

Obrazovka monitoru PC jako nástroj pro demonstraci pohybu elektronů v magnetickém poli

PETER ŽILAVÝ

Katedra didaktiky fyziky MFF UK Praha

Príspevek popisuje použití obrazovky z vyřazeného monitoru PC pro názornou demonstraci pohybu elektronů v magnetickém poli. Je zde uveden postup mechanické úpravy levného CRT monitoru Hyundai i způsob napájení obrazovky pomocí jediného 6 V školního NiFe akumulátoru a Ruhmkorffova induktoru.

Úvod

V současné době dochází k masivnímu nahrazování klasických CRT počítačových monitorů modernějšími plochými monitory. Staré (avšak často dobře funkční) přístroje tak končí v likvidaci bez naděje na další využití. Přitom pouze poměrně jednoduchou úpravou lze z těchto monitorů získat názornou učební pomůcku pro demonstraci magnetické (Lorentzovy) síly působící na pohybující se nabitě částice.

V literatuře (např. [1]) je popsána celá řada pokusů s magnety a televizní obrazovkou. Tyto pokusy ale většinou využívají existující obraz funkční televize či monitoru PC a zaměřují se pouze na jeho deformaci po přiblížení magnetu k přední části obrazovky. Interpretace výsledků (směr magnetické síly) je však složitá (různý směr svazku elektronů, přibližování magnetu z nevhodného směru). Většinou se zde spokojíme jen s tvrzením, že magnetické pole ovlivňuje pohyb nabitých částic.

Pro názornou demonstraci magnetické síly působící na nabitě částice (demonstraci Flemingova pravidla levé ruky, vzorečku pro Lorentzovu sílu) potřebujeme proud nabitých částic v definovaném směru a možnost přiblížení magnetu kolmo k tomuto směru. Potřebujeme tedy nevychylovaný svazek elektronů a možnost přístupu s magnetem kolmo ke krku obrazovky. Obojí získáme dále popsanou mechanickou úpravou monitoru.

Důležitou úlohou je vyřešení bezpečného napájení obrazovky. Většinu experimentátorů odradí komplikované obvody napájení obrazovky a potřeba vysokého napětí. Jelikož ale pro demonstraci nepožadujeme ideálně zaostřený elektronový svazek (naopak, stopa na stínítku obrazovky by měla být dostatečně velká a i z dálky viditelná – v průměru jeden až dva centimetry), lze napájení obrazovky velmi výrazně zjednodušit. Místo transformátoru s vn násobičem, který v monitoru poskytuje vysoké napětí pro obrazovku, můžeme použít Ruhmkorffův induktor běžně používaný ve škole například při pokusech s výboji v plynech. Obejdeme se tedy bez veškeré elektroniky monitoru (lze ji úplně odebrat) i bez nebezpečného napětí elektrické sítě.

Mechanická úprava monitoru

Účelem následující úpravy monitoru je získat pouze jeho obrazovku (s patičí) mechanicky umístěnou v držáku – spodní části skříně monitoru. V případě námi použitého levného monitoru Hyundai je postup následující.

Po odebrání plastových krytek v přední části monitoru a následně i vrchního krytu přístroje (postačí k tomu plochý šroubovák) odpojíme (bez použití nástrojů) veškeré vodiče a kabely spojující vychylovací systém a obrazovku se zbytkem monitoru. Malý plošný spoj s patičí opatrným tahem také odpojíme od obrazovky. Poté opatrně uchopíme oběma rukama obrazovku v její přední části (nikdy ne za krk obrazovky!), vyzvedneme ji z krytu a čelním sklem ji položíme na předem připravenou měkkou podložku (obr. 2). Ze spodní plastové části monitoru odstraníme veškerou elektroniku (je potřeba uvolnit pouze několik šroubků křížovým šroubovákem). Z ní vyzískáme ještě silný vn kabel vedoucí k boku (anodě) obrazovky (ustříháme jej od vn násobiče). Můžeme také pomocí nůžek na plech a odlamovacího nože vytvořit v krytu výřezy pro snadné přibližování magnetu z boku ke krku obrazovky (obr. 1).



Obr. 1. Upravený monitor bez elektroniky a vychylovacího systému

Vychylovací systém je nasunutý na krku obrazovky a zajištěný dvěma kovovými stahovacími pásky. Pro jeho sundání nejdříve povolíme křížovým šroubovákem šroubky těchto pásek a sundáme je. Poté nožem opatrně oddělíme kousky plastického lepidla u skla obrazovky a odlepíme plastové lamely původně přitlačené ke sklu stahovacími pásky. Uvolněný vychylovací systém stáhneme z krku obrazovky. Rozpouštědlem nebo opatrně mechanicky odstraníme zbytky lepidla z krku obrazovky.

Upozornění: Při manipulaci s obrazovkou (přenášení, odebrání vychylovacího systému) dbejte zvýšené opatrnosti a použijte ochranný štít na obličej. Uvnitř obrazovky je vakuum, při poškození skla, nárazu či namáhání krku obrazovky hrozí imploze s následným rozletem skla do okolí.

Posledním krokem je získání patice pro obrazovku z malého plošného spoje, na kterém byla původně umístěna. Místo náročného současného nahřívání mnoha pinů této patice na desce plošného spoje je výhodnější pomocí měděného vodiče spleteného

z mnoha drátků (licny) odsát pájku z každého pinu a patici pak už jen lehce prsty vytáhnout. Odizolovaný měděný vodič nejdříve páječkou nahřejeme, vložíme do kalafuny a poté přiložíme na místo, kde je potřeba pájku odsát. Po nahřátí páječkou se roztavená pájka nasaje do licny podobně jako voda do houbičky na mytí nádobí. Po odsátí pájky ze všech pinů patice a jejich uvolnění v dírách plošného spoje patici lehce vytáhneme. Následně provedeme propojení dle následujícího popisu.



Obr. 2. Obrazovka bez vychylovacího systému

Je možno (ale je to méně názorné a méně „elegantní“) ponechat na patici plošný spoj a provést připojení přímo na něj.

Napájení obrazovky

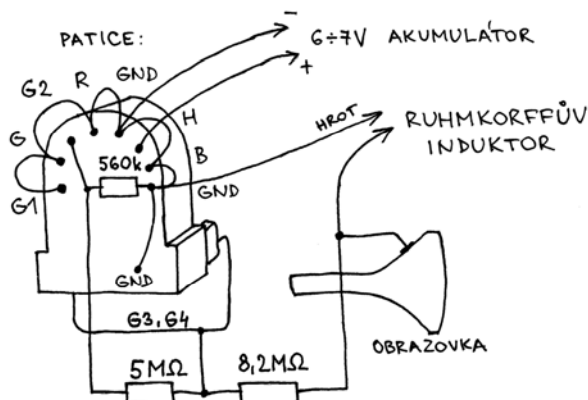
Označení jednotlivých vývodů patice obrazovky je obvykle naznačeno (natištěno) na plošném spoji. Při pohledu na patici ze strany vývodů (plošného spoje) mají piny následující význam (postup zleva doprava – viz obr. 3):

G1: první mřížka (Wehneltův válec), G: katoda systému zelené barvy, G2: druhá (urychlovací) mřížka, R: katoda systému červené barvy, GND: zem, společný vodič, H: žhavení katod (vlákno zapojeno proti GND), B: katoda systému modré barvy, GND: zem, společný vodič.

Ve spodní části patice je ještě jeden pin – GND. Ze strany patice směrem k obrazovce jsou dvě dutinky – vývody fokusačních mřížek G3 a G4. Vodiče lze z těchto dutinek vysunout a zasunout po silnějším zatlačení na „tlačítka“ v jejich blízkosti.

Pro naše použití nejdříve pospojujeme holým vodičem vývody G1, G, R, GND, B, GND, GND dohromady. Poté zapojíme rezistor $560\text{ k}\Omega$ mezi G2 a GND (viz obr. 3 a 4 vlevo). Následně spojíme obě dutinky G3 a G4 na obrácené straně patice vodičem a mezi něj a G2 připojíme rezistor $5\text{ M}\Omega$ (viz obr. 3). Pak ještě (s využitím původního vn vodiče připojíme mezi G3, G4 a anodu obrazovky rezistor $8,2\text{ M}\Omega$ (viz obr. 2, 3 a 4 vpravo). Přesná hodnota odporů není kritická, zmenšením odporu $560\text{ k}\Omega$ na $100\text{ k}\Omega$ lze např. dosáhnout zmenšení průměru stopy na stínítku obrazovky. Je však

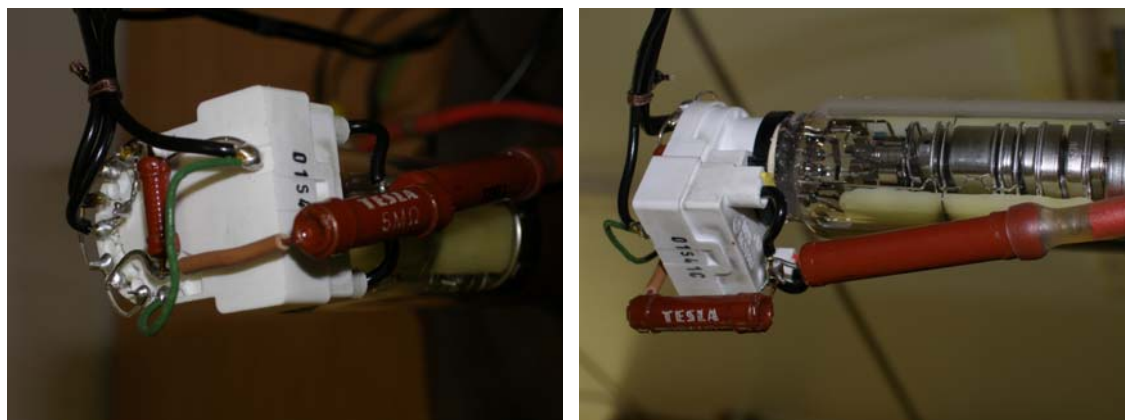
nutné použít delších rezistorů (vyhoví staré „šuplíkové“ zásoby), aby nedošlo k průrazu mezi jejich vývody.



Obr. 3. Napájení obrazovky

Následně k vývodům H a GND na patici připájíme dvojici vodičů pro připojení akumulátoru (žhavení – 5 článků školního NiFe akumulátoru, ze kterého budeme současně napájet i Ruhmkorffův induktor). K vývodu GND připájíme vodič pro připojení k výstupu induktoru (hrot). K vn vodiči připájíme ještě přívod k induktoru (deska) – viz obr. 2.

Veškeré pájení provádíme na patici sundané z obrazovky!



Obr. 4. Detail připojení rezistorů a vodičů k patici obrazovky

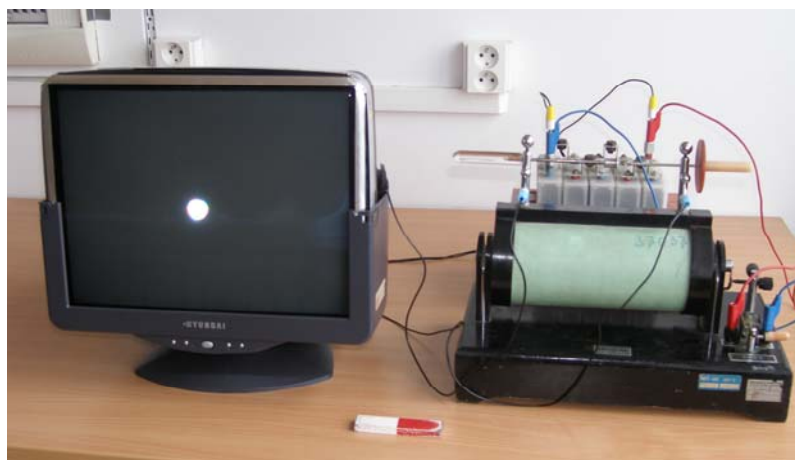
Po provedení všech úprav ještě monitor označíme výrazným nápisem, že není určen pro standardní použití, ale pouze k demonstraci vychylování elektronů v magnetickém poli.

Vychylování elektronů v magnetickém poli

Před začátkem pokusu připojíme Ruhmkorffův induktor i vodiče žhavení obrazovky ke školnímu NiFe akumulátoru. Zbylé dva vodiče (od anody obrazovky a GND) při-

pojíme k výstupu induktoru. Otočením vypínače zapneme induktor a pozorujeme světelnou stopu uprostřed stínítka obrazovky. Pokud se stopa neobjeví, zkusíme otočit vypínačem na induktoru na druhou stranu, resp. zaměnit mezi sebou vodiče vedoucí k výstupu induktoru.

Pro demonstraci vychylování elektronů v magnetickém poli jednoduše přiblížíme nejdříve **severní** pól standardního školního tyčového magnetu **shora** k rovné části krku obrazovky. V souladu s Flemingovým pravidlem levé ruky (proud teče zepředu dozadu obrazovky) se elektrony a tedy i světelná stopa vychýlí **vlevo**. Následně pokus zopakujeme s opačným pólem magnetu, či s přibližováním magnetu z vodorovného směru.



Obr. 5. Světelná stopa na stínítku obrazovky, uspořádání experimentu

Po ukončení experimentu je vhodné spodní část skříně monitoru s obrazovkou opět zakrýt původním vrchním krytem (přívodní vodiče schováme dovnitř) – obrazovka je tak zajištěna proti poškození při přenášení či skladování.

Literatura

[1] Polák Z.: *Hrátky s magnetismem*. Svět energie, ČEZ a.s., Praha, 2007