downlink ដោយបន្ទីរយោបល់ទេន នៃខ្លួន។

- Class A ឧបករណ៍មានកម្រិតបំផុតគ្នានៃការទំនាក់ទំនង downlink មានសមត្ថភាព ដែលមានបំណងសម្រាប់ឧបករណ៍ដែលកម្រត្រូវការដើម្បីទទួលបានការបញ្ចូន downlink។ ការបញ្ចូន downlink ទាំងអស់ទៅការនៃឧបករណ៍ថ្នាក់ A ត្រូវតែត្រូវបានអនុវត្តនាយករបស់ការបញ្ចូន uplink ទៅកាន់ឧបករណ៍ថ្នាក់ A។ ដោយឧបករណ៍ថ្នាក់ A បើក window ទទួលខ្លឹមពីរបីណែនាំ ក្នុងរយៈពេលកំណត់ពីការបញ្ចូន uplink។ ការបញ្ចូន downlink មិនអាចទៅក្រោមទេនឡាយ ក្រោម window ទទួលទាំងពីរនោះ។ ប្រសិនបើការបញ្ចូន downlink ត្រូវបានបាយការឡើង មុនពេលបញ្ចូនសារនៅលើ downlink។ ឧបករណ៍បញ្ចប់នៃថ្នាក់ A តិចជាមួយការដែលបានប្រសិទ្ធភាពចាមពលបំផុតបើក្រោមផ្សេងៗថ្នាក់ឧបករណ៍ផ្សេងៗទៀត
- Class B ឧបករណ៍តិចស្របដោយផ្សេងៗទៀត នៃថ្នាក់ A។ ការបញ្ចូនសារនៅលើការបញ្ចប់នៃថ្នាក់ B តិចជាការទទួលដោយថែដីនយោង window នៅក្នុងឧបករណ៍ថ្នាក់ B បើកបន្ទះមតាមពេលដែលដែលបានកំណត់។ សម្រាប់ឧបករណ៍បញ្ចប់ដើម្បីបើក window ទទួលតាមពេលដែលដែល
- បានកំណត់ វាទទួលបានសញ្ញាបង្ហាញពេលដែលដែលបានក្នុងកម្មវិធី gateway វានូយាត អាយម៉ាសុនមេដឹងពីពេលដែលបានបញ្ចប់។
- Class C ឧបករណ៍តិចសមបំផុតនៃការបញ្ចូន downlink មានសារ៖ សំខាន់សម្រាប់កម្មវិធី។ ឧបករណ៍ចុងក្រាយនៃថ្នាក់ C ស្ថាប់ស្មើរតែតិចបំផុតរសម្រាប់ downlink ពី gateway ហើយបិទនៅពេលបញ្ចូនសារ uplink។



រូប 2. 16 LoRa Class

## ២.៥.៧ Radio modulation and LoRa

Modulation នៅក្នុងអេឡិចត្រូនិក និងខ្ពស់គមនាគមន៍គឺជាដាឡំណើរការនៃការផ្តាស់ប្តូរលក្ខណៈសម្រួល មួយ ប្រព័ន្ធនៃទម្រង់រលកតាមកាលកំណត់ហេរិថា Signal Carrier ជាមួយនឹងសញ្ញាដាច់ដោយឡើងកម្មយ ហេរិថា modulation signal ដែលជាមួយតាមានតែម៉ោងដែលត្រូវបាន។ សញ្ញាសារ (message signal) ដែលគេគ្នាល់ចាត់ជា baseband signal គឺជាក្រុមប្រភេទដែលតំណាងអោយសញ្ញាជីម។ នេះគឺជាសញ្ញាដែលត្រូវបានទេកាន់អ្នកទូលាប។ សញ្ញាប្រភេទដែលនេះជាមួយតាមានកម្រិតទាប សញ្ញាឝ្យែងទៀតដែលទាក់ទង ត្រូវនេះគឺជាលក Sinusoidal ប្រភេទខ្ពស់។ ប្រភេទនេះ signal carrier គឺស្មើរតែខ្ពស់ជាងសញ្ញាជីម។ ទំហំ នៃសញ្ញា baseband ត្រូវបានធ្វើនៅកាន់ Signal carrier នៃប្រភេទខ្ពស់។ ប្រភេទខ្ពស់នេះរាយការពិនិត្យ និងសញ្ញាមួយជាបញ្ហាបានមួយ នៅក្នុងរយៈពេលប៉ុន្មាននាទីប៉ុណ្ណោះ។ ដំណើរការនៃ modulation ដើរត្រូវនាទីយ៉ាងសំខាន់ក្នុងការបាន សញ្ញាមួយដល់នៃ។ Modulation មានបីប្រភេទទេ៖

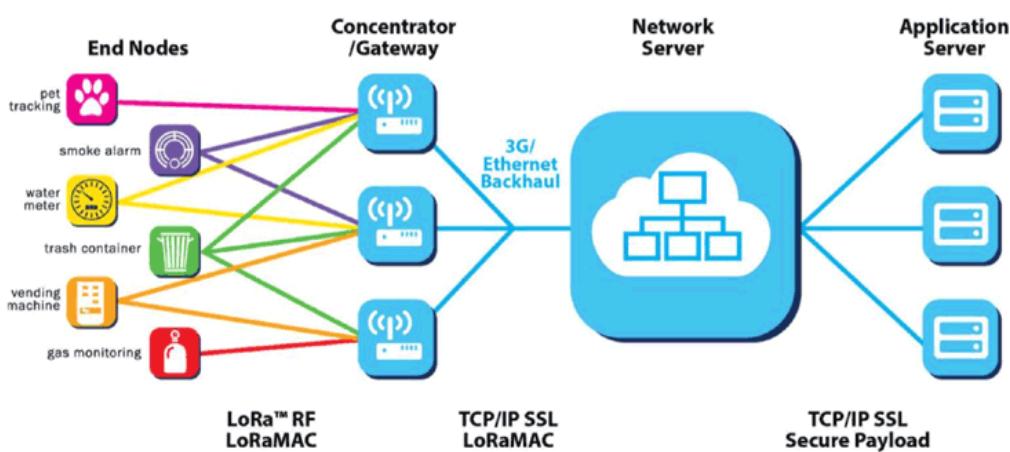
- Amplitude Modulation
- Frequency Modulation
- Phase Modulation

បច្ចេកទេស Modulation ត្រូវបានបង្រៀនចំណាតីរប្រភេទទេ៖ Analog Modulation និងDigital Modulation។មួយខ្លះនាមួយគ្នា (Analog Modulation) ត្រូវបានប្រើជាមួយតាមសម្រាប់ការផ្តាស់ប្តូរយ AM វិនិយោគ FM និងការផ្តាស់ប្តូរយនូវកម្មិត (Digital Modulation) ពាក់ព័ន្ធនិងការបានបញ្ជាផលពីរ (Binary Signal) (0 1) ចំណែកនៅក្នុង LoRa Network Modulation គឺត្រូវបានធ្វើកបើបច្ចេកទេសនៃការ កែប្រិសាលភាពដែលបានមកពីបច្ចេកវិក chirp spread spectrum (CSS) វាត្រូវបានបង្កើតឡើងដោយ Cycleo (ចំណេះ 9647718-B2) ដែលជាក្រុមហ៊ុនរបស់ Grenoble ប្រទេសបាកំង ក្រាយមកបានទិញដោយ Semtech។ Spreading Factor (SF) គឺជាកត្តាដែលជាគត្តិតលដជំនួយប្រភេទសញ្ញាបាន មានរយៈរបស់វិនិយោគ។ តម្លៃនៃកត្តាឯករលដជាលតិ 7,8,9,10,11 និង 12។ កត្តាឯករលដជាលកំណត់តម្លៃនៃអគ្គារិមិត្ត សញ្ញា និងអគ្គារការប្រសក។ កត្តាឯករលដជាលប្រើប្រាស់បានបញ្ជាផលពីរនៃកម្រិតបានបញ្ជាផល 125KHz, 250KHz និង 500kHz។

## ២.៥.៨ Network Topology and Capacity

បណ្តាល LoRaWAN មានយ៉ាងហេចណាស់ network server , gateway និងខបករណីបញ្ចប់ (end-device)។ នៅក្នុងបណ្តាល node មិនត្រូវបានភ្លាប់ជាមួយ gateway ជាក់លាក់ទេ។ ខបករណី (end device) តែមួយអាមេរិកបញ្ចប់ឡើងដោយប្រព័ន្ធ។ ប្រភេទនេះ LoRa បើសពីនេះ ទិន្នន័យត្រូវបានបានបន្ថែមនៅក្នុង Network server។ ប្រភេទនេះនឹងបានការបញ្ចប់ពីមានដែលទូលាបានទៅ network server ដែលមានមូលដ្ឋាន Cloud ។ TCP/IP ដែលមាននំយាប្រភេទនេះគឺជាបច្ចាប់ឡើងដើម្បីបញ្ចប់ការប្រព័ន្ធដោយប្រព័ន្ធ។

បន្ទាប់មកម៉ាសីនមេបណ្តាល្អដើម្បីអាយុទិន្នន័យមានសម្រាប់អ្នកប្រើប្រាស់កម្មវិធីចុងក្រោម(application)។ បណ្តាល្អ LoRaWAN មានបណ្តាល្អ topology ផ្លាយនៃផ្លាយ (star-of-star)។ Server កណ្តាលលីជានឹងបណ្តាល្អបណ្តាល្អដែលមានច្រកទ្វារជាពីន star ត្រូវបានត្រួតពេញចិត្តនៅក្នុង star layout។ លើសពីនេះ ច្រកទ្វារនឹងមួយឱមានបណ្តាល្អ star ផ្ទាល់របស់វា ដែលច្រកផ្លូវគីជានឹង node កណ្តាលលីដើម្បីខ្សោយបណ្តាល្អចុងក្នុងផ្លាយ។ វាកំណត់អាយុទិន្នន័យអាជីវកិច្ច។ ការបង្ហាញការបង្ហាញ stars-of-stars topology នឹងមើលដឹងថាបានការបង្ហាញ star network រួយៗ ចម្លាយត្រាយអាចប្រើបានច្រកទ្វារត្រូវកំណត់មានសមត្ថភាព បុសមត្ថភាពខ្ពស់ក្នុងការទទួលសារពី node។ សមត្ថភាព network នូវសេវាដែលបណ្តាល្អ LoRaWAN ត្រូវបានរក្សាទុកដោយការប្រើប្រាស់អត្រាធិន្នន័យអាជីវកិច្ច (adapter) និងដោយប្រើប្រាស់បណ្តាល្អបញ្ហាន multi-modem, multi-channel នៅក្នុងច្រកទ្វារ ដូចជា: សារដំណាល់ត្រូវនៅលើ Multiple channel អាចប្រើបាន ទីឡាបី ច្រកផ្លូវទាល្បយកអត្ថប្រយោជន៍ពីទ្រព្យសម្រាតិនេះដោយប្រើបានទីឡាបីបណ្តាល្អបញ្ហានអត្រាធិន្នន័យដែលនៅលើកម្ពស់មួយក្នុងពេលវេលាដែលតែមួយ។ អត្រាធិន្នន័យ Adapter (ADR) គឺជាយន្តការមួយសម្រាប់បង្ហាញប្រើប្រាស់ប្រសិទ្ធភាពអត្រាធិន្នន័យ ពេលដែលរៀបរាយ និងការប្រើប្រាស់ម៉ាមពលនៅក្នុងបណ្តាល្អ។ ប្រសិនបី node បង្ហាញចាប់ចង់ប្រើ ADR បណ្តាល្អនឹងប្រមូលព័ត៌មានមួយចំនួននៃការបញ្ហាននៃ node។ ព័ត៌មាន សមាមាផ្ទៃតាមតម្លៃសេវានៃខ្លួន (SNR) និងច្រកទ្វារដែលបានទទួលការបញ្ហាននឹងមួយ។ ផ្នែកលើព័ត៌មាននេះ network អាចគណនាប្រសិនបីមានព្រៀរការក្នុងការបង្ហាញ បុបន្យអត្រាធិន្នន័យ និងការបញ្ហានម៉ាមពល។ កំនែងដែលមានសត្ថាណុពលបើកការតែងតាំងសម្រាប់ node ដើម្បីទទួលដោយការបង្ហាញប្រសិទ្ធភាពអត្រាធិន្នន័យ និងពេលវេលាដែលនៅលើអាកាស។ អត្រាធិន្នន័យដែលសម្របខ្លួនក្នុងផ្លូវការបង្ហាញអាយុកាលបច្ចុប់របស់ច្បាប់មួយ មានប្រសិទ្ធភាពប្រសិរីដែរ។ នៅក្នុង LoRaWAN ភាពដោត និងភាពសុគសាល្យត្រូវបានរួមទៅ Network server តាមរបៀបនេះវាគ្រប់គ្រងបណ្តាល្អហើយនឹងត្រួតព័ត៌មានដែលបានទទួលដែលលើការប្រើប្រាស់បានតាមរយៈច្រកទេញចូលដែលបានប្រើប្រាស់និងអនុវត្តអត្រាធិន្នន័យអាជីវកិច្ច (adapter)។



រូប 2. 17 LoRa Architecture

## ២.៥.៩ The Things Network

The Things Network គឺជាបណ្តាញអូនធីណើលកសកលដែលមានប្រភពព្រឹង បើកចំហរ និងតតកគិតផ្ទះ។ Network គឺអនុញ្ញាតអោយអើងតាបន្ទាល Internet ដោយប្រើប្រាសស់ចាមណល និងទិន្នន័យ តិចតូចរាជធីការប្រើប្រាសបច្ចេកវិទ្យា LoRaWAN ហើយអនុញ្ញាតអោយមានអើងតាបន្ទាកន Internet ដោយត្រួតពាណិជ្ជកម្ម 3G និងប្រព័ន្ធពិសេសរបស់ The Things Network ប្រើប្រាសចាមណលចូតិចចំងាយឆ្លាយ [15]។

## ២.៦ អំពី E220-900T30D User Manual

E220-900T30D ជាបច្ចេកវិទ្យា LoRa ដំនានតីជាមួយនឹង Serial Port តិចខ្សោយ (UART) ដែលត្រូវបានរចនាទ្រឹងដោយផ្តុកលើបន្ទះលើប ឬ LLCC68 ជាមួយនឹងសាស្ត្របញ្ហានឃ្លោះ ដំណើរការក្នុងប្រហែល (850.125MHz → 930.125MHz) (លំនាំដើម 873.125MHz) ទិន្នន័យជាបច្ចេក TTL ដែលត្រូវការជាមួយ Output 3.3V និង5V I/O Port Voltage [16]។



រូ 2. 18 LoRa E220-900T30D Module

### ❖ លក្ខណៈទូទៅ

- រចនាដោយផ្តុកលើគ្រាងការណើបន្ទះលើបច្ចេក ឬ LLCC68 ដែលបាននាំអោយការទំនាក់ទំនងបានចម្ងាយឆ្លាយ និងមានសមត្ថភាពក្នុងការប្រាកំការងារ។
- ប្រើប្រាសមុខងារ LBT (Listen Before Talk) ជាមុខងារមួយដែលធ្វើការត្រួតពិនិត្យមើលកម្រិតសញ្ញរំខាន មុនពេលបានផ្តើមការបញ្ហាន បុង្វើដែលធ្វើអោយការទំនាក់ទំនងប្រសើរ។
- មុខងារ RSSI (Received Signal Strength Indicator) សម្រាប់រាយការចែកចុះភាពសញ្ញា ការកែលមុបណ្តាញទំនាក់ទំនង ការវារស់នៅដែលទាក់ទងផ្តូវការកំណត់ថាគើតសញ្ញាដែលទទួលបានគីឡូតុលាការនៃការងារ។ RSSI ត្រូវបានវារស់ជា dBm ហើយតម្លៃគីឡូតុលាការនៃការងារ។

ទម្រង់អវិជ្ជមាន ដែលនៅពេលតម្លៃ RSSI កាន់តែធិតិដល់សូន្យ (dB) សញ្ញាដែលទទួលបានពីកាន់តែប្រសើរ។

- មុខងារ Air Wakeup គឺជាមុខងារប្រើប្រាស់ចាមពលទាបបំផុត ដែលភាពច្រើននៃ LoRa module transceiver node ត្រូវការដំណើរការចាមពលទាប គឺដើម្បីកាត់បន្ថយការប្រើប្រាស់ចាមពល ដែលវានឹងធ្វើការនៅពេលដែលមានទិន្នន័យដែលត្រូវទទួល ហើយនៅពេលដែលគ្មានព័ត៌មានណាមួយត្រូវបានទទួល នៅក្នុង Node LoRa ស្ថិតនៅក្នុងស្ថានភាពគេង (Sleep State) ដែលចាមទាររោយមានមុខងារ Air Wakeup ដើម្បីដាក់សំឡើង។
- Fixed-Point Transmission, Broadcast Transmission, Channel Monitoring
- Deep Sleep ការប្រើប្រាស់ចាមពលរបស់ម៉ាស៊ីនទាំងមូលតីប្រែហេល 5μA នៅក្នុង Mode នេះ
- ភ្លាប់មកជាមួយ PA+LNA ហើយចម្ងាយទំនាក់ទំនងអាចឈានដល់ 10km ក្រោមលក្ខខណ្ឌដើម្បីលើ

និរតាន ៣

សាខាបន្ទាយ

និល

ជីថីប្រព័ន្ធដំណើនគម្រោង

## ចំណេះគ្រប់គ្រងការបញ្ចូនទឹន្នន័យ និងការបញ្ចូនទឹន្នន័យ

### ៣.១ សេចក្តីផ្តើម

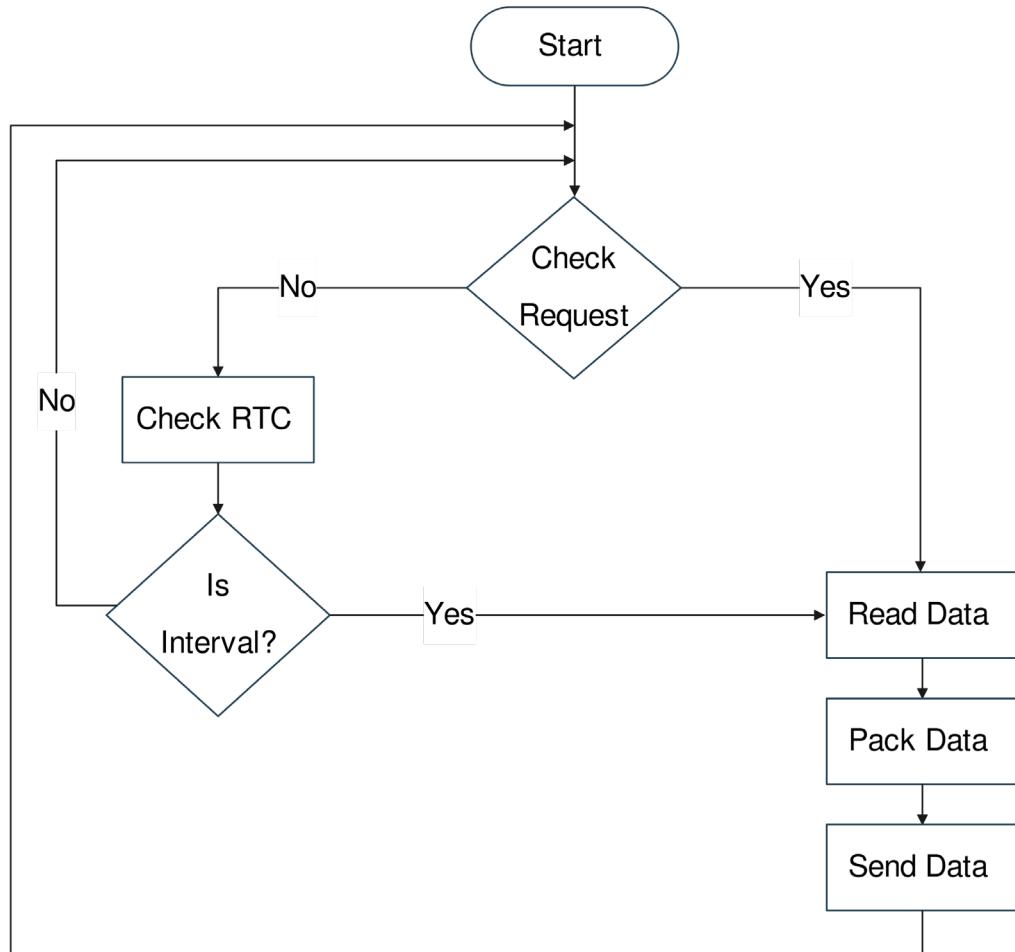
នៅក្នុងការបង្កើតប្រព័ន្ធភាស់សម្ងាត់ និងលំហេរទឹកដោយប្រើប្រាស់ GSM-LoRa សម្រាប់បញ្ហានទឹន្នន័យ ត្រូវបានធ្វើឡើងទៅតាមដំបាននីមួយូរមាន ការវារស់សម្ងាត់ លំហេរទឹក, ការបញ្ហានទឹន្នន័យ និងដំណើរការក្នុងប្រព័ន្ធឌែលមូល។ ដើម្បីបង្កើតបានជាប្រព័ន្ធមួយបាន ចំពាច់មានត្រឹមបង្កើតប្រព័ន្ធឌែលមូល ប្រព័ន្ធមួយដែលអាចដំណើរការបាន។ ប្រព័ន្ធមួយដែលអាចដំណើរការបានត្រឹមត្រូវឱ្យបានសិក្សាយល់ច្បាស់ពីដំណើរការវារស់ប្រព័ន្ធនឹមួយដែលពាក់ព័ន្ធបាមុនសិន។ នៅក្នុងជំពូកនេះក្នុមយើងខ្ញុំនឹងធ្វើការរៀបចំប្រព័ន្ធដែលដំណើរការ ប្រព័ន្ធនឹមួយដែលការដំឡើងប្រព័ន្ធភាស់សម្ងាត់ និងលំហេរទឹកដោយការបញ្ហានទឹន្នន័យតាមរយៈ GSM-LoRa។

### ៣.២ ការរៀបចំប្រព័ន្ធ

បន្ទាប់ពីសិក្សាលើប្រព័ន្ធឌែលបានបង្កើតឡើង នៅក្នុងការបង្កើតប្រព័ន្ធនឹមួយ ត្រូវមកយើងបានចាប់ផ្តើមធ្វើការបង្កើតប្រព័ន្ធនឹមួយរបស់ប្រព័ន្ធភាស់សម្ងាត់ និងលំហេរទឹកទៅតាមដំបាននីមួយ។ ដែលក្នុងការបង្កើតប្រព័ន្ធនឹមួយនេះយើងធ្វើការបង្កើតទៅតាមទំនាក់ទំនង Sub-system និង Main System ដើម្បីបង្កើតប្រព័ន្ធនឹមួយ នៅក្នុងការទទួលយកទឹន្នន័យចុងក្រាយពី Sub-system ដើម្បីបញ្ចូនទៅរោងអ្នកប្រើប្រាស់។ នៅក្នុងការបង្កើតប្រព័ន្ធនឹមួយ យើងបែងចែកជាពីរចំណុច ដែលបង្ហាញពីការរចនាបង្កើត Hardware និង Software របស់ប្រព័ន្ធភាស់សម្ងាត់ និងលំហេរទឹកតាមរយៈការប្រើប្រាស់ GSM-LoRa ក្នុងការបញ្ហានទឹន្នន័យ។

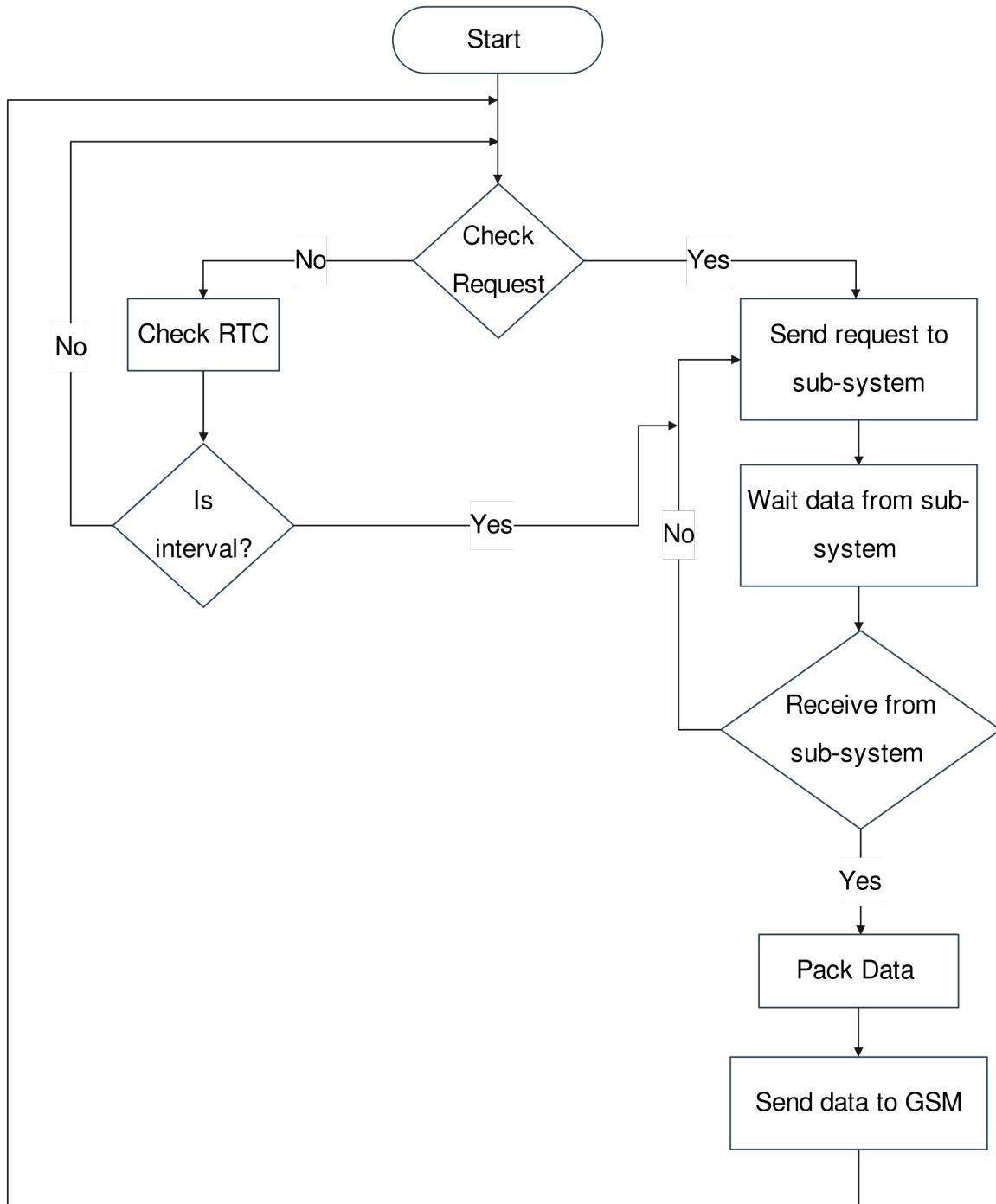
### ៣.៣ ការបង្កើតនិភ័យគ្រប់ផ្ទាល់ខ្លួន

រូប 3. 1 បង្ហាញនិភ័យនាសម្បនដូចកម្លាំង Software របស់ Sub-system ប្រព័ន្ធគាំងមូល



រូប 3. 1 រចនាសម្បនដំណើរការរបស់ Sub-system

រូប 3. 2 បង្ហាញពីដំណើរការនៃផ្ទើក Software នៃ Main System

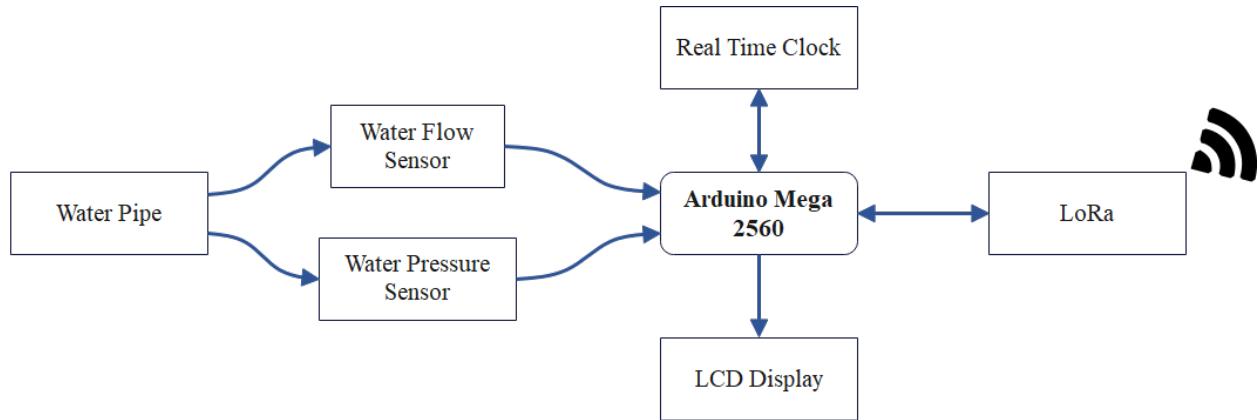


រូប 3. 2 រចនាសម្ពន់ដំណើរការបស់ Main System

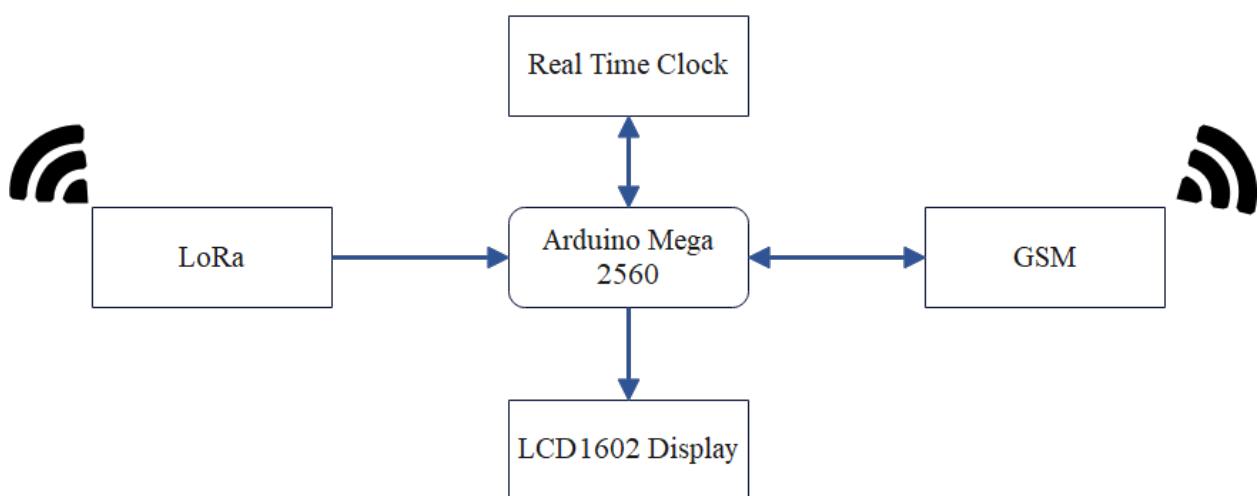
### ៣.៣ គារចាយប្រព័ន្ធហាស់សម្ងាត់ និងលំហ៊ូទីក

#### ៣.៣.១ រចនាសម្ពន៍នៃគ្រឿងបង្កើរបស់ប្រព័ន្ធគាស់សម្ងាត់ និងលំហ៊ូទីក

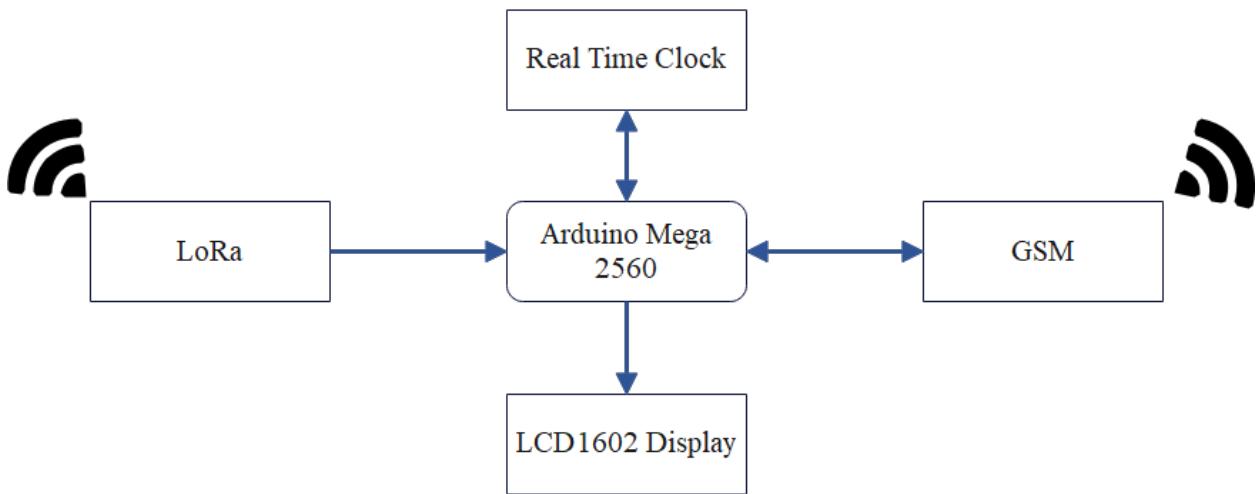
គ្រឿងបង្កើរបស់ប្រព័ន្ធគាស់សម្ងាត់ ត្រូវបានបង្កើរដោយប្រព័ន្ធអាជីវិត ដែលបានបង្កើរដោយប្រព័ន្ធឌីជីថាមពេលបានបង្កើរ។ គ្រឿងបង្កើរបស់ប្រព័ន្ធ តើ Main System និង Sub-system ដូចបានបង្ហាញក្នុង រូប 3. 3 និងរូប 3. 4 ។



រូប 3. 3 រចនាសម្ពន៍គ្រឿងបង្កើរបស់ Main System



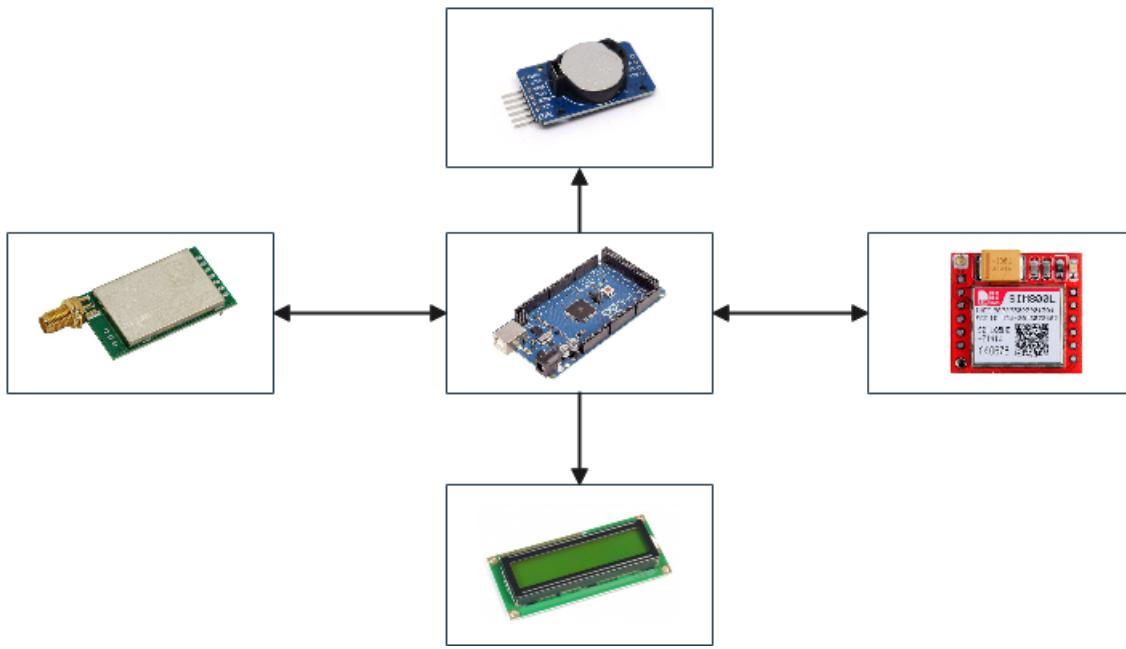
រូប 3. 4 រចនាសម្ពន៍គ្រឿងបង្កើរបស់ 1<sup>st</sup> Sub-system

រូប 3. 5 រចនាសម្ពនគ្រឹងបង្កំរបស់ 2<sup>nd</sup> Sub-system

### ការពិពណ៌នាអំពី Hardware Block Diagram

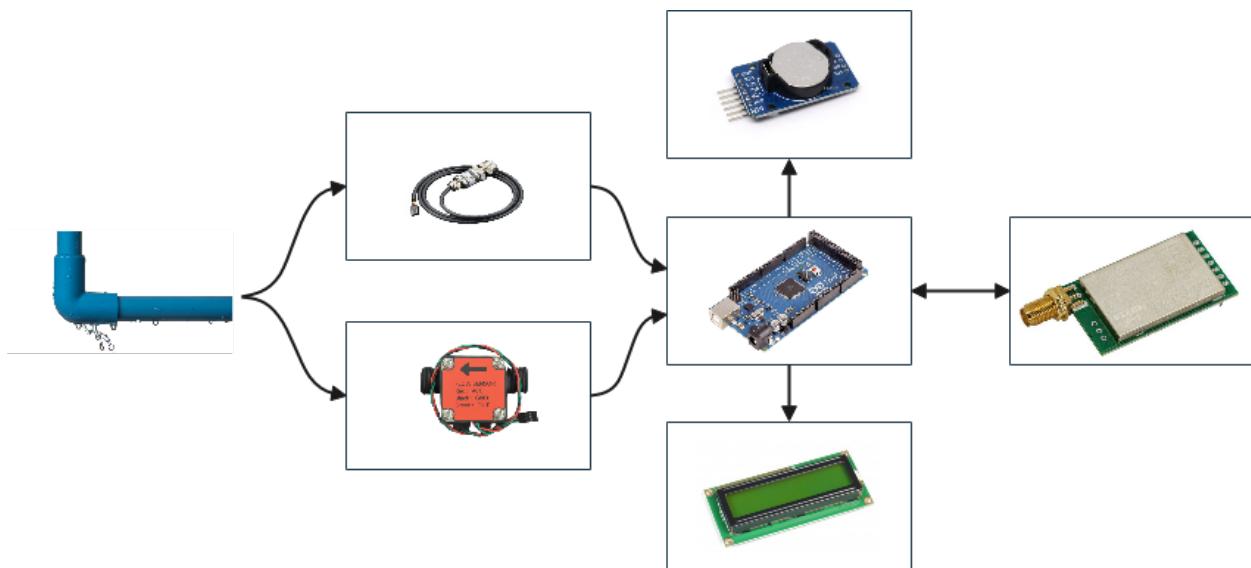
- Water Flow Sensor:** ជា Sensor ដែលមានត្បូនាទីក្នុងការរាយសំលេរទីក
- Water Pressure Sensor:** ជាប្រើភេទ Sensor មាននាទីសម្រាប់រាយសំស្អាងទីក
- GSM Module:** មាននាទីក្នុងការបញ្ចូនប្រឡប់ទិន្នន័យរបស់ស្អាង និងលំហេទីកតាមរយៈ SMS
- LoRa Module:** ប្រើសម្រាប់ការបញ្ចូនទិន្នន័យតុកដឹកខ្សោយ: ចម្ងាយឆ្លាយ
- Arduino MEGA2560:** ជាឫ្នូរក្នុលនៃប្រព័ន្ធឌំងមូល ដែលមាននាទីបំលងទិន្នន័យពីសេនស៊ែរដើម្បី ទៅជាទិន្នន័យសម្រច ហើយបញ្ចូនទិន្នន័យទាំងអស់នោះទៅកាន់ខែករណ៍ទាំងអស់នៅក្នុងការបញ្ចូនទិន្នន័យ
- Real-Time Clock Module:** ប្រើសម្រាប់កំណត់ពេលវេលាត្រូវក្នុងការបញ្ចូនទិន្នន័យ
- LCD1602 Display:** ប្រើសម្រាប់បញ្ជាញទិន្នន័យដែលទទួលបានមកពីសេនស៊ែរជាលក្ខណៈ Real-Time

រូប 3. 6 បង្ហាញពីគ្រឿងបង្កែផែលមានក្នុង Main System :



រូប 3. 6 គ្រឿងបង្កែរបស់ Main System

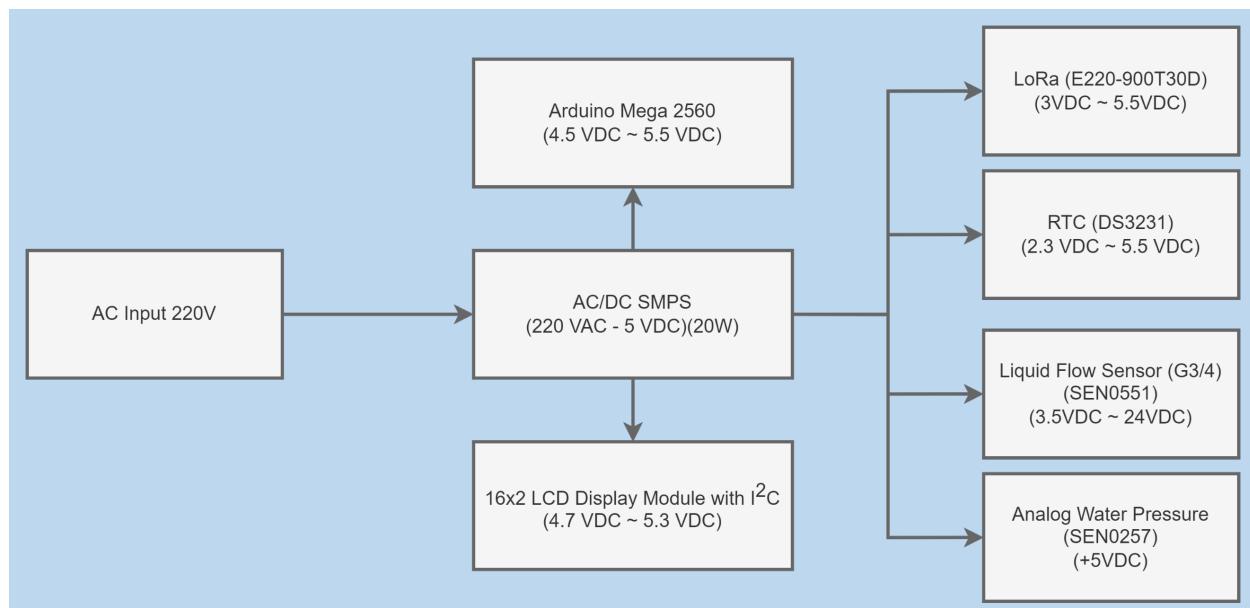
រូប 3. 7 បង្ហាញពីគ្រឿងបង្កែផែលត្រូវយកមកបើប្រាស់ក្នុង Sub-system :



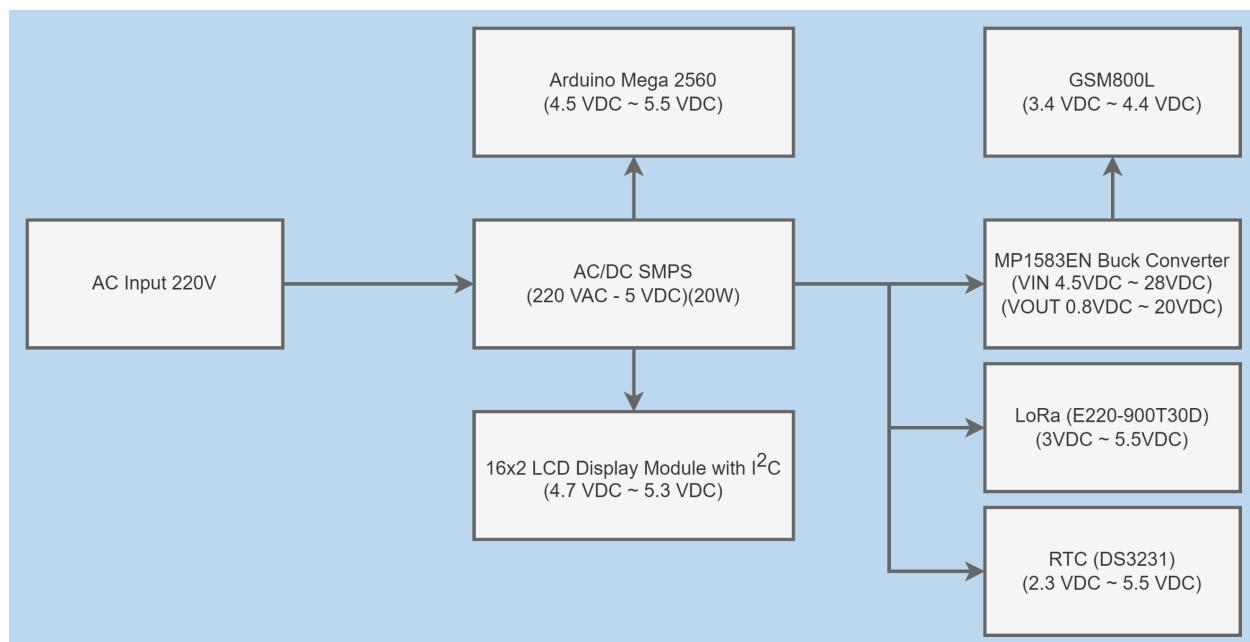
រូប 3. 7 គ្រឿងបង្កែរបស់ Sub-system

### ៣.៤ គារចោរសេវាឌ្ឋែបេចក្ខប់តាមតម្លៃស្ថូរ

នៅក្នុងការបង្កើតសេវាឌ្ឋែបេចក្ខប់តាមតម្លៃស្ថូរ យើងបារើប្រាស់កម្មវិធី KiCad ដែលមានការចនាសេវាឌ្ឋែ និង ត្រួនិកបង្កើតផ្សេងៗ ដែលខាងក្រោមនេះជាដំណើរការបង្កើតផ្សេងៗ ដែលបានបង្កើតឡើងដើម្បីយកមកប្រើប្រាស់សម្រាប់ដំណើរការប្រព័ន្ធចំងមូលជាមួយកម្រិតតុង DC 5V សម្រាប់ការបង្កើតម៉ាមពលទៅកាន់ ត្រួនិកបង្កើតមួយក្នុងរូប 3.8 និងរូប 3.9 ខាងក្រោម ៖

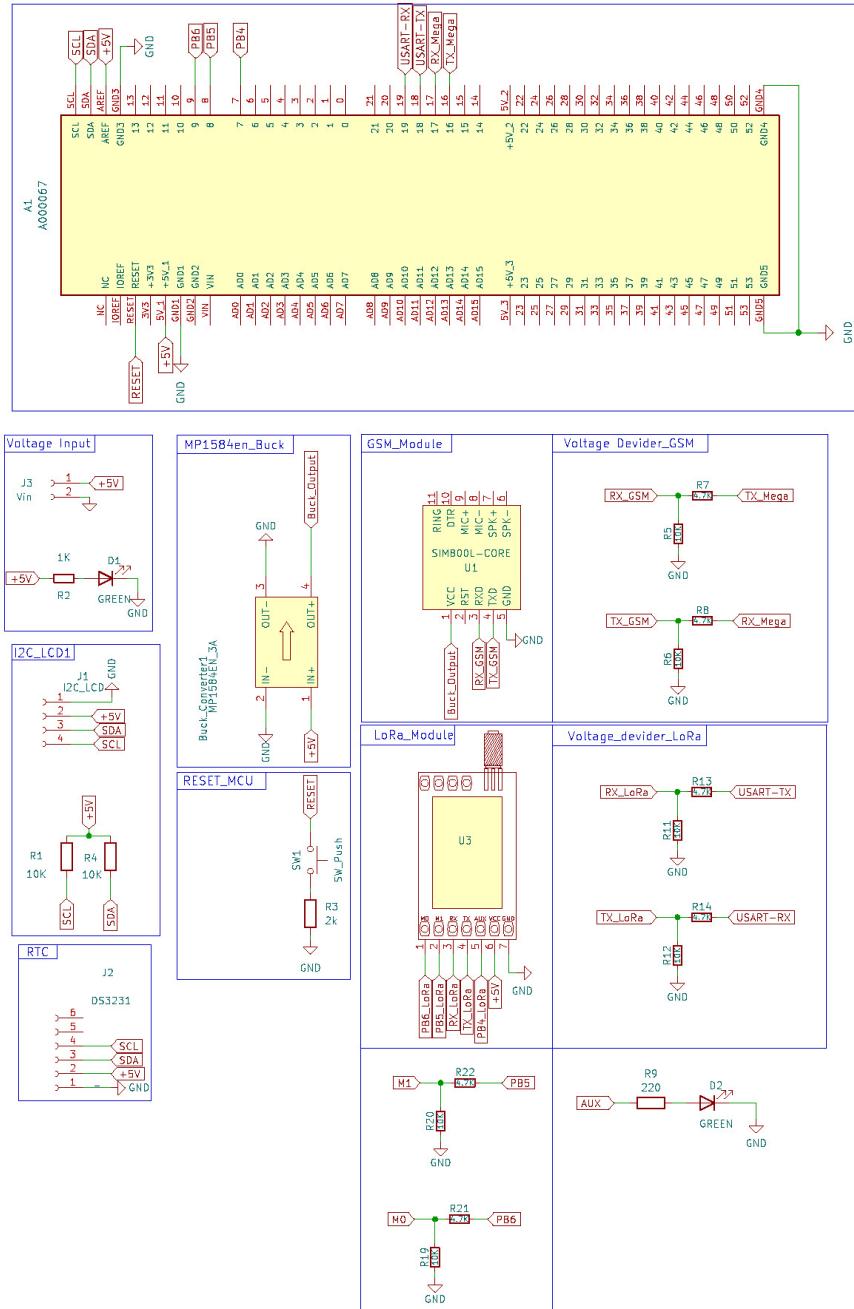


រូប 3. 8 រចនាសម្ពន៍សេវាឌ្ឋែបេចក្ខប់តាមពល Sub-System



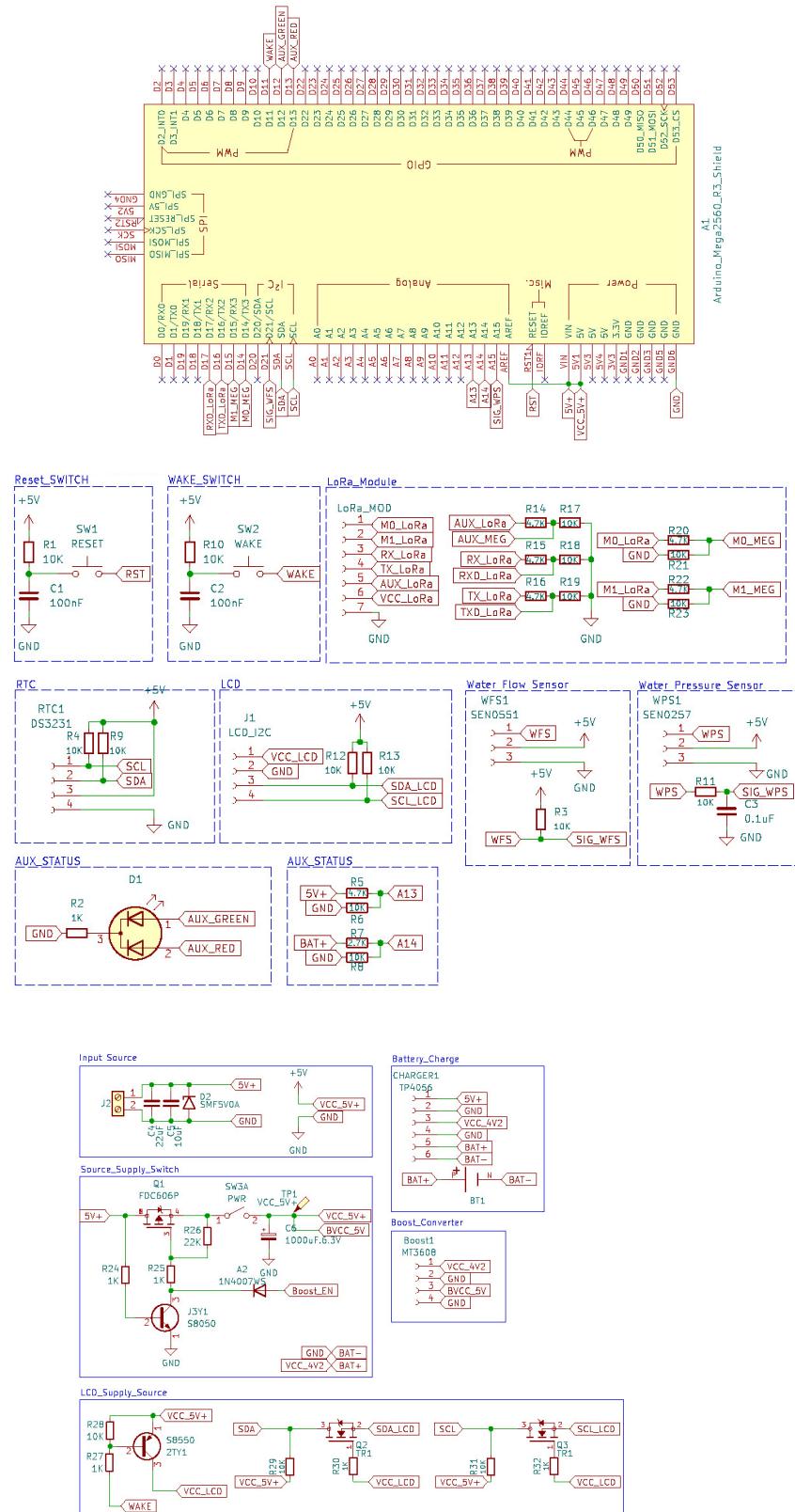
រូប 3. 9 រចនាសម្ពន៍សេវាឌ្ឋែបេចក្ខប់តាមពល Main System

រូប 3. 10 បង្ហាញ Schematic នៃស្ថីត្រូវបែងចែកប្រភពពាន់ស្បែងរបស់ Main System



រូប 3. 10 Schematic ស្ថីត្រូវបែងចែកចាមណុយ Main System

រូប 3.11 បង្ហាញ Schematic នៃស៊ីគ្រឿបកំពង់ប្រភពពាណិជ្ជកម្ម Sub-system ៩



រូប 3.11 Schematic នៃស៊ីគ្រឿបកំពង់ប្រភពពាណិជ្ជកម្ម Sub-system

- ការពិពណ៌នាបានសម្ងាត់សៀវភៅបែកប្រកបដាក់ស្ថិត
- ❖ **AC 220V Input:** ច្រកចូលប្រកបដាក់ស្ថិតដាប់ប្រឡងតាមស្ថិត AC 220V
- ❖ **Power Supply DC 5V:** មាននាទីធ្វើការទំនាក់ពីចរន្តនាស់ AC 220V ទៅជា DC 5V ចរន្តដាប់ដើម្បីធ្វើតែងតាំងគ្រប់គ្រងបញ្ជី
- ❖ **Buck Converter 3.7V DC:** តីជាប្រភេទ Step-down ដែលមាននាទីទំនាក់តាមស្ថិត 5V ទៅ 3.7V ដើម្បីធ្វើតែងតាំងគ្រប់គ្រងបញ្ជី
- ❖ **Arduino MEGA2560:** មាននាទីបំលែងទិន្នន័យពី Sensors ដែលទៅជាទិន្នន័យសម្រាប់ប្រើប្រាស់បញ្ហានិន្នន័យទាំងអស់នៅទៅកាន់ខ្លួនដោយប្រើប្រាស់បញ្ហាដីក
- ❖ **Water Flow Sensor:** ជា Sensor ដែលមានត្រួតពិនិត្យការរាយសំណង់លំហ្រឹងក
- ❖ **Water Pressure Sensor:** ជាប្រភេទ Sensor មាននាទីសម្រាប់រាយសម្រាប់សម្ងាត់
- ❖ **GSM Module:** មាននាទីក្នុងការបញ្ចូនប្រឡងទិន្នន័យបែកប្រឡងសម្ងាត់សម្រាប់បញ្ហាដីក
- ❖ **LoRa Module:** ប្រើសម្រាប់ការបញ្ចូនទិន្នន័យតាមការបញ្ចូនទិន្នន័យ
- ❖ **Real-Time Clock Module:** ប្រើសម្រាប់កំណត់ពេលវេលាក្នុងការបញ្ចូនទិន្នន័យ
- ❖ **LCD1602 Display:** ប្រើសម្រាប់បញ្ជាញទិន្នន័យដែលទទួលបានមកពី Sensors ជាលក្ខណៈ Real – Time

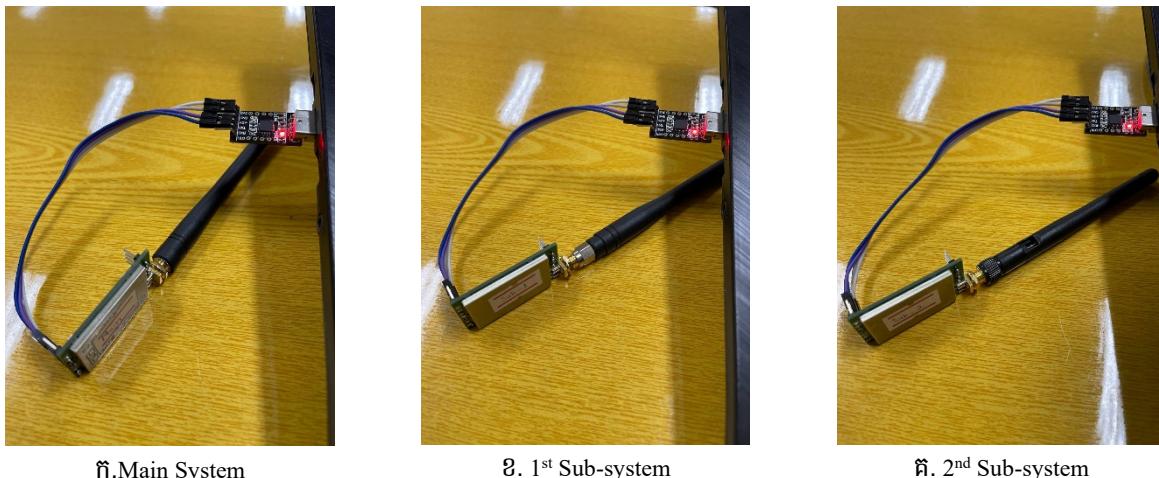
### ៣.៤.១ ការជិតឡើង Software

### ៣.៤.២ ការជិតឡើង LoRa និងការជាគ់ Adress-Channel

ចំពោះការបញ្ចូនទិន្នន័យតាមរយៈ LoRa គឺប្រើសម្រាប់ការបញ្ចូនទិន្នន័យរាយអនុសានីយទាំងពីរ (1st Sub-station & 2nd Sub-station) ទៅកាន់ស្ថានីយមេ (Main Station) ដើម្បីបញ្ចូនទិន្នន័យទៅកាន់អ្នកប្រើប្រាស់តាមរយៈ SMS (GSM)។ ចំពោះការបញ្ចូនទិន្នន័យតាមការបញ្ចូនទិន្នន័យដើម្បីបញ្ចូនទិន្នន័យ នៅក្នុងការកំណត់រាយ 1<sup>st</sup> Sub-station និង 2<sup>nd</sup> Sub-station និង Main Station គឺប្រើប្រាស់ Serial Converter ជាមួយនឹង Software ដើម្បីធ្វើការ Config Channel និង Adress ដើម្បីបង់បែករាយ Transmit (1st Sub-station & 2nd Sub-station) និង Receive (Main Station)។

### ៣.៤.៣ ការគាំទាត់របស់យុទ្ធសាស្ត្រនៃការបញ្ចូនទិន្នន័យ: Sub-system និង Main System

ដើម្បីកំណត់របស់យុទ្ធសាស្ត្រនៃការបញ្ចូនទិន្នន័យគឺជាផ្លូវការបង់បែករាយ Sub-station ទាំងពីរ និង Main System គឺជាប្រើប្រាស់ជាមួយ Serial Converter ហើយនឹង Software សម្រាប់ការ Config Channel និងរបស់យុទ្ធសាស្ត្រ (Adress) ដូចចានបញ្ចាញក្នុង រូប 3. 12។



រូប 3. 12 រាយ Config Channel និង Adress ជាមួយ Serial Converter

រូប 3. 13 ឧបករណ៍នៃបង្ហាញអំពីការប្រើ Software Config Channel និង Adrees របស់ Main System និង Sub-system។



រូប 3. 13 ការប្រើប្រាស់ Software សម្រាប់ Config

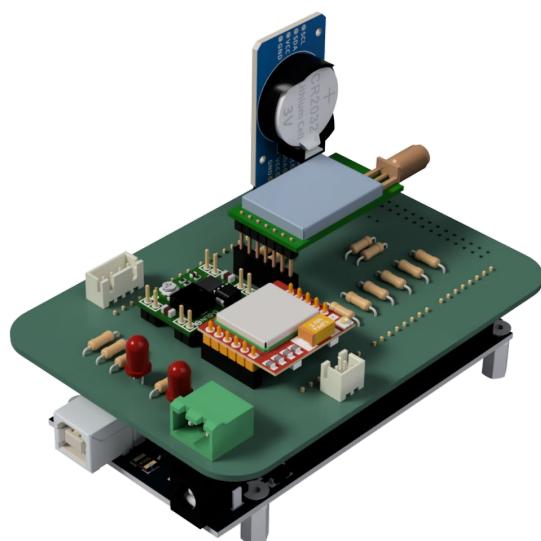
### ៣.៤.៤ ការបង្រៀន SIM800L

GSM SIM800L Module អាចធ្វើការ Communication តាមរយៈ AT Command ប៉ះបាន ប្រព័ន្ធឌីសិនិស៊ី Communication យើងប្រើប្រាស់ Software Serial Communication ដែលមានភ្លើងកម្មវិធី Arduino ស្រាប់។ ជាយសារយើងត្រូវបង្រៀន RX និង TX របស់ SIM800L Module ទៅកាន់បីបី 17, 18 របស់ Arduino Mega ហើយប្រកាសភ្លើង Program។ ចំពោះប្រភពចាមពលដែលត្រូវការ 4V និងចរន្ត 2A នៅពេលបង្អើន និងទទួលទិន្នន័យ។ តារាង 3. 1 បង្ហាញអំពីការប្រើប្រាស់ AT Command ជាមួយ GSM ភ្លើងការដឹងពីដំណើរការផ្សេងៗ។

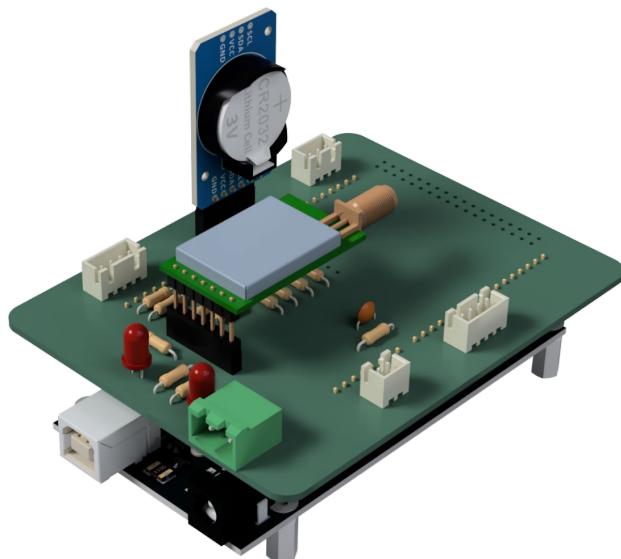
## តារាង 3. 1 ការប្រើប្រាស់ AT Command

Command	Description	Return
AT+CSQ	Check Signal Quality	+CSQ:30,0
AT+CMGF	Send the message mode	OK
AT+CMGD	Delete Message	OK
AT+CMDGDA= “DEL ALL”	Delete all Message	-
AT+CFUN=1	Turn on Airplane Mode	-
AT+CFUN=4	Turn off Airplane Mode	-

រូប 3. 14 គីជី 3D Design នៃស្ថើត្រីបែកដែកចាមណលរបស់ Main System និង Sub-system ៖



កិ. Main System



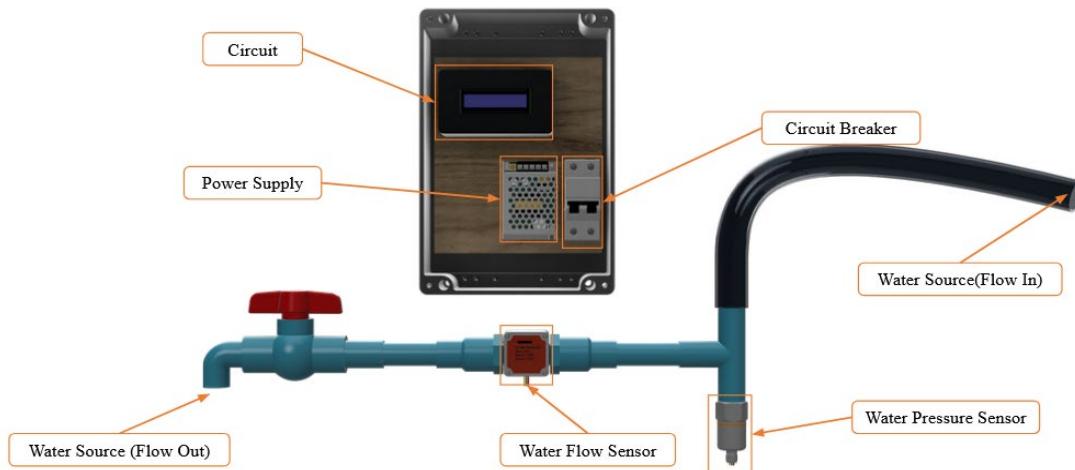
ខ. Sub-system

រូប 3. 14 3D Design ស្ថើត្រីបែកដែកចាមណល

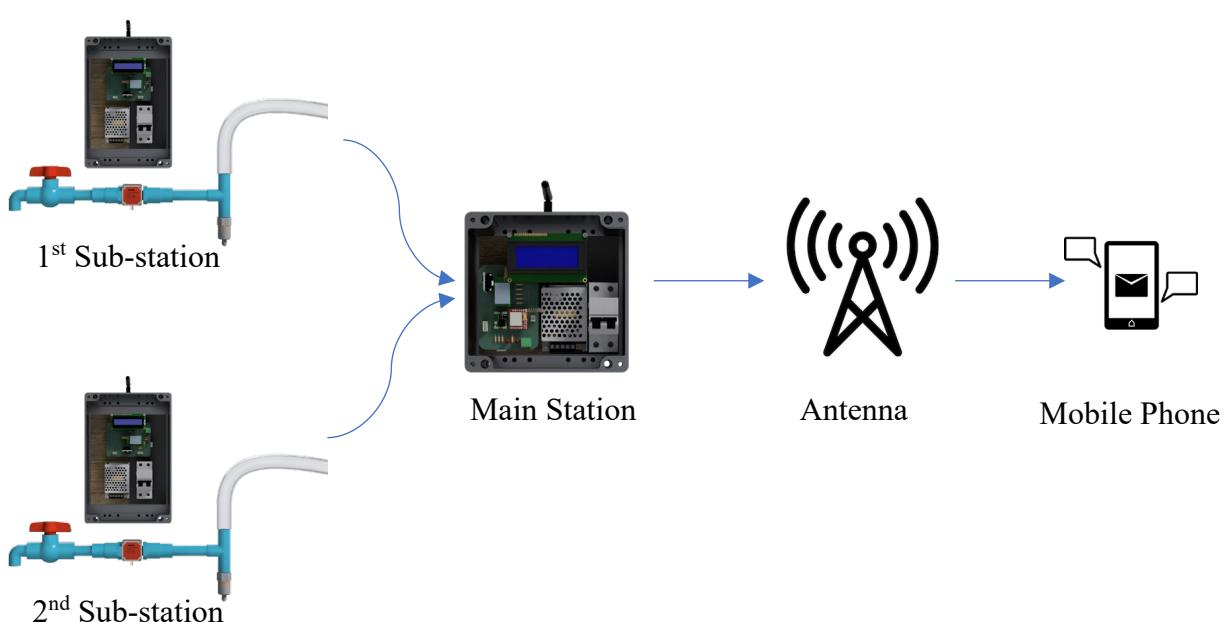
## ៣.៥ ការបំផើឡើង Hardware

### ៣.៥.១ ការបំផើឡើងប្រព័ន្ធគាំលម្លោន

ការចែន Hardware របស់ Sub-system និង Main System ដែលបានធ្វើការចែនឡើងក្នុងកម្មវិធី Fusion 360 ដូចចានបង្ហាញក្នុងរូប ៣. ១៣ និងរូប ៣. ១៦។



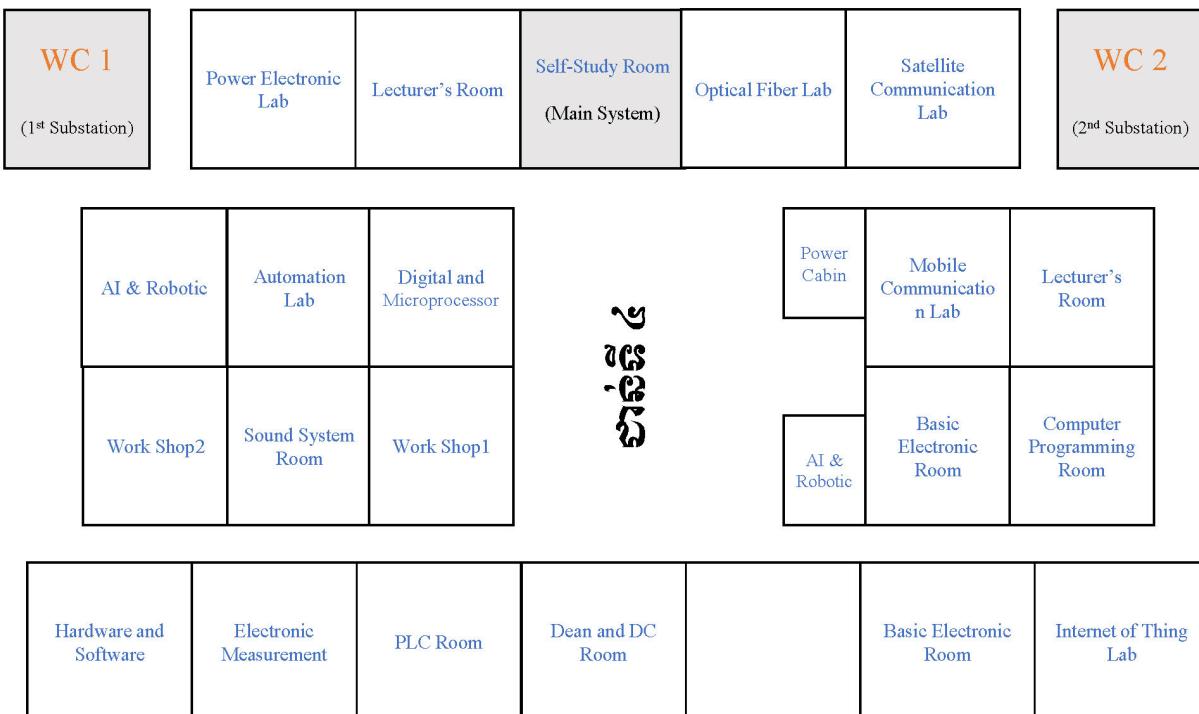
រូប ៣. ១៥ Sub-system



រូប ៣. ១៦ ដំណើរការប្រព័ន្ធគាំមួល

### ៣.៦ ទីតាំងគារងារជាតិសោម

សម្រាប់ការងារជាតិសោម ប្រចាំម៉ោង នៃការងារជាតិសោម ត្រូវបានដែលបានកំណត់ដូចខាងក្រោម រូប 3. 17 ខាងក្រោម៖



រូប 3. 17 ទីតាំងការងារជាតិសោម

រូប 3. 18 ការធ្វើពិសោធន៍លើទីតាំងជាក់ស្តូងសម្រាប់ការវាស់សម្ងាត់ និងលំហែរទីកៈ



ក. 1<sup>st</sup> Sub-station



ខ. 2<sup>nd</sup> Sub-station

រូប 3. 18 ទីតាំងជាតិសោធន៍ជាក់ស្តូង

ବୈଷ୍ଣବ ପାତ୍ର

କରନ୍ତିଶୋଭ ପିଲାଜନ୍ମଚନ୍ଦ୍ର

## ថ្លៃទី ៤. ការគិតលទ្ធផល

### ៤.១ សេចក្តីផ្តើម

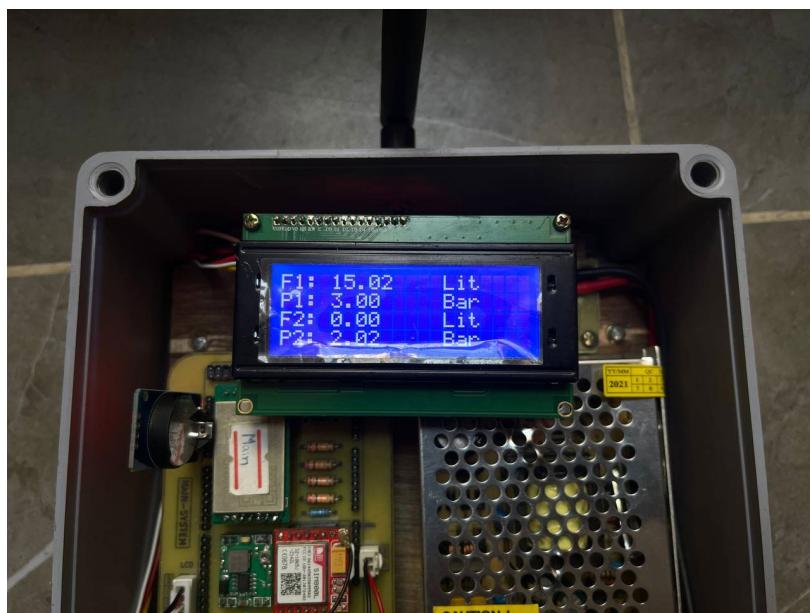
នៅក្នុងជំពូកនេះយើងនឹងធ្វើការពិសោធន៍យោបល់ដោយប្រព័ន្ធឌំងមូលទាំងផ្តុក Software និង Hardware ក្រោយពីយើងបានធ្វើការដំឡើង រួមជាមួយការសរសេរ Program រួចរាល់។ ក្រុមយើងខ្ញុំបានធ្វើការពិសោធន៍យោបល់ដោយប្រព័ន្ធឌំងមូលទាំងល្អដលម្បួយអាចទទួលយកបាន និងលូឡេដើម្បីណែនាំការធ្វើងារ នៅក្នុងគម្រោង ដែលយើងនឹងធ្វើការធ្វើបញ្ជីនឹងត្រីស្តីដែលយើងបានយកមកក្រុមហ៊ុនរបស់រួចធ្វើការសរបត្តិភាពប្រព័ន្ធឌំងអស់ ដើម្បីទទួលបានលទ្ធឌលសរបុប។ ចំពោះជំណាក់កាលពិសោធន៍យោបល់នៅក្នុងគម្រោងមានជូនទៅទៅ៖

### ៤.២ ឧទ្ធផលគិតលទ្ធផល

#### ៤.២.១ ការតាត់ទិន្នន័យលទ្ធផល និងលទ្ធផល

ខាងក្រោមនេះបង្ហាញពីការរាយសំសម្រាប់ និងលំហ៊ូទីកដែលធ្វើការពិសោធន៍យោបល់នៅអនុសានីយទាំងពី (1<sup>st</sup> Sub-station & 2<sup>nd</sup> Sub-station) រដឹលមានទីតាំងធ្វើងត្រាបង្ហាញលើផ្ទាំង LCD ហើយបញ្ជី ទិន្នន័យពី អនុសានីយទាំងពីទៅកាន់ Main Station តាមរយៈ LoRa ។

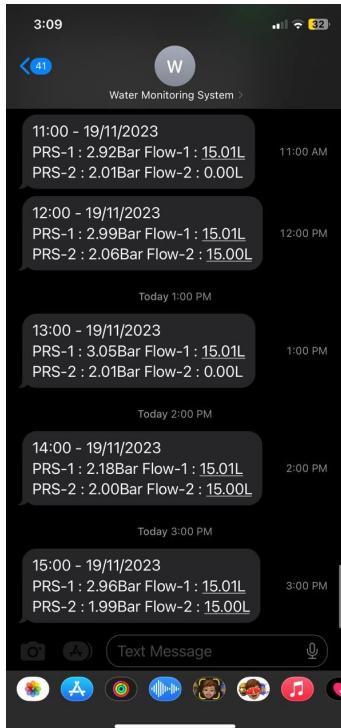
រូប 4. 1 ទិន្នន័យដែលទទួលបានពី 1<sup>st</sup> Sub-station និង 2<sup>nd</sup> Sub-station ដែលធ្វើការបញ្ជីនូវទិន្នន័យ តាម រយៈ LoRa ទៅកាន់ Main Station ៖



រូប 4. 1 ទិន្នន័យទទួលបាននៅ Main Station

## ៤.២.២ ការបញ្ចូលទិន្នន័យតាមរយៈ: Wireless Communication

រូប 4. 2 ឧបករណ៍បង្ហាញព័ត៌មានស្នើទិន្នន័យពី GSM និងការធ្វើទិន្នន័យជាប់ឱ្យការងារផ្ទៀងផ្ទាត់ខ្លួនដើម្បី:



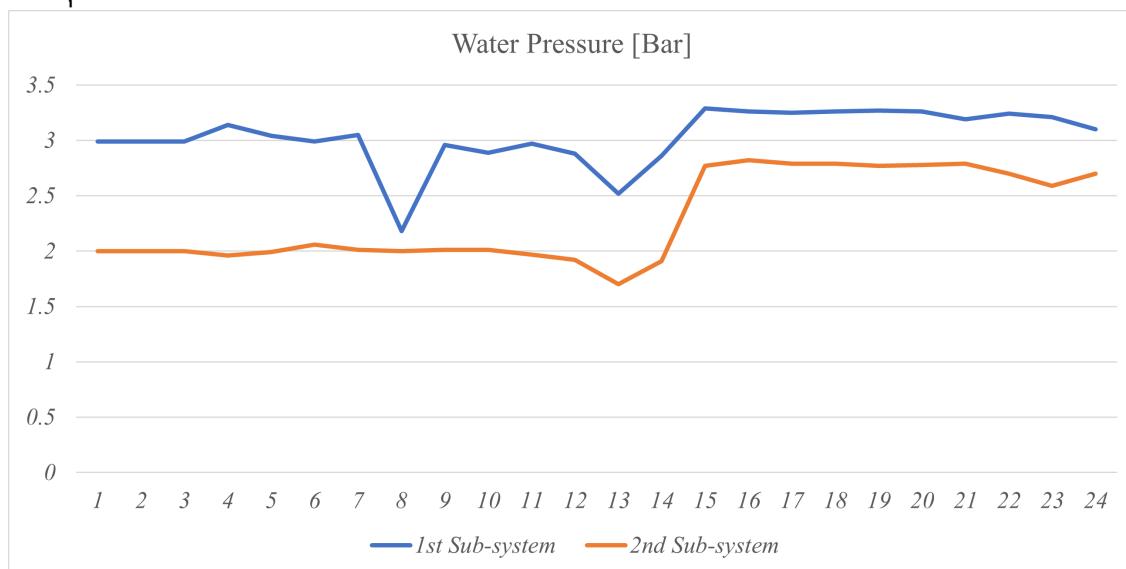
ក. ការស្នើទិន្នន័យតាមរយៈ: GSM



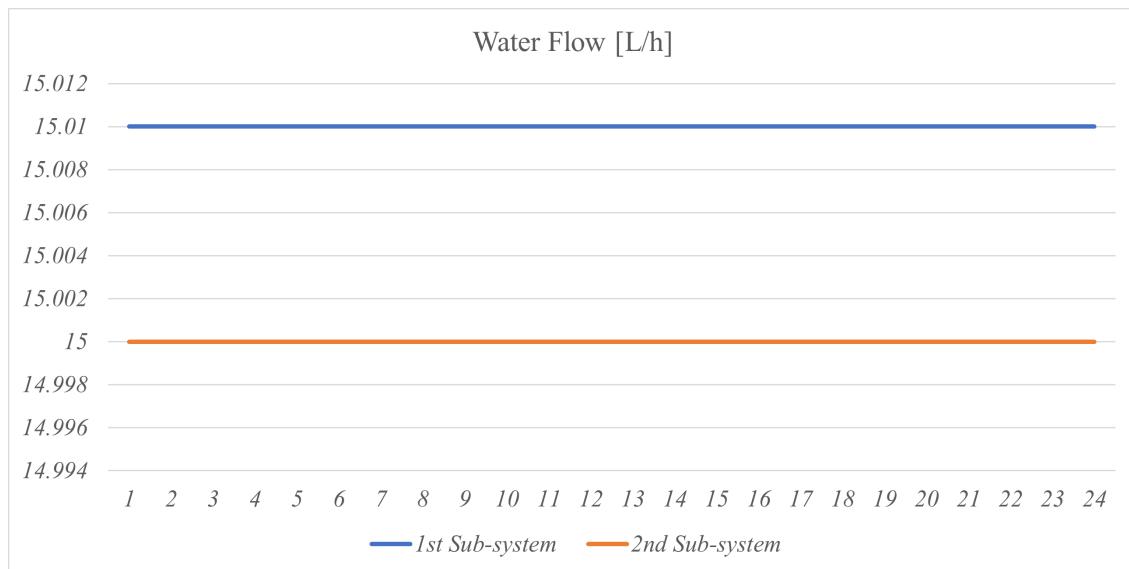
ខ. ការធ្វើទិន្នន័យការងារផ្ទៀងផ្ទាត់ខ្លួន

រូប 4. 2 ការធ្វើ និងការស្នើទិន្នន័យតាមរយៈ: GSM

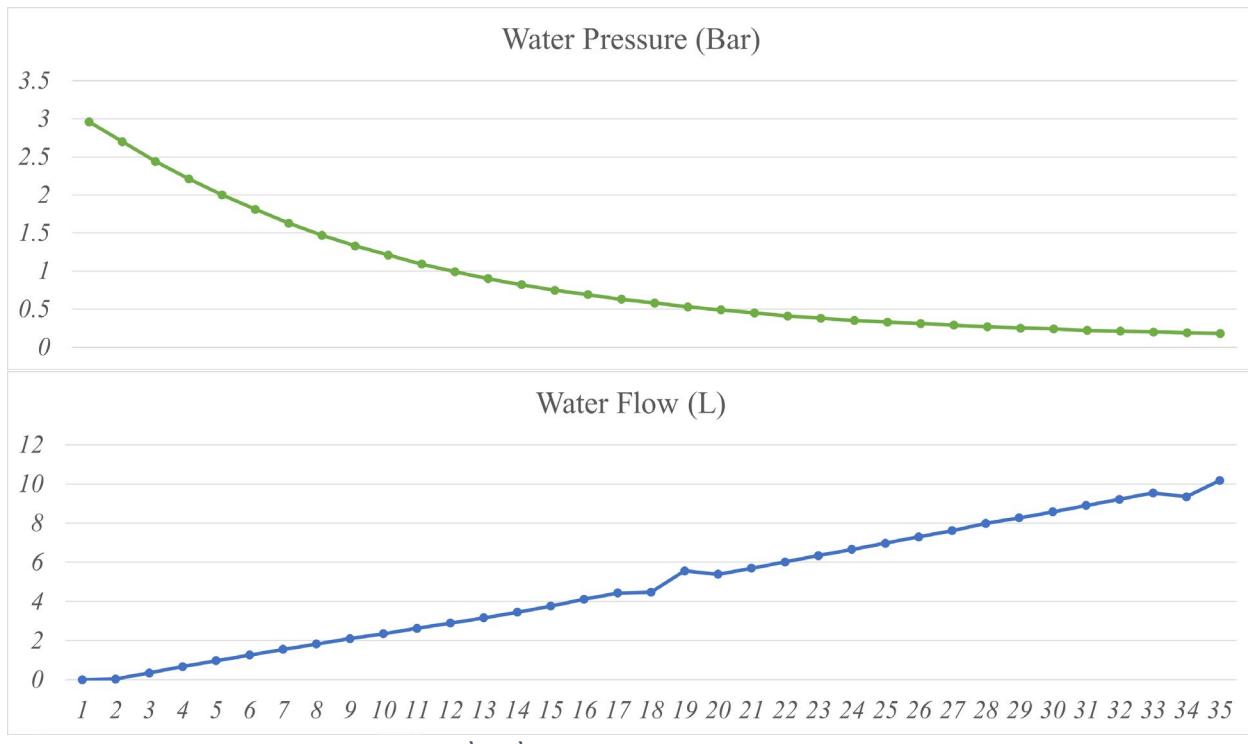
រូប 4. 3 និង រូប 4. 4 បង្ហាញអំពីក្រាបទិន្នន័យសម្ងាត់ និងលំហ៊ូទឹកនៅអនីស្ថានឃើញទី១ និងទី២ ដែលទទួលបានក្នុងរយៈពេល 24 តាមរយៈ: GSM (SMS):

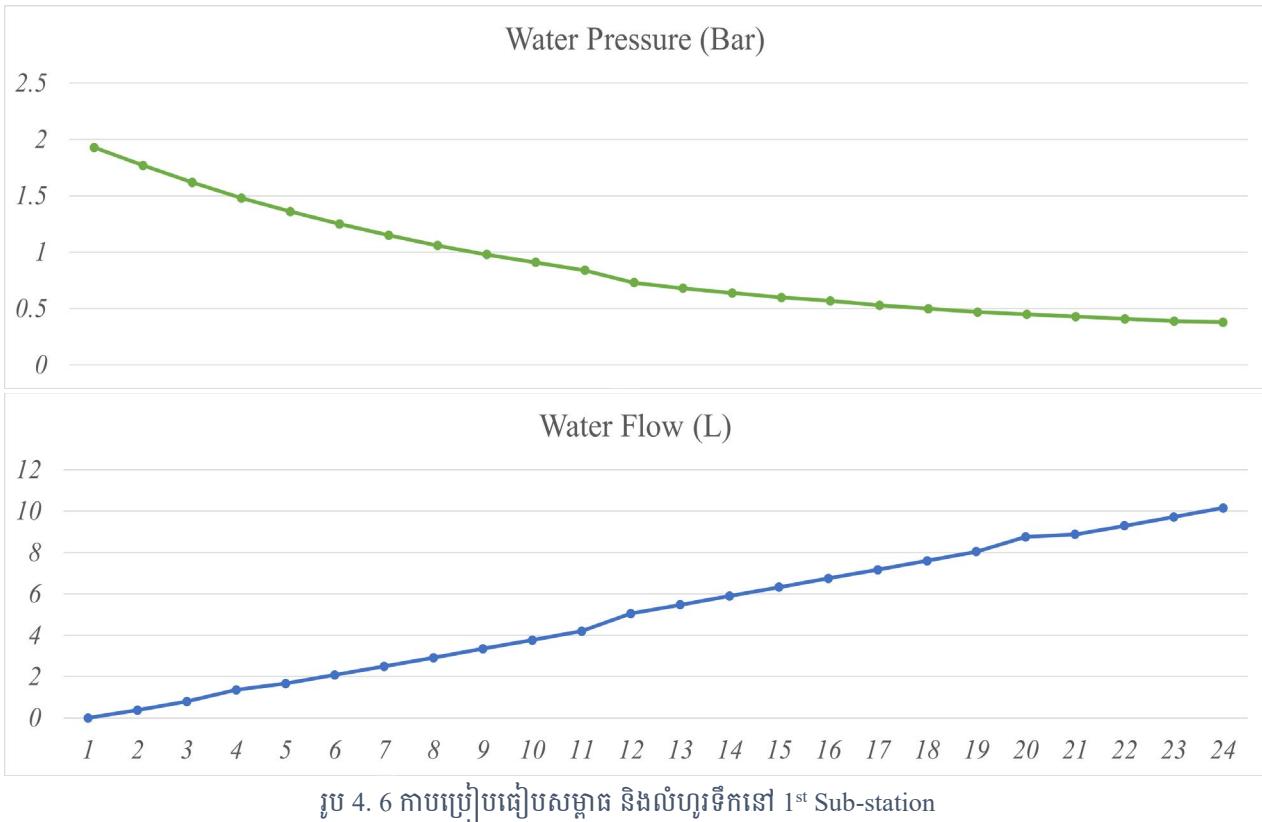


រូប 4. 3 ទិន្នន័យសម្ងាត់ទី១ 1<sup>st</sup> Sub-station និង 2<sup>nd</sup> Sub-station

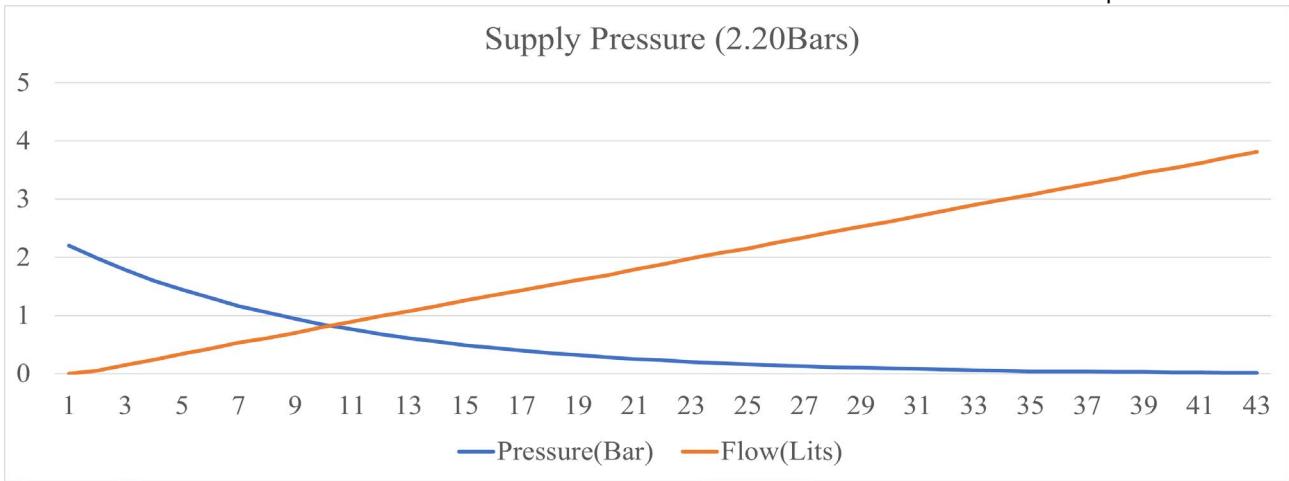
រូប 4.4 ទឹននៃយល់បញ្ជីកនោះ 1<sup>st</sup> Sub-station និង 2<sup>nd</sup> Sub-station

- ការពិសោធន៍យោងនៃការបើកលំប្តូរទីក ១០ លីត្រ ប្រៀបធៀបម្នាយសម្ងាត់ទីក ៩ និងរូប 4.5 និងរូប 4.6 បង្ហាញពីការប្រៀបធៀបទឹននៃយរាងសម្ងាត់ និងលំប្តូរទីក ១០ លីត្រនៅអនុសានីយទី១ និងទី២៖

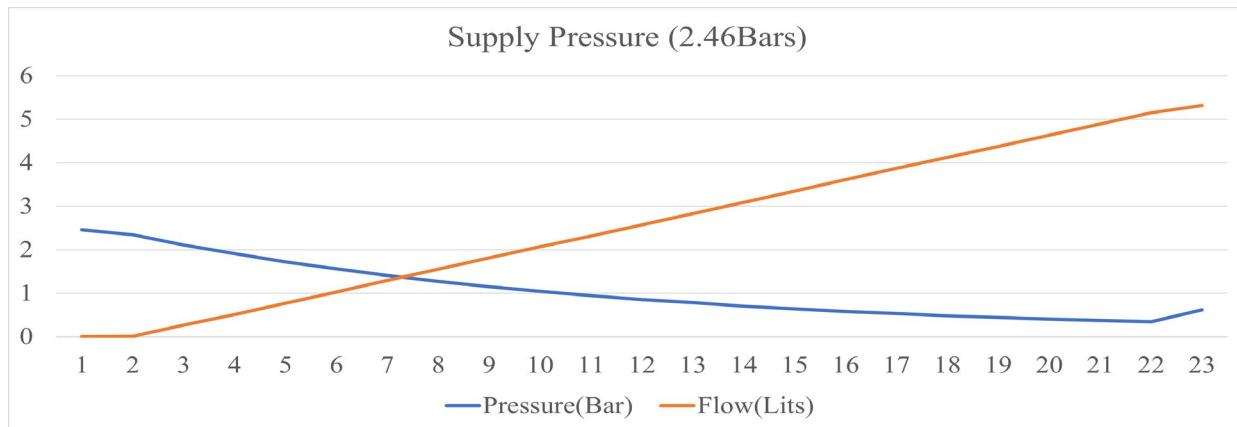
រូប 4.5 ការប្រៀបធៀបសម្ងាត់ និងលំប្តូរទីកនោះ 1<sup>st</sup> Sub-station



ការពិសោធន៍ជាការផ្តល់នៅតម្លៃសម្ភារមិក 2.20 Bars ជាមួយការប្រើប្រាស់លេខលំបាត់ខ្លួន រូប 4. 7 :

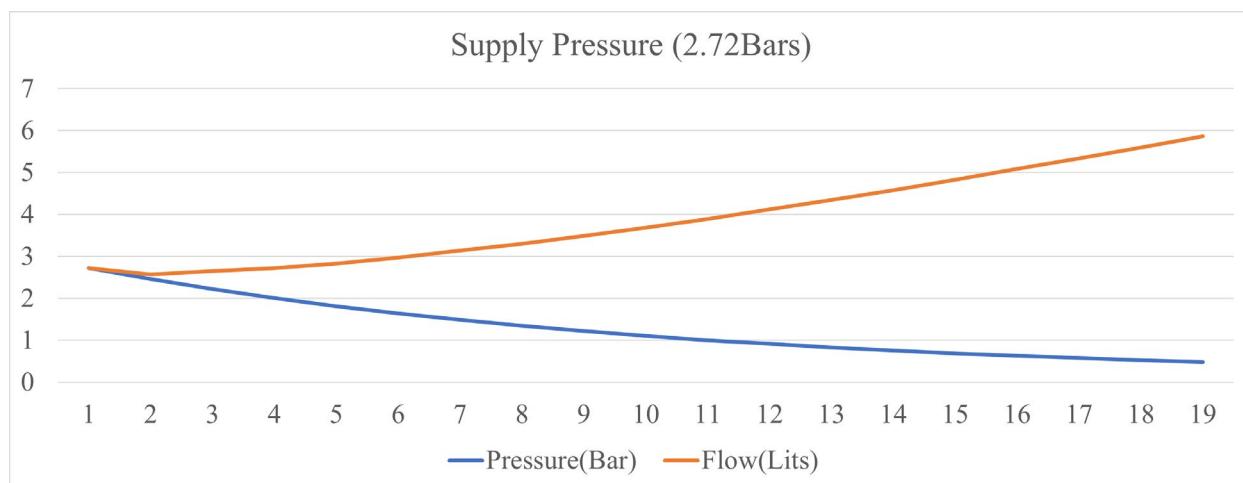


ការពិសោធន៍លើការផ្តល់នៅតម្លៃសម្គាល់ទីក 2.46 Bars ជាមួយការបែបប្រឈប់នៃលំហេរទីកដូចបង្ហាញក្នុងរូប 4.8 ខាងក្រោម



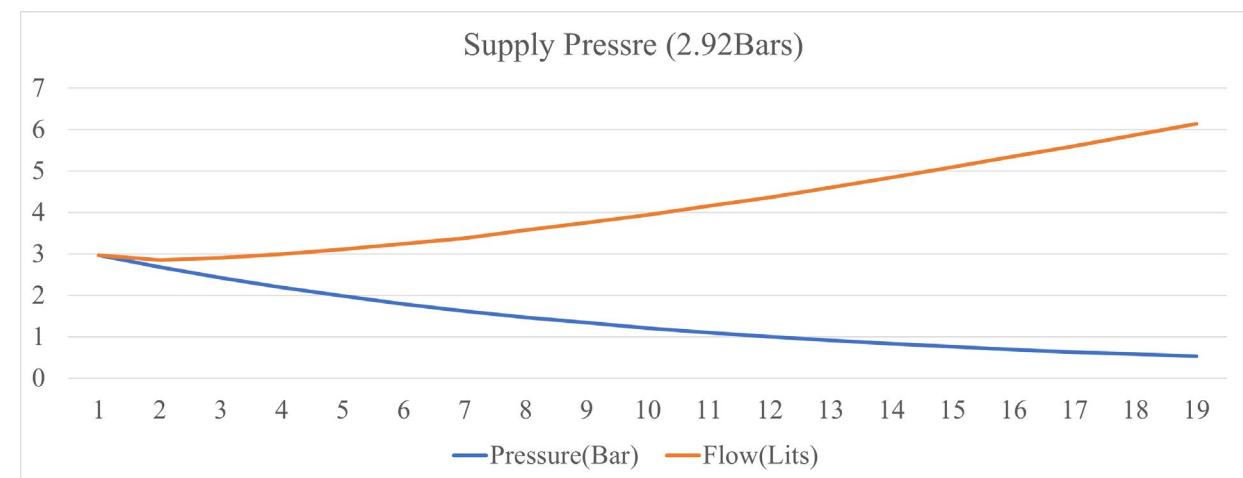
រូប 4. 8 ក្របទិន្នន័យសម្គាល់ទីក 2.46 Bars និងការបែបប្រឈប់លំហេរទីក

ការពិសោធន៍លើការផ្តល់នៅតម្លៃសម្គាល់ទីក 2.46 Bars ជាមួយការបែបប្រឈប់នៃលំហេរទីកដូចបង្ហាញក្នុង រូប 4.9 ខាងក្រោម



រូប 4. 9 ក្របទិន្នន័យសម្គាល់ទីក 2.72 Bars និងការបែបប្រឈប់លំហេរទីក

ការពិសោធន៍លើការផ្តល់នៅតម្លៃសម្គាល់ទីក 2.46 Bars ជាមួយការបែបប្រឈប់នៃលំហេរទីកដូចបង្ហាញក្នុង រូប 4.9 ខាងក្រោម



រូប 4. 10 ក្របទិន្នន័យសម្គាល់ទីក 2.92 Bars និងការបែបប្រឈប់លំហេរទីក

លទ្ធផលទីនេះយើដែលរក្សាទុក្សុង SD Card រយៈពេលមួយម៉ោងនៅអនុសានីយទី១ (1<sup>st</sup> Sub-station) ដែលមានការប្រប្រលែនសម្ងាត់ទីកន្លែងមិនមានលំហែផ្លូវកាត់ Water Flow Sensor ដូចបង្កាញក្នុងរូប 4. 11 ខាងក្រោម

Date/Time	FLow1	Pressure1
1:0-23/11/2023	0	2.97
2:0-23/11/2023	0	2.99
3:0-23/11/2023	0	2.89
4:0-23/11/2023	0	2.52
5:0-23/11/2023	0	2.86
6:0-23/11/2023	0	2.95
7:0-23/11/2023	0	2.98
8:0-23/11/2023	0	2.85
9:0-23/11/2023	0	2.88
10:0-23/11/2023	0	2.97

រូប 4. 11 លទ្ធផលដែលរក្សាទុក្សុង SD Card តារាងដែលបែងចាយ

ဘဏ္ဍာကနီ ၄

အောင်ဆုတ္တရာနပို့ဆောင်

နိုဝင်

နယ့်လှာဏုပါး

## ចំណាំ ៥. សេចក្តីផ្តើម និងនល់នាល់

### ៥.១ សេចក្តីផ្តើម

ផ្លូវកាត់តាមរយៈការធ្វើពិសោធន៍ទៅលើ «ប្រព័ន្ធទីស់សម្បាន និងលំហែទីកជាមួយការបញ្ចុនទិន្នន័យតាមរយៈ GSM-LoRa» ឬចមកប្រព័ន្ធអាចធ្វើការវារីស់សម្បានទីកចន្ទោះពី 0-3Bar និងវារីស់លំហែទីកចន្ទោះពី 0-15L ដែលអាចបង្ហាញទិន្នន័យបែស់សម្បាន និងលំហែទីកជាលក្ខណៈ: Real-Timeកែវយកចំណាំការបញ្ចុនទិន្នន័យពីអនុសានីយទាំងពីរ (1<sup>st</sup> Sub-system & 2<sup>nd</sup> Sub-system) ទៅកាន់ស្ថានីយមេ (Main System) តាមរយៈ LoRa ដែលស្ថានីយមេនឹងធ្វើការបញ្ចុនទិន្នន័យទៅកាន់អ្នកប្រើប្រាស់ជាក្រុងការបោះឆ្នោត និងការបញ្ចុនទិន្នន័យបាននៅពេលក្រោករាយ និងអាចបាយអ្នកប្រើប្រាស់ធ្វើការស្នើ (Request) ទិន្នន័យបាននៅពេលក្រោករាយ និងធ្វើការរក្សាទិន្នន័យចូលក្នុង SD Card បានដឹងដើរ។

ដោយធ្វើការលើលទ្ធផលដែលបានពិសោធន៍យចមកប្រព័ន្ធមានសមត្ថភាពអាចធ្វើការវារីស់ស្ថានីយរបស់សម្បាន និងលំហែទីកបានហើយធ្វើការបញ្ចុនទិន្នន័យមកកាន់អ្នកប្រើប្រាស់ ដែលជាភ្លើកម្បួយជូនយកតិវិក ឬទូរសព្ទដែលការត្រួតពិនិត្យប្រព័ន្ធទីកអាយមានភាពខាយស្រួល ជូនយកតិវិក ការបញ្ចុនទិន្នន័យបាននៅពេលក្រោករាយក្នុងការបញ្ចុនទិន្នន័យ។

### ៥.២ ផលវប្បធម៌

នៅក្នុងការធ្វើតម្រាងមួយនៃរឿងមានបញ្ហាប្រឈមដូចជា៖

- ការបញ្ចុនទិន្នន័យតាមរយៈ GSM ដោយសារការទូទាត់សីត្រូវលំមានភាពរាក់រួមូល ធ្វើអាយមានការបាត់បង់ទិន្នន័យនៅពេលបញ្ចុន
- ការបញ្ចុនទិន្នន័យតាមរយៈ LoRa ពីអនុសានីយទាំងពីរ ទៅកាន់ស្ថានីយមេអាចមានការបាត់បង់ទិន្នន័យនៅពេលបញ្ចុនទៅកាន់ Main System ប្រសិនបើការដាក់អង់គេន LoRa មានខបសត្ថាប័ណ្ណ

### ៥.៣ នល់នាល់

ផ្លូវកាត់តាមការធ្វើប្រព័ន្ធបញ្ហាក្នុងការបោះឆ្នោតនៃរឿងមានបញ្ហាប្រឈម ក្នុមយើងខ្ញុំសូមធ្លូលជាអនុសាសន៍ទៅដឹលនិស្សិត និងអ្នកសិក្សាប្រាការជាតិក្នុងការសិក្សាបន្ទប្បអភិវឌ្ឍន៍កម្រោងនៃរឿងមានបញ្ហាប្រឈម។

- សិក្សាបាយបានសិទ្ធិក្រោចចេះរគ្រឹងបង្កើនិមួយៗ
- បង្កើតជាកម្មវិធីក្នុងទូរសព្ទ App Mobile Application ដើម្បីបាយស្រួលក្នុងការមេិតទិន្នន័យ
- ធ្វើឱ្យប្រសិនបើធ្វើឱ្យនៅប្រព័ន្ធទាំងមូល

ପ୍ରକାଶନ ଥିଲା

ମେଲିଲା

## វិញ្ញកត់ សេវាគម្រោង

### ៦.១ ការចំណាយផែនក្រោម

ឯកសារនេះជាបញ្ជីថ្វីថ្មីដែលត្រូវបានធ្វើសិសយកមកប្រើប្រាស់សម្រាប់  
គ្រប់គ្រងមុខ នូវការប្រើប្រាស់ក្រឹងបង្កើនិមួយៗត្រូវបានធ្វើសិសយកមកប្រើប្រាស់សម្រាប់  
ដែលសមរម្យសម្រាប់ការប្រើប្រាស់រូមមាន៖

ល.រ	ឈ្មោះសម្រាប់	ចំនួន	តម្លៃកាយ	តម្លៃរូប	តម្លៃដឹកជញ្ជូន	តម្លៃសរុប
1	GSM800L MODULE	1	5.00 \$	5.00 \$	0.00 \$	5.00 \$
2	ARDUINO MEGA	3	14.00 \$	42.00 \$	0.00 \$	42.00 \$
3	Buck Converter	1	1.00 \$	1.00 \$	0.00 \$	1.00 \$
4	Analog Water Pressure Sensor	2	16.00 \$	32.00 \$	4.00 \$	36.00 \$
5	Water Flow Sensor	2	5.00 \$	10.00 \$	3.00 \$	18.00 \$
6	LoRa Module	3	6.00 \$	18.00 \$	3.00 \$	21.00 \$
7	Real-TimeClock Module	3	1.00 \$	3.00 \$	0.00 \$	3.00 \$
8	SD-Card Module	2	1.25 \$	2.50 \$	0.00 \$	2.50 \$
9	LCD1602 Display	3	2.50 \$	7.50 \$	0.00 \$	7.50 \$
10	SD-CARD (STORAGE)	2	1.00 \$	2.00 \$	0.00 \$	2.00 \$
11	Switch Mode Power Supply(4VDC3A)	3	3.00 \$	9.00 \$	3.00 \$	12.00 \$
អត្ថប្រយោជន៍		40,70.00\$	សរុប	610,500\$		150 \$

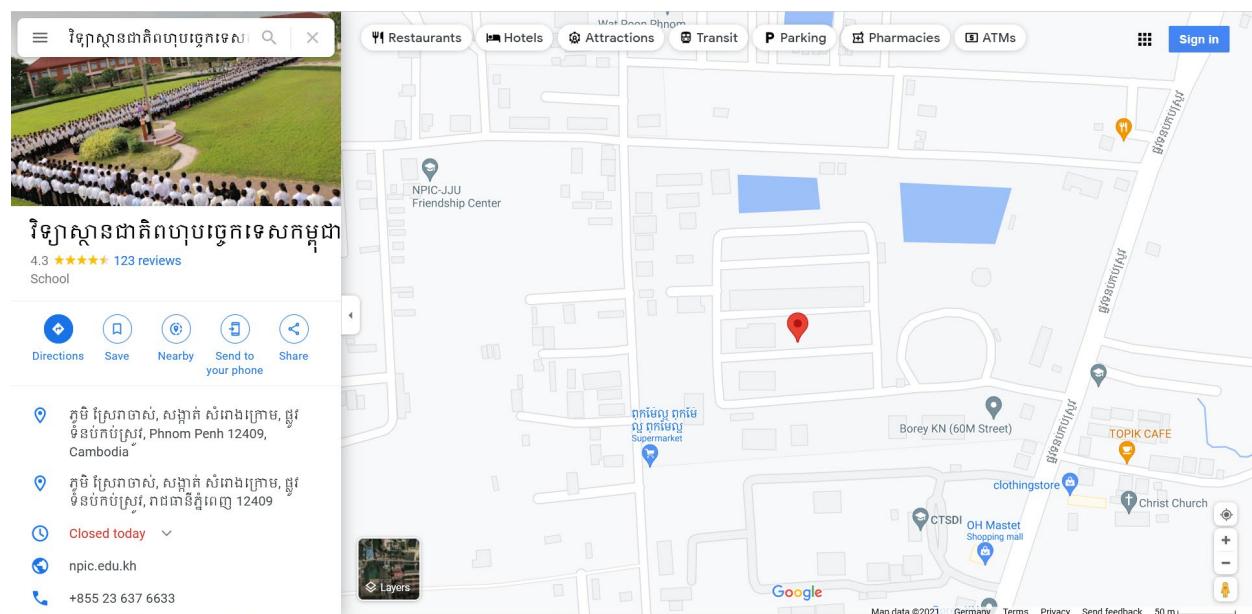
### ៦.២ ការចំណាយផែនក្រោមគម្រោង

ចំពោះការចំណាយទៅលើកម្មាំងពលកម្មត្រូវបានបង្កើតឡើងតាមការកំណត់ទៅកាន់សមាជិកក្រុមម្នាក់ៗ  
សម្រាប់ការបំពេញការងារតាមដំឡើកនិមួយៗ។ ឯកសារនេះជាបញ្ជីក្នុងការចំណាយទៅលើកម្មាំងពលកម្មសរុប  
សម្រាប់គ្រប់គ្រងមួយនេះ៖

បរិយាយ	ឯកតា	តម្លៃកាយ	តម្លៃសរុប	ធ្វើដោយ
កម្មាំងពលកម្ម	3	\$ 500	\$ 1500	
		សរុប	\$ 1500	

## ៦.៣ ទីតាំងអគ្គិភ័យ

នៅក្នុងការសិក្សាត្រូវបានធ្វើឡើងស្តិតនៅក្នុង “វិទ្យាសានជាតិពហុបច្ចេកទេសកម្មុជា” ដូចនេះការចំណាយចំពោះទីតាំងអាជីវកម្មត្រូវបានរាប់បញ្ហាល។



រូប 6. 1 ទីតាំងអាជីវកម្ម។៤

## ៦.៤ ការគំនាល់ថ្លែជក់

ចំពោះប្រព័ន្ធកសសល្អាត និងលំហ៊ូទឹកតាមរយៈការប្រើប្រាស់ GSM-LoRa សម្រាប់ការបញ្ចនទិន្នន័យ បានផ្តល់ជាការរួមចំណោកមួយនៅក្នុងការអភិវឌ្ឍន៍ទៅលើផ្លូវកម្មបច្ចេកវិទ្យានៅក្នុងប្រទេសកម្មុជា និងអាចផ្តល់ជាលារប្រយោជន៍ទៅដល់សិស្សនិស្សិតបុគ្គមាពមួយអ្នកសិក្សាប្រាកបដ្ឋាន ហើយការគំនាល់ថ្លែជក់នេះនឹងធ្វើឡើងខ្ពស់សម្រាប់កំណត់យកនូវតម្លៃសមរម្យសម្រាប់ការដាក់លក់នៅលើទីផ្សាររួមមានមួយ និងការគំនាល់ថ្លែជក់នៅក្នុងប្រព័ន្ធបង្ហាញនូវតារាងខាងក្រោម៖

ចំណាយលើផ្លូវដើម	តម្លៃជាប់ (₹)	តម្លៃជាបុណ្យ (">\$)	ធ្វើដំឡើង
កម្មាធិកសាធារណៈ	6,105,000 ₹	\$ 1500	
តម្លៃជាបុណ្យ (">\$)	893,365 ₹	\$ 150.0	

### កំណត់តម្លៃលក់

តម្លៃជាបុណ្យ (">\$)	893,365 \$	\$ 150.00	
ប្រាក់ចំណោក	30%	30%	
សរុប	183,150 ₹	\$ 195.00	

ବିଜ୍ଞାନଶୈଳୀ

## វកសារយោល

- [1] P. P. W. S. AUTHORITY, "DISTRIBUTION SYSTEM," [Online]. Available: <https://www.ppsa.com.kh/en/index.php?page=distribution-system>. [Accessed 26 10 2023].
- [2] N. Rosli, I. A. Aziz and N. S. M. Jaafar, "HOME UNDERGROUND PIPELINE LEAKAGE AFTER SYSTEM BASE ON WATER PRESSURE," *Conference on wireless Sensor (ICWiSe)*, pp. 12-16, 2018.
- [3] Y. Fukushima, M. Taie, T. Kageyama, T. Tani, Y. Kajikawa, M. Kuroiwa and T. Seiyama, "Underground Water Flow Speed And Direction Measurement Using Difference Pressure Sensor," *International Conference on Nano/Micro Engineered Molecular System*, pp. 14-17, 2020.
- [4] Ofwat, "Water Pressure," [Online]. Available: <https://www.ofwat.gov.uk/nonhouseholds/supply-and-standards/water-pressure/>. [Accessed 30 October 2023].
- [5] DFRobot, "Gravity Water Pressure Sensor," [Online]. Available: [https://wiki.dfrobot.com/Gravity\\_Water\\_Pressure\\_Sensor\\_SKU\\_SEN0257](https://wiki.dfrobot.com/Gravity_Water_Pressure_Sensor_SKU_SEN0257). [Accessed 30 October 2023].
- [6] E. S. &. DRAIN, "How does pressure flow work," [Online]. Available: <https://www.expresssewer.com/blog/how-does-water-pressure-flow-work>. [Accessed 30 October 2023].
- [7] DFRobot, "Graviry Water Flow Sensor," [Online]. Available: [https://wiki.dfrobot.com/SKU\\_SEN0551\\_Gravity\\_Water\\_Flow\\_Sensor\\_G3\\_4](https://wiki.dfrobot.com/SKU_SEN0551_Gravity_Water_Flow_Sensor_G3_4). [Accessed 30 October 2023].
- [8] A. CC, "Arduino MEGA 2560 Rev4," [Online]. Available: <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000067-datasheet.pdf>. [Accessed 30 October 30].
- [9] A. Device, "DS3231 Extremely Accurate I2C-Integrated," [Online]. Available: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ds3231.pdf>. [Accessed 30 October 2023].
- [10] L. Aerosemi Technology Co., "MT3608 High Efficiency 1.2MHz 2A Step Up Converter," pp. 1-7.
- [11] N. T. P. A. Corp., "TP4056 1A Stadalone Linear Li-Ion Battery Chager with Therminal Regulation in SOP-8," pp. 1-3.
- [12] VISHAY, "LCD-016N002B-CFH-ET," 2013, pp. 1-26 .
- [13] J. EBERSPACHER, H.-J. VOGEL and C. HARTMANN, "GSM Architecture, Protocols and Services," pp. 44-56.
- [14] A. c. o. S. T. Tech, "SIM800H &SIM800L\_Hardware Design\_V2.02," 2015, pp. 11-27.
- [15] SEMTECH, "LoRa and LoRaWan: A Technical Overview," 2020, pp. 1-26.
- [16] L. Chengdu Ebyte Electronic Technology Co, "E220-900T30D User Manual," pp. 3-6.

- [17] J.Mounika and N. S. K. Reddy, "Water Monitoring System Based on GSM," *International Addvance Research Journal in Science, Engineering and Technology*, vol. III, no. 7, pp. 1-4, 2016.

ଓଡ଼ିଆ

## ទូរសព្ទ

### ទូរសព្ទ-ខ Source Code

```
#include "Arduino.h"
#include "LoRa_E220.h"
#include "RTClib.h"
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

// LoRa {

#define DESTINATION_ADDL 3
#define AUX 7
#define M0 9
#define M1 8
#define ENABLE_RSSI false

char Pressure_Data[20];
char Flow_Data[20];

LoRa_E220 e220ttl(&Serial1, AUX, M0, M1); // AUX M0 M1

// } End LoRa;

// RTC & LCD {

RTC_DS3231 RTC;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

// } End RTC & LCD;

// Sensors {

//+WFS :
#define RISING 3
volatile float WaterFlow = 0;

//+WPS :
const float offset = 0.495;
float V, P;
float X = 0, Y = 0, Y_1 = 0, beta = 0.1;

//+Data Packaging of Sensors :
String Data;
short ID = 1;

// } End Sensors;

void printParameters(struct Configuration configuration);

void setup() {

    pinMode(M0, INPUT);
    pinMode(M1, INPUT);

    digitalWrite(M0, LOW);
    digitalWrite(M1, LOW);
}
}
```

```

Serial.begin(9600);
Serial1.begin(9600);

lcd.init(); // initialize the lcd
lcd.backlight();

pinMode(M0, INPUT);
pinMode(M1, INPUT);

digitalWrite(M0, LOW);
digitalWrite(M1, LOW);

// LoRa {

//+Startup all pins and UART :
e220ttl.begin();
ResponseStructContainer c;
c = e220ttl.getConfiguration();

//+Configuration pointer :
Configuration configuration = *(Configuration*)c.data;
Serial.println(c.status.getResponseDescription());
Serial.println(c.status.code);
printParameters(configuration);
c.close();

//+Test Send Message & Get Response Stat :
Serial.println("Hi, I'm going to send the Message");
ResponseStatus rs = e220ttl.sendFixedMessage(0, DESTINATION_ADDL, 23,
"LoRa_1 Activated");
Serial.println(rs.getResponseDescription());

// } End LoRa;

// Activate WFS {

attachInterrupt(1, pulse, RISING);
Serial.println("** Water Flow & Pressure Sensor Data **");

// } End Activate WFS;
}

void loop() {
Read_Data();
Pack_Data();
send_via_Serial();
Send_Data();
LCD_Display();
}

void pulse() {
WaterFlow += 1.0 / 75.0; // 75 pulses = 1L (refer to product
specification)
}

#include "RTClib.h"
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include "Arduino.h"
#include "LoRa_E220.h"

```

```

// LoRa {

#define DESTINATION_ADDL 3
#define AUX 7
#define M0 9
#define M1 8
#define ENABLE_RSSI false

char Pressure_Data[20];
char Flow_Data[20];

LoRa_E220 e220ttl(&Serial1, AUX, M0, M1); // AUX M0 M1

// } End LoRa;

// RTC & LCD {

RTC_DS3231 RTC;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

// } End RTC & LCD;

// Sensors {

//+WFS :
#define RISING 3
volatile float WaterFlow = 0;

//+WPS :
const float offset = 0.495;
float V, P;
float X = 0, Y = 0, Y_1 = 0, beta = 0.1;

//+Data Packaging of Sensors :
String Data;
short ID = 2;

// } End Sensors;

void printParameters(struct Configuration configuration);

void setup() {

pinMode(M0, INPUT);
pinMode(M1, INPUT);

digitalWrite(M0, LOW);
digitalWrite(M1, LOW);

Serial.begin(9600);
Serial1.begin(9600);

lcd.init(); // initialize the lcd
lcd.backlight();

// LoRa {

//+Startup all pins and UART :
e220ttl.begin();
ResponseStructContainer c;
c = e220ttl.getConfiguration();

```

```

//+Configuration pointer :
Configuration configuration = *(Configuration*)c.data;
Serial.println(c.status.getResponseDescription());
Serial.println(c.status.code);
printParameters(configuration);
c.close();

//+Test Send Message & Get Response Stat :
Serial.println("Hi, I'm going to send the Message");
ResponseStatus rs = e220ttl.sendFixedMessage(0, DESTINATION_ADDL, 23,
"LoRa_2 Activated");
Serial.println(rs.getResponseDescription());

// } End LoRa;

// Activate WFS {

attachInterrupt(1, pulse, RISING);
Serial.println("** Water Flow & Pressure Sensor Data **");

// } End Activate WFS;
}

void loop() {
Read_Data();
Pack_Data();
send_via_Serial();
Send_Data();
LCD_Display();
}

void pulse() {
WaterFlow += 1.0 / 75.0; // 75 pulses = 1L (refer to product
specification)
}

#include "Arduino.h"
#include "LoRa_E220.h"
#include "E220_Data_Decoder.h"

#define AUX 7
#define M0 9
#define M1 8

LoRa_E220 e220ttl(&Serial1, AUX, M0, M1); // AUX M0 M1

E220Decoder LoRaDataDecoder;
String LoRaReceivedData;

void setup() {

pinMode(M0, OUTPUT);
pinMode(M1, OUTPUT);

digitalWrite(M0, 0);
digitalWrite(M1, 0);

Serial.begin(9600);
delay(500);

// Startup all pins and UART
}

```

```

e220ttl.begin();

}

void loop() {
    // If something available
    if (e220ttl.available() > 1) {
        Serial.println("Message received!");

        ResponseContainer rc = e220ttl.receiveMessage();

        // Is something goes wrong print error
        if (rc.status.code != 1) {
            Serial.println(rc.status.getResponseDescription());
        } else {
            LoRaReceivedData = rc.data;
            //Serial.println(LoRaReceivedData);

            LoRaDataDecoder.decodeData(LoRaReceivedData); // Just pass the data

            LoRaDataDecoder.showSub-systemData(1); // Input ID to show data
            LoRaDataDecoder.showSub-systemData(2);

            Serial.println();
            Serial.println("Sub-System_1 Data: ");
            Serial.print("Pressure_1 : ");
            Serial.print(LoRaDataDecoder.PRESSURE[0]); // <-- 0 means 1st sub
            Serial.print(" Bar\t");
            Serial.print("Flow_1 : ");
            Serial.print(LoRaDataDecoder.FLOW[0]);
            Serial.println(" Lit");

            Serial.println();
            Serial.println("Sub-System_2 Data: ");
            Serial.print("Pressure_2 : ");
            Serial.print(LoRaDataDecoder.PRESSURE[1]); // <-- 1 means 2nd sub
            Serial.print(" Bar\t");
            Serial.print("Flow_2 : ");
            Serial.print(LoRaDataDecoder.FLOW[1]);
            Serial.println(" Lit");

        }
    }
}

```

**ឧបសម្ពាន-ខ តម្លៃវត្ថុ Hardware & Software****តម្លៃវត្ថុ Software****១. Arduino IDE**

Arduino IDE គឺជាកម្មវិធីមួយដែលមានលក្ខណៈ: Open Source ហើយបានផ្តល់ការងារស្ថិតិយាជ្ញាប់នៃការបញ្ចូនការពិនិត្យការងារ។ វិធីនេះបានរាយការក្នុងប្រព័ន្ធប្រតិបត្តិការណ៍ដូចជា Window, MacOS, Linux ជាដើម។ Arduino IDE ត្រូវបានបង្កើតឡើងដោយប្រើប្រាស់ភាសាសម្រាប់ប្រព័ន្ធទាំង Java ហើយចំពោះ Source Code ដែលប្រើប្រាស់ជាមួយ Arduino គឺមានតម្លៃនៅលើការប្រើប្រាស់ជាមួយនឹងតម្លៃប្រចាំថ្ងៃ។



រូប ២. ១ ផ្តល់កម្មវិធី Arduino IDE

**២. KiCad**

KiCad ជាសំណុំកម្មវិធីតំបន់ដែលប្រើប្រាស់សម្រាប់ការចនាទេរសៀត្តិអនុធបច្ចុនិត្ត ដែលនៅក្នុងនោះរួមមាន KiCad (ជាកម្មវិធីសម្រាប់គ្រប់គ្រងទេរសៀត្តិក្នុងការចនាទេរសៀត្តិ), Eeschema (កម្មវិធីសម្រាប់ការចនាទេរសៀត្តិ Schematic), Pcbnew (កម្មវិធីសម្រាប់ការចនាទេរសៀត្តិលើបន្ទះ PCB និងរួមបញ្ចូលជាមួយ PCB 3D Viewer), GerbView (កម្មវិធីសម្រាប់ត្រួតពិនិត្យទេរសៀត្តិ Gerber File), Bitmap2Component (កម្មវិធីបំប្លែងរួបភាពសម្រាប់ជាក់ទេរសៀត្តិលើបន្ទះ (PCB))។



រូប ២. ២ KiCad EDA Logo

KiCad គ្រប់បង្កើតឡើងដំបូងនៅឆ្នាំ ១៩៨៤ ដោយលោក Jean-Pierre Charras កំណើងពេលដែលលោកកំពុងធ្វើការនៅក្នុងសាកលវិទ្យាល័យ IUT de Grenoble នៅក្នុងប្រទេសបាតាកំង នៅក្នុងខេត្ត ឆ្នាំ ២០១៥ ដោយចាប់ផ្តើមជាមួយ KiCad 4.0.0 ជាការដាក់ចេញអាយប្រើប្រាស់ជាមួយនឹងលក្ខណៈដៃនៃក្រុមហ៊ុនក្នុងប្រព័ន្ធឌីជីថាមពីដែលត្រូវបានអភិវឌ្ឍឡើងដោយ CERN។

### ៣. Fusion 360

Fusion 360 គឺជា Software ប្រភេទ Cloud Based ដែលមានប្រភពបើកចំហាបើយត្រូវបានរួមចាត់បន្ទាល់ក្នុងខ្លួនគ្នានៅក្នុង 3D CAD, CAM និងCAE ដែលគ្រប់បង្កើតឡើងដោយក្រុមហ៊ុន Autodesk។ Fusion 360 មានលក្ខណៈប្រហាក់ប្រហែលឡើនឹង 3D Software ដូចជា SolidWorks, Siemens NX និងInventor ដែលត្រូវបានបង្កើតឡើងមកជាមួយនឹងកម្មវិធីសំខាន់ៗក្នុងការខ្សោតប្រព័ន្ធសម្រាប់អ្នកដែលមានចំណងចំណូលចិត្តឡើនឹង 3D Design និងសម្រាប់អាជីវកម្មដោយតែតិចឡើង។



រូប ២.៣ ផ្ទាំងកម្មវិធីរបស់ Fusion 360

- លក្ខណៈ: ពីសែសគោលរបស់កម្មវិធីមាន៖
  - ❖ Program សម្រាប់ Parametric Modelling
  - ❖ Program សម្រាប់បង្កើតពាណ Tool Path សម្រាប់ម៉ាស៊ីន CNC
  - ❖ 3D Rendering ក្រាយពីការធ្វើ Parametric Modelling បង្កើតចេញពាណ STL Model សម្រាប់ប្រើប្រាសដាម្បយម៉ាស៊ីនបោះពុម្ព 3D

## តម្លៃគម្រោង Hardware

លរ	ចំណួន	ឈ្មោះ	រូបភាព	ធ្វើដោយ
1		Multimeter		
2		Computer		
3		Power Supply		
4		Water Pipe		
5	2	Circuit Break		
6	2	Water Pressure Sensor		

		Water Flow Sensor		
7	2			

		System Box		
8	3			