



Středoškolská technika 2011

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

DIGITÁLNÍ WATTMETR A ELEKTROMĚR

Martin Uhlík

**Střední průmyslová škola elektrotechniky a informatiky
Kratochvílova, 7/1490, Ostrava - Moravská Ostrava**

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Digitální wattmetr a elektroměr

Martin Uhlík

Ostrava 2010

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor: 10. Elektrotechnika, elektronika a telekomunikace

Digitální wattmetr a elektroměr

Autor: Martin Uhlík

Škola: Střední průmyslová škola elektrotechniky a informatiky, Kratochvílova 7,
Ostrava

Konzultant: Ing. Karel Gogolka

Ostrava 2010
Moravskoslezský kraj

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci vypracoval samostatně, použil jsem pouze podklady (literaturu, SW atd.) citované v práci a uvedené v příloženém seznamu a postup při zpracování práce je v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V Ostravě dne Podpis:

Poděkování

Děkuji Ing. Karlovi Gogolkovi za obětavou pomoc při shánění různých součástek a měření chyb wattmetru.

ANOTACE

Cílem práce bylo navrhnout a sestavit digitální wattmetr s měřením spotřeby v kWh, který bude mít dobrou přesnost co se týče měření různých typů zátěže. Dalším požadavkem bylo, aby se wattmetr dal jednoduše reprodukovat, tedy bylo nutné použít běžně dostupné součástky. V neposlední řadě bylo také třeba zohlednit cenu v poměru k přesnosti a množství nabízených funkcí.

K přístroji jsem tedy navrhl mechanické řešení krabičky tak, aby bylo levné a přitom dobře použitelné a praktické. Bylo nutné navrhnout vlastní plošný spoj a uspořádat součástky tak, aby se vše bez problémů vešlo do daného prostoru. Desku plošných spojů jsem navrhnul bez SMD součástek, abych zmenšil pracnost při osazování.

Myslím si, že postavený wattmetr plní svůj účel výborně a měření mnoha spotřebičů v domácnosti je velmi užitečná věc.

Klíčová slova: Digitální, wattmetr, elektroměr, mikrokontrolér, měření spotřeby

Obsah

1. Úvod.....	7
2. Teoretický rozbor měření spotřeby.....	7
3. Popis zapojení.....	7
4. Mechanické řešení.....	8
4.1. Deska plošných spojů.....	8
4.2. Bočník.....	11
5. Návod k použití.....	12
6. Závěr.....	13
7. Použitá literatura.....	14

1. Úvod

Záměrem bylo postavit wattmetr, který bude cenově srovnatelný s továrně vyráběnými přístroji, avšak aby byly nesymetrické zátěže měřeny s lepší přesností a aby byl k dispozici údaj o celkové spotřebě elektrické energie v kWh.

2 Teoretický rozbor

Střídavý výkon můžeme rozdělit na jalový, činný a zdánlivý. Ustalené vztahy platí následovně:

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi - \text{pro jalový}$$

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi - \text{pro činný}$$

$$S = U \cdot I - \text{pro zdánlivý}$$

Goniometrické funkce je nutno použít díky fázovému posunu, který vzniká indukčností nebo kapacitou.

Běžně se výkon měří elektromechanickým wattmetrem, který má systém složený ze dvou cívek navzájem vhodně otočených tak, aby jejich magnetické pole působilo proti sobě a došlo k vychýlení ručky podle odebíraného činného výkonu.

Tento wattmetr měří výkon čistě elektronicky a to tak, že procesor snímá každých cca 500 μ s napětí sítě a napětí vzniklé průchodem proudu bočnickem. Po každém průchodu nulou jsou provedeny výpočty vycházející z výše uvedených základních vzorců.

3. Popis zapojení

Schéma je převzaté z [1] a je dostupné i na [2]. Ve wattmetru je použit mikrokontrolér ATmega168, společně s referencí TL431 a operačním zesilovačem LM324. Napětí vzniklé průchodem proudu přes bočník R17 je zesíleno operačním zesilovačem IC2A a IC2B. Výstup z prvního je pro měření větších výkonů, pro menší výkony se používá výstup IC2B, kde připadá vyšší napětí na každý 1A. Obě napětí jsou přivedena na vstup A/D převodníku, kde jsou potom zpracována dále v programu.

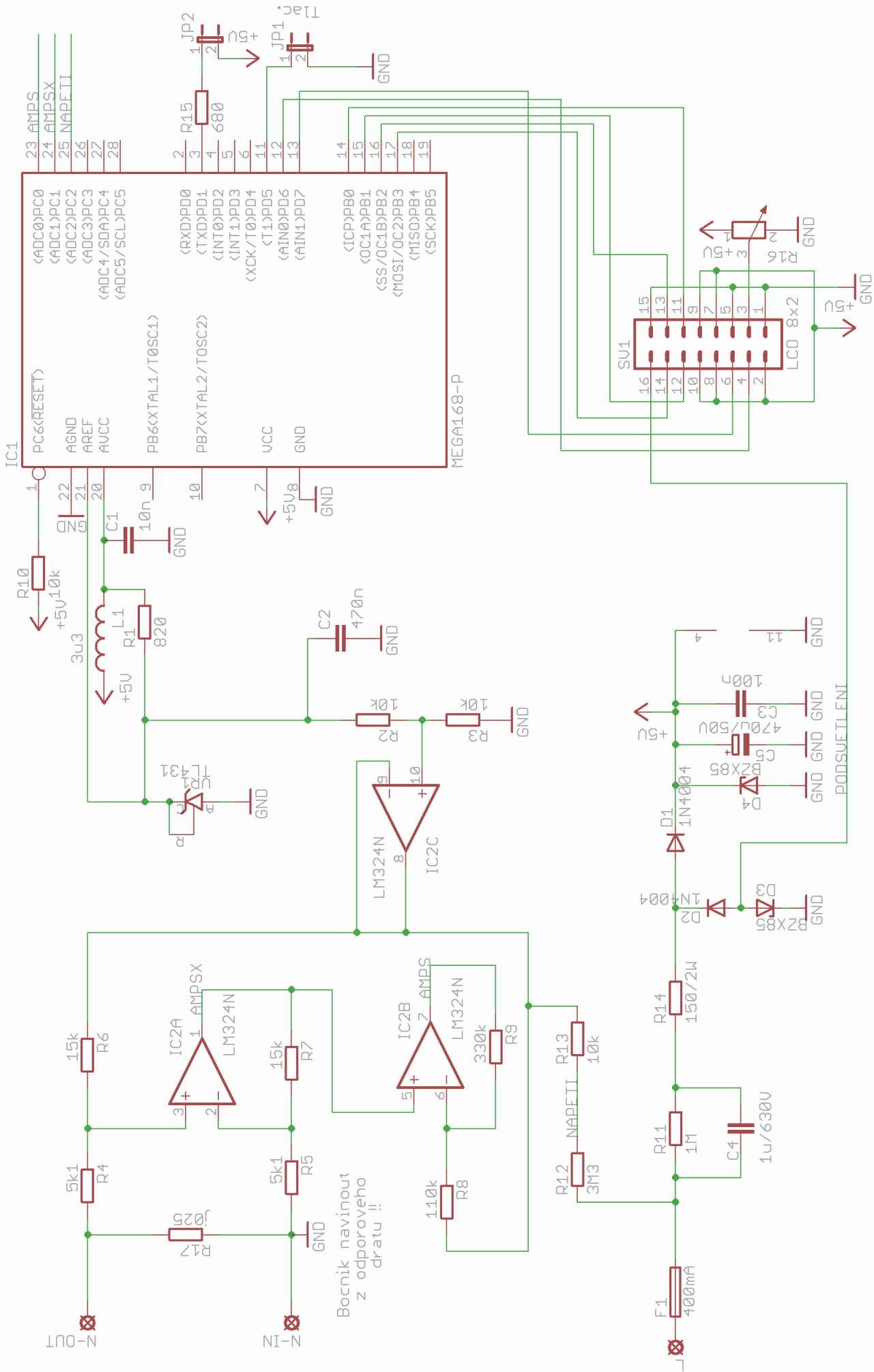
Síťové napětí se měří děličem R12 a R13, ze kterého je také přivedeno na vstup A/D převodníku.

Referenční napětí z reference TL431 je přivedeno jak na referenční vstup A/D převodníku, tak na dělič R2 a R3, který napětí sníží na polovinu. Vznikne tím střední napětí, kolem kterého oscilují ostatní (střídavé) hodnoty.

Napájení wattmetru je řešeno předřadným kondenzátorem a rezistorem R11. Před nimi je do obvodu vřazena přístrojová pojistka 400mA, která se přepálí v případě průrazu kondenzátoru. Pro provoz jsou využity obě půlvlny střídavého proudu. Kladná pro napájení elektroniky (procesoru, displeje, OZ,...) a záporná pro napájení podsvětlení. Napájení analogové části mikroprocesoru je odděleno filtračním členem s tlumivkou.

Displej 8 x 2 znaků je k mikrokontroléru připojen po běžné 4-bitové sběrnici bez možnosti čtení dat z displeje. Trimrem lze měnit jas displeje. Dále se může připojit infračervená LED, která může odesílat do počítače měřený výkon protokolem RS-232.

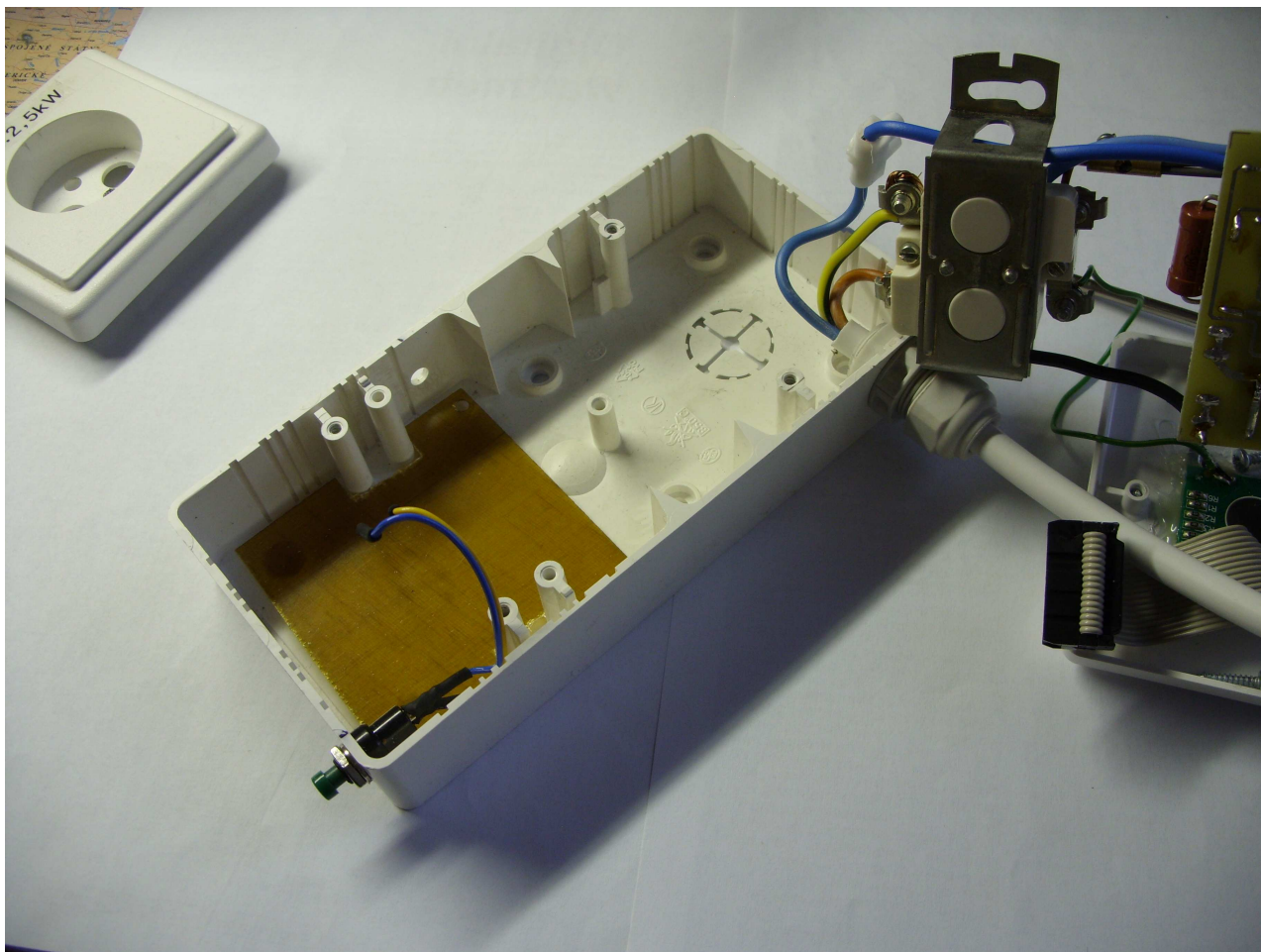
Schéma zapojení je na obrázku na následující straně.



4. Mechanické řešení

4.1. Krabíčka

Jako nejlevnější řešení s ohledem na praktické využití jsem zvolil hlubokou instalační dvojkrabici na omítku, tzv. „panelákovku“. Ve spodní části je umístěna zásuvka a v horní části deska plošných spojů. Pro displej jsem vyřezal obdélníkový otvor v krytu horní části. Na tlačítko je vyvrtaná díra o průměru 7mm tak, aby se dalo pohodlně stisknout jak levou, tak pravou rukou. Displej je s deskou propojen pomocí plochého vodiče se samořezným konektorem a k víku je připevněn tavným lepidlem.

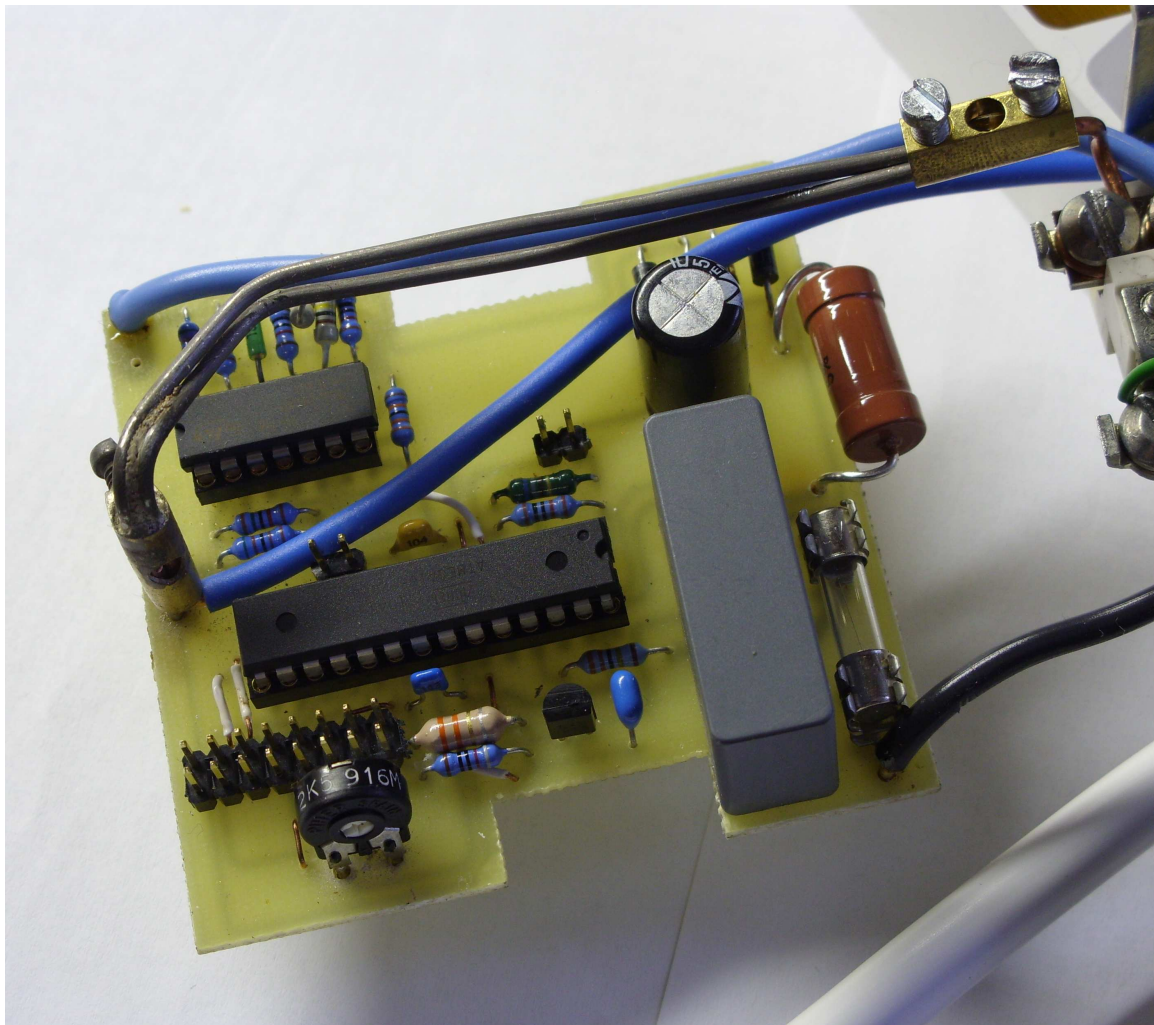
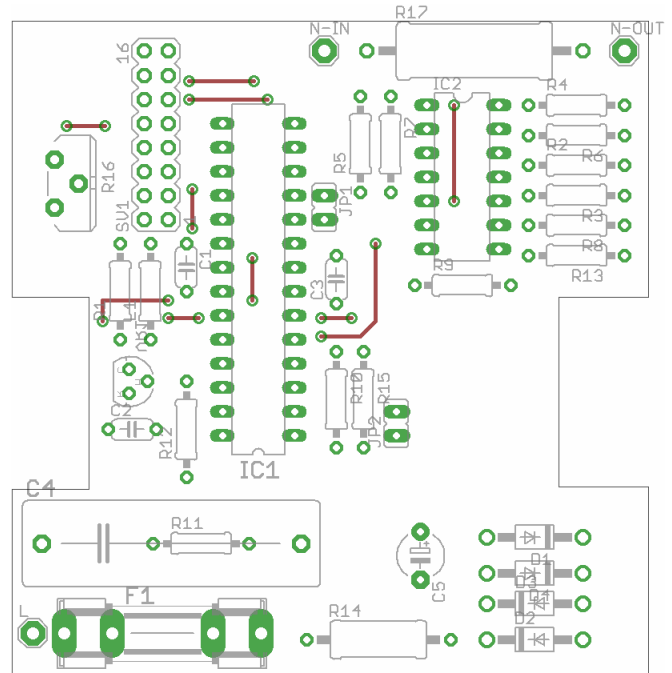
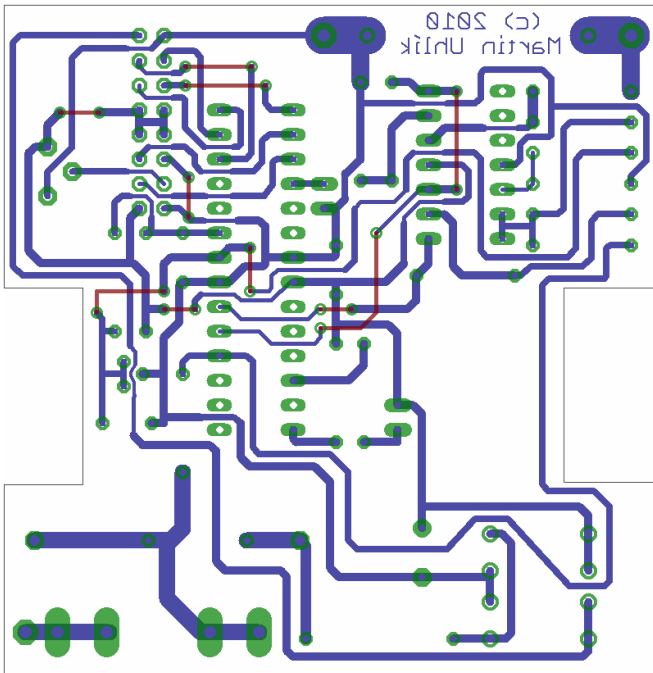


Na obrázku vidíme krabíčku s tlačítkem a položenou destičkou laminátu k zakrytí otvorů, přes něž se lze dostat k DPS.

4.2. Deska plošných spojů

Desku plošných spojů jsem navrhnul a nechal vyrobit pro klasické součástky. Na desce je umístěna většina součástek kromě displeje, tlačítka a bočnicku. Deska je jednostranná s několika drátovými propojkami. Osazení proběhlo rychle a wattmetr pracoval po naprogramování procesoru bezchybně „na první zapojení“. Na obrázku vidíme klišé DPS (červenou čarou jsou vyvedeny drátové propojky) a vedle osazovací plán. Na posledním obrázku je fotografie osazené a oživené desky. Protože instalační krabice má různé předlisované otvory pro kabely apod., musel jsem umístit pod desku

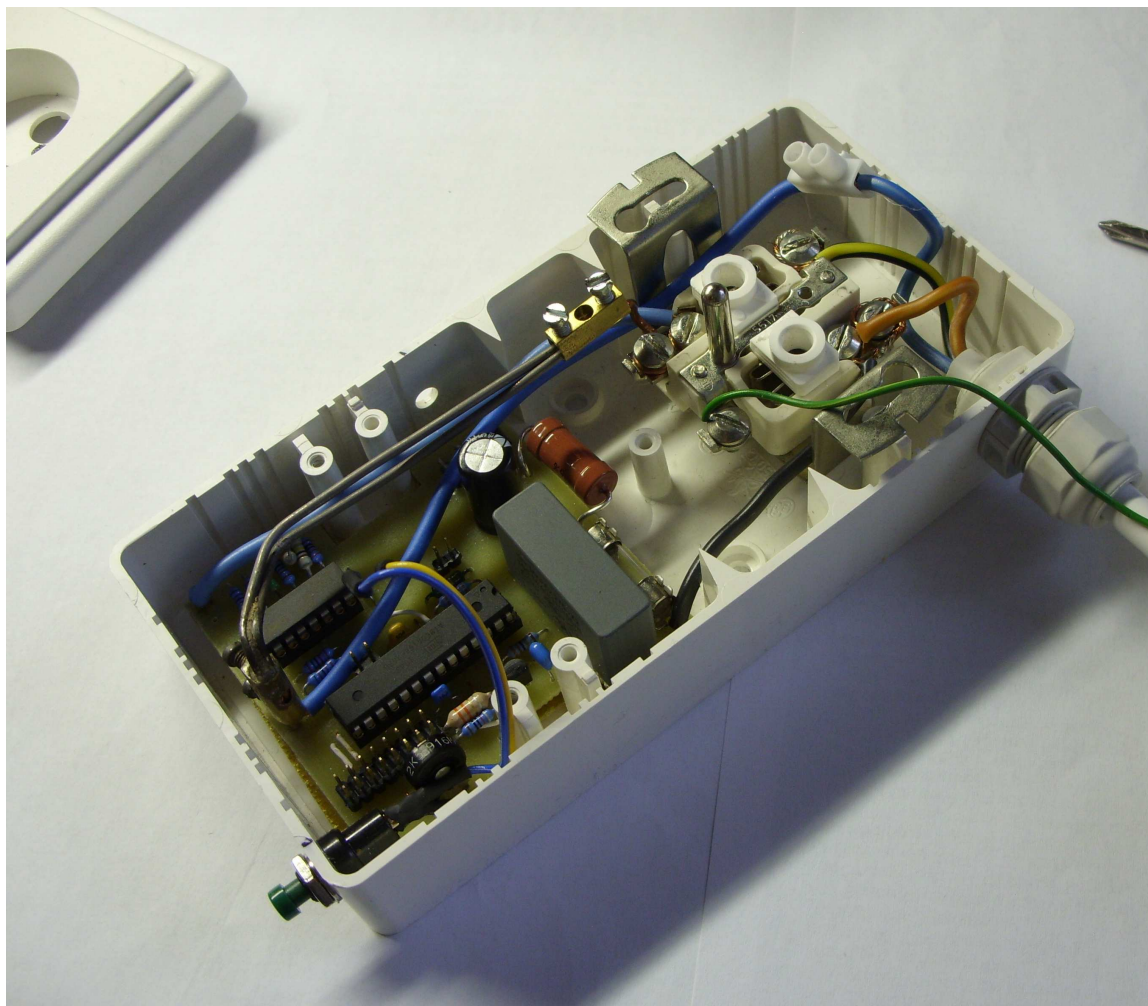
texgumoid. Strana spojů je totiž směrem k těmto otvorům a mohlo by dojít ke vniknutí kovových předmětů a zkratu nebo ohrožení života.



4.3. Bočník

Autor konstrukce v [1] nedoporučuje „keramické kostky“ z GM, protože údajně dochází k náhodným přerušením odporů a tím poškození operačního zesilovače a dalších součástek vniknutím síťového napětí na vstup. Zvolil jsem tedy variantu s odporovým drátem z konstantanu nebo manganinu. Takový drát se sice špatně shání, nakonec jsem ale náhodou dostal drát dobrých parametrů, co se týče požadovaného odporu v poměru k rozumné délce. Bočník se totiž musí vejít do krabičky. Je složen ze dvou paralelně spojených drátů, aby došlo k přijatelnému tepelnému zatížení. Při testech po sestavení wattmetru jsem bočník zatěžoval velkými proudy na různě dlouhou dobu a sledoval jsem oteplení jak krabičky, tak i samotného bočníku. V jednom z testů jsem bočník zatěžoval proudem asi 10A (elektrický přímotop s ventilátorem) po dobu cca 10 až 15 minut. Oteplení krabičky bylo citelné, nikoliv však na závadu. Z toho plyne, že můžeme wattmetr zatížit i větším proudem, je však nutné omezit dobu zatížení, případně hlídat překročení maximálního proudu. Wattmetr nemá pojistku v silovém obvodu a není tedy chráněn proti přetížení.

Umístění bočníku je patrné na obrázku kompletního wattmetru:



5. Návod k použití

Použití wattmetru je velmi jednoduché. Tlačítkem lze volit jednotlivé režimy měření různých veličin v tomto pořadí:

1. Čas měření (rozlišení 1s – do 24h – nebo 1h – do 99 dní)



2. Účinník ($\cos \varphi$)



3. Jalový výkon zobrazený ve Var



4. Zdánlivý výkon ve VA



5. Efektivní hodnota proudu zátěží



6. Efektivní hodnota síťového napětí



7. Odebraná energie v kJ, případně MJ



8. Odebraná energie v kWh



9. Průměrný činný výkon



Čas měření, odebranou energii a průměrný činný výkon lze vynulovat dlouhým stiskem tlačítka.

Při prvním zapojení je možná sw kalibrace tisknutím tlačítka během zapnutí. Nejprve se volí režim 1,35kWh (pro bočník 50mΩ) nebo 2,5kW (pro bočník 25mΩ). Poté se kalibruje efektivní hodnota proudu a poté efektivní hodnota síťového napětí. Ke kalibraci tedy není nutný jiný wattmetr. Já jsem kalibroval společně s wattmetrem, aby činný výkon byl co nejpřesnější. Kalibraci je vhodné provádět na odporové zátěži, kde nejsou žádné „záludnosti“ ve fázovém posunu a tím pádem menším činném výkonu.

6. Závěr

Na závěr bych uvedl problémy zejména při shánění vhodného bočníku, což bych konstatoval za největší problém. Wattmetr se jinak celkově vydařil a s jeho provedením jsem spokojen. Je vyroben tak, aby se dal jednoduše reprodukovat. Díky přesným přístrojům použitým při kalibraci je wattmetr přesnější než běžný levný továrně vyrobený wattmetr. V ceně wattmetru jsou největší položky procesor (103 Kč – stav k lednu 2011) a displej (120 Kč – stav k lednu 2011). Instalační krabice stojí kolem 20 Kč a zbytek součástek najde každý běžně „v šuplíku“. Do budoucna bych možná chtěl navrhnout vlastní schéma s procesorem PIC a vlastním programem pro něj.

7. Použitá literatura

- [1] Stražil Ivo, Digitální wattmetr, Praktická elektronika 04/2005
- [2] <http://www.strasil.net/index.php?text=wattmetr>
- [3] Wikipedie