



# UNIVERZÁLNY VIACFÁZOVÝ WATTMETER – dokumentácia k zobrazovacej doske a SW

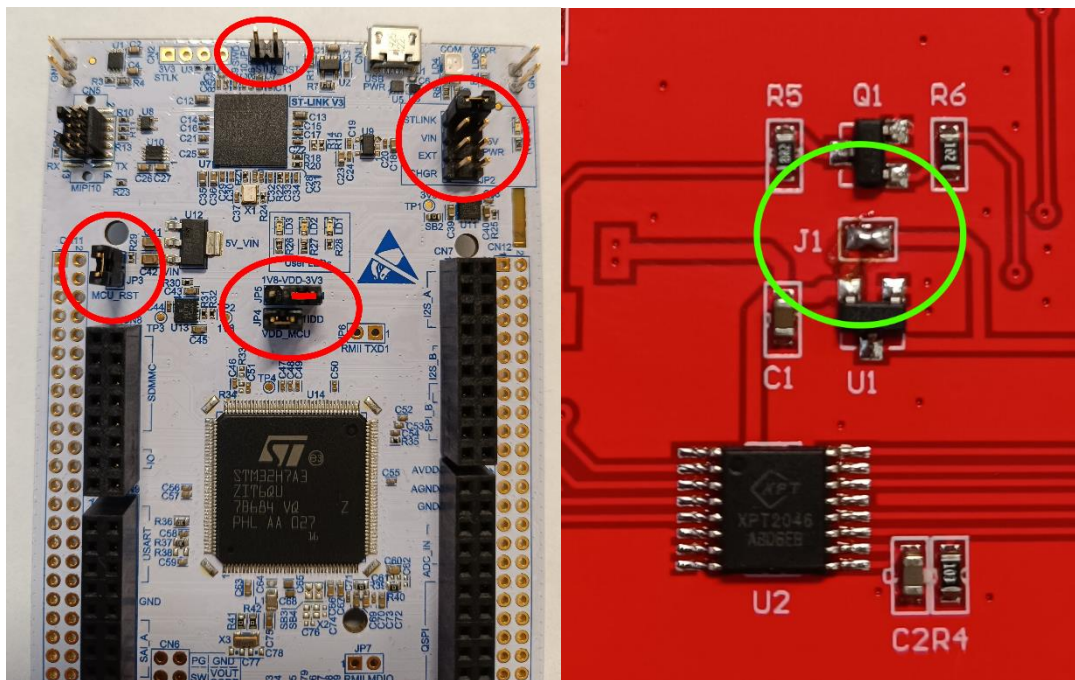
## Úvod

Zber dát z dosiek wattmetra umiestnených na spoločnej “backplane” doske zabezpečuje mikropočítač rady STM32H7A3ZI-Q, v podobe dosky NUCLEO-144 osadenej kvôli jednoduchosti na vlastnej zobrazovacej doske. Mikropočítač pracuje na taktovacej frekvencii 280MHz, pri tomto kmitočte stíha plynulo prijímať vzorky cez tri nezávislé SPI zbernice na frekvencií 16MHz. Pre každý kanál wattmetra zvlášť (U+I) a popri tom komunikovať cez ďalšie SPI rozhranie na taktovacej frekvencii 32,5MHz s dotykovým 3,5“ tft displejom. Obnovovacia frekvencia údajov displeja je 2,3Hz, čo zodpovedá 6x 40 000 prijatých a spracovaných vzoriek z meracích dosiek.

## Príprava modulov

Keďže zobrazovacia doska obsahuje minimum súčiastok, jej hlavnou úlohou je sprostredkovať štyri vysokorychlostné komunikácie pre dosky wattmetra a displeja. Kvôli jednoduchosti implementácie a dostupnosti súčiastok sa mikropočítač aj displej pripájajú v podobe modulu. Pred ich vložením do príslušných slotov je však potrebné skontrolovať ich nastavenie:

- Na doske Nucleo skontrolovať predovšetkým JP5 v pozícii 3v3
- Na doske displeja prepojiť cínom J1



Obr. 1: Nastavenie prepojov Jxx na doske NUCLEO a doske Displeja

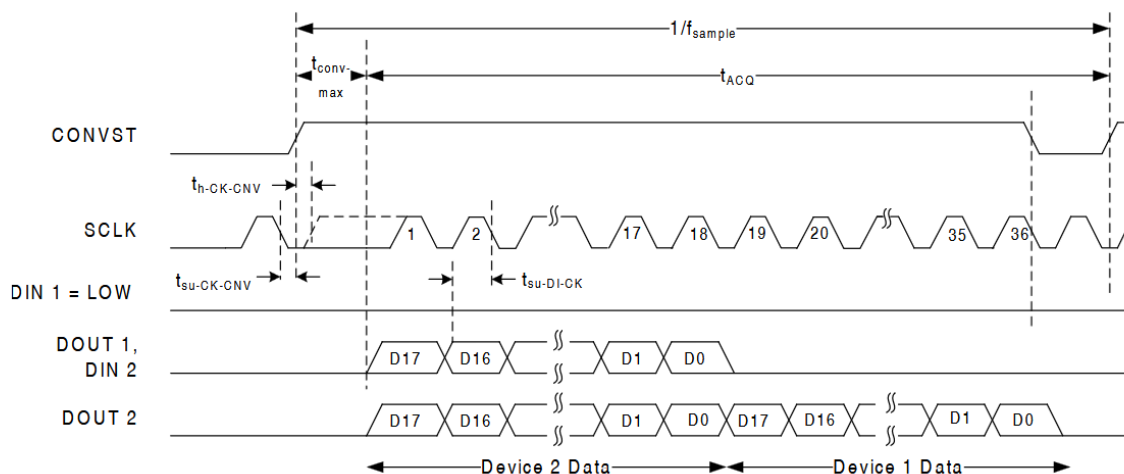
**Je dôležité dodržať popísané nastavenie, inak môže dôjsť k poškodeniu modulov!**

## Software

Verzia 1.0 pripravená najmä pre účely súťaže Zenit je už naprogramovaná v doskách NUCLEO, ktoré ste dostali na súťaži. Po správnom zostavení prístroja, nastavení prepojení Jxx do správnych polôh, musí displej wattmetra vykresliť logo Zenit a následne GUI prístroja.

Pri počte vzoriek zodpovedajúcej 100ksps teda 100000 vzoriek za sekundu je kritické správne časovanie riadiacich signálov a komunikácie tak, aby nedošlo k strate alebo znehodnoteniu meraných údajov vplyvom rušenia. Pretože prístroj využíva už pomerne rýchle zbernice, je dôležité mať riadiaci panel pripojený priamo s doskou "backplane" pomocou konektora, ktorý je štandardne dodaný v stavebnici. Neodporúčame pripojenie cez 34 žilový kábel, toto riešenie bolo len z hľadiska efektívnosti pri manipulácii a oživovaní na súťaži a fungovalo efektívne len pre kanál 1 pri použití 15cm dlhého prepájacieho kábla.

Riadiaci mikropočítač je časovaný pomocou signálu *CONVSTART*, tento signál má presnú frekvenciu 100kHz a striedu (duty cycle) 40% (4  $\mu$ s). Použité ADC prevodníky umožňujú sériové radenie viacerých ADC do tzv. "Daisy Chain" módu, kedy prvý ADC v poradí pošle dáta ďalšiemu, ten pribalí svoje a pošle ďalej, pričom spustenie konverzie môže byť naraz, druhý ADC jednoducho počká na dáta od prvého a pribalí svoje. Tento mód efektívne využívame pre meranie každej fázy na svojej SPI zbernici. Vzorkujeme naraz hodnotu napätia a prúdu v jednom časovom bode pre všetky tri napätia aj prúdy, prvý ADC zmeria hodnotu prúdu a pošle ju druhému ADC, ten už má zmeranú hodnotu napätia, pribalí a pošle ju spolu s prúdom do riadiaceho mikropočítača po jednej z troch SPI. Ten ju spracuje a uchová v akumuláčnych premenných pre neskorší výpočet strednej a RMS hodnoty. Toto všetko pre všetky tri kanály naraz nesmie trvať dlhšie ako 10  $\mu$ s. Pretože už začína vzorkovanie ďalšej vzorky. Pre správne načasovanie bolo potrebné naprogramovať vlastné SPI obslužné rutiny, tie s využitím HAL boli jednoducho pomalé. Na obrázku 2. môžeme vidieť celý časový priebeh konverzie a komunikácie pre zapojenie v Daisy Chain móde.



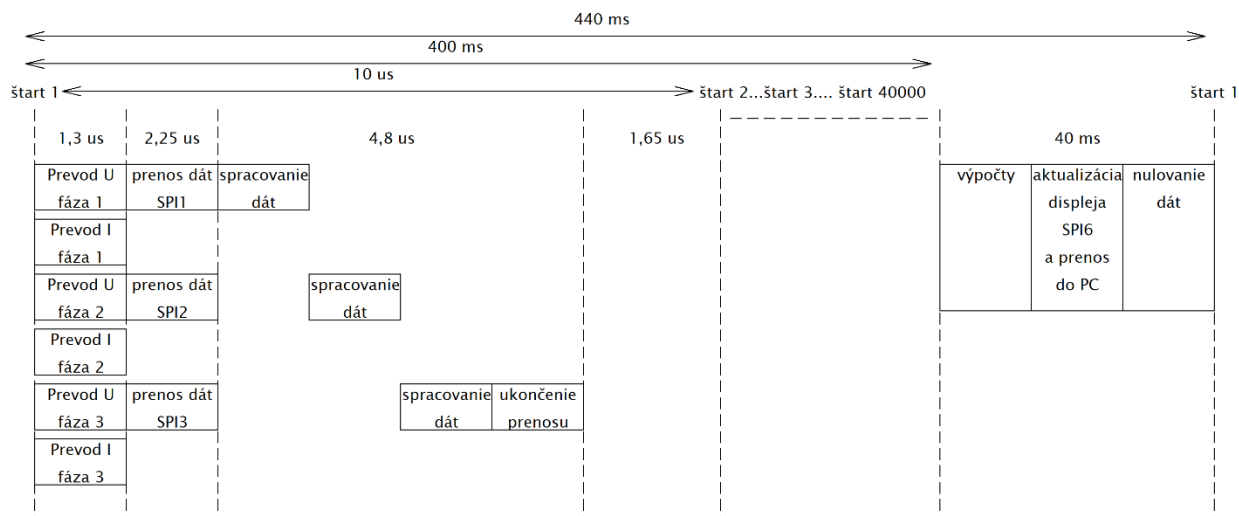
Obr. 2: Časovanie samotného prevodu a prenosu informácií, DOUT1=prúd, DOUT2=napätie+prúd;

Maximálny čas na prevod samotného ADC je definovaný v katalógovom liste ako 1,3  $\mu$ s, počas tohto času nesmie začať prenos dát, pretože ADC prevodníky ešte nemajú hotovú konverziu a nemajú adekvátne dáta. Preto po uplynutí tohto času od prerušenia z linky *CONVSTART* začne mikropočítač SPI prenos 2x18 bitov čo zodpovedá 36 hodinovým cyklom na linke *SCLK*, pretože mikropočítač vystupuje ako MASTER, časuje prenos on. Prenos 36bitov po linke s hodinovým taktom 16 MHz trvá približne 2,25  $\mu$ s. Čo je spolu s časom na prevod cez 3,55  $\mu$ s. Po pripočítaní odozvy periférie SPI, pri spustení komunikácie sa dostávame cez 4  $\mu$ s. Impulz *CONVSTART* musí však ostať aktívny až do ukončenia SPI prenosu, túto funkciu zabezpečuje dióda D1, cez ktorú si mikropočítač sám predlžuje dĺžku impulzu než dokončí prenos a validácia dát. Stabilitu frekvencie a "jitter" nábežnej hrany generovanej presným kryštálovým rezonátorom na doske "backplane" však neovplyvňuje.

Nasleduje spracovanie prijatých 2x18bitov na dve samostatné premenné s dátovým typom `uint32_t`. Ďalším krokom je spracovanie dvojkového doplnku tak, aby sme boli schopní ďalej spracovávať dáta do akumuláčnych premenných.

Po dokončení 40k vzoriek čo zodpovedá celočíselnému počtu periód pre 50Hz signál, nasledujú prepočty na reálne jednotky v datovom type `double` (double precision float), odpočítanie chyby zosilnenia a statickej chyby prevodníka (gain a offset). Po získaní hodnôt funkcia Autorange preverí maximálne/minimálne

hodnoty a zvolí vhodný rozsah pre ďalší cyklus meraní. Merací rozsah sa teda prispôsobuje každých 400 ms, čomu je hardware plne prispôsobený. Nasleduje výpočet všetkých dostupných veličín podľa známych vzťahov a vykreslenie na displej. Prístroj prepočítava vždy všetko, nezávisle od výberu na obrazovke. Po aktualizácii dát na displeji a odoslaní dát cez seriovú linku, mikropočítač vynuluje akumulčné premenné a začne ďalší cyklus. Počet vzoriek bude pre verziu 2.x variabilný a bude závisieť na celočíselnom násobku meranej frekvencie tak, aby sme eliminovali artefakty pri neceločíselnom počte periód na počet vzoriek signálu pri výpočte RMS hodnoty (viď. pondelkový seminár...).



Obr. 3: Časovanie a algoritmus celého programu

Pre jednoduchosť zanedbávame obslužné rutiny displeja, prepočet pohyblivej desatinnej čiarky, znamienko, občasné premazanie kvôli možným artefaktom, dotyk s identifikáciou tlačidiel, generovanie zvukového tónu, autorange a ďalšie maličkosti. :-)

## Komunikácia

Prístroj bude v ďalšej verzii komunikovať s PC pomocou univerzálneho sériového portu, ktorý je súčasťou programátora STlink, ktorý je už osadený na doske Nuclea. S PC bude prepojený pomocou micro USB portu (ten na obrázku 1.). Rýchlosť je nastavená na 115200 baud každý príkaz musí byť ukončený `\n`. V programe nie je implementovaný zápis kalibračných konštánt do EEPROM (musia byť nadefinované v programe pred kompiláciou, sú v zložke *main.h*).

Prístroj bude podporovať štandardné SCPI príkazy, príklad:

\*IDN?

Odpoveď "Wattmeter ZENIT"

:MEAS:PH1?

Odpoveď "Urms;Irms;Uavg;Iavg;P;Q;S;f;PF;"reťazec 9 hodnôt na 6 platných číslic, oddeľovač ","

:MEAS:PH2?

Odpoveď "Urms;Irms;Uavg;Iavg;P;Q;S;f;PF;"

:MEAS:PH3?

Odpoveď "Urms;Irms;Uavg;Iavg;P;Q;S;f;PF;"

:MEAS:AUTO:RANGE:OFF

Odpoveď "Autorange OFF"

:MEAS:AUTO:RANGE:ON

Odpoveď "Autorange ON"

:MEAS:PH1:VOLT:RANGE:1

Odpoveď "PH1 voltage range 60V"

:MEAS:PH1:VOLT:RANGE:2

Odpoveď "PH1 voltage range 600V"

:MEAS:PH1:CURRE:RANGE:1

Odpoveď "PH1 current range 01A"

:MEAS:PH1:CURRE:RANGE:2

Odpoveď "PH1 current range 1A"

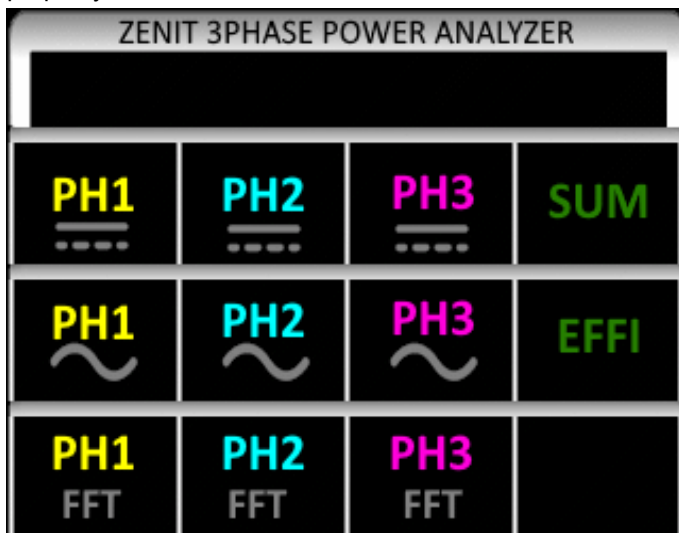
:MEAS:PH1:CURRE:RANGE:3

Odpoveď "PH1 current range 10A"

## Ovládanie

Ovládanie prístroja je vyriešené cez odporový dotykový displej (odozva zodpovedá použitej technológii). Obsluha môže pomocou šípok prepínať medzi zobrazením a typom merania jednotlivého kanálu, prípadne pomocou stlačenia tlačidla menu je možné vyvolať celú dostupnú ponuku. Niektoré funkcie sú v základnej verzii programu použitej na súťaži vypnuté. Program s plnými funkciami bude zverejnený po dokončení.

Prístroj meria a vypočítava vždy všetko, teda pri komunikácii s PC sú dostupné všetky dáta bez ohľadu na prepnutý režim.



- Meranie AC výkonov pre všetky tri kanály, Urms; Irms; P; Q; S; PF;
- Meranie DC výkonov pre všetky tri kanály, Uavg; Iavg; P;
- Autorange – prístroj vie automaticky prepnúť vhodný rozsah (je možné vyradiť a ovládať manuálne cez PC)
- Meranie súčtu výkonov všetkých kanálov – **nedostupné vo verzii 1.0**
- Meranie účinnosti podielom činných výkonov jednotlivých kanálov 1/2; 2/3; 3/1 – **nedostupné vo verzii 1.0**
- FFT – rýchla fourierova transformácia samostatne pre všetky tri kanály – **nedostupné vo verzii 1.0**
- Sériová komunikácia cez usb s prístrojom – **nedostupné vo verzii 1.0**

Obr. 3: Dostupné funkcie prístroja z ponuky MENU

## Zoznam súčiastok: Zobrazovací modul

| Počet | Súčiastka       | Hodnota             | Poznámka                                |
|-------|-----------------|---------------------|-----------------------------------------|
| 2     | C1, C2          | 220uF/10V           |                                         |
| 1     | D1              | SD1206S040S0R5      | Pásik je katóda                         |
| 1     | R1              | 10R – 220R 1206     | Nedodáva sa, zapína buzzer              |
| 1     | BZ1             | BUZZER              |                                         |
| 1     | J1              | 34 pinový konektor, | Samica do dps, THT                      |
| 1     | J2              | 4 pinový konektor   | Samica + samec osadiť na displej        |
| 1     | U2              | 14 pinový konektor  | Samica, samec je už osadený na displeji |
| 2     | U3              | 20 pinový konektor  | Samica pre kratšie konektory NUCLEA     |
| 2     | U3              | 34 pinový konektor  | Samica pre dlhšie konektory NUCLEA      |
| 1     | Displej         | 3,5" tft + dotyk    | Pozor krehký!                           |
| 1     | NUCLEO-H7A3ZI-q |                     | Už obsahuje sw 1.0                      |

Pre zjednodušenie logistiky sa dodáva 2x34 pinový a 2x20 pinový (female) konektor pre NUCLEO (U3), je potrebné manuálne upraviť počet pinov.

Modul displeja sa dodáva s už osadením 14 pinovým konektorom (male), je potrebné osadiť 4pinový konektor (male) na dosku displeja a následne 14 a 4 pinové konektory (female) na zobrazovaciu dosku.

Autori: Ing. Peter Adamec, Adam Lassak, Ing. Jaromír Sukuba, Ing. Juraj Tvarožek, doc. Ing. Daniel Valúch, PhD.,

OFRFLAL<sup>1</sup>: Ing. Ján Waclawek, PhD.

Kontakt: [daniel.valuch@cern.ch](mailto:daniel.valuch@cern.ch) (všeobecný), [juraj.tvarozek@feit.uniza.sk](mailto:juraj.tvarozek@feit.uniza.sk) (software)



