

Gymnázium Púchov
Ul. 1. mája 905, 020 15 Púchov

Stredoškolská odborná činnosť
č. odboru: 02 – Matematika, fyzika

Elektromagnetický levitátor

2012
Púchov

riešiteľ
Stanislav Ondruš
ročník štúdia: **tretí**

Gymnázium Púchov
Ul. 1. mája 905, 020 15 Púchov

Stredoškolská odborná činnosť
č. odboru: 02 – Matematika, fyzika

Elektromagnetický levitátor

2012
Púchov

riešiteľ
Stanislav Ondruš
ročník štúdia: **tretí**
konzultant
Mgr. Mária Pastorková

Čestné vyhlásenie

Čestne vyhlasujem, že prácu som vypracoval samostatne, za pomoci uvedených literárnych zdrojov a vlastných skúseností.

.....

Stanislav Ondruš

Púchov, 2012

Pod'akovanie:

Dovoľujem si touto cestou poďakovať konzultantke práce pani profesorke Mgr. Márii Pastorkovej za cenné rady pri tvorbe práce a Fakulte priemyselných technológií v Púchove za pomoc pri zabezpečení navinutia cievky a vyleptaní plošného spoja. Moja veľká vďaka patrí Jozefovi Boginovi za jeho trpezlivosť, užitočné rady a pomoc s osadením plošného spoja a tiež môjmu dedkovi za pomoc pri upevnení stojana levitátora.

Obsah

0	Úvod	5
1	Teoretické východiská	6
1.1	Levitácia	6
1.1.1	Druhy levitácie.....	6
1.2	Elektromagnet.....	7
1.3	Elektromagnetický levitátor	8
1.3.1	Elektromagnetický levitátor s využitím Hallovoho senzoru.....	8
1.3.2	Elektromagnetický levitátor s využitím optickej brány.....	9
2	Ciele práce	10
3	Materiál a metodika	11
4	Vlastná práca	12
4.1	Konštrukcia levitátora.....	12
4.1.1	Postup konštrukcie levitátora.....	12
4.1.2	Princíp funkcie levitátora.....	13
5	Zhodnotenie a závery práce	14
6	Zhrnutie	15
7	Resumé	16
	Zoznam použitých zdrojov	17
	Prílohy	

0 Úvod

Prácu na tému elektromagnetický levitátor sme sa rozhodli vypracovať preto, že jav levitácie pokladáme za veľmi zaujímavý a princíp funkcie tohto zariadenia na báze elektromagnetizmu je jednoduchý a medzi ľuďmi nie je veľmi známy, preto sme sa ho rozhodli aj vyrobiť.

Každý z nás v živote aspoň raz zažil pocit, ktorý možno nazvať: „Lietal od radosti“. O každom, kto tento pocit zažil, možno povedať, že levitoval, aj keď len na zlomok sekundy. Ak by sme tento stav radosti - eufórie vedeli udržať dlhšie, nepochybne by sme vedeli už dávno lietať.

Ale vráťme sa k vedecky podloženej levitácií založenej na elektromagnetickom jave, ktorej je venovaná predkladaná práca. Pochopením a ovládnutím elektromagnetizmu sa otvorili široké možnosti aplikácie tohto fyzikálneho javu. Za najvýznamnejšiu aplikáciu považujeme unikátnu konštrukciu vlakov Maglev (skratka z magnetická levitácia). Je to najmodernejší a najrýchlejší druh koľajovej dopravy s najdrahšou traťou a najlacnejšou prevádzkou. Vlak sa pohybuje na vankúši magnetického poľa, ktoré je vytvárané sústavou supravodivých magnetov, zabudovaných v trati i vo vlaku. Tento vlak má namiesto kolies špeciálny systém elektromagnetov, vďaka ktorým sa vlak pohybuje asi 1,2 cm nad koľajnicami, s takmer nulovou trecou silou. Technológia aplikácie elektromagnetickej levitácie je stále vo vývoji a nedá sa predpokladať, v akých oblastiach sa v budúcnosti ešte uplatní.

Hlavným cieľom práce bola praktická konštrukcia funkčného elektromagnetického levitátora, pracujúceho s využitím optickej brány, ktorý môže slúžiť ako učebná pomôcka na hodinách Fyziky, pre ľahšie pochopenie princípu vzniku elektromagnetického javu a možnosti jeho využitia na levitáciu rôznych kovových predmetov. Účelom práce je tiež oboznámiť čitateľov so zaujímavým javom levitácie a rôznymi druhmi levitátorov, ako aj s princípom vzniku elektromagnetického javu a možnosťami jeho využitia.

Pracovali sme za pomoci webovej stránky, na ktorej je popísaná výroba a parametre súčiastok pre daný levitátor, vlastných skúseností a domáceho vybavenia.

1 Teoretické východiská

1.1 Levitácia

Levitácia opisuje jav, pri ktorom sa teleso vznáša (levituje). Tým prekonáva zemskú gravitáciu.¹⁾

1.1.1 Druhy levitácie:

Vedecky nepodložená levitácia: Údajné vznášanie sa ľudí (svätcov, psychicky nadaných ľudí...) iba silou mysle a sústredenia. Rovnako sa hovorí aj o pohybovaní predmetov pomocou ľudskej vôle. Tento spôsob levitácie nebol nikdy vedecky dokázaný.

Vedecky podložená levitácia: Vedecky dokázaná levitácia predmetov. Jedná sa o vznášanie kovových predmetov za použitia magnetov alebo elektromagnetov. Medzi tieto druhy levitácie patrí napr. levitácia magnetických vlakov Maglev alebo Meissnerov efekt)²⁾. Jeho základom je diamagnetizmus supravodivých látok, ktoré dokážu vytvoriť magnetické pole, keď sú schladené pod cca. $-185\text{ }^{\circ}\text{C}$. To umožňuje levitáciu magnetu nad supravodičom, alebo naopak (Obr. 1).



Obrázok 1 Meissnerov efekt

¹⁾ Levitácia. [online] Publikované 12.11.2008. [citované 17.2.2012]

Dostupné z <<http://sk.wikipedia.org/wiki/Levitácia>>

²⁾ DOBRIK, A., *Meissnerov efekt*. [online] Publikované 28.10.2011. [citované 17.2.2012]

Dostupné z <<http://www.techportal.sk/ine/306-meissnerov-efekt-v-praxi>>

1.2 Elektromagnet

Elektromagnet je v podstate cievka s určitým počtom závitov okolo jadra z magneticky mäkkej ocele, používaná na vytvorenie dočasného magnetického poľa.)³ Využíva pri tom jav, zvaný elektromagnetizmus. Pri pretekaní prúdu vodičom vzniká v jeho okolí magnetické pole, ktoré pôsobí na feromagnetické materiály silou, ktorá je úmerná prúdu tečúcemu vodičom (Obr. 2).)⁴



Obrázok 2 Elektromagnet

V technickej praxi sa používa elektromagnet na upevňovanie kovových predmetov (Obr. 3) (napr. pri obrábaní kovov, alebo ako kotva žeriavu), súčasť transformátorov, relé, no dá sa použiť aj v elektromagnetickom levitátore.



Obrázok 3 Elektromagnet na skládke

³ ZÁMEČNÍK, J., 1988: *Prehľad stredoškolskej fyziky*. Bratislava: ALFA., 1988, str. 302

⁴ *Elektromagnet*. [online] Publikované 28.01.2012. [citované 17.2.2012]
Dostupné z <<http://sk.wikipedia.org/wiki/Elektromagnet>>

1.3 Elektromagnetický levitátor

Pojmom levitátor označujeme zariadenie, ktoré dokáže spôsobiť vznášanie - levitáciu nejakého predmetu. Najčastejším typom levitátorov sú elektromagnetické levitátory.

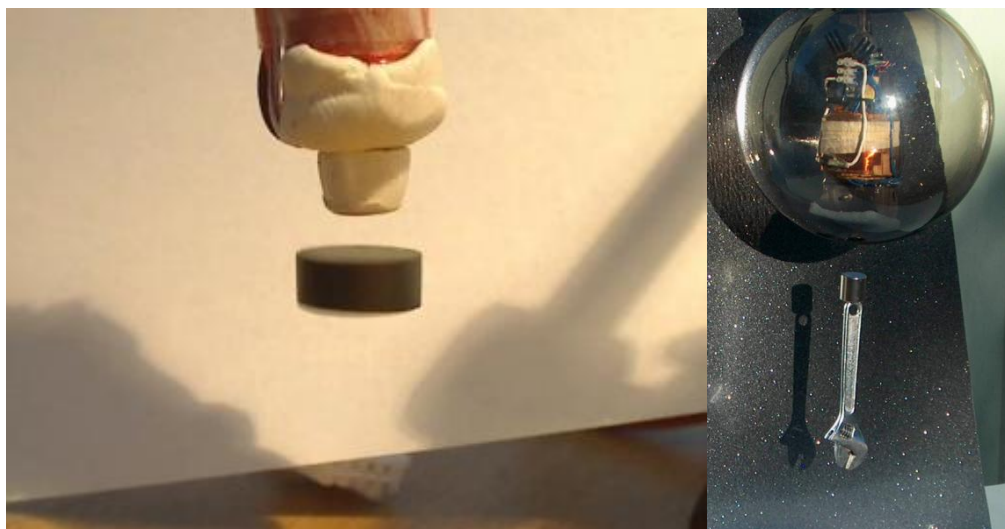
Elektromagnetické levitátory zabezpečujú levitáciu vďaka regulovanému elektromagnetickému poľu, ktoré pôsobí na kovový predmet a udržuje ho v stave vznášania - levitácie.

1.3.1 Elektromagnetický levitátor s využitím Hallovho senzora

Hallov senzor je typ snímača, ktorý mení svoje výstupné napätie v závislosti na magnetickom poli, ktoré naň pôsobí. Dokážeme teda vďaka nemu zmerať relatívnu vzdialenosť telesa, ktoré vyžaruje magnetické pole.

Srdce tohto levitátora tvorí cievka, ktorá reguluje frekvenciu zapínania a vypínania prívodu prúdu do cievky pomocou tohto snímača. Čím je teleso bližšie ku cievke, tým má cievka menšie magnetické pole a keď sa objekt vzdáľuje, intenzita magnetického poľa vyžarujúceho z cievky rastie.

Výhodou týchto levitátorov (Obr. 4) je, že Hallov senzor je pripevnený pod cievkou, takže spolu s cievkou tvorí samostatnú a jedinú časť potrebnú na levitáciu, ak počítame s tým, že riadiace obvody levitátora budú ukryté. Výsledný efekt je omnoho zaujímavejší, ak objekt levituje pod cievkou a priestor okolo neho je otvorený zo všetkých strán. Nevýhodou je, že levitujúcim predmetom môže byť len permanentný magnet.



Obrázok 4 Elektromagnetický levitátor s Hallovým senzorom

1.3.2 Elektromagnetický levitátor s využitím optickej brány

Princíp tohto levitátora)⁵ je založený na optickej regulácii elektromagnetu (proporcionálna regulácia). Čím je kovový predmet ďalej od magnetu, tým je intenzita elektromagnetického poľa elektromagnetu väčšia a čím je kovový predmet k elektromagnetu bližšie, tým je sila elektromagnetu menšia.

Na detekciu vzdialenosti predmetu od cievky sa používa optická brána, ktorá pozostáva z vysielačej časti, tvorenej ľubovoľným vysielateľom elektromagnetického žiarenia danej vlnovej dĺžky a prijímača, schopného zaznamenávať danú vlnovú dĺžku vysielaného žiarenia. Podmienkou funkčnosti zariadenia je možnosť prerušenia tohto žiarenia vložением kovového predmetu medzi prijímač a vysielateľ. Ako zdroj vysielaného žiarenia môže byť použitý laser, LED dióda alebo iný zdroj žiarenia. Prijímacia časť pozostáva zväčša z fotodiódy alebo fototranzistora. Najčastejšie sa používa infračervené spektrum žiarenia, lebo diódy emitujúce viditeľné spektrum by osvetľovali levitujúci predmet viditeľným svetlom, čo by mohlo pôsobiť rušivo na pozorovateľa.



Obrázok 5 Levitátor s využitím optickej brány

⁵ Miracle, *Levitátor s použitím optickej brány*, [online] Publikované 13.04.2008. [citované 17.2.2012] Dostupné z <<http://miracle.wz.cz/levitator/levitator.htm>>

2 Ciele práce

Hlavným cieľom predkladanej práce bola praktická konštrukcia funkčného elektromagnetického levitátora, pracujúceho s využitím optickej brány. Zhotovený levitátor môže slúžiť ako učebná pomôcka na hodinách fyziky, pre ľahšie pochopenie princípu vzniku elektromagnetického javu a možnosti jeho využitia na levitáciu rôznych kovových predmetov.

Na splnenie hlavného cieľa boli stanovené nasledovné čiastkové ciele práce:

- Štúdium odbornej literatúry a internetových zdrojov venovaných problematike elektromagnetizmu a elektromagnetickej levitácie.
- Popis princípu elektromagnetického javu a možností praktického využitia.
- Charakteristika druhov levitátorov a princíp ich práce.
- Výber elektromagnetického levitátora s využitím optickej brány na vlastnú konštrukciu.
- Kompletizovanie jednotlivých častí levitátora: navinutie cievky, nákup súčiastok na riadiaci obvod a optickú bránu, vyleptanie plošného spoja, výber materiálu na stojan levitátora.
- Vlastná konštrukcia a doladenie levitátora s priebežným vyhotovovaním fotodokumentácie.
- Odkúšanie funkčnosti zhotoveného elektromagnetického levitátora.
- Zhodnotenie a závery práce.

3 Materiál a metodika

Než sme sa pustili do tejto práce, dlhšie sme študovali informácie z rôznych zdrojov. Najviac nás inšpiroval Danyk, ktorého schému elektromagnetického levitátora s využitím optickej brány sme použili.

Ďalej uvádzame súčiastky a materiál, použité na konštrukciu levitátora.

Súčiastky na riadiaci obvod: operačný zosilňovač OZ 1458,
tranzistor MOSFET,
diódu BA159,
kondenzátor 1000u a 4u7,
odpory 180R, 4k7, 5k6 a 2x 22k

Súčiastky na optickú bránu: IR dióda
IR fotodióda
krytka IR fotodiódy zo starého pera

Ďalšie súčiastky: cievka (700z, r=8mm)
vodiče
dvojpolohový spínač
vyradený ATX zdroj z počítača

Materiál na stojan: krabička z hodínok
kruh z plexiskla
tyče zo žalúzií
štipce na variabilné uchytanie diód

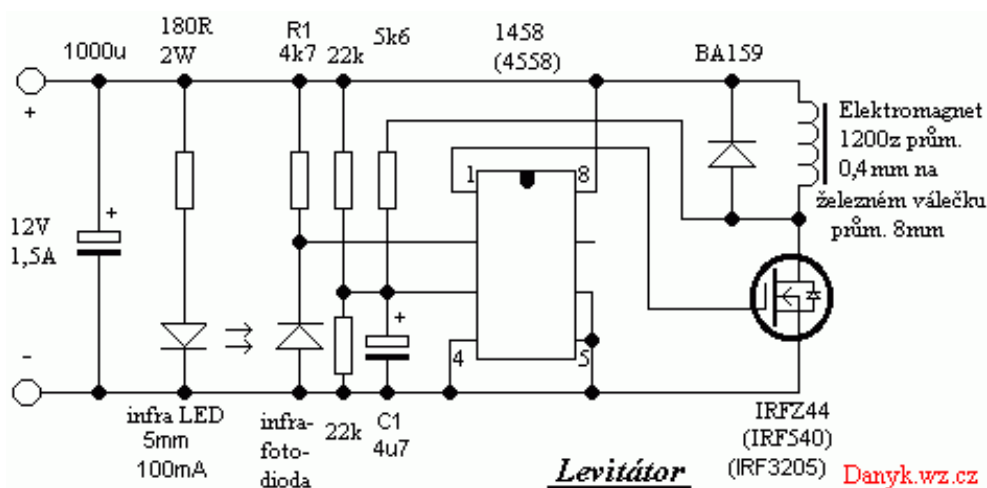
4 Vlastná práca

4.1 Konštrukcia levitátora

V tejto časti kapitole sa venujeme konštrukcií vlastného elektromagnetického levitátora, fungujúceho na princípe využitia optickej brány.

4.1.1 Postup konštrukcie levitátora

Zhotovený levitátor (Príloha A) sa skladá z cievky, obvodu, ktorý slúži ako elektronický regulátor výkonu elektromagnetu a ku nemu patriacej optickej brány. Obvod, ktorého schéma je na Obr. 6, je umiestnený na leptanom plošnom spoji, uloženom v krabičke na spodnej časti zariadenia, ktorá slúži tiež aj ako základňa levitátora. Na plošný spoj sme použili operačný zosilňovač OZ 1458, tranzistor MOSFET, diódu BA159, kondenzátor 1000u a 4u7, odpory 180R, 4k7, 5k6 a 2x 22k. Optická brána pozostáva z IR diódy a IR fotodiódy, ktorá musí byť skrytá pred denným svetlom, aby nedošlo k jej osvetleniu, a tým k znemožneniu presného určenia polohy levitujúceho predmetu. Cievka má okolo 700 závitov pri hrúbke drôtu 0,4mm na železnom jadre s priemerom 8 mm. Obvod je stavaný na 12V pri jednosmernom prúde cca. 1,5A (min). Ako zdroj sme použili ATX zdroj z vyradeného počítača.



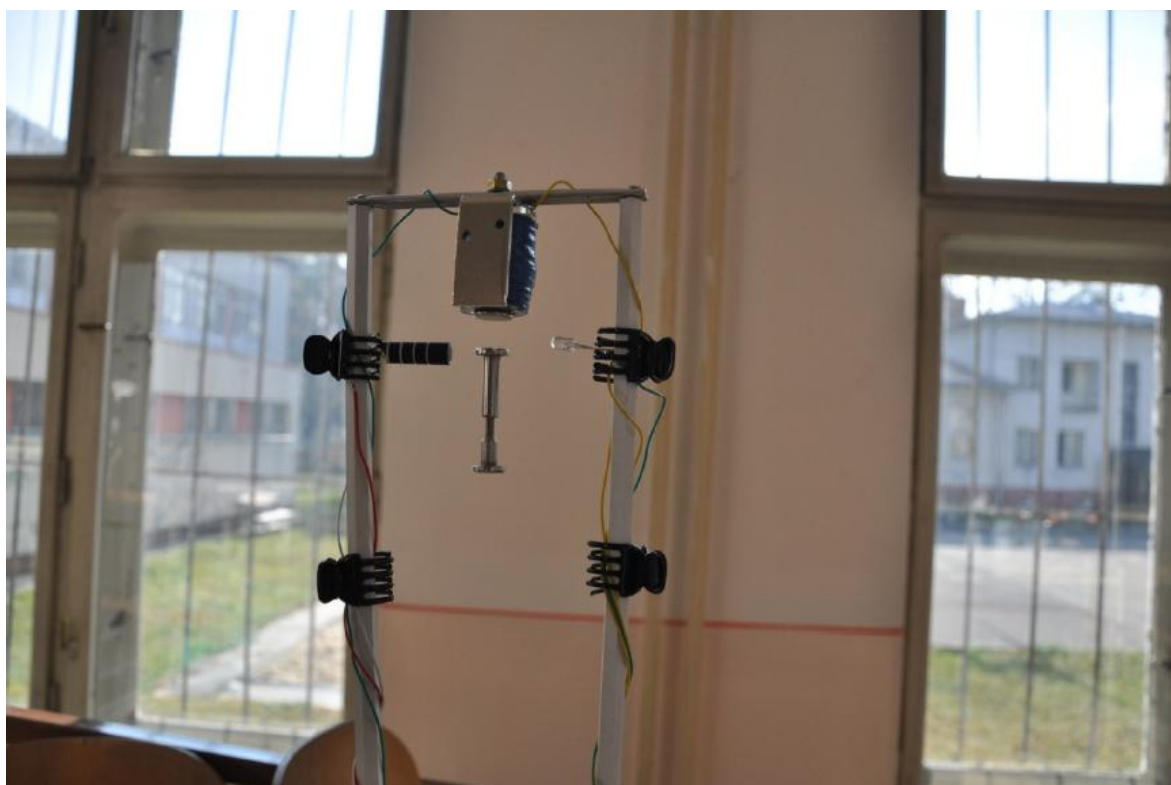
Obrázok 6 Schéma riadiaceho obvodu levitátora

Konštrukciu sme začali osadením vopred vyleptaného plošného spoja (Príloha B) a napojením vyrobenej cievky a optickej brány. Následne sme začali vyrábať stojan pre upevnenie všetkých častí levitátora. Ako podstavec sme použili vyrezanú kruhovú podstavu z plexiskla, na ktorú sme pripevnili kovovú krabičku, do ktorej sme umiestnili riadiaci obvod levitátora. Krabička pozostáva z dvoch častí, ktoré sú do seba zvislo

nasunuté a umožňujú ľahký prístup k obvodu a jeho prípadnú demontáž. Do krabičky sme vyvrtali diery na pripevnenie vypínača, napájanie, vývod káblov do cievky a diód a na pripevnenie dvoch nosných tyčiek, na ktorých je upevnená cievka a optická brána. Po osadení všetkých častí a dokončení levitátora, sme vyregulovali vzdialenosť IR diódy a IR fotodiódy od cievky tak, aby kovový predmet vložený do priestoru pod cievkou levitoval. Fotografia hotového levitátora s popisom tvorí Prílohu A.

4.2.2 Princíp funkcie levitátora

Srdcom tohto levitátora je operačný zosilňovač OZ 1458, ktorého výstup je privedený na MOSFET tranzistor IRFZ44, ktorý reguluje prúd na cievke elektromagnetu. Prúd na cievke je regulovaný optickou bránou, ktorá na základe prerušovania lúča žiarenia medzi IR diódou a IR fotodiódou, dokáže určiť vzdialenosť k elektromagnetu. Teda čím je kovový predmet od elektromagnetu ďalej, tým je intenzita elektromagnetu väčšia a čím je kovový predmet k elektromagnetu bližšie, tým je sila elektromagnetu menšia. Hodnota prúdu v cievke tým pádom osciluje na vysokej frekvencii a umožňuje držať predmet v polohe medzi padnutím a prichytením sa. Výsledným efektom je teda vznášanie sa predmetu – levitácia v priestore pod elektromagnetom (Obr. 7).



Obrázok 7 Levitátor v prevádzke

5 Zhodnotenie a závery práce

V predkladanej práci sme sa venovali zaujímavému javu elektromagnetickej levitácie a praktickej konštrukcii vlastného funkčného elektromagnetického levitátora, pracujúceho s využitím optickej brány. Teoretická časť práce vysvetľuje princíp elektromagnetického javu a elektromagnetickej levitácie, podrobne popisuje princíp vzniku elektromagnetizmu a charakterizuje známe typy elektromagnetov a spôsoby ich najčastejšieho využitia. V práci sme sa zamerali na informácie o rôznych druhoch levitátorov a príkladoch uplatnenia tohto vynálezu v praxi.

V praktickej časti predkladanej práce sme sa venovali podrobnému opisu výroby vlastného elektromagnetického levitátora pracujúceho na princípe využitia optickej brány. V tejto časti práce sme zdokumentovali princíp práce elektronického riadiaceho obvodu levitátora s jednotlivými elektronickými súčiastkami, použitými na jeho konštrukciu. V poslednej časti práce sme podrobne opísali postup práce pri výrobe a montáži konkrétnych častí levitátora s princípom fungovania zhotoveného zariadenia.

Na záver možno konštatovať, že stanovené ciele práce sme splnili. Podarilo sa nám skonštruovať funkčný elektromagnetický levitátor, pracujúci s využitím optickej brány, ktorý dokáže udržať kovové predmety v stave levitácie. Zhotovený elektromagnetický levitátor môže slúžiť ako učebná pomôcka na hodinách fyziky, pre ľahšie pochopenie princípu vzniku elektromagnetického javu a možnosti jeho využitia na levitáciu rôznych kovových predmetov. Elektromagnetický levitátor je zaujímavé zariadenie a veríme, že jeho princíp nadchne nejedného človeka.

6 Zhrnutie

Predkladaná práca je venovaná zaujímavému javu elektromagnetickej levitácie a praktickej konštrukcii vlastného funkčného elektromagnetického levitátora, pracujúceho s využitím optickej brány. Zhotovený elektromagnetický levitátor môže slúžiť ako učebná pomôcka na hodinách Fyziky, pre ľahšie pochopenie princípu vzniku elektromagnetického javu a možnosti jeho využitia na levitáciu rôznych kovových predmetov. Prvá časť práce pojednáva o elektromagnetickej levitácii ako fyzikálnom jave, založenom na elektromagnetizme. Podrobne popisuje princíp vzniku elektromagnetizmu a charakterizuje známe typy elektromagnetov a spôsoby ich najčastejšieho využitia. V práci sú ďalej obsiahnuté informácie o rôznych druhoch levitátorov a príkladoch uplatnenia tohto vynálezu v praxi. Praktická časť predkladanej práce je venovaná podrobnému opisu výroby vlastného elektromagnetického levitátora pracujúceho na princípe využitia optickej brány. V tejto časti práce je zdokumentovaný princíp práce elektronického riadiaceho obvodu levitátora s jednotlivými elektronickými súčiastkami, použitými na jeho konštrukciu. Podrobne je zdokumentovaný postup práce pri výrobe a montáži konkrétnych častí levitátora s opisom princípu fungovania zhotoveného zariadenia.

7 Résumé

This project work is devoted to the interesting effect of electromagnetic levitation and the practical construction of my own functional electromagnetic levitator, which works using optical gate system. This electromagnetic levitator can be used as teaching aid on Physics lesson for easier understanding the principle of electromagnetic effect and its use for levitation of some metal objects. The first section deals with electromagnetic levitation as a physical phenomenon, based on electromagnetism. Describes in detail the principle of electromagnetism generation and characterizes known types of electromagnets and ways of their the most frequent use. This work contains also information about various types of levitators and examples of using this invention in normal life. Practical part of this project work is devoted to the detailed description of production of my own electromagnetic levitator based on optical gate system. In this part of work there is also documented principle of work of levitator electronic circuit controller with the individual electronic components, which were used for its construction. In the project the process of work and assembly of levitator are also documented with the description of functionality of device.

Zoznam použitých zdrojov

1. *Levitácia*. [online] Publikované 12.11.2008. [citované 17.2.2012]
Dostupné z <<http://sk.wikipedia.org/wiki/Levitácia>>
2. DOBRIK, A., *Meissnerov efekt*. [online] Publikované 28.10.2011. [citované 17.2.2012]
Dostupné z <<http://www.techportal.sk/ine/306-meissnerov-efekt-v-praxi>>
3. *Elektromagnet*. [online] Publikované 28.01.2012. [citované 17.2.2012]
Dostupné z <<http://sk.wikipedia.org/wiki/Elektromagnet>>
4. ZÁMEČNÍK, J., 1988: *Prehľad stredoškolskej fyziky*. Bratislava: ALFA., 1988, str. 302
5. Miracle, *Levitátor s použitím optickej brány*, [online] Publikované 13.04.2008.
[citované 17.2.2012]
Dostupné z <<http://miracle.wz.cz/levitator/levitator.htm>>

Obrázok 1

Dostupné z WWW: <http://www.tragnark.com/images/quantum_levitation.jpg>.

Obrázok 2

Dostupné z WWW: <<http://www.cosmicteaparty.org/files/magnet1.jpg>>.

Obrázok 3

Dostupné z WWW: <<http://www.dicamit.it/images/heavydutyliftingmagnet.jpg>>.

Obrázok 4

Dostupné z WWW: <http://cr4.globalspec.com/PostImages/200902/Maglev_II_B3AAB096-E785-9FE4-4847026CF245EDE3.jpg>

<<http://tesladownder.com/Maglevspanner.jpg>>.

Obrázok 5

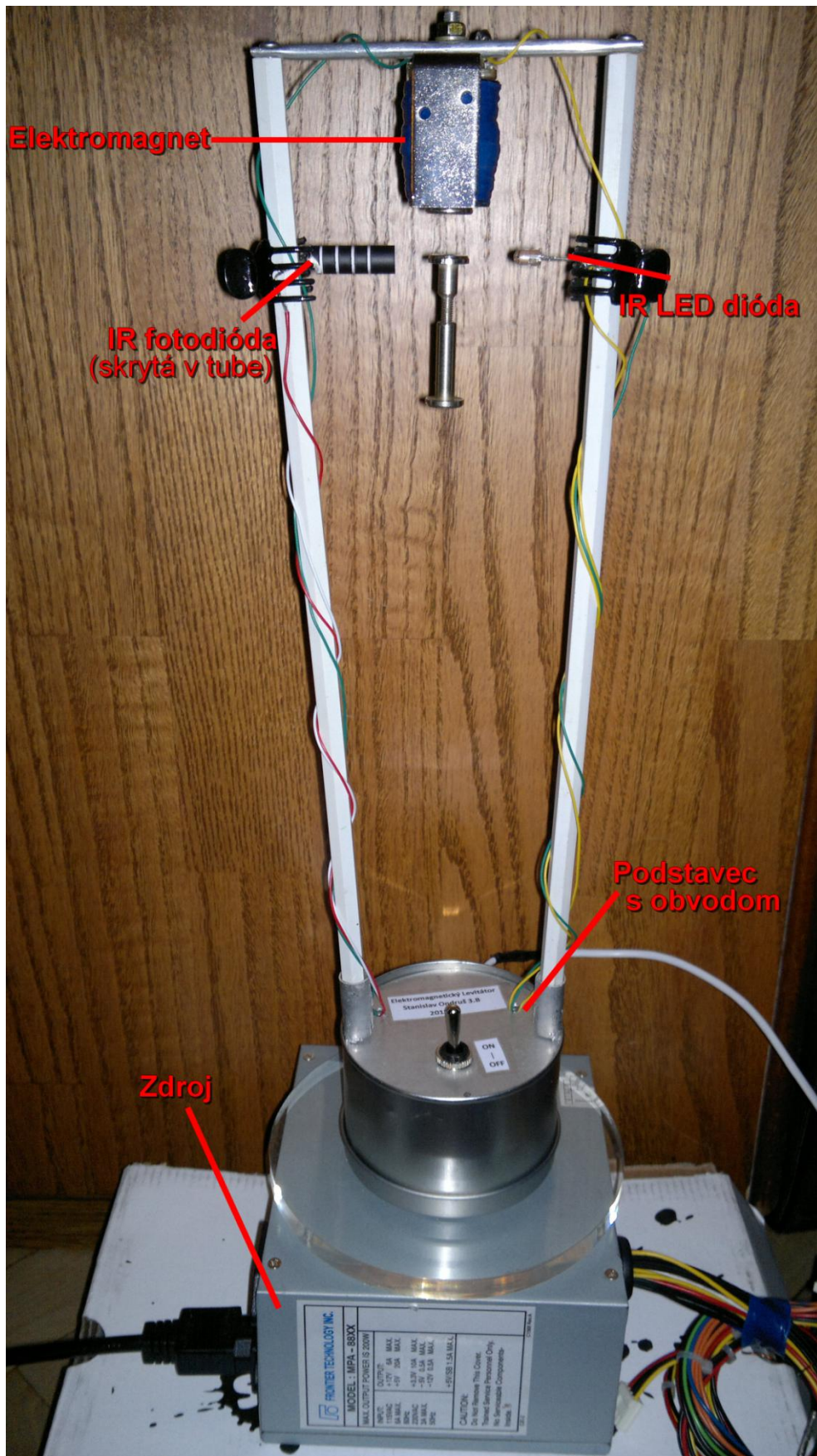
Dostupné z WWW: <<http://miracle.wz.cz/levitator/levit001.jpg>>.

Obrázok 6

Dostupné z WWW: <<http://danyk.wz.cz/levit.gif>>.

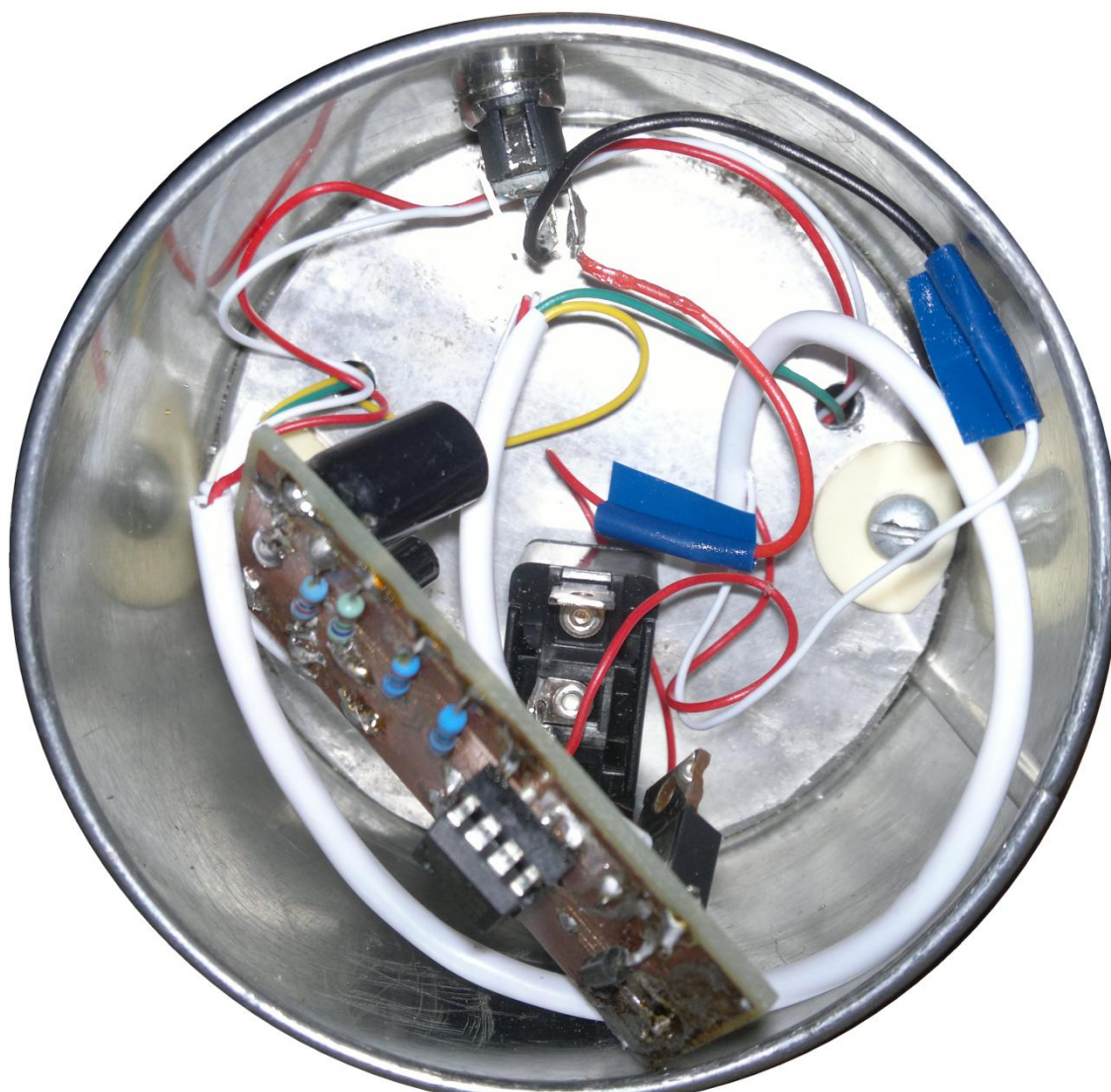
PRÍLOHY

Príloha A



Zhotovený levitátor s popisom častí

Príloha B



Pohľad na riadiaci obvod - plošný spoj levitátora