

Měřič kvality oblohy (amatérské SQM)

<http://sqm.AstroMiK.org>



Nová, prodloužená verze s vestavěnou GPS.

SW:	STM32	2023-10-22
	ATmega328	2023-08-23
PCB:	základní deska	SQM-BAS-5
	deska vnitřního GPS	SQM-GPS-5
	deska displeje	SQM-DIS-3
3D tisk:	krabička	SQM-BOX-72
	podstavec	SQM-POD-72

22.10.2023

OBSAH

Úvod.....	3
Základní zobrazení a ovládání	6
Menu	8
Menu - LIST	9
Menu - Auto	11
Menu - Časová zóna	12
Menu - Kalibrace	13
Menu - Datum	14
Menu - Čas	15
Menu - Teplota	16
Menu - Vlhkost.....	17
Menu - Jas	18
Menu - Hodiny - Minuty	19
Menu - Průměrování.....	20
Menu - LED.....	21
Menu - Stopky	22
Menu - GPS.....	23
Menu - Stanoviště.....	24
Menu - Úhel	25
Menu – Slunce / Měsíc.....	29
Menu – Alarm (odpočet).....	30
Menu – Kompas	31
Menu – Ra / Dec.....	32
Menu – Volty.....	33
Organizace vnitřní EEPROM.....	34
Popis uložených záznamů v EEPROM	38
Popis komunikace přes USB.....	45
Popis komunikace přes linku RS485.....	81
Přídavné moduly náklonu	85
Modul náklonoměru s kompasem LSM303DLHC	86
Systemový log	90
Vnitřní hodiny (RTC).....	91

Komunikace s "Unihedron Device Manager"	92
Přídavná GPS deska	94
Kalibrace jasu a teploty	96
Chybová a varovná hlášení na displeji.....	98
Popis elektroniky.....	100
Základní popis programu a jeho nastavení.....	102
Nahrání programu a jeho případná aktualizace	106
Doporučený postup výroby a testování.....	111
Výroba desky SQM-BAS	111
Výroba desky SQM-DIS	114
Výroba desky SQM-GPS (pokud bude použita)	116
Základní testy: samostatná deska SQM-BAS.....	124
Základní testy: propojené desky	128
Mechanika	143
Když něco nebude fungovat:	146
Popis základních verzí SQM	149
Změny v návodu	152

Úvod

Levnější a více vybavená náhrada za SQM od Unihedronu.

Základem je procesorová deska BluePill
s procesorem STM32F103CB (128kB).

Pro měření světla je použitý modul s čidlem TSL2591.

5-místný sedmisegmentový displej je řízený pomocí ovladače TM1637.

V předchozích verzích (do 5/2023) bylo možné připojit externí GPS. Ukázalo se, že přídatná krabička je v terénu nešikovná, a proto byla GPS nově zabudovaná dovnitř. Kvůli tomu bylo ale nutné o 2 cm prodloužit krabičku.

Seznam funkcí:

- Záznam naměřených hodnot do vnitřní EEPROM (128k x 8b). Podle počtu volitelných měřených dat je do ní možné zaznamenat asi 3500 až 16000 záznamů (pak se začne vnitřní EEPROM přepisovat od začátku).
- Záznam je možné provádět i na mikro SD kartu v textovém formátu (*.csv). Každou noc do jednoho souboru.
- Volitelně je možné zaznamenávat i teplotu, vlhkost a tlak (modul BME280), nebo jen teplotu a tlak (čidlo DHT11 / DHT22).
- Data je možné stáhnout přes USB nebo dálkovou komunikací RS485 (pokud není použita vnitřní GPS).
- Využívají se vnitřní hodiny reálného času přímo v procesoru STM32F103CB.
- Při použití rozšiřující desky GPS se mohou zaznamenávat i zeměpisné souřadnice a nadmořská výška.
- Rozšiřující GPS deska průběžně seřizuje vnitřní hodiny podle signálu GPS (pokud je čas v signálu dostupný).

- Spuštění měření se provádí buď jedním ze 3 tlačítek, přes USB, přes dálkovou komunikaci RS485, nebo se může měření spouštět automaticky po zadaném počtu minut.

- Napájení je v podstatě libovolné mezi 5V až 30V. Typicky se počítá s 9V baterií, nebo s napájením přes USB. Na desce jsou připraveny i kontakty pro napájení přes souosý napájecí DC konektor (JACK). Odběr při 9V, zhasnutém displeji a bez GPS je 23mA. Při zhasnutém displeji a se zapnutým GPS modulem je odběr 56mA. SQM s plně rozsvíceným displejem bez GPS odebírá 48mA. Při 24V je odběr zhruba poloviční. Při 5V zhruba dvojnásobný. V příloze je tabulka odběrů při různých napájecích napětích. Pro dálkovou komunikaci RS485 jsou na desce připraveny svorky pro napájení 24V po komunikačním kabelu.

- Přímo v terénu je možné listovat ve starších záznamech (až 99 záznamů zpátky).

- V terénu je také možné přes menu měnit nastavení datumu, času a časové zóny (SEČ/SELČ).

- Přes menu se dá nastavit počet vzorků světla k průměrování (1 až 20).

- Také je možné zvolit automatické spouštění měření (v rozsahu každou minutu až každých 255 minut).

- Kalibrace měření světla se provádí (až) v 15 bodech. K tomu je třeba nasnímat nezkorigovanou hodnotu z čidla (v menu je to položka "CALIB") a porovnat ji s hodnotou z nějakého kalibrovaného SQM.

Obě hodnoty (změřená a správná) se pak uloží pomocí USB sériové linky do vnitřní kalibrační tabulky.

- Kalibrace teplotního čidla probíhá podobně (kalibrační tabulka pro teplotu má ale pouze 7 bodů).

- Při použití rozšiřující GPS desky je možné na displeji zobrazit i zeměpisné souřadnice (dlouhé číslo se postupně odroluje přes celý 5-místný displej). Souřadnice se mohou ukládat i do paměti a případně i na SD kartu.

- Když není GPS modul zapnutý, je možné přes menu zvolit jedno z 5 předdefinovaných pozorovacích stanovišť. Název zvoleného stanoviště se pak zapisuje k záznamu o měření.

- V době mezi měřeními blikají na jinak zhasnutém displeji desetinné tečky. Počet teček signalizuje stav baterie (více teček = horší baterie). Při každém poklesu napětí na nižší stupeň proběhne zvuková výstražná signalizace. Přes menu lze od verze 2023-04-15 měřit i skutečné napětí zdroje.

- SQM je možné použít i jako stopky s rozlišením na tisíce sekund. Protože je ale tato funkce výkonově náročná, jsou ostatní měřicí funkce po dobu běhu stopky zablokovány. Přesnost závisí na použitém krystalu u procesoru a na okolní teplotě. Vzhledem k tomu, že spouštění a zastavování probíhá ručně pomocí tlačítek, myslím, že není nutné přesnost nějak zvlášť řešit.

- Do paměti je možné bočním tlačítkem uložit rychlou časovou značku. A to i v případě, že je SQM vypnuté.

- Při použití přídatného modulu náklonoměru (LSM303DLHC) je možné k záznamům přidávat i úhel naklonění. Přístroj je pak možné použít i jako dvouosou vodováhu.

- Použitím modulu s čipem LSM303DLHC se zapne i funkce měření směru namíření krabice (azimut).

- Přístroj provádí i základní astronomické výpočty – elevace Slunce a Měsíce a stav osvětlení Měsíce. Při použití kompasu LSM303 umí přepočítávat rovníkové souřadnice (Ra / Dec) na místní azimut a elevaci.

- K novým funkcím patří i odpočet do stanoveného času (budík / alarm)

- Poslední funkcí je nouzová červená lampička (na displeji se rozsvítí zvolený počet sedmisedmístných a pomocí jednoho tlačítka je možné je zhasínat a znovu rozsvěcovat).

Základní zobrazení a ovládání

Toto SQM je navrženo tak, aby co nejméně rušilo svým svitem. V základním stavu jsou tedy úplně zhasnuté všechny zobrazovací jednotky, kromě desetinné tečky, která svým blikáním signalizuje zapnutý stav.

Tečky na displeji v tomto základním stavu mají i jiné funkce. Pokud zprava bliká více teček zároveň, je to upozornění na horšící se stav baterie (1 tečka - baterie v pořádku, 2 tečky - baterie slábne 5 teček - baterie těsně před smrtí).

Pokud bliká první LED zleva je to signalizace právě probíhajícího automatického měření.

Blikání druhé LED zleva signalizuje, že došlo ke spuštění měření pomocí příkazu přes sériovou linku (USB nebo RS485).

Krátkým stiskem jednoho ze tří tlačítek se spustí měření jasu. Měření probíhá v několika fázích, které jsou signalizovány různě vysokým pípáním a problikáváním čísla na displeji.

V první fázi probíhá až 5 měření, při kterých se testuje stabilní hodnota. Každý vzorek je signalizován hlubokým pípnutím a na displeji problikává odpočet po desítkách ("-60-", "-50-", "-40-...").



Tato měření se ještě nepoužívají k průměrování. Když je rozdíl v hodnotách dvou po sobě jdoucích měření menší než nastavená hodnota, přejde se okamžitě do druhé fáze.

Pokud ani po 5 testovacích měřeních nebylo dosaženo stabilní úrovně, také se přejde do druhé fáze, ale do záznamu přibude značka, že měření bylo nestabilní.

Ve druhé fázi se provede několik měření jasu, které se průměrují. Počet měření je nastavitelný v rozsahu 1 až 20.

Větší počet měření vrací stabilnější hodnotu, ale měření také trvá déle (1 vzorek se zpracuje asi za sekundu). Při nastaveném počtu 20 průměrovaných hodnot může celé měření trvat i přes půl minuty. Druhá fáze měření je signalizována vyšším pípáním a na displeji problikává odpočet kolik vzorků ještě schází.

V poslední fázi se už jen zobrazí zprůměrovaná hodnota jasů na displeji. Zároveň se pípne buď nejvyšším tónem (když je měření stabilní), nebo se výstražně zavrčí (když před měřením nedošlo ke stabilizaci hodnot, nebo když během měření jas kolísá).

Při tom dojde k uložení hodnoty do vnitřní paměti a případně i na SD kartu

Hodnota zůstane na displeji zobrazena několik sekund. Pak displej přejde zpátky do základního zhasnutého stavu (blikají jen desetinné tečky jako test stavu baterie, nebo signalizace automatického měření).

Pomocí bočního tlačítka je možné kdykoliv okamžitě zaznamenat aktuální datum a čas do paměti. To se hodí například v případě, že je třeba rychle zaznamenat čas nějakého úkazu

(meteor, záblesk družice, ...)

Tlačítko se stará i o zapnutí napájení do SQM, takže je možné provést rychlý záznam i když je SQM vypnuté.

Na displeji se na chvíli zobrazí pořadové číslo záznamu a SQM pípne. Číslování časových záznamů se nuluje vždycky v poledne. (Pro celou noc platí jedna číselná řada.)

Aby se provedl záznam (do paměti a případně i na kartu), musí se tlačítko držet tak dlouho, než se ozve pípnutí (několik desetin sekundy). Když se tlačítko stiskne jen krátce, může dojít k odpojení napájení ještě před dokončením záznamu a záznam tak může být neúplný.

Ve verzi z 2021-09-05 byla doplněna funkce, která umožňuje toto tlačítko dočasně zablokovat (například při převážení v batohu, kde by hrozilo jeho nechtěné stisknutí).

Blokování se provádí držením tlačítka [dolu] při vypnutém napájení a následným zapnutím napájení. Na displeji se objeví nápis "-Loc-".

A photograph of a red LED display showing the text "-Loc-" in a simple, blocky font. The display is centered and has a black background.

Od tohoto okamžiku se při stisku tlačítka časová značka nezaznamená. Odblokování tlačítka se provádí automaticky při dalším normálním zapnutí napájení.

Ve verzi 2021-11-12 byla doplněna funkce, kdy se po dlouhém držení bočního tlačítka (3 sek.) zobrazí na displeji aktuální čas "HH-MM".

Dlouhý stisk tlačítka [OK] umožní vstup do menu.

Menu



Do menu se vstoupí dlouhým stiskem tlačítka [OK].

Listování mezi položkami a případná změna hodnot se provádí tlačítky [nahoru] a [dolu].

Od verze 2023-03-11 byla zavedena trojrychlostní změna hodnot v závislosti na délce stisku tlačítka [nahoru] nebo [dolu].

- Krátký stisk tlačítka listuje v menu nebo mění hodnotu po jednotkách.
- Delší stisk tlačítka mění hodnotu nebo listuje pomalu automaticky.
- Stisk delší než 5 sekund mění hodnotu automaticky a rychle.

Tlačítko [OK] má v menu dvě funkce:

Krátký stisk obvykle znamená opuštění položky bez uložení, nebo návrat v menu o úroveň výše. Případně návrat z menu do základního vyčkávacího režimu (zhasnutý displej, blikající tečky).

Dlouhý stisk je pro vstup do zvolené položky (vstup do hlubší úrovně menu), nebo pro potvrzení a uložení nastavené hodnoty.

V programu od verze 2022-12-17 přibyla funkce, která umožňuje nepoužívané položky v menu vypnout.

Tato funkce se spouští "speciálním hmatem" při zapnutí přístroje. Při vypnutém přístroji, který nemá zablokované boční tlačítko se:

- stiskne a drží tlačítko [nahoru]
- po něm se stiskne a drží boční tlačítko
- na displeji se objeví nápis "MEnu".
- se stále drženými oběma tlačítky se zapne napájení
- pak se mohou obě tlačítka uvolnit a na displeji se zobrazí první položka z menu.

Pomocí tlačítek [nahoru] a [dolu] se mezi položkami listuje.

Krátký stisk tlačítka [OK] přepíná vybranou položku jako viditelnou nebo zablokovanou (viditelná má vysoký jas, zablokováná má nízký jas).

Dlouhý stisk tlačítka [OK] ukončí nastavení a vrátí přístroj do normálního režimu.

V menu se pak položky, které byly nastaveny jako zablokováné, neobjeví.

Výběr viditelných a zablokováných položek se ukládá do vnitřní paměti, takže i při dalším zapnutí zůstane menu v nastaveném stavu.

Menu - LIST



Funkce pro výpis uložených hodnot ve vnitřní paměti.

Po vstupu do této položky se pomocí tlačítek [nahoru] / [dolu] zvolí, jak starý záznam se má zobrazit.

Číslo 0 je nejnovější (poslední) uložený záznam, číslo -1 je předposlední záznam a tak dále.

Maximální možná zadaná hodnota je -99.

Po potvrzení čísla záznamu dlouhým stiskem tlačítka [OK] se na displeji vypíše záznam ve zjednodušeném formátu.

Formát výpisu závisí na tom, o jaký typ záznamu se jedná.

(Výpis záznamu světla bude jiný, než záznam časové značky, nebo zaznamenaný mezičas ve funkci stopky.)

Výpis zaznamenaného jasu bude vypadat například takto:

d 13.04. 19-22 9.567

První znak udává, jak byl záznam pořízen (d = tlačítko [dolu]).

Následuje datum bez roku (13. dubna).

Pak je čas (hodiny a minuty)

A jako poslední je zaznamenaná hodnota jasu
(9,576 mag/arcsek²)

Tento řetězec postupně proběhne přes celý 5-místný displej.

Tlačítkem [nahoru] a [dolu] je možné rychle přejít na následující, nebo předchozí záznam.

Tímto způsobem je možné vypsat i záznamy starší než -99.

V případě, že je zobrazen nejnovější záznam, není možné přepnout tlačítkem [nahoru] na ještě novější (protože ještě neexistuje). Proto se jen výstražně pípne a znovu se zarotuje nejnovější záznam.

Dlouhý stisk tlačítka [OK] znovu zarotuje právě zobrazený záznam.

Krátkým stiskem [OK] se vrátí zobrazení o úroveň výše (na volbu záznamu 0 až -99)

V případě záznamu jasu mohou být na prvním místě následující znaky:

d = tlačítko [dolu] (Down)

u = tlačítko [nahoru] (Up)

o = tlačítko [OK]

c = jeden z 10 kalibračních měření světla

C = průměr všech 10 kalibračních vzorků

A = spuštěno automaticky

M = spuštěno příkazem přes sériovou linku

Pokud je v paměti uložen záznam časové značky, vypadá výpis následovně:

tiME 001 13.04. 20-33-58

001 je pořadové číslo značky v rámci jednoho dne (resp. noci)

13.04. je datum (den a měsíc bez roku)

20-33-58 je čas (20 hod. 33 min. 58 sek.)

Pro záznamy pořízené funkcí stopky je to trochu složitější:

Záznam spuštění stopek vypadá takto:

StArt 13.04. 20-39

Čísla udávají datum (den a měsíc) a čas (hodina a minuta) spuštění stopek.

Mezičas je zobrazen takto:

LAP 01 00-00-07.956

První číslo je pořadové číslo mezičasu. Nuluje se při nulování stopek.

Pak následuje zaznamenaný čas (hodiny, minuty, sekundy a tisíce sekund od spuštění stopek)

Zastavení stopek je podobné jako mezičas:

StoP 00-00-13.572

Nezobrazuje se zde pořadové číslo, ale pouze čas zastavení stopek.

Pokud nedojde k vynulování, ale stopky se znovu spustí, zobrazí se následující záznam:

Cont 13.04. 20-40

Význam čísel je stejný jako při startu, akorát je zdůrazněno, že se jedná o pokračování měření času bez vynulování stopek.

Při nulování stopek se žádný záznam do vnitřní paměti neprovádí.

Detailní výpisy záznamů je možné získat z SD karty, nebo výpisem do sériové linky.

Příklady detailních výpisů jsou uvedeny v příloze.

Menu - Auto



Pomocí této položky je možné nastavit automatické měření.
Pomocí tlačítek [nahoru] / [dolu] se zvolí, po kolika minutách (1 až 255) se má automaticky spouštět měření.
Při zadání čísla 0 se automatické spouštění zruší.

Číslo se potvrdí a uloží dlouhým stiskem [OK] (na displeji problikne nápis SAVE), nebo se krátkým stiskem [OK] nastavení opustí bez uložení změn.

První automatické měření se provede okamžitě po uložení nenulové hodnoty. Další měření budou následovat v nastavených intervalech.

Pokud je nastavené automatické měření, NEPROVÁDÍ se první měření hned po zapnutí napájení. Je to z toho důvodu, aby se dal automat okamžitě po zapnutí napájení zrušit a nemuselo se čekat až měření proběhne.

Menu - Časová zóna

A red LED display showing the word 'ZONA' in a digital font.

Přímo v terénu je možné přepínat časovou zónu LEto / ZIMA.

A red LED display showing the text 'LEto' in a digital font.

A red LED display showing the text 'ZIMA' in a digital font.

Ovládání je stejné, jako v předchozím případě:

Tlačítka [nahoru] a [dolu] se přepíná.

Dlouhý stisk [OK] nastavení potvrdí a uloží, nebo krátký stisk [OK] nastavení nezmění a vrátí se do hlavního menu.

Pomocí příkazů odeslaných přes sériovou linku je možné nastavit i jiné časové zóny než SEČ / SELČ (například americký EST / EDT).

Příkazy jsou popsány níže v kapitole o sériové komunikaci přes USB (@Gz nn, @Gl nn a @Gp).

Menu - Kalibrace



Funkce kalibrace slouží k zobrazení hodnot, které se získávají přímo z čidel světla a teploty.

Takto získaná čísla se pak porovnávají s hodnotou, která byla změřena přesným (profesionálním) SQM.

V programu je pak funkce, která čísla získaná přímo z čidel matematicky přepočte na správné (přesné) hodnoty které se mají zobrazit a uložit.

Přesný postup kalibrace je popsán v kapitole "Kalibrace jasů a teploty".

Při volbě položky menu "Calib" dojde k měření 10 hodnot světla (nezávisle na nastaveném počtu průměrování).

Každé z těchto 10 měření se zaznamenává jako samostatný záznam. Při měření se neprovádí žádné matematické korekce.

Ukládají se hodnoty, které se získávají přímo z čidel.

Na závěr se na displeji zobrazí zprůměrovaná hodnota nekorigovaného světla.

Tlačítka [nahoru] / [dolu] se pak přepíná mezi hodnotou světla a teploty. I hodnoty teplot jsou v tomto případě bez korekcí (přímo z čidla).

Teplota je signalizována apostrofem na levé sedmissegmentovce (mělo to vyjadřovat něco jako °).

Při záporné teplotě je znaménko '-' také na levé sedmissegmentovce (Záporná hodnota teploty pak vypadá jako miniaturní horní "L", ale mělo to být "°-")

Stiskem [OK] se provede návrat do hlavního menu.

Menu - Datum



Nastavení aktuálního datumu je možné i pomocí tlačítek.
Je to pro případ, že by se vybila vnitřní knoflíková baterie pro RTC.

Před nastavením času je nutné mít správně zvolenou časovou zónu (Léto / Zima).

Při vstupu do této položky se objeví postupně 3 parametry, které se pomocí tlačítek [nahoru] a [dolu] nastaví (rok, měsíc a den).

Krátký stisk [OK] ponechá původní hodnotu parametru bez uložení, dlouhý stisk ji uloží.

Dny se volí v rozsahu 1 až 31, měsíce v rozsahu 1 až 12.
Rok se zadává jen jako poslední dvojčíslí. Minimální hodnota je 20 (rok 2020). a maximální 99 (rok 2099)

U každé položky je na displeji zobrazeno písmeno, aby bylo zřejmé, jaký parametr se právě edituje ("d" pro nastavení dne, "M" pro nastavení měsíce a "r" pro nastavení roku)

Program nemá ochranu proti zadání nesmyslného datumu (například 31. únor).



Menu - Čas



Stejně jako nastavení datumu je i čas možné nastavit pomocí tlačítek.

Před nastavením času je nutné mít správně zvolenou časovou zónu (léto / zima).

Pak už se jen tlačítka nastaví hodiny a minuty.

Předpokládám, že při nastavení v terénu nebude k dispozici úplně přesný čas, a proto se sekundy nenastavují.

Nastaví se automaticky na 0

A jak už je obvyklé, tlačítka [nahoru] a [dolu] mění hodnoty, dlouhý stisk [OK] nastavenou hodnotu potvrdí a zapíše. Krátký stisk [OK] ponechá hodnotu beze změny.

Při zadávání hodin je na displeji zobrazeno písmeno "H". zadává se ve 24-hodinovém formátu.

Při zadávání minut svítí na displeji písmeno "M" a povolený rozsah je 0 až 59.

V případě použití přídatné GPS desky je možné vynutit přesné nastavení datumu a času podle GPS signálu.

Podrobně je popsáno v kapitole "[Přídatná GPS deska](#)".



Menu - Teplota



Tato položka slouží k průběžnému zobrazování aktuální teploty. Změřená hodnota se nikam nezapisuje. Aktualizace měření probíhá zhruba 1x za sekundu.

Na první segmentovce svítí znak apostrof, který má signalizovat stupeň (°). Na stejné segmentovce může zároveň svítit i znaménko pro zápornou teplotu.



Při vstupu do této položky menu se vždycky zobrazuje teplota, která je zkorigovaná pomocí teplotní kalibrační tabulky.

Pokud by bylo třeba zobrazit neupravenou hodnotu přímo z čidla, provede se přepnutí pomocí současného stisku tlačítek [nahoru] a [dolu]. Na displeji problikne nápis "noCor" (bez korekce).



Přepnutí zpátky na zobrazení korigované hodnoty se provede stejným způsobem - současný stisk tlačítek [nahoru] a [dolu]. Na displeji pak problikne nápis "Corr" (korigovaná hodnota).



Více informací o kalibraci teploty v kapitole "[Kalibrace jasu a teploty](#)".

Návrat do menu se provede stiskem tlačítka [OK] (v tomto případě libovolně dlouhým).

Menu - Vlhkost



Zobrazení aktuální vlhkosti na displeji. Hodnota se nikam neukládá a aktualizace probíhá zhruba 1x za sekundu.

Na displeji je před hodnotou zobrazeno písmeno "V" (přesněji řečeno byla snaha o zobrazení "V", ale vyšlo z toho "U" - na sedmisedimentovce se některé znaky tvoří dost obtížně).



Protože pro měření vlhkosti neexistuje kalibrační korekční tabulka, zobrazuje se na displeji vždycky jen číslo přímo z čidla - bez korekce.

Není tedy možné ani přepínání korigovaných a nekorigovaných dat jako u teplot.

Návrat do menu se provede stejně jako při zobrazení teploty - stiskem tlačítka [OK].

Menu - Jas



Průběžné zobrazení hodnoty měřeného jasu.

Protože je nutné při měření jasu oblohy zhasínat displej, hodnota na displeji bliká.

Jeden měřicí cyklus trvá asi 2 sekundy.

Data se nikam neukládají. Neprovádí se ani žádné průměrování.

Tak jako při průběžném měření teplot, i tady je možné přepínat mezi nezkorigovanými hodnotami přímo z čidla a hodnotami, které prošly matematickou korekcí přes kalibrační tabulku.

(společný stisk tlačítek [nahoru] a [dolu] - bliknutí nápisu "noCor", nebo "Corr").

Stisk [OK] provede návrat do menu.

Vzhledem k delšímu nepřerušitelnému času, který je potřeba pro měření světla (asi 1 sekunda), bude někdy nutné k návratu přidržet tlačítko [OK] trochu déle.

Při stisku tlačítka [nahoru] je možné přepnout na funkci rychlého luxmetru.

Tlačítko se testuje až po dokončení měření plošného jasu a proto se může stát, že bude nutné držet tlačítko delší dobu.

Na displeji problikne nápis "LuHM" (pokus o zobrazení "LuXM" na sedmisegmentovkách)

Výsledkem funkce není úplně přesná hodnota, ale dá se použít alespoň na hrubé porovnání dvou osvětlených míst. Při měření se používá klouzavé průměrování tří hodnot.

Pro částečné zpřesnění je možné tento luxmetr kalibrovat pomocí tří konstant. Pro kalibraci je ale nutné použít nějaký opravdový luxmetr. Kalibrace je popsána v odstavci o sériové komunikaci (funkce #Xa, #Xb, #Xc).

I tady je možné zobrazovat neupravené hodnoty přímo z čidla současným stiskem tlačítek [nahoru] a [dolu] (přepínání "noCor" a "Corr").

Návrat do měření plošného jasu se provede stiskem tlačítka [dolu]. Na displeji blikne nápis "SqM".



Menu - Hodiny - Minuty

A red LED display showing the text "Ho-Mi" in a digital font.

Funkce pro průběžné zobrazení aktuálního času (Hodiny-Minuty)

Při stisku tlačítka [dolu] je možné přepnout na zobrazení času ve stylu Minuty-Sekundy. Na displeji problikne nápis "Mi-SE".

A red LED display showing the text "Mi-SE" in a digital font.

Při stisku tlačítka [nahoru] se vrátí původní styl zobrazení Hodiny-Minuty. Signalizováno nápisem "Ho-Mi".

Návrat do menu - stisk [OK].

Při vstupu do této položky menu se vždycky zobrazí jako první styl "Ho-Mi".



Menu - Průměrování

Nastavení počtu vzorků při měření světla, ze kterých se následně vypočítá průměrná hodnota.

Čím větší číslo se zadá, tím bude údaj stabilnější, ale také bude měření déle trvat.

Při zadaném čísle 1 se průměrování neprovádí.
Maximální možný počet vzorků k průměrování je 20.

Vzhledem k tomu, že jedno měření jednoho vzorku může trvat i déle než sekundu, může celé měření při maximálním počtu vzorků k průměrování trvat i přes půl minuty.



Menu - LED

Jednoduchá nouzová lampička s regulovatelným jasem červeného světla.

Při této funkci je možné na displeji rozsvítit všechny segmenty na jedné až 5 sedmissegmentovkách plným jasem.



Zvyšování a snižování jasu se provádí stiskem tlačítek [nahoru] a [dolu].

Tlačítko [OK] má v tomto případě trochu jinou funkci, než je obvyklé:

Krátký stisk [OK] displej zhasíná nebo rozsvěcuje s přednastaveným počtem svítících sedmissegmentovek.

Dlouhým stiskem [OK] se provádí návrat do menu.



Menu - Stopky

Speciální režim stopky pro záznam časového intervalu.

Protože je tento režim hodně náročný na výkon procesoru, blokují se při něm ostatní funkce SQM (automatické měření, USB a RS485 komunikace, testování stavu baterie, tlačítko rychlého záznamu času).

Tlačítka mají v tomto režimu speciální funkce:

[OK] - startuje stopky (pokud jsou vynulované), nebo pokračuje v měření času (pokud stopky vynulované nebyly).

Držení tlačítka [nahoru] při běžících stopkách zobrazí a uloží mezičas (stopky běží pořád dál). Zobrazení mezičasu na displeji trvá tak dlouho, dokud je tlačítko stisknuté.

Tlačítko [dolu] stopky zastavuje.

Stisk tlačítka [nahoru] při zastavených stopkách vynuluje stopky i počítadlo mezičasů.

Režim stopky se ukončí současným stiskem tlačítek [nahoru] a [dolu], nebo vypnutím napájení.

Menu - GPS



Tato položka je dostupná pouze v případě, že je zapnutá přídatná GPS deska.

Pomocí této položky je možné na displeji zobrazit aktuální zeměpisné souřadnice.

Když ještě není k dispozici stabilní GPS signál, zobrazují se na displeji místo souřadnic pomlčky.

Po zafixování signálu se souřadnice zobrazují ve stupních (bez převodu na minuty a vteřiny).

Vzhledem k velkému počtu cifer takového čísla se nezobrazují souřadnice najednou, ale prorotují se na displeji zprava doleva.

Na displeji pak zůstanou zobrazené nejnižší řády souřadnic u kterých dochází k jejich průběžné aktualizaci.

Tlačítka [nahoru] a [dolu] se volí typ souřadnic (zeměpisná délka, zeměpisná šířka a nadmořská výška).

Nadmořská výška v metrech se zobrazuje přímo - bez rotace.

Dlouhý stisk [OK] znovu prorotuje celé právě vybrané číslo.

Krátkým stiskem [OK] se vrátí zpátky do menu.

Znak na první sedmissegmentovce určuje polokouli pro zobrazené souřadnice:



Severní
šířka



Východní
délka



Jižní
šířka



Západní
délka

Menu - Stanoviště



Tato položka se zobrazuje místo položky GPS - když není modul GPS zapnutý.

Po vstupu do této položky je možné zvolit jedno z 5 předdefinovaných pozorovacích stanovišť. Název zvoleného stanoviště se pak vkládá k záznamu z měření místo GPS souřadnic.

Při zapnutí modulu GPS nebo po poledni se zvolené stanoviště automaticky zruší a je nutné ho zvolit znovu. Je to taková ochrana proti tomu, aby nezůstalo trvale nastavené jedno pozorovací stanoviště, i když se druhý den může pozorovat jinde.

Popis jednotlivých stanovišť a grafická značka pro displej se nastavuje přes sériovou linku.

Defaultně jsou stanoviště nastavena takto:

název do záznamu	značka při listování na displeji
Poz.Stan.1	5tAn.1 (Stan.1)
Poz.Stan.2	5tAn.2 (Stan.2)
Poz.Stan.3	5tAn.3 (Stan.3)
Poz.Stan.4	5tAn.4 (Stan.4)
Poz.Stan.5	5tAn.5 (Stan.5)

Název je obyčejný textový řetězec s délkou 10 znaků.

Značka pro displej je 5 grafických sedmisegmentových znaků.



Způsob editace přednastavených stanovišť je popsán detailně v kapitole "Popis komunikace přes USB"

Je tak možné nastavit třeba pozorovací stanoviště s názvem "Roh pole", který bude mít na displeji značku "PoLE.1"

Záznam pak vypadá takto:

```
plota; tep.'C ;vlhkost; vlh. % ; tlak ; GEO_lat ; GEO_long ; ALT  
7460 ; +24,60 ; 02874 ; 028,74 ; 095677 ; Roh pole ; ----- ; -----
```

Menu - Úhel

uHEL

Pokud SQM obsahuje modul pro měření tíhového zrychlení (akcelerometr), je možné používat SQM i pro měření náklonu.

Pro zprovoznění je nutné provést kalibraci náklonoměru pomocí funkce **#Nk**. Detaily níže v kapitole "Sériová komunikace".

Po úspěšné kalibraci začne fungovat měření náklonu přes menu (položka "uHEL").

Při volbě položky "uHEL" v menu se začne zobrazovat úhel naklonění krabičky:



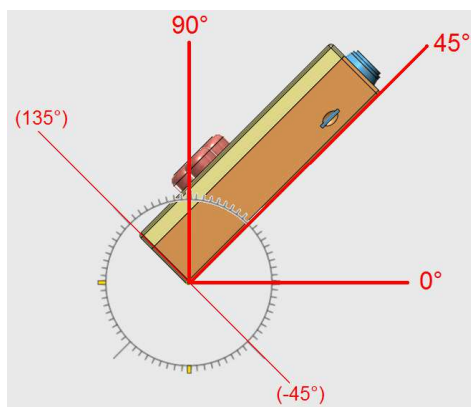
Apostrof před číslem má signalizovat stupně.

Pokud je měřená hodnota nestabilní, rozsvítí se tečka u první sedmisegmentovky.

V rozsahu 0° (horizont) až 90° (zenit) by měl být zobrazený úhel poměrně přesný.

Úhel se měří i pod horizontem (záporný úhel) a "za" zenitem (úhel větší než 90°). Tam už ale přesnost není zaručena.

V případě záporného úhlu se zobrazuje znaménko '-' na první segmentovce.



Při podržení tlačítka [dolu] se údaj na displeji zastaví na aktuální hodnotě (funkce Data-Hold). Po jeho uvolnění se začne úhel znova měřit.

Tlačítkem [nahoru] se přepíná mezi měřením úhlu náklonu a dvouosou vodováhou.

Vodováha nezobrazuje hodnoty, ale pomocí grafických symbolů na displeji umožňuje nalézt přesnou vodorovnou nebo svislou pozici.

Pokud je úhel naklonění krabičky menší než 45° , zobrazuje se horizontální vodováha.

Tato vodováha při přesné horizontální pozici v obou osách zobrazuje na displeji "obdélník". Pokud nějaká jeho strana chybí, je nutné tu stranu o trochu zvýšit.



Krabička je ve vodorovné pozici.



Je třeba zvednout levý bližší roh.

Svítící tečky u sedmisedgmentovek signalizují nestabilní měření náklonu (například při rychlé změně polohy). Obvykle stačí chvíli počkat, než se načtou a zpracují stabilnější hodnoty.

Pokud je krabička nakloněna nad úhel 45° , zobrazuje se vertikální dvouosá vodováha

V tomto typu vodováhy se na krajních sedmissegmentovkách zobrazují "rohy".

Pokud roh chybí, je nutné krabičku na straně s chybějícím rohem zvýšit.

Na prostřední segmentovce se zobrazuje obdélník.

Pokud je vidět jen spodní část obdélníku, je nutné krabičku nahnout směrem k sobě.

Pokud je vidět jen horní část obdélníku, je nutné nahnout krabičku směrem od sebe.



Krabička míří přesně svisle.



Je třeba zvednout pravou stranu a naklonit krabičku od sebe.

Svítilící tečky u sedmissegmentovek signalizují nestabilní měření náklonu (například při rychlé změně polohy). Obvykle stačí chvíli počkat, než se načtou a zpracují stabilnější hodnoty.

Při současném stisku tlačítek [nahoru] a [dolu] se vstoupí do režimu kalibrace náklonoměru. Tento stisk musí trvat alespoň 3 sekundy, během kterých se displej zaplňuje výstražnými pomlčkami.

Po uplynutí potřebné doby stisku se na displeji zobrazí nápis "n-CAL" (kalibrace náklonu).

Po chvíli se nápis na displeji změní na "Hori". Po této výzvě se krabička položí horizontálně a stiskne se tlačítko [OK].

Další nápis na displeji "VErt" vyzve k postavení krabičky do vertikální polohy. Poloha se opět potvrdí tlačítkem [OK].

Po úspěšné kalibraci náklonu se změřené hodnoty automaticky uloží (na displeji problikne nápis "SAVE").

Menu – Slunce / Měsíc

Zobrazení aktuální polohy Slunce nebo Měsíce a zobrazení stavu osvětlení Měsíce.

Po vstupu do této položky menu se zobrazí aktuální azimuty a elevace Slunce, Měsíce, nebo stav osvětlení Měsíce.

Hodnoty se přepínají stiskem tlačítka [nahoru] nebo [dolu].

Když je na začátku řádky "SE." (vypadá jako "5E."), zobrazuje se elevace Slunce – zaokrouhlená na celé stupně.

Záporná hodnota znamená Slunce pod horizontem.

Když je na začátku řádky písmeno "ME.", zobrazuje se elevace Měsíce – zaokrouhlená na celé stupně.

Záporná hodnota znamená Měsíc pod horizontem.

Když je na začátku řádky "Mo.", zobrazuje se aktuální osvětlení Měsíce v procentech. V tomto případě nikdy záporná hodnota nebude.

Počáteční znaky "SA." signalizují zobrazení azimutu Slunce.

Počáteční znaky "MA." signalizují zobrazení azimutu Měsíce.

Stiskem tlačítka [OK] se provede návrat zpátky do hlavního menu.

Výpočty poloh jsou závislé na souřadnicích pozorovacího stanoviště. Tyto souřadnice se nepřebírají z GPS, ale jsou napevno nastavené v programu.

Změnu souřadnic je možné provést přes sériovou linku příkazem

@Gd nn.n pro zeměpisnou délku

@Gs nn.n pro zeměpisnou šířku

nn.n je zeměpisná délka nebo šířka ve stupních (s přesností na 1 desetinné místo).

Důležité je také správné nastavení časové zóny:

@Gl nn časový posun proti UT v létě (+2 pro SELČ) - 3. znak je malé L

@Gz nn časový posun proti UT v zimě (+1 pro SEČ)

Nastavené parametry se zobrazují ve výpisu systémových informací (příkaz "i").

Menu – Alarm (odpočet)

Do SQM byla přidána funkce, která umožňuje nastavit čas, po kterém se spustí hlasité pípání. Doba trvání pípání je omezena na 120 sekund.

Nastavování se provádí stejným způsobem, jako nastavení času. Při vstupu do položky se zobrazí zbývajících čas v hodinách (na displeji svítí znak "H").

Tlačítka [nahoru] a [dolu] se údaj mění. Rozsah nastavení hodin je 0 až 99.

Po potvrzení dlouhým stiskem tlačítka [OK] se na displeji zobrazí zbývajících minuty (na displeji svítí znak "M"). Editace se provádí opět tlačítka [nahoru] a [dolu] v rozsahu 0 až 59. Dlouhý stisk [OK] nastavenou hodnotu uloží. Krátký stisk [OK] ponechá právě editovanou položku v původním nastavení.

Zadání nulových hodnot pro hodiny i minuty alarm vypíná.

Čas spuštění alarmu se ukládá do EEPROM, takže i při vypnutí napájení se údaj neztratí. Pokud je napájení v nastaveném čase vypnuté, alarm se spustí až při příštím zapnutí.

Při aktivním alarmu se ve výpisu systémových informací přes sériovou linku (příkaz "i") zobrazí informace o zbývajícím čase:

```
Aktivni odpocet: -12:15 10.12.2022 21:01:07 So
```

Spuštěný alarm se deaktivuje některým tlačítkem ([nahoru] / [dolu] / [OK]).

Při vypnutí napájení sice alarm ztichne, ale zůstane aktivní, takže se po zapnutí spustí znova.

Menu – Kompas

Pokud je osazený modul LSM303DLHC, objeví se v menu položka "CoMPA" (kompas).

Po jejím zvolení se na displeji zobrazí znak "A." za kterým následuje azimut, kterým směřuje čidlo světla (přední část krabičky).

Držením tlačítka [dolů] při zobrazení azimutu se údaj na displeji zmrazí (funkce Data-Hold).

Pro správnou funkci je nutné provést kalibraci.

Kalibraci je možné spustit dvěma způsoby:

- příkazem přes sériovou linku (#Mk).
- stiskem tlačítka [nahoru] při zobrazeném azimutu.

Aby nedošlo k náhodnému nechtěnému spuštění kalibrace, je nutné držet tlačítko [nahoru] delší dobu (přes 2 sekundy).

Během tohoto držení se displej zaplňuje výstražnými pomlčkami.

Po uplynutí potřebné doby držení tlačítka problikne na displeji nápis "C-CAL". Tím je kalibrace spuštěna.

Proces kalibrace je detailně popsán níže - v kapitole ["Modul náklonoměru s kompasem LSM303DLHC"](#)

Menu – Ra / Dec



Pokud je osazený modul LSM303DLHC, je zpřístupněna položka v menu, která umožňuje zadat rovníkové souřadnice hledaného objektu (rektascenze a deklinace).

Po vstupu do této položky menu se na displeji rozsvítí nápis "rA.". pomocí tlačítek [nahoru] a [dolu] se zadává rektascenze v rozsahu 0.0 až 23,9 h.

Delší držení tlačítek zrychluje změnu zadávaného čísla.

Potvrzení se provede stiskem tlačítka [OK].

Následuje zadávání deklinace. Na displeji svítí nápis "dE." a zadává se číslo v rozsahu -90 až +90°.

Po potvrzení zadaného čísla proběhne přepočítání na místní azimut a elevaci. K výpočtu se používá systémový čas a domácí souřadnice.

Na displeji problikne nápis "HLEdA" (hledání). Pak se začne zobrazovat úhlová vzdálenost mezi zadanými souřadnicemi a aktuálním naměřením krabičky.

Pokud je tato úhlová vzdálenost menší než 1,5°, začne přístroj pípat.

Při stisku tlačítka [nahoru] se zobrazí vypočtená elevace.

Na první sedmisedmsegmentovce je zobrazený znak ° (').

Pokud na této sedmisedmsegmentovce svítí i desetinná tečka, znamená to nestabilní měření náklonu.

Při stisku tlačítka [dolu] se zobrazí vypočtený azimut.

Na druhé sedmisedmsegmentovce je zobrazený znak "A".

Stiskem tlačítka [OK] se ukončí režim hledání a provede se návrat do menu.



Menu – Volty



Tato funkce zobrazí na displeji skutečné napětí připojené baterie ve voltech.

Je to ale jen zpřesnění původní funkce blikajících teček na displeji.

Organizace vnitřní EEPROM

Uvnitř SQM se nachází paměť, do které se ukládají jednotlivé záznamy. Tato paměť je trvalá a pamatuje si zapsané údaje i při vypnutí napájení.

Pro ukládání záznamů slouží oblast od buňky s adresou 700 až do konce paměti (adresa 131071).

Na začátku paměti jsou uloženy systémové parametry a kalibrační tabulky.

Konkrétně vypadá obsazení paměti takto:

adresa	popis
0 až 3	čas posledního seřízení RTC v sekundách od 1.1.1970
4 až 7	za jak dlouho se má přidávat nebo ubírat autokalibrační sekunda k vnitřnímu času (detailně popsáno v kapitole " Vnitřní hodiny (RTC)")
8	značka pro aktuální časovou zónu zimní (0) nebo letní (1).
9	nastavení oddělovačů položek a desetinných oddělovačů v CSV souborech na SD kartě. (detailně rozepsáno pod touto tabulkou)
10	interval automatického spouštění měření v minutách
11	počet vzorků k průměrování
12 až 13	unikátní identifikace paměti (výrobní číslo)
14	nastavená SLAVE adresa a rychlost komunikace (detailně rozepsáno pod touto tabulkou)

- 15 bit 0: CRC bajt se při příjmu dat z RS485 (0 = netestuje)
(1 = testuje)
bit 5: globální vypnutí zvuku (1=zvuk zakázat; 0=povolit)
bit 6: soubor RTC_set.csv (0 = zakázán; 1 = povolen)

bit 7: Tlačítko pro TimeStamp (0 = odemčené)
(1 = blokováno)
- 16 úroveň pro určení nestabilního jasu
- 17 počet čidel světla na expanzní desce
(jedno SQM dokáže číst hodnotu světla
až ze 7 čidel připojených přes I²C expander)
- 18 značka při každých obsazených 10kB paměti
pro rychlejší hledání volného místa
po zapnutí napájení.
- 19 Hranice světla pro ukládání do EEPROM.
V desetinách mag/arcsek²
(platí jen pro spouštění tlačítkem, automatem,
nebo po sériové lince.
V případě kalibrace se ignoruje)
- 20 až 47 kalibrační tabulka pro teplotu
(2 sloupce * 7 dvojbajtových hodnot = 28 bajtů)
- 48 až 49 značka pro nulování pořadí v záznamech
časových razítek a aktuální přednastavené
pozorovací stanoviště (nejvyšší 3 bity)
- 50 až 469 kalibrační tabulky pro čidla světla
(7 čidel * 2 sloupce * 15 dvojbajtových hodnot =
420 bajtů)
- 470 aktuální pořadové číslo časového razítka
(pořadí se nuluje vždycky v poledne)

471 až 476	Zrušeno - původně offsetové registry náklonoměru MPU6050 (v pořadí X, Y, Z – každý 2 bajty)
477 až 480	Zrušeno - původně úhly pro přemapování krajních poloh pro MPU6050 (první dva bajty pro horizont, druhé dva bajty pro zenit)
481 až 484	Zrušeno - původně hodnoty zrychlení dvou os ve vertikální poloze použité pro vertikální vodováhu pro MPU6050
485 až 486	zeměpisná šířka pro astro výpočty v desetinách stupně
487 až 488	zeměpisná délka pro astro výpočty v desetinách stupně
489	posun časové zóny pro "zimní" čas proti UTC
490	posun časové zóny pro letní čas proti UTC
491 až 494	povolené, nebo zakázané položky v menu (bitově)
495 až 498	cílový čas pro funkci "odpočet"
499	nepoužitá rezerva
500 až 574	5 přednastavených pozorovacích stanovišť (vždycky 10 znaků názvu a 5 bajtů grafiky pro displej)
575 až 582	2x4 znaky pro uživatelské nastavení označení časových zón (např. "SEC " / "SELC")
583 až 588	pro kalibraci luxmetru (6 bajtů)
589 až 599	nepoužitá rezerva (11 bajtů)
600 až 611	kalibrace kompasu (minima a maxima magnetické síly ve všech 3 osách)
612 až 617	kalibrace náklonoměru LSM303DLHC (hodnoty zrychlení os x, y, z v horizontální poloze)
618 až 623	kalibrace náklonoměru LSM303DLHC (hodnoty zrychlení os x, y, z ve vertikální poloze)

Detail adresy 9

(oddělovače položek a desetinných míst v CSV souborech)

bit 1 a bit 0

'0' '0' ... oddělovač položek mezera
'0' '1' ... oddělovač položek čárka
'1' '0' ... oddělovač položek středník [default]
'1' '1' ... oddělovač položek tabulátor

bit 2 = '0' ... oddělovač desetinných míst: tečka

bit 2 = '1' ... oddělovač desetinných míst: čárka [default]

bit 3 = '0' ... položky mezi oddělovači neuzavírat do uvozovek [default]

bit 3 = '1' ... každou položku mezi oddělovači zavřít do
uvozovek

bit 4 = '0' ... nevytvářet hlavičku v souboru

bit 4 = '1' ... na začátku každého souboru vytvořit hlavičku [default]

formát bajtu:

(0bxxxhudoo)

xxx = nevyužito; h = hlavička; u = uzavírání položek do uvozovek;

d = desetinný oddělovač; oo = oddělovač položek

Detail adresy 14

(SLAVE adresa a rychlost komunikace)

bity 0 až 3 = SLAVE adresa pro komunikaci (1 až 15)

bity 4 a 5 = rychlost sériové komunikace (0 až 3)

formát bajtu:

(0bxx00AAAA = 9600)

(0bxx01AAAA = 19200)

(0bxx10AAAA = 38400)

(0bxx11AAAA = 115200)

AAAA = SLAVE adresa; xx = nevyužito

Většina parametrů je uživatelsky nastavitelná pomocí příkazů přes USB sériovou komunikaci, nebo přes menu.

Popis uložených záznamů v EEPROM

Každý záznam se ukládá do EEPROM v minimalizovaném formátu ve stejně dlouhých blocích. Délka bloku závisí na tom, co všechno se má zaznamenávat.

Nastavení zaznamenávaných dat se provádí přímo v programu před kompilací. Po každé změně je nutné celou paměť přeformátovat (je na to určený příkaz odesílaný přes USB sériovou linku - HARD formát: **#FH**).

V minimální variantě, kdy se zaznamenává pouze datum, čas, úroveň jasu a informační bajty (informace o způsobu spouštění měření, časová zóna a SLAVE adresa, značka stability), je velikost jednoho záznamu 8 bajtů. v tom případě se do 128kB paměti vejde asi 16 000 záznamů.

V maximální variantě, kdy se ukládá navíc ještě teplota, tlak, vlhkost (musí být osazené čidlo BME280), zeměpisné souřadnice, nadmořská výška (musí být připojen GPS modul), detailní informace o změřeném světle (kanály Infra a Full, zesílení, doba měření) údaje o poloze Slunce a Měsíce, azimut a náklon je jeden záznam dlouhý 36 bajtů a do paměti se tak vejde asi 3 400 záznamů.

Po zaplnění paměti se starší záznamy začnou přepisovat novými naměřenými hodnotami.

Organizace jednoho záznamu světla vypadá následovně:

1. bajt
 - značka obsazeného nebo volného bloku (bit 7),
 - typ záznamu (světlo, stopky, časová značka) (bity 6 a 5)
 - (bit 4 nepoužitý)
 - index přepnutého čidla na rozšiřující desce (bity 3, 2, 1)
 - značka zima (SEČ) / léto (SELČ) (bit 0),

2. až 5. bajt
 - časový údaj v sekundách od 1.1.1970

6. a 7. bajt
 - údaj o naměřeném plošném jasu
v tisícinách mag/arcsek²

8. bajt
 - SLAVE adresa zařízení pro komunikaci (bity 7, 6, 5, 4)
 - značka stability měřeného jasu (bit 3)
 - popis co způsobilo spuštění měření (bity 2, 1, 0)
(tlačítko, sériová linka, automat, kalibrace ...)

Volitelně se pak k 8 bajtům přidávají ještě následující údaje:

- informace o teplotě (plus 2 bajty na záznam)
- informace o tlaku (plus 2 bajty na záznam)
- informace o vlhkosti (plus 2 bajty na záznam)
- informace o INFRA složce světla (plus 2 bajty na záznam)
- informace o FULL kanálu světla (plus 2 bajty na záznam)
- informace o nastavení Control registru čidla světla
(zesílení, doba snímání) (plus 1 bajt na záznam)
- informace o zeměpisných souřadnicích
(délka, šířka, výška) (plus 10 bajtů na záznam)
- informace o úhlu náklonu v době měření
(desetiny stupně) (plus 2 bajty na záznam)
- informace o azimutu měření (plus 2 bajty na záznam)
- informace o poloze Slunce a Měsíce a osvětlení Měs. v době měření
(stupně a procenta) (plus 3 bajty na záznam)

Detailní informace k organizaci 1. bajtu záznamu:

bit 7 = '0' = následující blok bajtů je volný, je možné ho přepsat
bit 7 = '1' = následující blok bajtů je obsazený

bit 6	bit 5	
'0'	'0'	= běžný záznam světla
'1'	'0'	= záznam byl pořízen v režimu "Stopky"
'0'	'1'	= jedná se o záznam časové značky
'1'	'1'	= nemůže nastat (rezervováno pro speciální případy)

bit 4 = nepoužito

bity 3, 2, 1 = index čidla světla na rozšiřující desce
(když není deska použita má vnitřní čidlo index 0)
index je o 1 nižší, než je zobrazované číslo čidla
0bxxxx010x označuje číslo čidla 3

bit 0 = '0' = zaznamenaný čas je v "zimní" zóně (SEČ)
bit 0 = '1' = zaznamenaný čas je v "letní" zóně (SELČ)

Detailní informace k organizaci 8. bajtu záznamu:

bity 7, 6, 5, 4 = SLAVE adresa zařízení (1 až 15) - 0 není použita

bit 3 = '0' = měření světla nebylo stabilní

bit 3 = '1' = měření světla bylo stabilní

V režimu měření světla:

bity 2, 1, 0 = co způsobilo spuštění měření

0bxxxxx000 = nepoužito

0bxxxxx001 = tlačítko [nahoru] (u)

0bxxxxx010 = tlačítko [dolu] (d)

0bxxxxx011 = tlačítko [OK] (o)

0bxxxxx100 = spuštěno komunikací (M)

0bxxxxx101 = spuštěno automatem (A)

0bxxxxx110 = kalibrační měření (c)

0bxxxxx111 = kalibrační průměr (C)

V režimu stopek:

bity 2, 1, 0 = typ záznamu

0bxxxxx000 = nepoužito

0bxxxxx001 = spuštění stopek

0bxxxxx010 = zastavení stopek

0bxxxxx011 = mezičas

0bxxxxx100 = pokračování bez nulování

V režimu rychlé časové značky:

bity 2, 1, 0 = vždycky 0bxxxxx000

V případě povoleného ukládání Control registru čidla světla je formát jednotlivých bitů následující:

bity 7 a 6 určují zesílení (AGAIN)

- zesílení se upravuje automaticky podle aktuálního osvětlení.

0b00xxxxxx	=	1x
0b01xxxxxx	=	25x
0b10xxxxxx	=	428x
0b11xxxxxx	=	9876x

bity 5, 4 a 3 jsou nepoužité

bity 2,1 a 0 určují dobu snímání světla (ATIME)

0bxxxxx000	=	100ms
0bxxxxx001	=	200ms
0bxxxxx010	=	300ms
0bxxxxx011	=	400ms
0bxxxxx100	=	500ms
0bxxxxx101	=	600ms [v programu nastavené napevno]
0bxxxxx110	=	nepoužito
0bxxxxx111	=	nepoužito

Záznamy GPS souřadnic se ukládají v upraveném unsigned long formátu.

Zeměpisná délka se ukládá ve 4 bajtech v miliontinách stupně. Pro západní polokouli se ukládá číslo přímo, pro východní polokouli se do EEPROM přičítá 180 000 000 (východní polokoule bude vždycky větší než 180 000 000).

Příklady:

- v EEPROM je uloženo číslo 194366646 a to znamená 14.366646° v.d.
- v EEPROM je uloženo číslo 54366646 a to znamená 54.366646° z.d.

Zeměpisná šířka se ukládá podobně (také ve 4 bajtech s rozlišením na miliontiny stupně).

Pro jižní polokouli se ukládá číslo přímo, pro severní polokouli se do EEPROM přičítá číslo 90 000 000 (severní polokoule bude vždycky větší než 90 000 000).

V případě použití některého z přednastavených pozorovacích stanovišť se ukládá informace o stanovišti do nejvyšších 3 bitů zeměpisné šířky.

Příklady:

- v EEPROM je uloženo číslo 139444356 a to znamená 49.444356° s.š.
- v EEPROM je uloženo číslo 19444356 a to znamená 19.444356° j.š.

Nadmořská výška se ukládá jen dvojbajtově. Rozlišení je 1 metr. Ke změřené hodnotě se ale do EEPROM přidává +500 metrů.

Příklady:

- v EEPROM je uloženo číslo 987 - to znamená 487 m n.m.
- v EEPROM je uloženo číslo 200 - to znamená 300 m pod mořem.

Stopky

U záznamů pořízených ve funkci stopky záleží i na tom, co se zaznamenává:

V prvním bajtu záznamu se vždycky nastaví bit 6 do '1'
- to je informace, že záznam neobsahuje světlo, ale stopky.
Zbytek bitů prvního bajtu je uložen stejně jako při záznamu světla.

Stopky - START

Při startu stopek je ve 2. až 5. bajtu uložen datum a čas spuštění stopek v sekundách od 1.1.1970 (tak jako u záznamu světla)

6. bajt se naplní hodnotou 0xFF.

7. bajt obsahuje aktuální počítadlo mezičasů

Do 8. bajtu se zapíše číslo 1 (značka pro START).

Ostatní bajty (teplota, tlak, GPS ...) se neukládají - nic se neměří.

Stopky - LAP (mezičas)

Do 2. až 5. bajtu se ukládá čas v milisekundách od spuštění stopek.

6. bajt se naplní hodnotou 0xFF.

7. bajt obsahuje počítadlo mezičasů.

Toto počítadlo se nuluje společně s nulováním stopek.

Do 8. bajtu se zapíše číslo 3 (značka pro mezičas).

Stopky - STOP

Do 2. až 5. bajtu se ale ukládá čas v milisekundách od spuštění stopek.

6 bajt se naplní hodnotou 0xFF.

7 bajt obsahuje počítadlo mezičasů.

Při zastavení stopek se toto počítadlo také zvětší o 1,
stejně jako u mezičasů.

Do 8. bajtu se zapíše číslo 2 (značka pro STOP).

Stopky - CONT

Poslední typ záznamu pro režim "Stopky" je záznam "Cont".

K tomuto záznamu dochází, když při spuštění stopek nebyl předchozí zaznamenaný čas vynulovaný.

Záznam v EEPROM je stejný jako při startu, akorát do 8. bajtu se zapisuje číslo 4 (značka pro pokračování bez nulování).

Počítadlo mezičasů také pokračuje v řadě bez vynulování.

Příklady uložených záznamů stopek v EEPROM (data v HEX formátu)

START:

```
C0 60 39 5F 8E FF 00 01 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
```

Mezičas 1 (LAP):

```
C0 00 00 0D 52 FF 01 03 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
```

Mezičas 2 (LAP):

```
C0 00 00 18 46 FF 02 03 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
```

Mezičas 3 (LAP):

```
C0 00 00 23 34 FF 03 03 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
```

STOP:

```
C0 00 00 2F 29 FF 04 02 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
```

Pokračování bez vynulování (CONT):

```
C0 60 39 5F 9E FF 04 04 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
```

STOP:

```
C0 00 00 39 AC FF 05 02 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
```

Popis komunikace přes USB

Základní nastavená rychlost je 9600, 8 databitů, bez parity.

Rychlost je možné změnit přes USB pomocí příkazu: **@S n**

(n je číslo od 0 do 3 pro rychlosti : 9600, 19200, 38400, nebo 115200)

Změna rychlosti se týká i komunikace přes linku RS485.

Příkazy se přes USB odesílají v textovém formátu.

Základní příkaz je otazník **?**. Po odeslání do sériové linky se zobrazí jednoduchá nápověda.

```
l      ... zmer plosny jas - bez ukladani
v      ... zmer vlhkost - bez ukladani
t      ... zmer teplotu - bez ukladani
p      ... zmer tlak - bez ukladani
n      ... zobrazit aktualni naklon
s      ... smer natoceni (azimut)
x      ... zmer osvetleni (lux) - bez ukladani
z 0    ... prepnout na zimni zonu
z 1    ... prepnout na letni zonu
a nnn  ... nastaveni automatickeho spousteni 0-255 minut
r      ... vypis poslednich 100 zaznamu z EEPROM
rp     ... vypis posledniho zaznamu z EEPROM
ra     ... vypis vseh zaznamu z EEPROM
rz nnnn ... vypis jednoho zvoleneho zazamu
rh nnnn ... vypsati zaznamy z poslednich 'nnnn' hodin
c      ... aktualni cas
i      ... informace o aktualnim nastaveni systemu
h      ... zobrazeni hlavicky pro formatovany vystup
m      ... spusteni vseh mereni se zapisem do EEPROM
kj     ... kalibracni mereni jasu (vystup bez korekce)
kt     ... kalibracni mereni teploty (vystup bez korekce)
#?     ... napoveda pro dalsi funkce
```

Druhá skupina příkazů jsou méně často používané funkce.

Začínají znakem '#' a pokračují velkým písmenem.

Nápověda se získá příkazem **#?**

```
#Tyyyyymmddhhnss ... nastaveni casu
#P nn      ... nastaveni poctu prumerovani jasu (1-20)
#S nnn     ... nastaveni urovne stability (0-255)
#I         ... detailni informace o kalibraci vnitrnich hodin
#A nn     ... nastaveni SLAVE adresy pro komunikaci (1-15)
#C 0      ... vypnuti CRC kontroly pro RS485
#C 1      ... zapnuti CRC kontroly pro RS485
#O?       ... nastaveni oddelovacu
#FS       ... SOFT format EEPROM
#FH       ... HARD format EEPROM
#U nnn    ... hranice jasu pro ukladani - v desetinach mag/arcsek2 (0-255)
#KJ n;x;y* ... zapis bodu do kalibracni tabulky jasu
#KT n;x;y* ... zapis bodu do kalibracni tabulky teploty
#Nk       ... Kalibrace naklonomeru
#Ni       ... Info o naklonomeru
#Mk       ... kalibrace magnetometru (kompasu)
#E        ... vypis pozorovacich stanovist
#ETn text ... editace textu u pozorovacich stanovist
#EGn g,g,g,g,g ... editace grafiky u pozorovacich stanovist
```

```
#Xa n.nn    ... kalibrace luxmetru - parametr 'a'  
#Xb n.nn    ... kalibrace luxmetru - parametr 'b'  
#Xc n.nn    ... kalibrace luxmetru - parametr 'c'
```

Poslední skupina jsou servisní funkce, které slouží k různým hlubším zásahům do systému.

Začínají znakem '@' za kterým následuje velké písmeno (nebo nějaký symbol).

Nápověda pro ně se vyvolá příkazem @?.

```
@W addr,data ... primy zapis do EEPROM  
@R addr      ... prime cteni z EEPROM  
@E           ... test postupneho prepinari cidel na expanzni desce  
@X n        ... nastaveni poctu vstupu na expanzni desce (1-7)  
@DS         ... defaultni kalibracni hodnoty pro jas  
@DT         ... defaultni kalibracni hodnoty pro teplotu  
@DP         ... defaultni parametry systemu  
@@          ... softwarovy RESET  
@G          ... vypis dat z GPS modulu  
@Gs nnn     ... domaci zemepisna sirka pro astro vypocty  
@Gd nnn     ... domaci zemepisna delka pro astro vypocty  
@Gz nn      ... domaci zimni casova zona  
@Gl nn      ... domaci letni casova zona  
@Gp SEC SELC ... textovy popis pro zimni a letni casovou zonu  
@S n        ... rychlost seriove komunikace (0=9600; 1=19200; 2=38400;  
                                     3=115200)  
  
@P          ... povolit/zakazat pipani  
@>         ... vypis souboru RTC_set.csv  
@/          ... povolit/zakazat zapis do souboru RTC_set.csv  
@Z          ... Zapsat parametry na SD  
@O          ... Obnovit parametry z SD
```

Příklady:

Změřit hodnotu jasu (bez zápisu do EEPROM)

požadavek: **j**

odpověď:

Plosny jas bez korekce: 13.320 mag/arcsec²

Plosny jas s korekci podle tabulky: 10.320 mag/arcsec²

Změřit vlhkost (bez zápisu do EEPROM)

požadavek: **v**

odpověď:

Vlhkost: 56.73 %

Změřit teplotu (bez zápisu do EEPROM)

požadavek: **t**

odpověď:

Teplota bez korekce: 22.78 °C

Teplota s korekci podle tabulky: 22.51 °C

Změřit tlak (bez zápisu do EEPROM)

požadavek: **p**

odpověď:

Absolutni tlak (bez prepoctu na hladinu more): 96278 Pa

Přepnout na zimní časovou zónu (obvykle SEČ)

požadavek: **z 0**

odpověď:

Nastavena zona SEC.

Přepnout na letní časovou zónu (obvykle SELČ)

požadavek: **z 1**

odpověď:

Nastavena zona SELC.

Nastavit automatické měření na každých 20 minut

požadavek: **a 20**

odpověď:

```
Automaticky spoustat mereni po 20 min.
```

Vypnout automatické měření

požadavek: **a 0**

odpověď:

```
Automat vypnuty
```

Vypsat posledních 100 uložených záznamů

požadavek: **r**

odpověď:

(vypíše hlavičku a pod ní 100 posledních záznamů v textovém formátu)
příklad hlavičky a dvou záznamů:

```
pol. ; EEPROM ; sek_1970 ; datum ; cas ; dvt ;
00021 ; 001420 ; 1675608666 ; 05.02.2023 ; 14:51:06 ; Ne ;
00022 ; 001456 ; 1675715061 ; 06.02.2023 ; 20:24:21 ; Po ;

zona ; jas ; jas ;adr.;cid.; pozn. ; stab_jas ; infra ;
SEC ; 16199 ; 16,199 ; 01 ; 01 ; tl_DN ; STABIL ; 02145 ;
SEC ; 16129 ; 16,129 ; 01 ; 01 ; tl_UP ; STABIL ; 00334 ;

full ; [ms]; citl. ;teplota; tep.'C ;vlhkost; vlh. % ;
04162 ; 600 ; 9876x ; 07006 ; +20,06 ; 06088 ; 060,88 ;
01649 ; 600 ; 9876x ; 06882 ; +18,82 ; 06171 ; 061,71 ;

tlak ; GEO_lat ; GEO_long ; ALT ; naklon ; azm ;
097506 ; +49,444359 ; +014,366580 ; +0517 ; -000,5 ; 356 ;
097771 ; +49,451039 ; +014,357798 ; +0467 ; +036,8 ; 226 ;

S_el ; M_el ; M_sv
+16 ; -11 ; 99
-33 ; +25 ; 99
```

Délka každé položky v záznamu je konstantní.

Odřádkování je až na konci každého záznamu.

Oddělovače jsou nastavitelné přes USB příkaz **#O?**

Operace trvá dlouho a proto je možné ji přerušit předčasně stiskem tlačítka **[OK]** na SQM.

Během výpisu je na displeji vidět odpočet. Znaky "rd." před odpočtem mají signalizovat čtení EEPROM (read).

Vypsat poslední záznam

požadavek: **rp**

odpověď:

(vypíše hlavičku a pod ní poslední záznam v textovém formátu)
stejně jako v předchozím případě

Vypsat všechny záznamy v EEPROM

požadavek: **ra**

odpověď:

(vypíše hlavičku a pod ní úplně všechny záznamy z EEPROM v textovém formátu) stejně jako v předchozích případech.

Tato operace trvá velmi dlouho a je možné ji předčasně přerušit stiskem tlačítka **[OK]** na SQM.

I zde je během výpisu na displeji vidět odpočet - podobně jako při výpisu posledních 100 záznamů.

Vypsat jeden konkrétní záznam

požadavek: **rz 789**

odpověď:

vypíše hlavičku a pod ní jeden konkrétní zvolený záznam v textovém formátu - stejně jako v předchozích případech.

Pokud se zvolí záznam, který ještě neexistuje, nezpůsobí to chybu, ale program se pokusí zrekonstruovat obsah EEPROM.

To se může hodit v případě SOFT formátu, kdy se z EEPROM maže jen informace o obsazené buňce, ale data ve skutečnosti v EEPROM zůstávají. Signalizace takto smazaného záznamu je vidět na výpisu částečně smazaným označením časové zóny (`_ELC` nebo `_EC`), která se ale i přesto dá rozeznat (`SELC`, nebo `SEC`).

Vypsat záznamy za posledních xx hodin

požadavek: **rh 48**

odpověď:

vypíše hlavičku a pod ní všechny záznamy, které nejsou starší než dva dny v textovém formátu - stejně jako v předchozích případech.

Číslo udává počet hodin. Pokud číslo není zadáno, nastaví se automaticky na poslední den (24 hodin).

Zobrazit aktuální čas vnitřních hodin

požadavek: **c**

odpověď:

22.4.2021 20:21:50 Ct

Zobrazit aktuální náklon

požadavek: **n**

odpověď:

Aktualni naklon: 6.9

Zobrazit aktuální směr namíření čidla (azimut)

požadavek: **s**

odpověď:

Azimut: 317

Vypsat detailní informace o systému

požadavek: **i**

odpověď:

SW ver.: 2023-02-08

Casova zona: SEC (UTC +1)

Oddelovace:

Polozky v souboru: strednik
Desetinny oddelovac: carka
Neuzavirat polozky do uvozovek
Do souboru vkladat hlavicky

Automat: Bez automatickeho mereni

Prumerovat 3 mereni plosneho jasu
Kontrolni bajt se pri komunikaci pres RS485 nevyhodnocuje.
Rozhodovaci rozdil pro stabilni/nestabilni jas je 2.0 %
Do EEPROM se ukladaji vsechny zaznamy
Unikatni identifikace EEPROM: 0x8DDA
SLAVE adresa: 1
Pipani povoleno

Hardware:

Procesor: STM32F103CB (BluePill) - 128kB progMEM
Cidlo jasu: TSL2591
Cidlo vlhkosti, teploty a tlaku: BME280
Kompas / naklon : LSM303DLHC
SD karta: zasunuta
Displej: 5x7 segmentu (TM1637)

EEPROM:

Zacatek oblasti pro data: 700
Konec oblasti pro data: 131055
Pristi zaznam se ulozi na adresu: 1456
Jeden zaznam v EEPROM je dlouhy: 36 bajtu
obsahuje tyto polozky:
- plosny jas ANO
- teplota ANO
- tlak ANO
- vlhkost ANO
- infra slozka svetla ANO
- full svetlo ANO
- ctrl registr TSL2591 ANO
- GPS souradnice ANO
- naklon ANO
- azimut ANO
- poloha Slun. a Mes. ANO

Aktualni souradnice pro astro vypocty (delka / sirka): 15.00 / 50.00

Kalibrace cidla teploty

index ; merena ; skutecna

```
-----  
1 ; -50.00 'C ; -50.00 'C  
2 ; -50.00 'C ; -50.00 'C  
3 ; -50.00 'C ; -50.00 'C  
4 ; -50.00 'C ; -50.00 'C  
5 ; -50.00 'C ; -50.00 'C  
6 ; -50.00 'C ; -50.00 'C  
7 ; -50.00 'C ; -50.00 'C
```

Kalibrace cidla plosneho jasu [1]

index ; merene ; skutecne

```
-----  
1 ; 16.384 ; 17.120  
2 ; 17.153 ; 17.770  
3 ; 17.773 ; 18.280  
4 ; 18.202 ; 18.640  
5 ; 18.596 ; 19.220  
6 ; 19.735 ; 20.310  
7 ; 19.927 ; 20.420  
8 ; 20.392 ; 20.990  
9 ; 20.511 ; 21.140  
10 ; 20.691 ; 21.430  
11 ; 20.740 ; 21.500  
12 ; 20.892 ; 21.540  
13 ; 21.016 ; 21.500  
14 ; 0.000 ; 0.000  
15 ; 0.000 ; 0.000
```

Zobrazit hodnotu jasu bez kalibračních korekcí

požadavek: **kj**

odpověď:

Plosny jas bez kalibracni korekce:

|-----|

|#####|

17.125 mag/arcsec2

V tomto případě se provádí 10x průměrování a každé z těch 10 měření se ještě zvlášť ukládá. průběh měření je signalizován bargrafem. Zobrazený výsledek je průměrná hodnota bez kalibračních korekcí (nepřesná hodnota přímo z čidla).

Zobrazit hodnotu teploty bez kalibračních korekcí

požadavek: **kt**

odpověď:

Teplota bez kalibracni korekce: 7303 = 23.03'C

Při měření teploty se průměrování neprovádí. Nedochozí ani k záznamu hodnoty do paměti.

Zobrazit jen hlavičku výpisů záznamů v textovém formátu

požadavek: **h**

odpověď:

```
pol. ; EEPROM ; sek_1970 ; datum ; cas ; dvt ;
zona ; jas ; jas ;adr.;cid.; pozn. ; stab_jas ; infra ;
full ; [ms]; citl. ;teplota; tep.'C ;vlhkost; vlh. % ; tlak
; GEO_lat ; GEO_long ; ALT ; naklon ; azm ; S_el ;
M_el ; M_sv
```

Spustit měření se zápisem do EEPROM

požadavek: **m**

odpověď:

```
|-----|
|#####|
pol. ; EEPROM ; sek_1970 ; datum ; cas ; dvt ;
00021 ; 001420 ; 1675608666 ; 05.02.2023 ; 14:51:06 ; Ne ;

zona ; jas ; jas ;adr.;cid.; pozn. ; stab_jas ; infra ;
SEC ; 16199 ; 16,199 ; 01 ; 01 ; tl_DN ; STABIL ; 02145 ;

full ; [ms]; citl. ;teplota; tep.'C ;vlhkost; vlh. % ;
04162 ; 600 ; 9876x ; 07006 ; +20,06 ; 06088 ; 060,88 ;

tlak ; GEO_lat ; GEO_long ; ALT ; naklon ; azm ;
097501 ; +49,444359 ; +014,366580 ; +0517 ; -000,5 ; 356 ;

S_el ; M_el ; M_sv
+16 ; -11 ; 99
```

Během měření se zobrazuje jednoduchý textový bargraf. Počet políček odpovídá počtu průměrování. Po ukončení měření se vypíše kompletní záznam v textovém formátu i s hlavičkou.

Nastavení času

Před nastavením času musí být správně zvolená časová zóna (SEČ/SELČ)

Zadává se lokální čas pomocí řetězce, který obsahuje rok (4 znaky), měsíc (2 znaky), den (2 znaky), hodiny (2 znaky), minuty (2 znaky), sekundy (2 znaky) bez mezer a oddělovačů. Formát je

#Tyyyymmddhhnss.

Program netestuje správnost zadání.

Některé položky sice kontroluje (hodina nesmí být třeba větší než 23, rok nesmí být nižší, než 2020, nebo vyšší než 2099....).

Datумы se ale netestují (je možné třeba zadat 31. února).

příklad pro 23.4.2021 11:30:10

požadavek: **#T20210423113010**

odpověď:

```
Prijato: 20210423113010
```

```
Rozdil mezi casem v RTC a zadany m casem [s]: -7
```

```
23.4.2021 11:30:10 Pa
```

v případě chybného zadání (například když chybí nějaký znak) zahlásí program chybu.

Nastavení počtu měření jasu pro průměrování

požadavek: **#P 5**

odpověď:

```
Prumerovat 5 mereni
```

Minimální hodnota je 1 (v tom případě k průměrování nedochází a vrací se první změřená hodnota).

Maximum je 20. Každé měření trvá přes 1 sekundu, takže více průměrování znamená delší čas měření.

Nastavení úrovně stability

Tato funkce nastavuje maximální přijatelné kolísání jasů v desetinách procenta.. Když jas kolísá více než je nastaveno, zapisuje se do paměti značka o nestabilním měření a zároveň se po měření výstražně zapípá.

požadavek: **#S 15**

odpověď:

Rozhodovací úroveň pro stabilní jas je nastavena na 1.5 %

Minimální hodnota je 0 - v tom případě bude jako stabilní měření označeno jen takové měření, které nebude vůbec kolísat.

Maximální hodnota je 255. Potom budou jako nestabilní měření označeny jen záznamy, ve kterých hodnota kolísá nad 25,5%.

Detailní informace o vnitřních hodinách

požadavek: **#I** (velké 'i')

odpověď:

Informace o RTC

Aktuálně je SEC.

Čas v RTC bez korekce (GMT): 29.1.2022 18:50:09 So

Čas posledního serizování RTC (data z EEPROM) (GMT):

... v sekundách od 1.1.1970: 1643473839

... v čitelném tvaru: 29.1.2022 16:30:39 So

Interval od posledního nastavení času: 8370 [s] (= 0.10 [d])

Korekce času (data z EEPROM):

... uložené číslo v HEX formátu : 1E42

... sekunda se přičítá každých 7746 sekund od posledního serizování.

(to je asi 2.2 hodin)

Zatím se takto mělo přidat/ubrat: +1 extra sekund.

Takže zkorigovaný čas pro zobrazení je: 29.1.2022 19:50:10 So

Kalibrace náklonoměru

Tato funkce je aktivní pouze v případě, že je zapojený přídatný modul pro měření náklonu (LSM303DLHC)

požadavek: **#Nk**

odpověď:

```
Poloz SQM horizontalne  
>>
```

Spustí průvodce, který provede kalibraci náklonoměru na krajní body (horizont a zenit).

Detailní popis v kapitole "**Přídavné moduly náklonu**" na straně [85](#) tohoto návodu.

Kalibrace kompasu (magnetometru)

Tato funkce je aktivní pouze v případě, že je zapojený přídatný modul LSM303DLHC.

požadavek: **#Mk**

odpověď:

```
231 ; -1276 ; -683 ; 957 ; -442 ; -183  
231 ; -1276 ; -683 ; 1099 ; -442 ; -183  
231 ; -1276 ; -683 ; 1099 ; -208 ; -183  
231 ; -1276 ; -683 ; 1099 ; -173 ; -15  
231 ; -1276 ; -683 ; 1099 ; -128 ; -15  
114 ; -1276 ; -683 ; 1099 ; -128 ; -15  
100 ; -1276 ; -683 ; 1099 ; -128 ; -15  
100 ; -1276 ; -696 ; 1099 ; -128 ; -15  
100 ; -1276 ; -698 ; 1099 ; -128 ; -15  
*9  
*8  
*7  
100 ; -1276 ; -724 ; 1099 ; -128 ; -15  
*10  
*9  
*8  
*7  
52 ; -1276 ; -724 ; 1099 ; -128 ; -15  
24 ; -1276 ; -724 ; 1099 ; -128 ; -15  
*10  
*9  
*8  
*7  
*6
```

Detailní popis kalibrace v kapitole:

["Modul náklonoměru s kompasem LSM303DLHC"](#)

Nastavení SLAVE adresy pro komunikaci přes RS485

požadavek: **#A 2**

odpověď:

SLAVE adresa: 2

Při komunikaci přes RS485 se může připojit víc zařízení paralelně na jednu sběrnici. Každé ale musí mít unikátní adresu. Pomocí příkazu **#A** je možné adresu změnit v rozsahu 1 až 15.

Nastavená adresa se ukládá i každému záznamu (do EEPROM i do CSV souboru).

```
70 ; datum ; cas ; dvt; zona ; jas ; jas ;adr.;cid.; pozn. ; stab_jas ; infr  
519 ; 29.04.2021 ; 20:35:19 ; Ct ; SELC ; 15720 ; 15,720 ; 02 ; 01 ; tl_DN ; STABIL ; 0014
```

Zapnutí a vypnutí testování kontrolního bajtu při komunikaci přesRS485

požadavek: **#C 0**

odpověď:

CRC se nekontroluje

požadavek: **#C 1**

odpověď:

CRC se testuje

Každý požadavek vyslaný z PC do SQM přes RS485 by měl obsahovat jednobajtový kontrolní součet, pomocí kterého je možné zjistit, že během komunikace nedošlo k nějakému výpadku.

Pokud se přijatý kontrolní bajt neshoduje s vypočteným, považuje se požadavek za neplatný.

Kontrolní bajt se tvoří jednoduchým odečtením hodnot všech 12 odeslaných bajtů v požadavku od čísla 256.

Pro příklad:

Při odeslání požadavku:

0x01, 0x03, 0x00, 0x05, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00

se kontrolní bajt vypočte jako:

$256 - 1 - 3 - 0 - 5 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 = 247 = 0xF7$

Při případném "podtečení" pod 0 se pokračuje v odečítání v rámci jednoho bajtu.

Příkazem **#C 0** se může testování tohoto bajtu vypnout. To se hodí pro různé ručně zadávané testovací požadavky.

Opětovné zapnutí se provádí příkazem **#C 1**.

Nastavení oddělovačů v CSV souborech.

Jako oddělovače jednotlivých položek v CSV souborech je možné použít středník, čárku, mezeru nebo tabulátor.

Dále je možné ještě každou položku uzavřít do uvozovek, nebo nechat volně mezi oddělovači (místo uvozovek jsou mezery).

Také je možné se zvolit desetinný oddělovač (tečka, nebo čárka)

Poslední volbou je možnost zapnutí nebo vypnutí hlavičky na začátku každého CSV souboru.

Tyto parametry se nastavují příkazem **#O** (písmeno velké 'O' jako Oddělovač) za kterým následuje upřesňující nastavovací kód.

Seznam všech kódů je dostupný v mininápovědě po příkazu: **#O?**

```
#O,1 ... des. oddelovac: carka
#O,0 ... des. oddelovac: tecka
#O"1 ... uzavirat polozky do uvozovek
#O"0 ... neuzavirat polozky do uvozovek
#Oh1 ... vytvaret hlavicky
#Oh0 ... nevytvaret hlavicky
#Oo_ ... oddelovac polozek: mezera
#Oo, ... oddelovac polozek: carka
#Oo; ... oddelovac polozek: strednik
#Oot ... oddelovac polozek: tabulator
```

Pozor na případ, kdy je nastaven oddělovač položek jako čárka a oddělovač desetinných míst také jako čárka.

Příklady výstupních CSV souborů při různých oddělovačích:

Nahoře hlavička

1. řádka: oddělovač položek středník, desetinná čárka, bez uvozovek
2. řádka: oddělovač položek čárka, desetinná tečka, bez uvozovek
3. řádka: oddělovač položek čárka, desetinná tečka, s uvozovkami

```
pol. ; EEPROM ; sek_1970 ; datum ; cas ; dvt; zona ; jas ; jas ;adr.;
00537 ; 016044 ; 1619728519 ; 29.04.2021 ; 20:35:19 ; Ct ; SELC ; 15720 ; 15,720 ; 02 ;

00537 , 016044 , 1619728519 , 29.04.2021 , 20:35:19 , Ct , SELC , 15720 , 15.720 , 02 ,
"00537","016044","1619728519","29.04.2021","20:35:19","Ct","SELC","15720","15.720","02",'
```

SOFT formátování EEPROM



Vnitřní paměť se cyklicky přepisuje. Někdy ale může být vhodné uložené položky smazat. Pro mazání se používají dvě funkce SOFT a HARD formát.

Při SOFT formátu se u každého uloženého záznamu jen přepíše jeden bit, který označuje prostor v EEPROM jako volný.

Ve skutečnosti ale zůstávají stará data uložena v paměti a je možné je obnovit a zobrazit. Ve výpisech jsou takto "smazané" záznamy rozlišitelné podle toho, že je u nich časová zóna nastavena místo "SELC / SEC" na "_ELC/_EC".

SOFT formát trvá výrazně kratší dobu než HARD formát.

Po zadání příkazu **#FS** se v terminálu objeví jednoduchý, textový, sloupcový graf, který se pak začne postupně vyplňovat znaky '#'

```
SOFT format EEPROM ...
|-----|
|#####|
EEPROM byla zformatovana.
```

Během formátování probíhá odpočet i na displeji. Zobrazené znaky "S.F." na levé straně displeje jsou zkratkou pro "Soft Formát"

Po zformátování se provede automatický reset SQM a další záznam se začne ukládat od první pozice (adresa 700).

Formátování je možné přerušit 2s dlouhým stiskem tlačítka **[OK]**.

HARD formátování EEPROM



Na rozdíl od předchozího způsobu mazání EEPROM dochází při HARD formátu k úplnému smazání všech paměťových buněk v EEPROM.

Staré záznamy se tedy úplně smažou.

Tento způsob formátování trvá výrazně delší dobu (desítky minut).

I tady dochází k průběžnému zobrazování stavu pomocí jednoduchého bargrafu v sériové lince a na displeji. Před odpočítávaným číslem jsou v tomto případě zobrazeny znaky "H.F." jako zkratka pro "Hard Formát"

HARD formát je nutné spustit po každé změně ukládaných položek, nebo při prvním zapnutí SQM.

Formátování je možné přerušit 2s dlouhým stiskem tlačítka **[OK]**.

Během stisku se na displej začnou vypisovat pomlčky. Po zaplnění celého displeje dojde k přerušení.

Příkaz pro HARD formát je **#FH**

Nastavení hranice jasu pro ukládání do EEPROM.

Pomocí příkazu **#U** je možné určit hranici jasu, pod kterou se nebudou záznamy ukládat do EEPROM.

Zadávaná hodnota je v rozsahu 0 až 255 a odpovídá jasu 0 až 25,5 mag/arcsek².

Při 0 se budou ukládat všechny záznamy.

Při čísle 100 se budou ukládat jen ty záznamy, jejichž hodnota jasu byla vyšší (větší tma), než 10 mag/arcsek².

Využití této funkce bylo plánováno pro trvale umístěné SQM, aby se přes den zbytečně nezaplňovala paměť.

Toto nastavení se týká jen ukládání do EEPROM.

Na SD kartu se ukládají všechny záznamy (pokud je zasunutá).

Výjimkou je kalibrační měření jasu. Při této funkci se do EEPROM ukládají všechny změřené záznamy.

Požadavek: **#U 123**

Odpověď:

Do EEPROM se budou ukládat záznamy s hodnotou plošného jasu větší (tmavší) než 12.30 mag/arcsek²

Zápisy bodů do kalibračních tabulek

Detailně je kalibrace popsána v samostatné kapitole.

Ve vnitřní paměti se nachází oblasti označované jako kalibrační tabulky. Každá tabulka obsahuje několik bodů (kalibrační tabulky světla obsahují 15 bodů, tabulka pro teplotu má 7 bodů). Každý z těchto bodů má dvě "souřadnice" (souřadnice X udává hodnotu získanou z čidla, souřadnice Y udává, jaká hodnota se má při té hodnotě z čidla zobrazit na displeji).

Pomocí příkazů

#KJ n;x;y*

a

#KT n;x;y*

je možné tabulky upravovat.

n je pořadové číslo bodu v tabulce

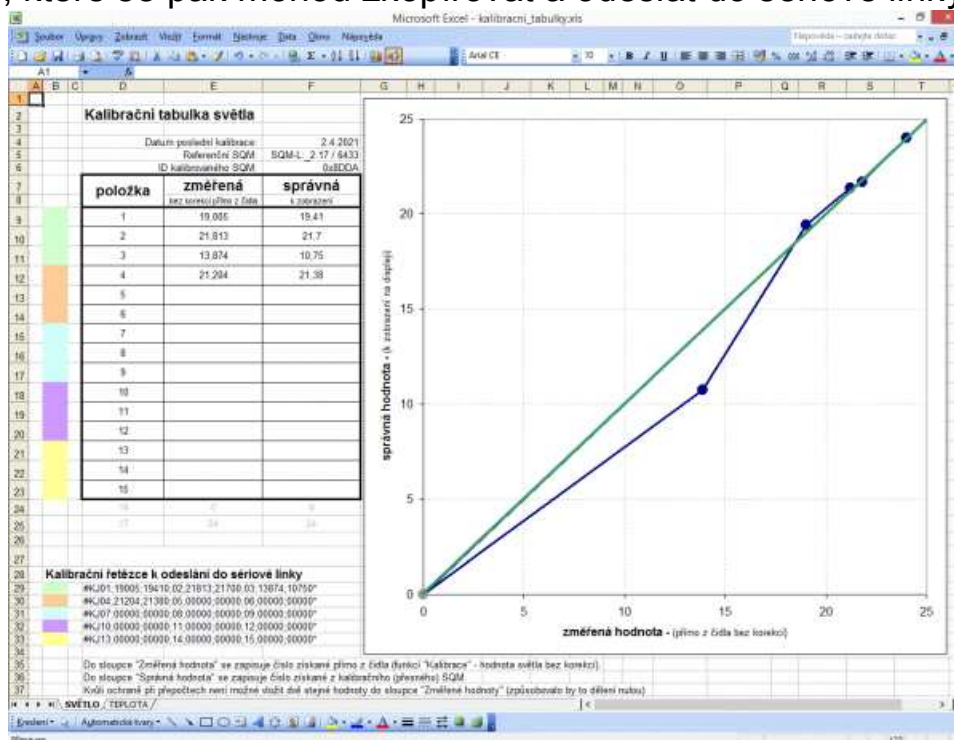
x je hodnota z čidla (pro jas je to v milimag/arcsek², pro teploty je to v setinách °C zvýšeno o +50°C)

y je hodnota, která se má zobrazit (ve stejném formátu jako hodnota X)

Je možné upravovat více bodů současně
(pro teplotu až 4 body, pro jas až 3 body).

Po posledním odeslaném bodu musí následovat znak hvězdička (*)

Pro lepší komfort byl vytvořen Excelovský dokument, do kterého se do skutečných tabulek zadávají hodnoty a z nich se automaticky tvoří příkazy, které se pak mohou zkopírovat a odeslat do sériové linky.



Příklad příkazu pro úpravu 4 bodů v teplotní kalibrační tabulce:

#KT01;7300;7380;02;7060;6950;03;6470;6420;04;7820;8010*

To odpovídá této tabulce:

položka	změřená	správná
	bez korekcí přímo z čidla	k zobrazení
1	23,00	23,80
2	20,60	19,50
3	14,70	14,20
4	28,20	30,10
ε		

Příklad příkazu pro úpravu 3 bodů v kalibrační tabulce jasu:

#KJ01;19005;19410;02;21813;21700;03;13874;10750*

To odpovídá této tabulce:

položka	změřená	správná
	bez korekcí přímo z čidla	k zobrazení
1	19,005	19,41
2	21,813	21,7
3	13,874	10,75

Editace přednastavených pozorovacích stanovišť

Příkazem **#E** se vypíší všechna pozorovací stanoviště včetně dat grafických symbolů pro displej. Současně s tím se postupně zobrazuje popis i na displeji.

V prvním sloupci je pořadové číslo stanoviště, pak následuje textový popis a na závěr je 5 bajtů grafických symbolů pro sedmissegmentovky.

```
1 - Poz.Stan.1 - 109 , 120 , 119 , 212 , 6 ,  
2 - Poz.Stan.2 - 109 , 120 , 119 , 212 , 91 ,  
3 - Poz.Stan.3 - 109 , 120 , 119 , 212 , 79 ,  
4 - Poz.Stan.4 - 109 , 120 , 119 , 212 , 102 ,  
5 - Poz.Stan.5 - 109 , 120 , 119 , 212 , 109 ,
```

Příkazem **#ETn text** je možné měnit textový popis u některého ze stanovišť ('n' je pořadové číslo 1 až 5) a text může být až 10 znaků dlouhý. Mezi pořadovým číslem a textem musí být jeden znak mezera.

Příklad:

#ET3 Na poli

změní předchozí tabulku takto:

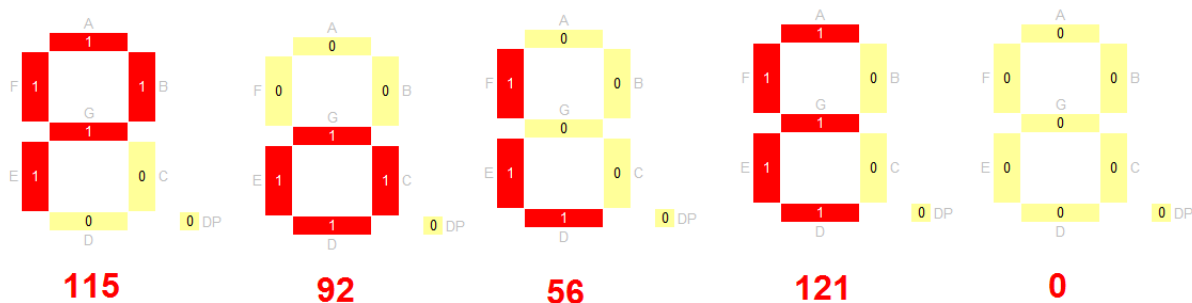
```
1 - Poz.Stan.1 - 109 , 120 , 119 , 212 , 6 ,
2 - Poz.Stan.2 - 109 , 120 , 119 , 212 , 91 ,
3 - Na poli     - 109 , 120 , 119 , 212 , 79 ,
4 - Poz.Stan.4 - 109 , 120 , 119 , 212 , 102 ,
5 - Poz.Stan.5 - 109 , 120 , 119 , 212 , 109 ,
```

Příkazem **#EGn g,g,g,g,g** se mění grafická značka na displeji (pro přehledné listování). 'n' je opět pořadové číslo stanoviště a 'g' jsou čísla, která v binárním tvaru určují rozsvícené segmenty na displeji.

Pro určení těchto čísel je vhodné použít excelovský dokument "fontgen.xls" z přílohy. V něm se na segmenty, které mají svítit, zapíše 1, pro zhasnuté segmenty se na ně zapíše 0.

Výsledné číslo pro celý znak se pak zobrazí dole.

Pro nápis "PoLE" by byla získaná čísla následující:



Příkaz pro vložení grafického nápisu 'PoLE' na displeji pro třetí stanoviště by tedy vypadal takto:

#EG3 115,92,56,121,0



Po každé editaci se automaticky provádí výpis tabulky:

```
1 - Poz.Stan.1 - 109 , 120 , 119 , 212 , 6 ,
2 - Poz.Stan.2 - 109 , 120 , 119 , 212 , 91 ,
3 - Na poli     - 115 , 92 , 56 , 121 , 0 ,
4 - Poz.Stan.4 - 109 , 120 , 119 , 212 , 102 ,
5 - Poz.Stan.5 - 109 , 120 , 119 , 212 , 109 ,
```

Kalibrace luxmetru

Kalibraci je možné provést jen porovnáním s jiným luxmetrem.

Pro hrubé nastavení převodní křivky je možné použít kvadratickou funkci $y = (c * x * x) + (a * x) + b$, kde 'y' je hodnota, která se má zobrazit, a 'x' je hodnota získaná přímo z čidla.

Konstanta 'a', 'b', a 'c' se zadávají do sériové linky příkazy:

#Xa n.n

#Xb n.n

#Xc n.n

(n.n je desetinné číslo s desetinnou tečkou jako oddělovačem)

Pro konstanty 'a' a 'b' se zadává normální požadovaná hodnota. Rozsah zadávaných čísel je +/- 655,35 (nejnižší rozlišení je tedy 1 setina).

Pro kvadratickou konstantu 'c', která lineární převodní přímku může ohnout, se zadává číslo ve stotisícinách. Rozsah takto zadaného čísla je asi +/- 65.54 a nejmenší rozlišení je tedy v desetimiliontinách.

Příklad: při zadání "#Xc 2.159" bude konstanta c = 0.0000216

Vzhledem k použití float formátu čísel, může docházet k nepřesnému zaokrouhlování zadávaných čísel.

Po každém zadání se konstanta ukládá do EEPROM a pro kontrolu se hned vypíše do terminálu:

```
lux_kal_a = 2.50  
lux_kal_b = 0.00  
lux_kal_c = 0.0000216
```

Příkazem **#X** bez dalších parametrů se pouze vypíše uložené hodnoty.

Přímý zápis hodnot do vnitřní EEPROM

Tato funkce byla využívána při vývoji, když bylo nutné něco ručně přepsat v EEPROM

Zadává se adresa v rozsahu 0 až 131071 a jeden bajt, který se má na tuto adresu uložit.

V odpovědi se zobrazí původní hodnota a hodnota, která se zapisuje.

Příklad pro změnu aktuálního pořadového čísla časové značky

požadavek: **@W 470,5**

odpověď:

```
puvodni: EEPROM[470] = 1    -> 5
```

Přímé čtení hodnot z vnitřní EEPROM

Pouze zobrazení obsahu EEPROM se zadanou adresou.

Zobrazí se přímo obsah zadané buňky a navíc ještě sloučený obsah s následující buňkou (data na adrese jsou jako MSB a data na adrese + 1 jako LSB).

Výsledek je v tomto případě vždycky zobrazen jako unsigned int.

Příklad pro zobrazení změřené hodnoty jasu v prvním záznamu (adresa 705)

požadavek: **@R 605**

odpověď:

```
EEPROM[705] = 0b00110011 = 51
```

```
MSB[705] + LSB[706] = (unsigned int) 13085
```

Nastavení počtu čidel na rozšiřující desce

Funguje pouze v případě použití rozšiřující desky s více čidly světla.

Počet čidel je možné nastavit v rozsahu 1 až 7.

Pokud není rozšiřující deska použita, je počet čidel nastaven na 1.

požadavek: **@X 3**

odpověď:

```
Zadany pocet vstupu pro cidla na expanzni desce: 3
```

Číslo právě použitého čidla se ukládá ke každému záznamu do EEPROM i do CSV souboru:

```
cas ; dvt; zona ; jas ; jas ; adr.;cid.; pozn. ; stab_j;  
03:53 ; So ; _EC ; 13085 ; 13,085 ; 01 ; 01 ; t1_OK ; STABI
```

Ruční přepínání čidel světla na rozšiřující desce

Funguje pouze v případě použití rozšiřující desky s více čidly světla.

Po spuštění příkazu se přepne na následující čidlo včetně jeho kalibrační tabulky. Když je přepnuto na poslední čidlo, začne se příště znova od čidla 1.

požadavek: **@E**

odpověď:

```
Aktualne je aktivni cidlo: 1
```

požadavek: **@E**

odpověď:

```
Aktualne je aktivni cidlo: 2
```

Nastavení defaultních hodnot do kalibrační tabulky pro světlo

Při prvním spuštění je nutné zaplnit kalibrační tabulku pro světlo defaultními hodnotami.

Po odeslání požadavku dojde k zápisu hodnot a následně k automatickému resetu. Reset je signalizován na displeji.

Funkci je možné použít i v případě, že se omylem do kalibrační tabulky uloží nesmyslné údaje a po přepočtech se pak zobrazují nesmyslná čísla.

požadavek: **@DS**

odpověď:

Nastaveny defaultni kalibracni hodnoty pro cidlo jasu

Nastavení defaultních hodnot do kalibrační tabulky pro teplotu

Stejný případ jako v předchozím případě, akorát pro teplotní kalibrační tabulku.

požadavek: **@DT**

odpověď:

Nastaveny defaultni kalibracni hodnoty pro teplotu

Obnovení defaultních systémových parametrů

V případě, že dojde k nějakému problému kvůli špatně nastaveným parametrům, je možné uvést SQM do základního nastavení. Tato funkce musí být použita i při prvním zapnutí SQM. Po vykonání příkazu dojde k automatickému resetu.

požadavek: **@DP**

odpověď:

```
Nastaveny defaultni parametry
```

Pokud je něco hodně špatně (třeba nefunguje ani komunikace, takže není možné provést zadání příkazu) dají se defaultní parametry obnovit i tak, že se stisknou všechny 3 tlačítka zároveň a pak se zapne napájení. SQM zapípá a na displeji se začnou zobrazovat pomlčky. Asi po 10 sekundách se na displeji objeví nápis "dEFA". Tím je obnovení dokončené.



Součástí obnovení defaultních parametrů je i zrušení všech přednastavených pozorovacích stanovišť.

Seznam přednastavených parametrů:

adresa	hodnota	význam
0 až 3	0	čas posledního seřizení = 1.1.1970 0:00:00
4 až 7	0	sekunda se přičítá jednou za 68 let
8	0	časová zóna = SEČ
9	0b00010110	des. oddělovač čárka, oddělovač položek středník, hlavičku vkládat, nezavírat položky do uvozovek
10	0	automatické spouštění vypnuté
11	3	průměrování ze 3 vzorků
14	0	komunikační rychlost = 9600 SLAVE adresa = 1
15	1	kontrolní bajt přes RS485 se testuje
16	20	hranice pro nestabilní jas jsou 2%
17	1	1 čidlo světla (bez rozšiřující desky)
18	0	záchytný bod pro hledání volného místa
19	0	ukládat se budou všechny záznamy nezávisle na změřeném jasu
485	500	domácí zeměpisná šířka = +50,0° (sever)
487	150	domácí zeměpisná délka = +15,0° (východ)
489, 490	1, 2	časový posun proti UTC pro zimu a léto
575 až 582	"SEC SELC"	textové označení 'zimní' a letní časové zóny

RESET přes sériovou linku



I tato funkce tam zbyla z vývoje a v podstatě nemá žádný význam.

požadavek: @@

Po vykonání příkazu se na chvíli na displeji zobrazí nápis RESET.

Změna rychlosti sériové komunikace

Je možné zvolit jednu ze 4 přednastavených rychlostí komunikace. Změna se týká obou sériových linek (USB i RS485). Při spojení více SQM do sítě musí mít všichni nastavenou stejnou rychlost.

Příklad pro nastavení rychlosti 19200:

požadavek: @S 1

odpověď:

Baudrate: 19200

Povolené parametry jsou:

- 0 pro 9600
- 1 pro 19200
- 2 pro 38400
- 3 pro 115200

Po změně rychlosti dochází k automatickému resetu (nápis rESEt na displeji).

Od toho okamžiku přestává SQM komunikovat na staré rychlosti a přechází na novou.

Detailní informace o GPS desce

Příkazem **@G** se v sériovém terminálu zobrazí detailní informace o GPS souřadnicích, kvalitě signálu a stavu desky.

Bez připojené desky SQM-GPS4, nebo bez zafixovaného signálu se v jednotlivých položkách zobrazují chyby a nesmyslné údaje:

```
GPS LAT: 4294967295 = Err
GPS LON: 4294967295 = Err
GPS ALT: 65535 = Err
GPS satellites: 0
GPS HDOP: 99.99 (Err)
GPS date time (UTC): 00.00.2000 00:00:00
RTC date time (UTC): 27.10.2022 22:16:25
GPS OK cnt: 0
GPS status: 0 (data: -- ; Time_SET: OFF ; Int.)
ver_SW:2023-08-23..INT
NMEA:
  $GPRMC,163517.00,V,,,,,,,,,230122,,,N*7A
  $GPGGA,163518.00,,,,,,,,,0,00,99.99,,,,,,,,*6E
```

Když je ale signál zafixovaný zobrazí se správné informace:

```
GPS LAT: 139444323 = [N] 49.444324
GPS LON: 194366598 = [E] 14.366598
GPS ALT: 997 = 497 [m]
GPS satellites: 9
GPS HDOP: 1.00
GPS date time (UTC): 01.07.2023 14:58:53
RTC date time (UTC): 01.07.2023 14:58:46
GPS OK cnt: 100
GPS status: 7 (data: OK ; Time_SET: ON ; Int.)
ver_SW:2023-08-23..INT
NMEA:
  $GPRMC,145853.00,A,4926.66003,N,01421.99565,E,0.142...
  $GPGGA,145854.00,4926.66012,N,01421.99569,E,1,09,1....
```

První číslo ze souřadnic udává nezpracovanou hodnotu přímo z modulu. Druhé je pak převedené na "čitelné" souřadnice ve stupních a metrech.

"GPS satellites" udává počet zafixovaných družic (čím víc, tím líp).

"GPS HDOP" je zjednodušeně řečeno přesnost zaměření v závislosti na geometrickém rozložení zafixovaných družic (čím menší číslo, tím přesnější souřadnice). Detailní popis položky najdete Googlem po zadání termínu "Horizontal Dilution of Precision".

Položka "GPS OK cnt" udává počet bezchybných měření (0 až 100). Když dojde k výpadku signálu, čítač se vynuluje.

Položka "GPS status" udává, jestli už je dostatek měření pro průměrování zeměpisných souřadnic a jestli se bude nastavovat čas podle GPS (v GPS je čas dostupný a zároveň je přepnutý přepínač). U externí verze modulu GPS je na konci uvedena značka "Ext."

U interní verze je na konci značka "Int."

Interní verze vždy synchronizuje vnitřní RTC hodiny podle GPS signálu (pokud je dostupný).

U externí verze je možné volit přepínačem, jestli se bude, nebo nebude čas synchronizovat.

Od poslední verze programu se vypisuje i verze programu v desce GPS.

Na závěr se vypisují dvě poslední přijaté NMEA zprávy GxRMC a GxGGA tak, jak je odeslal modul NEO-6M.

Význam položek (opsáno z kat. listu):

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

\$--GGA,hhnnss.ss,DDMM.SSSSS,a,DDDMM.SSSSS,a,x,xx,x.xx,xxx.x,M,xx.x,M,x.x,xxxx*hh
\$PGGA,103503.00,4926.66051,N,01421.99675,E,1,05,3.47,503.4,M,44.3,M, , *53

1) Time (UTC)

2) Latitude

3) N or S (North or South)

4) Longitude

5) E or W (East or West)

6) GPS Quality Indicator,

0 - fix not available,

1 - GPS fix,

2 - Differential GPS fix

7) Number of satellites in view, 00 - 12

8) Horizontal Dilution of precision

9) Antenna Altitude above/below mean-sea-level (geoid)

10) Units of antenna altitude, meters

11) Geoidal separation, the difference between the WGS-84 earth ellipsoid and mean-sea-level (geoid), "-" means mean-sea-level below ellipsoid

12) Units of geoidal separation, meters

13) Age of differential GPS data, time in seconds since last SC104 type 1 or 9 update, null field when DGPS is not used

14) Differential reference station ID, 0000-1023

15) Checksum

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
\$--RMC,hhnnss.ss,A,DDMM.SSSSS,a,DDMM.SSSSS,a,x.xxx,xxx.xx	,ddmmyy,	x.x	,a	,m	*hh							
\$GPRMC,110202.00,A,4926.67068,N,01421.99541,E,1.052,169.82	,311220,		,	,	A	*6F						

- 1) Time (UTC)
- 2) Status, V = Navigation receiver warning
- 3) Latitude
- 4) N or S
- 5) Longitude
- 6) E or W
- 7) Speed over ground, knots
- 8) Track made good, degrees true
- 9) Date, ddmmyy
- 10) Magnetic Variation, degrees
- 11) E or W
- 12) FAA mode indicator (NMEA 2.3 and later)
- 13) Checksum

Nastavení domácích zeměpisných souřadnic a časových zón

Souřadnice se používají pro astronomické výpočty polohy Slunce a Měsíce. Zadávané číslo se zaokrouhluje na 1 desetinné místo:

Nastavení zeměpisné šířky:

požadavek: **@Gs 49.5**

odpověď:

Zemepisna sirka: 49.5

Nastavení zeměpisné délky:

požadavek: **@Gd 14.9**

odpověď:

Zemepisna delka: 14.9

Nastavení letní časové zóny (třetí znak je malé 'L'):

požadavek: **@G1 2**

odpověď:

Casovy posun zima/leto: 1 / 2

Nastavení zimní časové zóny:

požadavek: **@Gz 1**

odpověď:

Casovy posun zima/leto: 1 / 2

Časové zóny vůbec nemusí být jen SEČ a SELČ. Program si poradí i s mimoevropskými zónami.

Například -6 pro americký CST, nebo +9 pro japonský JST.

Povoleny jsou ale jen celočíselné posuny (Nepál, Indie nebo Afghánistán mají smůlu.)

Do programu jsem přidal i možnost nastavit popisky časových zón. Každý popis musí obsahovat přesně 4 znaky (mohou to být i mezery). Všechny 8 znaků se zadává najednou v jednom příkazu. Za příkazem @Gp musí následovat 1 mezera a pak hned 8 libovolných ASCII znaků. První 4 pro popis zimní zóny, zbylé 4 pro popis letní zóny.

Příklad příkazu: **@Gp SEC SELC**

odpověď:

```
SEC  
SELC
```

Poznámka: Do EEPROM se k záznamům neukládají textové popisky. Je tam jen značka (léto/zima). Textové popisky se používají jen při výpisech (do terminálu, nebo na kartu).

Zapnutí nebo vypnutí pípání

Pomocí této funkce je možné nechat ztichnout celé SQM. Opětovné zapnutí zvuku se provádí stejným příkazem.

požadavek: **@P**

odpovědi:

```
Pipani povoleno
```

nebo

```
Pipani zakazano
```

Při zapnutí funkce se ještě navíc ozve krátké pípnutí.

Vypnutí pípání se netýká varovného hlášení o poklesu napětí baterie. Při poklesu napětí baterie se bzuknutí ozve vždycky.

Logování nastavování RTC přes GPS na SD kartu

Použitím příkazu `@/` je možné povolit nebo zakázat zápis informací o nastavení RTC přes GPS do souboru "RTC_set.csv".

Tento soubor slouží k analyzování dlouhodobé stability vnitřního RTC. Pokud je zápis povolen, ukládají se při každém nastavení času do souboru tyto informace:

- Přesný čas z GPS (v čitelném formátu YYYY/MM/DD hh:nn:ss)
- Přesný čas z GPS (v sekundách od 1.1.1970).
- Nezkorigovaný čas v RTC (v sekundách od 1.1.1970).
- Rozdíl těchto časů v sekundách (odchylka GPS-RTC).
- Interval od předchozího seřízení (ve dnech).
- Vypočtená korekce (po kolika hodinách přidat/ubrat korekční sekundu).

Příkaz `@>` pak může tento soubor vypsat do sériové linky (není tedy nutné vyndávat kartu)

Příklad výpisu:

```
RTC_set.csv
-----
YYYY/MM/DD;hh:nn:ss; GPS [s] ; RTC [s] ; RTC-GPS ; int[D]; kor[h] ;9 Info 0;
=====;
2022/01/29;19:13:29;1643483609; ;-1643483204; ; ;0100000010;
2022/01/30;20:46:05;1643575565;1643575561;-0000000004;001.064;+000006.39;0010100100;
2022/01/30;20:56:52;1643576212;1643576214;+0000000002;000.007;+000006.39;0100010001;
2022/01/31;21:05:20;1643663120;1643663116;-0000000004;001.006;+000006.04;0010100100;
2022/01/31;21:06:53;1643663213;1643663213;+0000000000;000.001;+000006.04;0100010001;
2022/01/31;21:07:07;1643663227;1643663226;-0000000001;000.000;+000006.04;0100010001;
2022/02/02;05:22:55;1643779375;1643779370;-0000000005;001.344;+000006.45;0010100100;
```

Všechny časy v tabulce jsou v UT (GMT).

RTC i GPS vnitřně pracuje pouze s UT nezávisle na časové zóně nebo letním a "zimním" čase.

Letní nebo "zimní" čas se zohledňuje až při ukládání záznamů do EEPROM, nebo při zobrazování času na displeji.

Popis sloupců:

YYYY/MM/DD	- datum z GPS v čitelném tvaru (UT)
hh:nn:ss	- čas z GPS v čitelném tvaru (UT)
GPS [s]	- čas z GPS převedený na počet sekund od 1.1.1970
RTC [s]	- aktuální čas v RTC převedený na počet sekund od od 1.1.1970 V případě, že není sloupec zobrazený, znamená to, že je v RTC nesmyslný čas (rok je menší než 2020)
RTC-GPS	- odchylka mezi přesným časem GPS a časem uloženým v RTC v sekundách.
int[D]	- interval mezi posledním a předposledním seřizením času ve dnech (desetinné číslo). V případě, že není sloupec zobrazený, znamená to, že je interval delší než 2 roky.
kor[h]	- Po kolika hodinách se má přidávat (+) nebo ubírat (-) korekční sekunda. V případě, že není sloupec zobrazený, znamená to, že je autokorekce vypnutá (nastavená na 1 sekundu za 68 let).
Info	- sloupec s binárně zakódovanými informacemi o stavu RTC a autokorekce. Detailní vysvětlení níže.

Popis bitů ve sloupci Info (čísla 9 a 0 označují směr číslování bitů):

- bit 0 ... Moc krátký interval od předchozího seřízení času (kratší než 1 den).
RTC se seřídí, ale korekce se převezme z posledního výpočtu, který byl provedený za delší období.
- bit 1 ... Moc dlouhý interval od předchozího seřízení času (delší než půl roku).
RTC se seřídí, ale korekce se zruší.
Je nutné po několika dnech provést nové seřízení, při kterém proběhne nový výpočet korekcí.
Může to být způsobeno i vybitou baterií v RTC, nebo prvním zapnutím před nastavením času.
- bit 2 ... Správný interval od předchozího seřízení času (1 den až půl roku).
RTC se seřídí a rovnou se spočítá nová korekce.
- bit 3 ... Velká odchylka mezi novým časem a časem v RTC.
RTC bylo sice seříděno na nový čas, ale korekce se zruší.
Možná chyba záložní baterie, nebo nepřesné ruční nastavení RTC.
Je nutné po několika dnech provést nové seřízení, při kterém proběhne nový výpočet korekcí.
- bit 4 ... Odchylka mezi novým časem a časem v RTC je v pořádku.
RTC bylo seříděno na nový čas, ale korekce zůstává beze změny - z předchozího výpočtu.
Výpočet korekce z krátkého intervalu mezi seřizeními by byl nepřesný.
- bit 5 ... Odchylka mezi novým časem a časem v RTC je v pořádku.
Protože je v pořádku i interval od posledního seřízení, bude se počítat nová autokorekce.
- bit 6 ... RTC je až moc nepřesné.
Možná došlo dříve k nějakému špatnému ručnímu přenastavení.
RTC bylo sice seříděno na nový čas, ale korekce se zruší.
Autokorekce není schopná takovouto chybu opravovat.
Znamenalo by to přidávat / ubírat sekundu dříve než každých 5 minut.
Je nutné po několika dnech provést nový pokus o seřízení, při kterém proběhne nový výpočet korekcí.
- bit 7 ... Zápis změny korekce do EEPROM.
- bit 8 ... Korekce se nezměnila - do EEPROM se nezapíše.
- bit 9 ... zatím nepoužito = vždycky 0

V ideálním případě by měla být korekce na všech řádkách stejná. To by znamenalo, že se sice vnitřní RTC rozchází od skutečného času, ale tato nepřesnost je pořád stejná a dá se korigovat autokalibrační funkcí.

(V úplně nejvíc nejideálnějším případě by ta korekce měla být dokonce pořád nulová, ale to se asi nikdy nestane.)

Větší rozdíly korekcí mezi řádky ukazují, že je vnitřní RTC nestabilní a pro dosažení přesnosti je nutné častější seřizování času. Nestabilita může být způsobena třeba i změnou teploty.

V některých případech mohou zůstat některá pole prázdná. Například když se jedná o první seřízení času, není možné zjistit interval od předchozího seřízení ani z toho vypočítat korekci.

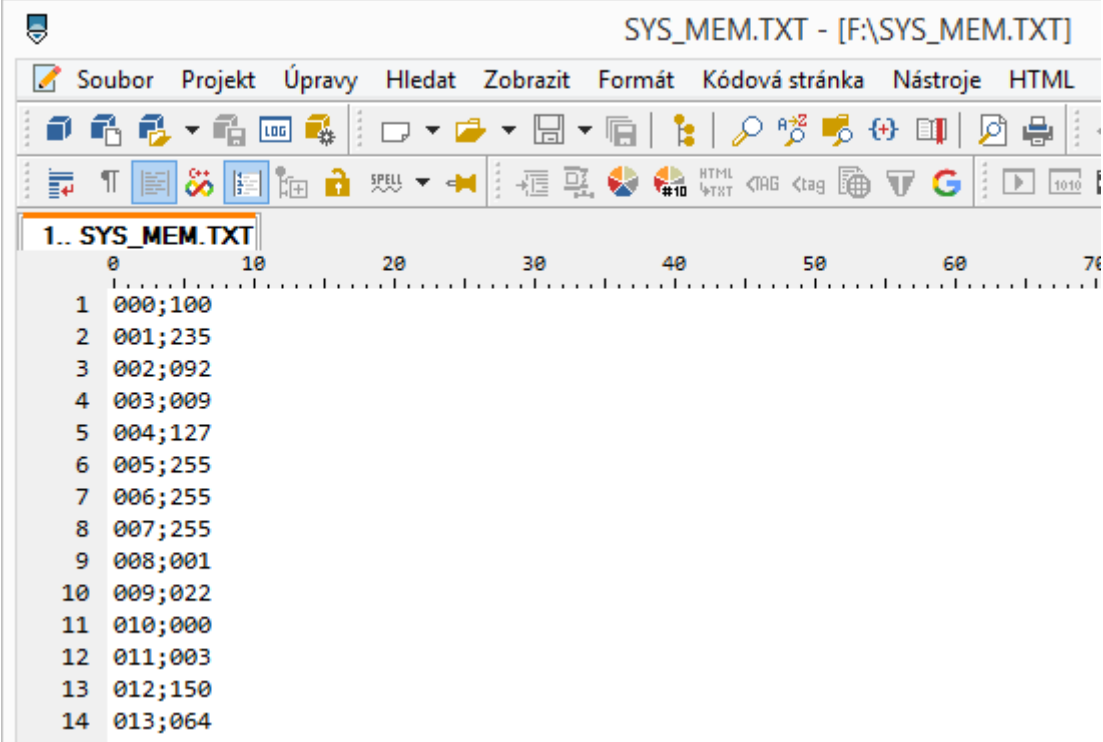
Záloha a obnovení nastavených parametrů na SD kartu

Pomocí příkazu **@Z** je možné zazálohovat nastavení parametrů na SD kartu. Záloha se ukládá na SD kartu jako čitelný textový soubor "SYS_MEM.TXT" v kořenovém adresáři karty. Případný existující soubor se přepisuje.

Zálohuje se kompletní oblast EEPROM od adresy 0 do adresy 699.

Formát ukládaných čísel je desítkový, s pevně nastavenou šířkou čísel 3 znaky - doplněnou o úvodní nuly.

Adresy a data jsou oddělené středníkem bez dalších mezer.



```
1.. SYS_MEM.TXT
0 000;100
1 001;235
2 002;092
3 003;009
4 004;127
5 005;255
6 006;255
7 007;255
8 008;001
9 009;022
10 010;000
11 011;003
12 012;150
13 013;064
```

Obnovení uloženého nastavení z SD karty se provede příkazem **@O**.

Při obnovení dat se záměrně přeskakují následující údaje:

- Kalibrace času (adresy 0 až 7)

- Unikátní identifikace (adresy 12 a 13)

- Záchytná adresa prázdného místa v EEPROM (adresa 18) - ta se nastaví na první záznam, takže nalezení první volné pozice v EEPROM pro ukládání dalšího záznamu může po provedení této funkce trvat delší dobu.

Příkazy pro komunikaci s programem "Unihedron Device Manager"

SQM dokáže reagovat na 3 příkazy, které odesílá program UDM přes USB sériovou linku.

Detailní ukázka v kapitole [Komunikace s "Unihedron Device Manager"](#).

Jedná se o příkaz **ix**, který vrátí do sériové linky řetězec, který UDM vyhodnotí jako originální přístroj SQM-LE.

```
i,00000002,00000003,00000001,00012345
```

Řetězec je možné upravit v souboru "ser_kom.ino" na řádce 141:

```
134
135     if (funkce == USB_fce_1_13) // 'i' informace o s
136     {
137 #ifndef omezeni_funkci_3 // tuto funkci je mo
138     char znak = Serial.peek();
139     if (znak == 'x') // specialni funkce
140     {
141         Serial.println("i,00000002,00000003,00000001,00012345"); // Protocol number,
142     }
143     else
```

Popis řetězce je v příloženém dokumentu "SQM-LU_Users_manual.pdf".

8.2.5 Unit information

Unit information command "ix" provides details about the software in the micro-controller.

The format of the response is:

Table 8.6: Unit information request response

Column	Example value	Description
0	1	Indicates that the unit information response is being returned.
2-9	00000002	Protocol number (8 digits). This will always be the first 8 characters (after the "1," response). This value indicates the revision number of the data protocol to/from the SQM-LU. The protocol version is independent of the feature version.
11-18	00000003	Model number (8 digits). The model value identifies the specific hardware model that the firmware is tailored for.
20-27	00000001	Feature number (8 digits). The feature value identifies software features. This number is independent of the data protocol.
29-36	00000413	Serial number (8 digits). Each unit has its own unique serial number.
37-38		Carriage return (0x0d), Line feed (0x0a).

An example of the response is:

```
1,00000002,00000003,00000001,00000413
0123456789 123456789 123456789 12345678
```


Další příkazy z UDM, na které SQM reaguje, jsou příkazy **rx** a **R** (případně **Rx**).

Každý z těchto příkazů vrátí poslední zaznamenanou hodnotu světla a teploty z EEPROM v následujícím formátu:

```
r, 13.41m,0000022921Hz,0000000020c,0000000.000s, 25.0C
```

Řetězec se poskládá v podprogramu `vypis_LU()` v souboru "hlavni.ino" na řádkách 1700 až 1724.

```

1700 //-----
1701 #ifndef omezeni_funkci_3 // tuto funkci je mozne kvuli uspore prostoru
1702 void vypis_LU(void) // vypis posledniho zaznamu ve formatu SQM-LU
1703 {
1704     if (adr_posl_zaznamu > 0)
1705     {
1706         priprav_1_zaznam(adr_posl_zaznamu); // v promenne 'adr_posl_zaznamu' je ulozena ad
1707         // "r, 06.70m,0000022921Hz,0000000020c,0000000.000s, 039.4C"
1708         Serial.print("r, ");
1709         float UHJ = (vystupni_retezec[75]-48) * 10 + vystupni_retezec[76]-48 + (vystupni_retezec[78]-48) *
1710         if (UHJ < 10) Serial.print('0');
1711         Serial.print (UHJ,2);
1712         Serial.print("m,0000022921Hz,0000000020c,0000000.000s,");
1713         if (vystupni_retezec[151] == '+') Serial.print(' ');
1714         else Serial.print('-');
1715         float UHT = (vystupni_retezec[152]-48) * 10 + vystupni_retezec[153]-48 + (vystupni_retezec[155]-48)
1716         if (UHT < 10) Serial.print('0');
1717         Serial.print (UHT,1);
1718         Serial.println('C');
1719     }
1720 }
1721 }
1722 }
1723 #endif
1724 //-----

```

Popis je opět v přiloženém dokumentu "SQM-LU_Users_manual.pdf":

8.2.1 Reading request

The "Reading" request "rx" or "Rx" commands the SQM-LU to provide the current darkness value as well as all variables used to generate that result.

Readings produced by this request are averaged internally by using the last 8 readings and shifting those values through an 8 cell buffer then summing and dividing by 8. Use the "ux" command to get the un-averaged and most recent value. Averaging is only performed on period-mode readings (when the light sensor frequency is below 128Hz). Frequency mode readings (above 128Hz) are automatically averaged because the reading is taken from a one second sampling of pulses.

The format of the response is shown in table 8.2:

Table 8.2: Reading request response

Column	Example value	Description
0	r	Indicates that a reading is being returned.
2-8	_06.70m	Reading in $\frac{mV}{\mu W/cm^2}$. Leading space for positive value. Leading negative sign (-) for negative value. A reading of 0.00m means that the light at the sensor has reached the upper brightness limit of the unit.
10-21	0000022921Hz	Frequency of sensor in Hz.
23-33	0000000020c	Period of sensor in counts. Counts occur at a rate of 460.8 kHz (14.7456MHz/32).
35-46	0000000.000s	Period of sensor in seconds with millisecond resolution. Determined by dividing the above counts value by 460800.
48-54	_039.4C	Temperature measured at light sensor in degrees C. The value is averaged and presented every 4.3 seconds. Leading space for positive value. Leading negative sign (-) for negative value.
55-56		Carriage return (0x0d). Line feed (0x0a).

An example of the response is:

```
r, 06.70m,0000022921Hz,0000000020c,0000000.000s, 039.4C
0123456789 123456789 123456789 123456789 123456789 123456
```

Popis komunikace přes linku RS485

Základní nastavená rychlost je 9600, 8 databitů, bez parity.

Rychlost je možné změnit přes USB pomocí příkazu: **@S n**

(n je číslo od 0 do 3 pro rychlosti : 9600, 19200, 38400, nebo 115200)

Změna rychlosti se týká i komunikace přes USB.

Komunikace probíhá následovně:

Master (počítač) odešle požadavek - délka požadavku je vždycky stejná (13 bajtů). Pokud nějaká funkce nevyužije všechny parametry, odesílají se s hodnotou 0.

1. bajt je vždycky SLAVE adresa (nebo v některých případech 127 pro společné ovládání všech zařízení na lince)
2. bajt je kód funkce (1 až 14)
3. až 12. bajt obsahuje případné parametry funkcí
13. bajt je kontrolní bajt (všech 12 předchozích bajtů postupně odečtených od 256)

Pak MASTER maximálně 2,5 sekundy čeká na odpověď.

Když odpověď nepřijde, znamená to chybu (timeout).

Čeká ještě další sekundu, která by měla umožnit vymazat buffer všem ostatním slejvům.

Každý SLAVE si testuje alespoň 1x za 2 sekundy, jestli se něco neobjevilo na komunikační lince.

Když ano, přijme 13 bajtů a zhodnotí, jestli se ho týkají (souhlasí adresa, dorazilo přesně 13 bajtů a (pokud je testování zapnuto) souhlasí kontrolní součet ve 13. bajtu).

SLAVE, kterého se požadavek týká, musí okamžitě odpovědět.

Minimálně zprávou, že ještě pracuje a že výsledek není dostupný.

Tím relace končí.

Master si pak musí určit další termín, kdy se příslušného slejva znova dotáže.

Master nesmí odeslat další dotaz do jiného zařízení dřív, než 3 sekundy po poslední odpovědi.

To by mělo všem slejvům dát možnost vyprázdnit své buffery.

Pokud komunikuje jen s jedním zařízením, může další dotaz odeslat hned po příjmu předchozí odpovědi.

Když nějaký slejv přijme data, která se ho netýkají, dá si 3 sekundy pauzu během které ignoruje veškerou komunikaci (přijímá data, ale hned maže buffer).

Po 3 sekundách od začátku relace by měla být linka opět volná a připravená na další požadavek od mastera.

Seznam funkcí (druhý odesílaný bajt):

* 1 - požadavek o start měření všech veličin se zápisem do EEPROM a na SD kartu (pokud bude vložena)

2 - žádost o poslední naměřená data

Pro parametr 00 se vrátí všechny data jako bajty - rychlá komunikace, snadno zpracovatelná Masterem

Pro parametr 01 se vrátí celá zformátovaná řádka všech měření v TXT (stejný formát, jako se ukládá na SD kartu)

Pro parametr 02 se vrátí jen poslední hodnota jasů v TXT (v desetinném tvaru)

Pro parametr 03 se vrátí jen poslední čitelná teplota v TXT

Pro parametr 04 se vrátí jen vlhkost

Pro parametr 05 se vrátí jen tlak

Pro parametr 06 se vrátí čitelná hlavička

Pro parametr 07 se vrátí jen zeměpisné souřadnice

Pro parametr 08 se vrátí náklon přístroje

Pro parametr 09 se vrátí elevace Slunce

Pro parametr 0A se vrátí elevace Měsíce

Pro parametr 0B se vrátí stav osvětlení Měsíce

Pro parametr 0C se vrátí azimut namíření krabičky

- 3 - žádost o změřená data z EEPROM,
 index záznamu je následujících dvou parametrech
 HIGH index , LOW index , 0 (když je poslední
 parametr 0, vrací se odpověď jako blok bajtů)
 HIGH index , LOW index , 1 (pro parametr 1 se vrátí
 celá zformátovaná řádka vybraného záznamu
 v TXT (stejný formát, jako se ukládá na SD kartu)
- * 4 - nastavení datumu a času podle následujících 6 parametrů
 YY,M,D,H,N,S
- 5 - zjištění datumu a času
 pro parametr = 00 upravená data včetně korekcí;
 pro parametr = 01 jen data z RTC (bez korekcí);
 pro parametr = 02 datum a čas posledního seřízení;
 pro parametr = 03 jen +/- korekce v sekundách
 pro parametr = 04 čitelný datum a čas v textovém formátu
 včetně korekcí a oddělovačů
- * 6 - přepnutí na zimní časovou zónu (SEČ)
- * 7 - přepnutí na letní časovou zónu (SELČ)
- 8 - zjištění počtu průměrování světla
- * 9 - nastavení průměrování podle dalšího parametru
- 10 - zjištění nastavené hodnoty automatického spouštění
- * 11 - nastavení intervalu automatického spouštění (v minutách)
 podle následujícího parametru (0=vypnuto)
- * 12 - změřit jas bez kalibrační korekce (s průměrováním 10x)
- 13 - žádost o index a adresu posledního záznamu v EEPROM
- * 14 - přepnutí na jiné čidlo světla na expanzní desce
 Pro parametr 00 až 07 se nastaví konkrétní čidlo
 Pro parametr 08 se jen přepne na následující čidlo
- * Pokud je místo adresy konkrétního zařízení (první odeslaný bajt)
 použita adresa 127, platí příkaz pro všechna zařízení na lince, ale ani
 jedno pak do sériové linky neodpovídá. Týká se to jen funkcí označených
 hvězdičkou.

Přídavné moduly náklonu

Jako první byl do zařízení přidán modul s obvodem MPU6050. Modulů s tímto obvodem existovalo několik, ale každý měl jinak zapojené vývody a jinou orientaci čipu. A některé měly i různé napájecí napětí (3V / 5V).

Program i kalibrace byly proto dost komplikované a proto byl modul s náklonoměrem MPU6050 od verze 2023-09-13 zrušen a nahrazen modulem LSM303DLHC. Někde ho označují jako GY511. Tento modul dokáže kromě náklonu měřit i magnetické pole, a proto ho lze využít i pro přidání záznamu azimutu ke každému měření.

V následujících kapitolách jsou popsány detaily kalibrace a požadované umístění pro obě varianty čidel.

Moduly náklonu samozřejmě nejsou povinné a defaultně jsou v programu vypnuté. Pro jejich zprovoznění je nutné odkomentovat jeden z následujících řádků v souboru "hlavni.ino" (řádky 22 a 23).

```
--  
21 // volba typu senzoru naklonu / kompasu  
22 #define modul_LSM303DLHC // naklonomer s kompasem LSM303DLHC  
23 // #define naklon_nic // zadny modul pro mereni naklonu  
24
```

Modul náklonoměru s kompasem LSM303DLHC

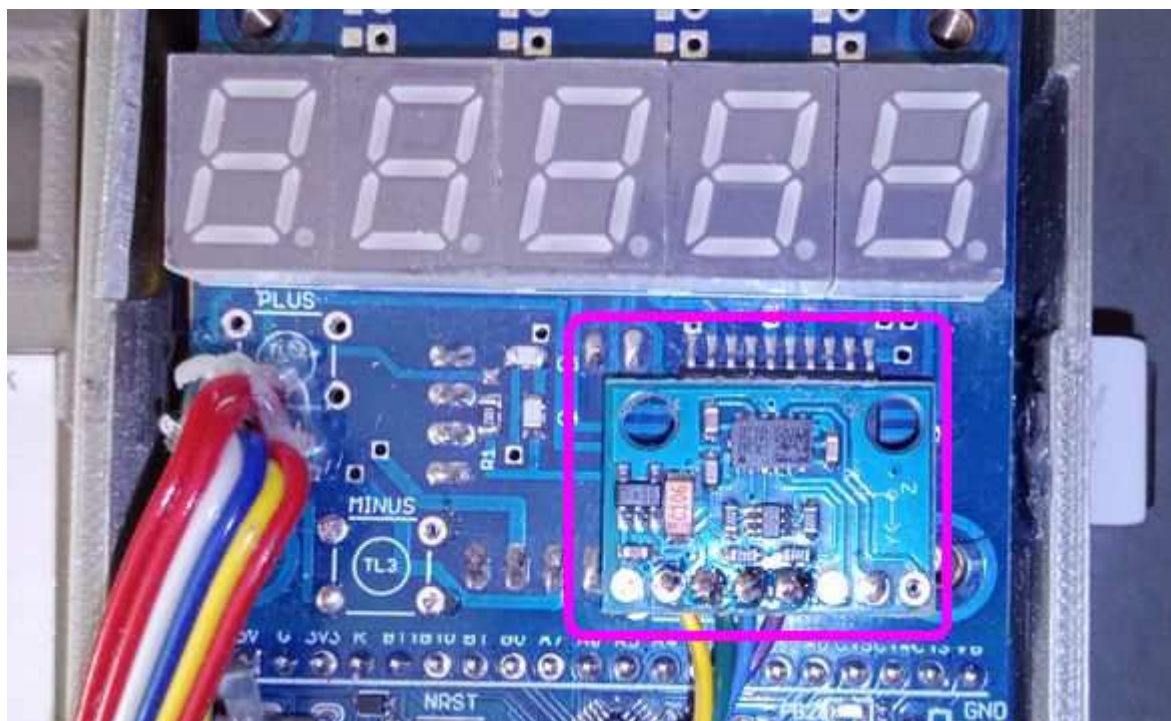
Měření magnetického pole je ovlivňováno kovovými objekty uvnitř krabičky (9V baterie, piezo pískák....).

Modul s čidlem je proto nutné umístit co nejdál od těchto předmětů.

Jako nejvýhodnější umístění se zdá být nalepení modulu přímo na obvod TM1637 na displejové desce. Zarovnání desky před nalepením podle hrany obvodu zlepšuje přesnost měření náklonu.

Šroub pro připevnění desky displeje, který by se nacházel pod modulem, v tomto případě raději nepoužívejte, protože by mohl ovlivňovat měření.

Připojení je provedeno pomocí plochého 4-žilového kablíku.



Důležité upozornění:

Program je upraven pro konkrétní typ čipu: LSM303~~DL~~**DLHC**

Ostatní obvody LSM303... mohou mít jinak uspořádané registry, nebo se jim nastavuje jiná citlivost.

Případné úpravy pro jiný typ čidel je možné provést v souboru "kompas.ino" v následujících podprogramech:

```
naklon_setup()
kompas_setup()
nacti_3D_zrychleni()
nacti_3D_magnet()
```

Kalibrace náklonoměru:

Náklonoměr se kalibruje přes sériovou linku příkazem `#Nk` .

Po zadání příkazu `#Nk` se spustí průvodce, který má ale jen 2 kroky:

- 1) položit krabičku horizontálně a odeslat libovolný znak do sériové linky:

```
Poloz SQM horizontalne
```

```
>>
```

- 2) položit krabičku vertikálně a odeslat libovolný znak do sériové linky:

```
Postav SQM svisle
```

```
>>
```

Hodnoty zrychlení jsou po kalibraci uloženy do EEPROM na adresy 612 až 623 odkud jsou při každém zapnutí obnoveny.

Náklonoměr je možné kalibrovat i přímo v terénu přes menu. Popsáno v kapitole "[Menu - Úhel](#)".

Kalibrace kompasu:

Kalibraci kompasu je možné spustit dvěma způsoby:

- 1) přes sériovou linku příkazem #Mk
- 2) přes menu pomocí tlačítek na krabičce

Po zadání příkazu #Mk se začne měřit síla magnetického pole ve všech třech osách magnetometru. Zároveň se zaznamenávají minimální a maximální hodnoty magnetické síly v každé ose (extrémy).

Během této operace je nutné s krabičkou otáčet ve všech směrech (podobně, jako se kalibruje kompas v mobilním telefonu).

Pokud se při měření po dobu 10 sekund žádný extrém neobjeví, dojde k automatickému ukončení kalibrace a zápisu zjištěných extrémů do EEPROM.

Při každém zjištění nového extrému se odpočet nastavuje zpátky na 10 sekund.

Ve výpisu se zobrazují extrémy ve všech 3 osách a 10-sekundový odpočet (řádky s hvězdičkou).

Pořadí vypsání hodnot je: minimum os x, y, z, maximum os x, y, z.

Příklad výpisu do sériové linky:

```
231 ; -1276 ; -683 ; 957 ; -442 ; -183
231 ; -1276 ; -683 ; 1099 ; -442 ; -183
231 ; -1276 ; -683 ; 1099 ; -208 ; -183
231 ; -1276 ; -683 ; 1099 ; -173 ; -15
231 ; -1276 ; -683 ; 1099 ; -128 ; -15
114 ; -1276 ; -683 ; 1099 ; -128 ; -15
100 ; -1276 ; -683 ; 1099 ; -128 ; -15
100 ; -1276 ; -696 ; 1099 ; -128 ; -15
100 ; -1276 ; -698 ; 1099 ; -128 ; -15
*9
*8
*7
100 ; -1276 ; -724 ; 1099 ; -128 ; -15
*10
*9
*8
*7
52 ; -1276 ; -724 ; 1099 ; -128 ; -15
24 ; -1276 ; -724 ; 1099 ; -128 ; -15
*10
*9
*8
*7
*6
```

Účelem je najít polohu pro co největší rozdíly v každé ose.

Čím větší rozdíly se naleznou, tím je následný výpočet azimutu přesnější.

Druhou možností provedení kalibrace kompasu je vstup do menu (dlouhý stisk tlačítka [OK]), nalistování položky kompas ("CoMPA"), Potvrzení položky dlouhým stiskem [OK].

Na displeji se začne zobrazovat azimut spočítaný ze starých kalibračních hodnot. Při tomto zobrazení se stiskne a na několik sekund přidrží tlačítko [nahoru]. Aby nedošlo k náhodnému nechtěnému spuštění kalibrace, zobrazují se před spuštěním výstražné pomlčky na displeji. Na displeji problikne nápis "C-CAL" (kompas - kalibrace).

A red LED display showing the text "C-CAL" in a segmented font.

Pak se začne zobrazovat 10-sekundový odpočet.

Při tomto odpočtu je nutné opět otáčet krabičkou ve všech směrech a hledat extrém magnetického pole ve všech osách.

Když extrém není nalezen, probíhá odpočet. Při nalezení extrému se odpočet vrací zpátky na 10 sekund.

A red LED display showing the text "CAL. 8" in a segmented font.

Po doběhnutí odpočtu do 0 se vyhodnotí, jestli jsou zjištěné extrém dostatečné pro kvalitní výpočet azimutu.

Pokud ne, zahlásí SQM chybu "Err-C" (chyba kompasu) a nastaví se defaultní kalibrační hodnoty. V tom případě se na kompas nedá spolehnout.

Systemový log

Od verze 2023-09-24 byla doplněna funkce, která na SD kartu zaznamenává změny v systémové oblasti EEPROM (adresy 0 až 699).

Tím se dá zpětně určit spousta informací. Například při jakém nastavení průměrování probíhalo měření, kdy se přepnulo na letní čas, kdy bylo SQM zapnuto, jak a kdy se měnilo kalibrační nastavení ...

Data se ukládají do souboru "SYS_LOG.TXT" v kořenové adresáři. Formát každé řádky je pevný a obsahuje datum, čas, adresu a data.

Příklad:

```
2023/09/29;18:04:30;000;101 (poslední seřízení RTC - MSB)
2023/09/29;18:04:30;001;022 (poslední seřízení RTC)
2023/09/29;18:04:30;002;245 (poslední seřízení RTC)
2023/09/29;18:04:30;003;142 (poslední seřízení RTC - LSB)
2023/09/30;04:15:18;048;003 (nulování počítadla časového razítka - MSB)
2023/09/30;04:15:18;049;161 (nulování počítadla časového razítka - LSB)
2023/09/30;04:15:19;999;001 (zapnutí napájení)
2023/09/30;18:40:23;011;010 (změna počtu průměrování na 10)
```

Význam adres je popsán v odstavci [Organizace vnitřní EEPROM](#).

Kromě adres 000 až 699 se do souboru ukládají i některé další značky pro záznam zvláštních událostí:

```
999,001 - zapnutí napájení
999,002 - SW reset (záměrné přetečení WD)
998,nnn - chyba (nnn = index chyby)
          Seznam je v kapitole Chybová a varovná hlášení na displeji )
997,nnn - nnn = "000" nebo "001": zapnutí nebo vypnutí GPS
          (logika se může lišit podle typu HW)
996,nnn - výstraha poklesu napětí baterie pod některou z 'nnn' mezí
995,001 - odpočtový alarm aktivován
```

Vnitřní hodiny (RTC)

SQM využívá hodiny reálného času, které jsou součástí procesoru. Aby byl čas dostupný i po vypnutí napájení, je nutné mít k těmto hodinám připojen záložní zdroj napětí 3V.

V ruční verzi přístroje je pro tento účel použita 3V knoflíková baterie CR2032.

Pro trvale napájenou verzi SQM je místo baterie použitý superkapacitor, který je udržovaný v nabitém stavu z napájecího napětí a při výpadku napájení dokáže udržet vnitřní hodiny několik dní v chodu.

Hodiny mají autokalibrační funkci.

Při druhém seřizení program vypočte rozdíl mezi časem v RTC a zadávaným časem. Pak z intervalu, který uběhl mezi oběma seřizeními vypočte, kterým směrem a o kolik se hodiny rozcházejí se skutečností. Na základě zjištěných údajů pak automaticky po určitém čase přidá nebo ubere sekundu.

Tato autokalibrace je účinná pouze v případě, že je interval mezi seřizeními dostatečně dlouhý, aby se mohla projevit chyba (ideální je provést druhé seřizení až po několika dnech).

Dále je nutné, aby byl zadávaný čas opravdu přesný.

Pokud nebude seřizení přesné, může autokalibrace přesnost času v RTC ještě více zhoršit.

Autokalibrace času se ruší při zadávání času pomocí tlačítek přes menu (předpokládám, že tohle nastavení někde v terénu nebude tak přesné, jak by bylo třeba.)

Autokalibrace se ruší také v případě, že je interval mezi seřizeními až moc velký (více než 2 roky), nebo když je vypočtená nepřesnost nezvykle velká (sekunda se má přičítat nebo odečítat dříve, než každých 5 minut). Ke zrušení autokalibrace dojde i tehdy, když je rozdíl mezi časem v RTC a zadávaným časem moc velký (více než 2 dny)

Komunikace s "Unihedron Device Manager"

Tato funkce je jen experimentální a pravděpodobně nebude dále rozvíjena.

Slouží ke sběru naměřených hodnot do programu "Unihedron Device Manager" (UDM) přes USB linku.

Program je ke stažení zde:

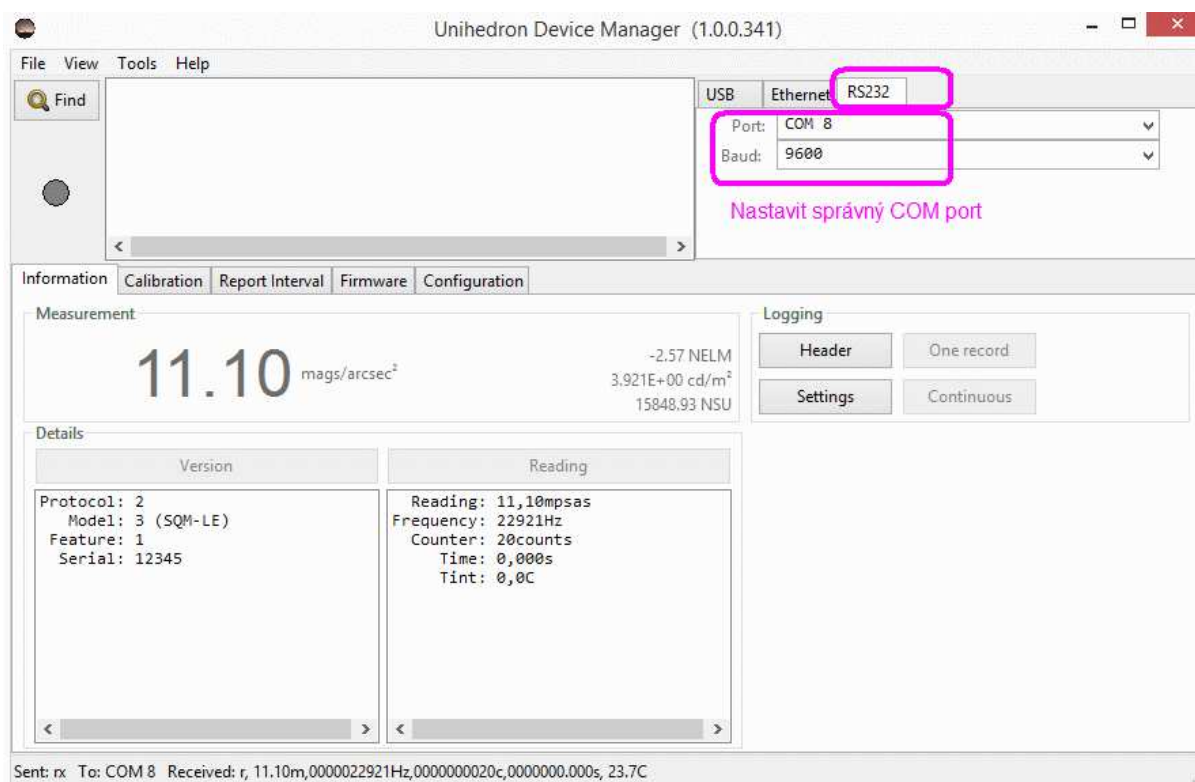
<http://unihedron.com/projects/darksky/cd/>

SQM do UDM odesílá přes USB na vyžádání poslední naměřené hodnoty jasu a teploty. Zároveň odesílá i identifikační řetězec, při kterém si UDM myslí, že komunikuje s originálním SQM-LE.

Jedná se ale jen o sériové příkazy `rx`, `R` a `ix`.

S ostatními příkazy (GPS, kalibrace ...) si SQM neporadí.

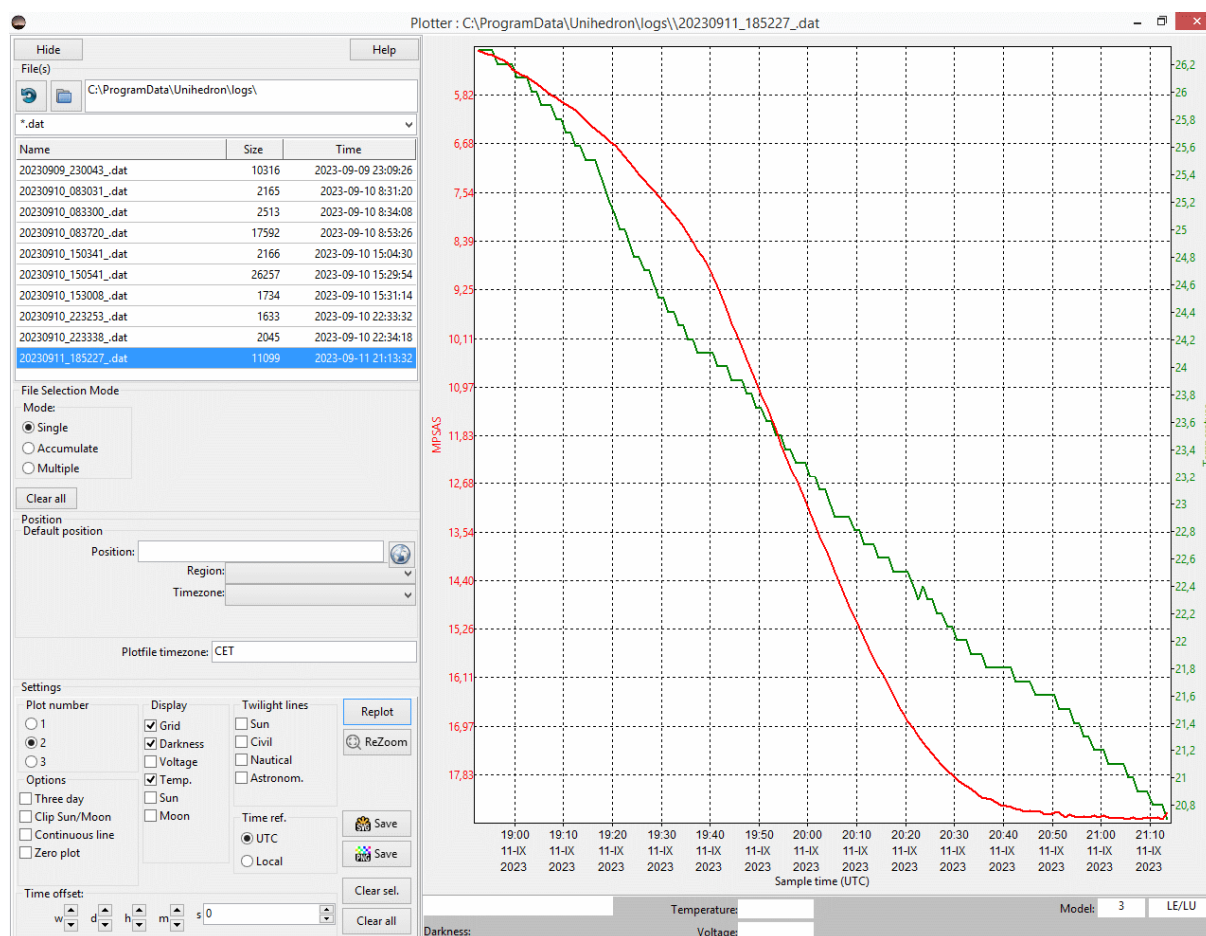
Před spuštěním záznamu je nutné v SQM zapnout automatické měření (například každou minutu). UDM se pak nastaví tak, že si také každou minutu načte poslední automaticky změřený záznam.



nastavení komunikace



minutový sběr dat při stmívání
s možností alarmu při dosažení požadované tmy



načtení uloženého záznamu

Přídavná GPS deska

Do SQM je možné připojit desku, která bude k záznamům přidávat ještě GPS souřadnice.

Deska SQM-GPS-5 se připojuje místo svorkovnice do spodní části SQM-BAS-5. Detailní popis připojení je v kapitole "[Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.](#)"

Protože tento modul odebírá dost proudu, je možné ho vypnout pomocí posuvného vypínače na horní straně krabičky (vedle tlačítek).



Deska obsahuje procesor ATmega328, který zajišťuje základní zpracování přijímaných informací (průměrování souřadnic, testování kvality signálu, signalizaci stavu pomocí 3 LED ...) z přijímacího modulu GPS signálu (NEO-6M).

Zároveň se stará o odesílání informací do SQM přes I²C sběrnici - pokud přijde z SQM požadavek.

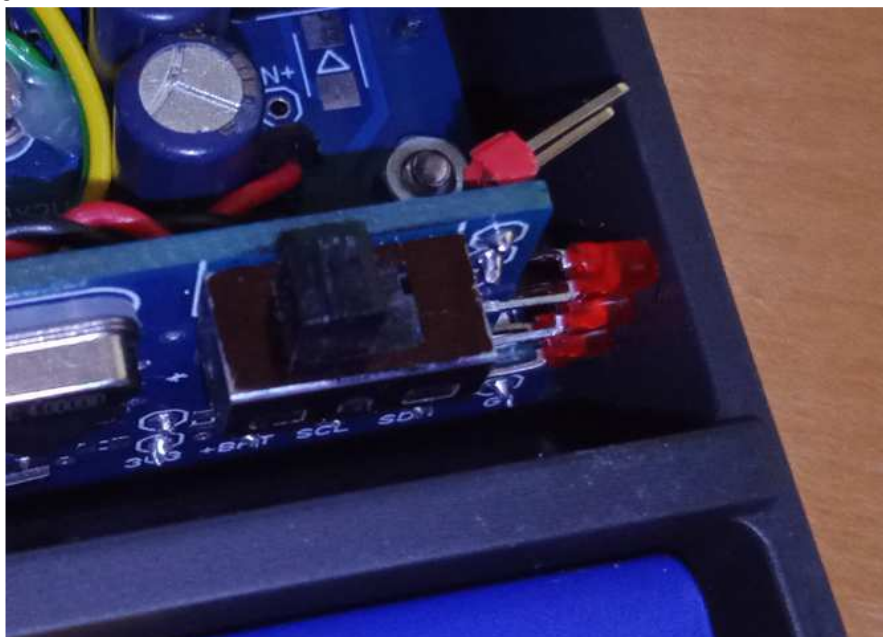
Procesor ATmega328 zpracovává dva typy přijímaných GPS zpráv:

GxRMC - Z této zprávy se získávají souřadnice, datum a čas.

GxGGA - Tato zpráva obsahuje nadmořskou výšku,

počet satelitů v dohledu a přesnost zaměření (HDoP).

GPS deska obsahuje 3 LED. Směřují do boku krabičky a jsou umístěné nad sebou.



První (spodní) LED signalizuje přepínání zpracovávaných zpráv. Pokud je všechno v pořádku, měla by tato LED blikat v pravidelných intervalech.

Druhá (prostřední) LED signalizuje nedostupnost časových informací. Když je čas v GPS signálu dostupný, LED je zhasnutá - v pořádku. Pokud je LED zhasnutá, dochází automaticky při měření k aktualizaci času RTC hodin v SQM podle GPS časové značky. Když GPS signál datum a čas neobsahuje, LED svítí. V tom případě se čas v RTC neaktualizuje.

Poslední LED signalizuje nedostupné GPS souřadnice. Když LED svítí, znamená to, že ještě nebyl signál zafixovaný a souřadnice ve zprávách nepřicházejí (špatný výhled na oblohu, špatné počasí ...). Blikající LED znamená zafixování alespoň na 1 satelit. LED zhasne až v okamžiku, kdy jsou souřadnice v pořádku a je jich dostatek pro průběžné vypočítávání klouzavého průměru.

Správný stav je tedy ten, že první LED bliká a ostatní jsou zhasnuté.

Aby nedocházelo k ovlivňování měření jasu oblohy, všechny 3 LED se automaticky před měřením jasu zhasínají. (Ve skutečnosti směřují LED úplně mimo čidlo, takže by neměly měření ovlivňovat ani kdyby zůstaly rozsvícené)

SQM přes I²C vydává pokyn ke zhasnutí všech LED a po skončení měření k obnovení jejich původního stavu.

Kalibrace jasu a teploty

Ke kalibraci jasu je nutné mít k dispozici přesné SQM.

Kalibrace se provádí porovnáním změřené a přesné hodnoty v několika (až v 15) bodech.

V menu se zvolí položka "CALIB".

Proběhne 10x měření, při kterém se ovšem nezapočítávají korekce - zobrazí se zprůměrovaná hodnota přímo z čidla.

Zároveň se všech 10 vzorků i s průměrnou hodnotou ukládá do paměti pro případnou pozdější analýzu (stabilita měření).

Ve stejné době se stejným směrem zamíří i přesné SQM a změří se přesná hodnota jasu. Tato přesná hodnota se poznamená.

Postup je vhodné opakovat při různých hodnotách jasu, aby byl kalibrační pokrytý celý rozsah běžného měření.

Zaznamenané hodnoty se přepíší do Excelovské tabulky (v příloze), která připraví kalibrační řetězce .

Tyto kalibrační řetězce se pak přes sériovou linku zapíší do měřiče jasu. (Detailně popsáno výše - v kapitole "Popis komunikace přes USB".)

Korekce změřené hodnoty pak probíhá tím způsobem, že se v kalibrační tabulce najde nejbližší nižší a nejbližší vyšší kalibrační bod ke změřené hodnotě. Mezi tyto body se proloží úsečka a změřená nepřesná hodnota se na tuto lineární úsečku přemapuje.

Příklad:

Změřená hodnota z čidla: $Z_x = 18$

Nejbližší NIŽŠÍ bod v kalibrační tabulce: $N [16.4, 18.2]$

Nejbližší VYŠŠÍ bod v kalibrační tabulce: $V [21.3, 23.0]$

souřadnice x udávají nepřesné hodnoty přímo z čidla
souřadnice y udávají přesné hodnoty k zobrazení

Mezi těmito body je proložena úsečka, popsaná obecnou rovnicí:

$$Z_y = (A * Z_x) + B \quad \dots \quad \text{pro } Z_x \text{ v intervalu } \langle N_x, V_x \rangle$$

Parametr A popisuje sklon úsečky, parametr B její vertikální posunutí.

Parametry A a B jsou vypočtené takto:

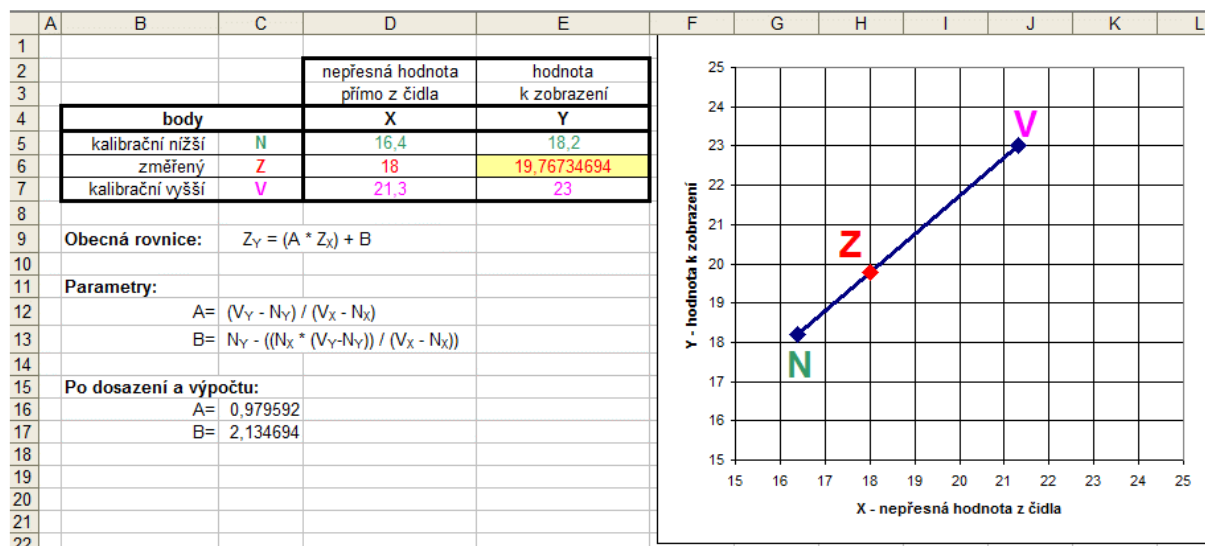
$$A = (V_Y - N_Y) / (V_X - N_X)$$

$$B = N_Y - ((N_X * (V_Y - N_Y)) / (V_X - N_X))$$

Programově ale výpočty řeším jednodušeji - vestavěnou funkcí map():

$$Z_Y = \text{map}(Z_X, N_X, V_X, N_Y, V_Y);$$

Na ose X jsou nepřesné hodnoty získané přímo z čidla, na ose Y jsou přesné hodnoty, které se mají zobrazit.



grafické znázornění přepočtu hodnot mezi dvěma kalibračními body

Kalibrace teploty probíhá stejným způsobem (porovnání s přesným teploměrem).
Pro teplotu je ale možné použít pouze 7 kalibračních bodů.

Chybová a varovná hlášení na displeji

no-Sd (index "003" v logovacím souboru)



Není zasunuta SD karta. Test na zasunutí se provádí pouze při zapnutí. Netestuje se správnost formátu ani komunikace s kartou. Testuje se jen fyzické zasunutí karty do držáku (sepnutí kontaktu).

Sd-Er (index "002" v logovacím souboru)



Chyba při pokusu o zápis na SD kartu.

BuSSy



Pokus o ruční spuštění měření v okamžiku, kdy už nějaké měření probíhá.

Err-i (index "001" v logovacím souboru)



Chyba ve vnitřní I²C komunikaci. Může být způsobena zasunutím nefunkční rozšiřující desky, nebo zásadní chybou některého čidla. Na I²C sběrnici "visí" následující bloky:

- čidlo světla
- čidlo BME280
- vnitřní paměť EEPROM, náklonoměr nebo kompas LSM303...
- GPS, nebo jiné rozšiřující desky

Err-G



Chyba GPS. Deska GPS je sice zasunutá a komunikuje, vrací ale nesmyslné údaje.

Err-r (index "004" v logovacím souboru)



Chyba vnitřních hodin. Tohle varování se objeví při zapnutí napájení, pokud je rok nastavený na hodnotu menší než 2020 nebo větší než 2065. SQM měří normálně, ale datum a čas, který se ukládá, není v pořádku. Mohlo dojít k vybití vnitřní záložní knoflíkové baterie.

Err-S (index "005" v logovacím souboru)



Chyba kalibrační tabulky pro světlo. Hodnoty kalibračních bodů jsou nastavené mimo limity, nebo je pro jednu změřenou hodnotu požadován přepočítání na několik různých čísel na displeji.

Tyto chyby by měly být odchyceny již v Excelovském dokumentu s kalibrační tabulkou (více v kapitole kalibrace). Kontrola se pro jistotu provádí i v SQM.

Err-t (index "006" v logovacím souboru)



Chyba kalibrační tabulky pro teplotu. Stejný případ jako v předchozím odstavci, akorát pro kalibrační tabulku teploty.

Err-n (index "008" v logovacím souboru)



Chyba náklonoměru.

Změřený úhel je mimo reálné meze (-90 až +180°).

Může to být způsobené špatnou kalibrací, chybou I²C komunikace, nebo nezdařenou inicializací čidla.

Err-C (index "009" v logovacím souboru)



Chyba kalibrace kompasu.

rozdíl mezi nalezeným minimem a maximem magnetické síly při otáčení krabičky je tak malý, že z něj nejde spočítat azimut.

Problém může být způsoben nějakým zmagnetovaným předmětem uvnitř krabičky poblíž čidla (šroub, sloupek, baterie ...).

Err-F (index "010" v logovacím souboru)



Chyba formátování EEPROM.

Hlásí se při předčasně ukončeném formátování pomocí tlačítka [OK].

(index "007" v logovacím souboru označuje stisk zablokovaného bočního tlačítka)

Pokud je povolena funkce logování systémových informací, znamenávají se indexy chyb do souboru "SYS_LOG.TXT" na SD kartě.

Detailní popis v kapitole [Systémový log](#).

Popis elektroniky

O napájení se stará blok se Step-Down měničem napětí AP1501. Na vstupu je tento měnič chráněn transilem proti překročení napětí 40V. Na výstupu dodává napětí 3,3V, které slouží jako základní napětí pro celé SQM.

Po připojení USB kabelu se na pin SD (ShutDown) tohoto měniče přivede napětí, které měnič vypne. V takovém případě je pak hlavní napájecí napětí 3,3V vytvářeno pomocí stabilizátoru přímo na procesorové desce BluePill.

Měření stavu baterie je řešeno přes napěťový dělič, který je tvořený odpory R7 a R8. Podle úrovně napětí na tomto děliči se signalizuje stav baterie.

Protože je ale měření napětí na analogových vstupech závislé na napájecím napětí, bylo nutné do systému přidat ještě referenční napětí. Referenční napětí se získává pomocí Zenerovy diody DZ1 a odporu R18. V okamžiku, kdy je napětí baterie tak malé, že už měnič není schopný dodávat 3,3V, dojde k tomu, že procesor začne toto referenční napětí vyhodnocovat vůči napájení tak, jakoby se zvyšovalo. V tom okamžiku je to signál pro program, že má nezávisle na napětí na děliči zahlásit velice špatný stav baterie.

Dále bylo nutné zajistit, aby při připojení USB kabelu byl stav baterie hlášen jako "Velmi dobrý". To jsem nakonec vyřešil tak, že se část USB napětí přenesla na výstup děliče R7/R8 a tím bez problémů "přebije" napětí na výstupu vypnutého měniče.

Při výrobě vzniknul problém s tím, že se napájecí napětí pro procesor (3,3V) dostávalo přes nějaké vnitřní obvody v procesoru až na USB konektor, to způsobovalo vypínání měniče. Diody D4, D5 a D2 byly proto použity, aby tomuto zpětnému napájení zabránily. Signál "VBUS-FUSE" je tedy jednosměrně oddělený a žádné napětí z procesoru se na něj už dostat nemůže.

Vnitřní hodiny vyžadují zvláštní zdroj napájení. V případě bateriově napájené verze SQM toto napájení zajišťuje knoflíková baterie CR2032. v tom případě se neosazují R14, D6 a D7.

Pokud se ale jedná o trvale napájenou variantu SQM, je plošný spoj připraven na osazení superkapacitoru, který baterii nahrazuje.

V tom případě se R14, D6 a D7 osadí.

Superkapacitor je udržovaný v nabitém stavu z napájecího napětí přes D6 a R14. Když dojde k výpadku napájení, začne dodávat napětí pro hodiny přes diodu D7.

Základ celého zařízení tvoří procesor STM32F103CB, který je součástí desky BluePill Plus.

Jako čidlo světla je použitý obvod TSL2591. Obvod je osazený na samostatné destičce, která se kupuje jako funkční celek. S procesorem komunikuje přes I²C.

Jako nepovinné čidlo teploty, vlhkosti a tlaku je použitý obvod BME280. I ten je dodáván na samostatné destičce a komunikuje s procesorem přes I²C.

Jako levnější alternativu lze pro měření teploty a vlhkosti použít čidla DHT11 (AM2320) nebo DHT22. V případě jejich použití se osazují do boční strany desky (dírkou JP5) a je nutné doosadit i odpor R9. Také je třeba upravit krabičku tak, aby se na čidlo dostal okolní vzduch. V programu je nutné přenastavit typ čidla (zakomentovat BME280 a odkomentovat DHT11, nebo DHT22)

Záznamy se ukládají do I²C EEPROM s kapacitou 128kB

Pokud je zasunutá mikro SD karta, ukládají se na ní data v čitelném textovém formátu (CSV soubor).

Držák karty má vyvedený pin pro testování zasunuté karty. Když není karta při zapnutí napájení zasunutá, zobrazí se na displeji varování.

USB komunikaci zajišťuje převodník CH340G v katalogovém zapojení. Na TTL straně jsou využity jen piny Tx a Rx. Ostatní řídicí signály nejsou použity.

Případnou komunikaci RS485 zajišťuje obvod MAX3485 (3V úroveň signálů).

I tento převodník je v katalogovém zapojení. Doplněny byly pouze ochranné transily na vstupech. Propojením pájecí plošky SJ1 je možné zakončit sběrnici odporem 100R. Společně s ochrannými odpory R1 a R2 je výsledná hodnota zakončovacího odporu 120R.

Základní popis programu a jeho nastavení

Program je psaný v jazyku Wiring pro prostředí Arduino IDE. Do Arduino IDE je nutné doinstalovat podporu pro procesory STM32 a některé knihovny pro čidla (ke stažení v příloze).

Celý program je rozdělen na několik samostatných souborů:

astro.ino	podprogramy pro výpočty poloh Slunce a Měsíce
bme280.ino	podprogramy pro obsluhu čidla BME280
dht.ino	podprogramy pro obsluhu čidel DHT
displej.ino	podprogramy pro obsluhu 7-segmentových displejů
eeprom.ino	podprogramy pro čtení a zápis do EEPROM
expander.ino	podprogramy pro ovládání rozšiřující desky
gps.ino	podprogramy pro práci s GPS
hlavni.ino	základní nastavení systému, hlavní smyčka, výpisy záznamů, formátování EEPROM, systémové informace...
jazyky.h	jazykové verze (zatím jen CZ - angličtina nedodělána)
kompas.ino	podprogramy pro náklonoměr s kompasem LSM303
konverze.ino	podprogramy pro převod dat z EEPROM na čitelné textové řetězce s konstantní délkou (pro CSV soubory nebo textové výstupy)
led.ino	obsluha LED pro verzi bez displeje (různé blikání)
menu_dis.ino	kompletní podprogramy pro menu s displejem
menu_LED.ino	zjednodušené menu pro verzi bez displeje (s LED)
mereni.ino	hlavní podprogram pro různé varianty spouštění měření
rs485.ino	komunikace přes RS485
rtc.ino	obsluha vnitřních hodin včetně autokalibrace
sd_karta.ino	podprogramy pro práci s SD kartou
ser_kom.ino	USB sériová komunikace
stopky.ino	speciální podprogram pro stopky
svetlo.ino	základní podprogramy pro měření jasu
timestamp.ino	podprogram pro záznam časové značky

Základní nastavení programu (typy čidel a displeje, velikost paměti, napěťové úrovně pro signalizaci stavu baterie, zaznamenávané informace do EEPROM) se provádí na začátku souboru "hlavni.ino".

Volba se provádí pomocí zakomentování, nebo odkomentování příslušných řádek (komentář začíná dvojítm lomítkem, zvolená položka začíná znakem '#').

Příklady:

```
// volba typu senzoru teploty a vlhkosti
//#define senzor_DHT11
//#define senzor_DHT22
#define senzor_BME
//#define senzor_nic

// vybrat jazyk
#define CZ_language // cestina
//#define EN_language // anglictina jeste neni prelozena

// volba zobrazeni (zvolit jen 1 ze 2 moznosti)
#define displej_TM1637_5
//#define signal_LED

// volitelne polozky, ktere se budou ukladat do EEPROM
#define ukladat_teplotu
#define ukladat_tlak
#define ukladat_vlhkost
//#define ukladat_infra
//#define ukladat_full
//#define ukladat_contr_reg
#define ukladat_GPS
```

Pokud by se špatně vyhodnocoval stav baterie, je nutné upravit hodnoty úrovní pro jednotlivé tečky na displeji (je to popsáno v kapitole "[Doporučený postup výroby a testování](#)"):

```
#define bat_level_3      620 // nad 7V (blika 1 tecka)
#define bat_level_2      528 // 6V az 7V (blikaji 2 tecky)
#define bat_level_1      441 // 5V az 6V (blikaji 3 tecky)
                        // pod 5V (blikaji 4 tecky)
#define ref_level        2401 // kdyz je napajeni tak nizke, ze
```

V ostatních částech programu není nutné nic upravovat.

Případné změny textů a ovládací příkazy pro USB sériovou linku se provádí v souboru "jazyky.h".

Příklad pro změnu USB příkazu pro změření teploty bez záznamu z písmene 't' na písmeno 'x' :

Původní řádka:

```
#define USB_fce_1_02 't' // ... zmer teplotu - bez ukladani
```

Upravená řádka:

```
#define USB_fce_1_02 'x' // ... zmer teplotu - bez ukladani
```

Podobným způsobem je možné měnit i ostatní texty, nebo nápisy na displeji.

Pro změnu nápisů na displeji je nutné nadefinovat 5 čísel (pro každou sedmissegmentovku jedno). Číslo vyjadřuje binární kód pro rozsvícené segmenty každé sedmissegmentovky. Pro jednodušší přepočítání je v příloze Excelovský dokument "fontgen.xls", ve kterém se na segmenty, které mají svítit, zapíše číslo 1.

Na segmenty, které mají být zhasnuté, se zapíše číslo 0.

Program pak automaticky potřebné číslo vypočítá.

Ukázka pro velké 'E':

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									1 A
2									0 B
3			A						0 C
4			1						8 D
5	F	1					0	B	
6			G						16 E
7			1						32 F
8	E	1					0	C	
9				D					64 G
10							0	DP	0 DP
11									121
12									

rozsvícený segment = 1
zhasnutý segment = 0

Sekvence takto získaných 5 čísel se pak zadává do programu (do souboru "jazyky.h") oddělená čárkami a uzavřená do složených závorek. Pro nápis "Err-3" vypadá zápis takto:

```
{ 121, 80, 80, 64, 79} , // "Err-3"
```

Program se zatím ještě těsně vejde do PROGMEM (128kB).

Pokud by se ale po nějaké aktualizaci knihoven stalo, že by se program do PROGMEM už nevešel, je možné některé nepoužívané funkce vypnout ještě před kompilací a tím program o trochu zmenšit.

```
Nastala chyba při kompilaci u desky Generic STM32F103C series Okopírovat chybové zpr
duino\hardware\STM32F1\2022.9.26\libraries\Wire\Wire.cpp:88:6: warning: unused parameter 'self_addr' [-Wunused-parameter]
ino\tools\arm-none-eabi-gcc/4.8.3-2014q1/bin/../lib/gcc/arm-none-eabi/4.8.3/../../../../arm-none-eabi/bin/ld.exe: C:\Users\astromik\AppData\Local\Temp\arduino_build_716S21\hlavn
ino\tools\arm-none-eabi-gcc/4.8.3-2014q1/bin/../lib/gcc/arm-none-eabi/4.8.3/../../../../arm-none-eabi/bin/ld.exe: region `rom' overflowed by 860 bytes

ackages\stm32duino\hardware\STM32F1\2022.9.26\libraries\Wire
ackages\stm32duino\hardware\STM32F1\2022.9.26\libraries\WireSlave
series.
```

Chybová hlášení:

```
... section `.rodata' will not fit in region `rom'...
... region `rom' overflowed by xxxx bytes ...
```

Vypnutí se provádí jednoduše zrušením komentářů na řádkách 52 až 57 v souboru "hlavni.ino":

```
50 // kvuli uspore mista v PROGMEM se mohou nektere nepouzivane funk
51 // U funkci, ktere se maji omezit nebo vypnout se zrusi kon
52 //#define omezeni_funkci_1 // toto omezeni zrusi moznost kalibrace urov
53 //#define omezeni_funkci_2 // toto omezeni zrusi logovani nastaveni vni
54 //#define omezeni_funkci_3 // toto omezeni zrusi experimentalni komunik
55 //#define omezeni_funkci_4 // toto omezeni vypne logovani zmen systemov
56 //#define omezeni_funkci_5 // toto omezeni zrusi funkce expanzni desky
57 //#define omezeni_funkci_6 // toto omezeni zrusi vypisy nekterych textc
```

Nahrání programu a jeho případná aktualizace

V první řadě je nutné připravit Arduino IDE na práci s procesory STM. Na internetu je možné najít množství přesných návodů s různými verzemi knihoven na rozšíření IDE pro práci s procesory STM.

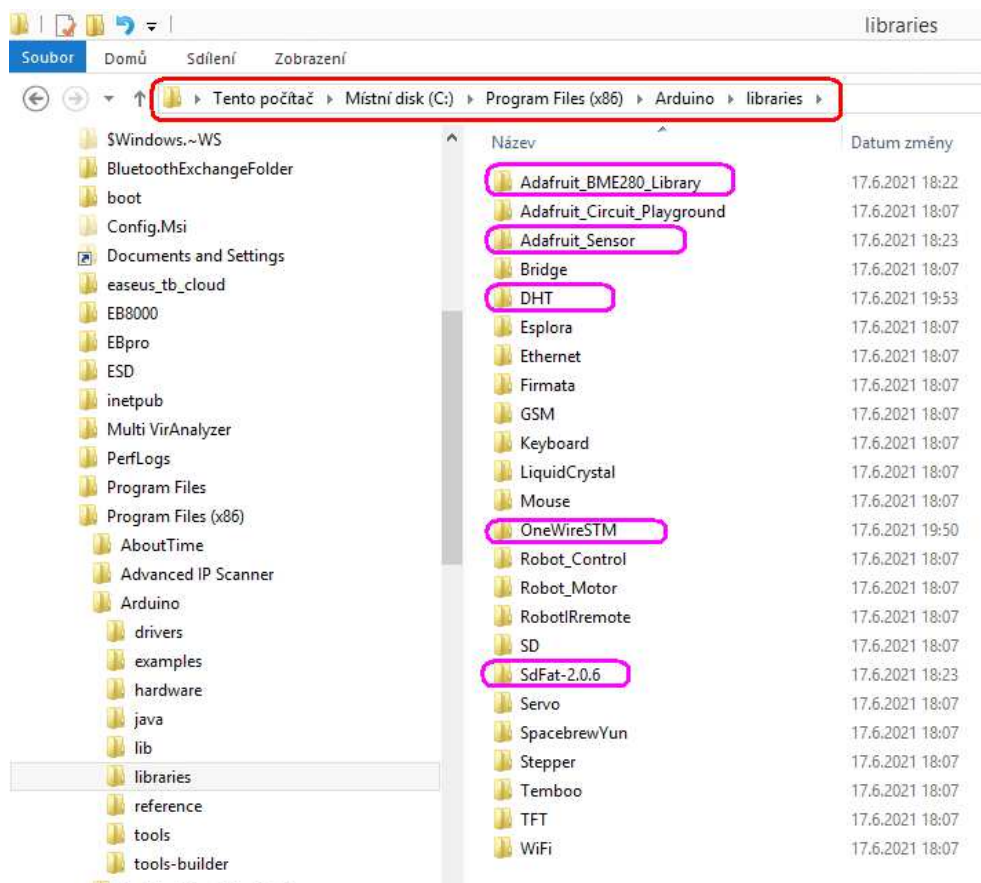
Já jsem použil rozšíření od <https://blog.dan.drown.org/>, u kterého šlo přepnout debugovací piny PB3, SWCLK, a SWDIO do režimu obyčejných GPIO pinů. To se mi například s oficiální knihovnou od STMicroelectronics ani po dlouhém bádání nepodařilo.

Knihovna od Dana Drowna se zdá být často aktualizovaná, takže je vidět, že o ni autor pečuje. (stav k jaru 2021)

Postup je následující (odzkoušeno na úplně čistém Arduino IDE verze 1.8.15; Windows 8.1 - 64-bit):

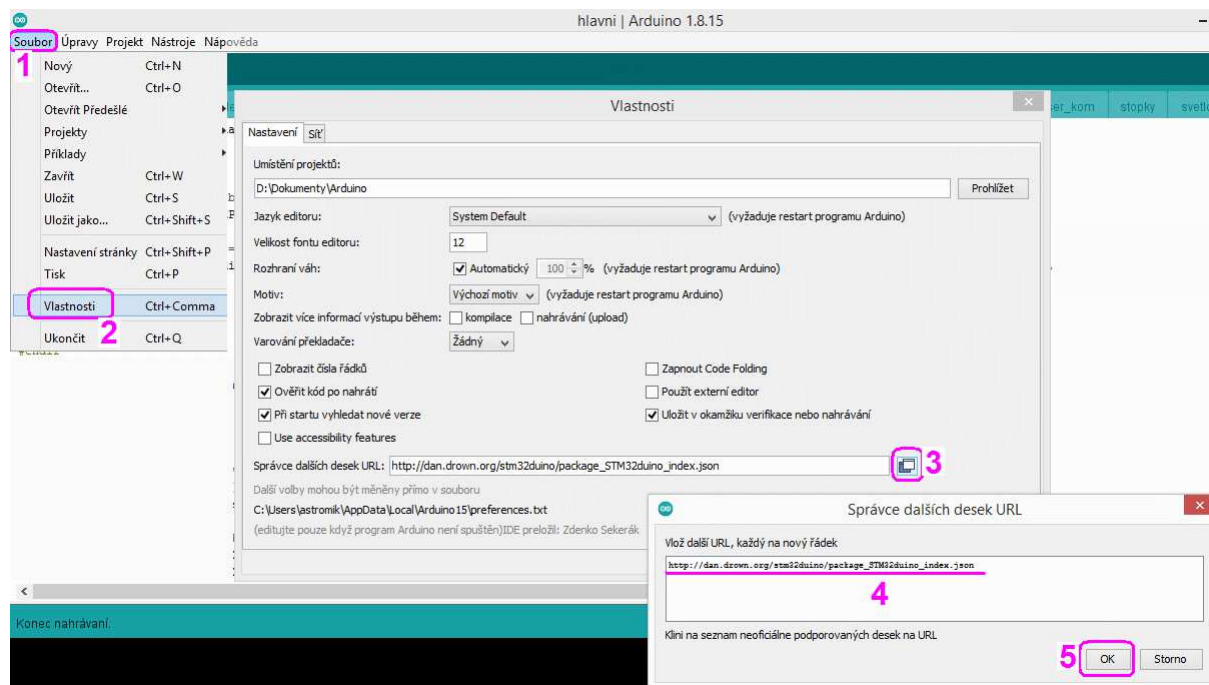
1) Do složky "C:\Program Files (x86)\Arduino\libraries" nakopírovat knihovny z přílohy:

- Adafruit_BME280 (pokud bude použito čidlo BME)
- Adafruit_Sensor
- DHT (pokud bude použito čidlo vlhkosti DHT)
- OneWireSTM (pokud bude použito čidlo vlhkosti DHT)
- SdFat-2.0.6

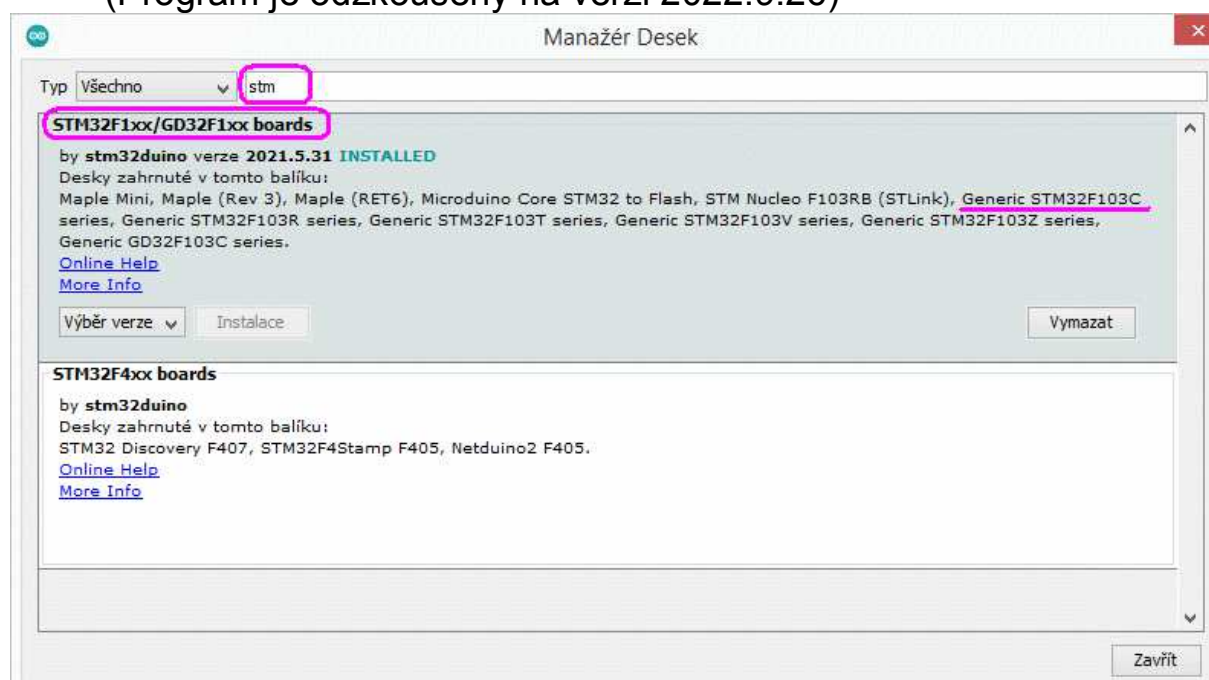


2) Spustit Arduino IDE a otevřít v něm kód z balíku zdrojů pro SQM: "hlavni.ino".

3) V menu "Soubor" -> "Vlastnosti" přidat "URL správce dalších desek":
`http://dan.drown.org/stm32duino/package_STM32duino_index.json`



4) v menu "Nástroje" -> "Vývojová deska" -> zvolit "Manažer desek"
Do vyhledávacího políčka zadat: stm
Měla by se zobrazit knihovna "STM32F1xx / GD32F1xx boards"
Tuto knihovnu tlačítkem nainstalovat.
(Program je odzkoušený na verzi 2022.9.26)

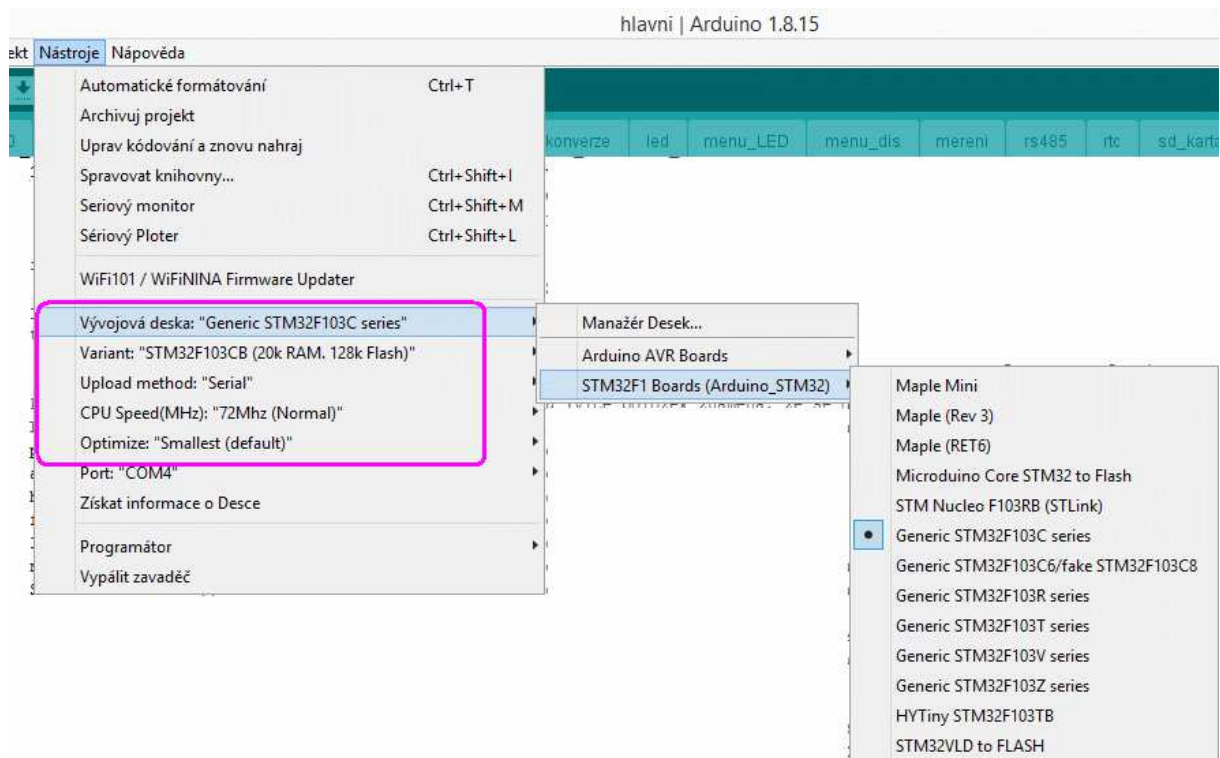


5) Po nainstalování knihovny pro procesory STM se v menu "Nástroje" objeví výběr nových desek.

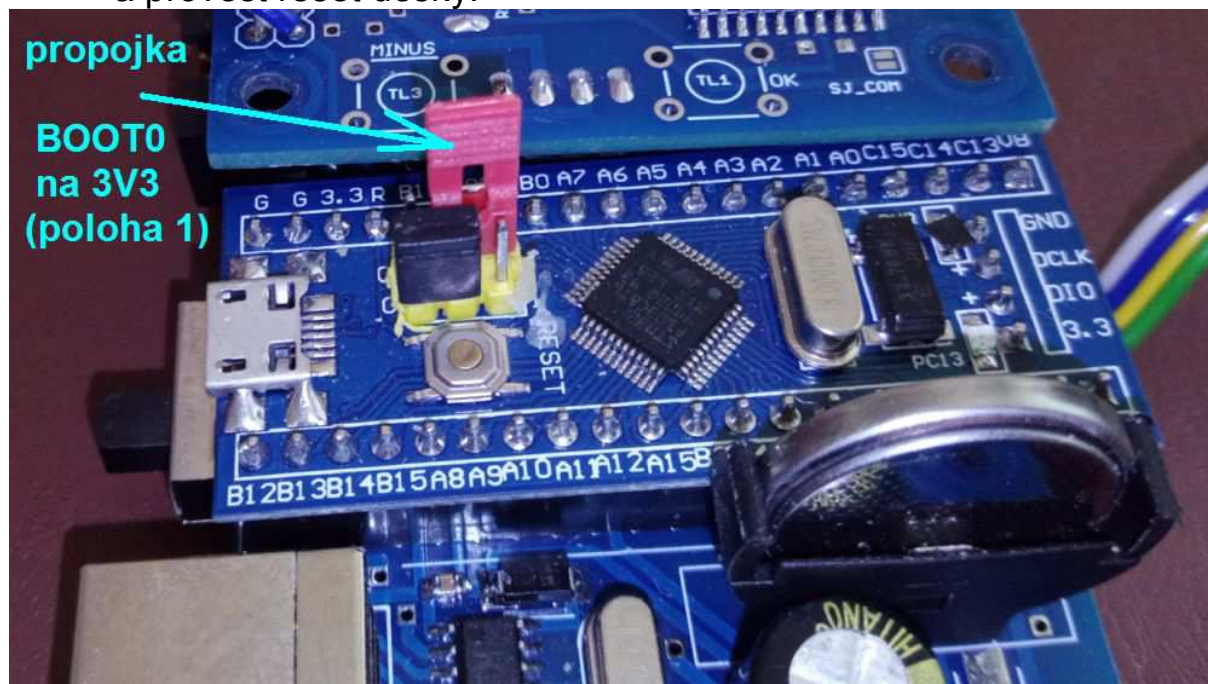
6) Připojit SQM k PC přes USB kabel.

7) Zvolit desku "Generic STM32F103C series" a nastavit následující parametry:

- STM32F103CB (20k RAM, 128k Flash)
- Upload method: "Serial"
- CPU speed: 72MHz
- Optimize: smallest
- COM port se musí vybrat ten, který se objeví po připojení SQM k počítači



8) Pak už jen stačí propojit piny BOOT0 na 3V3 (do polohy '1') a provést reset desky.

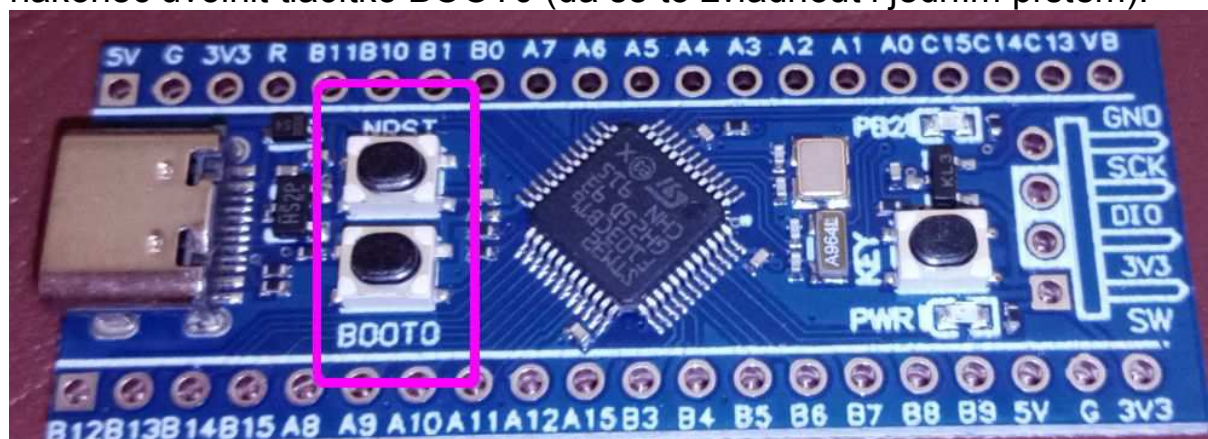


Po resetu se propojka odstraní. Pokud by se propojka neodstranila, po příštím zapnutí napájení by zůstala procesorová deska ve stavu, kdy čeká na nahrání programu. Displej by byl zhasnutý, původní program by neběžel.

Některé typy desek mají místo propojek tlačítka.

Tam stačí provést následující hmat:

Stisknout a držet tlačítko BOOT0, pak krátce stisknout tlačítko NRST a nakonec uvolnit tlačítko BOOT0 (dá se to zvládnout i jedním prstem).



9) V menu "Projekt" zvolit položku "Nahrát". Proběhne kompilace následovaná nahráním programu do procesoru.

Při další aktualizaci programu stačí pokračovat od bodu 6)

Takto by mělo vypadat hlášení po úspěšném nahrání programu do procesoru (pro verzi "2023-03-11" bez náklonoměru):

Projekt zabírá 115484 bytů (88%) úložného místa pro program. Maximum je 131072 bytů.

Globální proměnné zabírají 5720 bytů (27%) dynamické paměti, 14760 bytů zůstává pro lokální proměnné. Maximum je 20480 bytů.

stm32flash 0.4

<http://stm32flash.googlecode.com/>

Using Parser : Raw BINARY

Interface serial_w32: 115200 8E1

Version : 0x22

Option 1 : 0x00

Option 2 : 0x00

Device ID : 0x0410 (Medium-density)

- RAM : 20KiB (512b reserved by bootloader)

- Flash : 128KiB (sector size: 4x1024)

- Option RAM : 16b

- System RAM : 2KiB

Write to memory

Erasing memory

Wrote address 0x0801c31c (100.00%) Done.

Starting execution at address 0x08000000... done.

.

Doporučený postup výroby a testování

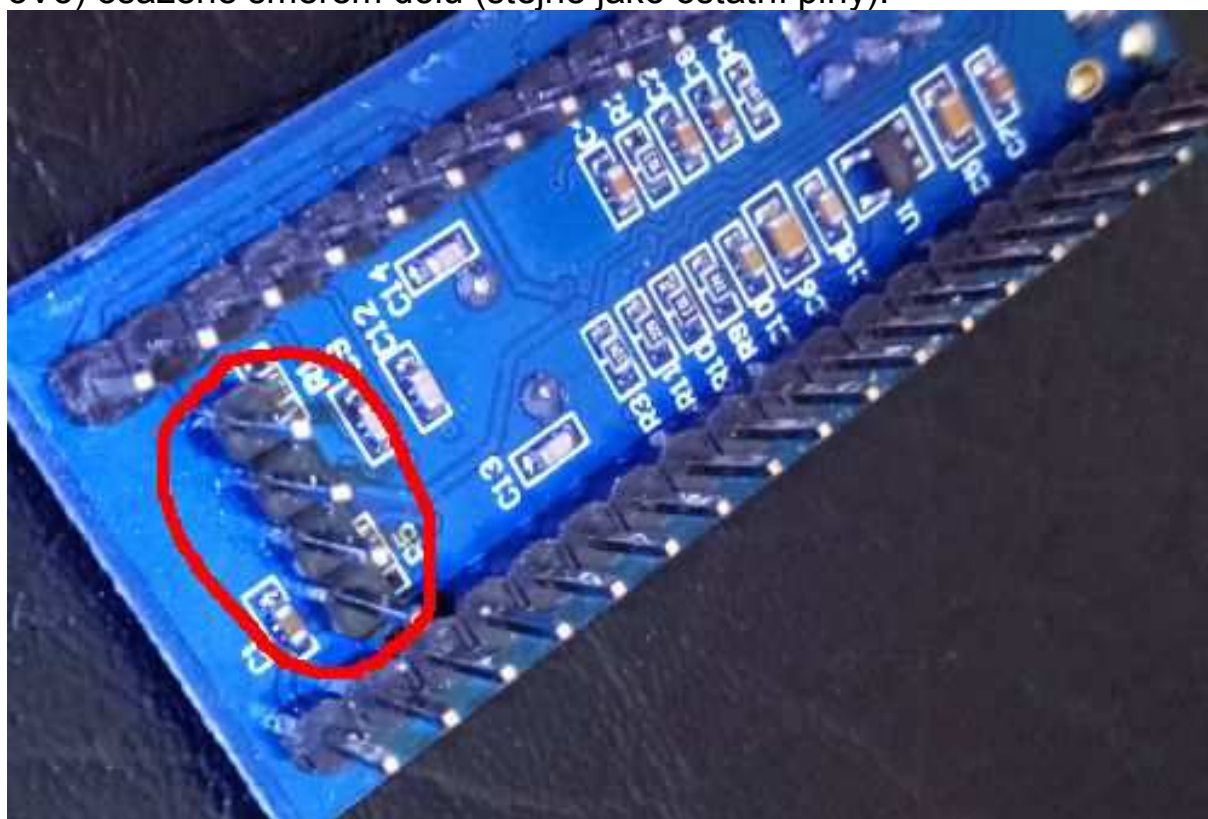
Výroba desky SQM-BAS

Osadit součástky na desku SQM-BAS podle požadované varianty. Popis variant je uvedený níže v kapitole [Popis základních verzí SQM](#).

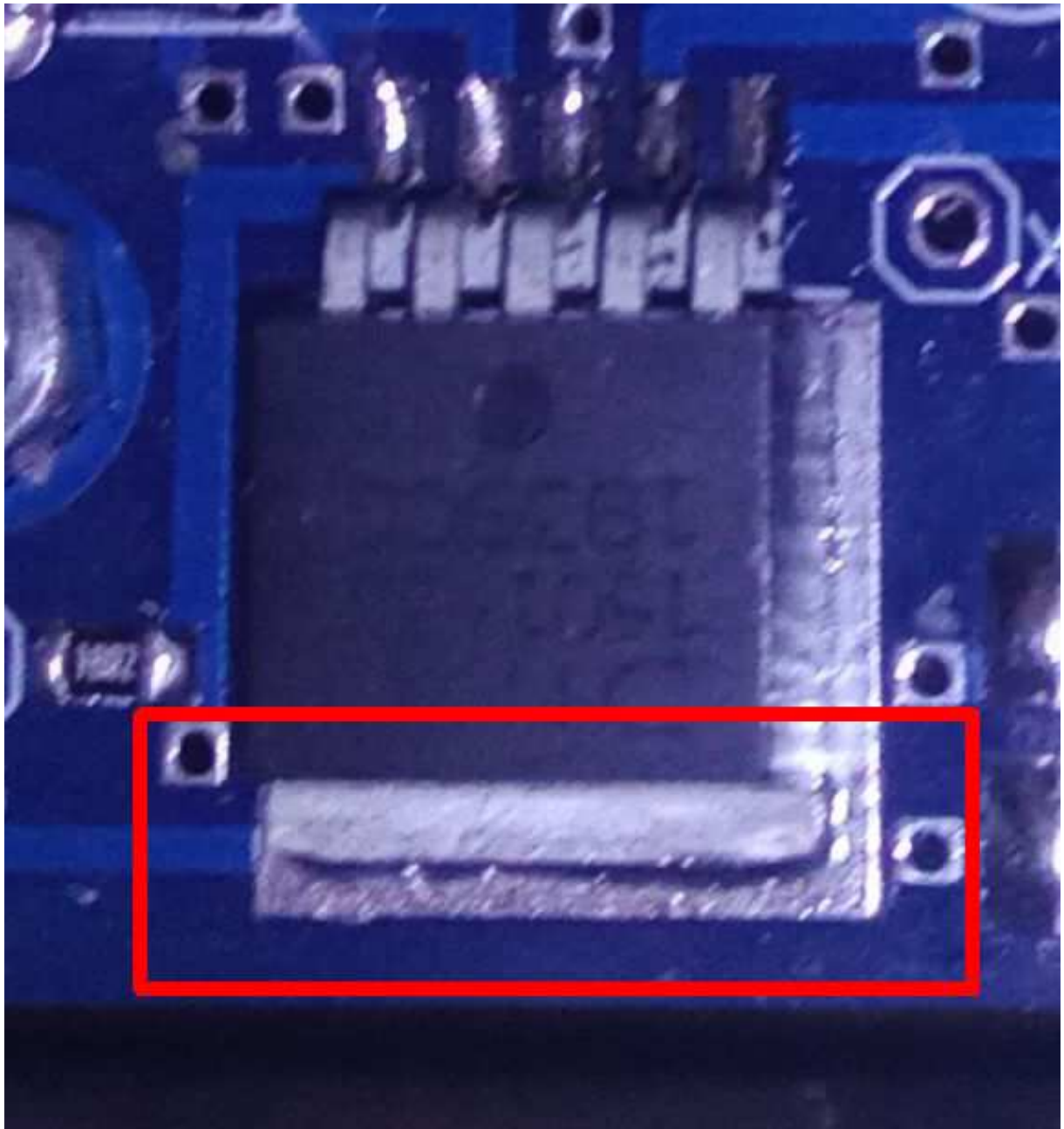
Čidla světla, teploty a náklonu se zatím neosazují.

K desce se zatím nepřipojují ani žádné propojovací kablíčky (tlačítko, napájení, držák baterie).

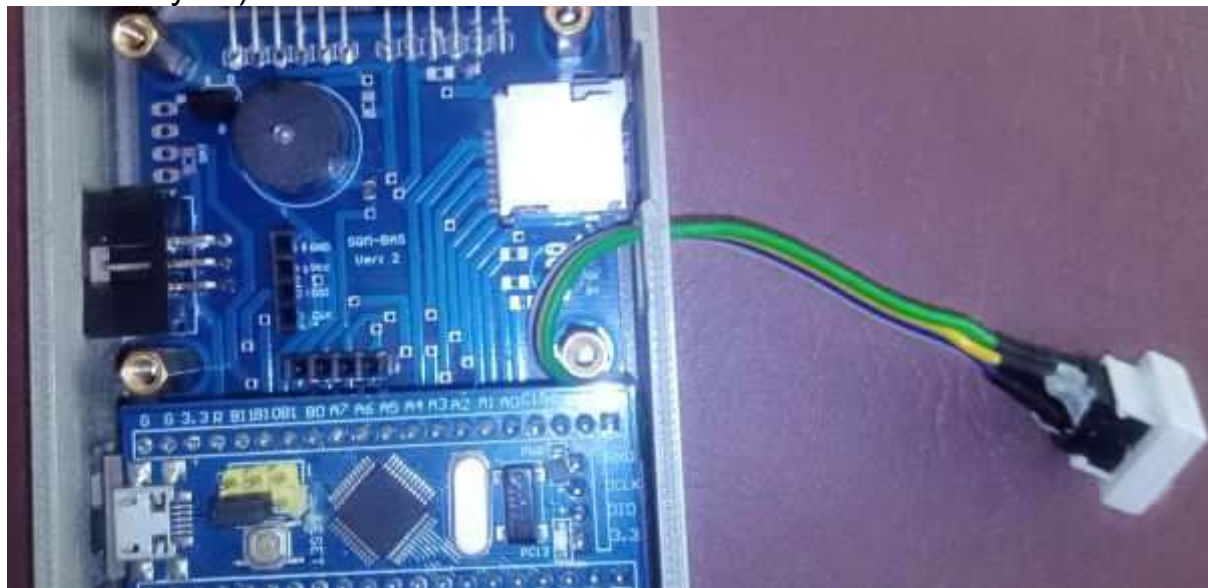
Procesorová deska BluePill musí mít boční piny (GND, DCLK, DIO a 3V3) osazené směrem dolů (stejně jako ostatní piny).



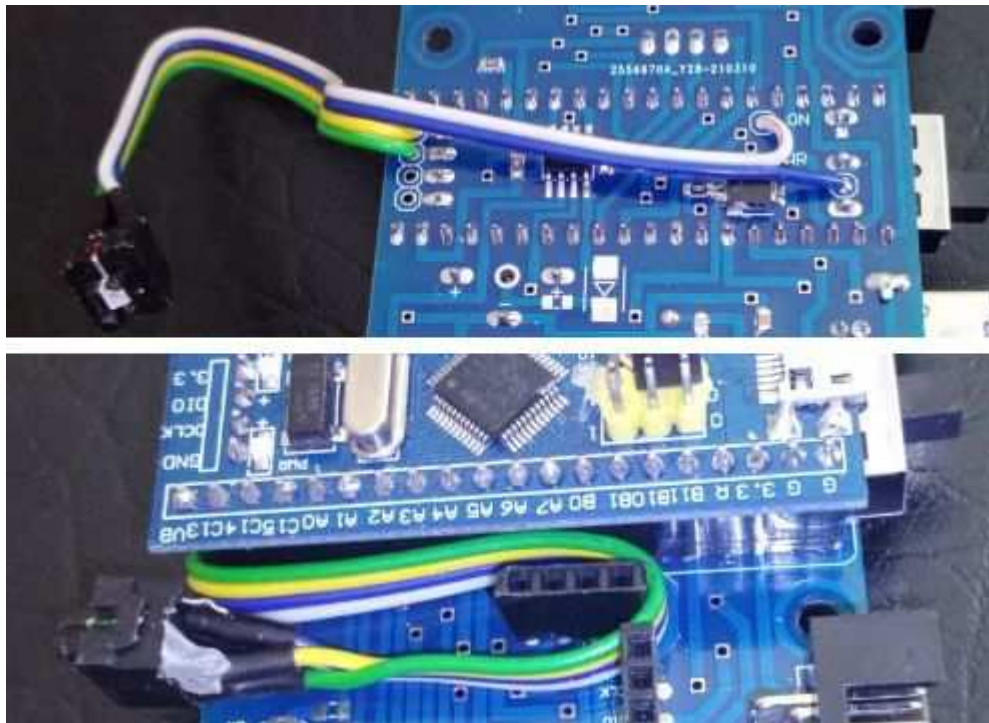
Step-DOWN převodník AP1501 osadit tak, aby se dal na plošňák připájet i chladicí plech (možná by bylo lepší trochu přiohnout nožičky směrem k pouzdru, aby na druhé straně zbylo víc místa):



Boční tlačítko je připojené přes 4-žilový plochý kablík. Tento kablík by měl být dlouhý alespoň 14 cm, aby se po vytažení otvorem z krabičky dal pohodlně připájet k tlačítku (případně se na připájené tlačítko dala nasadit krytka).



Po zasunutí tlačítka do krabičky se pak kablík obtočí kolem jednoho konektoru pro displej - aby nikde nepřekážel. Samotné tlačítko se později do krabičky vlepí tavným lepidlem.



Provizorně připojit držák 9V baterie k napájecím otvorům (svorkovnice K1 a K2 - svorky GND a +BAT).

Výroba desky SQM-DIS

Osadit součástky na desku SQM-DIS (tlačítka a LED se přímo na desku neosazují).

Všechny pájecí propojky na desce jsou v této variantě rozpojené.

Věnovat pozornost správnému zarovnání sedmissegmentovek. Pro jejich srovnání se dá použít horní kryt krabičky. Kdyby nebyly sedmissegmentovky srovnané, nevešly by se do díry v krabičce (je tam tolerance jen pár desetín mm).

Do horního krytu přišroubovat 3 tlačítka a propojit je na desku SQM-DIS-3 pomocí čtyř-žilového nebo šesti-žilového plochého kablíku.

Pro zvýšení mechanické odolnosti je možné připájené vodiče fixovat tavným lepidlem.



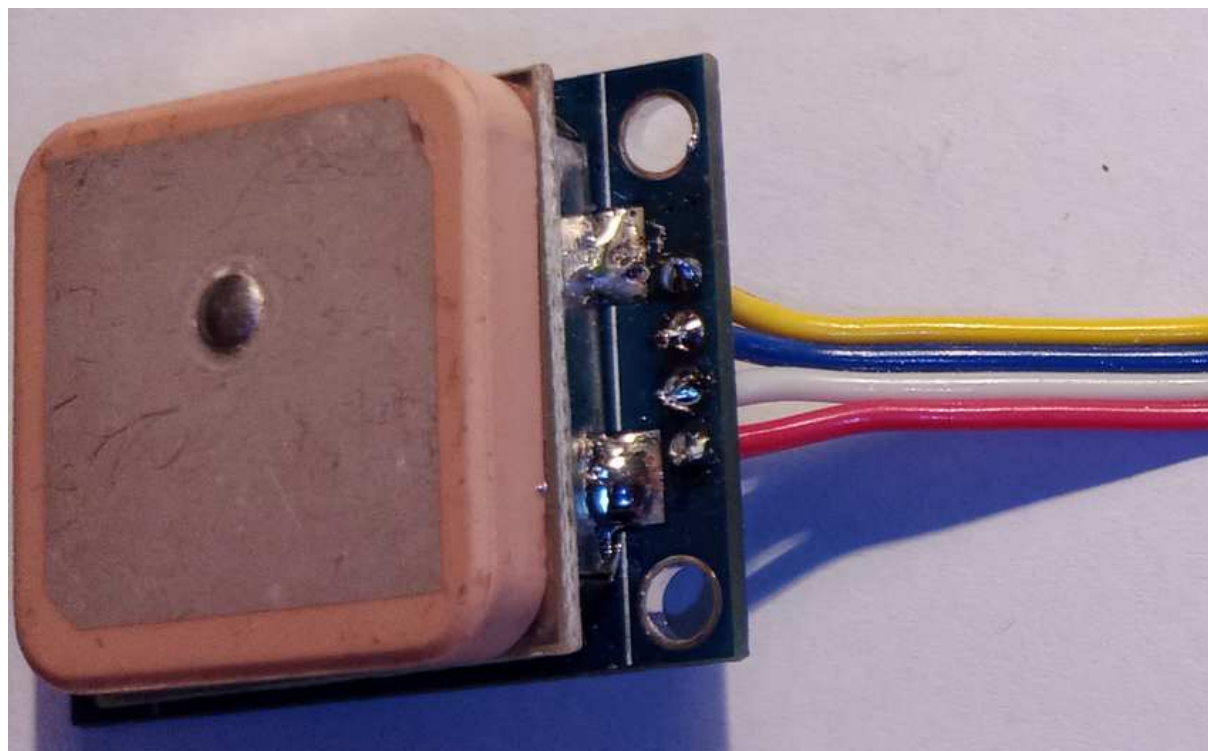
Připojení 4-žilovým plochým kablíkem.
(Společné GND je propojené na tlačítkách - červený drát.)



Propojení 6-žilovým plochým kablíkem.
Každé tlačítko má 2 samostatné dráty, spojení GND je až na desce DIS.
(fotografie starší verze krabičky)

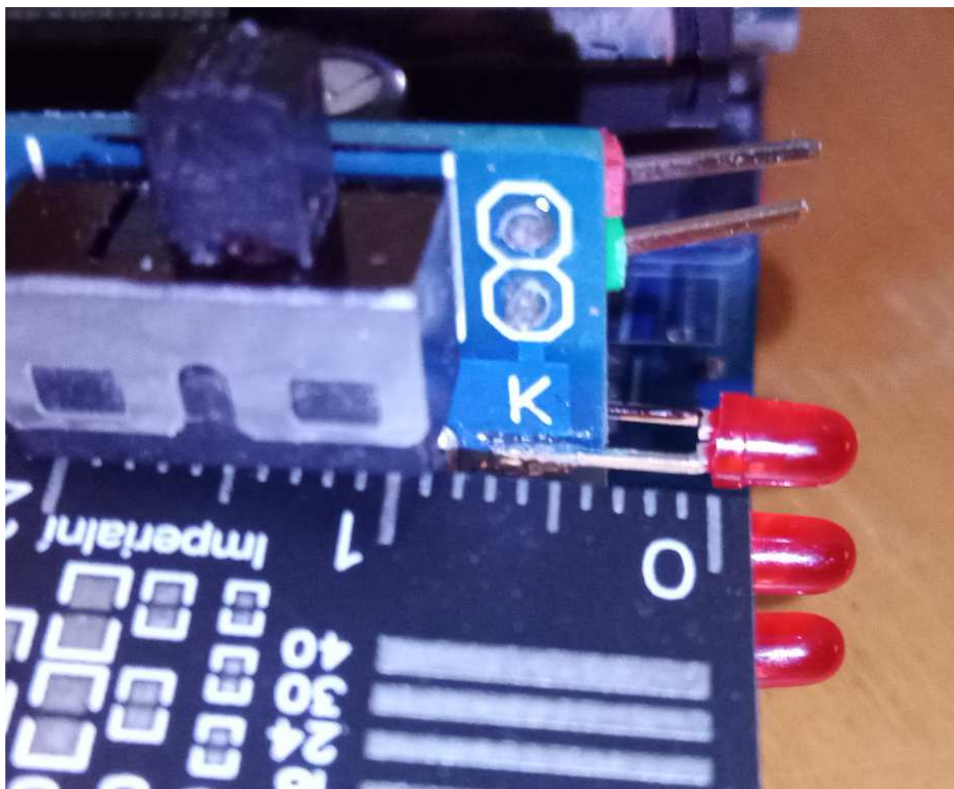
Výroba desky SQM-GPS (pokud bude použita)

Připájet anténu na GPS modul NEO-6. K takto upravenému modulu NEO-6 připájet 4-žilový plochý kablík délky 6 cm.

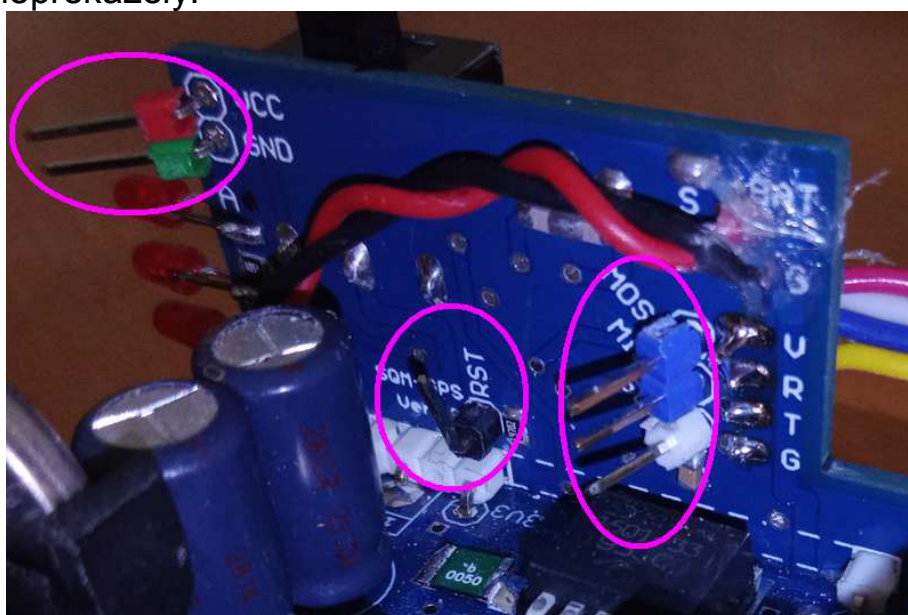


Na plošný spoj SQM-GPS-5 osadit všechny součástky kromě R6 a R7.

Pozor při osazování LED na vzdálenost mezi LED a plošným spojem. Měla by být asi 3mm. Při delší vzdálenosti se pak celá sestava desek špatně vkládá do krabičky. Když je ale vzdálenost kratší, jsou LED na boku krabičky špatně vidět.

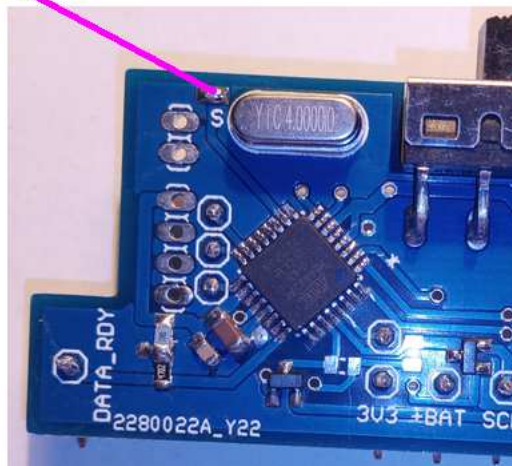
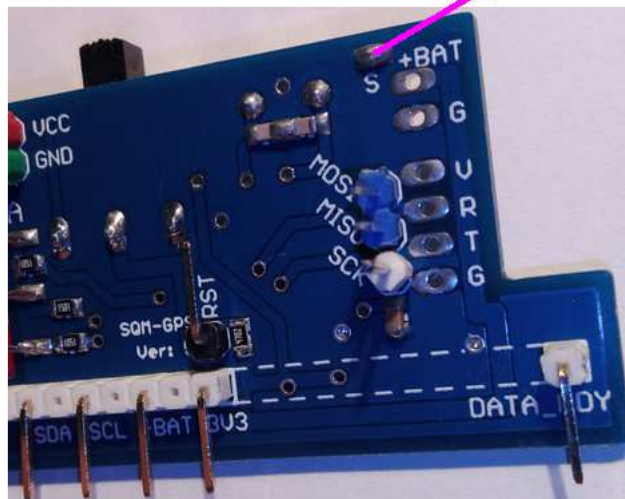


Programovací piny (MISO, MOSI, SCK, RST, VCC, GND) se osadí provizorně. Jsou určeny jen na nahrávání programu do procesoru ATmega328 a později se mohou odstranit. Při vývoji jsem předpokládal, že budu ještě mnohokrát program upravovat, a proto jsem je na desce ponechal, ale ohnul jsem je tak, aby ničemu nepřekážely.



Na servisní plošky (označení "S") na obou stranách horní části desky nanést trochu cínu, aby se daly snadněji propojit pinzetou

kapky cínu

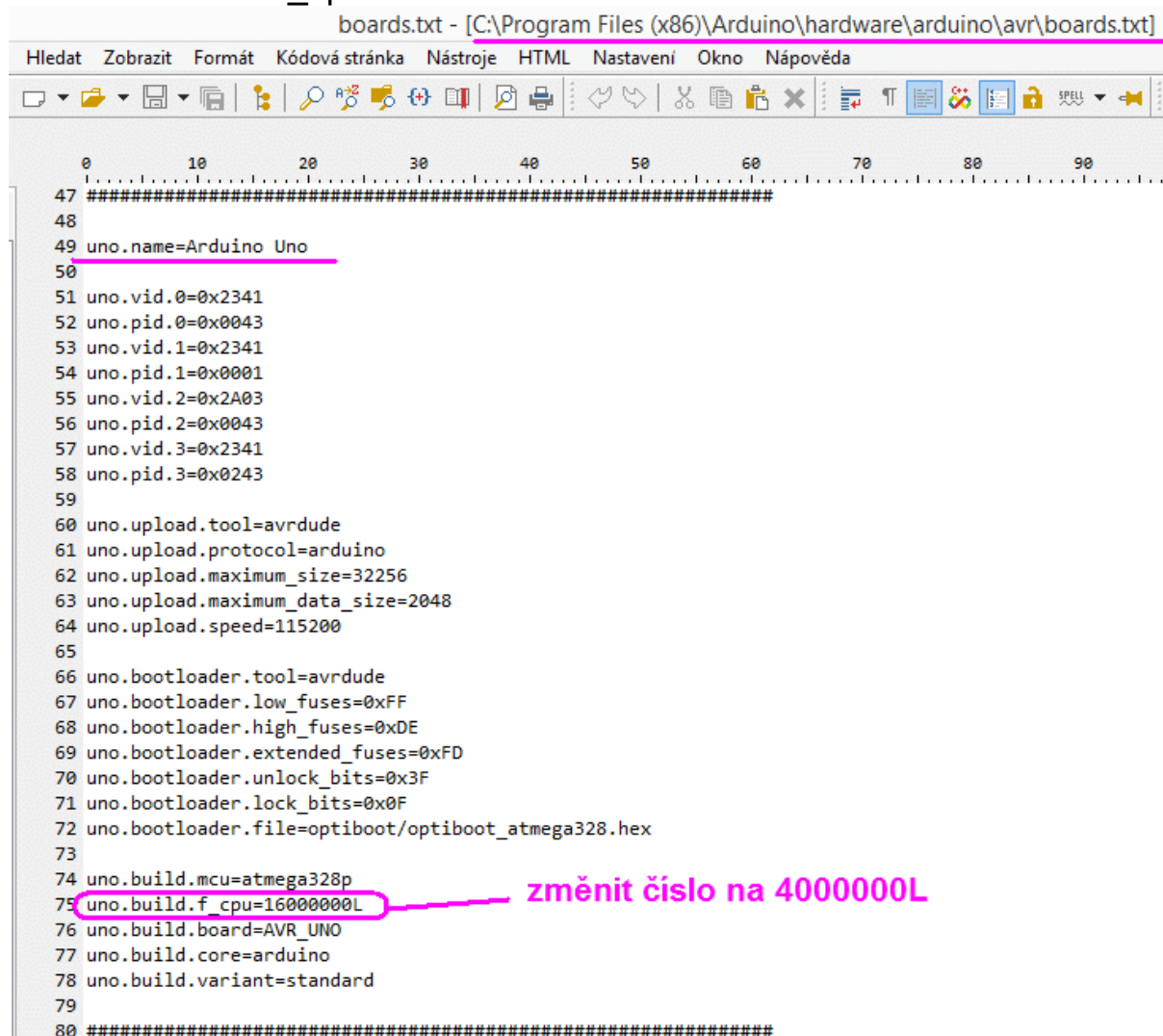


Dočasně přenastavit konfigurační soubor pro Arduino UNO tak, aby pracoval na 4MHz.

Ve Windows se to provede úpravou souboru:

C:\Program Files (x86)\Arduino\hardware\arduino\avr\boards.txt

V sekci "Arduino Uno" se upraví hodnota "uno.build.f_cpu" z 16000000L na 4000000L



```
boards.txt - [C:\Program Files (x86)\Arduino\hardware\arduino\avr\boards.txt]
Hledat  Zobrazit  Formát  Kódová stránka  Nástroje  HTML  Nastavení  Okno  Nápověda

0      10     20     30     40     50     60     70     80     90
47 #####
48
49 uno.name=Arduino Uno
50
51 uno.vid.0=0x2341
52 uno.pid.0=0x0043
53 uno.vid.1=0x2341
54 uno.pid.1=0x0001
55 uno.vid.2=0x2A03
56 uno.pid.2=0x0043
57 uno.vid.3=0x2341
58 uno.pid.3=0x0243
59
60 uno.upload.tool=avrdude
61 uno.upload.protocol=arduino
62 uno.upload.maximum_size=32256
63 uno.upload.maximum_data_size=2048
64 uno.upload.speed=115200
65
66 uno.bootloader.tool=avrdude
67 uno.bootloader.low_fuses=0xFF
68 uno.bootloader.high_fuses=0xDE
69 uno.bootloader.extended_fuses=0xFD
70 uno.bootloader.unlock_bits=0x3F
71 uno.bootloader.lock_bits=0x0F
72 uno.bootloader.file=optiboot/optiboot_atmega328.hex
73
74 uno.build.mcu=atmega328p
75 uno.build.f_cpu=16000000L
76 uno.build.board=AVR_UNO
77 uno.build.core=arduino
78 uno.build.variant=standard
79
80 #####
```

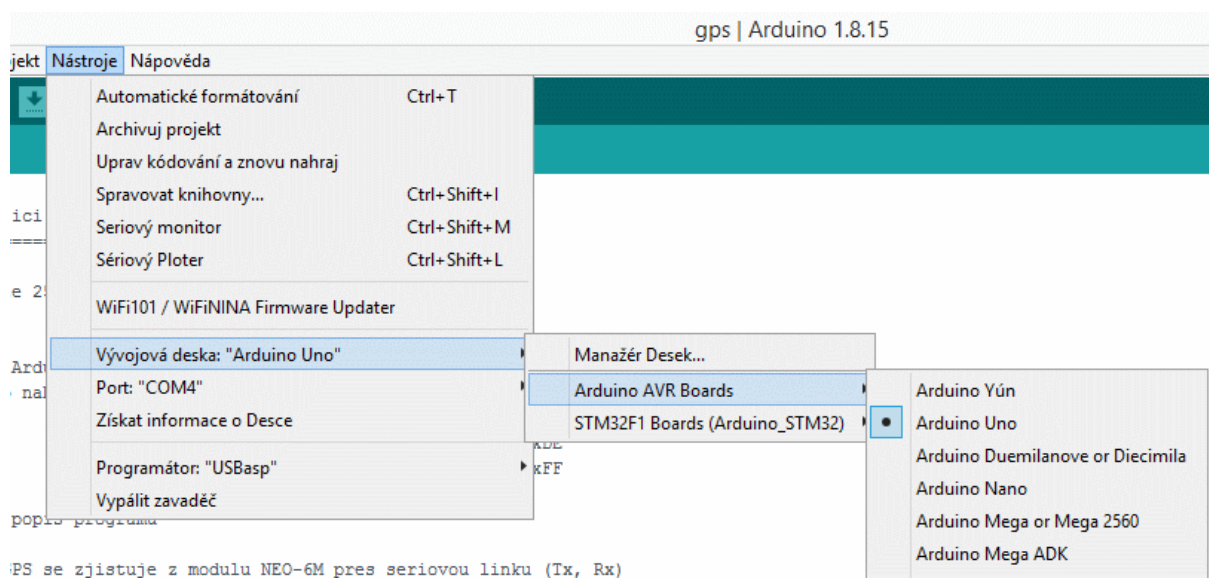
POZOR:

Umístění souboru boards.txt může být i jiné.

Po nějakém čase jsem chtěl aktualizovat program a umístění souboru se změnilo:

C:\Users\astromik\AppData\Local\Arduino15\packages\arduino\hardware\avr\1.8.4\boards.txt

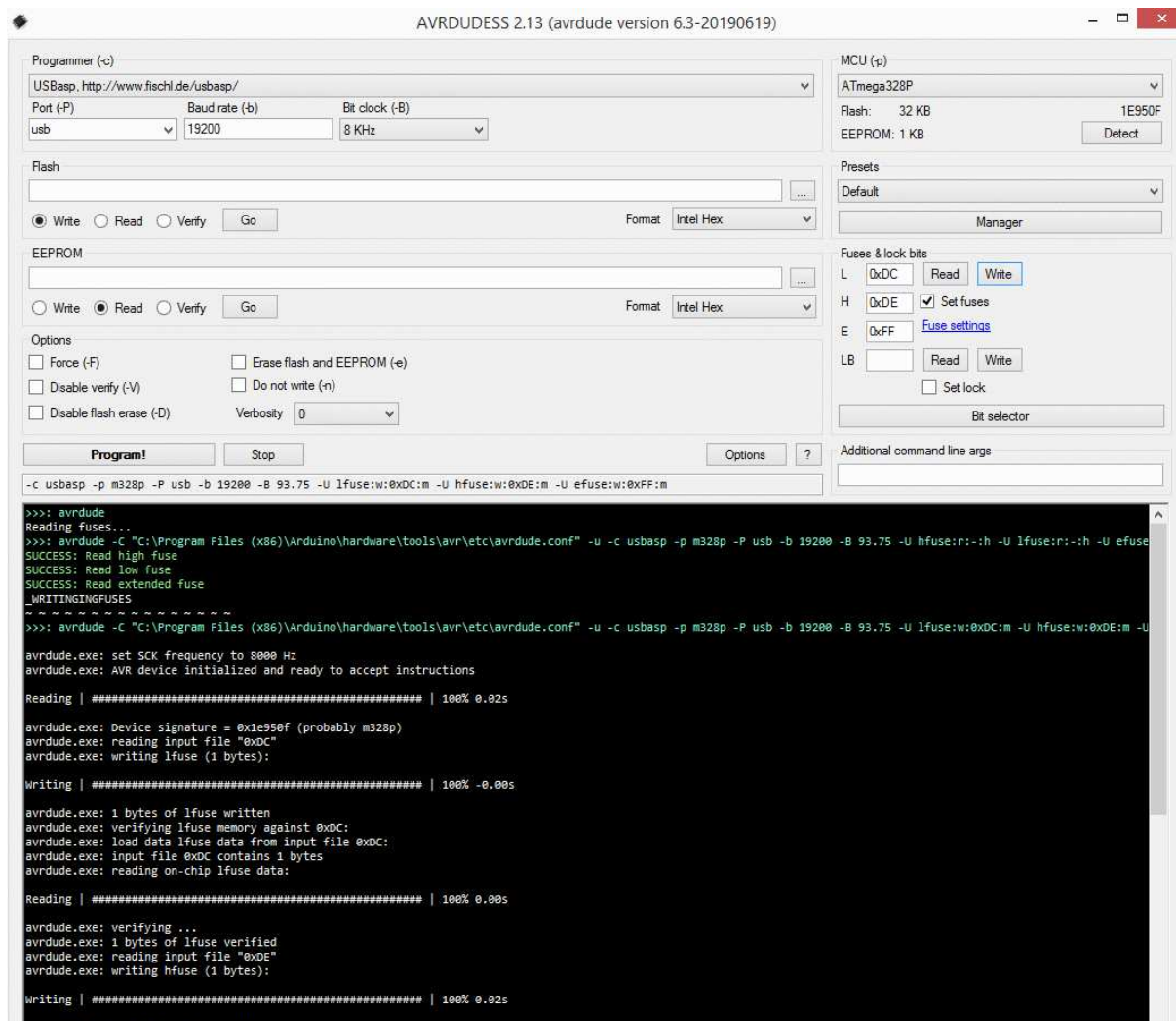
Přes ISP piny (MISO,MOSI,SCK,RST) nahrát do ATmega328 program "gps_int.ino" (v nastavení desky zvolit "Arduino UNO")



Vrátit zpět úpravu konfiguračního souboru "boards.txt".

Potom přes AVRDUDESS změnit FUSE:

z původních	-->>	na nové
L: 0xF7		L: 0xDC
H: 0xD9		H: 0xDE
E: 0xFC		E: 0xFF



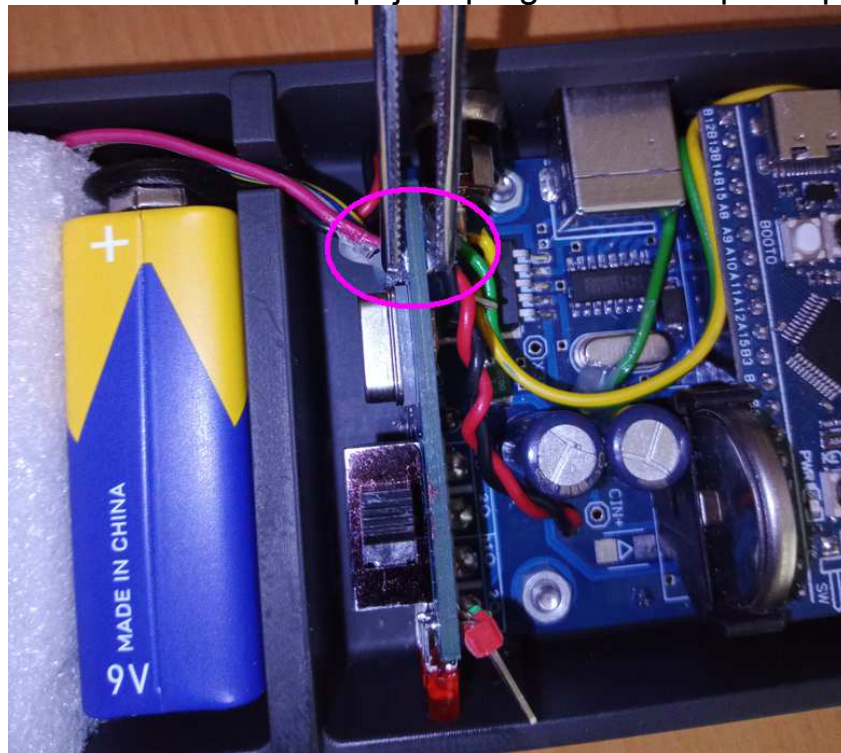
Po nahrání programu do desky SQM-GPS vypnout napájení programátoru.

POZOR:

Pokud by bylo třeba přeprogramovat desku SQM-GPS až po připájení k SQM-BAS, je nutné, aby byl vypínač na desce SQM-GPS v poloze **VYPNUTO!**

Programátory mají obvykle napájecí napětí 5V. Procesoru ATmega328 na desce SQM-GPS toto napětí nevadí, ale při sepnutém vypínači by se těch 5V přeneslo i na ostatní čidla a procesor STM32F103, které jsou dimenzovány pouze na 3,3V. Tím by pravěpodobně došlo k jejich zničení.

Při vypnutí napájení propojit pinzetou servisní pin na horní straně desky SQM-GPS a následně napájení programátoru opět zapnout.



Operace se provádí na samotné desce GPS, která ještě není připojena do BAS. Tato fotografie byla pořízena až po propojení desek BAS a GPS.

Po zapnutí napájení se sepnutým servisním kontaktem by měly nejdříve 5x bliknout všechny LED frekvencí 1Hz (střída 50%).

Pak se začnou pomalu postupně rozsvěcet a zhasínat.

Při tom je možné propojovací pinzetu odstranit.

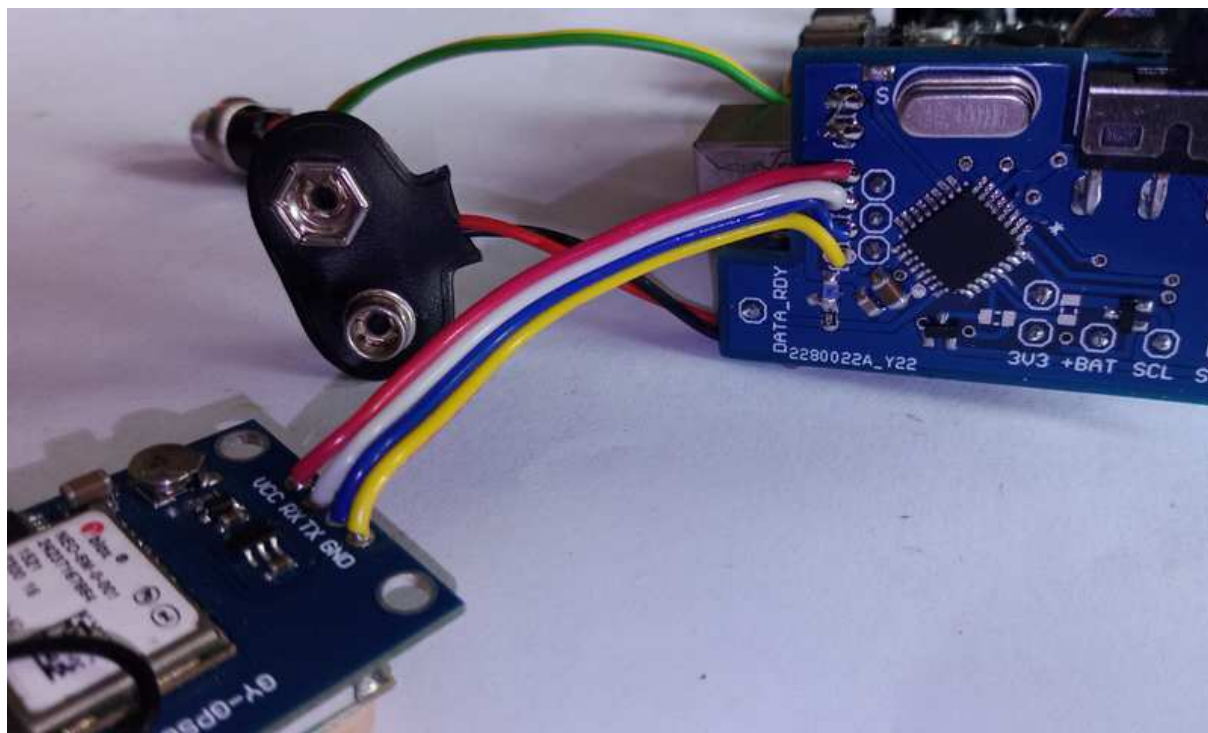
Asi po 30 sekundách se znovu rozblíkají všechny LED (střída 10%).

Tím je provedena základní konfigurace GPS modulu (zablokování nechtěných NMEA zpráv a povolení zpráv GxGGA a GxRMC).

Vypnout napájení programátoru.

Odpojit ISP vodiče a případně i vypájet ISP piny.

Plochý kablík z modulu NEO-6 připájet k desce SQM-GPS-5



Při dalším zapnutí napájení bez zkratované servisní propojky už bude GPS deska pracovat normálně. První LED zdola bliká frekvencí 1Hz, ostatní LED nejdřív svítí a po zafixování družic postupně zhasnou. Zafixování může trvat i delší dobu v závislosti na počasí a výhledu na oblohu.

Základní testy: samostatná deska SQM-BAS

POZOR!

V této fázi:

- nekládat modul s procesorem
- nekládat SD kartu
- nepřipojovat čidlo světla ani čidlo teploty / vlhkosti / tlaku
- nepřipojovat čidlo náklonu / kompas
- nepřipojovat desku SQM-DIS
- nepřipojovat desku SQM-GPS

1) Kontrola DC-DC převodníku:

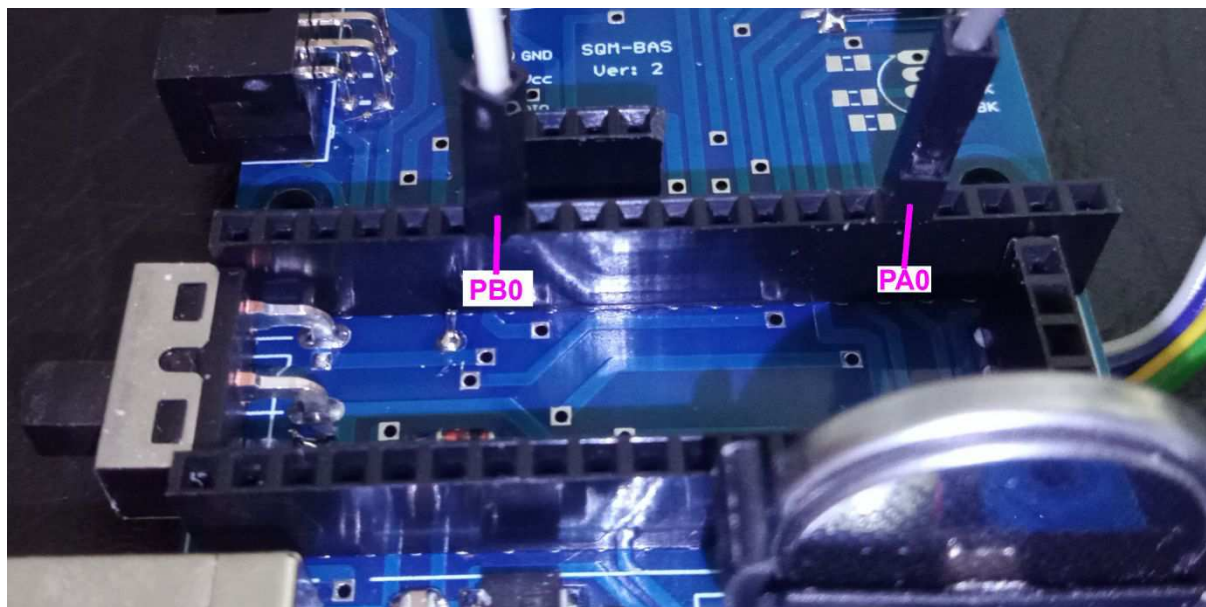
- Připojit voltmetr mezi body "XG" a "X3V".
- Připojit 9V baterii.
- Hlavní boční přepínač přepnout do polohy "zapnuto".
- Voltmetr musí ukazovat 3,3V s minimální tolerancí.
- Místo baterie připojit regulovatelný zdroj napětí 3 až 30V.
- Když vstupní napětí překročí 4,5V, musí být napětí na voltmetru (v bodě "X3V") stále 3,3V.
Pod 4,5V může napětí na voltmetru začít klesat.

2) Kontrola reference a děliče R7/R8:

Od vstupního napětí alespoň 3,5V by mělo být na pinu PB0 proti GND vždycky 1,8V.

Na pinu PA0 by mělo být proti GND napětí, které je asi 8% ze vstupního napětí (teoreticky je dělicí poměr: $8,2 / 108,2$).

Ani při 30V na vstupu nesmí toto napětí překročit 3,3V.



3) Kontrola ochrany přepólování:

Na svorky baterie připojit 30V v opačném směru.

Voltmetr nesmí mezi body "XG" a "X3V" ukazovat žádné napětí a odběr ze zdroje 30V musí být také nulový.

4) Kontrola USB komunikace:

Odpojit 9V baterii (nebo zdroj).

Stále bez zasunuté procesorové desky připojit USB konektor k počítači

Měly by se nainstalovat ovladače pro převodník CH340.

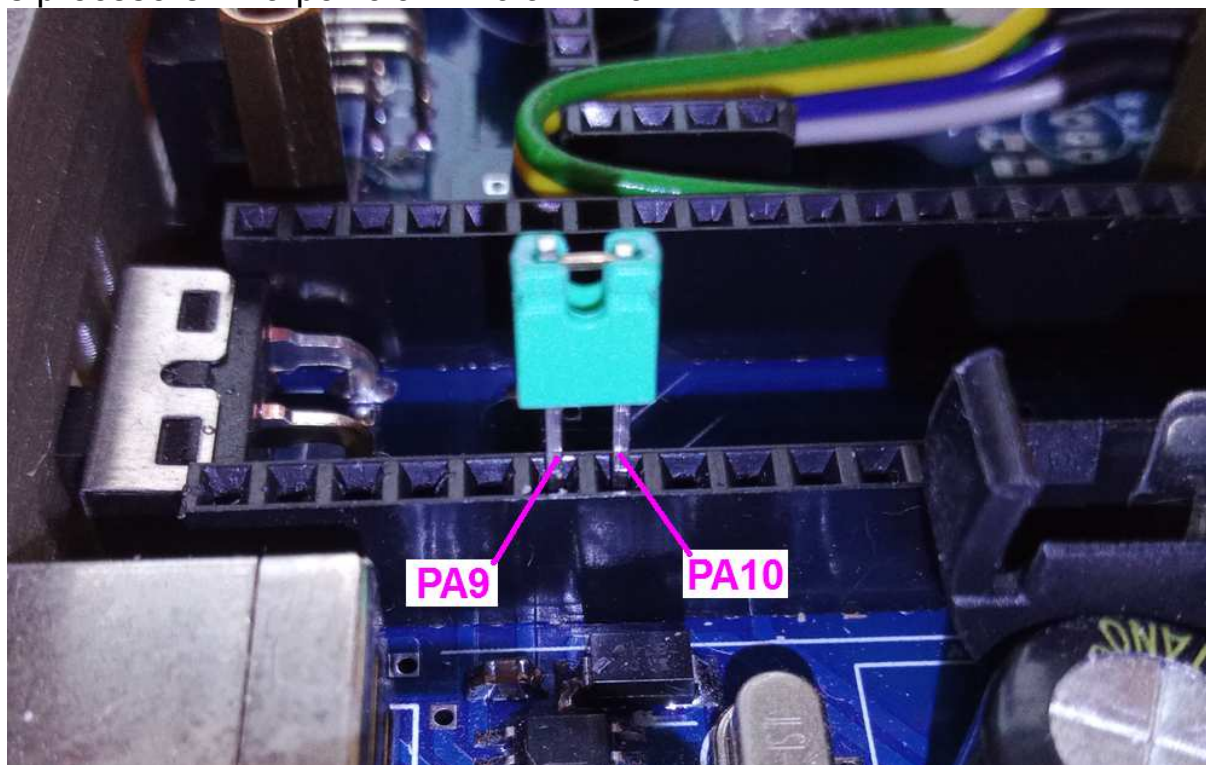
Pokud se nenainstalují, postupovat podle:

<https://havel.mojeservery.cz/ovladace-usb-serioveho-portu-s-cipsetem-ch340ch341-a-arduino-klony/>

nebo:

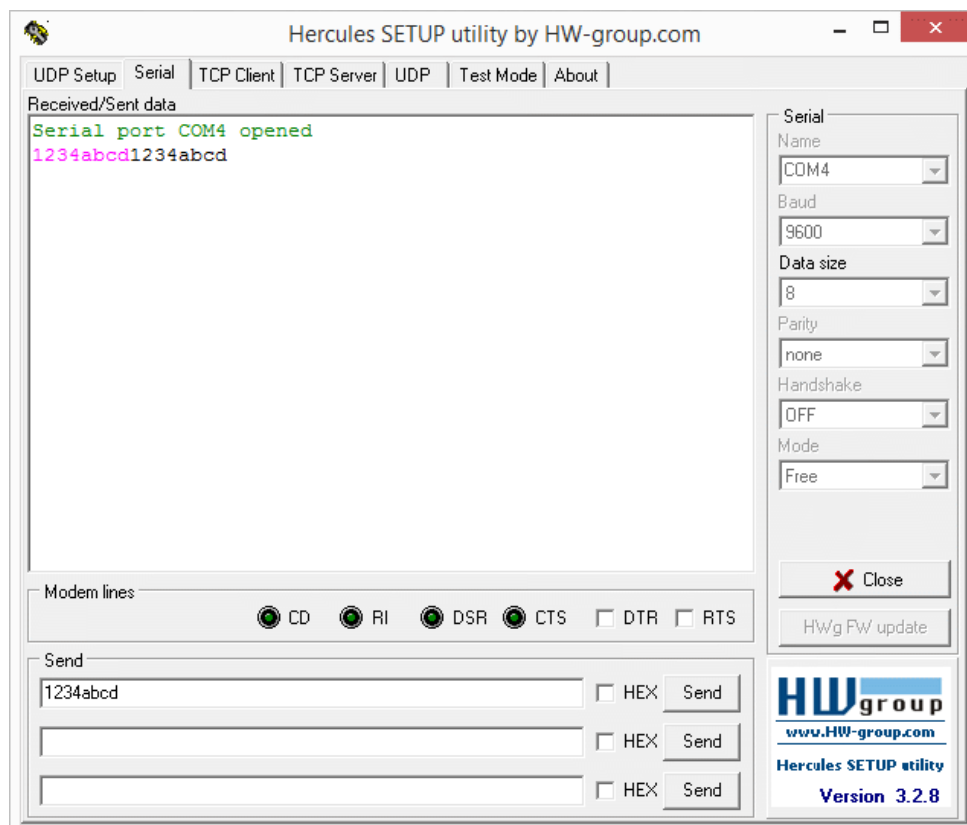
<https://blog.laskarduino.cz/instalace-ovladace-prevodniku-usb-na-uart-ch340/>

Když instalace proběhne správně, propojit dírky v patici pro modul s procesorem na pozicích PA9 a PA10.



V počítači spustit sériový terminál, zvolit správné číslo právě vytvořeného sériového portu, nastavit rychlost na 9600.

Znaky, které se přes terminál odešlou do linky, se musí okamžitě vracet zpátky.



Vyzkoušet i vyšší rychlosti (až do 115200).

Zrušit propojku mezi PA9 a PA10.

Při připojeném USB kabelu ještě zkontrolovat voltmetrem napájecí napětí 5V pro procesorovou desku.

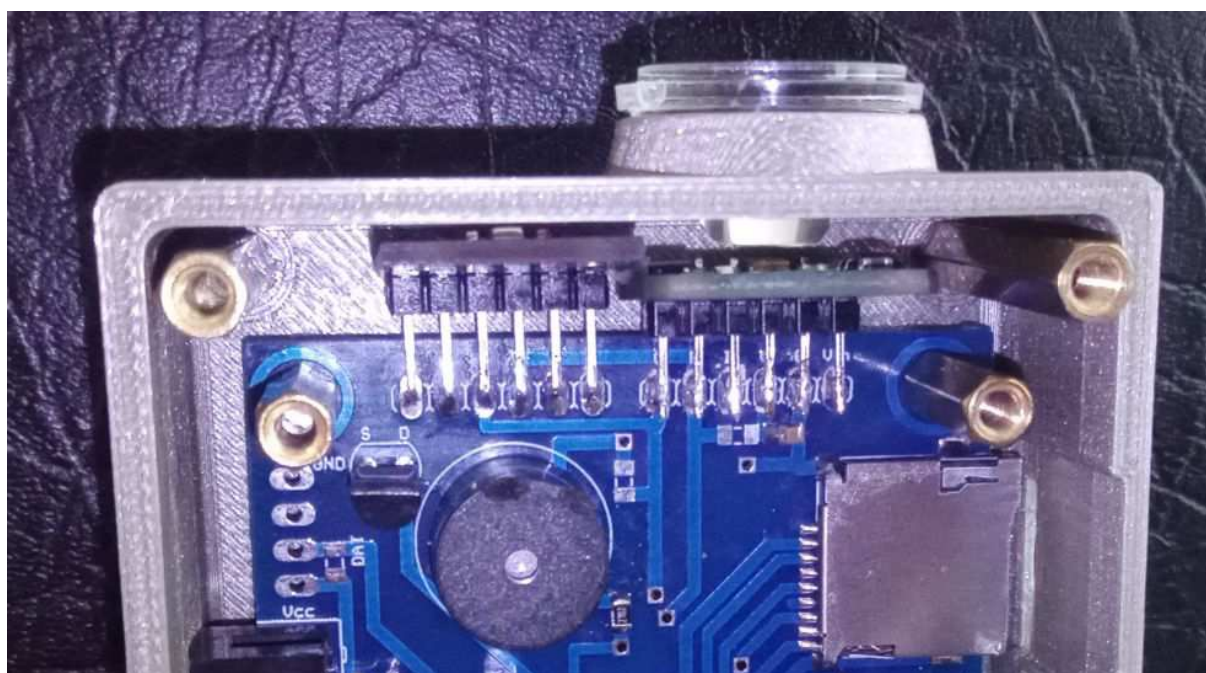


Základní testy: propojené desky

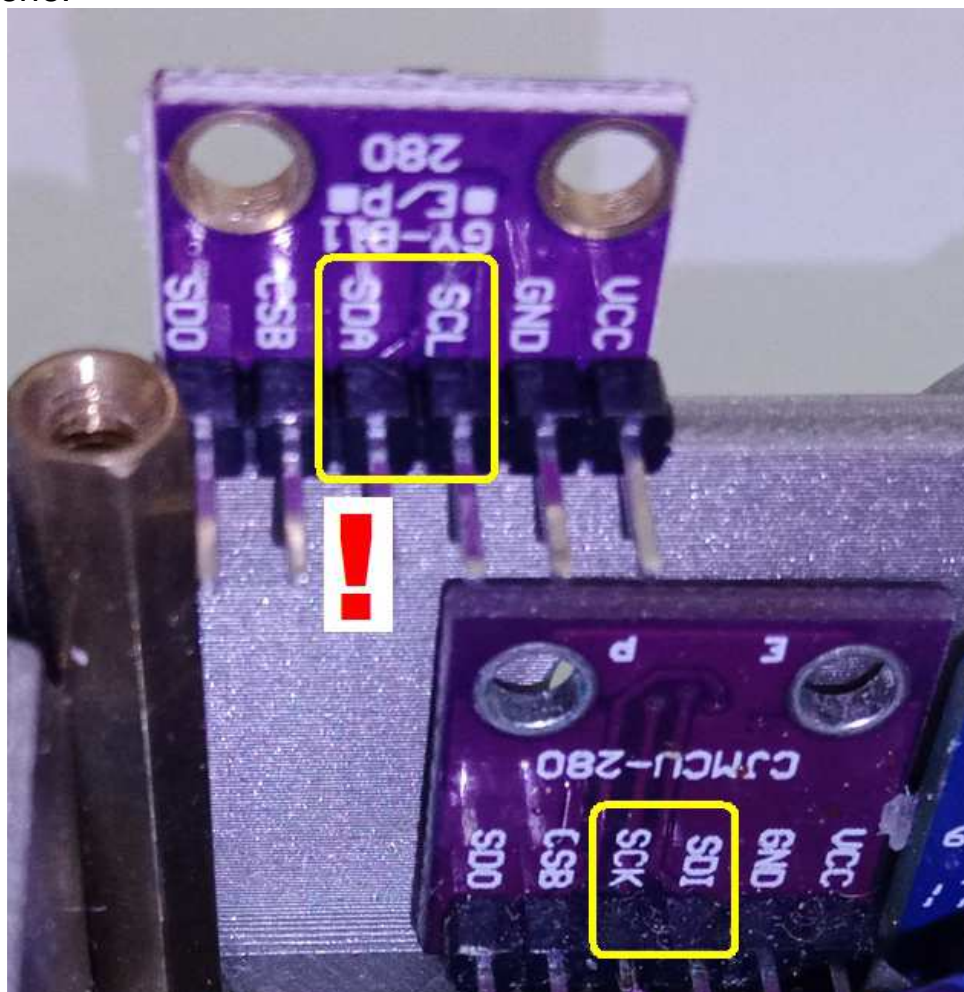
Připojit čidla a zasunout modul s procesorem, připojit desku s displejem a případně i desku SQM-GPS.

Při připojování čidel věnovat pozornost správnému umístění a nasměrování. Nejlepší postup je vlepit do krabičky čočku, přišroubovat základní desku bez čidel do krabičky, nastavit správný směr a vzdálenost čidla světla od čočky a připájet jeden vývod.

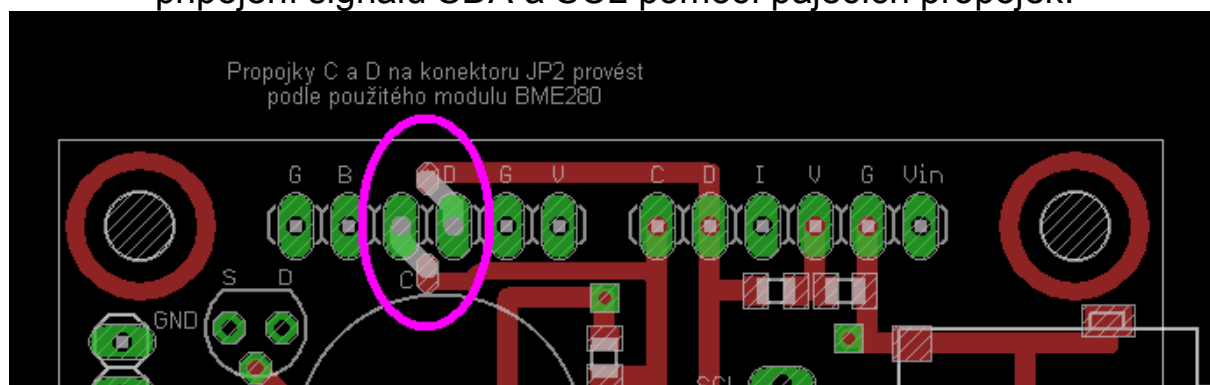
Podobně provést umístění i čidla teploty. Když budou čidla správně umístěna, je možné vyndat základní desku z krabičky a dopájet zbylé vývody čidel.



U modulu s čipem BME280 pozor na komunikační piny SDA a SCL.
Měl jsem dva stejně označené moduly, která ale měly komunikační piny prohozené.



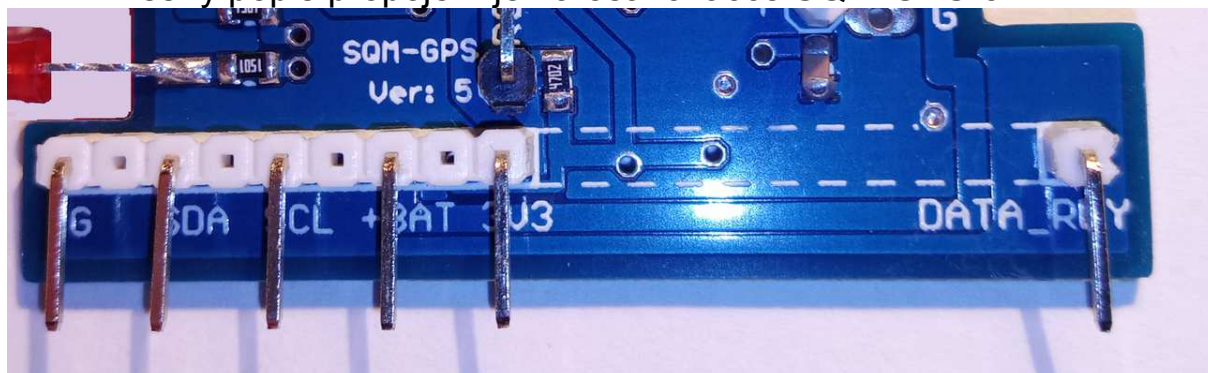
Na poslední verzi desky BAS (SQM-BAS-5) je proto umožněna volba připojení signálů SDA a SCL pomocí pájecích propojek.

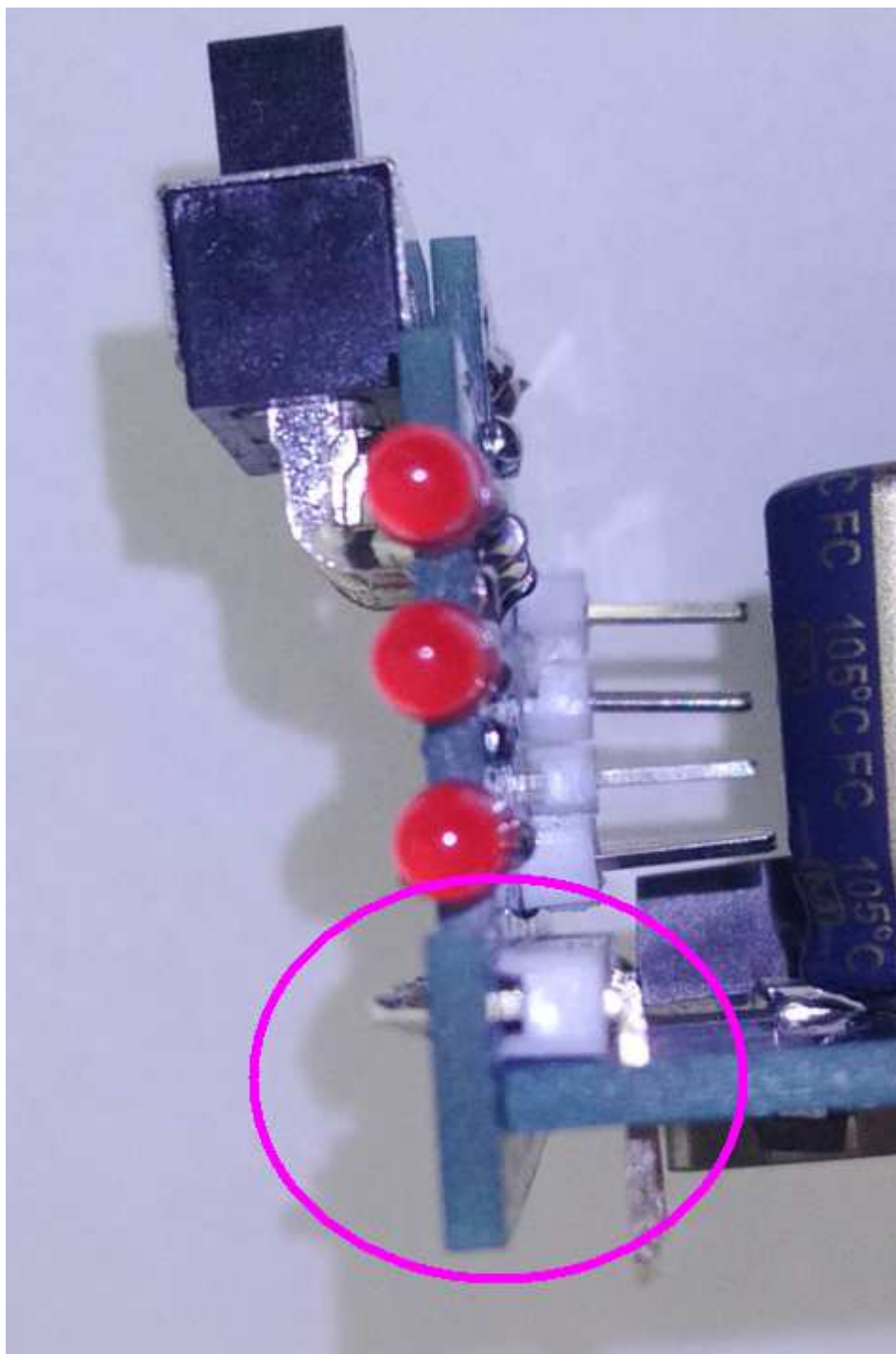


Pokud je použita, tak připojit desku SQM-GPS-5 k desce SQM-BAS-5.
Deska SQM-GPS-5 se připojuje přes 90° kolíky.
Je nutné dbát na přesnou kolmost vůči desce SQM-BAS, jinak by
neseděly otvory v krabičce proti LED a proti přepínači.

Zkontrolovat, že jsou v této variantě na desce SQM-BAS-5 osazené
odpory R1 a R2 (0R) a tři drátové propojky (C-C', D-D', Z-Z')

Přesný popis propojení je na osazovačce SQM-GPS-5.

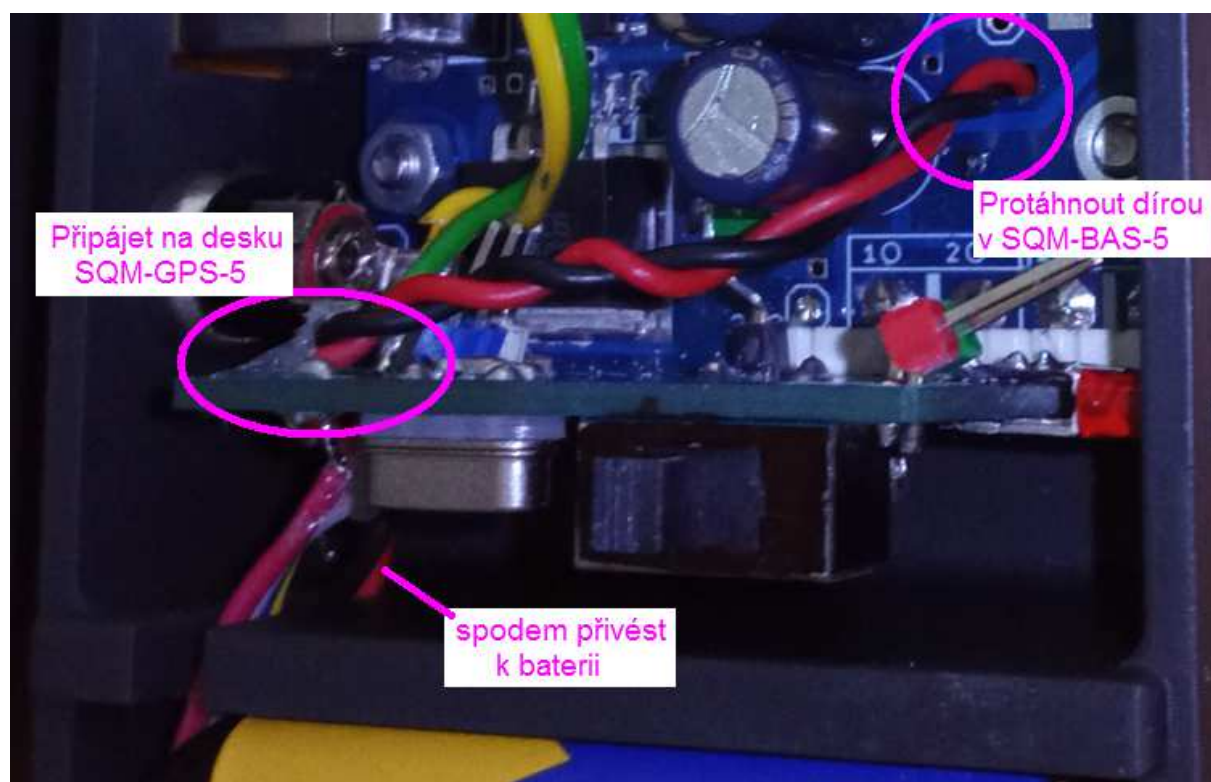
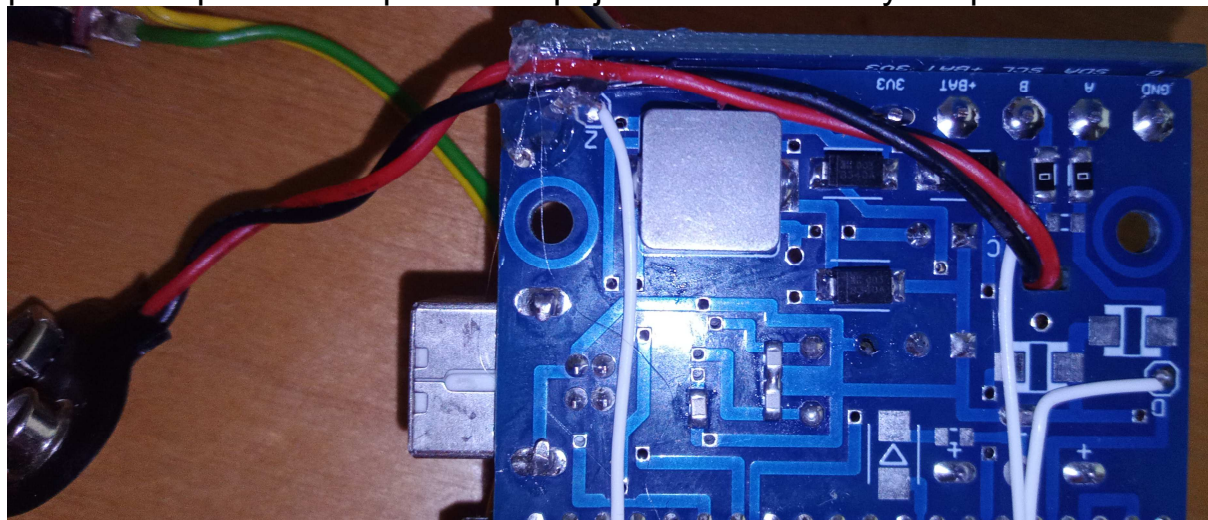




Detail propojení desek GPS a BAS.
(Na této fotce je trochu starší verze desky GPS.)

Držák 9V baterie se přepájí z provizorního umístění z desky SQM-BAS na desku SQM-GPS.

Vývody od držáku baterie se mohou pro zvýšení mechanické odolnosti protáhnout přes díru v plošném spoji a zafixovat tavným lepidlem.

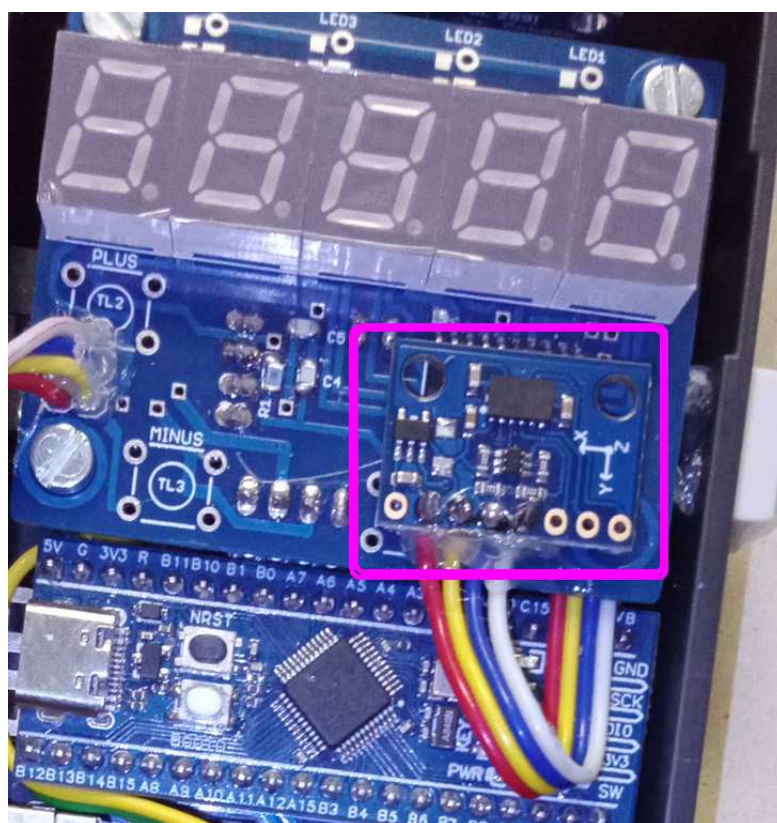


Připojit modul náklonu s kompasem k desce SQM-BAS.

Modul LSM303 se propojí s deskou SQM-BAS pomocí 7 cm dlouhého 4-žilového kablíku.

Modul LSM303 se pak přilepí (tavným lepidlem) na desku SQM-DIS (přímo na obvod pro řízení displeje TM1637).

Šroubek pro připevnění desky displeje pod modulem LSM303 nepoužívat. Mohl by ovlivňovat magnetické pole kompasu.

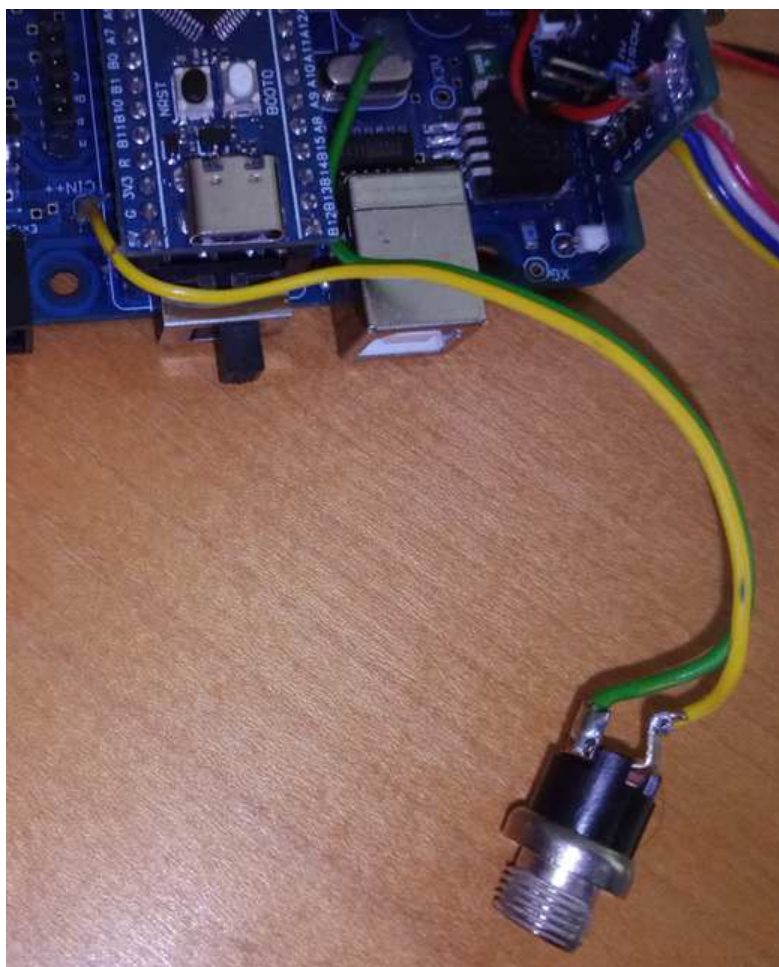


Na plošném spoji SQM-BAS-5 jsou připraveny i připojovací body pro volitelné externí napájení (5V až 30V).

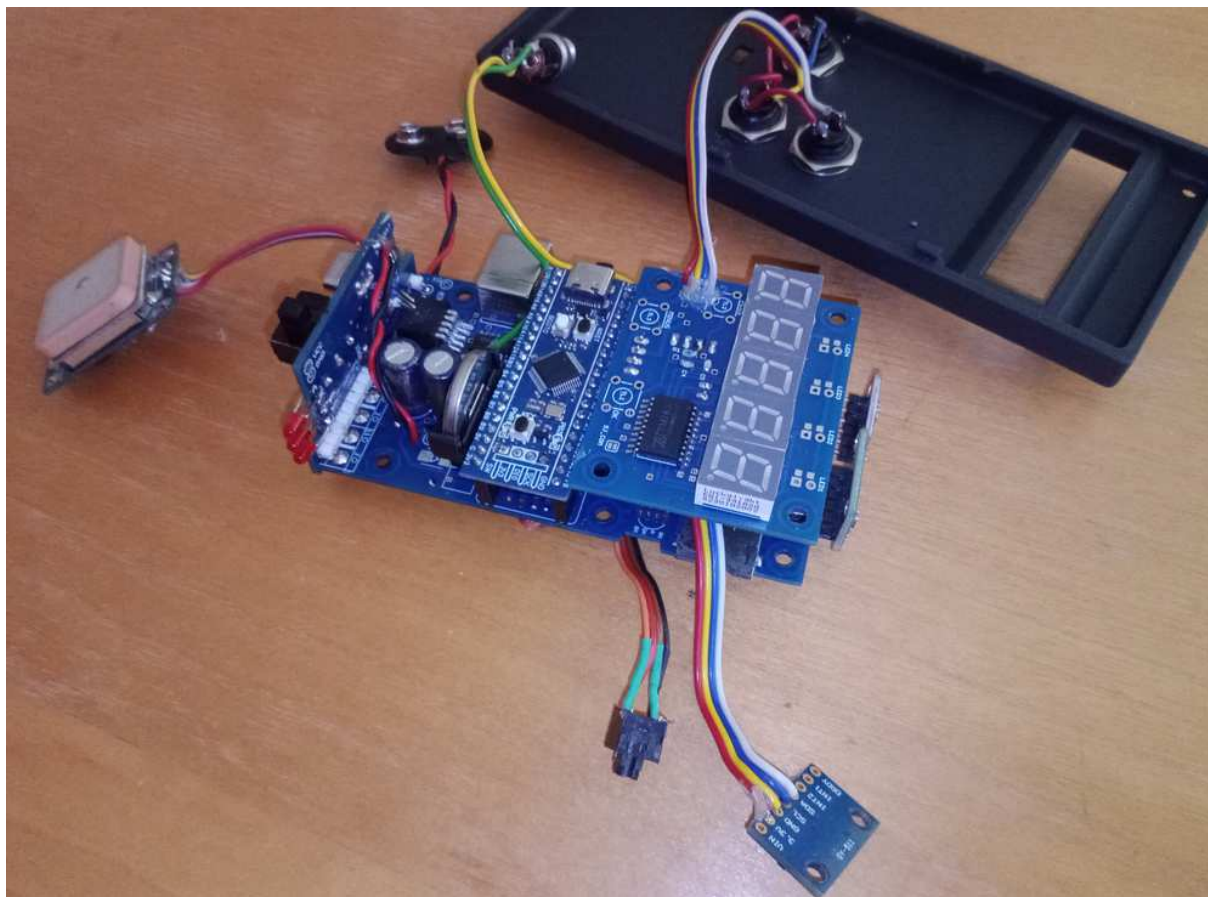
Používal jsem je pro připojení 12V akumulátoru od dalekohledu. V prvních verzích SQM jsem tam měl z boku přišroubovaný konektor CINCH. V poslední verzi jsem tam dal normální napájecí DC JACK. Na plošném spoji jsou body pro připojení tohoto napětí označeny po staru jako CIN-, CIN+ a CIN++.

Na bod CIN- se připojí záporný pól napájecího konektoru. CIN+ nebo CIN++ slouží k připojení kladného pólu napájecího konektoru. Rozdíl v těchto pinech je v tom, že pin CIN+ je vypínatelný bočním přepínačem. Pin CIN++ je na poloze bočního přepínače nezávislý (SQM je zapnuté vždycky, když je na napájecím konektoru napětí).

V podkladech pro 3D tisk je otvor pro napájecí konektor jen naznačen a v případě, že se použije, se musí ručně provrtat.



V této fázi by tedy mělo být hotové kompletní propojení všech desek - zatím mimo krabičku.



Přes USB (na desce SQM-BAS) nahrát testovací program "test_HW" - postup nahrání je popsán v předchozí kapitole "[Nahrání programu a jeho případná aktualizace](#)".

Přes sériovou linku provést testování jednotlivých částí SQM:

```
a .... sken I2C
b .... test A/D
c .... test EEPROM 128k
d .... test extra EEPROM (r30s)
e .... test pískak
f .... test BME280
g .... test TSL2591
h .... test displej
i .... test EXT kontaktu
j .... test tlacítek
k .... test LED
l .... test SD karty
m .... test linky RS485
n .... test GPS
o .... test kompasu a naklonomeru LSM303
p .... test vlhkomeru DHT11
q .... test vlhkomeru DHT22
r .... test RTC
```

Testy probíhají tak, že se přes sériovou linku odešle znak a čeká se na dokončení testu. Občas se v sériové lince vrátí nějaké instrukce, nebo se zobrazuje průběžný stav testování.

Například při skenu I²C sběrnice (znak **a**) se zobrazí v sériové lince bargraf. Po doběhnutí do konce se vypíšou všechny nalezené periférie:

```
Sken I2C
|-----|
|#####|
Found address: 25 (0x19) (LSM303)
Found address: 30 (0x1E) (LSM303)
Found address: 41 (0x29) (TSL2591)
Found address: 80 (0x50) (EEPROM < 64kB)
Found address: 81 (0x51) (EEPROM > 64kB)
Found address: 87 (0x57) (Extra EEPROM)
Found address: 118 (0x76) (BME280)
=====
```

Při testu náklonoměru a kompasu (znak **o**) vypadá výstup třeba takhle:

```
=====
15 sekundovy test kompasu a naklonomeru LSM303
zbyva: 14          zrychljeni: aX= -2432      aY= 816      aZ= 17872      magnetometr: mX= 692 ...
zbyva: 14          zrychljeni: aX= -2512      aY= 640      aZ= 17984      magnetometr: mX= 692 ...
zbyva: 14          zrychljeni: aX= -2224      aY= 464      aZ= 18176      magnetometr: mX= 692 ...
zbyva: 14          zrychljeni: aX= -2208      aY= 448      aZ= 18224      magnetometr: mX= 691 ...
zbyva: 14          zrychljeni: aX= -2288      aY= 448      aZ= 18144      magnetometr: mX= 695 ...
zbyva: 14          zrychljeni: aX= -2224      aY= 480      aZ= 18256      magnetometr: mX= 692 ...
zbyva: 14          zrychljeni: aX= -2304      aY= 512      aZ= 18048      magnetometr: mX= 695 ...
...
...
zbyva: 0           zrychljeni: aX= -2256      aY= 528      aZ= 18144      magnetometr: mX= 687 ...
zbyva: 0           zrychljeni: aX= -2176      aY= 528      aZ= 18160      magnetometr: mX= 682 ...
zbyva: 0           zrychljeni: aX= -2160      aY= 400      aZ= 18080      magnetometr: mX= 685 ...
zbyva: 0           zrychljeni: aX= -2288      aY= 496      aZ= 18160      magnetometr: mX= 685 ...
=====
```

Při testu pískáku (znak **e**) se z pískáku ozve několik tónů.

Když předchozí testy dopadnou úspěšně, je možné nahrát do procesoru program pro SQM.

Po prvním spuštění programu (když je prázdná EEPROM) dojde automaticky k základnímu nastavení systémových parametrů. Pak se provede reset. Po resetu by měla začít blikat jedna tečka (pravá) na displeji.

Provést základní konfiguraci přes USB sériový port (formát EEPROM, nastavení datumu, nahrát základní kalibrační tabulky)

Seznam použitých příkazů odeslaných přes USB linku:

#FH	HARD formát EEPROM
@DP	defaultní parametry systému
z 1	nastavení SELČ (nebo "z 0" pro SEČ)
#Tyyyymmddhhnss	nastavení času
@DS	defaultní kalibrační tabulky pro světlo
@DT	defaultní kalibrační tabulky pro teplotu

(Defaultní kalibrační tabulky jsou nastaveny tak, že změřené hodnoty z čidel nepřepočítávají. Pro skutečnou kalibraci pak postupujte podle kapitoly "[Kalibrace jasů a teploty](#)").

Příkazem **@DP** se nastaví následující parametry:

Desetinný oddělovač v CSV souborech a textových výstupech: čárka

Oddělovač položek v CSV souborech: středník

Na začátek CSV souboru se bude přidávat hlavička.

Jednotlivé položky v CSV souborech se nebudou uzavírat do uvozovek.

Automatické spouštění vypnuté.

Průměrovat se budou 3 vzorky světla.

Komunikační rychlost 9600.

SLAVE adresa = 1.

Kontrolní bajt se při komunikaci přes RS485 testuje.

Nestabilní jas je zaznamenaný, pokud je rozdíl dvou sousedních měření větší než 0.2 %.

Pracovat se bude jen s 1 čidlem světla (bez rozšiřující desky).

Do EEPROM se budou ukládat všechny záznamy světla nezávisle na změřeném jasu.

Do EEPROM se začne ukládat od první adresy určené pro záznamy (adresa 700)

Časové zóny se přednastaví na +1 hodinu (pro zimu) a +2 hodiny (pro léto).

Textové označení časových zón se nastaví na "SEC" a "SELC".

Domácí zeměpisné souřadnice se nastaví na 50° s.š. a 15° v.d.

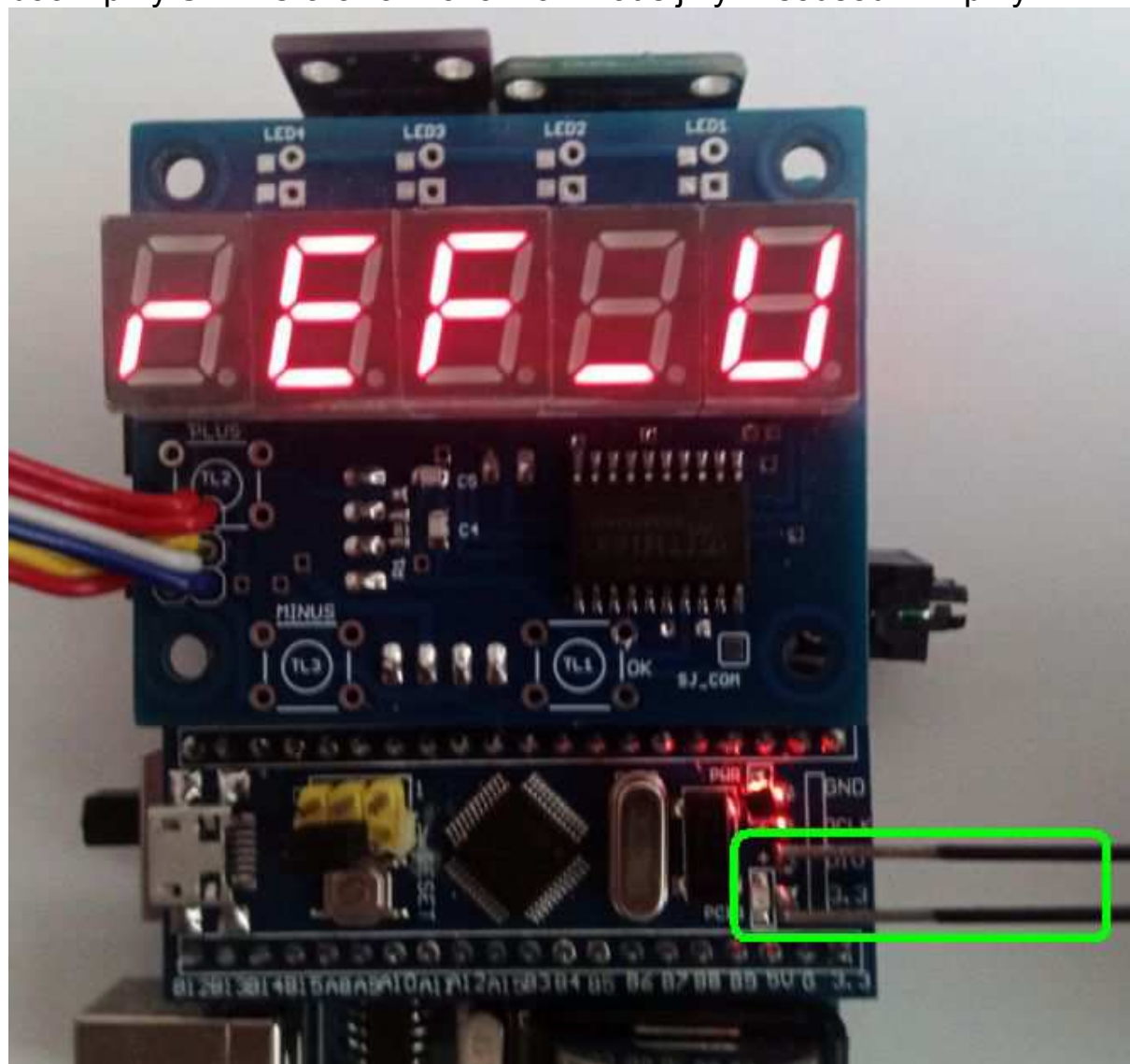
Kalibrační konstanty náklonoměru a kompasu se nastaví nahrubo, aby byly možné alespoň nějaké přepočty a nedocházelo k matematickým chybám (dělení nulou, odmocnina záporného čísla ...).

V každém případě je nutné pro náklonoměr a kompas provést následně vlastní kalibraci v krabičce, která vykompenzuje nepřesnosti v uložení čidel.

Nastavení napěťových úrovní pro test stavu baterie

Program je přednastavený na signalizaci několika úrovní stavu baterie. Tyto úrovně ale závisí na přesnosti odporů v napěťovém děliči R7, R8. Pokud by bylo nutné úrovně posunout, postupuje se takto:

- Odpojit napájení přes USB konektor.
- Místo baterie připojit regulovatelný zdroj.
- Na zdroji nastavit takové napětí, které má signalizovat hranici mezi blikáním 1 a 2 teček na displeji (při vyšším napětí bude blikat 1 tečka, při nižším napětí 2 tečky). Program je přednastavený na hodnotu 7V.
- Zapnout hlavní vypínač
- Pomocí šroubováku nebo pinzety zkratovat na procesorové desce boční piny SWDIO a 3V3. Pozor na zkrat s jinými sousedními piny.



Na displeji se na objeví nápis "rEF_U" následovaný číslem a po chvíli nápis "U_bAt" následovaný jiným číslem.

Obě tato čísla se někam poznamenají.

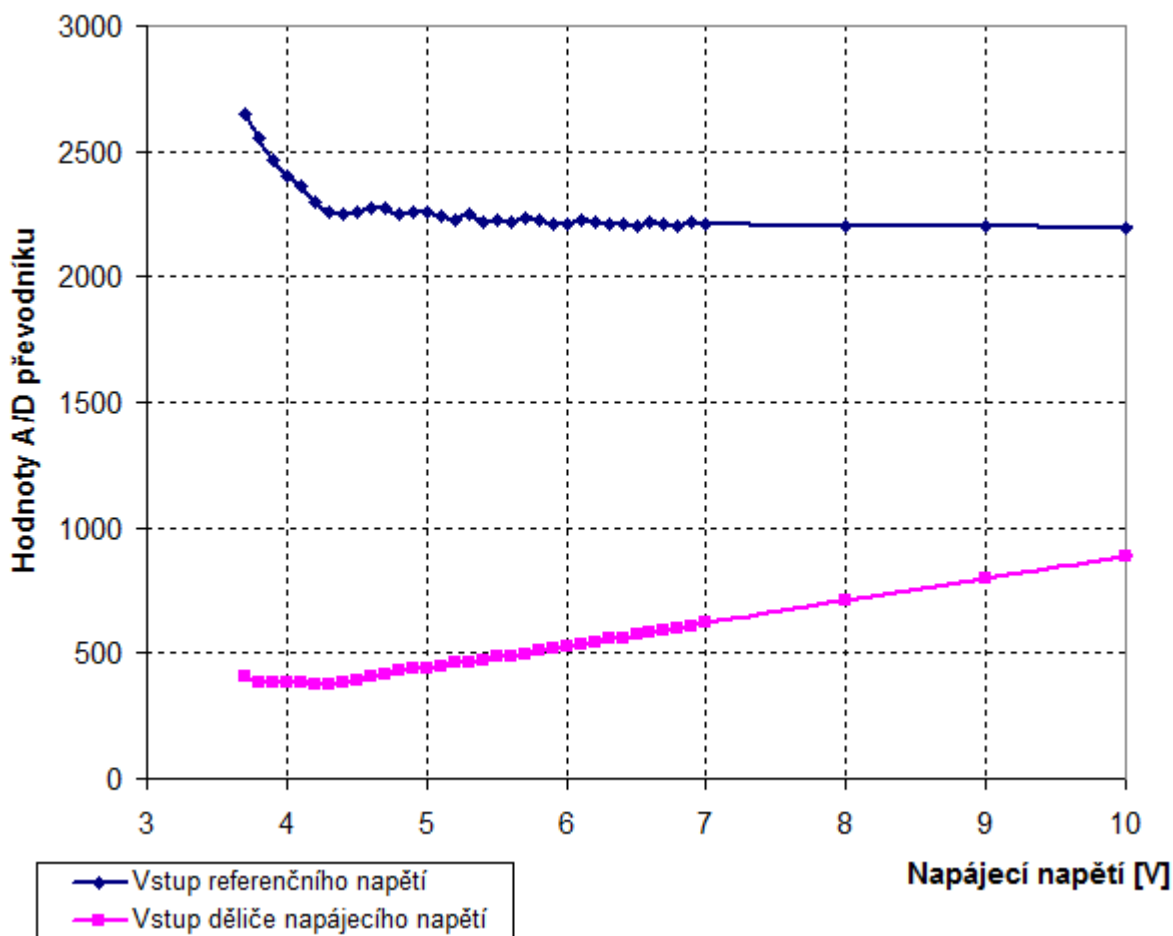
- Postup se opakuje pro další úroveň vstupního napájecího napětí
(pro mez mezi 2 a 3 blikajícími tečkami: 6V)
(pro mez mezi 3 a 4 blikajícími tečkami: 5V)
(pro mez mezi 4 a 5 blikajícími tečkami: 4V)

- Zaznamenané hodnoty by měly vypadat nějak takto:

7V	rEF_U = 2208	U_bAt = 620
6V	rEF_U = 2214	U_bAt = 528
5V	rEF_U = 2258	U_bAt = 441
4V	rEF_U = 2401	U_bAt = 382

- Zkontrolovat, že se hodnota "rEF_U" mezi 5V a 4V výrazně zvýšila a že se hodnota "U_bAt" od 7V do 5V postupně snižuje.

Při detailním proměření by vypadal graf zjištěných hodnot zhruba takto:



Při 4V už přestává fungovat Step-Down zdroj (AP1501) a tím dochází ke snížení napájecího napětí procesoru. Protože vnitřní A/D převodník v procesoru používá jako referenci právě napájecí napětí, začnou obě měřená napětí při tomto stavu vykazovat vyšší hodnoty, než ve skutečnosti mají. Výrazný nárůst na vstupu s referenčním napětím je pak signálem pro rozblíkání všech 5 teček na displeji (stav velice slabé baterie).

- Zjištěné hodnoty "U_bAt" pro 7V, 6V a 5V se pak přepíše do programu (soubor "hlavni.ino", řádky 45 až 47). Hodnota "rEF_U" pro 4V se přepíše do stejného souboru na řádce 49.

```
41
42 // nastaveni analogovych urovni pro test baterie (meri se za odporovym delicem R7, R8, R6)
43 //   merici rozsah je 0 az 3,3V a to odpovida cislu 0 az 4095.
44 //   Uvedene meze vychazi ze skutečne zjistenych hodnot - v prilozce je dokument "test_baterie.xls"
45 #define bat_level_3      620           // (7V) nad level_3 je vyborny stav baterie
46 #define bat_level_2      528           // (6V) mezi level_3 a level_2 (7V az 6V) je dobry stav baterie
47 #define bat_level_1      441           // (5V) mezi level_2 a level_1 (6V az 5V) je stredni stav bater:
48                                     // pod mezi level_1 (pod 5V)
49 #define ref_level        2401          // kdyz je napajeni tak nizke, ze referencni napeti prekroci tu
50
```

- Upravený program se pak znovu nahraje do procesoru

Mechanika

Krabička je vyrobena na míru pomocí 3D tisku.

Při variantě trvale nainstalovaného SQM se ve spodní části krytu v prostoru pro baterii vyvrtá průchodka pro napájecí a komunikační kabel.

Horní část krabičky je připravena pouze pro variantu s displejem a tlačítky. Pro trvale umístěné SQM by byl horní kryt plný. Také by se muselo vyřešit těsnění krabičky a pravděpodobně i nějaké zakrytí díry pro čidlo teploty a vlhkosti. Pro tento případ jsem mechaniku neřešil.

4 rohové díry v krabičce slouží k sešroubování horní a spodní části krabičky přes distanční sloupky M3 (délka 30mm - díra / díra). Na spodní části krabičky jsou použity 4 šrouby M3x8 se zápusťnou hlavou. Stejně šrouby jsou pak použité k připevnění víka (ale mohou tam být i trochu delší).



Plošný spoj je do spodní části krabičky přišroubovaný pomocí 6 šroubů M3x12 se záпустnou hlavou.

Čtyři z těchto šroubů zároveň slouží k připevnění displeje přes kratší distanční sloupky M3 (délka 15mm - díra / díra).



Přepážka ve spodní části krabičky slouží k oddělení 9V baterie.

Vedle baterie je uložen GPS modul NEO-6M.

Baterie a GPS modul jsou pak proti pohybu zajištěny ještě kouskem nějakého pěnového materiálu.



Základní deska (SQM-BAS) se do krabičky musí vkládat bez zasunuté mikro SD karty (je to tam hodně těsné).
Také LED od vnitřního GPS modulu musí být připájeny tak, aby se do krabičky vešly.

Když něco nebude fungovat:

- 1) Na desce SQM-BAS není napájení 3,3V:
 - Zkontrolovat zapnutí hlavního vypínače.
 - Zkontrolovat správně osazenou diodu D8.
 - Zkontrolovat připojení obvodu AP1501.
 - Zkontrolovat zkrat na napájení na desce.
 - Pro spuštění zdroje musí být noha SD na AP1501 přizemněna přes R13.

- 2) Nefunguje komunikace USB (s propojenými piny PA9 a PA10):
 - Je vidět nový sériový port v PC? Když ne, zkusit přeinstalovat ovladače.
 - Zkontrolovat osazení diody D5.
 - Nemá krystal Q1 nějaký zkrat?

- 3) Nefunguje RS485
(s osazenou a naprogramovanou procesorovou deskou):
 - Běží program v normálním režimu?
(například při spuštěných stopkách je komunikace vypnutá)
 - Zkontrolovat osazení R1 a R2.
 - Je propojená pájecí ploška SJ1? (nepropojuje se jen v případě, že je na lince více SQM. V tom případě stačí zakončit sběrnici na posledním zařízení na lince).

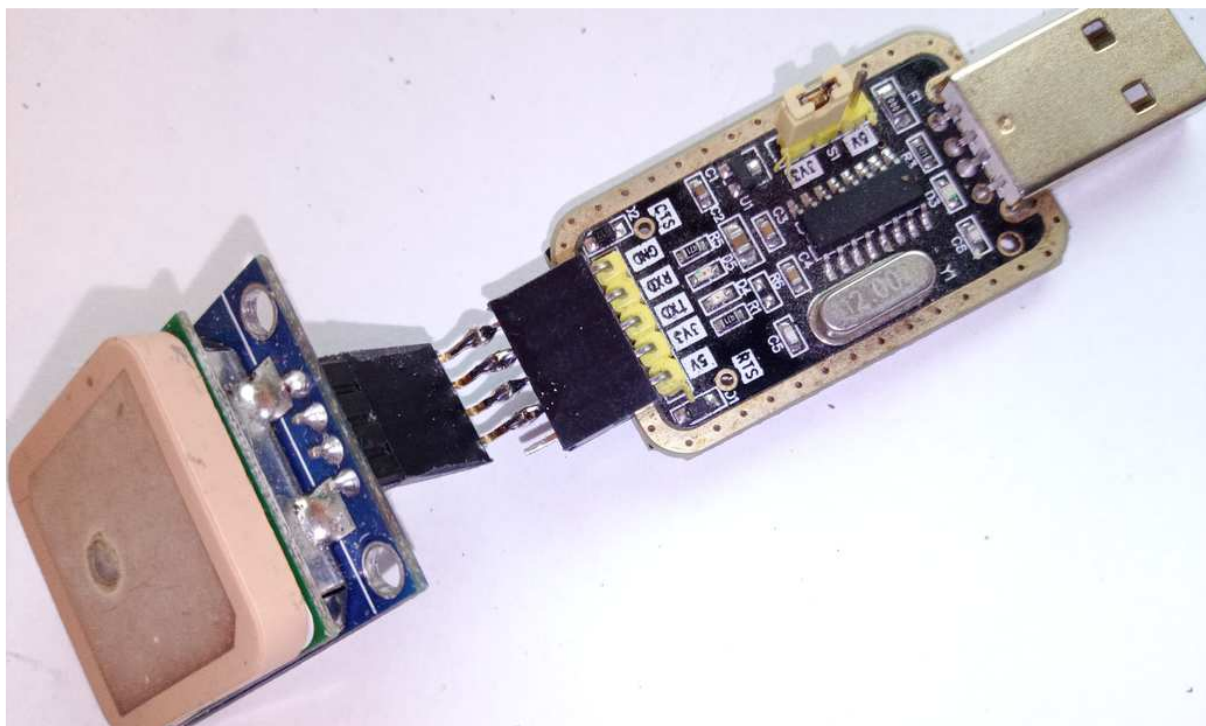
- 4) Na displeji nic nesvítí:
 - Nemá obvod TM1632 nějaký zkrat mezi nohami?
 - Jsou sedmisegmentovky opravdu se společnou ANODOU?
 - Je v pořádku napájení desky SQM-DIS?
 - Není deska zasunutá o pin mimo?
 - Fungují alespoň tlačítka?

- 5) Defaultní parametry je možné do EEPROM zapsat i bez připojení k sériovému terminálu. Stačí při zapnutí napájení držet alespoň 5 sekund společně stisknutá všechna 3 tlačítka ([nahoru], [dolu] a [OK]).

- 6) Do desky GPS nejde nahrát program:
 - zkontrolovat připojení ISP programátoru, nastavení Arduino IDE.
 - Byla provedena změna v konfiguračním souboru boards.txt?
Možná bude nutné Arduino IDE restartovat.

7) Po nahrání programu nefunguje servisní reset desky GPS:
- když LED vůbec neblinkají, asi neběží procesor
odpojit GPS modul a zkontrolovat napájení
procesoru a jeho krystal.

8) V desce GPS neblinká první LED (servisní reset ale proběhnul):
- Připojit samotný GPS modul NEO-6M k převodníku USB/TTL
a nechat v terminálu vypisovat data z modulu
Měly by se střídat věty GxGGA a GxRMC.
- Problém může být i ve špatně nastavené rychlosti krystalu
(úpravy v souboru "boards.txt").



Podle stavu zafixování družic se mohou v terminálu zobrazovat i informace o čase a souřadnicích.

```
Received/Sent data
$GPRMC,,V,,,,,,,,,N*53
$GPGGA,,,,,0,00,99.99,,,,,*48
$GPRMC,,V,,,,,,,,,N*53
$GPGGA,,,,,0,00,99.99,,,,,*48
$GPRMC,,V,,,,,,,,,N*53
$GPGGA,,,,,0,00,99.99,,,,,*48
$GPRMC,,V,,,,,,,,,N*53
```

```
Received/Sent data
$GPRMC,082836.00,V,,,,,,,,,N*7A
$GPGGA,082836.00,,,,,0,00,99.99,,,,*61
$GPRMC,082837.00,V,,,,,,,,,N*7B
$GPGGA,082837.00,,,,,0,00,99.99,,,,*60
$GPRMC,082838.00,V,,,,,,,,,N*74
$GPGGA,082838.00,,,,,0,00,99.99,,,,*6F
$GPRMC,082839.00,V,,,,,,,,,N*75
```

```
Received/Sent data
$GPRMC,083041.00,A,4926.66079,N,01421.99650,E,1.526,94.18,060621,,,A*55
$GPGGA,083041.00,4926.66079,N,01421.99650,E,1,04,20.73,505.9,M,44.3,M,,*68
$GPRMC,083042.00,A,4926.66133,N,01421.99640,E,0.560,,060621,,,A*71
$GPGGA,083042.00,4926.66133,N,01421.99640,E,1,04,20.68,505.9,M,44.3,M,,*6F
$GPRMC,083043.00,A,4926.66194,N,01421.99621,E,1.498,115.34,060621,,,A*61
```

9) Na desce GPS sice bliká první LED, ale ostatní stále svítí.

- je to problém s příjmem GPS signálu.

- první zafixování po delší době nečinnosti trvá obvykle déle.
- většinou pomáhá vynést přístroj pod jasnou oblohu
- když se zafixování nepodaří ani po 15 minutách, zkontrolovat anténu, nebo zkusit připojit nějakou výkonnější
- problém může být i v samotném modulu NEO-6M.

V tom případě ho připojit jako v předchozím bodě 7) přes USB/TTL převodník přímo do počítače a zkusit ho samostatně. Po nějaké době by se měly v přijímaných větvích objevit informace o čase a souřadnicích.

10) Při propojení servisní propojky na GPS desce by měly při zapnutí napájení desky GPS LED 5x bliknout frekvencí 1Hz - nezávisle na všem ostatním. Pokud blikají rychleji nebo pomaleji, je špatně nastavená frekvence krystalu.

Popis základních verzí SQM

Plošňáky pro SQM byly plánovány pro 3 základní verze.

1) Ruční přístroj bez GPS

s tlačítky, displejem, bez komunikace RS485, napájený 9V baterií. Vnitřní hodiny jsou zálohovány pomocí 3V knoflíkové baterie (CR2032)

2) Ruční přístroj rozšířený o vnitřní GPS

Stejně jako předchozí varianta, akorát rozšíření o vnitřní GPS desku.

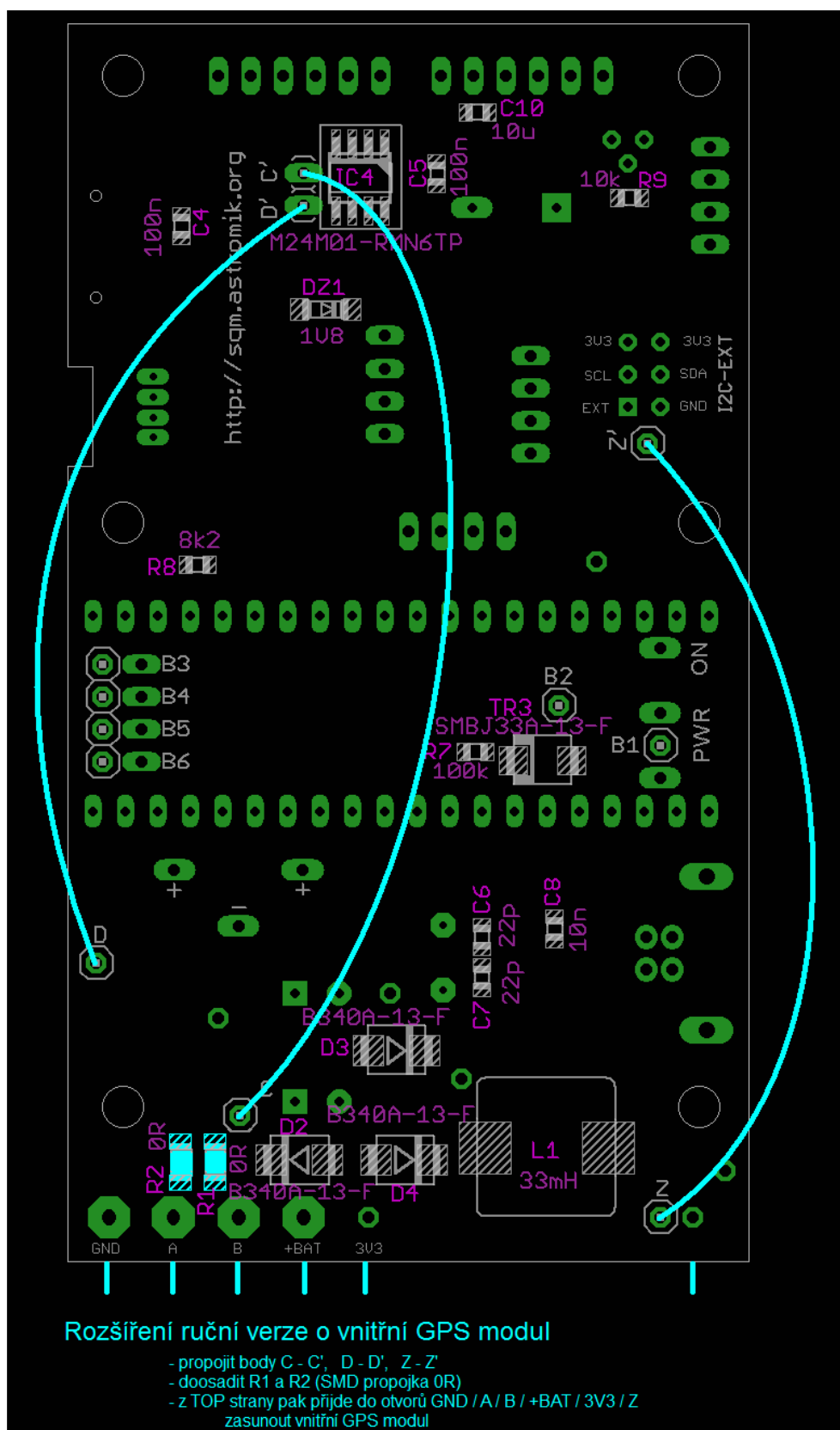
3) Trvale nainstalovaný přístroj

s dálkovou komunikací RS485 a napájením po kabelu (5 až 30V). Pro signalizaci stavů je místo displeje použita jen jedna tříbarevná LED. Zálohování vnitřních hodin je provedeno pomocí superkapacitoru, který se udržuje nabitý z vnějšího zdroje a při občasném výpadku napájení dokáže hodiny udržet v chodu i několik dní.

V této verzi se nepočítá s vnitřní GPS (souřadnice se při trvale nainstalovaném zařízení nemění). Pořád ale existuje možnost připojení externí GPS přes boční konektor.

Pro verzi 1 není nutné osazovat součástky kolem převodníku RS485 (R1, R2, R3, R4, R5, TR1, TR2, IC1), šroubovací svorkovnici (K1, K2), RGB LED (LED1, R10, R11, R12) ani součástky kolem superkapacitoru (SC1, D6, D7, R14) - místo něj se osadí vertikální držák baterie CR2032.

Pro verzi 2 se na místo svorkovnice připojí deska SQM-GPS-5.
 A pak je nutné ještě propojit na desce SQM-BAS-5 tři drátové propojky:
 C-C'; D-D'; Z-Z'. Na místo R1 a R2 se osadí zkratovací propojky (0R).
 Držák 9V baterie se v této variantě připojuje na desku SQM-GPS-5.



Pro trvale nainstalovanou verzi se vůbec nepoužije deska displeje (SQM-DIS). Na SQM-BAS se tedy neosazují ani dutinkové lišty (JP3 a JP4).

Ovládací tlačítka sice také nejsou nutná, ale v případě potřeby se připojí na desku SQM-BAS - místo konektoru JP4.

Zbytečný je také pískák (REP1) a jeho okolí (T1, R9).

Držák SD karty je možné také vynechat (data se ukládají do EEPROM a mohou se stahovat přes dálkovou komunikaci).

Obvody pro test stavu baterie se osadit mohou, ale jsou skoro zbytečné (R7, R8, R6, D1, R18, DZ1).

Dvojtlačítko pro záznam časové značky je také nepovinné.

Nepředpokládá se použití GPS (deska SQM-GPS-5 využívá některé kontakty ze svorkovnice k jinému typu komunikace.)

Pokud by bylo nezbytné připojit k trvale nainstalovanému přístroji GPS modul, je nejjednodušším řešením použít externí verzi GPS, která se zasouvá do bočního konektoru.

POZOR: v desce SQM-BAS-5 došlo ke změně logiky kontaktu, který signalizuje zasunutí modulů do bočního konektoru. Starší desky se tedy už nemohou použít, nebo se u nich musí přepojit logika spínaného kontaktu. Původně se kontakt s označením "EXT_zap" při zasunutí připojoval na GND. Nově se připojuje na +3,3V.

RGB LED sice není povinná, ale může signalizovat nějaké poruchové stavy, proto ji doporučuji osadit (včetně R10, R11 a R12).

Pro tuto verzi by se měl osadit superkapacitor SC1 a jeho okolí (D6, D7, R14) - bez něj by si SQM při výpadku napájení nepamatovalo čas a musel by se vždycky znovu nastavovat.

Je samozřejmě možné i v této verzi použít záložní knoflíkovou baterii (CR2032), po jejím vybití se ale bude muset vyměňovat.

POZOR: Nekombinovat baterii CR2032 a nabíjecí obvod D6 + R14!

Obvody kolem převodníku USB/TTL (CH340) jsou povinné ve všech variantách. Přes RS485 se sice dají stahovat data a provádět některá základní nastavení (čas, datum, počet průměrování...), ale je i dost funkcí, které se jinak než přes USB nedají spustit (formátování EEPROM, kalibrační tabulky...).

Změny v návodu

22.10.2023

- Změny v nápisech na displeji při zobrazení chyb.

1.10.2023

- Doplnění informací o logování systémových událostí (chyby, zapnutí napájení, zapnutí / vypnutí GPS ...)

30.9.2023

- Velké změny pro možnost použití vnitřní GPS.
(Nové plošné spoje SQM-BAS-5 a SQM-GPS-5. Nová krabička.)
- Upozornění na možnost odlišně zapojených modulů s čipem BME280.
- Nové funkce pro zálohu a obnovení nastavení.
- Doplnění funkce systémového logu.
- Zrušení testovacích funkcí pro displej a sken I²C sběrnice.
- Samostatný program pro test HW.
- Zrušení čidla náklonu MPU6050 (od teď už jen čidlo LSM303).
- Doplnění popisu možné komunikace s programem
"Unihedron Device Manager"

27.4.2023

- Do úvodního seznamu funkcí doplněny funkce z poslední verze programu.
- Oprava překlepů, chybějící slova a nějaká gramatika - nic zásadního.

2.4.2023

- Měření napětí baterie (nová funkce v menu).
- Převod zadaných rovníkových souřadnic na azimut a elevaci (nová funkce v menu).
- Doplnění fotografií displeje.

10.2.2023

- Doplnění modulu pro měření azimutu
- Doplnění informací o funkci luxmetru a jeho kalibraci (nová funkce).
- Doplnění informací o varování při slabé baterii (nová funkce).

- Zobrazení aktuálních hodin a minut na displeji (menu "Ho-Mi") doplněno ještě o zobrazení "Mi-Se" (minuty a sekundy).

17.12.2022

- Doplnění možnosti vypínat nepoužívané položky v menu
- Doplnění astronomických výpočtů pro polohu Slunce a Měsíce včetně jejich výpisů v záznamech.
 - Doplněny funkce pro nastavení domácích zeměpisných souřadnic a možnost volné volby časových zón pro léto a zimu.
 - Doplněna funkce "Alarm" (odpočet).
 - Do příloh přidány podklady pro 3D tisk krytky (podstavce).

27.10.2022

- Změna výpisu informací o GPS (funkce "@G").
 - Doplnění přehlednějšího porovnání času GPS a RTC.

15.10.2022

- Přidána funkce náklonoměru (od verze programu 2022-10-15).

13.6.2022

- Doplněn popis funkce pro výpis záznamů z posledních xx hodin.

5.2.2022

- Do výpisu informací o GPS přidány poslední přijaté NMEA zprávy.
- Doplněny funkce pro práci s přednastavenými pozorovacími stanovišti.
- Doplněna informace o významu blikající třetí LED na GPS modulu.
- Doplněny funkce pro dlouhodobou analýzu přesnosti RTC.
- Doplněna funkce pro vypínání a zapínání pípání.
- Upozornění na jiné umístění souboru "boards.txt" pro GPS modul.
- Automatické spouštění měření se neprovádí hned po zapnutí napájení.
- Doplnění krabičky pro GPS.
- Doplnění kontroly správně nastavené frekvence krystalu v GPS.
- Doplněn popis významu chyby "Sd-Er".
- Kompletní vypínání zvuku (EEPROM adresa 15; bit 5).
- Do příloh doplněn štítek na vnitřní stranu krabičky.
- Změna výpisu úspěšného nahrání programu (verze 2022-02-05).

12.11.2021

- Doplněna funkce pro zobrazení času při dlouhém stisku bočního tlačítka.

18.9.2021

- Doplněny informace o blokování bočního tlačítka pro záznam časové značky včetně umístění blokovací značky na adrese 15 v EEPROM.

23.6.2021

- První zveřejněná verze návodu.