

GUIA DE MUNTATGE DE SONDA TEMPERATURA PROFUNDITAT

Projecte de Ciència Ciutadana SECOSTA
Centre Oceanogràfic de Balears - Universitat de les Illes Balears
secosta.wordpress.com

2022 V01.1

TAULA

IDEA DE PARTIDA.....	3
QUÈ CAL.....	4
ORDINADOR / SOFTWARE.....	4
ELEMENTS / HARDWARE.....	4
PREPARACIÓ ELEMENTS.....	6
Placa ARDUINO.....	6
Comprovar el lector i la tarja de memòria	6
Preparar el datalogger	6
Conversor de nivells lògics.	8
Preparació dels sensors.....	9
Interruptor i LED.....	10
CONNEXIONS.....	11
MUNTATGE DEL TUB DE PVC	14
FUNCIONAMENT	17

REVISIONS

V1 280322 primera versió completa

V1.1 080422 corregeix error en les llibreries necessàries

Aquest material és part del projecte de divulgació científica DECIMATE (FCT-20-16093, finançat per la FECYT) i el projecte de I+D+i VENOM (PGC2018-099285-B-C21/C22 finançat pel MCIN/ AEI/10.13039/501100011033/ i “FEDER Una manera de fer Europa”

Aquest document es pot redistribuir i adaptar per a finalitats no comercials d'acord amb els creative commons:

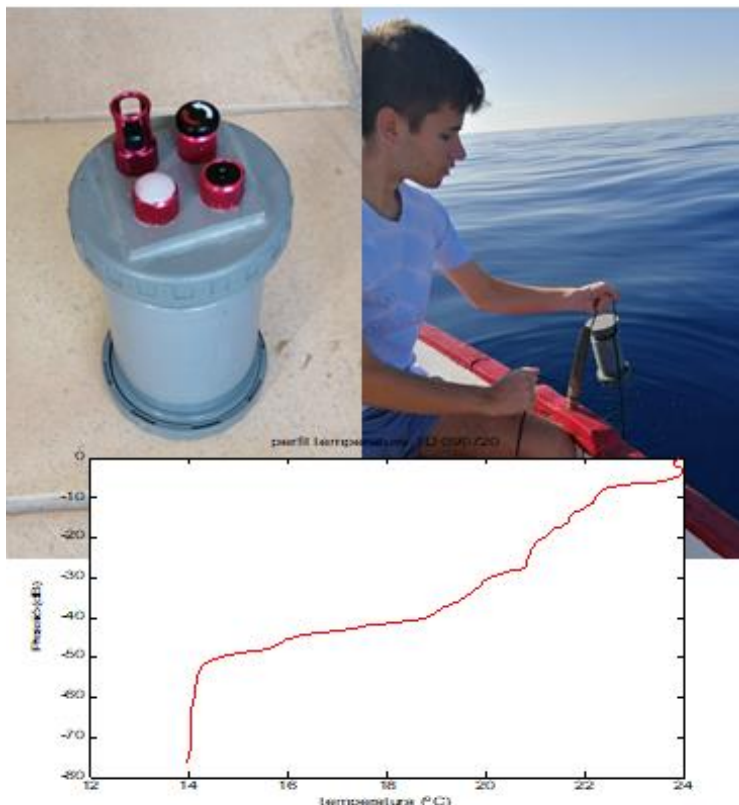
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.ca>

IDEA DE PARTIDA

La temperatura de l'aigua de mar, i com canvia a diferents profunditats, és un dels paràmetres de més interès que podem mesurar. La temperatura de l'aigua a la Mediterrània occidental és d'uns 13°C, però a l'estiu el sol escalfa a uns 25°C la superfície fins a uns 50m-100m de profunditat, i també pot baixar fins als 10°C en els hiverns més freds. Aquestes oscil·lacions tèrmiques tenen una gran importància. A més no són iguals a tot arreu, de manera que les variacions de temperatura poden ser molt locals. És per això que és interessant tenir-ne observacions en diferents indrets. Per saber a quina profunditat estem fent la mesura el més habitual és mesurar la pressió, que augmenta en un dB a cada metre que ens enfonsem.

En aquest equipament proposem la construcció d'una sonda submergible fins a uns 100m per a la mesura de la temperatura i la profunditat mitjançant l'ús d'una tarja 'datalogger' acoblada a un Arduino, per enregistrar les mesures d'un sensor de pressió i de temperatura en una memòria uSD. L'equip s'alimenta amb una pila de 9V, i no cal dir que el repte principal és aconseguir fer-lo ben estanc perquè l'aigua no hi entri.

Les sondes de temperatura complementades amb la mesura de la salinitat de l'aigua es coneixen en oceanografia com a sondes CTD, i de les seves mesures n'hem tret gairebé tot el coneixement que tenim de les masses d'aigua i de la circulació oceànica.



Sonda TD a punt de mesurar i perfil de temperatura obtingut amb una sonda TD a l'Estartit. S'hi veu clarament com la temperatura en superfície és molt més alta que a partir dels 50m de profunditat.

QUÈ CAL

ORDINADOR / SOFTWARE

-PC o portàtil amb el compilador ARDUINO IDE en una versió actualitzada (en les proves s'ha utilitzat la versió 1.8.13). El podem descarregar de la web

<https://www.arduino.cc/en/Main/Software>

-Software per formatejar targetes uSD (en les proves s'ha utilitzat SDformatterV4.0),

<https://www.sdcard.org/downloads/formatter/>

-Excel, Matlab, Python o similar per tractar les dades

-llibries Arduino: les estàndard, i a més:

-RTCLib.h (es pot descarregar de <https://github.com/adafruit/RTCLib>)

-llibreria pel sensor de pressió ms5837.h, es pot descarregar de:

https://github.com/bluerobotics/BlueRobotics_MS5837_Library

-llibreria pel sensor de temperatura TSYS01.h modificada per SECOSTA, la podeu trobar a secosta.worpress.com->material i documentació -> manuals -> llibreries.

La del fabricant es pot descarregar de:

https://github.com/bluerobotics/BlueRobotics_TSYS01_Library

però si la volem emprar caldrà modificar el codi, s'explica a la secció

CONNEXIONS I COMPILACIO DEL CODI

-programes Arduino: EQUIP_SONDA TD SECOSTA V1.INO

COMPROVA DATALOGGER.INO

ELEMENTS / HARDWARE



1	arduino genuino uno
2	datalogger adafruit 1141+sòcols
3	uSD 8-16Gb
4	sensor de pressio Bluerobotics BAR30
5	Sensor de temperatura Bluerobotics Celsius
6	Led submergible Bluerobotics SubSea led
7	Interruptor submergible Bluerobotics Switch
8	Conversor 5->3.3V sparkfun 12009
9	Pins 0.1" mascle
10	Cables connexió MF, FF
11	Manguito Diam 75
12	Tap registre diam 75

l·listat d'elements per muntatge d'un sistema de mesura de perfil de temperatura.

Pàgines de referència per als principals elements

Arduino

<https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoUno>

datalogger shield:

<https://learn.adafruit.com/adafruit-data-logger-shield>

Sensor de pressió

<https://bluerobotics.com/store/sensors-sonars-cameras/sensors/bar30-sensor-r1/>

Sensor de temperatura

<https://bluerobotics.com/store/sensors-sonars-cameras/sensors/celsius-sensor-r1/>

conversor de nivells 3.3V->5V

<https://learn.sparkfun.com/tutorials/bi-directional-logic-level-converter-hookup-guide>

interruptor

<https://bluerobotics.com/learn/switch-installation/>

LED

<https://www.robotshop.com/media/files/pdf/subsea-led-indicator-red-datasheet.pdf>

PREPARACIÓ ELEMENTS

Placa ARDUINO

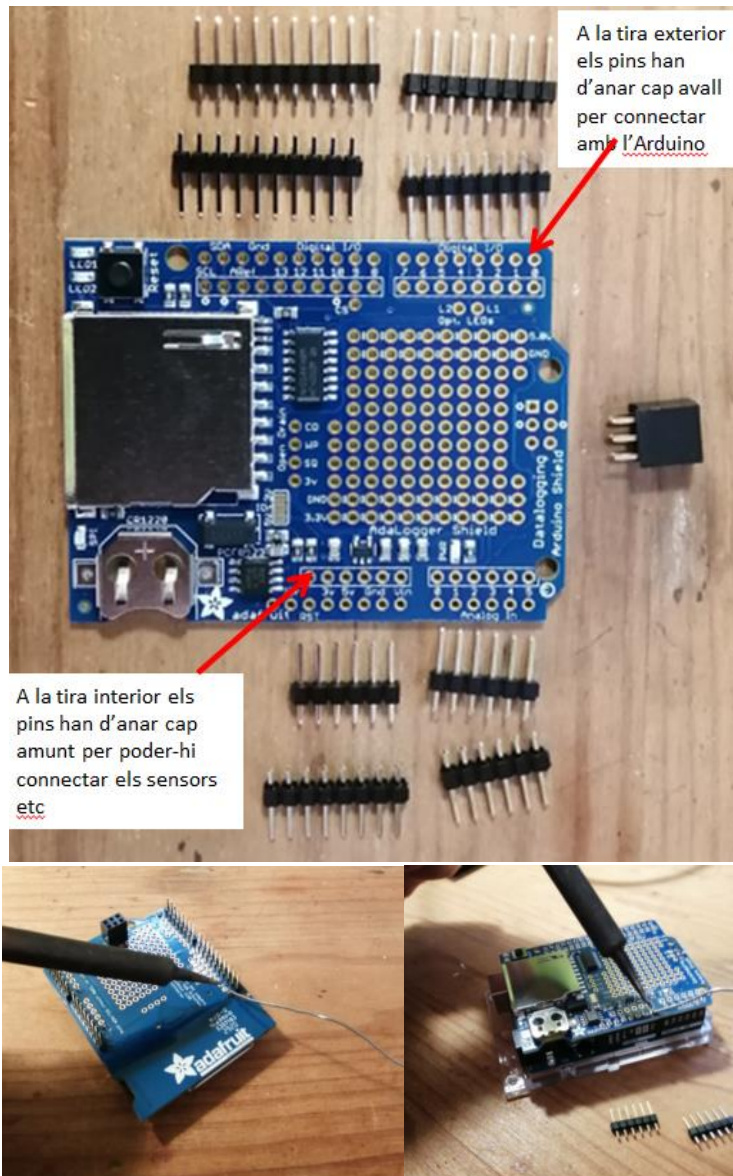
- engegum el compilador ARDUINO IDE. Connectem el cable USB 2.0 a-b al PC i a l'Arduino.
- a 'herramientas' seleccionem la placa ARDUINO UNO i el port que aparegui.
- a 'archivo' → ejemplos → basics triem 'Blink'. El compilem i carreguem a la placa. El led taronja de l'Arduino s'ha d'engegar i parar a ritme de 1 segon.

Comprovar el lector i la tarja de memòria

- posem la tarja uSD al lector de targetes i connectem el lector a un port USB de l'ordinador. Comprovem amb l'explorador d'arxius que es detecta.
- engegum el programa SD Formatter i formategem la tarja (va donant instruccions a pantalla).
- comprovem les característiques de la tarja (FAT32, 8 o 16GB...)

Preparar el datalogger

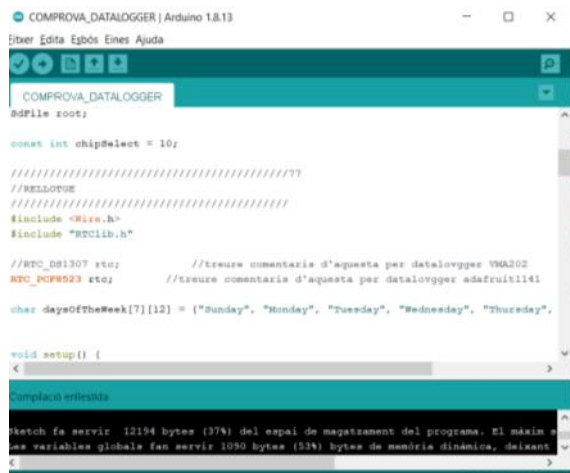
Primer que res hem de soldar els pins de connexió a la placa datalogger Adafruit 1141. Haurem de preparar els pins, tallant els trossos corresponents de la tira sencera. Posarem les tires de pins per connectar amb l'arduino a la banda de fora, i les altres tires de pins per connectar amb els cables a la banda de dintre.



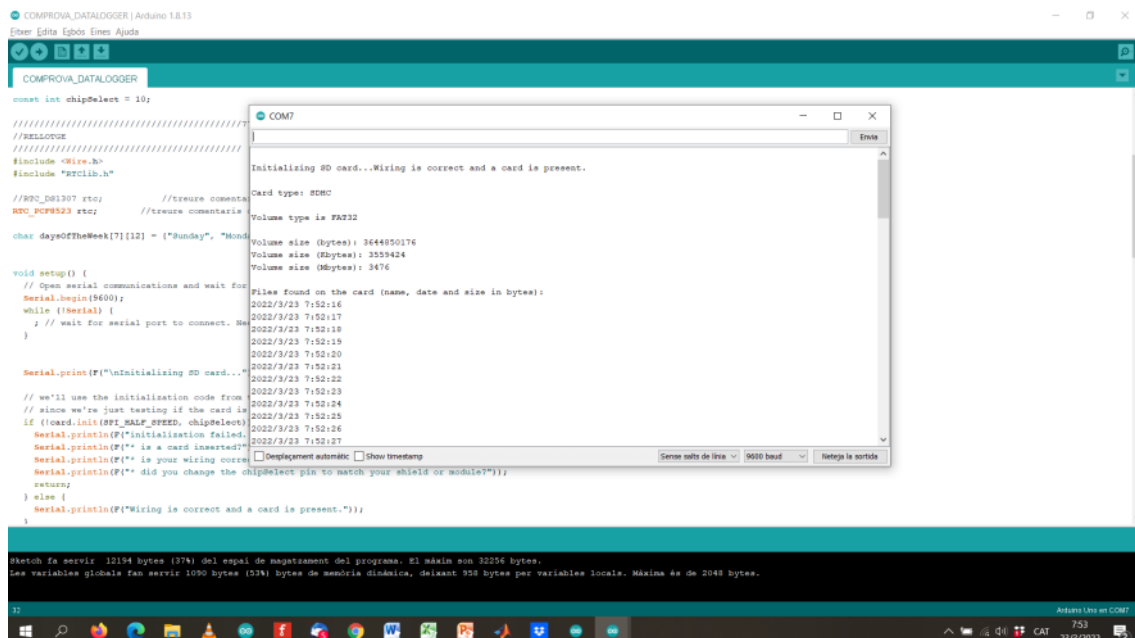
Datalogger shield amb els pins a punt per soldar, soldant els pins de connexió amb l'Arduino, i els pins per connectar els cables dels sensors etc. Naturalment es poden fer les connexions amb altres tipus de pins. En particular, es pot posar una tira de pins llargs a la tira exterior, fent per manera que el mateix pin llarg serveixi per connectar a l'Arduino i alhora als sensors. També es podrien soldar els cables directament a la tira interior.

En tenir la placa datalogger soldada.

Quan tinguem la placa datalogger a punt posem la pila CR1220 i la tarja de memòria uSD al datalogger, i haurem de preparar el codi 'COMPROVA_DATALOGGER.ino' per al rellotge de la nostra placa posant o treient els comentaris que toqui a la inicialització.



Muntem la placa datalogger sobre l'arduino, connectem el cable USB 2.0 a/b i carreguem el programa COMPROVA DATALOGGER.INO per comprovar el rellotge i la tarja Hem d'obrir el monitor sèrie (a 9600b) per veure els resultats



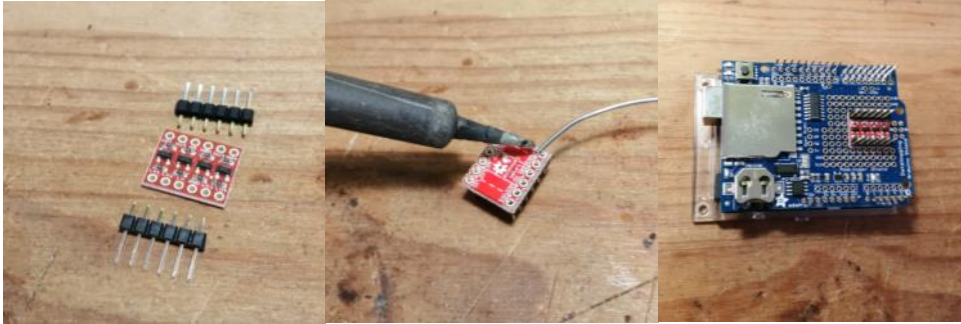
Resultat en pantalla de comprovar el datalogger. Mostra les característiques de la tarja SD, el seu contingut i després va escrivint la data i l'hora segons que la llegeix al rellotge de la placa.

Conversor de nivells lògics.

El processador Arduino Uno treballa amb nivells lògics a 5V, mentre que els sensors que hi volem connectar ho fan a 3.3V. Per això ens cal un conversor de nivells lògics. En aquest muntatge proposem el sparkfun 12009, però podria ser algun altre.



Aquest convertidor de nivells té 4 nivells d'entrada alts (5V; H) i 4 de baixos (3.3V; L), i també els pins HV, LV i GND per als voltatges de referència. Per preparar-lo basta soldar-hi els pins i posar-lo a la placa del datalogger



Preparació del convertidor de nivells Sparkfun 12009. Cal tallar els pins del a tira i soldar-los de manera que quedin les punxes cap amunt. Per muntar-la sobre el datalogger hem posat una punta de soldadura, però també es podria fer amb velcro o similar.

Preparació dels sensors

Els sensors de temperatura i de pressió són pràcticament iguals. Estan muntats sobre un premsaestopes metàl·lit amb una rosca M10 per travessar la paret del compartiment estanc on va l'electrònica, i una junta tòrica per impermeabilitzar-los.



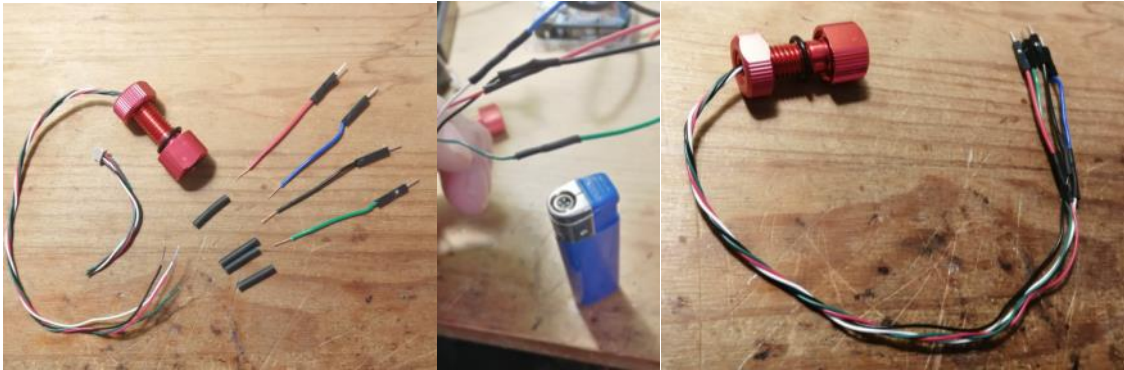
Sensor de pressió. Es es veu la rosca amb que ha de travessar el tap del termògraf, i la junta tòrica que ens assegurarà l'estanqueïtat

Aquests sensors es comuniquen amb l'Arduino amb el protocol I2C, i les seves connexions són:

Verd → SCL
Blanc → SDA
Vermell → Vcc (3.3V)
negre → GND

De fàbrica ens arriben amb un connector DF13 de 4pin que en el nostre muntatge proposem substituir per pins tipus Dupont que ens facilitaran la connexió a l'Arduino. Per fer-ho tallem

els cables, preparem els pins mascles, i soldem els cables protegint la soldadura amb tub termorretràctil



Canvi de connectors: Sensor de pressió amb els cables preparats (pelats, amb una mica d'estany i el tub termorretràctil a punt) per fer el canvi de connectors; escalfant el termorretràctil per protegir la soldadura, i sensor amb els connectors nous.

Interrupctor i LED

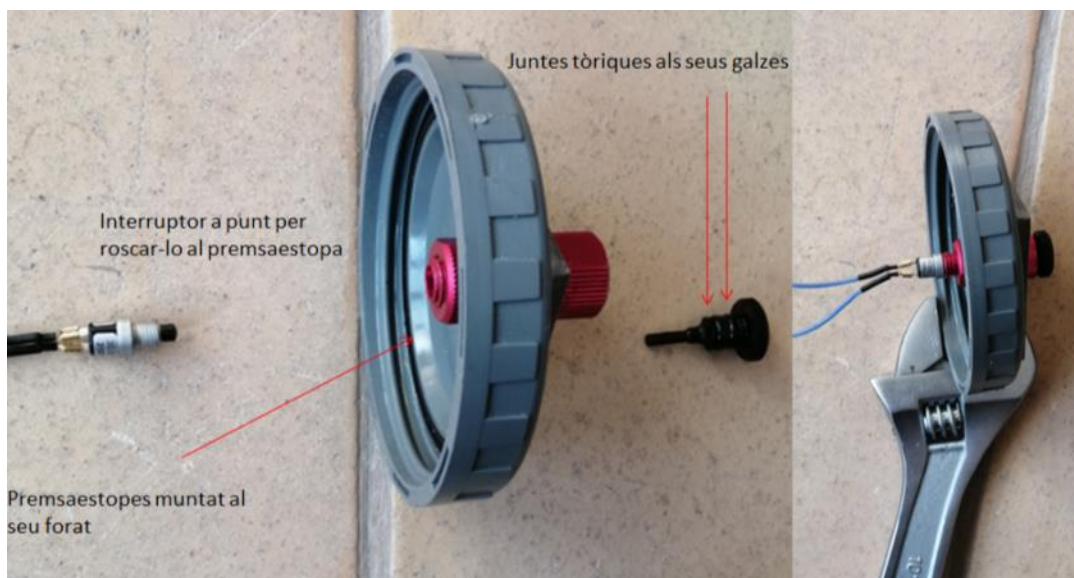
Podem trobar una bona guia de com muntar l'interruptor a:

<https://bluerobotics.com/learn/switch-installation/>

Bàsicament són 4 passos:

- posar les juntes tòriques als encaixos del cos de l'interruptor (de plàstic negre)
- roscar l'interruptor metàl·lic al premsaestopes
- roscar el cos de l'interruptor (plàstic negre) al premsaestopes. En arribar al final, fer mitja volta enrere
- connectar els cables.

Podem comprovar que funciona amb un tester, mesurant continuïtat als pins

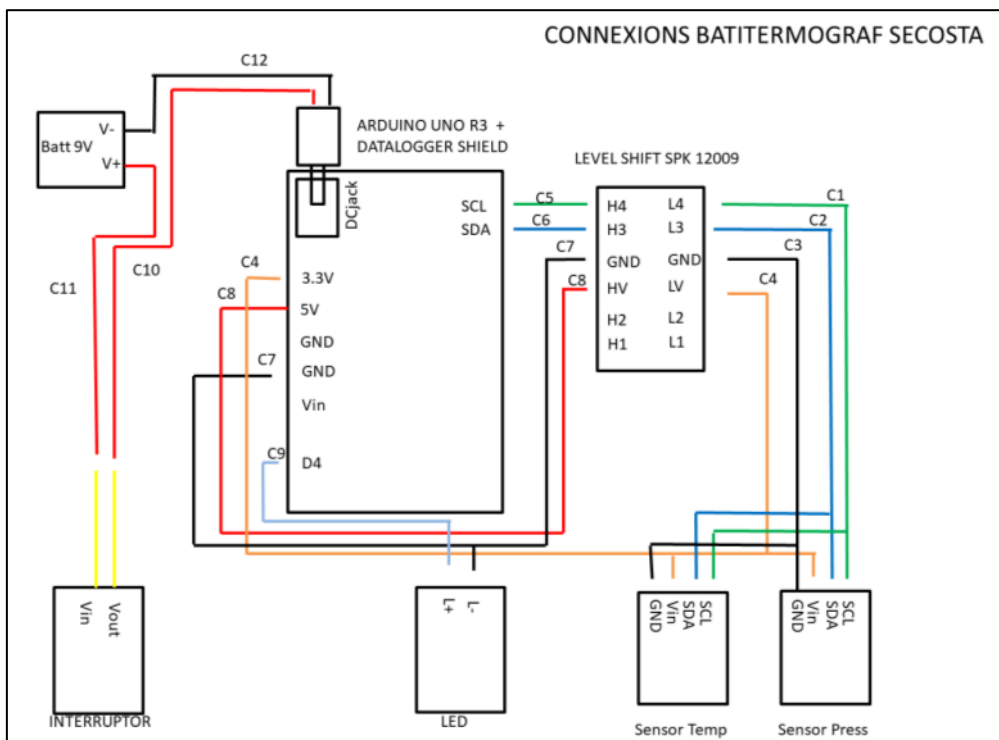


Muntatge de l'interruptor. Per les primeres proves es pot fer fora del tap de PVC.

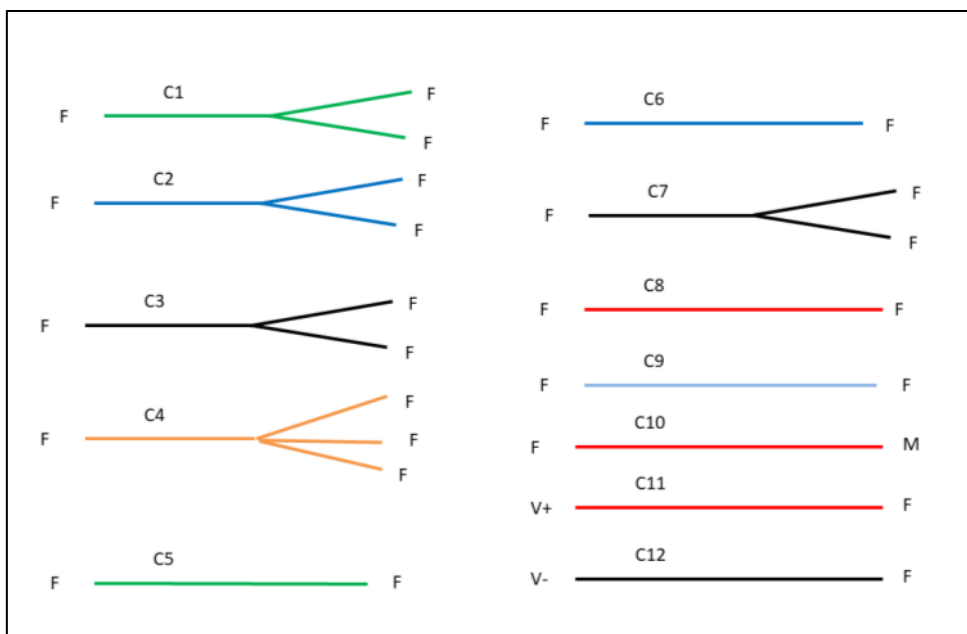
Per preparar el LED no cal fer res, ja ens arriba a punt. Si el volem provar podem posar el pin del cable negre a GND i l'altre a la sortida 5V de l'Arduino.

CONNEXIONS I COMPILACIO DEL CODI

En aquest equip hi ha un bon nombre de cables, però les connexions no són molt complicades. Això sí, caldrà preparar alguns cables en 'Y' per poder les fer.

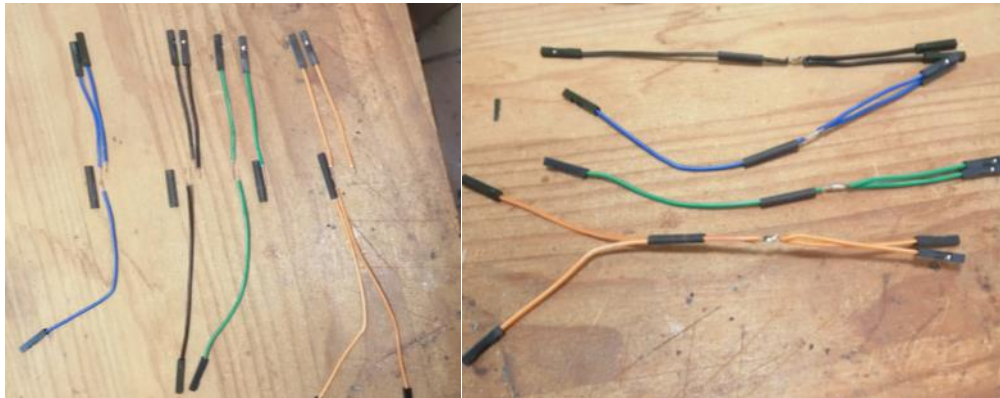


Connexions per l'equip batitermògraf. També podem alimentar l'Arduino connectant els cables C11 i C12 als pins Vin i GND directament (p.ex si volguessim estalviar espai dins el pot)



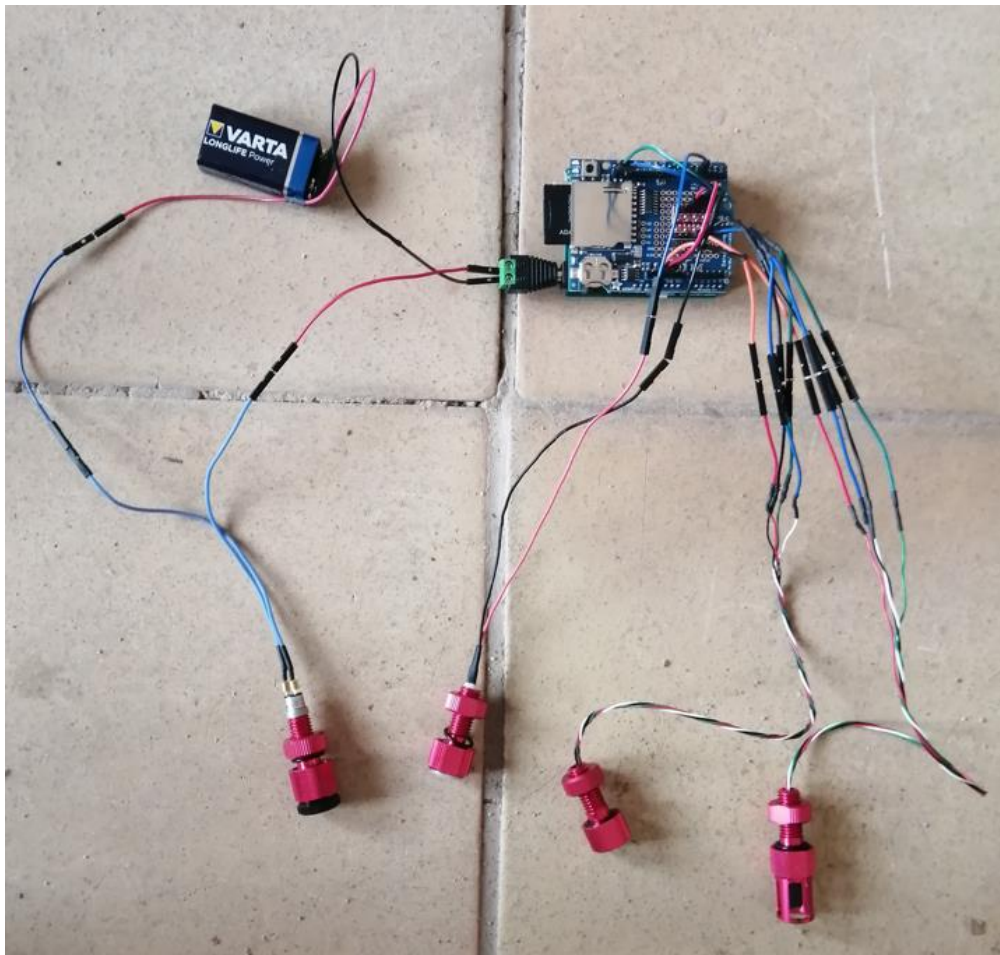
Cables que cal preparar per a fer les connexions. Cal tenir en compte les terminacions Mascle o Femella. El cable C10 es pot fer connectant un cable MM amb un FF. Els cables C11 i C12 s'han de soldar als cables del porta bateries.

Per preparar els cables en 'Y' tallarem els trossos de cable que ens convinguin, prepararem tub termoretràctil per protegir les soldadures i farem les soldadures.



Cables preparats per soldar, i ja soldats amb el tub termoretràctil a punt de protegir la soldadura.

Amb els cables soldats, ja podem fer les connexions per provar l'electrònica abans de posar-la al tub.



Connexions de l'equip Batitermògraf per proves. En aquesta imatge l'Arduino està alimentat als pins GND i Vin.

Ara podem connectar l'arduino al port USB de l'ordinador, engegar l'aplicació ARDUINO IDE, seleccionar la placa 'Arduino UNO' i el port on el tinguem connectat, i carregar el codi 'EQUIP SONDA TD V1.INO'. Aquest codi utilitza la llibreria del sensor de temperatura TSYS01

modificada per per SECOSTA, que possibilita que l'arduino pugui detectar si el sensor TSYS01 es connecta bé o no.

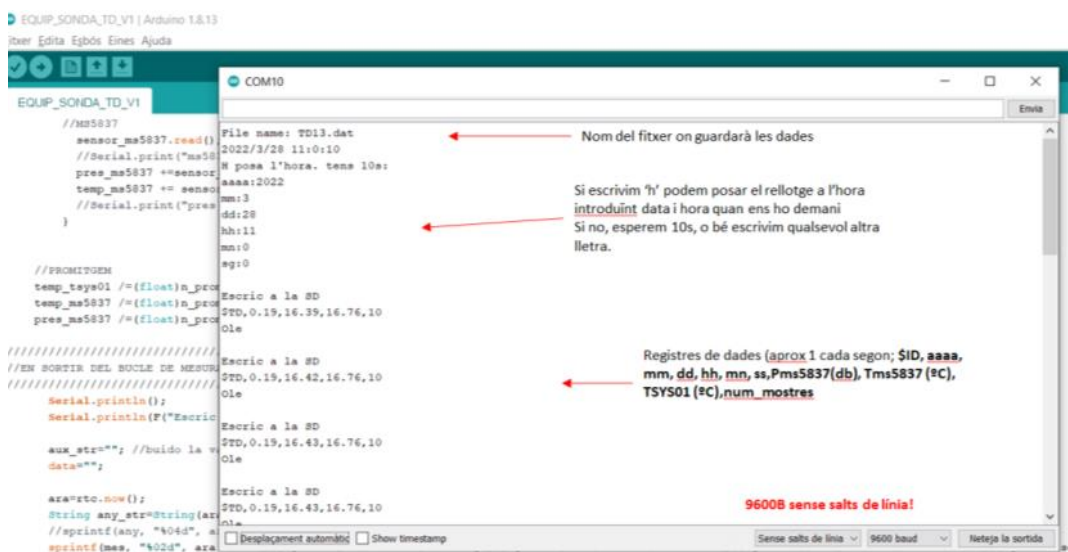
Si volem emprar la llibreria del fabricant sense modificacions haurem de treure la condició en la inicialització del sensor (línia 120 del codi)

```

////////////////////////////////////
//TSYS01
//if(!sensor_tsys01.init()) tot_ok=false; //així per la llibreria del sensor TSYS01 modificada per SECOSTA
//sensor_tsys01.init(); //així per la llibreria del fabricant.
//no s'ha de canviar

```

Si després de compilar-lo i carregar-lo obrim el monitor sèrie (9600baud, sense salts de línia!) veurem que l'aparell demana si volem posar el rellotge a l'hora. Si no diem res, al cap de 10s comença a mesurar.



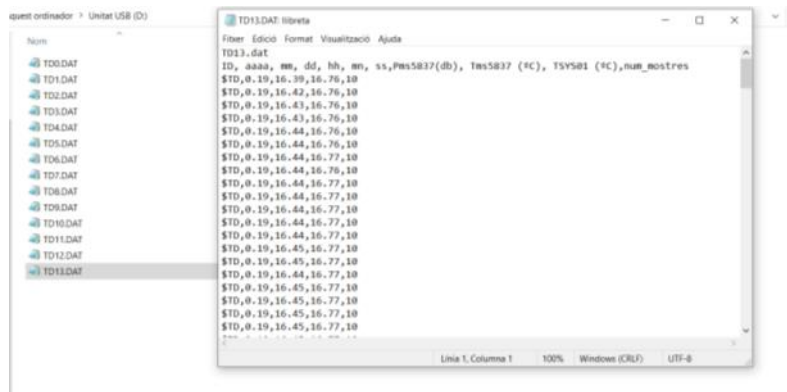
Pantalla del monitor sèrie quan engega el termògraf. Als registres de dades hi ha dues temperatures. La primera és del sensor de pressió (regular) i la segona del sensor TSYS01 de bluerobotics. Aquesta és la bona.

Un cop comprovat el funcionament amb el monitor sèrie podem desconnectar l'aparell de l'ordinador i comprovar que funciona igualment de forma autònoma. Per engegar-lo simplement connectarem l'interruptor. S'haurien d'encendre leds a l'Arduino, a la placa del datalogger, i el LED extern que hem conetat a D4 hauria de fer una seqüència de 4 parpellejos en començar i després una parpelleig cada vegada que escriu una mesura a la targeta uSD, aproximandament una vegada cada segon. Si el LED queda en una intermitència ràpida és que les comprovacions que va en engegar no han anat bé, i haurem de repassar les connexions.

Esperem uns minuts, i en acabat apaguem l'aparell desconnectant l'interruptor, treiem la tarja SD del datalogger, la posem al lector de targetes uSD i el connectem a l'ordinador. Se'ns hauria d'obrir una finestra amb el contingut de la tarja, i podem copiar els fitxers a la carpeta de seguretat que vulguem. El contingut dels fitxers ha de tenir un aspecte com el de la imatge. Dins cada fitxer les dades estan organitzades en registres consecutius, cadascun d'ells amb la informació:

\$TD, aa, mm, dd, hh, mn, ss,pressio, temperatura2, temperatura,num_mostres

Els valors són el promig de les mesures fetes durant un segon, i num_mostres el numero de mostres emprades en el promig. La pressió en dB ens indica la profunditat en m de la mesura i la temperatura TSYS01 és la que utilitzarem.



Contingut de la tarja de memòria

MUNTATGE DEL TUB DE PVC



Peces del tub estanc de PVC: 2 taps de registre D75 amb la seva rosca, un manguito D75, i un tros d'uns 3cm de tub D75

Posarem cola de PVC a un tap de registre, mirant que quedi ben repartida (Hem d'anar alerta que la cola no se'ns posi a la rosca!), i el posarem dins el canaló. La idea és que la cola ha d'enganxar els trossos de tub, però també ha d'impermeabilitzar la unió. Esperarem que s'assequi.

Després ficarem el tros de tub D75 (que impedirà als taps de registre d'entrar completament dins el canaló), i encolarem i posarem l'altre tap de registre.



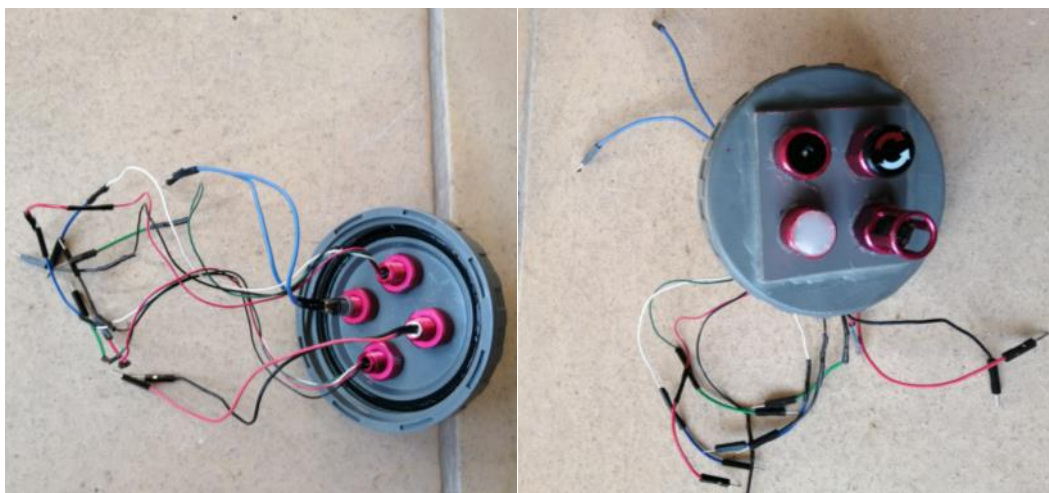
Tub muntat (sense taps)

En tenir el tub muntat prepararem un dels dos taps per posar-hi els sensors, el LED i l'interruptor. Per començar treurem la junta tòrica i fregarem amb paper de vidre el sobre del tap, fins que quedi llis. Després encolarem un tros de planxa de PVC 3mm de 6x6cm. Sense aquesta planxa els sensors no quedarien ben aferrats, ja que la rosca està preparada per un gruix més gran que el del tap sol. Quan la cola estigui ben seca, farem el forats amb una broca de fusta o de corona de 10mm. Aquest forat l'hem de fer preveient que a la cara interna del tap, la femella del premsaestopes ha de tenir espai, per això marcarem el punt des de l'interior de la tapa. També és important que el forat ens quedi molt net, amb les vores ben tallades.



Preparació del tap dels sensors. Falta fer encara els forats per l'interruptor i el LED

Un cop fet això, netejarem bé les juntes tòriques dels premsaestopes, hi posarem greix de silicona i els muntarem a la tapa. Cal apretar bé la femella, però sense passar-se. És important que tot estigui ben net, hem de pensar que a una profunditat de 100m la pressió és molt elevada i només que hi hagués un cabell podria entrar aigua a l'interior del tub.



Tap de sensors a punt, amb tots els premsaestopes muntats, i amb la junta tòrica neta i engreixada amb greix de silicona.

Un cop fet això, ja podem connectar els cables dels sensors, el led i l'interruptor, introduir amb cura tota l'electrònica al tub i posar l'altre tap (ha de tenir la junta tòrica ben neta i amb greix de silicona). Si volem podem comprovar ara que l'equip funciona i que enregistra correctament les dades. També podem acomodar l'electrònica en una bosseta de plàstic que podria protegir-la de cops i potser també de l'aigua si és que n'arribava a entrar alguna gota.



Equip batitermògraf amb l'electrònica connectada i muntat dins el tub de PVC.

FUNCIONAMENT

Abans que res ens assegurarem que hem posat el rellotge a l'hora i que la placa Datalogger té la pila CR1220 per mantenir-la.

Un cop tindrem l'equip muntat, l'únic que ens caldrà és una cordeta i un pes per poder-lo enfonsar al lloc on volguem fer la mesura. Nosaltres hem posat un tros de cadena de 3kg i una cordeta de 6mm. La corda ha de ser prou gruixuda com per agafar-la bé amb les mans, entre 5mm i 10mm està bé. Pot ser útil posar-hi marques (p.ex amb cinta aïllant) cada 5m o 10m per tenir un control sobre la profunditat de l'aparell.

Associarem l'instrument amb brides de plàstic (gruixudes!) a la corda, aproximadament a 1m del pes, i ja tindrem l'aparell a punt. El millor és que els sensors estiguin mirant cap avall quan l'equip es vagi enfonsant, així mesura la temperatura d'una aigua que encara no ha estat remenada.

És important portar un mòbil amb GPS o similar per anotar les coordenades i l'hora en que fem les mesures. Quan ho tinguem tot a punt engegarem l'interruptor i comprovarem que el LED s'encén (4 parpellejos ràpids a l'inici, després un 'silenci' de 10s, i finalment un parpelleig cada segon aprox)



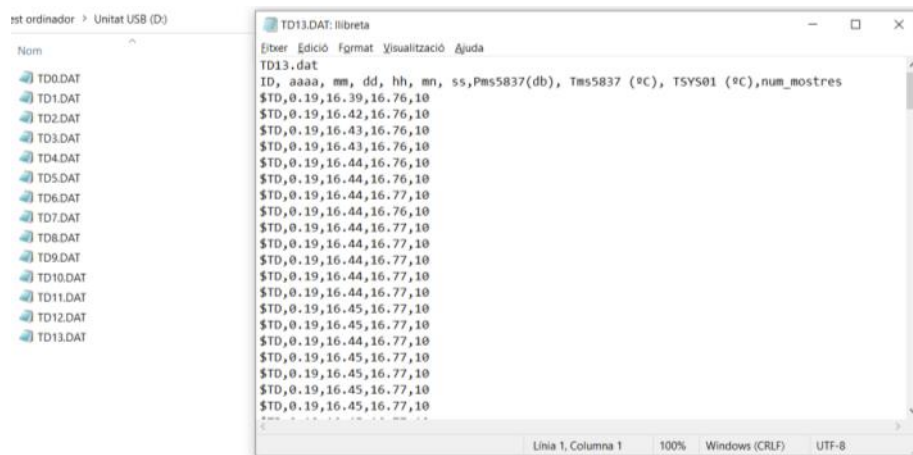
Preparació de la mesura: lligar el pes, enbridar l'instrument i posar-lo a l'aigua per anar mesurant en la baixada.

Un cop engegat l'interruptor, el primer que farem és deixar l'equip a 0.5m de profunditat durant 1mn. aprox perquè els sensors es vagin temperant.

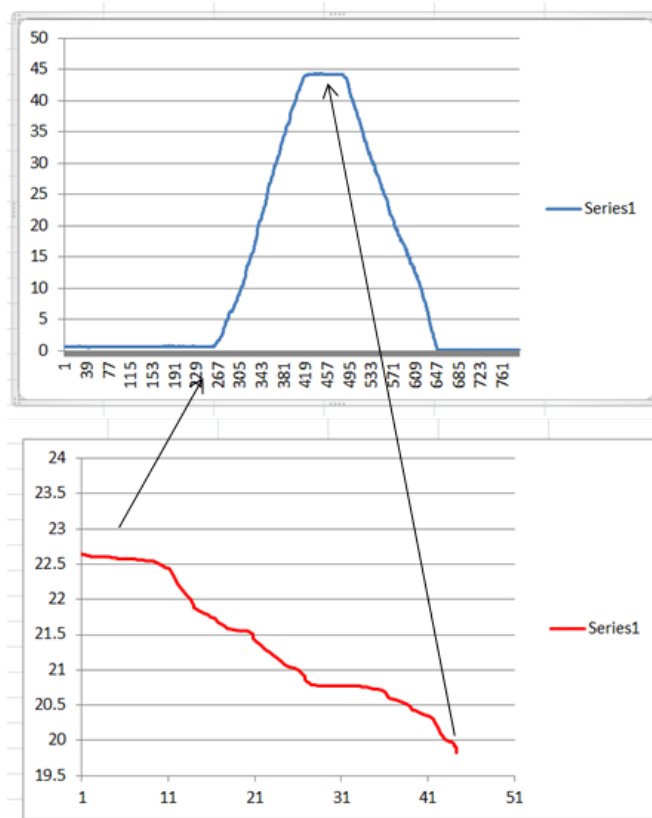
Després ja podem començar a donar-li corda perquè s'enfonsi a una velocitat aproximada de 0.5m/s (hem de tenir en compte que l'aparell fa una mesura cada segon, i que si volem tenir un perfil detallat no es pot enfonsar massa ràpid).

Quan el ferro toqui fons o quan creguem que hem arribat a la profunditat que volíem, recollirem el cap, l'aparell i el mort. Quan ho tinguem tot a la barca podem apagar l'aparell.

Una vegada haguem fet les mesures que volíem, i ja en un lloc sec, podem obrir l'aparell per la tapa que no duu sensors, i veure les dades enregistrades llegint les dades de la tarja uSD amb el lector de targetes. Abans d'obrir-lo l'assecarem bé amb un drap fi o paper de cuina, amb especial atenció a les vores dels taps, per evitar que cap gota d'aigua pugui anar a l'electrònica. Podem fer una gràfica de les dades en excel o similar.



Aspecte del fitxer de dades a la memòria SD



Representant la pressió veiem com l'aparell s'ha enfonsat (guanya pressió, en aquest cas fins a 45m) i després ha tornat a superfície.

Sel·leccionem les dades del perfil de baixada, que són les que ens interessin (en aquest cas entre 230 i 460 aprox). Si grafiquem temperatura contra pressió, veurem com (en aquest cas) la temperatura disminueix amb la profunditat