

# ARDUINO BASED AC WATTMETER

**Martin Radvanský**

Secondary Technical School (3), Brno, Purkyňova 97

E-mail: radvansky.martin@sspbrno.cz

Supervised by: Jaroslav Nesvadba

E-mail: jaroslav.nesvadba@sspbrno.cz

**Abstract:** This work deals with the design and manufacture of the AC wattmeter. It is controlled by the Arduino Nano and could be connected to 3 phase AC system. It is designed to be included in the DIN rail of the house central switchboard for monitoring of power consumption. Device contains build-in RS 485 interface for connection to the smart house control system. The device is designed to use separate current and voltage transformers for safety reason.

**Keywords:** Arduino, AC wattmeter, smart device, Microcontroller

## 1 ÚVOD

Domácnosti jsou dnes vybaveny velkým množstvím spotřebičů elektrické energie a jednou z cest, jak snížit výdaje v domácnosti je snažit se snížit její spotřebu. Existuje celá řada spotřebičů, které se předhánějí v tom, kolik "A" je na jejich energetickém štítku. Abychom mohli ke snížení spotřeby energie přistoupit, je třeba napřed spotřebu energie v domácnosti přesně poznat. Každá domácnost je připojena k rozvodné síti pomocí elektroměru, kde se dají potřebné informace získat. Opisování údajů a jejich sledování je ovšem časově náročná činnost, která většinou nejde nijak automatizovat.

Účelem tohoto projektu je navrhnout střídavý wattmetr, schopný měřit spotřebu pro 3 samostatné okruhy nebo fáze a tyto dále odesílat do nadřazeného řídicího systému.

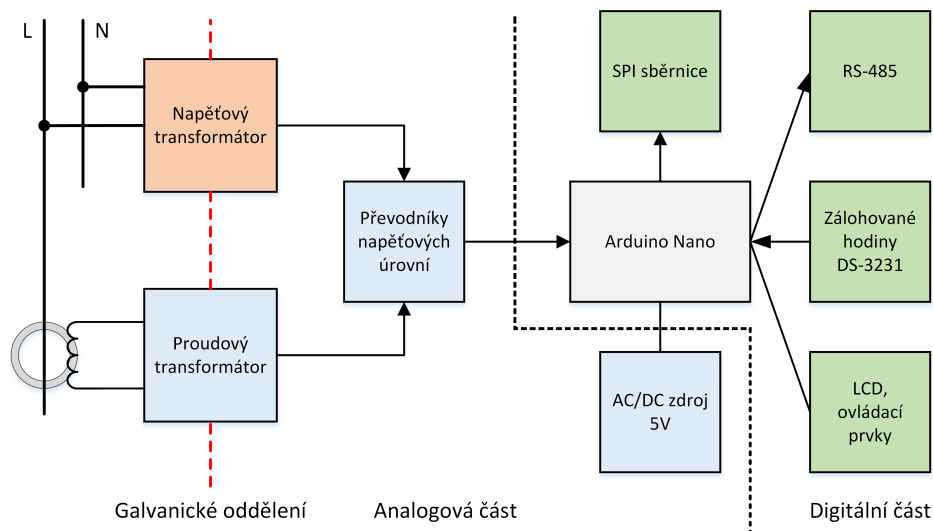
## 2 NÁVRH AC WATTMETRU

Při návrhu wattmetru se vycházelo z následujících požadavků:

- Zařízení musí být bezpečné pro obsluhu.
- Jednoduchá montáž v domovním rozvaděči
- Připojení do řídicího systému na bázi PLC.
- Podpora měření ve více fázích nebo okruzích.
- Využití Arduina Nano, jako řídicí jednotky wattmetru.
- Co nejmenší náklady.

Při vývoji zařízení se jsme se inspirovali dostupnými projekty, jako je například OpenEnergyMonitor [1]. Navržené zařízení vychází z jejich principů, liší se v analogové části převodu střídavého napětí na napětí měřitelné AD převodníkem Arduina. Blokové schéma wattmetru je znázorněno na obrázku 1.

Wattmetr je rozdělen do dvou hlavních částí:



**Obrázek 1:** Blokové schéma zařízení

### • Analogová část:

V této části se řeší připojení na rozvod nízkého napětí, při zachování maximální možné bezpečnosti a převod malého střídavého napětí takovým způsobem, aby bylo možné jeho měření AD převodníkem Arduino.

- Navržené řešení obsahuje použití napěťových transformátorů, které převádějí nízké síťové napětí na malé napětí 6V.
- Dále jsou použity proudové transformátory s měřicím rozsahem 30A/1V.
- Pro převod napěťových úrovní je na rozdíl od většiny používaných řešení použito operačních zesilovačů, které vydělené vstupní napětí posunou o referenční stejnosměrnou složku 2,5V. Vstupní dělič napětí tvořený víceotáčkovým odporovým trimrem slouží pro kalibraci zařízení.
- Pro napájení zařízení je použit spínaný zdroj malého napětí 5V, sloužící jak pro analogovou, tak pro digitální část přístroje.

### • Digitální část:

Digitální část wattmetru je tvořena mikrokontrolérem, jehož hlavním úkolem je převádět napětí z napěťových a proudových transformátorů na digitální hodnoty a následně vypočítávat okamžitou spotřebu pro každý okruh samostatně. Mezi jeho další funkce patří odesílání hodnot do nadřazeného systému a interakce s uživatelem.

- Ústředním prvkem digitální části je deska Arduino Nano [2], která byla zvolena pro své malé rozměry. Z této desky je využito 6 AD linek sloužící pro převod vstupního napětí v rozsahu 0–5V do digitální podoby pomocí interního převodníku.
- Měřená data jsou zobrazována na připojeném LCD displeji a komunikace s uživatelem je možná pomocí rotačního enkodéru, ve funkci navigačního prvku pohybu po menu.
- Zařízení obsahuje modul s obvodem DS3231 připojený na sběrnici I2C, který je zdrojem hodin reálného času, zálohovaný pomocí baterie a umožňuje odesílaná data doplnit o časovou hodnotu.
- Data jsou odesílána pomocí modulu obsahujícího převodník na sběrnici RS-485.

- Pro další možné rozšíření funkčnosti lze využít sběrnice SPI (např. moduly IQRF pro bezdrátové odesílání měřených dat).

### 3 OŽIVENÍ ZAŘÍZENÍ A OVĚŘENÍ FUNCČNOSTI

Oživení hardware zařízení nepředstavuje žádný problém a v případě použití kvalitních součástí by mělo pracovat ihned po sestavení. Nejdůležitější částí oživení zařízení je jeho správná kalibrace, což již není triviální úkol. Samotná kalibrace se musí provádět pro každý okruh samostatně a skládá se z kalibrace napětí přiváděného na AD převodník mikrokontroléru z proudových a napěťových transformátorů. Přesnost provedené kalibrace má velký vliv na dosaženou celkovou přesnost měření spotřeby.

- Kalibrace napětí v okruhu se provádí pomocí autortransformátoru, kdy na základě známého napětí (230V) na vstupu měřicího transformátoru, nastavíme pomocí víceotáčkového odporového trimru špičkové napětí na 1V a to za pomoci osciloskopu. Na vstupu mikrokontroléru tak dostáváme napětí v rozsahu 1,5V až 3,5V. Kolísání síťového napětí se projevuje odchylkami v řádu desítek mV a jsou těsně nad hranicí měřitelnosti pomocí AD převodníků v Arduinu (4,8mV).
- Pro kalibraci napětí pocházejících z proudových měřicích transformátorů je použito stejné metody, jen výstupní napětí kalibrujeme při konstantním měřeném proudu na odporové zátěži. Při kalibraci byl použit proud 1,5A a nastavované špičkové napětí bylo 100mV. Výstupní napětí pro proud 15A tak odpovídá 1V špičkového napětí a na AD převodník tak přivádíme napětí v rozsahu 1,5V až 3,5V. Hranice 15A byla zvolena z důvodu jistění zásuvkových okruhů pomocí jističů na 16A.

Program v mikrokontroléru provádí výpočet okamžitého výkonu a jeho průměrování v 5s intervalech, kdy na konci intervalu je odesílána průměrná spotřeba v okruhu po sběrnici RS-485, protokolem MODBUS RTU.

Při otestování funkčnosti bylo provedeno měření spotřeby při odporové zátěži (100W žárovky) a to bylo porovnáno s hodnotou získanou pomocí měřiče spotřeby Voltcraft Energy Logger 3500 [3]. Výsledek měření pomocí navrženého zařízení byl o 23,5% nižší než uvedeným přístrojem Voltcraft. Vzhledem k nákladům na zařízení ve výši přibližně 720 Kč je uvedená hodnota přijatelná.

### 4 ZÁVĚR

Zařízení bylo otestováno a porovnáno s dostupným přístrojem určeným pro měření a záznam spotřeby. I když výsledná spotřeba byla naměřena přibližně o 24% nižší než v případě komerčního zařízení, je výsledek vzhledem k nákladům dostatečný. Přesnost navrženého zařízení by bylo možné zvýšit lepší kalibrací a ověřením, zda proudové a napěťové transformátory mají lineární průběh výstupního napětí v závislosti na proudu. Přesnost výpočtu spotřeby je úzce svázána s dobře provedenou kalibrací a také přesností použitých přístrojů.

### REFERENCE

- [1] Guide. OpenEnergyMonitor. [online]. 26.3.2016 [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: <https://openenergymonitor.org/emon/guide>
- [2] Board Nano. Arduino. [online]. 26.3.2016 [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano>
- [3] Energy Logger 3500. TD-er's Wiki. [online]. 11.9.2011 [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: [http://wiki.td-er.nl/index.php?title=Energy\\_Logger\\_3500](http://wiki.td-er.nl/index.php?title=Energy_Logger_3500)