

Цооногийн Геофизикийн Судалгаанд Хэрэглэгдэх Универсал Төхөөрөмжийн Дизайн

Т.Бэгзсүрэн, М.Отгонбаатар, З.Гарьд, Э.Өсөхбаяр, М.Ананд

Монгол улс, МУИС, Шинжлэх Ухааны Сургууль, Физикийн тэнхим

И-шуудан: garidzorigoo@gmail.com, begzsuren@num.edu.mn

Орчин үеийн геофизикийн судалгаанд газрын гүний өгөгдөл дамжуулах төхөөрөмж маш чухал ач холбогдолтой. Ийм төхөөрөмж олон улсын зах зээлд нэлээд өндөр үнэтэй байдаг. Энэ ажлаар Монгол улсад анх удаа газрын гүний хэмжилтийн тоног төхөөрөмж хийж туршсан үр дүнг үзүүллээ. Бидний хийсэн багаж өрөмдлөгийн гүнээс хамааруулан температур, соронзон орон, гамма цацраг, өрөмдлөгийн хазайлтын өнцөг зэрэг геофизикийн параметруудийг хэмжиж, цуглуулна.

Төхөөрөмжийн гадна гэрийг диамагнетик материал ~99% -ийн зэсээр, холбоос болон тагийг гуулиар хийсэн. Энэ Температур дулааны мэдрэгч -40°C –өөс 80°C хүртэл 0.1°C нарийвчлалтай, соронзон мэдрэгч -800 мкТл-аас $+800$ мкТл хүртэл 227 нТл, гамма бүртгэгч $0.1 - 200\mu\text{Sv/hr}$, $1 - 10000$ СРМ, өрөмдлөгийн хазайлтын өнцгийг гурван тэнхлэгийн дагуу бүх чиглэлд 0.1° нарийвчлалтай тус бүр хэмжих боломжтой.

Түлхүүр үгс: Каротаж, хазайлтын өнцөг, соронзон орон, температур, гамма цацраг, бүртгэх

I. ОРШИЛ

Ойрын жилүүдэд Монгол улсын эдийн засгийн томоохон санхүүгийн эх үүсвэр нь уул уурхайн салбар болж байна. Тухайлбал 2015 оны улсын төсөвт уул уурхайн салбараас нийт 1.1 их наяд төгрөг төвлөрүүлэхээр тооцжээ [1]. Техник технологи, электроникийн салбарын үйл ажиллагааг Монгол улсын хувьд ач холбогдол бүхий салбартай уялдуулан холбож, хамтран ажиллах талбарыг хөгжүүлэх зорилгоор энэхүү судалгааны ажлыг гүйцэтгэлээ.

Ашигт малтмал олборлолтыг зардал бага, нэмэлт алдагдалгүй, хугацааны хувьд сааталгүй явуулахын тулд тухайн нутаг дэвсгэр, орд газрын байгалийн нөөцийн судалгааг түргэн шуурхай хийх хэрэгтэй. Уг судалгааг явуулахад хамгийн эхэнд геофизикийн тоног төхөөрөмжүүд ашиглагдана. Цооногийн хананы физик параметруудийн талаар мэдээлэл цуглуулах буюу цооногийн каротажийн багаж нь

геофизикийн хамгийн чухал судалгааны багажуудын нэг юм. Геофизикийн мэдээлэл цуглуулах уламжлалт арга нь цооногийн нүхний тухайн гүнээс өрөмдөн гарч ирсэн чулуу, материал бөгөөд үүнийг өрөмдлөгийн дээж гэж нэрлэдэг.



Зураг 1. Геофизикийн өрөмдлөгийн судалгааны дээж, 1м урттайгаар хадгалсан байдал

Дээжийн жишээг Зураг 1-д үзүүлэв. Харин өрөмдсөн нүхний эргэн тойронд буй орчны физик шинжийн талаар дэлгэрэнгүй мэдээллийг цуглуулахын тулд каротажийн

багаж хэрэглэнэ. Зарим төрлийн багаж нь өрөмдөх, дуусгах, орхисон гэх мэт бүхий л фазын мэдээллийг бүтэн бичих чадвартай байдаг. Энэ төхөөрөмжүүдийг газрын тос, байгалийн хий, газрын гүний ус, ашигт малтмал, газрын гүний дулааны хайгуул, орчны шинжилгээ зэрэг олон салбарт хэрэглэдэг.

Цооногоос мэдээлэл цуглуулахдаа холбогч утсаар мэдээлэл шууд дамжуулах болон каротажийн багаж дотроо мэдээллээ хадгалан гадаргууд гаргаж авсны дараа мэдээллийг хуулж авах гэсэн хоёр төрөл байж болно. Утсаар мэдээлэл дамжуулах нь тухайн агшин дахь (Real time) мэдээллийг шууд дамжуулах боломжтойгоороо давуу талтай. Гэсэн хэдий боловч цахилгаан утсаар дамжуулахад маш их хэмжээний утас шаардагдах ба хэт гүн цооногт (500м-ээс дээш) мэдээллийн дамжууллын чанар алдагдаж өгөгдөл хүлээн авахгүй байх зэрэг олон шийдэгдээгүй нөхцөл байдал үүсч болно. Хоёр дахь төрлийн арга нь мэдээллийг төхөөрөмж дотроо санах ой дээр өндрөөс хамааруулан тус бүр дээр нь хадгалаад төхөөрөмжийг гаргаж ирсны дараа мэдээллийг хуулж авч боловсруулах боломжтой. Ихэвчлэн геофизикийн хэмжилтүүдэд мэдээллийг шууд дамжуулах (real time) шаардлага гардаггүй учраас төхөөрөмжийн үнэ өртгийн хувьд дотроо хадгалах нь илүү тохиромжтой байна.

Газрын тос болон байгалийн хий олборлох үйлдвэрүүдэд каротажийн төхөөрөмжийг газар дээрх цооногийн амсартай цахилгаан дамжуулах утсаар холбож тасралтгүй хугацааны туршид мэдрэгчүүдээс чулуулгийн бүтэц, физик шинж чанарын мэдээллийг хүлээн авдаг. Утсаар холбогдсон каротажийн багажийг геофизикийн өгөгдөл хүлээн авах, анализ хийх функцийг гүний өндрөөс хамааруулан гаргадаг хосолмол үйлчилгээ гэж тодорхойлж болно. Анхаарах зүйл нь утсаар холбож мэдээлэл бүртгэх багаж нь энгийн мэдээлэл боловсруулах төхөөрөмжтэй адилхан биш бөгөөд, мэдээллийн багцын интеграцийн

дагуу маш ойрхон холбогдсон байна. Газрын гүнд явагдаж байгаа хэмжилтүүдийг нүхний гүнээс хэрхэн хамаарч, хэр үнэн бодит байгааг, мөн хэмжилтүүдтэй холбоотой анализ зөв байгааг эсэхийг баталгаажуулснаар дараа дараагийн хэмжилтүүдийн үнэний баталгааг хийх боломжтой болно. Жишээ нь нүүрстөрөгчийн ханалт үүсэх даралтыг хэмжсэнээр цааш өрөмдөх эсэх шийдвэрийг гаргах хэрэгтэй байдаг ба хэрвээ буруу хэмжсэн тохиолдолд алдагдал хүлээх эрсдэлтэй.

Каротажийн багажийг доош нь ихэвчлэн төмөр, төмөр хөнгөнцагааны холимог трос металл утсаар доош бэхлэн буулгадаг. Буулгаж байх үед металл трос дээр тэмдэглэгээ хийх, эсвэл цооногийн амсар дээр баталгаажсан эргэлддэг электрон тоологч тавьж гүний хэмжээг бүртгэж болно. Хэт гүн өрөмдлөгийн үед утасны урт уян харимхай суналтын улмаас болон дулаан тэлэлтээс шалтгаалж өөрчлөгдөх боломжтой. Иймээс уртын хэмжилтийн алдааг засаж тооцохын тулд температурыг өндрөөс хамааруулан хэмждэг. Тиймээс каротажийн багаж заавал температур мэдрэгчтэй байх хэрэгтэй [2].

Цооногийн гүнээс хамааруулсан олон төрлийн бүртгэгч байж болох бөгөөд эдгээр нь ажиллах функц, ямар технологи ашигласнаасаа хамааран олон төрөлд ангилагддаг. Хайгуулын төрлөөс хамааруулан нээлттэй өрөмдлөг болон нөхцөлт өрөмдлөг гэсэн 2 төрөл байж болно. Газрын тос болон байгалийн хийн хайгуулын өрөмдлөгийн хувьд заавал нөхцлөө шалгаж үзэх шаардлагатай бөгөөд битүү каротажийн багажаар хэмжилт хийнэ [3].

Ямар төрлийн физикийн арга хэрэглэж байгаагаас хамааруулан цооногийн хэмжилтийн багажийг ангилдаг

II. АРГА ХИЙЦ ТЕХНОЛОГИ

Бидний хийж буй төхөөрөмжөөр геофизикийн соронзон хайгуул, дулааны

каротаж, гамма каротаж, хазайлтын өнцөг гэсэн 4-н төрлийн судалгааг хийх боломжтой.

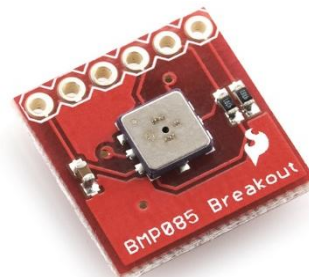
Соронзон хайгуул нь чулуулаг бүрхүүлийн геологийн тогтоц, эрдэс чулуулаг ба хүдрийн биетийн соронзон шинжээс хамаарч, дэлхийн соронзон орон хэрхэн өөрчлөгдөхийг судлах зорилготой хайгуулын геофизикийн нэг арга юм. Соронзон каротажийн аргад цооногийн ханын чулуулгийн соронзон шинжийг судлах замаар тухайн чулуулгийн геологийн зүсэлтийг ялгах, өөрөөр хэлбэл чулуулгийн соронзон орныг судлах арга юм. Энэ арга нь соронзон орны байгуулагчид (Т-Соронзон орны бүтэн байгуулагч, Z-босоо байгуулагч, Н-хэвтээ байгуулагч) соронзон мэдрэх чадварыг хэмждэг.

Ашигласан мэдрэгч: HMC5883L нь 3 тэнхлэгийн соронзон орны мэдрэгч бөгөөд ± 8 Гаусс оронд 2милли Гауссын нарийвчлалтай 12 битийн мэдээлэл өгдөг. I2C интерфэйсээр холбогддог.



Зураг 2. HMC5883 Соронзон орон мэдрэгч

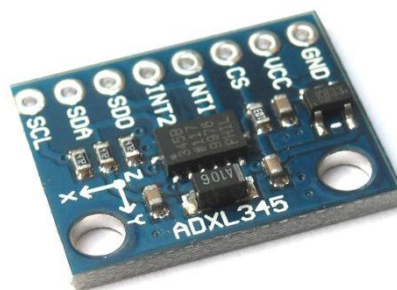
Дулааны каротаж нь цооногийн ханын чулуулгийн дулаан дамжуулах чадвар, шинж чанараараа харилцан адилгүй байдгийг судлахад үндэслэгдсэн. Дулааны каротажийн аргаар цахилгаан термометрийн тусламжтайгаар цооногийн ханын чулуулгийн байгалийн ба үүсгэмэл дулааны орныг судалдаг.



Зураг 3. BMP085 даралт температурын мэдрэгч

Цооногийн ханын чулуулгийн дулаан дамжуулах чадвар дэлхийн бөмбөрцгийн өөр цэгүүдэд харилцан адилгүй бөгөөд тухайн бүсийн геологийн тогтоц, чулуулгийн дулаан дамжуулах чадвар, байгалийн дулааны орон болон чулуулагт явагдах физик-химийн үзэгдлээс голлон хамаарах тул энэ аргын тусламжтайгаар цооногийн ханын чулуулгийн зүсэлтийг нарийвчлан судлах боломжийг олгодог ба шатах болон хатуу ашигт малтмал, ус агуулсан үе, мөнх цэвдгийн үе, давхаргуудыг судлах ажилд өргөн хэрэглэдэг.

Ашигласан мэдрэгч: BMP085 /pressure, thermometer/ -40 -с $+80^{\circ}\text{C}$ -д 0.1°C -ийн нарийвчлалтайгаар хэмжих чадвартай. I2C интерфэйсээр холбогддог.



Зураг 4. ADXL345 хурдатгал мэдрэгч

Цооног өрөмдөх явцад хазайдаг учир хазайлтыг хэмжих багаж хэрэгтэй байдаг. Тодорхой гүн дэх хазайлтыг олж мэдсэнээр гүний цооногийн 3 хэмжээст зургийг зурах боломжтой.

Ашигласан мэдрэгч: ADXL345 /accelerometer/ хэмжих хязгаар: $\pm 20 \text{ м/с}^2$; 10 битийн нарийвчлалтай, 1/256 g/LSB. ADXL345

бол жижиг хэмжээтэй, мэдрэмтгий бөгөөд маш бага чадлаар 3 тэнхлэгийн дагуух хурдатгалыг хэмжих мэдрэгч юм. Мөн түүнчлэн өндөр нарийвчлал (13 битийн – 8192-тайгаар $\pm 16g$ хүртэлх хурдатгалыг хэмжинэ. I2C интерфэйсээр холбогддог.

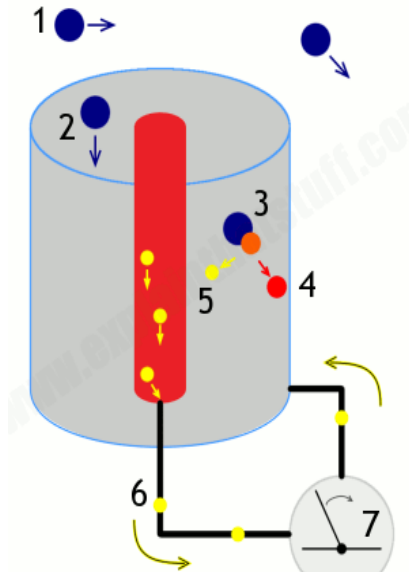
Цооногийн ханын чулуулгийн байгалийн гамма туяаг бүртгэхэд үндэслэгдсэн аргыг гамма каротаж гэнэ. Гамма каротажийн аргыг спектрийн ба интегралын гэсэн хоёр төрлөөр хийж явуулдаг.

Интегралын гамма каротажийн аргыг цацраг идэвхт элементийн түүхий эд, цооногийн чулуулаг, хүдрийн биет дэх Уран, Торий, Калий элементүүдийн агуулгыг тогтоодог.

Гамма каротажийн аргаар тунамал, магмын болон хувирмал чулуулаг дахь байгалийн цацраг идэвхт элементүүдийн агуулгыг тодорхойлсноор цооногийн зүсэлтийн литологи-петрографийн ангиллыг нарийвчлан тогтоох боломж олгож байна [5].

Нефть, байгалийн хийн орд газар шаварлаг чулуулгийг үнэлэх, цооногийн техникийн төлөв байдлыг судлахад гамма каротажийн аргыг өргөн хэрэглэдэг. Мөн түүнчлэн нүүрсний орд газар энэ аргыг хэрэглэснээр нүүрсний үнжилтийг тодорхойлдог.

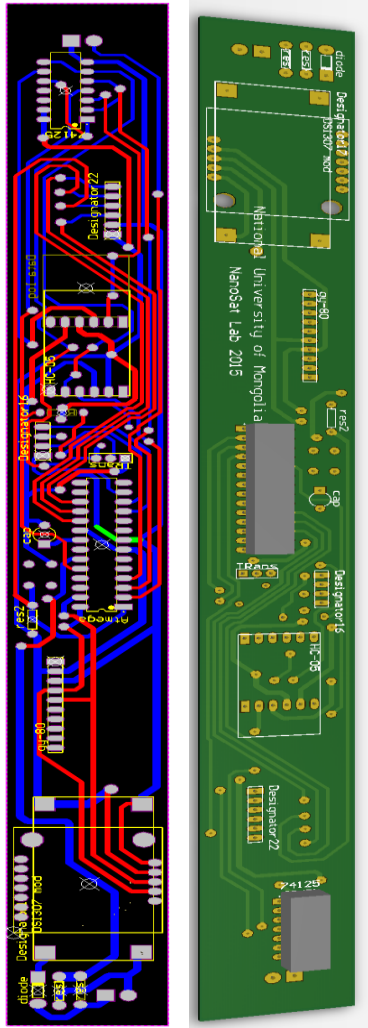
Гейгерийн тоолуур нь ионжуулагч бөөмүүдэд мэдрэг Гейгер-Мюллерийн хоолойноос бүрдэх ба ажиллах үндсэн зарчим нь ионжигч материал дээр альфа, бета, гамма зэрэг бөөмс туссанаар чөлөөт электронууд сугаран гарах ба эдгээр нь маш өндөр потенциалын ялгаврын улмаас хэдий бага кинетик энергитэй байсан ч хоолойн анод дээр хүрэлцэн ирж бүртгэгддэг. Бага гүйдлийн, өндөр нарийвчлалтай гальванометр ашигласнаар энэхүү дохиог бүртгэн авах боломжтой ба энэ нь ионжуулагч бөөм, тухайлбал катод дээр туссан гамма цацрагийг бүртгэж байгаа хэрэг юм.



Зураг 5. Гейгер Мюллерийн хоолойн ажиллагаа

Хэлхээ.

Багажийн өргөн нь дотор талдаа 28мм учраас түүн дотор электроникийн хэлхээг багтаан байрлуулахийн тулд урт бөгөөд нарийн PCB хэрэг болсон. PCB-ийг хийхдээ үндсэн хэсэг, гамма бүртгэгчийн буюу өндөр хүчдэлийн хэсэг гэсэн 2 хэсэгт хуваан авч хийсэн. PCB-г хийхдээ AltiumDesigner программ дээр зурж, нано хиймэл дагуул хөгжүүлэлтийн лаборатори дахь PCB хийх зориулалттай CNC машиныг ашиглан хоёр талтай зэс хавтан дээр 0.1мм-0.8мм-ийн зорогч хутгаар зам гарган, 0.4мм-2мм-ийн өрмөөр нүхийг гаргасан.

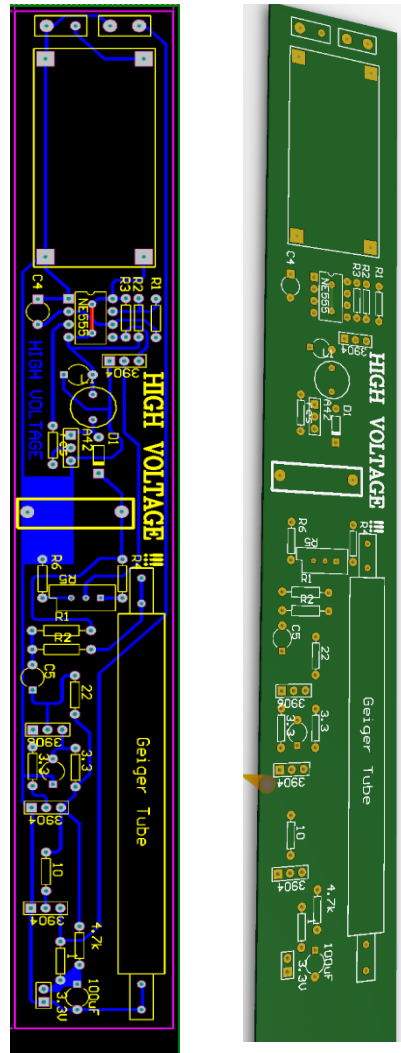


Зураг 6. Үндсэн хэсгийн 2 хэмжээст болон 3 хэмжээст PCB зураг.

PCB-ний үндсэн хэсэгт микроконтроллер, мэдрэгчүүд гэх мэт элементүүд болон модулиуд багтсан ба 2 талдаа замтай. Энэ хэсгийн PCB-г зурахдаа хэлхээний газар болон тэжээлийн хоорондын замуудын зайг аль болох бага, тойрог хэлбэр үүсгэхгүй байхаар зурсан. Учир нь замууд хол байвал тойрог хэлбэр үүсгэх магадлал өндөр болдог ба тойрог хэлбэрээр гүйдэл гүйхэд бага хэмжээний индукцлэлтэй ороомог болж үүнээс үүдэн хэлхээний ажилгаанд сөргөөр нөлөөлөх аюултай байдаг.

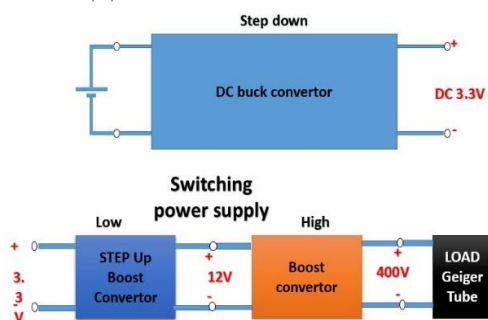
Гамма бүртгэгч буюу өндөр хүчдлийн хэсэгт Гейгер-Мюллерийн ламп болон бусад элементүүд байрлах энэ хэсэг нь 500 вольтын

өндөр хүчдэлтэй. Тийм учраас PCB-г хийхдээ зөвхөн нэг талдаа замтайгаар зурж хийсэн. Хэрэв аналог хэлхээний замыг хоёр талдаа замтайгаар хийсэн тохиолдолд эдгээр нь голын тусгаарлагчтайгаа нийлээд конденсаторын бүтэцтэй ижил болдог ба ингэснээр алдаа гарах магадлалтай юм.

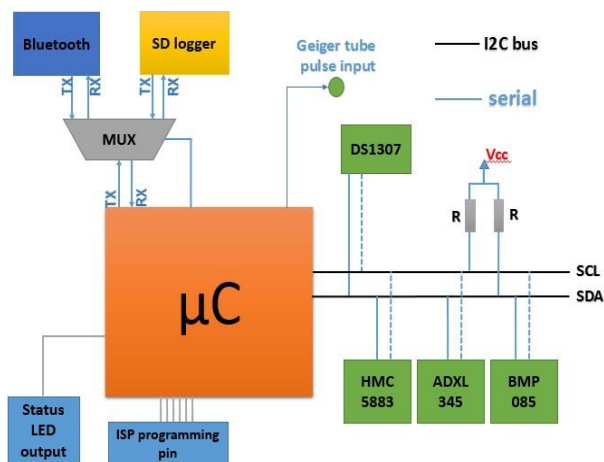


Зураг 7. Гейгер Мюллерийн хоолойн хэсэг буюу өндөр хүчдлийн хэсгийн 2 хэмжээст болон 3 хэмжээст PCB зураг

III. БЛОК ДИАГРАМ



Зураг 9. Тэжээлийн үүсгүүр



Зураг 10. Ерөнхий ажилгааний диаграм.

IV. ПРОГРАММ ХАНГАМЖ

Бидний төхөөрөмжийн тархи нь ATmega8 микроконтроллер юм. Atmega8 нь AVR архитектуртай mega цувралынх бөгөөд өөр дээрээ UART, TWI (I2C), EEPROM, 8k flash - той 8 битийн контроллер юм. Ерөнхий ажиллагааны 3н горимтой бөгөөд эдгээр горимуудад гаднаас өгөх командаар шилжинэ
Горим 0: Ажиллагааны горим

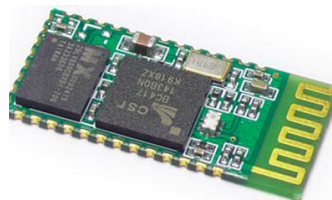
Төхөөрөмж ихэнх хугацаанд энэхүү горимоор ажиллана. Real Time Clock (RTC) DS1307-н тусламжтайгаар секунд болгонд мэдрэгчүүдээс өгөгдлүүдийг хүлээн авч тэр үе мөчийн хугацааг SD картанд хадгална. Нэг өдөрт хэд хэдэн ажиллуулсан өгөгдлийг огноо агуулсан хавтаст хийн хадгалж өгснөөр илүү цэгцтэй болгож өгч байгаа юм. Жишээлбэл, 2015 оны 10 сарын 1 нд хэмжилт хийсэн гэвэл 15-10-01 хавтас дотор хадгалагдана. 16 цаг 17

мин 18 секундэд каротажаа эхэлсэн гэвэл 161718.txt гэсэн нэртэй файл дотор хадгалагдана. DS1307 RTC чип нь төхөөрөмж унтарсан ч өөр дээрх нөөц тэжээл ашиглан цаг хугацааг тоолсоор байдаг.

Горим 1: Терминал горим

Манай төхөөрөмж нь сериал холболтыг ашиглан гаднаас удирдаж болох терминал төст горим нэмж өгснөөрөө шинэлэг юм. Терминал гэдэг нь текстэнд тулгуурласан командыг гүйцэтгэж болох интерфэйс юм [4].

Bluetooth HC-06 /slave/ модулийг ашиглан 10м айд утасгүйгээр холбогдоно.



Зураг 12. HC-06 bluetooth модуль

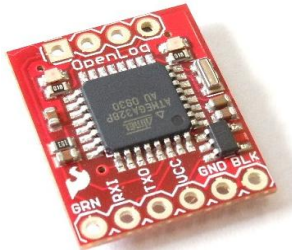
Энэ горим нь хэрэглэгч компьютер аль свэл утаснаас бүх мэдрэгчүүдийн утгыг үлээн авах, дээрх дурьдсан ds1307 rtc - ийн цаг, огноог гараас тохируулах, түүнчлэн гормийг солих - ажиллуулах, хадгалсан файлуудыг авах боломж олгоно.

Компьютерээс болон гар утаснаас хийх боломжтой үйлдлүүд:

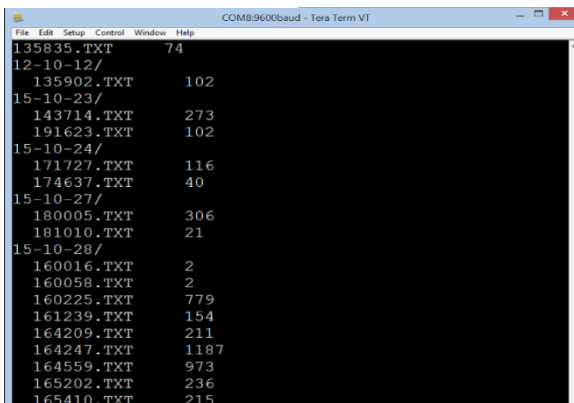
- 0 -> бүх мэдрэгчүүдээс мэдээлэл аван хэвлэнэ.
- 1 -> цаг, минут, секундыг хэвлэнэ.
- 2 -> он, сар, өдрийг хэвлэнэ.
- 3 -> хамгийн сүүлд төхөөрөмжийг ажиллуулан өгөгдөл хадгалсан огноо
- 4 -> цаг, мин, секундыг сольж тааруулах
- 5 -> он, сар, өдрийг сольж тааруулах
- 9 -> тасралтгүй өгөгдлийг шинэчлэн хэвлэнэ.

Горим 2: SD карттай харьцах горим
openlog dev-09530 модулийг ашигласнаар төхөөрөмж сериалаар ирсэн өгөгдлийг хадгалж, унших боломжийг олгож байгаа юм.

SD картны терминал Линүкс төстэй энэ горимд орсноор хэрэглэгчид хадгалсан каротажийн өгөгдлөө хүлээн авна. Мөн түүнчлэн хуучин файлуудаа устгах боломжтой.



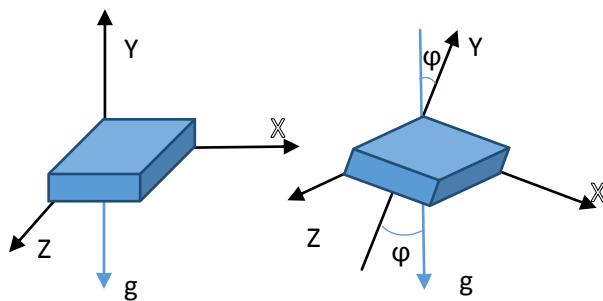
Зураг 13. SD-карттай харьцах Dev-09530 модуль



Зураг 14. SD карт дотор хадгалагдсан өгөгдлүүд

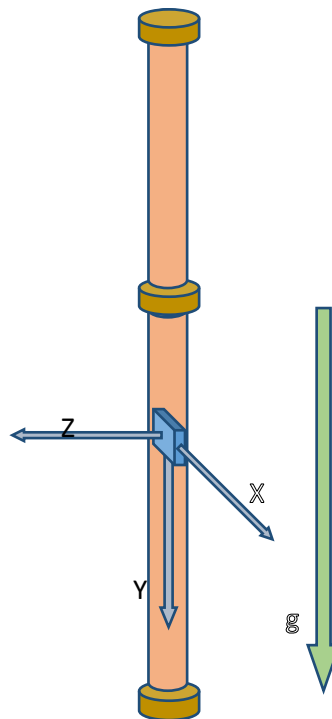
Хийх боломжтой үйлдлүүд:

- ls -> доторх бүх файлуудыг фолдерийн хамт хэвлэнэ.
- cd -> change directory буюу фолдер луу оруулна
- rm -> устгах
- read -> файлыг хэвлэх
- cd .. -> төв фолдерт шилжих
- mkdir -> шинэ фолдер үүсгэх



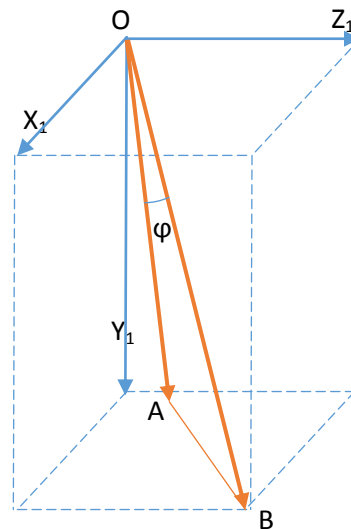
Зураг 15. ADXL 345 хурдатгал мэдрэгч

Хурдатгал (хазайлт) мэдрэгчээс өнцөг бодох аргачлал.



Зураг 16. Төхөөрөмжид хурдатгал мэдрэгчийн тэнхлэгийн байрлал.

Эгц доош чиглэсэн байх үеийн гурван тэнхлэгийн дагуух хурдатгалын утгыг X_0 , Y_0 , Z_0 гэж тодорхойлъё. Дэлхийн татах хүч эгц доош чиглэсэн учир X_0 болон Y_0 -ийн утга ойролцоогоор тэгтэй тэнцүү. Гэвч мэдрэгчийг



Зураг 17.
 OA : Энгийн үеийн татах хүчний хурдатгал.
 OB : Цооног дох татах хүчний хурдатгал.

төхөөрөмжид байрлуулан хазгай угсралтын улмаас хазайлтын алдаа гарч болзошгүй.

Зураг 17-д үзүүлснээр төхөөрөмж хэмжилтээ хийж байх үедээ татах хүчний хурдартгалыг $X_1 Y_1 Z_1$ гэж хэмжсэн бол

$$\overline{OB} = (X_1, Y_1, Z_1)$$

$$\overline{OA} = (X_0, Y_0, Z_0)$$

болно.

Эндээс OA, OB болон AB зайнуудыг хялбархан олж болно.

$$OA = \sqrt{X_0^2 + Y_0^2 + Z_0^2}$$

$$OB = \sqrt{X_1^2 + Y_1^2 + Z_1^2}$$

$$AB = \sqrt{(X_1 - X_0)^2 + (Y_1 - Y_0)^2 + (Z_1 - Z_0)^2}$$

Гурвалжин OAB-д косинусын теором бичиж тухайн эгшний хазайлтын ϕ өнцгийг дараах байдлаар олж болно.

$$\phi = \arccos \frac{OA^2 + OB^2 - AB^2}{2 * OA * OB}$$

Төхөөрөмж өөр дээрээ X_0, Y_0, Z_0 утгуудыг хадгалан ϕ өнцгийн утгыг тооцолно.

Температурын мэдрэгчийн бодит утга тооцоолох аргачлал.

$$X1 = (UT - AC6) * AC5 / 2^{15}$$

$$X2 = MC * 2^{11} / (X1 + MD)$$

$$B5 = X1 + X2$$

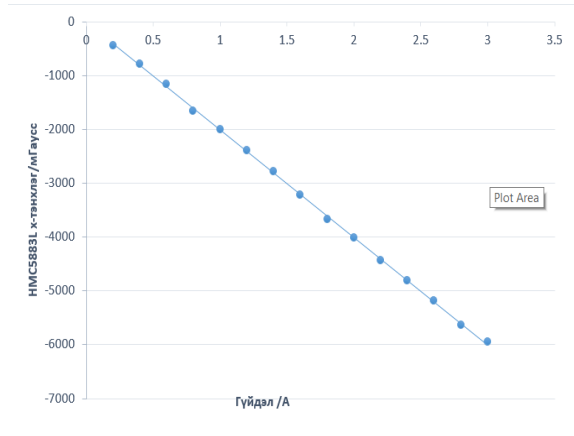
$$T = (B5 + 8) / 2^4$$

Энд: UT бол мэдрэгчээс авч байгаа утга бөгөөд бусад параметрууд нь температурын мэдрэгч интеграл схем дотор болж байгаа процессийн дам нөлөөг арилгах зорилготой.

V. ҮР ДҮН

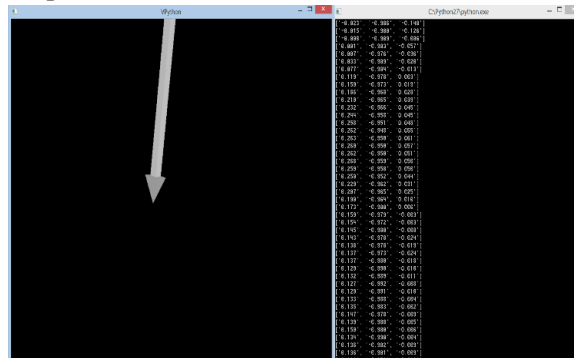
Хуваарийн үнийн тооцоо

Бид лабораторийн орчинд үүсгэсэн соронзон оронд багажаа туршин хэмжилтийн утгуудаараа дараах график болон хазайлтын зургийг гаргасан.

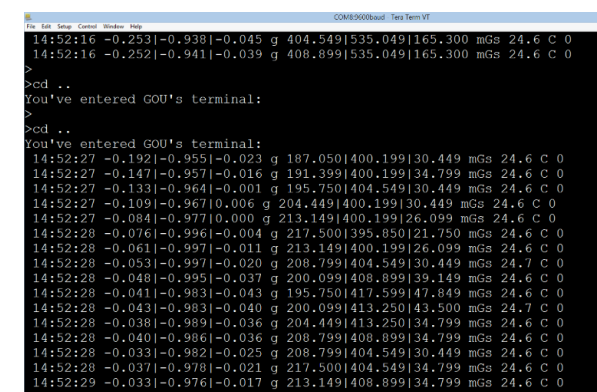


Зураг 18. Соронзон орны хэмжилтийн график

Туршилтаас харахад манай төхөөрөмж нь хазайлтыг бүрэн мэдэрч байна. Соронзон орон, температурын гэх мэт бусад мэдрэгчийн хэмжилтүүдийг термометр, магнетометр гэх мэт багажуудын хэмжилттэй харьцуулахад таарч байв.



Зураг 19. Хэмжилтийн утгуудаар хазайлтыг тодорхойлж байна.



Зураг 20. Компьютертэй Bluetooth-ээр холбогдон хэмжилтийн утгуудыг ишидэж байгаа нь terminal-аас харагдаж буй байдал

Бэлэн болсон байдал



Зураг 21. Гейгер-Мюллерийн хэсэг



Зураг 22. Үндсэн хэлхээ



Зураг 23. Бүрэн хэлхээг угсарсан байдал

VII. ДҮГНЭЛТ

Энэ ажлаар цооногийн налууугийн өнцөг, газрын гүн дэх соронзон орны хэмжээ, температур, байгалийн гамма цацрагийн хэмжээ зэрэг геофизикийн параметруудийг цооногийн гүнээс хамааруулан бүртгэх төхөөрөмжийн дизайныг гаргаж, техникийн нөхцөлийг судалж, лабораторийн нөхцөлд туршиж анхны загварыг угсарлаа. Мөн эдгээр геофизикийн параметр тус бүрийн хэмжилтийн утгыг нарийн хэмжилтийн багажтай тулгаж хуваарийн үнийг нарийвчлан гаргасан.

Цооногийн мэдээлэл цуглуулах төхөөрөмжийн үндсэн тэжээлийн хэсэг, өндөр хүчдэлийн хэсэг, гол хавтангийн хэсгийг задлах шаардлагагүй асааж, унтраах болон батарей солих хэсгийг тусад нь байхаар дизайныг гаргасан. Цуглуулсан мэдээллээ

компьютерт утасгүй холбоогоор (Bluetooth) дамжуулна. Компьютер дээр терминал горим ашиглан бидний зохиосон командуудыг ашиглан төхөөрөмж дотор байгаа санах ойг (SD card) бүрэн унших, бичих боломжтой.

Газрын гадаргад цооногийн амсар дээр цагтай (RTC) гүний хэмжээг бүртгэдэг төхөөрөмжийг хийж өгсөн ба цооногийн төхөөрөмж дотор мөн адил геофизикийн өгөгдлүүдийг хугацаанаас хамааруулан хамт бүртгэнэ. Эцэст нь эдгээр өгөгдлүүдийг хугацаагаар нь эрэмбэлэн геофизикийн параметруудийг гүнээс хамааруулан тодорхойлно. Энэ нь системийг синхрон ажиллагаатай болгож байгаа нь бас нэг шинэлэг зүйл болж байна.

Төхөөрөмжийг шинжлэх ухааны судалгаа, геофизикийн хайгуул, орчны шинжилгээ зэрэг бодит хэрэглээнд хэрэглэх бүрэн боломжтой, техникийн шаардлагыг хангаж байна.

[0] Геофизикийн аргын үндэс П.Дугараа 2007он

[1] МОНГОЛ УЛСЫН 2015 ОНЫ ТӨСВИЙН ТАЛААР, 2014 он сар, Сангын яам

[2] Harald Bolt, Wireline Depth Determination, Rev 3.3, Apr 2012, available via Society of Professional

[3] [Society of Professional Well Log Analysts](#) (1975). *Glossary of terms & expressions used in well logging*. Houston, Texas: SPWLA. p. 74

[4] <http://askubuntu.com/questions/38162>

[5] Darling, Toby (2005). [Well Logging and Formation Evaluation](#). Oxford, UK: Elsevier. p. 5 p. ISBN 0-7506-7883-6.