



## **Středoškolská technika 2017**

**Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT**

# **PÁJECÍ STANICE DO AUTA PRO POLNÍ TECHNIKY**

**Jan Šlehofer**

Střední průmyslová škola elektrotechnická  
V Úžlabině 320, Praha 10

„Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně a použil jsem literárních pramenů a informací, které cituji a uvádím v seznamu použité literatury a zdrojů informací.“

V Praze dne .....

.....  
podpis autora (jméno a příjmení)

## **Anotace**

V rámci práce vznikla pájecí stanice do auta s přesnou regulací teploty, která umožňuje dobrou přenosnost, spolehlivý provoz z autozásuvky na napětí v rozsahu 10–15 V, dodávané autobaterií či alternátorem automobilu. Zároveň má všechny klady precizní regulace teploty stolních pájecích stanic a je tak ideálním kandidátem pro polní techniky, potřebující nástroj na opravu velmi citlivé elektroniky.

## **Annotation**

Within the work was created a soldering station with precise temperature regulation, which allows good portability, reliable operation off a car power socket with voltage between 10–15 V, provided by car battery or car alternator. It has all advantages of precise temperature regulation of desktop soldering stations and it is an ideal candidate as a tool for field technicians requiring tool for very sensitive electronics repair.

# Obsah

<b>Úvod</b>	<b>5</b>
<b>1 Konstrukce</b>	<b>6</b>
<b>2 Obvody</b>	<b>11</b>
2.1 Napěťový zvyšovač	11
2.2 Termostatický obvod	11
2.3 Jištění	11
<b>3 Volba komponent</b>	<b>14</b>
3.1 Srdce pájecí stanice	14
3.2 Termostatická část	14
3.3 Napěťová reference	14
3.4 Dodatečný spínací MOSFET	14
3.5 Krabíčka a na ní provedené úpravy	14
3.6 Pájecí pero	15
<b>4 Provozní vlastnosti a nároky</b>	<b>15</b>
4.1 Potenciální výrobní cena (odhad bez zahrnutí práce)	16
<b>5 Uplatnění na trhu</b>	<b>17</b>
<b>Závěr</b>	<b>18</b>
<b>Seznam zkratk</b>	<b>19</b>
<b>Seznam literatury a jiných zdrojů</b>	<b>20</b>

# Úvod

Hlavním důvodem volby tohoto tématu byla má obliba elektroniky a její konstrukce. Také jsem chtěl vyzkoušet, jak něco, co na trhu chybí, postavit s minimálními náklady. Sám jsem již narazil na několik situací, kdy jsem potřeboval pájet citlivou elektroniku pouze s přístupem k napájení z akumulátorů. Většinou jsem to řešil pomocí měniče napětí, ale takové řešení je velmi nepřenosné. Proto jsem se rozhodl zhotovit pájecí stanici schopnou provozu přímo z akumulátorů či jakékoliv sítě, disponující 12 VDC.

V protokolu popíšu konstrukci pájecí stanice, volbu komponent, provozní vlastnosti, provozní nároky, potenciální výrobní cenu a možnosti uplatnění na trhu.

Z připravených komponent jsem použil hlavně krabičku od čínského měniče z internetové stránky [www.ebay.com](http://www.ebay.com), napěťový regulátor XL6009E1, operační zesilovač LM358 a pájecí pero také z výše zmíněného webu. Dále jsem využil metalizovaných odporů hlavně pro jejich dobré provozní vlastnosti, standardních (jak elektrolytických, tak i keramických) kondenzátorů, trimerů pro kalibraci provozu a potenciometru pro zadávání požadované hodnoty. Jejich značnou část jsem upravil pro potřeby své práce.

# 1 Konstrukce

Celé zařízení jsem zabudoval do velmi výhodné upravené krabičky od simplistického měniče 12–24 VDC na 220 VDC pro pulsní nabíječky pro mobily, který jsem pořídil z Číny přes internetový obchod Ebay. Samotný měnič byl ne zrovna kvalitní konstrukce a jeho maximální výstupní výkon bez poklesu napětí byl něco okolo 6 W.

Přikládám pro srovnání původní nabíječku a nabíječku po mých úpravách.



Obr. 1 Původní měnič



Obr. 2 Původní přední panel

Úpravy provedené na krabičce se týkaly hlavně předního panelu. Ten jsem odřízl a ubrousil o kus plastu, který kryl výstupy měniče. Nahradil jsem jej plastovou destičkou s vyřezanými dírami pro potenciometr, LED indikaci ohřevu a výstupní konektor pro pájecí pero. Na tuto destičku jsem umístil papír s potiskem stupnice a popisek teplot a indikační LED. Potisk stupnice byl velmi inspirován pájecí stanicí Yihua 936, kterou vlastním.



Obr. 3 Přední panel po úpravě

Pájecí pero jsem také obstaral z Číny jako velmi lacinou kopii pájecích per pro pájecí stanice Hakko 936. Pájecí hrot byl vyměněn za „použitelný“ hrot, který byl naopak od originálu pocínovaný.



Obr. 4 Pájecí pero

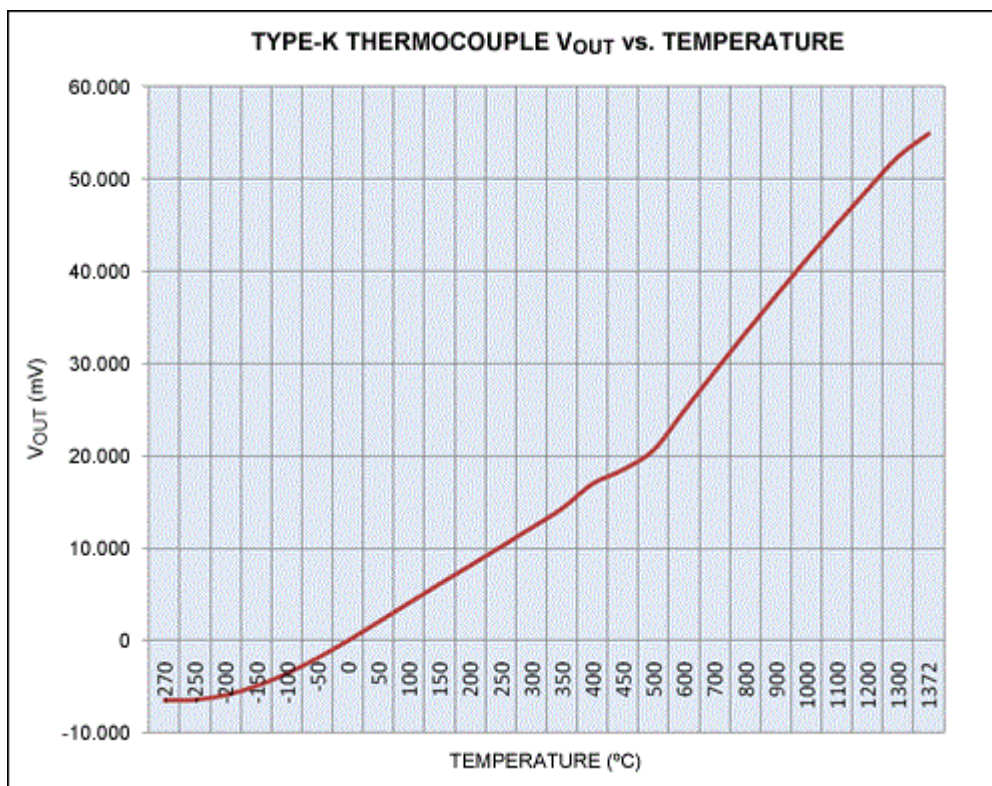
Topné těleso je konstruované na provozní napětí 24 VAC, ovšem z důvodů cenové a tepelné limitace ho napájím pouze 24 VDC.



Obr. 5 Detail pájecího pera



V topném tělese je dále integrováný termočlánek typu K, využívající slitiny chromel a alumel, pro téměř lineární snímání teplot, což mi umožnilo použití téměř lineární stupnice.



Obr. 6 Graf závislosti napětí termočlánu type K na teplotě



## **2 Obvody**

### **2.1 Napěťový zvyšovač**

Napěťový zvyšovač obsahuje integrovaný obvod, který je vlastním srdcem této pájecí stanice. Jedná se o spínaný regulátor napětí U2 XL6009E1 od XL Semi, který je použit v konfiguraci zvyšovače. Při výpočtech, které jsem provedl na základě dokumentu od Texas Instruments (je doložen ve zdrojích), vyšla indukčnost L1 33 uH.

Zpětná vazba je napěťový dělič dělící napětí 24 VDC na 2,5 VDC. Těchto 2,5 VDC je užito v obvodu XL6009 jako zpětné vazby, udávající šířku pulzů nutných pro nasycení induktoru pro daný výstupní výkon.

### **2.2 Termostatický obvod**

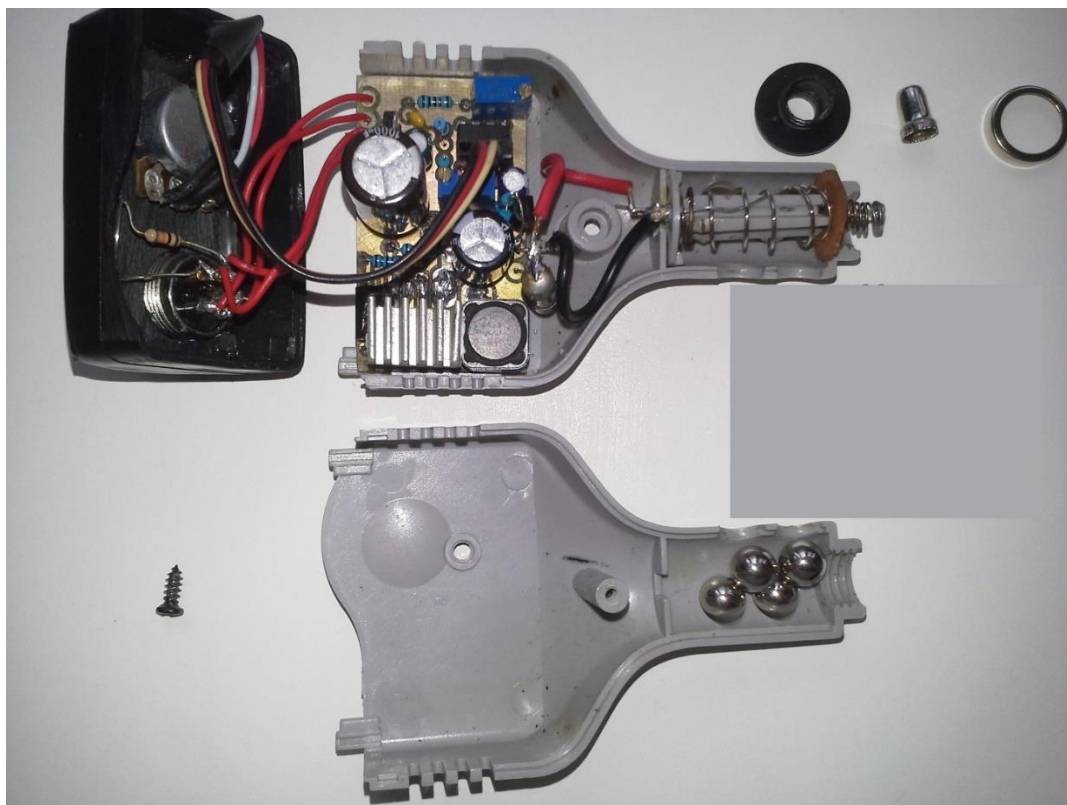
Termostatický obvod jsem vytvořil z dvojitého operačního zesilovače U3 LM358. Jeho první polovina zesiluje napěťový potenciál z termočlánku s nastavitelným ziskem pomocí trimru R12. Ten umožňuje nastavení maximální teploty. Tento zesílený potenciál je poté porovnáván druhou polovinou výše uvedeného zesilovače U3 vůči hodnotě zadané na potenciometru R3 s trimrem R5 pro nastavení minimální hodnoty.

Je-li hodnota na potenciometru R3 vyšší, než zesílený potenciál termočlánku, je napěťový regulátor U2 aktivován pinem EN a gate MOSFETu Q1 nabit. MOSFET Q1 tudíž sepne a dojde k zahájení ohřevu topného tělesa až po dosažení zadané hodnoty.

Poté je ohřev pozastaven, dokud hodnota nespadne pod zadanou hodnotu. Takto je dosaženo poměrně přesné regulace teploty a je umožněna kompenzace neduhů topného tělesa, tedy hlavně neideálního tepelného přenosu mezi topným tělesem a hrotem pájecího pera.

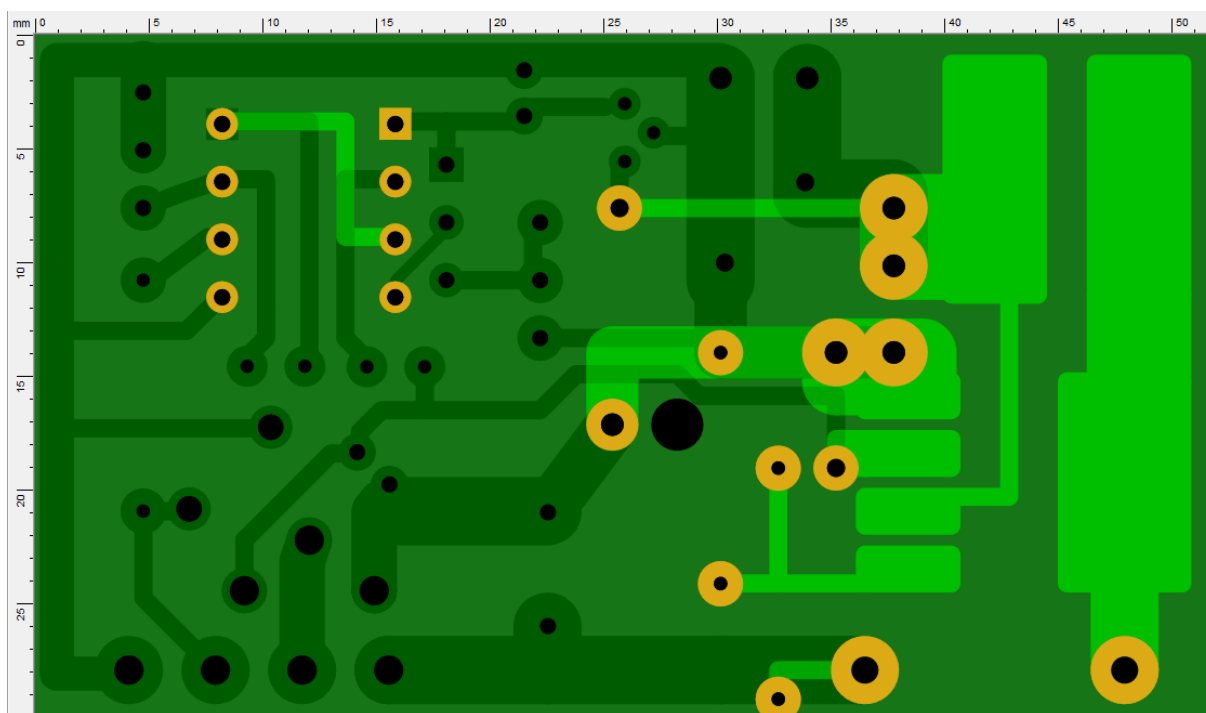
### **2.3 Jištění**

Napájení je jištěno pojistkou F1 6A, která v případě průrazu vnitřního MOSFETu napěťového regulátoru U2 obvod ochrání a zabrání tak nežádoucímu požáru.

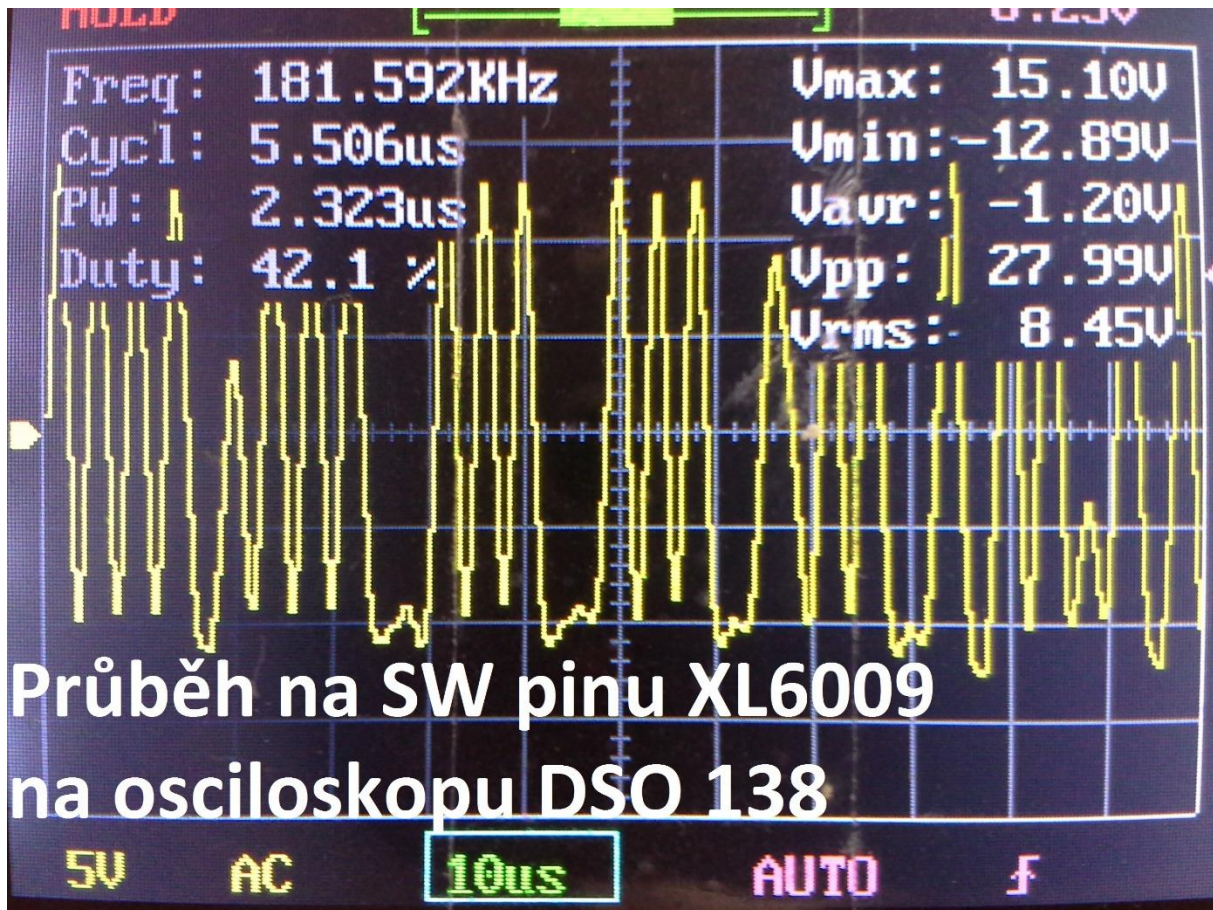


Obr. 8 Vnitřek pájecí stanice

Vše je osazeno na oboustrannou desku tištěného spoje, vytvořenou procesem frézování.



Obr. 9 Deska tištěného spoje, pohled z hora



Průběh na SW pinu XL6009  
na osciloskopu DSO 138

Obr. 10 Průběh na SW pinu XL6009 na osciloskopu DSO 138

## **3 Volba komponent**

Komponenty jsem zvolil hlavně dle dostupnosti. Patří mezi ně všechny rezistory, kondenzátory, induktor, pojistku a operační zesilovač, což jsou součástky, které jsem vlastnil. Vše ostatní jsem objednal z Číny z webu [www.ebay.com](http://www.ebay.com).

### **3.1 Srdce pájecí stanice**

Srdcem stanice jsem zvolil spínaný napěťový regulátor XL6009E1, a to hlavně z důvodu jeho nízké ceny, velké dostupnosti a nízkých provozních nároků; je totiž potřeba minimum součástek.

### **3.2 Termostatická část**

Pro termostatickou část jsem jako operační zesilovač zvolil LM358, a to hlavně z důvodu, že jsem již vlastnil několik kusů a měl bohaté zkušenosti s jeho vlastnostmi. Uvedený zesilovač má pro tuto aplikaci tolerovatelný šum a vysoký zisk, což obzvláště zvýší přesnost regulace.

### **3.3 Napěťová reference**

Jako napěťovou referenci pro dosažení neměnné přesnosti regulace teploty jsem zvolil TL431, precizní napěťovou referenci s malou ovlivnitelností teplotou či proudem.

### **3.4 Dodatečný spínací MOSFET**

Za spínací MOSFET jsem zvolil N MOSFET 70T03, který byl obstarán ze snižovače u staré základní desky z počítače. Je velmi úsporný a malý.

### **3.5 Krabíčka a na ní provedené úpravy**

Pro zabudování komponent jsem zvolil krabíčku od velmi laciného měniče napětí do auta pro nabíječky mobilních telefonů.

U této krabíčky jsem upravil přední panel pro potenciometr se stupnicí, výstupní konektor a indikaci ohřevu. Moje úprava spočívala v odříznutí původního předního panelu s dírami pro zástrčku a USB port a nahrazení oříznutou plastovou destičkou s dírami pro potenciometr, konektor a indikaci. Tato destička byla nalepena pomocí

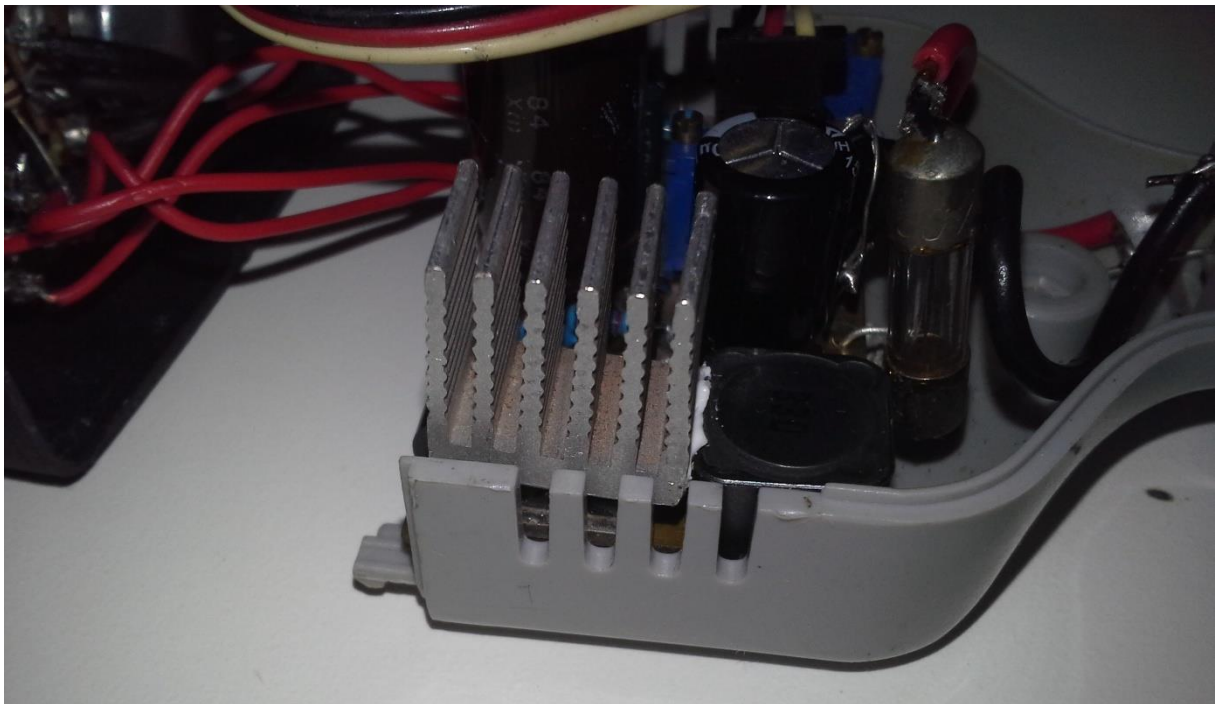
tavného lepidla a po nalepení stupnice bylo vše omotáno elektrikářskou páskou pro lepší odolnost.

### 3.6 Pájecí pero

Jako pájecí pero jsem zvolil extra lacinou kopii pájecích per pro pájecí stanice Hakko 936 s integrovaným termočlánkem pro regulaci teploty. Laciná kopie byla zvolena z finančních důvodů a přináší řadu nevýhod, hlavně nedokonalý tepelný přenos mezi topným tělesem a hrotem pájecího pera. Tento problém jsem ale poměrně efektivně vykompenzoval pomocí kalibrace.

## 4 Provozní vlastnosti a nároky

Pájecí stanice nedisponuje příliš vysokou účinností v rozmezí 700–80 % a tudíž se zahřívá. Problém je kompenzován chladičem umístěným na napěťový regulátor a teploty se drží v oblasti bezpečné pro dlouhodobý provoz i pro okolní prostředí.



Obr. 11 Detail chladiče napěťového regulátoru

U této pájecí stanice jsem naměřil příkon přibližně 65 W s proudem přibližně 5 A při standardním provozním napětí 14,8 V v automobilu.

#### 4.1 Potenciální výrobní cena (odhad bez zahrnutí práce)

\*Cena je pouze orientační a platí jen při koupi jednotlivých součástek, při sériové výrobě dojde k velmi výraznému snížení nákladů.

Komponent	Cena v CZK
XL6009E1	12
Rezistory, trimery, potenciometry	30
Kondenzátory	6
LM358	5
Krabička od měniče	20
Pájecí pero	70
Stojánek na pájecí pero	65
Plastová destička	1
Pojistka	2
Konektor	5
LED indikace ohřevu	1
Obvodová deska	10
Chladič	5
TL431	3
MOSFET 70T03	10
CELKEM	245



## 5 Uplatnění na trhu

U této pájecí stanice předpokládám uplatnění jak na profesionálním, tak i nadšeneckém či modelářském trhu pájecích nástrojů. Hlavní uplatnění vidím v nástroji pro polní techniky, kteří potřebují realizovat opravu přesné elektroniky, a to často bez možnosti použít stolní pájecí stanici.

Je to hlavně z důvodů možnosti napájení, pro stolní pájecí stanice je totiž třeba síťové napětí, které je možné obstarat měničem napětí. Je ale nutné, aby křivka jeho průběhu byla čistá sinusoida.

Stolní pájecí stanice využívají pro spínání triak, který není určen pro spínání modifikovaného sinusu či obdélníkového průběhu.

## Závěr

Povedlo se mi úspěšně navrhnout a zkonstruovat pájecí stanici se schopností přesné regulace teploty a hlavně se schopností provozu ze zásuvky automobilu. Nejvíce práce dal návrh spínaného měniče tak aby se minimalizovalo jeho přehřívání a tím se i zvýšila celková účinnost přeměny napětí.

Práci hodnotím jako úspěch s možností ještě dalších zlepšení.

Takovýto typ pájecí stanice na trhu není dostupný, a když už tak ne za tuto cenu, to bylo i hlavním důvodem vypracování, tudíž od této práce očekávám zpřístupnění dalšího nástroje pro polní techniky, který umožní opravu citlivé elektroniky v podmínkách, které nejsou přímo ideální.

Pokud moje práce uspěje, budu rozhodně pokračovat ve vývoji vedoucím ke snížení nákladů, odstranění některých problémů a možná i dodání na trh.

## Seznam zkratk

VDC ..... Voltage Direct Current – stejnosměrné napětí

VAC..... Voltage Alternative Current – střídavé napětí

LED..... Light Emitting Diode – světlo emitující dioda

MOSFET .... Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor – transistor s efektem pole  
na bázi kovových oxidů

## Seznam literatury a jiných zdrojů

*Modern Thermocouples and a High-Resolution Delta-Sigma ADC Enable High-Precision Temperature Measurement. Maxim integrated* [online]. 160 Rio Robles San Jose, CA 95134 USA: Maxim Integrated, 2016 [cit. 2017-03-25]. Dostupné z: <https://www.maximintegrated.com/en/app-notes/index.mvp/id/5032>

*Basic Calculation of a Boost Converter's Power Stage* [online]. 2009, 9 [cit. 2017-03-29]. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/an/slva372c/slva372c.pdf>

Boost converter. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2017 [cit. 2017-03-29]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Boost\\_converter](https://en.wikipedia.org/wiki/Boost_converter)

BLAHOVEC, Antonín. *Elektrotechnika III*. Šesté vydání. Praha: INFORMATORIUM, 2015. ISBN 978-80-7333-116-0.

DOSTÁL, Jiří. *Operační zesilovače*. Druhé vydání. Praha: BEN-technická literatura, 2005. ISBN 8073000490.

KREIDL, Marcel. *Měření teploty*. Praha: BEN-technická literatura, 2005. ISBN 80-7300-145-4.

HUIJSING, Johan. *Operational Amplifiers*. Druhé vydání. Amsterdam: Springer Netherlands, 2011. ISBN 978-94-007-9300-2.

Thermocouple. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2017 [cit. 2017-03-29]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Thermocouple>

## Příloha 1 Ostatní fotodokumentace



Obr. 12 Kompletní pájecí stanice



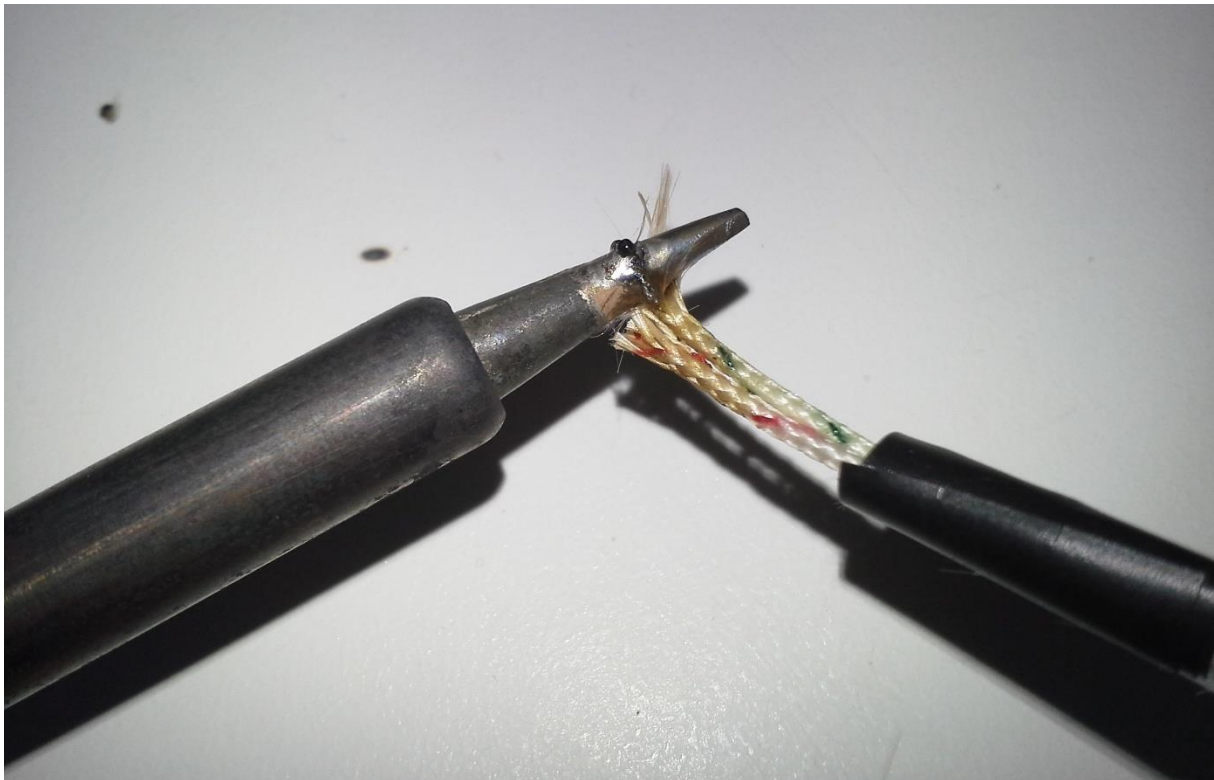
Obr. 19 Viditelný chladič v krabičce



Obr. 13 Kompletní pájecí stanice, pohled shora



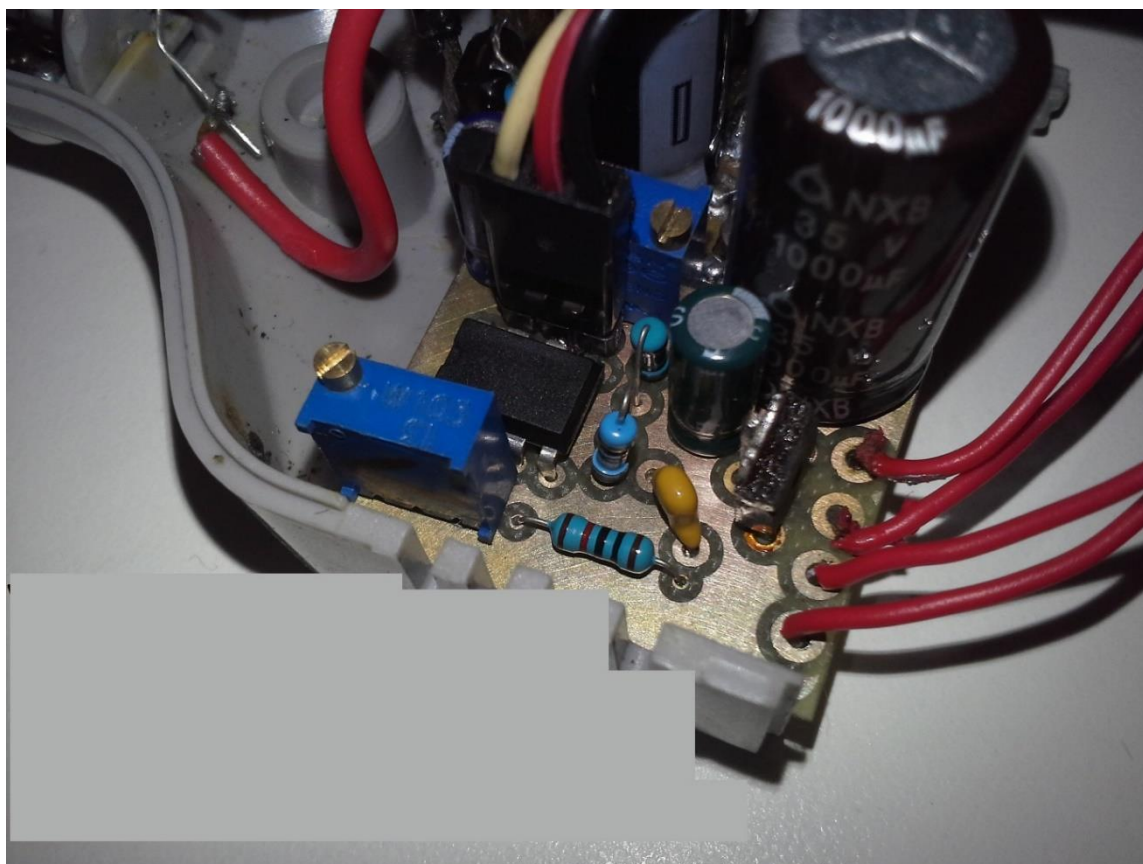
Obr. 14 Měření teploty



Obr. 15 Detail termočlánku měřící teplotu



Obr. 16 Naměřená teplota po přibližně 1 minutě klidu



Obr. 17 Trimery pro kalibraci regulace teploty, R5 pro nastavení minima a R12 pro nastavení maxima





Obr. 18 Celá krabička po úpravě