

# INTELLIGENT ENERGY MEASUREMENT DEVICE

**Vojtěch Mrázek**

Bachelor Degree Programme (3), FIT BUT

E-mail: xmraze06@stud.fit.vutbr.cz

Supervised by: Zdeněk Vašíček

E-mail: vasicek@fit.vutbr.cz

**Abstract:** The goal of this project is to design an energy measurement device that supports logging of historic values and offers simple analysis of the values. The proposed device enables to display actual quantities such as active and reactive power, current or even power factor. In addition to that, it also stores the energy profile that can be subsequently analysed. The device communicates locally via USB or remotely via Ethernet.

**Keywords:** power measurement, energy profile, profile analysis

## 1 ÚVOD

V dnešní době je kladen velký důraz na úspory v oblasti energií. Jednou z nejúčinnějších metod úspor je optimalizace na základě znalosti průběhu a rozdělení spotřeby pomocí tzv. smart meteringu [1]. Práce si proto dává za cíl vytvořit systém pro dálkové měření elektrické energie, který bude uživatelům jednoduchým a přehledným způsobem sdělovat informace o spotřebě.

## 2 MĚŘENÍ ENERGIE

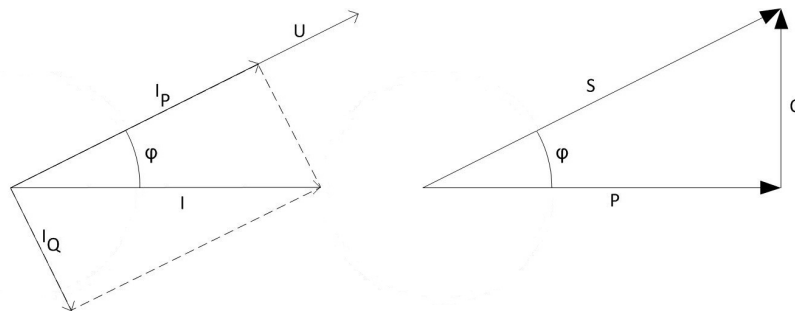
Při postupném rozšiřování elektronického měření v klasických elektroměrech pro koncové spotřebitele došlo k masivnímu vývoji v oblasti specializovaných integrovaných obvodů pro měření elektrické energie. Mezi jednotlivými obvody jsou však velké rozdíly, převážně v tom, co dokáží měřit a jakým způsobem předávají výsledky měření ke zpracování.

Jedním ze způsobů měření je kvantifikace energie, která je dále odesílána pomocí pulzů, kde každý vygenerovaný pulz znamená konstantní přírůstek spotřebované energie. Tento způsob má výhodu v tom, že není nutné složitě řešit oddělení živé části desky proti slaboproudé – zde nám stačí jeden optočlen. Ovšem taková zařízení měří pouze činnou složku a není možné z nich žádnou jinou veličinu vyčíst. Kdybychom přesto chtěli znát i jiné parametry, musel by se použít DSP a v něm vše počítat.

Dnes však existuje několik specializovaných a výkonných jednočipových řešení, která jsou schopna integrovat v reálném čase. Jedním z nich je například převodník ADE7753 firmy Analog Devices, který jsem zvolil pro tento systém. Tento obvod je schopen měřit elektrickou práci, její činnou a zdánlivou složku a efektivní hodnotu napětí a proudu [3]. Komunikace s řídicí jednotkou probíhá pomocí sběrnice SPI. Jako proudovou sondu můžeme používat proudový transformátor nebo Rogowského cívku.

## 3 MĚŘENÉ VELIČINY

Námi použitý integrovaný obvod je schopný změřit elektrickou práci. My však chceme zpracovávat výkon, který získáme derivací práce v čase  $P = \frac{\Delta W}{\Delta t}$ .



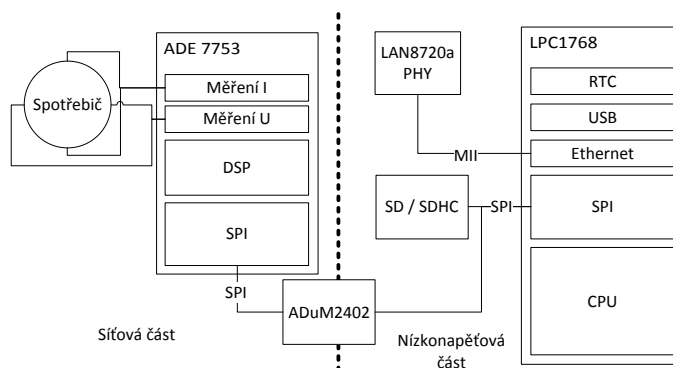
**Obrázek 1:** Rozložení proudu a napětí a výkonů.

Protože se pohybujeme ve střídavých veličinách, může se nám napětí a proud fázově rozcházet o úhel známý také jako fázový posuv  $\varphi$ . Díky tomuto se i výkony rozkládají jako na obrázku 1. Tyto výkony se nazývají činný ( $P$ ), zdánlivý ( $S$ ) a jalový ( $Q$ ).

Jednotlivé výkony se nám vyplatí sledovat z toho důvodu, že každý z nich jinak zatěžuje rozvodnou síť. Na vybuzení magnetického pole točivých strojů odebírá spotřebitel jalový proud, který je příčinou zvýšených výrobních nákladů energie. Jalová energie  $\int Q dt$ , dodávaná spotřebiteli z elektrárny, nepředstavuje sama o sobě žádnou spotřebu paliva v elektrárně. Jenže potom rozvodnou soustavou prochází proud  $I$ , který způsobí větší ztráty na vodičích než proud  $I_P$ , který by zařízením protékal, kdyby jalová složka byla nulová. Výkonem elektrárny však musí být dodávána i energie odpovídající ztrátám na vedení. Aby přenosem jalové energie nedocházelo k omezování využití generátorů k výrobě činné energie, snaží se distributoři a velkoobchodatelé získávat jalovou energii až u spotřebitele (nebo na jiném nejbližším místě) synchronními kompenzátory a nebo statickými kondenzátory [2].

#### 4 NAVRŽENÁ PLATFORMA

Součástí práce byl i návrh a výroba prototypového kusu. Bylo proto nutné zvolit i všechny ostatní prvky potřebné k běhu této aplikace. Blokové schéma tohoto zapojení je vidět na obrázku 2.



**Obrázek 2:** Blokové schéma měřicí platformy.

Při výběru procesoru hrála hlavní roli přímá podpora rozhraní Ethernet. Z aktuální nabídky výrobců jsem zvolil univerzální řadu procesorů ARM, konkrétně Cortex M3. Jedním z nejdostupnějších procesorů této řady je procesor NXP LPC 1768. Na tomto procesoru však není přímo implementovaná fyzická vrstva ethernetového rozhraní, ale je nutné použít obvod LAN8720a.

Při návrhu architektury zařízení byl kladen důraz na bezpečnost. Měřicí obvod vyžaduje mít spojenou

zem s jedním z napájecích kabelů. Kvůli tomu by se nám mohlo na tomto vodiči objevit nebezpečné dotykové napětí [4]. Proto je síťová část galvanicky oddělena napájením přes DC/DC převodník. Pro oddělení sběrnice byl použit integrovaný obvod ADuM 2402. Mimo to jsou napětíové vstupy ošetřené pomocí PTC termistoru a trisilu.

Pro ukládání dat byla použita SD / SDHC karta. Tento způsob ukládání nabízí nejlepší poměr ceny a kapacity.

## 5 FIRMWARE

Protože se jedná o realtime aplikaci, zvolil jsem platformu FreeRTOS [5], která je přímo portovaná na procesor LPC 1768. Pro práci s internetovým rozhraním byla použita knihovna uIP, pomocí které jsem implementoval webový server.

Pro nastavování je použito USB, které poskytuje emulaci sériového rozhraní RS232. Uživateli jsem přes ně vytvořil konzolu podobnou z příkazovému řádku, která nabízí i stejný způsob zadávání jednotlivých příkazů.

Pro zaznamenávání profilu se používá SD karta. Naměřené údaje se spolu s časovou značkou zaznamenávají každou minutu. Pro ukládání jsem musel naportovat knihovnu CHaN FS, která podporuje i moderní SDHC karty s formátem FAT32. Profil lze vyčíst pomocí webového rozhraní buď ve vizuálním formátu, nebo v souboru CSV.

## 6 ZÁVĚR

Cílem práce bylo vytvořit kompaktní nástroj, který je možné využít při vzdálené analýze spotřeby elektrické energie celých celků a nebo i jednotlivých spotřebičů. Zařízení je navrženo tak, že může v jednoduché formě data vizualizovat pomocí webového rozhraní, nebo nabízet dále pro zpracování.

Toto zařízení zaznamenává data s přesností do 0,5%. Narozdíl od jiných, levnějších, alternativ umožňuje zaznamenávat profil v libovolném rozlišení pro analýzu kvality sítě. Vytváří autonomní jednotku, kterou je možné sledovat z libovolného zařízení (PC, tablet, inteligentní televize . . .), což je podle [1] jednou z nejvýhodnějších metod. Je však možné spojit více jednotek do počítačové sítě a sbírat takto data například do domácího serveru. Dále nabízí vzdálenou kontrolu příkonu připojeného zařízení v reálném čase přes internetový prohlížeč. Systém by bylo možné rozšířit o pravidelné odesílání statistik e-mailem, komunikaci s externím serverem a nebo i o řídicí výstupy.

## REFERENCE

- [1] Darby, S.: THE EFFECTIVENESS OF FEEDBACK ON ENERGY CONSUMPTION. Working Paper. Oxford Environmental Change Institute, 2011. URL <<http://www.eci.ox.ac.uk/research/energy/downloads/smart-metering-report.pdf>>
- [2] DRECHSLER, R.: Měření elektrické energie. 1. vyd. Praha: SNTL / SVTL, 1966. 410 s.
- [3] Datasheet ADE7753: Single-Phase Multifunction Metering IC with di/dt Sensor Interface, rev. C. Analog Devices, 2011. URL <[http://www.analog.com/static/imported-files/data\\_sheets/ADE7753.pdf](http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADE7753.pdf)>
- [4] ČSN EN 61010-1 ed. 2. Bezpečnostní požadavky na elektrická měřicí, řídicí a laboratorní zařízení - Část 1: Všeobecné požadavky. Praha: ÚNMZ, 2003.
- [5] The FreeRTOS project [online]. 1/2012 [citováno 2012-02-24]. Dostupné z <<http://www.freertos.org/main.html>>