



Středoškolská technika 2010

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Termoelektrický chladič box

Tomáš Machart

Střední průmyslová škola elektrotechnická a Vyšší odborná škola Pardubice, Karla IV. 13,

Roku 1843 objevil Jean Peltier jev inverzní k Seebeckově jevu, tedy skutečnost, že při nuceném průchodu proudu dvojicí kontaktů tvořených různými kovy se jeden z kontaktů ochlazuje a druhý zahřívá. Dochází tak ke transportu tepla.

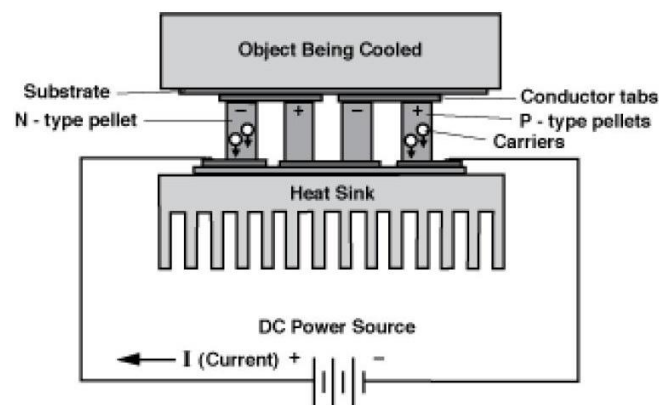
Narozdíl od Jouleových ztrát, kdy generovaný výkon Q_j závisí na druhé mocnině proudu vodičem o odporu R (1), jde v případě Peltierova jevu o lineární závislost přenášeného tepelného výkonu Q_p na proudu I (2).

$$Q_j = R \cdot I^2 \quad (1)$$

$$Q_p = \pi_{ab} \cdot I = \alpha_{ab} \cdot T \cdot I \quad (2)$$

- kde:
- π_{ab} představuje Peltierův koeficient,
 - α_{ab} Seebeckův koeficient,
 - T absolutní teplota kontaktu.

Přestože je druhý termoelektrický jev znám již více než 170 let, dochází k jeho praktickému využívání až v posledních desetiletích. Teprve díky objevu vhodných polovodičových materiálů pro vytváření termoelektrických kontaktů, lze dnes realizovat relativně účinné termoelektrické chladiče TEC (Thermoelectric Cooler).

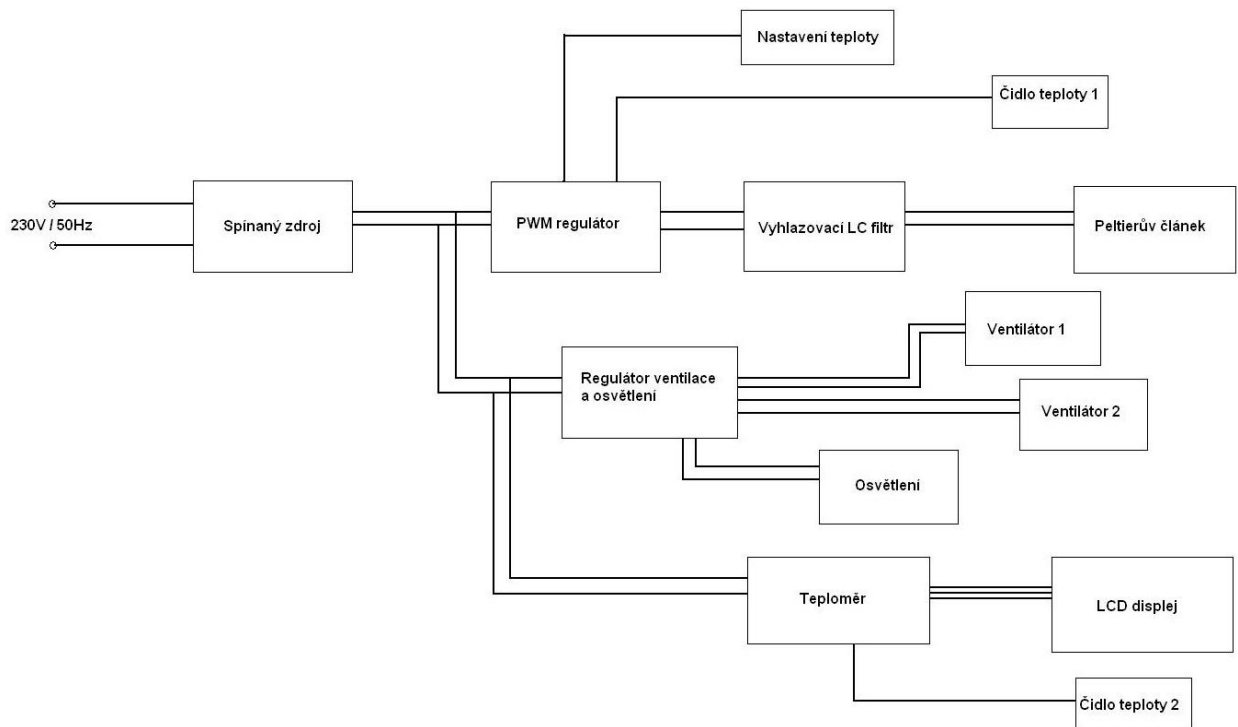


Obr.1. Termoelektrický chladič

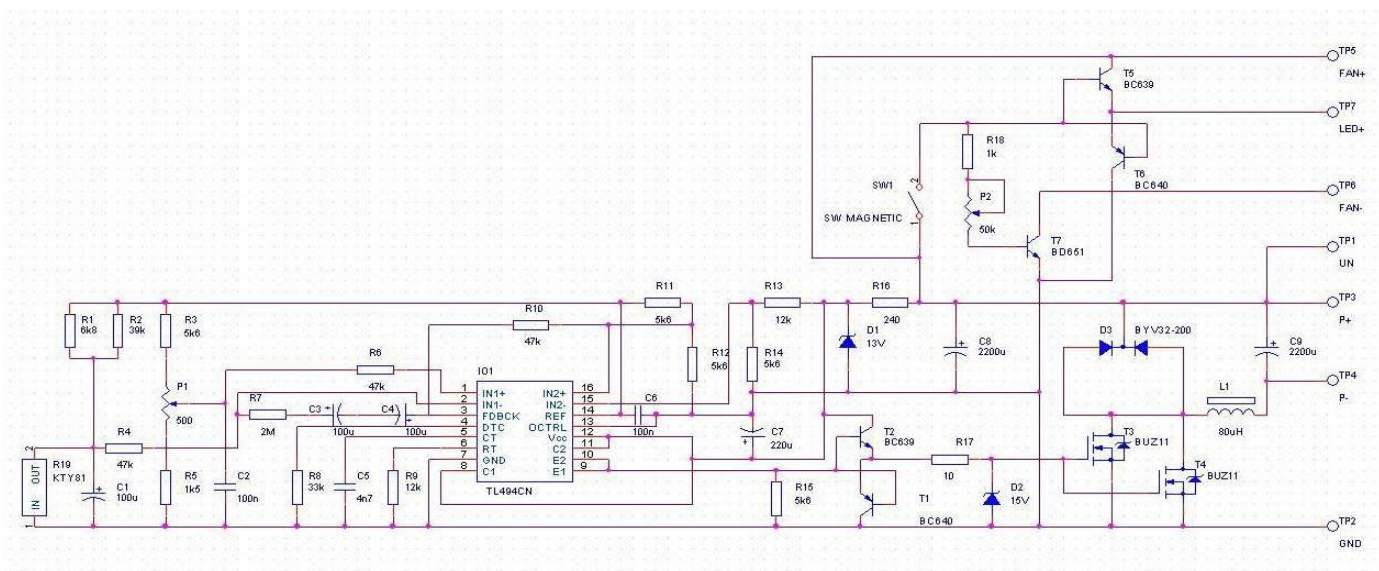
Princip regulace:

Peltierův termoelektrický článek je regulován pulsně-šířkovou modulací (PWM). Regulátor vyhodnotí rozdíly na vstupech z odporového čidla KTY81 a z potenciometru P1 pro nastavení požadované teploty. Velikostí rozdílů se mění střída výstupních impulsů, ze kterých jsou spínány MOS-FET výkonové tranzistory. Spínaný proud je filtrován LC filtrem pro snížení zvlnění na výstupu.

Blokové schéma termoelektrického chladicího (TEC) boxu:



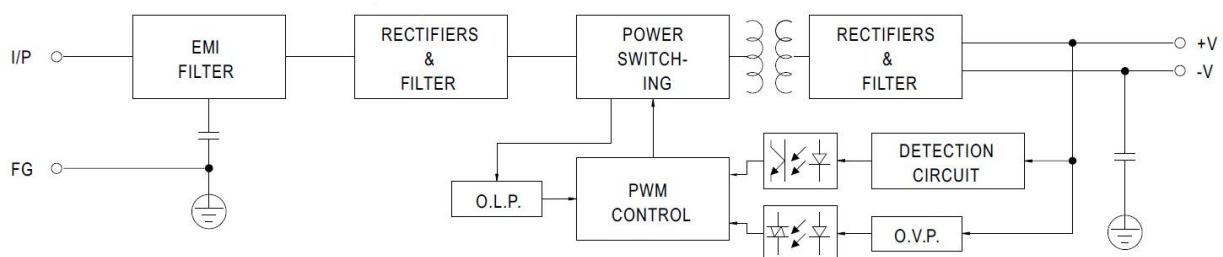
Obr.2. Blokové schéma TEC boxu



Obr.3. Elektronické schéma PWM regulátoru

Napájení:

Síťové napětí je přivedeno na vstup spínaného zdroje, kde je filtrováno, upravováno a impulsně spínáno do transformátoru. Napětí na sekundárním vinutí je usměrněno, filtrováno a stabilizováno. Stabilizované napětí je přivedeno na výstup zdroje a do detekčního obvodu zpětné vazby galvanicky oddělené optočlenem. Tento zdroj proudu je dimenzován na 13A při napětí 12V.



Obr. 4. Zjednodušené blokové schéma spínaného zdroje

Řídící jednotka:

Do vstupu komparátoru integrovaného obvodu TL494 jde výstup teplotní sondy KTY81 spolu s výstupem z potenciometru P1, na kterém se definuje regulovaná teplota. Obvod vyhodnotí rozdíl napětí a převede jej na sérii impulsů s měnící se střídou v závislosti na měnící se teplotě. Výstup je zesílen komplementární dvojicí bipolárních tranzistorů a použit ke spínání paralelní kombinace

MOS-FET výkonových tranzistorů, které spínají zátěž. Paralelní kombinace je použita pro snížení a rozdělení výkonových ztrát na větší vyzařovatelnou plochu. Dále je signál filtrován výstupním LC filtrem, načež se dostane do zátěže - Peltierova článku, kde dochází k vyzařování a absorpci tepla vlivem Peltierova jevu.

Oscilační frekvence se nastavuje kombinací odporu R9 a kondenzátoru C5.

Dead time lze nastavit odporem R8.

Rozsah regulovatelných teplot potenciometrem P1. Posunutí regulovatelné škály odporem R5.

Integraci odporem R7 a bipolární kombinací elektrolytických kondenzátorů C2 a C4.

Změnu kvality filtrace výstupního napětí změnou cívky L1 a změnou vyhlazovacího kondenzátoru C9.

Zobrazení:

Zobrazení teploty je realizováno zvláště použitím modulu teploměru s LCD displejem, který měří aktuální vnitřní teplotu boxu. Dále je na předním panelu signalizace napájení zdroje, signalizace otevřených dveří a signalizace stand-by módu. Všechny signalizace jsou realizovány LED diodami.

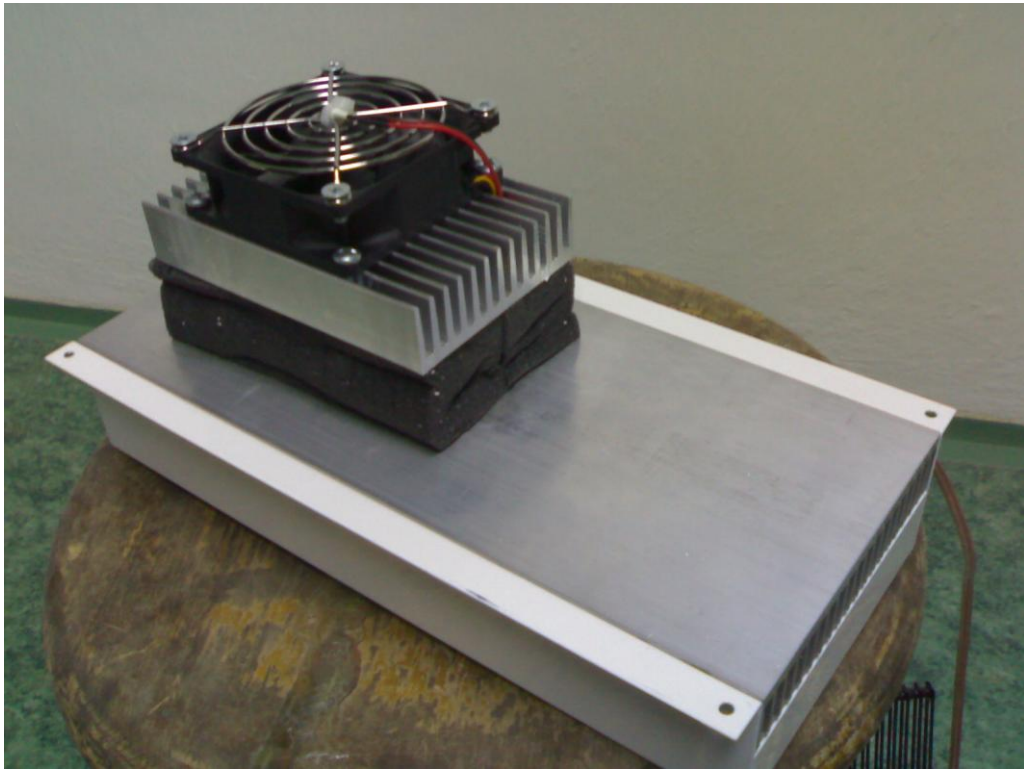
Mechanická část:

1) Box:

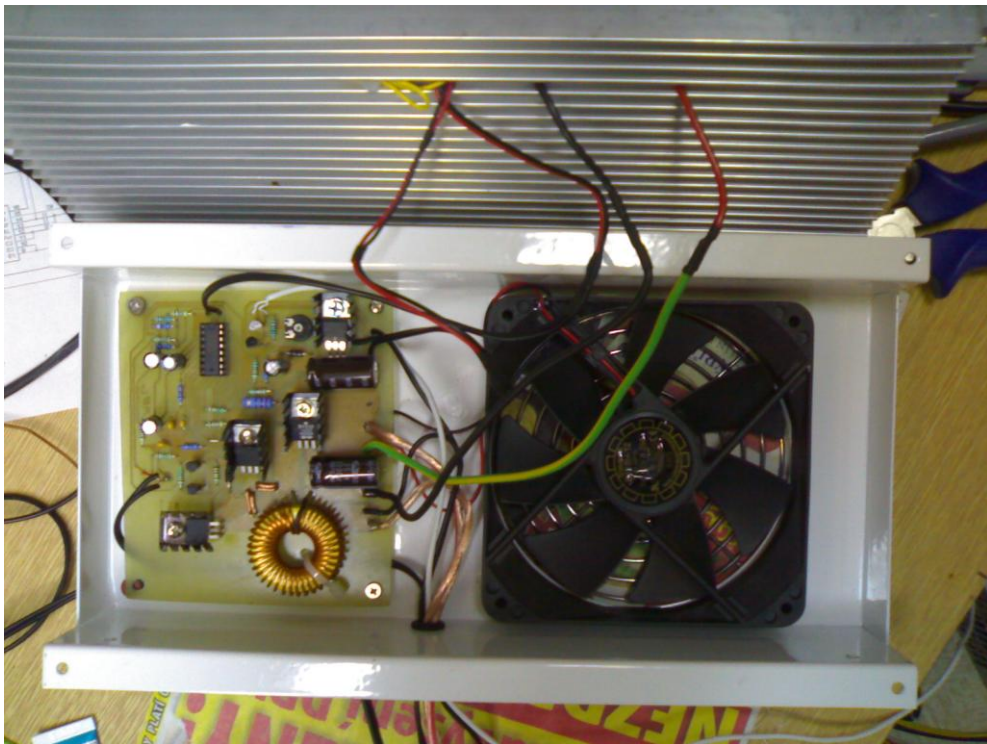
Mechanická část zařízení je tvořena izolovaným boxem, jehož rozměry jsou uvedeny v příloze. V zadní stěně boxu je vyříznut obdélníkový otvor pro termoelektrický agregát a vyvrtán otvor pro teplotní sondu teploměru. Vnitřní strana boxu je vyrobena z lisovaného hliníkového plechu, který byl vybroušen a natřen bílou barvou vhodnou pro styk s potravinami. Dno je zhotoveno z polykarbonátu. Všechny spáry jsou zatěsněny sanitárním silikonem. Box je tedy kromě elektronických částí omyvatelný.

2) Agregát :

Termoelektrický agregát je osazen Peltierovým článkem AL-077. Článek je na vnější straně přímo připevněn k chladiči, na straně vnitřní je chladič připevněn přes hliníkový kvádr. Dobré tepelné spojení je jištěno keramickou teplovodivou pastou, která zároveň slouží jako elektrický izolant. Za vnitřním chladičem se dále nachází ventilátor a teplotní sonda. Na straně vnější je chladič zabezpečen kovovým krytem a chlazen ventilátorem krytým kovovou mřížkou. Do krytu byl vmontován také PWM regulátor. Všechny rozměry jsou uvedeny v příloze.



Obr.5. Termoelektrický agregát

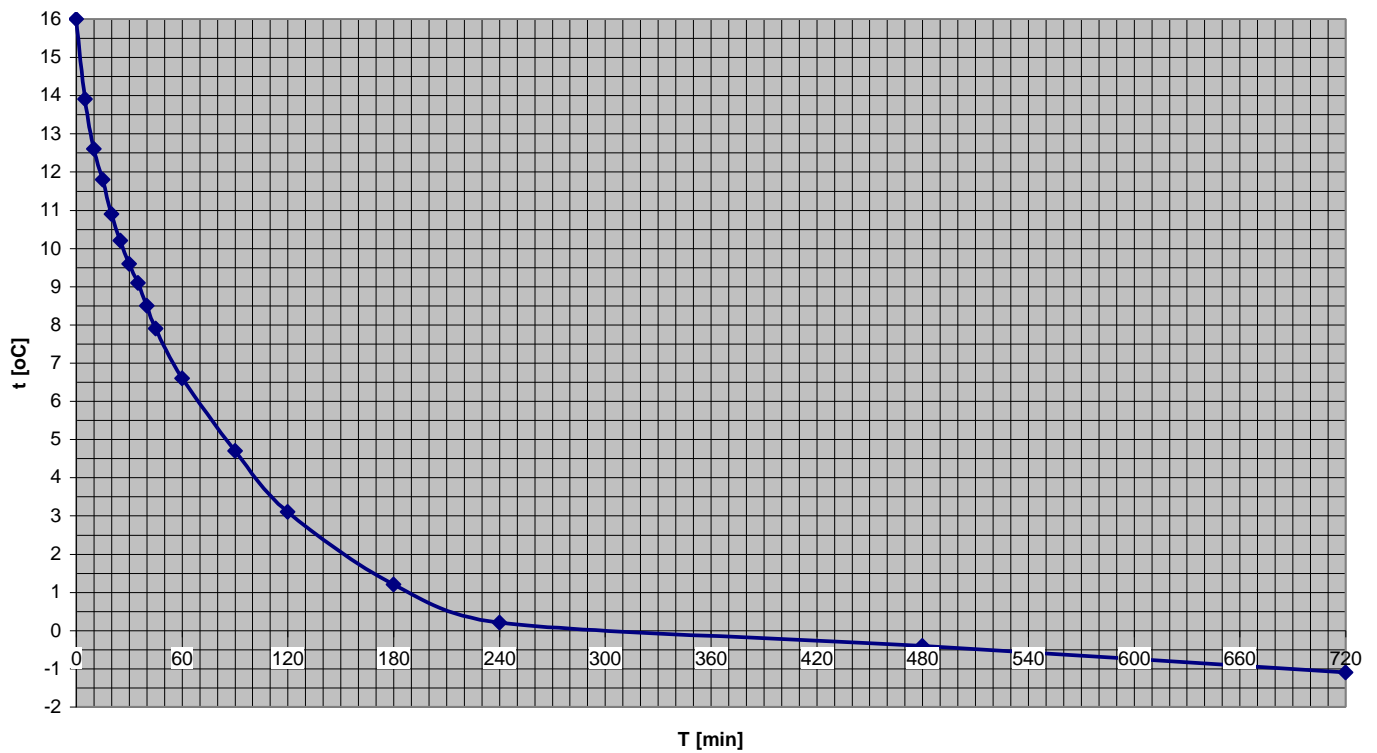


Obr.6. PWM regulátor

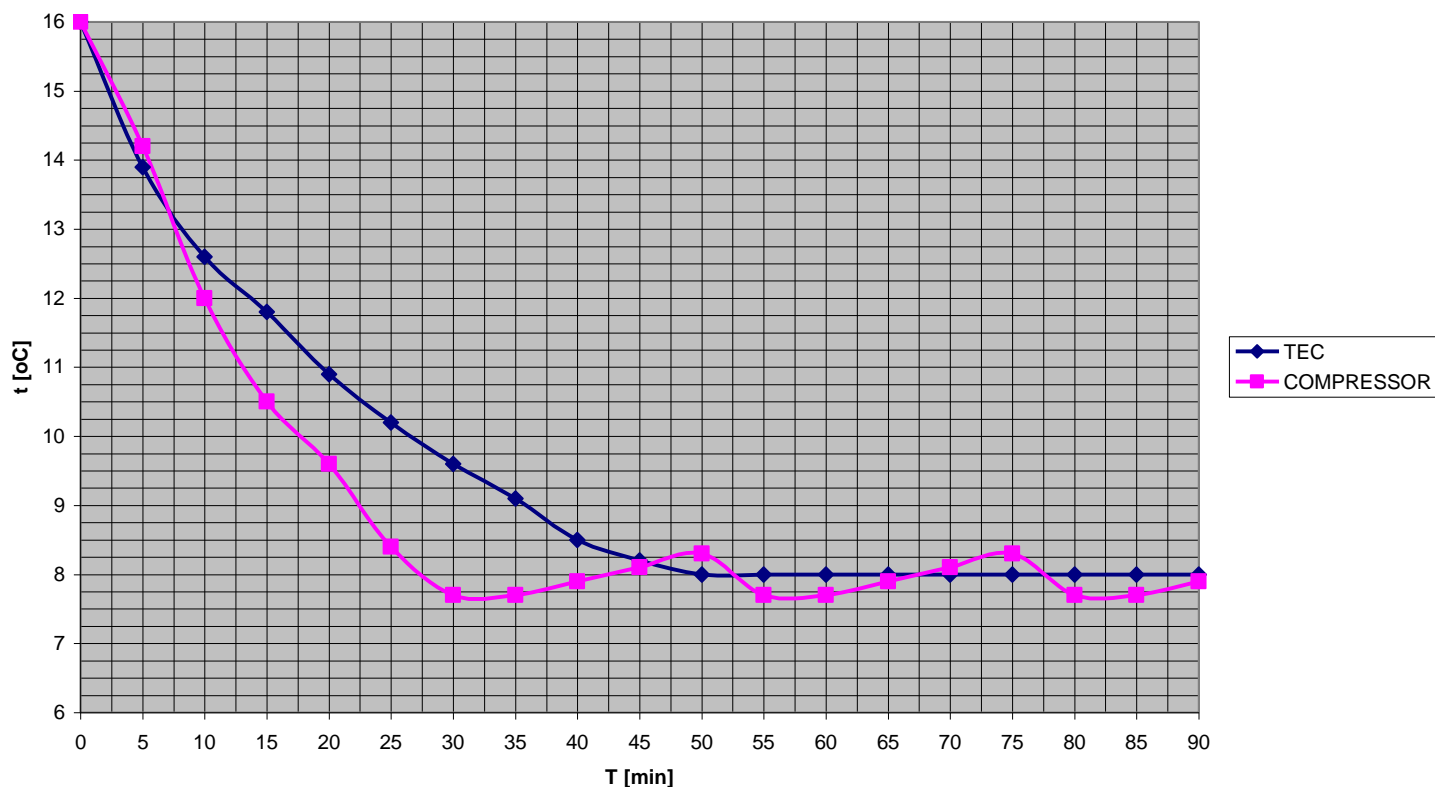


Obr.7. Měření vlastností termoelektrického boxu

Teplotní charakteristika zatíženého termoelektrického boxu



Thermoelectric vs. compressor cooling



Závěr:

Výsledkem konstrukce je termoelektrický box využívající Peltierova jevu k absorpci tepla uvnitř boxu. Zařízení lze využít pro chlazení různých druhů potravin, obzvláště vín, která jsou náchylná na způsoby skladování. Dále lze zařízení použít k chlazení biologických vzorků v laboratořích nebo pro podrobování vzorků teplotním cyklům. Díky absenci vibrací nedochází k nadměrné srážlivosti a usazování sedimentu ve zkoumaných vzorcích.

Chlazení Peltierovými moduly je díky jejich malým rozměrům a snadnému ovládní zajímavou alternativou konvenčních mechanických chladicích systémů v oblasti malých chladicích výkonů.