

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Přírodovědecká fakulta

Bakalářská práce

Elektronky a jejich využití v současné elektronice

Petr Konzal

školitel: Ing. Michal Šerý, Ph.D.

České Budějovice 2020

Bibliografické údaje

Autor, *Konzal Petr.*) 2019: Název práce. Elektronky a jejich využití v současné elektronice

[Anglický název. Tubes and their use in contemporary electronics

Bc.. Thesis, in Czech.] – 68 p., Faculty of Science, The University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Anotace

Historie elektronek. Popsané základní typy elektronek a jejich vlastnosti. Na dvou praktických příkladech ukázány možnosti použití elektronek. První ukázkou je fantastronový laditelný oscilátor s pentodou. Druhou ukázkou je elektronkový monitor s elektrostaticky vychylovanou obrazovkou, ke kterému lze připojit počítač smartphone, nebo set top box.

Annotation

History of tubes. Described basic types of tubes and their properties. The possibilities of using vacuum tubes are shown on two practical examples. The first example is a fantastron tunable oscillator with a pentode. The second example is a tube monitor with an electrostatically deflected screen, to which a smartphone or set top box can be connected.

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum (15. 5.2020)

Podpis

Obsah

Obsah	4
Úvod.....	5
Cíle práce	5
Elektronky.....	6
Konstrukce elektronky:	6
Konstruční problémy a vady elektronek	6
Základní typy elektronek:	8
Dioda.....	8
Trioda	12
Tetroda	14
Pentoda.....	15
Hexoda	16
Heptoda	17
Oktoda.....	17
Obrazovka	19
Snímací elektronky:	24
Elektronické indikátory.....	25
Vývoj značení elektronek.....	27
Mimo Evropská značení elektronek.....	28
Německé staré značení elektronek:	28
Sjednocené evropské značení.....	29
Vhodné užití novalových dvojitých triod:	34
Přístroj na měření elektronek Tesla BM 215 a BM 215 A	34
Postup při měření elektronky:	36
Měření statických parametrů elektronky.....	37
Porovnání elektronek s polovodiči.....	40
Elektronkový oscilátor	41
Popis funkce oscilátoru	42
Oscilátor fantastron	43
Měření na elektronkovém oscilátoru.....	44
Elektronkový monitor	48
Konstrukce monitoru.....	48
Popis zapojení	51
Proces oživování	53
Stavba nízkofrekvenčního zesilovače.	58
Konstrukce skříně monitoru.....	59
Osazování skříně.....	60
Monitor.....	62
Závěr	65
Citace:	66
Seznam obrázků	67

Úvod

Elektronky se dnes v některých zapojeních vrací a v některých stále přetrvávají. Dříve se používali ve všech zapojeních. Ať analogových, nebo digitálních. V každé domácnosti jich byly i desítky. V sedmdesátých letech byly nahrazeny polovodiči i poslední osazované do koncových stupňů komerčních přijímačů. V domácnostech po obnově těchto aparátů zůstala jen televizní obrazovka. Mezi speciální elektronky patří i magnetron, který se v každé domácnosti v současnosti vykytuje. Tato práce se nezabývá speciálními elektronkami, ale uvádí základní principy a vlastnosti. Informace o elektronkách již v polovině osmdesátých let 20. století vypadly i z učebních osnov elektrikářů. V současných učebnicích je o nich jen malá zmínka. Důsledkem toho je, že zařízením postavených na elektronkách mladší elektrikáři již nerozumí.

Cíle práce

Zpřístupnit problematiku elektronek současnému zájemci a na poněkud netradiční konstrukci analogového monitoru ukázat popisované vlastnosti.

Elektronky

Konstrukce elektronky:

Elektronka je složena ze skleněné nebo kovové baňky. Ta má na spodku kontakty, ke kterým jsou uvnitř připojeny vývody elektrod. Elektrody jsou katoda, anoda a u složitějších elektronek než je dioda i mřížky. V elektronce vzniká teplo nejen na žhavicím vlákně, ale také na anodě, která je zahřívána dopadajícími elektrony.

Popis jednotlivých částí:

Katoda je velmi důležitou částí elektronky. Podle jejího provedení dělíme elektronky na přímo žhavené a nepřímo žhavené. Jde o rozžhavený kov, který emituje elektrony. Většina kovů při svém rozžhavení ztrácí mechanickou pevnost, proto je vhodným materiálem wolfram, který se taví až při teplotě 3422°C. Wolfram však k dostatečné emisi potřebuje velmi vysokou teplotu a tudíž mnoho energie. Jiným materiálům a jejich oxidům stačí k emisi mnohem méně tepla. Toho využívají nepřímo žhavené elektronky. Zde je katoda trubičkou, která je zevnitř nahřívána wolframovým žhavicím vláknem. Ne všude se toho ale dá využít. Vysílací elektronky s výkonem nad 1 kW, kde se užívají vysoká napětí. Toto vysoké napětí značně urychluje ionty, které by jinou než wolframovou katodu zničili. Další výhodou wolframové katody je její netečnost v studeném stavu se vzduchem. Pokud by došlo k poškození vakua za studeného stavu a opět k jeho obnově je wolframová katoda plně funkční. U katod nepřímo žhavených dochází k nevratné destrukci vlivem otravy kyslíkem.

V roce 1923 firma Telefunken vyrobila elektronku RE48, která při 4 V žhavení potřebovala jen 65mA žhavicího proudu. Tato elektronka je schematicky přímo žhavená. Její vlákno je katodou. Rozdíl byl způsoben vrstvou oxidů nanesených na vlákno. Tato vrstva nanesených oxidů byla tehdy velmi nerovnoměrná a malá asi 0,1 μm -5 μm . Díky tomu měla jen velmi malou životnost.

O historicky důležitém bodu ve výrobě elektronek se vypráví tento příběh:

„Poprvé mělo vlákno nečekaně větší emisi, když jej při pokusech v laboratoři zašpinil konstruktér tvarohem od svačiny. Tvaroh obsahuje vápník, který má menší výstupní práci než wolfram. Toto se stalo v období konce 1. světové války. Tehdy ještě zjistili, že alkalické kovy zvyšují emisi. Uvedení do praxe přišlo až se zpožděním.“

Mřížka je součástí všech složitějších elektronek, než je dioda. Většinou má tvar spirály. Uvnitř elektronky je umístěna mezi anodou a katodou a slouží k řízení anodového proudu. Složitější elektronky mají více mřížek.

Anoda je elektroda s kladným napětím a přitahuje elektrony emitované katodou.

Vnitřní uspořádání elektrod je patrné na obrázku 10b.

Konstruční problémy a vady elektronek

Baryum se používalo hlavně jako getr. U nožičkových elektronek; bylo vloženo do anody,

odpařilo se při zahořování a tak se nemusel dělat vysokofrekvenční ohřev. Při vysávání elektronku nažhavili, zavedli anodový proud. Anoda se rozžhavía a vypustila baryum jako zrcátko. Zjistilo se, že toto nejde použít u elektroněk strmějších, protože se baryum při tomto procesu nanese i na mřížku a u nepřímo žhavených lamp s vysokým povrchem katody to způsobovalo nežádoucí mřížkovou emisi. Následné úpravy konstrukce vymístily getr mimo systém a dokonce celý systém před ním chránili plechovou ohrádkou nebo terčíkem, tak, aby se při aktivaci baryum vysráželo ve formě zrcátka na sklo baňky a ne na systém. K jeho aktivaci ovšem byl zapotřebí vysokofrekvenční ohřev.

U nás známým případem mřížkové emise byla triodová část elektronky PCL85. Zde byl kladen důraz na co nejvyšší strmost. Té se dá docílit tím, že se 1. mřížka umístí co nejbližší katodě. Mřížková emise zde byla způsobena usazováním barya a následně, při provozu, ohřevem mřížky od blízké katody. Mřížka se zahřeje natolik, že díky usazenému baryu sama začne emitovat elektrony a tím se začne záporně nabíjet. Toto, v případě rázových oscilátorů nebo multivibrátorů, znamená změnu jejich výsledné frekvence. [1,2]

Autor vzpomíná: „*Jak jako malý i několikrát během pořadu chodil pootočít potenciometrem vertikální synchronizace umístěným na zadní straně televizoru, aby zastavil běžící obraz.*“

V případě audio zesilovače mřížková emise působí, jako by měla příliš velké předpětí. Projevuje se to zkreslením až k limitaci. Řešit se toto dalo ze strany výrobce pomocí dvou metod.

První z možností byla vhodná konstrukce chlazení první mřížky. Držáky této mřížky byly opatřeny na vrchu chladícími křídélky.

Druhou metodou bylo pozlacení mřížky. Zlato má mimořádně velkou výstupní práci a touto vlastností omezuje výstupní emisi. Elektronky s těmito úpravami měly podstatně delší životnost i dlouhodobou spolehlivost.

Baryum, které uniká z katody, se napařuje na mřížku a postupně zvyšuje nežádoucí mřížkovou emisi. Zde je návod, jak se této nechtěně vzniklé emise nechalo zbavit. Bylo to ale velmi háklivé a velmi snadno mohlo dojít ke zničení elektronky. Ten kdo toto prováděl, tak při učení se správného postupu vždy několik kusů nenávratně zničil.

Osvojení postupu, hlavně kam koukat a co chtít vidět, není úplně jednoduché. Ne do každé elektronky je přitom dostatečně dobře vidět.

Elektronka se zapojila jako dioda. Katoda - a mřížka jako anoda. Regulací přiloženého napětí se velice pozvolna zvedal proud anody - tedy první mřížky. Přitom bylo potřeba do elektronky neustále koukat, dokud mřížka nezačala jemně žhavit. Mřížka ovšem není z wolframu, ale z molybdenu, proto nevydrží žhavit moc dlouho a moc jasně. Velice rychle se dokáže roztavit a prohořet. V takovém případě je pak elektronka vhodná maximálně coby ozdoba do vitríny. Když se to však udělá úspěšně, tak se jev mřížkové emise docela dobře odstraní. Na mřížkovou emisi trpěli běžně koncové pentody například: AL4, EBL21, UBL21.

Některé elektronky měly problémy již z výroby. Například se stávalo u NF zesilovačů obzvlášť, pokud při dlouhodobém běhu na plný výkon, že na koncové pentodě EL34 (6L6) došlo k průrazu

sousedních vývodů anody a žhavení. Jak se na bakelitu jednou udělal oblouk a propálil tam drážku tak to byl vodivý svod, který jiskřil, doutnal a dokázal i hořet plamenem. Toho se pak šlo zbavit jen výměnou, nebo odstraněním (odfrézováním) poškozené části patice. Elektronky s paticí P např. EL3, AL4, ale i nekoncové měly prevenci proti tomuto problému již z výroby. Vedle anodové lamely na patici P jsou vylisovány přímo v bakelitu dvě hluboké drážky. [2]

Elektronky byly, také příčinou mnohých poruch zařízení. Ve své době byly označovány i za hlavní příčinu poruch. Elektronka během doby života mění parametry. Obzvláště emise. Ta u nové elektronky prvních asi 10 hodin provozu nepatrně roste a následně začne klesat. V některých obvodech rozhlasových přijímačů je přijatelná emise i 40 %. Jinak je tomu u televizorů, kde jsou pilové průběhy, a větší frekvence. V těchto zapojeních může být méně než 70 % již nedostatečné. Žhavicí vlákno také mění parametry. Odlétávají z něj částice a prověšuje. Při prověšení může dojít i ke zkratu s katodou, která je obvykle ukostřena. Nehorší následky toto má v sériovém zapojení u „P“ elektronek. Může také dojít k přerušení žhavicího vlákna, mezielektrodovým zkratům, případně upadnutí propoje elektrody s vývodem.[8]

Další ne běžné vady jsou elektrické průrazy mezi vývody. Některé elektronky měli během výroby změněné vnější zapojení vývodů, aby těmto průrazům předešlo.[11,2]

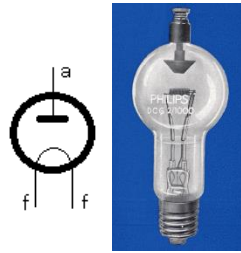
U elektronky při delším přetížení dojde také k destrukci. Tato poškození jsou např. charakteru předčasného vyčerpání katody, nebo neuchlazení elektrod. Autor se setkal s elektronkou, jejíž baňka byla propadlá dovnitř. Vlivem přetížení se na anodě vytvořilo teplo, které ohřálo sklo na teplotu tání a to vlivem podtlaku uvnitř elektronky bylo vtaženo dovnitř. Elektronka i přes tuto deformaci fungovala. Vlivem pnutí po nerovnoměrném vychlazení a nesprávném skladování baňka po několika letech v tomto místě praskla a došlo k poruše vakua a následné otravě katody. Její fotografie nebyla pořízena. [2]

Základní typy elektronek:

Dioda

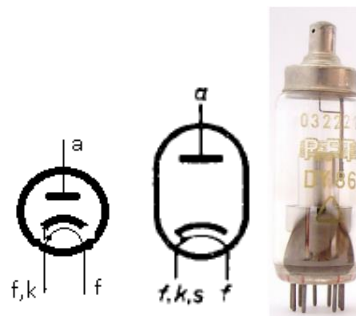
Dioda vznikla náhodou. V Edisonových laboratořích roku 1883. Tehdy zatavili do baňky nad vláknem kovovou destičku. Po nažhavení vlákna a připojení miliampérmetru zjistili, že v případě připojení kladného napětí na destičku, dochází k průchodu elektrického proudu. V opačném směru žádný proud neprochází. Také zjistili, že velikost procházejícího proudu závisí na vzdálenosti destičky od vlákna a na žhavicím napětí vlákna. Toto tehdy zaznamenali jako Edisonův jev. Tento jev Edison nepochopil, ani neobjasnil. To se povedlo až po letech Thomsonovi. Tak tehdy vznikla nejjednodušší elektronka s přímým žhavením. Destička – anoda a vlákno žárovky – přímo žhavená katoda. Elektrony jdou od záporné rozžhavené katody vlivem tepelné emise na anodu. Držitelem patentu na diodu je britský fyzik John Ambrose Fleming v roce 1904. [1]

Schématické značení vakuových diod:



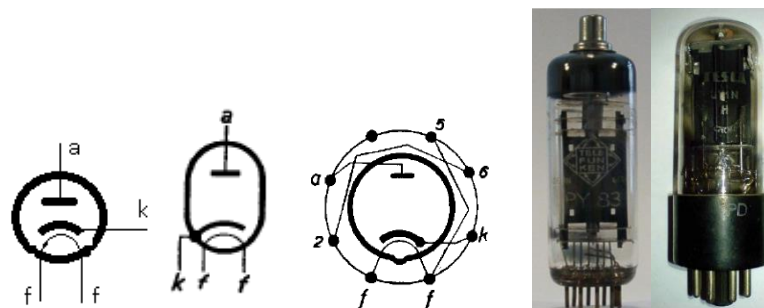
Obrázek 1: Přímě žhavená dioda (Zdroj:[3])

U přímě žhavené diody je katodou přímě žhavicí vlákno. Žhavicí napětí bývá malé a žhavicí proud u větších typů mívá i několik ampér. Na obrázku 1 je schématická značka a VN usměřňovací elektronka.[1]



Obrázek 2: Nepřímě žhavená dioda (Zdroj: [3])

Nepřímě žhavená dioda. Katoda je připojena na vývod žhavení. Na obrázku 2 je VN usměřňovací elektronka DY86.[1]

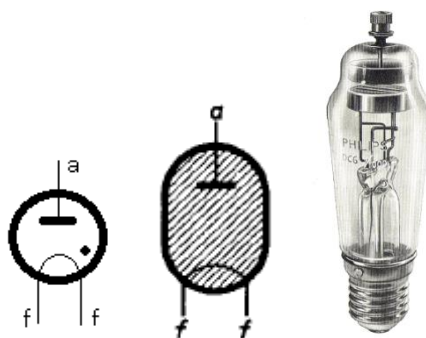


Obrázek 3: Nepřímě žhavená oddělená dioda (Zdroj: [3])

Nepřímě žhavená dioda.

Na obrázku 3 je schématická značka nepřímě žhavené diody, VN dioda PY83 a usměřňovací elektronka UY1N. Plnohodnotná dioda, napětí na katodě není spojené se žhavicím vlákem. Maximální povolená velikost napětí katody ke žhavení je udávána výrobcem v katalogu. Při překročení může dojít k elektrickému průrazu a zkratu katody s vlákem. Elektronky nepřímě žhavené mohli být žhaveny i sériově. Zda se jedná o usměřňovací, detekční, nebo jinou diodu, určuje její konstrukce a tedy i typové označení elektronky.[1]

Rtuťová usměrňovací výbojka



Obrázek 4: Rtuťová usměrňovací výbojka. (Zdroj: [3])

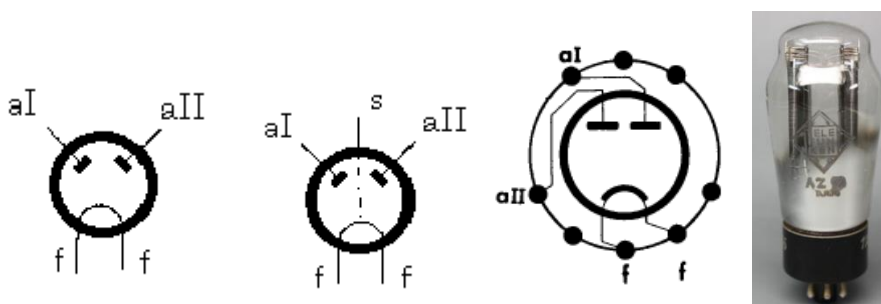
Na obrázku 4 je rtuťová usměrňovací výbojka.

Provozně je u rtuťových usměrňovačů nutné před připojením anodového napětí jejich důkladné nažhavení a odpaření kondenzované kovové rtuti. Při nedodržení nastane nebezpečí zpětného výboje, které může způsobit explozivní destrukci tělesa výbojky. U těchto výbojek je udáván charakteristický parametr „nejvyšší zápalné napětí“ a „napětí na zapáleném oblouku“. Užívali se nejen pro velká napětí a proudy, ale i v nabíječkách pro automobily. Kde je malé napětí, ale protéká proud několik ampér. Až do doby, kdy byly zkonstruovány dostatečně dimenzované výkonové polovodiče, byly velké rtuťové usměrňovače typickým prvkem trakčních měniren pro napájení tramvajových i železničních trolejí.[2]

Na pohled se od klasické vakuové elektronky neliší. Je zde uvedena jen pro ucelení informací. Nejedná se o elektronku, proto se jí v této práci více věnovat nebudu.

Dvojitá dioda:

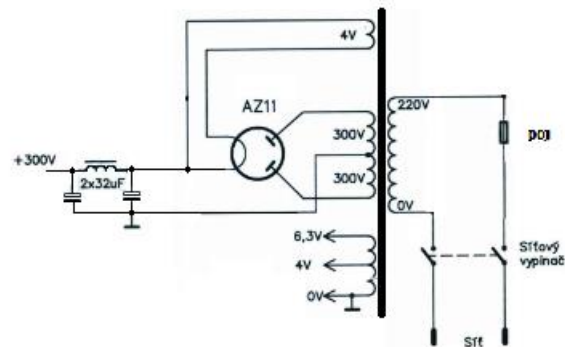
Schématická značka připomíná zamračený smajlík.



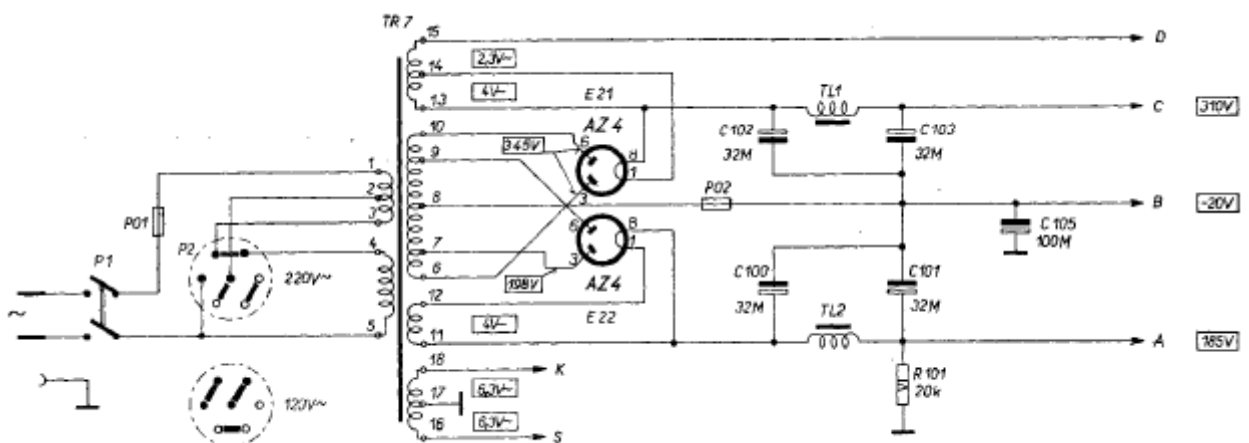
Obrázek 5: Přímožhavená dvojitá dioda. (Zdroj: [3])

Na obrázku 5 je přímožhavená dvojitá dioda. Nejobvyklejší použití je dvoucestný usměrňovač v napájecích částech radiopřijimačů i dalších slaboproudých přístrojů. Typické schéma je na obrázku 6. Žhavení vyžaduje vlastní vinutí transformátoru. V případě usměrňování více napětích je

potřeba odpovídající počet oddělených vinutí transformátoru pro jejich žhavení, obrázek 7. Žhavicí proud je opět obvykle v řádu jednotek ampér. [6]



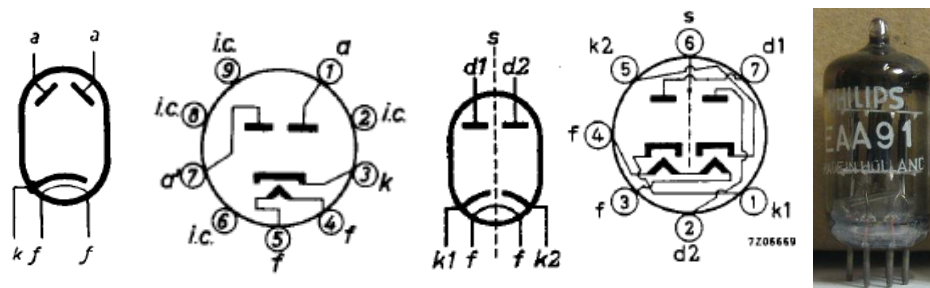
Obrázek 6: Obvyklé zapojení zdroje s dvoucestným uměřovačem. (Zdroj: autor)



Obrázek 7: Zapojení části zdroje televizoru Tesla 4001a s dvoucestným usměrňovačem dvou napětí. (Zdroj upraveno[4])

Úsporu počtu žhacích vinutí pro usměrňovací elektronky umožnila konstrukce nepřímo žhavených usměrňovacích elektronek. Žhavení všech elektronek v zařízení mohlo být paralelní, nebo sériové. Bylo opět nutné dodržet mezní napětí mezi katodou a žhavicím vláknem.

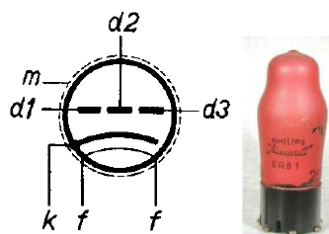
Nepřímo žhavené násobné diody se vyráběly i jako miniaturní elektronky pro různé účely. Například se používali pro detekci signálu, nebo obnovení stejnosměrné složky. V případě oddělených katod například i pro poměrový detektor. Diody byly také jako součást složitějších elektronek. [10]



Obrázek 8: Nepřímo žhavená dvojitá dioda. (Zdroj: [3])

Na obrázku 8 jsou schématická značení dvojitých diod se společnou i vlastní katodou a případně stíněním. Vývod je označen „s“. Anody diod jsou často označeny „d“, nebo „a“

Trojité dioda

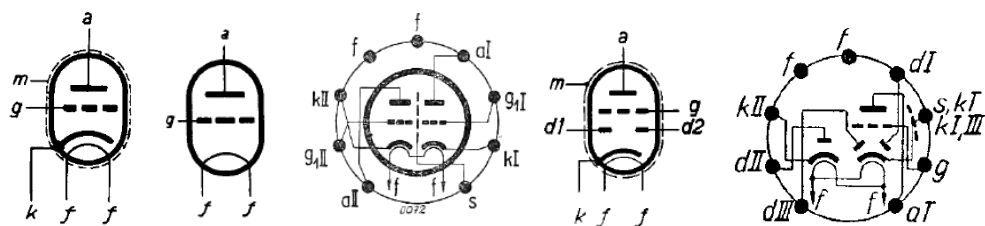


Obrázek 9: Trojitá dioda (Zdroj: [3])

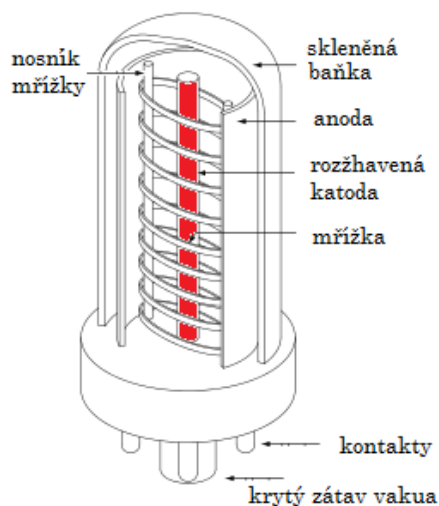
Na obrázku 9 je nepřímo žhavená elektronka, trojitá dioda EAB1. Její maximální proud jednotlivých diod je jen 0,8 mA. Tato byla používána v komplikovaných obvodech automatického řízení citlivosti v luxusních rozhlasových přijímačích v třicátých a čtyřicátých letech dvacátého století.

Trioda

Přímo žhavené triody jsou buď: Staré z počátků výroby, bateriové elektronky, nebo koncové vysílací elektronky. Nepřímo žhavené jsou v komerčních aparátech běžné, mnohdy se vyskytují jako dvě, nebo v kombinaci s jiným systémem v jedné baňce. Schématické značení těchto elektronek je na obrázku 10a. Na obrázku 10b je patrné vnitřní uspořádání jednotlivých součástí triody. Žhavicí vlákno je ukryté a izolované uvnitř katody.



a)



b)

Obrázek 10: a) Schématická značka přímo žhavené, nepřímou žhavené, dvojitě stíněné triody a kombinací trioda dvou dioda a trioda troj dioda. (Zdroj: [3]) b) Konstrukce nepřímou žhavené triody (Zdroj: upraveno z [24])

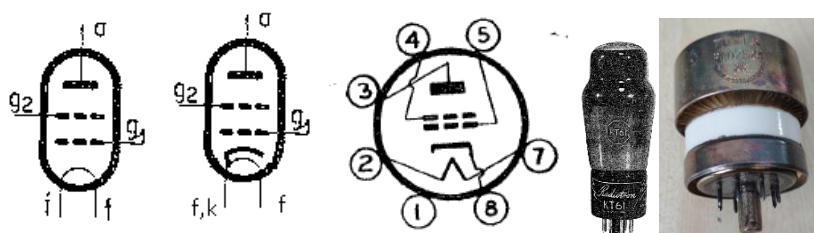
Trioda je dioda, v které je do prostoru mezi katodou a anodou umístěna třetí elektroda, zvaná řídicí mřížka. Má označení g z anglického grid. Trioda je elektronka s jednou mřížkou. Mřížka je tvořena velmi tenkou spirálkou vyrobenou tak, aby nebránila průchodu elektronům a je umístěna co nejblíže katodě. Konstrukce triody vyšla z patentu z roku 1906 Lee de Foresta „audion“ a patentu na mřížku Roberta Von Lieben z roku 1910. Až do roku 1913 se nepovedlo dosáhnout tak vysokého vakua, aby zbytkové plyny nezpůsobovaly rušivé ionizační účinky při jejím provozu. Trioda funguje tak, že přivedené kladné napětí na mřížce přitahuje, zrychluje elektrony letící k anodě. Záporné mřížkové napětí tyto elektrony odpuzuje, brzdí. Trioda se tedy chová jako zesilovač a ve své době způsobila ohromný rozvoj elektroniky. Její nevýhodou je malé zesílení závislé na velikosti anodového napětí. Anodové napětí není při provozu triody konstantní. Při otevření elektronky klesá. U triody se projevují tzv. Milerovy kapacity mezi anodou a řídicí mřížkou. Pro triodu je charakteristická tzv. Barkhausenova rovnice, která určuje vztah průniku, strmosti a zesilovacího činitele. Trioda má vzhledem k těmto poměrům malý vnitřní odpor.

Zapojení triod: Triodu lze zapojit obdobně jako bipolární tranzistor. Lze mít zapojení se signálově uzemněnou katodou, mřížkou, nebo anodou. Nejběžnější zapojení je s uzemněnou katodou, vstupní signál je přiveden na mřížku a výstupní signál s obrácenou fází je na anodě.

Zapojení s uzemněnou anodou se nazývá katodový sledovač.

Zapojení s uzemněnou mřížkou neobrací fázi a má nízkou vstupní impedanci. Toto zapojení se velmi často používalo jako vstupní předzesilovač přijímačů před směšovačem. Obvykle byl takto zapojený vstupní díl VKV s elektronkou ECC85.[2,6]

Tetroda



Obrázek 11: Schématické značení tetrod: Přímou žhavenou, nepřímou žhavenou katodu je spojena s vláknem, nepřímou žhavenou (Zdroj: [3])

Tetroda je trioda, do které je vložena další mřížka. Tetrodu na obrázku 11 lze používat v několika různých zapojeních. Rozlišuje se, zda jde o „dvoumřížkovou“ triodu, klasickou tetrodu se stínicí mřížkou, nebo svazkovou tetrodu. Tetroda, pokud je užívána v určitém rozmezí napětí anody a druhé mřížky tak se chová obdobně jako pentoda. Pentoda bude popsána v dalším textu. Klasické tetrody se také hodně používali na koncové stupně vysílačů středního a vyššího výkonu přibližně 250 – 400 W například tetrody RE400C. Tyto tetrody proti pentodám dosahovaly vyšších mezních kmitočtů.

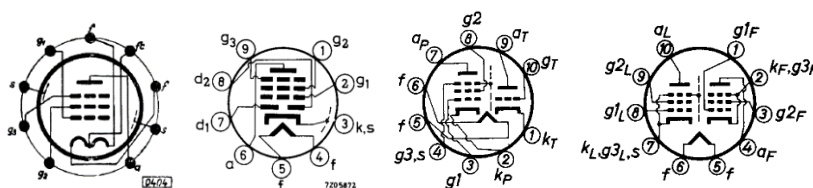
Další možné zapojení tetrody je dynatronový oscilátor. Ten využívá rozmezí napětí II. mřížky a anody, kdy vlivem sekundární emise elektronka vykazuje záporný odpor. To znamená, že se vzrůstajícím napětím klesá anodový proud. Pokud se do obvodu zapojí cívka, nebo laděný obvod tak se rozkmitá.

Další zapojení tetrody je známější. Je to dvou mřížková elektronka, která má první mřížku s kladným napětím na odsávání prostorového náboje, který se vytváří kolem katody. Druhá mřížka je řídicí. Toto funguje už při velmi nízkých anodových napětích už 4 V. Toto zapojení má neobyčejně vysoký vnitřní odpor. Typické užití dvou mřížkové elektronky tak bylo elektrometrické zapojení. Např. elektronka 1NE9 se používala v počítačích radioaktivity a v první generaci armádních dozimetrů. První tetrody v začátcích radiotechniky se používali jako tzv. stíněná elektronka. Ve VF

stupních tehdejších AM přijímačů jí brzy nahradily pentody, kde nebylo nebezpečí rozkmitání dynatronovým efektem. U velkých vysílacích tetrod se zpětná emise elektronů (dynatronový jev) potlačuje tím, že jsou anody vyrobeny z materiálu s nízkou sekundární emisí. Tímto materiálem je grafit, který snáší velké výkony, mohl být rozžhaven do červena, aniž by se roztavil. Např: RE400C

Svazková tetroda je obvykle zařazována mezi pentody, ač má pouze dvě mřížky. Funkci třetí mřížky zde zastávají plechová křídélka, která, spolu s konstrukčním provedením řídicí a stínící mřížky, napomáhají soustředit tok elektronů do svazků a ve výsledku účinně bránit vzniku sekundární emise.[2,11]

Pentoda



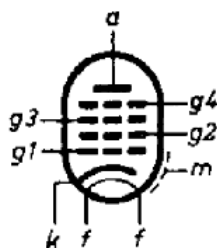
Obrázek 12: Schématická značka pentody, pentody s dvěma diodami, pentody s triodou, a dvojice pentod (Zdroj: [3])

Pentoda je elektronka se třemi mřížkami. Nejběžnější zapojení pentody je: Řídicí signál na první mřížce. Druhá mřížka, stínící je připojena na kladné (anodové) napětí. Třetí mřížka bývá u mnoha pentod již uvnitř baňky spojena s katodou.

Nejčastěji je pentoda v bance sama, případně jako sdružená elektronka s dalším systémem viz obrázek 12.

Pentoda má stínící mřížku, proto anodové napětí nemá takový vliv na anodový proud. Anoda je odstíněna druhou mřížkou. Na anodový proud má zde velký vliv napětí druhé mřížky. Výsledkem je, že se pentoda chová jako by měla velký vnitřní odpor. Pentoda má větší zesílení než trioda a netrpí dynatronovým efektem jako tetroda. Pentody se příliš neuplatnily ve VF technice, protože čím více mřížek má elektronka tím víc šumí. Je to dobře vidět ve schématech rádií a televizorů na vstupu VKV jsou vždy triody v různých zapojeních. Pentod se také užívalo v malých vysílacích například za druhé Světové války RL4,8P15, nebo RL12P35. Pro vyšší výkony se používaly tetrody. Nejčastější užití koncových pentod jsou koncové stupně rozkladů a audio zesilovačů. Strmé pentody se užívají v mezifrekvenčních zesilovačích superheterodynů, vstupních zesilovačích přímo zesilujících přijímačů, předzesilovačů, nebo jen v triodovém zapojení. Pentoda, která má vyvedeny všechny elektrody se nechá zapojit a použít i jako oscilátor. U koncových stupňů vysílaců může být třetí mřížka využita pro amplitudovou modulaci koncového stupně.[2,11]

Hexoda

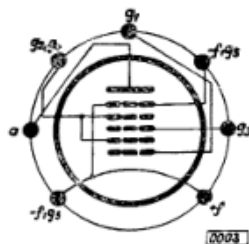


Obrázek 13: Schématická značka hexody (Zdroj: [3])

Hexoda se používala jako směšovací elektronka, protože měla první řídicí mřížku, která ovlivňovala celý anodový proud. Druhá mřížka fungovala jako stínící. Třetí mřížka fungovala jako hradící, rozdělovala proud elektronů. Čtvrtá mřížka fungovala opět jako stínící. Byla to vlastně tetroda se dvěma řídicími mřížkami. Hradící mřížka (třetí) rozdělovala proud, jestli skončí na anodě, nebo na druhé mřížce. Čím menší proud šel na anodu, tím větší proud šel na druhou mřížku. Hexoda měla také problémy s dynatronovým efektem a se zpětnou emisí, stejně jako tetroda. Schématická značka Hexody je na obrázku 13.

Hexoda byla použita i jako fázový detektor pro detekci FM. Na první mřížku se přivedl signál, který měl být detekován na 6,5 MHz. Na třetí mřížku se zapojil laděný obvod 6,5 MHz, který nebyl zapojen na nic jiného, jen na třetí mřížku. Ten vlivem první mřížky jak na něj přišel modulovaný signál, tak nabudil třetí mřížku tzv. elektronovou vazbou. Laděný obvod ve třetí mřížce, který nebyl jinak zapojen a nebyl tlumený a měl poměrně dost vysokou jakost, se rozkmital na středním kmitočtu detekované frekvenční modulace. Nebylo potřeba nastavovat „0“ ta se nastavila sama na křivce detektoru v poměrně širokém rozmezí a tak jak kolísal kmitočet na první mřížce a na třetí byl stálý. Nastavila se koincidence, kdy to propouští skrz, nebo nebyla, pak to třetí mřížka pouštěla jen částečně (zabrzdila anodový proud a vrátila na druhou mřížku, nebo se to zastavilo úplně, když oba signály byly v protifázi. Jak se modulace pohybovala kolem nosné a na třetí mřížce frekvence stála, tak ve výsledku byl na anodě demodulovaný signál. Výhodou bylo, že se zde současně zesílil i NF signál. Tento detektor, charakteristický spíše pro americké přijímače, používala v sedmdesátých letech dvacátého století ve svých televizorech maďarská firma Orion. Pro správnou činnost fázového detektoru je vhodná lineární hexoda, nebo lineární heptoda. Požívala se například elektronka EH81. V klasickém provedení toto zapojení ušetří jednu dvojitou diodu a první zesilovací nf stupeň. Výhodou je menší citlivost na doladění, protože se fázový detektor sám stabilizuje. Střed křivky tohoto detektoru je dán nastavením volně vázaného obvodu ve třetí mřížce. [2,9]

Heptoda



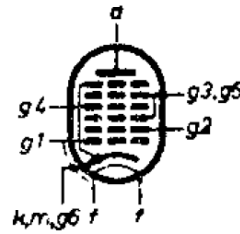
Obrázek 14: Schématická značka heptody (Zdroj: [3])

Heptoda je hexoda, do které je přidána ještě pátá, brzdící mřížka. Je to nejčastější směšovací elektronka v kombinaci s triodou (ECH4, ECH 21, ECH 81) obrázek 16.

Druhý způsob použití heptody je samokmitající směšovač. V tomto případě je nazývána pentagrid (pěti mřížková). Schématická značka Heptody je na obrázku 14. V Evropě byla pro tuto funkci používána téměř výhradně oktoda. Pentagrid byl typicky americkou záležitostí. Evropské pentagridy jsou tak klony či odvozeniny amerických konstrukcí. U nás to byla typicky 1H33/6H31, kterou je možné zapojit jako pentagrid. První mřížka funguje jako oscilátorová. Druhá je anoda oscilátoru. To tvoří vlastní uzavřený samostatný systém. Třetí mřížka je řídicí, zapojená na anténní obvod. Čtvrtá mřížka je stínící a funguje jako druhá mřížka v pentodě. Pátá mřížka je hradící stejně jako třetí v pentodě. Celé to funguje v jedné elektronce jako směšovač a oscilátor. Totéž co dělá kombinace trioda heptoda. Využívaly to rozhlasové přijímače. Nevýhodou bylo, že oscilátorový systém byl negativně ovlivňován vlastními vzájemnými kapacitami elektrod, které jsou závislé na napětí mřížek. Toto zapojení je proto vhodné jen na dlouhé a střední vlny. Pokud má rádio na krátkých vlnách na směšovači oktodu nebo pentagrid, tak přesné naladění stanice závisí na síle příjmu a odvozeném automatickém vyrovnávání citlivosti. Změna tohoto napětí pak způsobí, že stanice není nikdy přesně naladěna. V reprodukci jsou patrné různé rušivé zázněje.

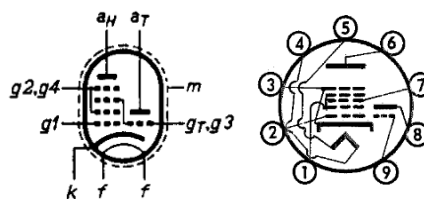
Oktoda

Oktoda je osmi elektrodová elektronka. Má 6 mřížek a jejím vynálezcem byla firma Philips. Schématická značka oktody je na obrázku 15. Fungovalo to stejně jako pentagrid, ale mělo to navíc ještě jednu brzdící mřížku. První oscilační stupeň byla trioda; první mřížka oscilátorová a druhá mřížka jako anoda oscilátoru. Za ní byla třetí stínící, čtvrtá hradící, pátá další stínící a šestá brzdící.



Obrázek 15: Schématická značka oktody (Zdroj: [3])

Typickým zástupcem oktody byla malá elektronka Philips EK2, která bývala na vstupu mnoha rádií. Celá tato konstrukce však byla poněkud nešťastná. Některé mřížky, byly umístěny kolmo, jiné v zákrytu, tak, aby to konstrukčně vyšlo do malého, úsporného objemu. Výsledkem sice byla malá, úsporná a spolehlivá elektronka, u které však na vyšších kmitočtech docházelo k ujíždění frekvence oscilátoru vlivem automatického vyrovnání citlivosti, které bylo přivedeno na třetí mřížku. Což způsobovalo rušivé zázněje, rozladování na rozsazích krátkých vln. Přitom automatika řízení citlivosti byla pro spolehlivý příjem nezbytností. A tak byla vyrobena veliká, mohutná, komplikovaná a drahá elektronka EK3. Byla sestavená po vzoru amerických pentagridů. Zde druhá mřížka (anoda triody) nebyla vůbec mřížka, ale byly to pouhé dvě plechové destičky, podobné jako u svazkových tetrod. Na nižších rozsazích krátkých vln fungovala obstojně, ale čím větší počet mřížek tím větší byl její šum. Na vyšších rozsazích krátkých vln to bylo již velice zřetelné. Nakonec se z těchto důvodů nejlépe osvědčila na směšovače kombinace elektronek hexoda-trioda, heptoda-trioda obrázek 16.



Obrázek 16: Osvědčená kombinace směšovací elektronky Trioda – hexoda (ECH3) (vlevo) a Trioda heptoda (ECH81) (vpravo) (Zdroj: [3])

Obrazovka

Obrazovka byla největší elektronka, která se v domácnostech běžně vyskytovala. V roce 2010 se ještě doprodávaly poslední televizory, které jí byly osazeny. Obrazovky se dělí na obrazovky s elektrostatickým vychylováním a s elektromagnetickým vychylováním. Pro všechny obrazovky je důležité, aby bylo při provozu připojené vychylování. Paprsek jinak směřuje do středu stínítka, kde během velmi krátké doby nenávratně propálí luminofor.

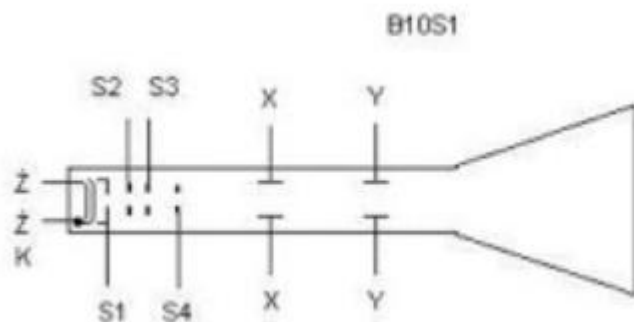
Obrazovka funguje obdobně jako ostatní elektronky. Katoda je žhavená vláknem a emituje elektrony. Jejich tok je řízen napětím na elektrodách. Při další cestě se svazek elektronů zaostří a urychlí vysokým anodovým napětím. Cestou je směr toku elektronů ovlivněn vychylovacím systémem. Na zadní straně stínítka je nanесena vrstva luminoforu, ze kterého po dopadu vyletí fotony, rozsvítí se bod. Po změně cíle elektronů bod může změnit barvu a podle doby dosvitu ještě zůstane svítit. Nejdélejší dobu dosvitu nejčastěji využívaly pomaloběžné osciloskopy, kardio monitory a letecké radary. Televizory užívaly bílé stínítka a dobu dosvitu střední.

Obrazovky s elektrostatickým vychylováním

Obrazovky s elektrostatickým vychylováním se používali jako osciloskopické. Některé měly více elektronových systémů. To se užívalo u vícekanalových drahých osciloskopů, kdy každý systém mohl mít svou časovou základnu, obrázek 17. Tyto obrazovky mají malý vychylovací úhel, malou úhlopříčku a jsou hluboké. Vychylování elektrostatickým polem je mnohem rychlejší a energeticky úspornější než elektromagnetické. Tyto obrazovky jsou velmi citlivé na okolní magnetické pole, proto jsou vždy zamontovány do kovového kónusu, který toto rušivé pole odstíní. Tyto obrazovky se vyráběly i s obdélníkovým stínítkem. Podle svého účelu použití se vyráběly elektrostaticky vychylované obrazovky různých kombinací fluorescence, fosforescence a doby dosvitu. Schématické označení jednopaprskové obrazovky s elektrostatickým vychylováním je na obrázku 18. [11,8]



Obrázek 17: Obrazovka s elektrostatickým vychylováním s jedním elektronovým systémem a s dvěma systémy. (Zdroj: [3])

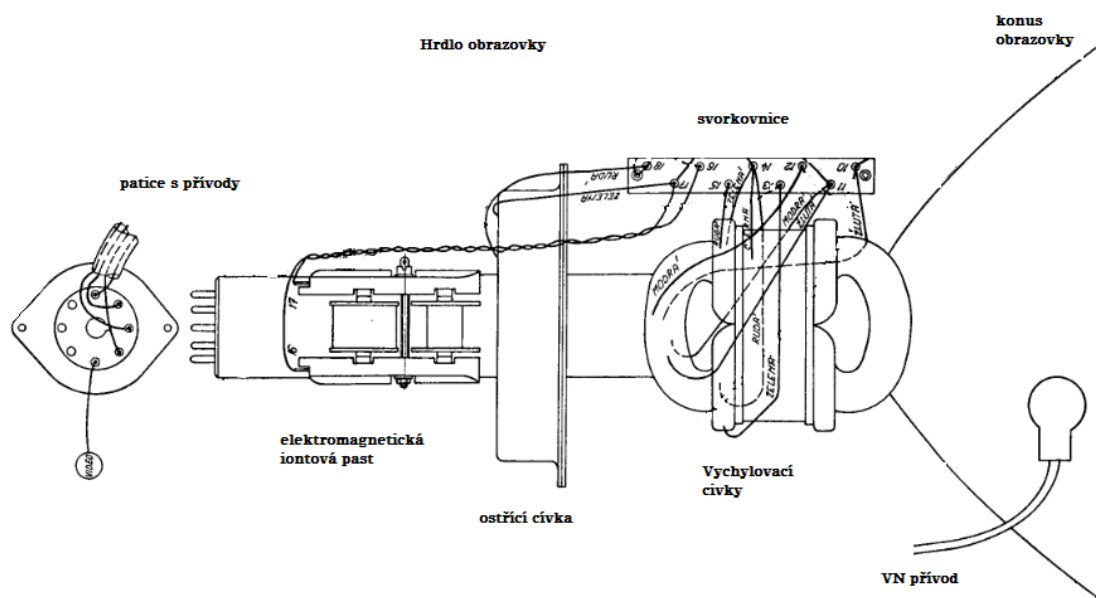


Obrázek 18: Schématické označení jednopaprskové obrazovky s elektrostatickým vychylováním (Zdroj: [3])

Obrazovky s elektromagnetickým vychylováním.

Nejčastější použití televizory, monitory, ale i radary a pomaloběžné osciloskopy.

Tyto obrazovky prošly během výroby značným vývojem. První jednobarevné obrazovky byly kruhové s malým vychylovacím úhlem a případně jen triodovým systémem elektrod. Vnitřní povrch luminoforu neměl ochrannou hliníkovou vrstvu proti iontům. Toto se tehdy řešilo vychýlením katody mimo osu obrazovky. Na hrdle černobílé obrazovky byl umístěn magnet, nebo elektromagnet, zvaný iontová past. Ten měl za úkol ohnout elektronový paprsek zpět do osy obrazovky a nechat těžké ionty pokračovat mimo stínítko. Dále byl ostřicí magnet, nebo elektromagnet, který měl za úkol soustředit paprsek do co nejmenšího bodu. Pak teprve následovaly vychylovací cívky. Viz obrázek 19.



Obrázek 19: Rozmístění cívek na hrdle velmi staré televizní obrazovky s elektromagnetickým vychylováním a ostřením bodu s iontovou pastí Tesla 25QP20. (Zdroj: upraveno [15])

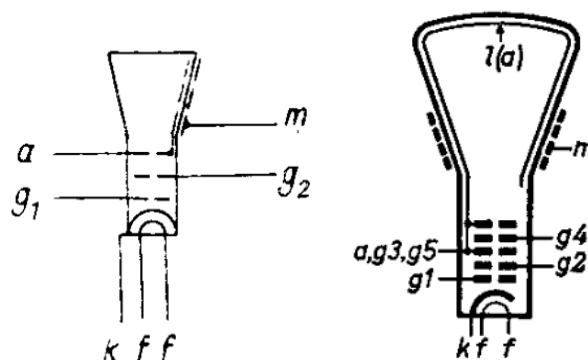
Krátkodobě se také vyráběli obrazovky s kovovým kónusem. Nejen kruhové, ale také obdélníkové. U těchto obrazovek bylo anodové – vysoké napětí připojeno přímo na vnější kónus a obrazovka byla uchycena na izolátorech. Kónus se však časem zmagnetoval zemským magnetickým polem a měl negativní vliv na kvalitu obrazu. Též difuze plynů na velké ploše kónusu byla nezanedbatelná a vedla k postupnému zhoršování kvality vakua a zkrácení životnosti obrazovky. Kónus z plechu byl sice lehčí než skleněný, ale otevřené vysoké napětí na celé zadní straně obrazovky způsobovalo ionizaci vzduchu. Od této inovace se brzy vrátilo zpět k celoskleněným obrazovkám.

Novější monochromatické obrazovky měly složitější systémy s více elektrodami a větší vychylovací úhly ve směru úhlopříčky: 55 °, 70 °, 90 ° a 110 °. Magnetické ostření bylo nahrazeno elektrostatickým, metalizované stínítko již odolávalo iontům a tak odpadla iontová past a katoda již byla v rovině se zbytkem systému. Hrdlo obrazovky se zkrátilo a zúžilo. Což snížilo hloubku obrazovky a potřebnou velikost magnetického pole k vychýlení paprsku. Podle svého účelu použití se donedávna vyráběly obrazovky různých rozměrů od úhlopříčky 1cm a různých kombinací fluorescence, fosforescence a doby dosvitu.

Během vývoje černobílých televizních obrazovek se měnil tvar stínítka z kruhu do obdélníku nejprve poměru 2:3 později 4:3 a nakonec 16:9. Postupně se také zmenšoval rádius rohů obrazu. Na hrdle obrazovky zůstaly jen vychylovací cívky doplněné o pomocné korekční magnety a středící kroužky, obrázek 20. Scématické značení je na obrázku 21.[8,11]



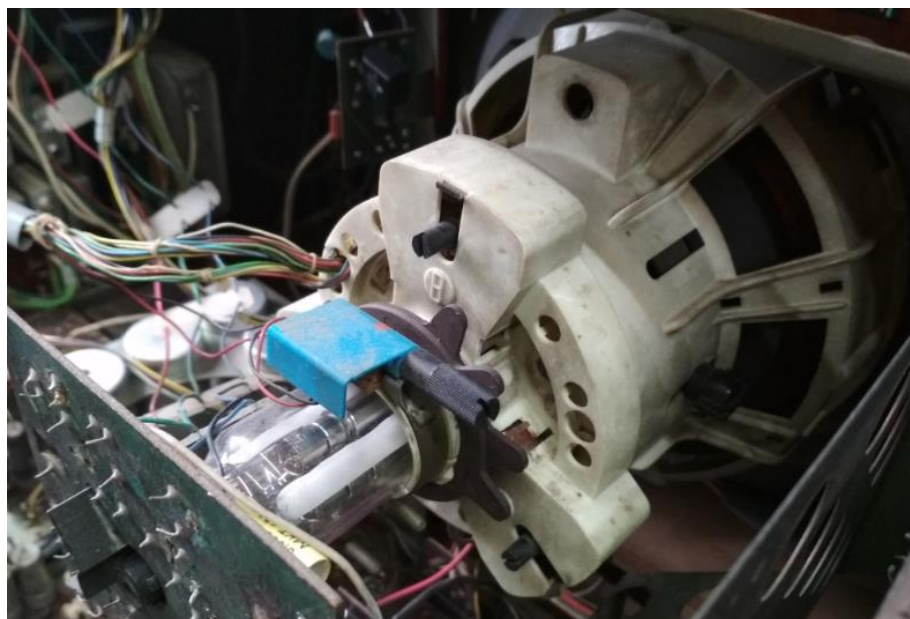
Obrázek 20: Umístění vychylovací jednotky na hrdle černobílé televizní obrazovky. (Zdroj: autor)



Obrázek 21: Schématické značení černobílé obrazovky. (Zdroj: [3])

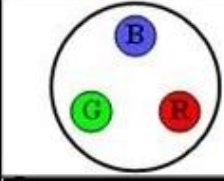
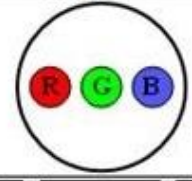
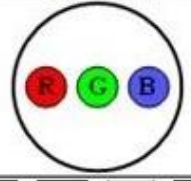
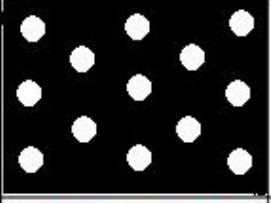

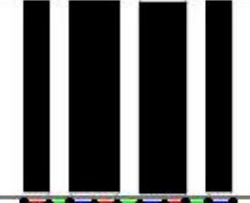
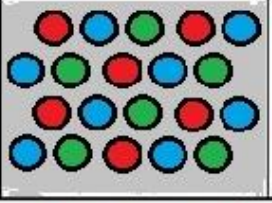
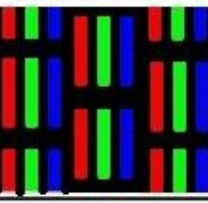
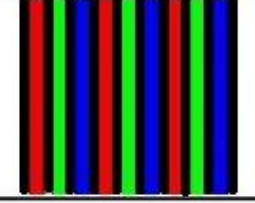
Barevné obrazovky:

Barevné obrazovky prošly během výroby velikým vývojem. Její konstrukce vyžaduje mnohem větší přesnost a čistota obrazu složitě nastavení od výrobce. Zatímco černobílé se vyráběly již obdélníkové, tak barevné se ještě vyráběly jen kruhové. Problém patrně způsobovala technologie uchycení masky. První systém barevných obrazovek, který se hromadně vyráběl, měl název delta. Tři shodné elektronové systémy byly v hrdle obrazovky osazeny do trojúhelníku, s tím že se paprsky sbíhali do bodu, kde procházeli maskou. Masku je plech umístěný za předním sklem s velmi drobnými kruhovými dírkami. Elektronový paprsek z odpovídající trysky po průletu maskou musí dopadnout na luminofor odpovídající barvy. Toto se nastavovalo pomocí mnoha nastavovacích prvků, které byly nejen součástí vychylovacích cívek. Pohled na vychylovací jednotku obrazovky systému delta je na obrázku 22. Systém delta měl velké ztráty elektronů na masce. Používal ještě počátkem 80. let.



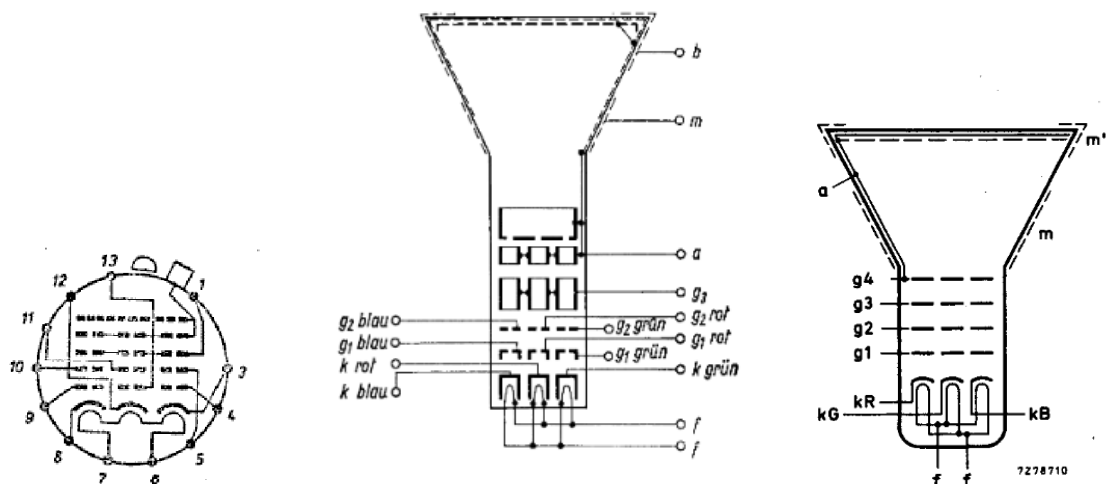
Obrázek 22: Vychylovací jednotka na hrdle barevné televizní obrazovky typu delta. (Zdroj: autor)

Systemy in line a trinitron od Sony měli větší účinnost a tím i vyšší výsledný jas obrazu. Elektronové trysky jsou v řadě vedle sebe. Masku systému in line vytvářely příčně propojené svislé pásy. U trinitronu byla maska z tenoučkových svislých drátů, napjatých v masivním (a těžkém) kovovém rámu. Tam byly ztráty elektronového toku nejmenší. Porovnání těchto tří typů je na obrázku 23.

barevné CRT	delta	in line	trinitron
umístění trysek v systému			
provedení masky			
stínítko obrazovky			

Obrázek 23: Porovnání typů barevných obrazovek. (Zdroj: autor)

Elektronový systém se vlivem let také značně změnil a mohlo dojít k výrobě užšího hrdla. Následek byl zmenšení potřeby magnetického pole potřebného pro vychýlení elektronů. A tím došlo ke snížení spotřeby zařízení. Vychylovací cívky typu toroid – toroid byly inovovány typem sedlo toroid. Zmenšením mezery baňky a cívek došlo k další úspoře spotřeby. Oba systémy in line a trinitron se užívaly až do konce výroby barevných obrazovek. Obrazovky menších úhlopříček se vyráběli častěji s vychylovacím uhlem ve směru úhlopříčky 90°. Větší byly běžné se 110°, ke konci se vyráběli televizory v provedení smart kde byl vychylovací úhel ve směru úhlopříčky 130°. Toto mělo za následek větší spotřebu - více tepla a namáhání koncových stupňů snímkového a řádkového rozkladu. Obzvláště u typů s obnovovací frekvencí 100 Hz. Obrazovky se vyráběly s poměrem stran 4:3 a 16:9. Schématické značení obrazovky je na obrázku 24.[8,13]



Obrázek 24: Schématické značení barevné obrazovky (Zdroj: [3])

Snímací elektronky:

Snímací elektronky též nepatří mezi běžné „lampy“. Užívaly se v kamerách pro převod snímaného obrazu na elektrický signál. Fungovaly podobně jako televizní obrazovka, ale obráceně. Jejich vychylovací cívky vychylovaly zaostřený paprsek po fotocitlivé vrstvě a změnami jejího signálového proudu (jednotek mikroampér) byl dán jasový signál. Z hlediska jejich vývoje bych zmínil ikonoskop, ortikon, superortikon, vidikon, plumbikon a newvicon. Koncem 80. let byly snímací elektronky nahrazeny polovodičovými snímači. U snímacích elektronek, stejně jako u obrazovek, může dojít k jejich poškození; vypálení bodu, nebo čáry v případě výpadku vychylování během provozu a trvalému vypálení obrazu do fotocitlivé vrstvy při extrémně dlouhém záběru neměnné scény. Na obrázku 25 jsou snímací elektronky superortikon a plumbikon. Na obrázku 26 je nejnovější snímací elektronka newvicon.[13,2]



Obrázek 25: Snímací elektronky super ortikon (nahore) a plumbikon (dole) (Zdroj: autor)



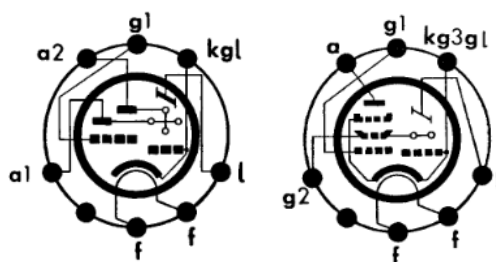
Obrázek 26: Snímací elektronka newvicon (Zdroj:[17])

Elektronické indikátory

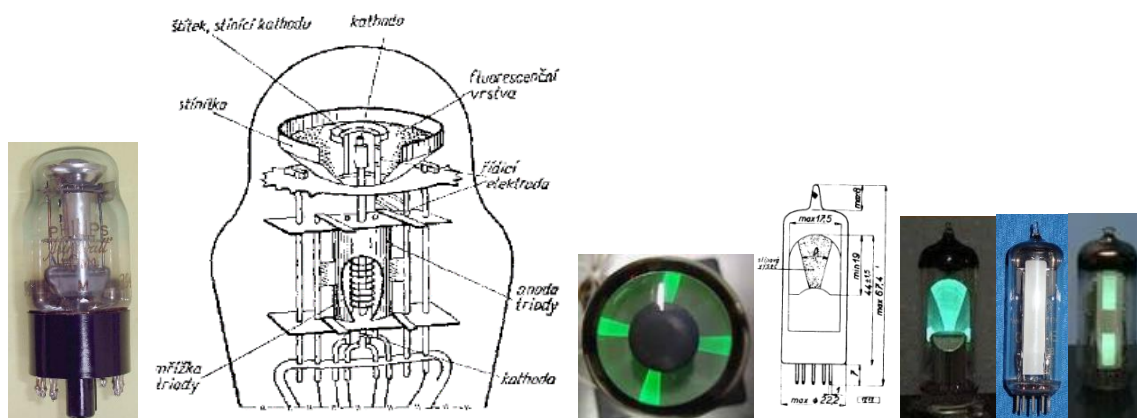
Elektronický indikátor, nebo také ukazatel je elektronka, která má v evropském označení písmeno M. Toto označení nesou magická oka a digitrony.

Magická oka

Magická oka se vyráběla v různých provedeních. Na luxusnějších rozhlasových přijímačích byla k vidění již kolem roku 1936. Užívaly se jako indikátor vyladění. V současnosti se ještě vyrábějí, ale jejich užití v nových zařízeních je spíše jen estetická záležitost. Jejich výhodou je okamžitá reakce na vstupní signál. Oproti soudobým ledkovým bargrafům nepotřebují žádné složité převodníky a rozhodovací úrovně. Magická oka ukazují analogově, spojitě a spolehlivě. V průběhu vývoje rozhlasových přijímačů bylo někdy magické oko sdružené s pentodou NF předzesilovače z důvodu úspory počtu elektronek v rádiu. Je to dobře vidět na schématickém označení elektronek EM11 a EFM11 obrázek 27. Vyráběly se i se systémy zdvojenými pro stereofonní indikaci. V provedení noval jsou i dnes dostupné. Nejčastější provedení magických ok je na obrázku 28.[11]



Obrázek 27: Schématické značení ukazatelů „magických ok“. (Zdroj: [3])



Obrázek 28: Nejčastější provedení magických ok.(Zdroj: [3,16] autor)

Digitrony

Digitrony jsou ukazatele číslic, písmen, nebo symbolů. V dnešní době se v České Republice opět vyrábí. Jejich užití v současnosti je jen estetická záležitost. Evropské značení ZM. Fungují obdobně jako doutnavky. Uvnitř není žhavicí vlákno, pouze zředěný plyn, typicky neon. Jedná se o doutnavku s několika elektrodami ve tvarech číslic, písmen, nebo symbolů obrázek. 29. Tvary elektrod, které digitron obsahuje jsou uvedeny v katalogu výrobce. Každý znak - elektroda je uvnitř v jiné odizolované vrstvě s vlastním vývodem. Proti segmentovým LED, nebo LCD zobrazovačům mají více nevýhod. Hlavními nevýhodami je velké zápalné napětí od 70 V dle typu i přes 160 V a nemají možnost zobrazit jiný znak než je výrobcem osazený. Nesrovnatelná s LED je i mechanická odolnost a hmotnost.

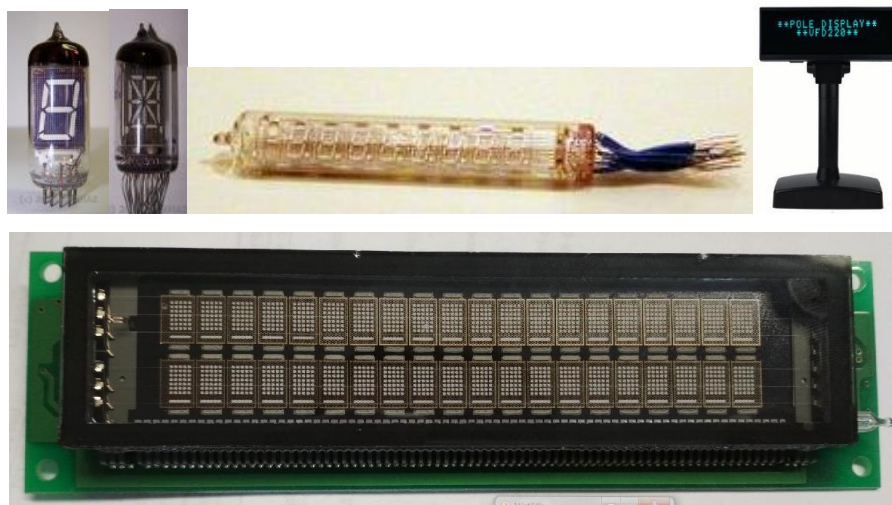


Obrázek 29: Digitrony zobrazující číslice a znaky (Zdroj: autor)

Itrony

Itrony mají žhavicí vlákno a na anodě luminofor. Několik těchto displayů je na obrázku 30. Vyrábí se i velmi složité například u videorekordérů byly vícebarevné a s různými symboly jako vložená kazeta a jiné. Časté jsou i řádkové displaye s bodovou maticí. Nejčastěji se s nimi dá setkat se v zákaznických displayích, HiFi věžích a videorekorderech. Výhodou bylo velké množství

zobrazovaných znaků a symbolů i barevná variabilita. I přes pokrok zobrazovačů jsou tyto stále instalovány do nových výrobků. Itronové zobrazovače nejsou vhodné do aplikací s otřesy. Vlivem svícení intenzita jejich světla slábne.[2]



Obr 30: Itronové zobrazovače: sedmi segmentový, více segmentový, display kalkulačky 8 číslic, zákaznický display, detailní pohled na itron zákaznického displaye. (Zdroj: autor)

Obrazkové ukazatele

Obrazkové ukazatele na obrázku 31. Nepatří u nás mezi běžně vídané elektronky. Každé číslo má obdobně jako digitron vyvedený vstup. K provozu potřebuje zhavení a vysoké anodové napětí. Nejčastěji zobrazovaný znak zanechá po sobě trvalou stopu v luminoforu. Na obrázku 31 je patrné, že „0“ má nasvíceno nejvíce času. Ukazatel na tomto principu vyráběla i firma Telefunken s označením XM1000. [19]



Obrázek 31: Obrazkový ukazatel. (Zdroj: [19])

Vývoj značení elektronek.

Z počátku měl každý výrobce své značení a tak vznikali téměř shodné elektronky s úplně jiným označením. U tehdejší čtyřkolíkové patice triody moc variant změn jejího zapojení nebylo. Vlákno byla katoda a zbylé dva vývody byla mřížka a anoda obrázek 32. Případná další elektroda byla vyvedena na čepičce, nebo boku patice.



Obrázek 32: Čtyř a pěti kolíková objímka elektronky, kolíková elektronka. (Zdroj: autor)

V roce 1934 se většina evropských výrobců dohodla na jednotném značení elektronek. V jiných částech světa zůstalo značení různé. A nebylo tak intuitivní jako evropské. V Evropě bylo značení elektronek před sjednocením v roce 1934 velmi komplikované. Továrny Philips, Telefunken a i jiné byla na našem území. Philips vyráběl koncovou přímožhavenou pentodu H443H. První písmenko byla výrobní série. E měla vyšší výkon a vyšší proud žhavení, než předchozí C 443. Stejná elektronka jako E443h od Telefunkenu nesla označení RES964.[2]

Mimo Evropská značení elektronek

Značení v USA je první číslice zaokrouhlené žhavicí napětí a poslední číslice je počet elektrod. Dva vývody žhavení se berou za jeden. Např. elektronka 6SQ7 je nečekaně duo dioda trioda.

V Rusku zase typ objímky určuje poslední písmenko na konci označení.

P noval

S oktál

L locktal u nás řada 21[2]

Německé staré značení elektronek:

RE Röhre für Empfang - Elektronka pro přijímače

RG Röhre für Gleichrichter - usměrňovací elektronka

RES Röhre für Empfang mit Schirmgitter - Elektronka pro přijímače se stínící mřížkou (Pokud bylo za číslem „d“ měla elektronka na boku matičku pro připojení další elektrody)

REN Röhre für Empfang für Netz betrieob - Elektronka pro přijímače nepřímo žhavená pro síťový provoz

RENS Röhre für Empfang für Netz betrieob mit Schirmgitter - nepřímžhavená (stínící mřížka)

Pokud bylo na konci označení „BY“ bylo zhavicí vlákno navinuté bifilárně.

RV Röhre Verstärker – zesilovací elektronka

Př. RV12P2000 znamenalo: zesilovací elektronka 12 V Pentoda 2000 mA anodová ztráta.

S označením 2001 byla s proměnnou strmostí „selektoda“.

LS Leistung Röhre 50 W anodová ztráta. Koncová elektronka vysílací.

LG Leistung Gleichrichter výkonná usměrňovací elektronka

RS Röhre Sende vysílací elektronka přímožhavená[2]

Sjednocené evropské značení

Po sjednocení značení elektronek v Evropě v roce 1934 prozradilo označení elektronky mnoho údajů.

První písmenko značí způsob žhavení. Hodnoty jsou jmenovité a je nutné je dodržet.

- A Střídavé napětí 4 V
- B Stejnoseměrný proud ze sítě 180 mA
- C Stejnoseměrný nebo střídavý proud 200 mA
- D Oddělené napětí 1,2 V nebo 1,4 V
- E Napětí 6,3 V
- F Napětí 13 V baterie vozidla
- G Střídavé napětí 5 V ze sítě (americká řada)
- H Stejnoseměrné napětí 4 V z akumulátoru
- K Stejnoseměrné napětí 2 V z akumulátoru
- P Střídavý proud 0,3 A
- U Stejnoseměrný nebo střídavý proud 100 mA
- V Stejnoseměrný nebo střídavý proud 50 mA
- Z Studená emise

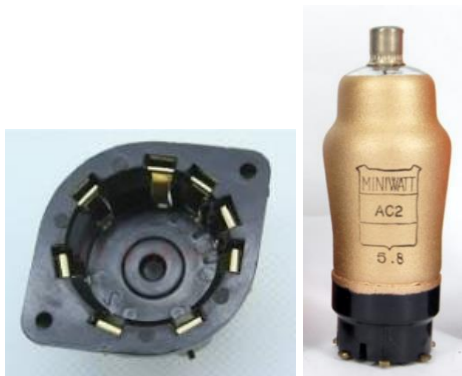
Další písmenka udávají účel elektronky. Pokud je písmenka více jedná se o elektronku sloužící současně k více účelům.

- A Demodulační dioda
- B Dvojitá demodulační dioda
- C Zesilovací trioda
- D Koncová trioda
- E Tetroda
- F Vysokofrekvenční pentoda

- H Hexoda
- K Oktoda
- L Koncová pentoda nebo svazková tetroda
- M Ukazatel
- N Thyatron
- P Elektronový násobič
- O Enneoda (detektor pro FM)
- W Plynová jednocestná dioda
- X Plynová dvoucestná dioda
- Y Vakuová jednocestná dioda
- Z Vakuová dvoucestná dioda[12]

Dále nastupují číslice. Čísla udávají provedení a poslední je typové označení.

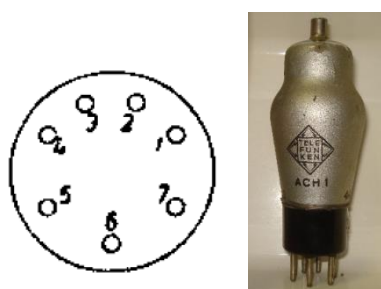
1-9 Až na výjimky jde o elektronky s bakelitovou patičí P s 8 lamelovými vývody s postranními kontakty, obrázek 33.



Obrázek 33: Objímka elektronky a elektronka typu P. (Zdroj: autor)

Naříklad elektronky AK1, ACH1 mají kolíkovou patiči s označením C obrázek 34.

Elektronka ACH1 má podle výrobce nejednotné zapojení vývodů.[2]



Obrázek 34: Objímka elektronky a elektronka typu C. (Zdroj: autor)

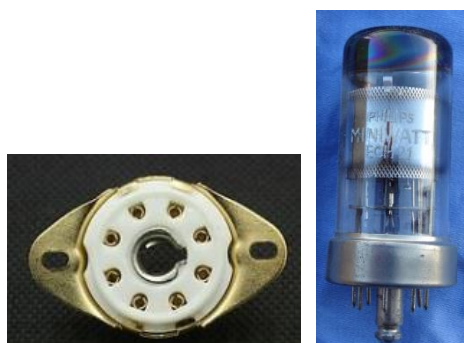
Další výjimkou je usměrňovací elektronky UY1N s paticí oktál, obrázek 37.

10-19 Z počátku kovové později skleněné elektronky s bakelitovou paticí T (5+3 kolíky s klíčem) obrázek 35.



Obrázek 35: Objímka elektronky a elektronka typu T. (Zdroj: autor)

20-29 Celoskleněné elektronky s 8 kolíkovou kovovou paticí se zámkem zvané loctal obrázek 36.



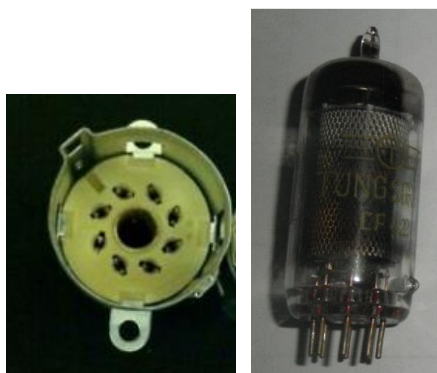
Obrázek 36: Objímka elektronky a elektronka typu loctal. (Zdroj: autor)

30-39 Celoskleněné elektronky s 8 kolíkovou bakelitovou paticí s klíčem zvanou oktál, obrázek 37.



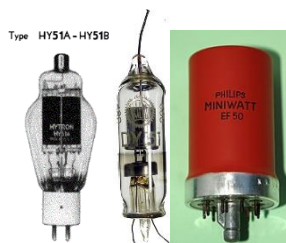
Obrázek 37: Objímka elektronky a elektronka typu octal. (Zdroj: autor)

40-49 Celoskleněné elektronky s 8 drátkovou skleněnou patičí rimlock B8A (Na boku elektronky je výčnělek, který zapadne do drážky na objímce), obrázek 38.



Obrázek 38: Objímka elektronky a elektronka typu rimlock . (Zdroj: autor)

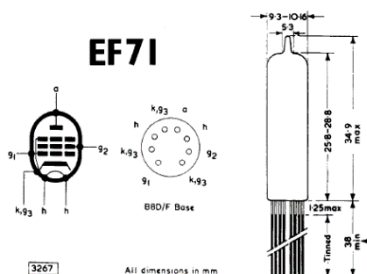
50-59 Zvláštní elektronky různých provedení různých objímek i miniaturní s drátovými vývody, obrázek 39.



Obrázek 39: Příklady odlišností řady 50-59. (Zdroj: [3])

60-69 Opět zvláštní elektronky. Některé podobné řadě 21, ale s patičí s 9 kolíky, jiné zas jen subminiaturní s drátovými vývody.

70-79 Subminiaturní elektronky bez patice s vyvedenými drátky, s označením například: B5A/F, B5B/F, B8D/F, obrázek 40.



Obrázek 40: Subminiaturní elektronka. (Zdroj: [3])

80-89 , 18x , 8xx Elektronky s patičí noval. (Kruh rozdělený na 10 dílků osazen 9 kontakty.)
 Obrázek 41. V ČSSR jsme v padesátých letech minulého století užívali odlišné značení elektronek. Například elektronka Tesla 6L43, je přímou náhradou americké elektronky 6CL6 a nemá v Evropě

přímou náhradou. Význam značení 6L43: 6 = žhavicí napětí [V], L = koncová pentoda, 4 = patice noval, 3 = číslo označení ostatních parametrů v katalogu. Elektronky v novalovém provedení jsou patrně nejrozšířenější, a jsou dostupné dodnes.



Obrázek 41. Objímka elektronky a elektronka typu noval. (Zdroj: autor)

90-99 Elektronky s paticí heptal. (B7G) (Kruh rozdělený na 8 dílků osazen 7 kontakty.) Obrázek 42. Jedná se o miniaturní elektronky z 50. let minulého stol. V ČSSR jsme tehdy užívali odlišné značení jak je patrné na následném obrázku elektronky 6F32, která má evropské označení EF95. Význam značení: 6F32: 6 = žhavicí napětí [V], F = nekoncová pentoda, 3 = patice heptal, 2 = číslo označení ostatních parametrů v katalogu.



Obrázek 42: Objímka elektronky a elektronka typu heptal. (Zdroj: autor)

2xx Elektronky s paticí dekal. Obrázek 43. (Kruh rozdělený na 11 dílků osazen 10 kontakty.) Dekal je patrně nejnovější ze všech provedení elektronek. Výroba začala až v roce 1964. V této době se již vyráběli tranzistorová zařízení. Všechny elektronky byly sdružené. Výhodou dalšího vývoje bylo oddělení jednotlivých systémů. Společné byly jen vývody žhavení Tak bylo možné vsadit i dvě nezávislé pentody do jedné malé elektronky.



Obrázek 43. Objímka elektronky a elektronka typu dekal. (Zdroj: autor)

5xx Elektronky s paticí magnoval, obrázek 44. 9 kolíková větší patice elektronky pro větší výkony a napětí. [10,12]



Obrázek 44: Objímka elektronky a elektronka typu magnoval. (Zdroj: autor)

Existují i jiné objímky elektronek. Většinou pro elektronky speciální, nebo s vyšším výkonem.

Vhodné užití novalových dvojitých triod:

ECC 81 a ECC 85 VF, ale nemá dělené žhavicí vlákno

ECC 82 multivibrátory malé zesílení

ECC 83 NF hustější mřížka než ECC82.

ECC 84 kaskody VF vinutá mřížka

ECC 86 autorádia 12 V na anodě

ECC 88 UHF rámečková mřížka anoda i na 12 V[2]

Přístroj na měření elektronek Tesla BM 215 a BM 215 A

Přístroj na měření elektronek Tesla BM 215 obrázek 45 a BM 215 A obrázek 46.

Konstrukce přístroje: Přístroj je přenosný v kufříkovém provedení. Jde o celokovovou skříň s odnímatelným vrchním kovovým víkem. Ve víku jsou uchyceny měřicí karty, náhradní kolíky, napájecí přívodní kabel a drátové propojky pro případné měření elektronky s dalším vývodem na baňce mimo sokl, nebo elektronky pro niž není osazena objímka. Vlastní přístroj se ukáže po sundání

víka. Na boku přístroje je volič napájecího napětí, pojistky a napájecí konektor. Na vrchní části jsou všechny ovládací prvky potřebné pro měření. Na levé straně je kolíková propojovací mříž, na kterou se mezi dva vyčnívající hroty aretuje karta elektronky.



Obrázek 45: Zkoušeč elektronek Tesla BM215 (Zdroj:upraveno[25])

Přístroj BM 215 A je inovovanou verzí původního přístroje BM215. Obě verze přístroje mají možnost volby síťového napětí 120 V / 220 V. Tento původní byl přepracován. Rozdíl je nejen ve zpracování objímek elektronek. Po inovaci již nebyly osazovány jednotlivě, ale jsou všechny umístěny na jednom bakelitovém obdélníkovém monobloku. Inovovaný přístroj je doplněn o přepínač korekce odchylky nominálního síťového napájecího napětí. To lze nastavit v rozsazích: - 12 %; -8 %; -4 %; 0 %; +4 %; +8 %; +12 %. Dále bylo nově umístěno tlačítko „sít“, jehož stiskem ověříme správnost tohoto nastavení obrázek 48. Ručička měřicího přístroje má ukazovat na rysku se symbolem „~“. Doplnění této funkce zpřesnilo měření. Měřená emise elektronek je značně ovlivněna správným zhavením. Vlastní přístroj je také elektronkový.



Obrázek 46: Zkoušeč elektronek Tesla BM215A (víko je shodné s obrázkem.45) (Zdroj: autor)

Postup při měření elektronky:

Z elektronky, kterou hodláme měřit, přečteme její označení. Ze seznamu karet najdeme číslo karty pro danou elektronku. V případě že jde o sdruženou elektronku je karet víc. Karta se usadí na aretační špičky a „zakolíkujeme se“. Tímto procesem se postupně propojí číslo vývodu objímky s označením elektrody pro zkoušený systém. Další kolíky propojí elektrody s vhodným napětím včetně žhavicího. Poslední kolík určuje proudový rozsah měřicího přístroje.

Pokud není karta k měřené elektronce, je možné s velkou opatrností takto zakolíkovat elektronku podle katalogových hodnot a následně tuto kartu vytvořit. Pro vytvoření můžeme použít předpřipravené bianco karty, nebo užít generátor karet na internetu.

Během vývoje se vyrábělo mnoho typů objímek elektronek. Některými není tento přístroj osazen. Problém vyvstává, pokud není na měřicím přístroji osazena vhodná objímka. Pro měření je potřeba připojit zdířky pomocí propojovacích kabelů na jednotlivé vývody elektrony. Takové elektrony lze měřit jen pomocí propojovacích přívodů. Tyto přívody se také využijí v případě elektrony s vývodem některé z elektrod na baňce.

Měření statických parametrů elektrony.

Nejprve je potřeba podle označení elektrony najít kartu, nebo více karet elektrony. Obrázek 47.



Obrázek 47: Karty k elektronce a elektronka, kterou chceme měřit. (Zdroj: autor)

Elektronka se zasadí do objímky, jejíž číslo je vyznačené na kartě. Karta se nasadí na aretační špičky a do dírek se zasunou kolíky, kterými se vše propojí. V každé řadě smí být jen jeden kolík. Na spodní části karty je obrys stupnice měřidla. Každá karta má určitou část vyznačena černě. Zkontrolujeme Přepínač 110 V / 220 V a polohy přepínačů „VYP“ a „VLÁKNO“.



Obrázek 48: Kontrola nastavení odchylky síťového napětí. (Zdroj: autor)

Po zapnutí přístroje do polohy „ZKRATY“, je potřeba vyčkat jeho nažhavení. Potom zkontrolovat stiskem tlačítka „SÍŤ“ výchylku měřidla do místa se symbolem „~“ obrázek 48. Případně přenastavit. V poloze levého přepínače „ZKRATY“ se postupně otáčí pravým přepínačem, který mění elektrody, mezi kterými má proběhnout měření. Případná výchylka měřidla do červeného pole označuje elektronku jako vadnou. V poloze „VLÁKNO“ indikuje výchylka spálené žhavicí vlákno. Pokud měřidlo vykáže tuto chybu, je elektronka vadná a nemá smysl pokračovat v jejím dalším testování. Případné výjimky jsou uvedeny na kartě. Pravý přepínač se přepne zpět do polohy „VLÁKNO“.

Další měření se již týká jen levého přepínače a měřidla. Přepneme přepínač do polohy „Ia“. Po nažhavení a ustálení asi minutě určí výchylka hodnotu anodového proudu. Výchylka má být v černém poli stupnice na kartě obrázek 49. Dosáhne li výchylka měřidla konce stupnice je potřeba přepnout

přepínač zpět do polohy „NAŽHAV“. V takovém případě je elektronka také vadná.



Obrázek 49: Měření anodového proudu. (Zdroj: autor)



Obrázek 50: Měření strmosti. (Zdroj: autor)

V případě pokračování měření se přepne levý přepínač do polohy „S“ obrázek 50.

Od výchylky měřidla v poloze „Ia“ odečteme výchylku v poloze „S“. Odečítáme na té stupnici, která je určena rozsahem u šipky v pravém dolním rohu karty. Rozdíl obou hodnot je průměrná strmost v [mA/V]. Porovnáváme ji se správnou hodnotou strmosti udanou na kartě v levém dolním rohu ($S = \text{mA/V}$). Strmost se neměří u diod.

Zkouška vakua: Správné vakuum se je určeno neměnicí se výchylkou při přepnutí z polohy „Ia“ do polohy „VAKUUM“. Je-li vadné je výchylka v poloze „VAKUUM“ větší asi o 10 % než v poloze „Ia“. Vakuum se neměří u diod.

Při měření kombinovaných systémů se po přeměření vymění měřicí karta a pokračuje se měřením dalšího, dle počtu. Přístrojem lze zkoušet i indikátory vyladění. Ty se měří pomocí dvou karet. Kontroluje se strmost triody a jas stínítka.[23]

Porovnání elektronek s polovodiči

Elektronky nás stále obklopují. Vymizeli z rozhlasových přijímačů a televizorů i slabších vysílačů, ale jsou schovány jinde. Výjimku tvoří například soudobý retro radiopřijímač osazený elektronkou. Obrázek 51.



Obrázek 51: Retro radiopřijímač osazený elektronkou (zdroj [22])

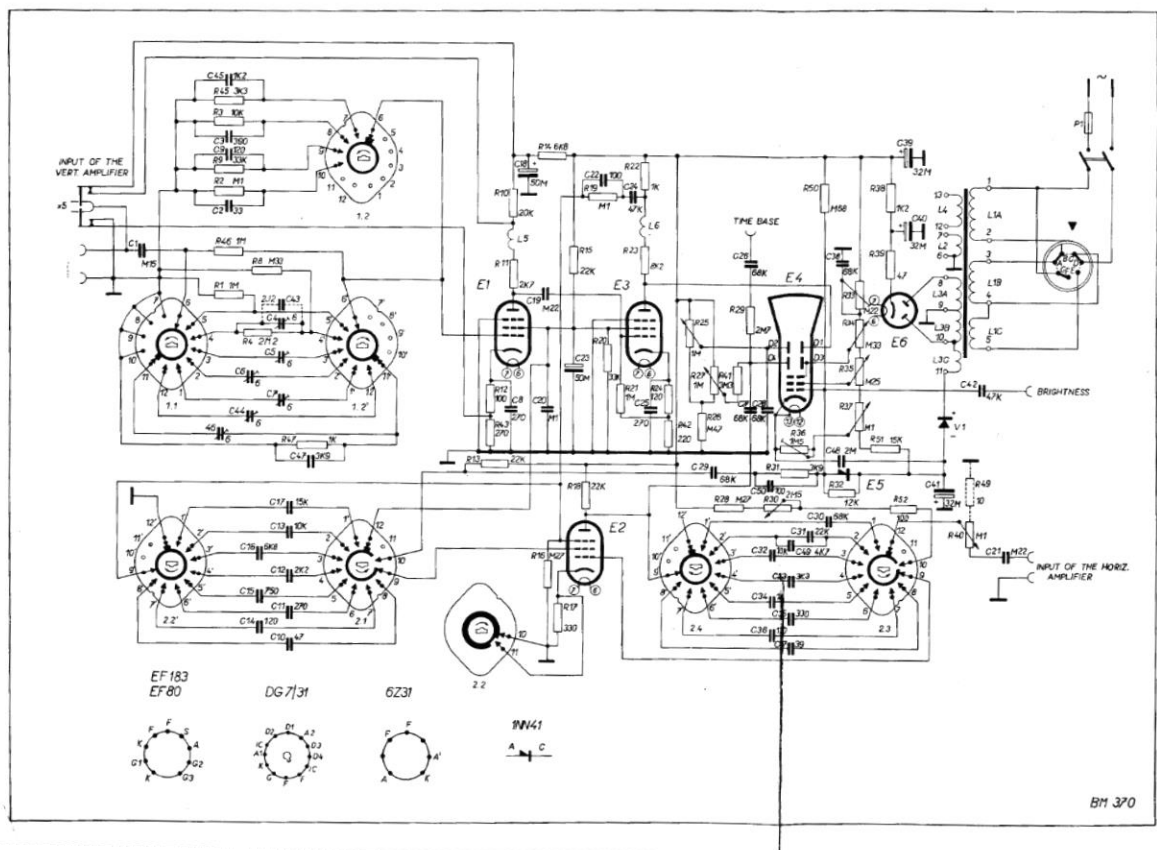
Elektronky jsou stále také populární i mezi zvukaři. Není divu, první polovodičové zesilovače s germaniovými tranzistory, byli zdrojem šumu, zkreslení a nevelké spolehlivosti. S takovým začátkem je snadno opovrhováno i novějšími mnohem dokonalejšími zesilovači. Spálené tehdejší tranzistory vyžadovali po výměně mnohem přesnější nastavení pracovního bodu v rámci své tolerance výrobku a měnily mnohem obtížněji, než elektronky. Nesnesly teplotu nad 100 °C. Mohly být poškozené už přepravou, nebo nesprávným pájením. I přes tyto nevýhody přinesly Germaniové

tranzistory značnou úsporu spotřeby elektrické energie a času, který potřebují elektronky k nažhavení. Také již nebylo potřeba velké anodové napětí. Aparáty byli mnohem lehčí, nepotřebovaly mohutné transformátory a chlazení. Nezvládali však větší otřesy. Výrazná změna k lepšímu nastala s použitím křemíkových tranzistorů. Polovodičové součástky mají malý diferenciální odpor a nevydrží přetížení. Tranzistory mají proti elektronkám krátkou lineární část charakteristiky, proto je potřeba zabránit zkreslení pomocí větší záporné zpětné vazby. Tím zůstávají na přechodových jevech fázová zkreslení, protože jsou všechny zvuky současně superponované. Jestliže se například sejde vysoký tón činelu s nejhlubším bubnem, „Bum“, který si můžeme představit v průběhu signálu jako obdélník, tak záporná zpětná vazba způsobí určité časové zpoždění – fázové zkreslení a tak cinknutí činelu začne nepatrně později. Někteří zvukaři údajně toto zpoždění slyší.[2]

Autor má patrně „pomalé uši“ a toto zpoždění neslyší. Elektronkový zesilovač se v případě poruchy opravuje jednodušeji než soudobý polovodičový ve třídě D.

Elektronkový oscilátor

Elektronkových oscilátorů je mnoho. Při opravě osciloskopu Tesla BM 370 jsem obdivoval jednoduchost s jakou je takový složitý měřicí přístroj vyroben.



Obrázek 52: Schéma osciloskopu Tesla BM 370 (Zdroj :[21])

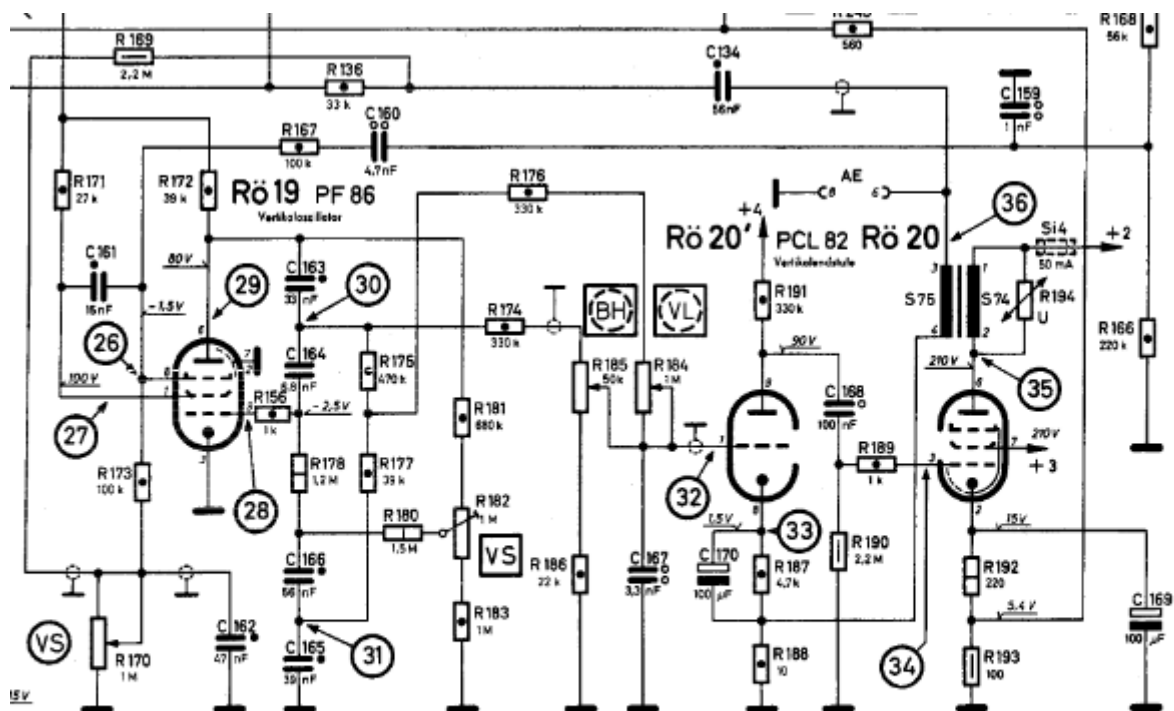
Při pohledu do schématu na obrázku 52 zaujme, že jsou zde pouze dvě elektronky ve vertikálním zesilovači, obrazovka, usměrňovací elektronka a pak ještě jedna pentoda. Ta poslední zmíněná pentoda (E2) je zapojena současně jako oscilátor časové základny a koncový stupeň horizontálního vychylování paprsku obrazovky. Přitom je toto zapojení velice jednoduché. Frekvence se nechá v určitém rozmezí nastavit potenciometrem a pro větší změnu se pomocí přepínače změní kapacity (kondenzátory). Tento oscilátor nemá v zapojení žádné cívky.

Stejný typ oscilátoru byl v televizoru Philips a Jugoslávských dovážených televizorech Nišava a Sáva vyráběných v licenci firmy Philips obrázek 53. Tyto televizory měly takto postavený vertikální rozklad.

Popis funkce oscilátoru

Budicí napětí pro koncový stupeň rozkladu dodává relaxační oscilátor zvaný fantastron. Jeho činnost je založena na vzájemném vztahu mezi anodovým proudem a proudem stínicí mřížky elektronky při poklesu anodového napětí pod určitou mez U_{AK} , danou ohybem anodové mřížky, přičemž součet jejich velikostí je konstantní. Poklesu anodového napětí je dosaženo vybíjením kondenzátoru C164 přes obvod řídicí mřížky elektronky. Vybíjením kondenzátoru se snižuje záporné předpětí mřížky, anodový proud stoupá a snižuje se napětí na anodě. Tento pokles napětí se opět kondenzátorem přenáší do obvodu mřížky. Dosáhne-li anodové napětí hodnoty U_{AK} , prudce poklesne anodový proud a stoupne proud stínicí mřížky. Tento vzrůst je doprovázen poklesem napětí na stínicí mřížce, který se přenáší kondenzátorem C161 do obvodu mřížky brzdící mřížce zcela uzavře cestu anodovému proudu. Tím se však zvýší napětí na anodě, ale dokud se kondenzátor C161 nevybije, anodový proud nemůže protékat. Během této doby se mřížkový kondenzátor C164 opět nabije mřížkovým proudem na napětí zdroje. Celý děj se lavinovitě opakuje.

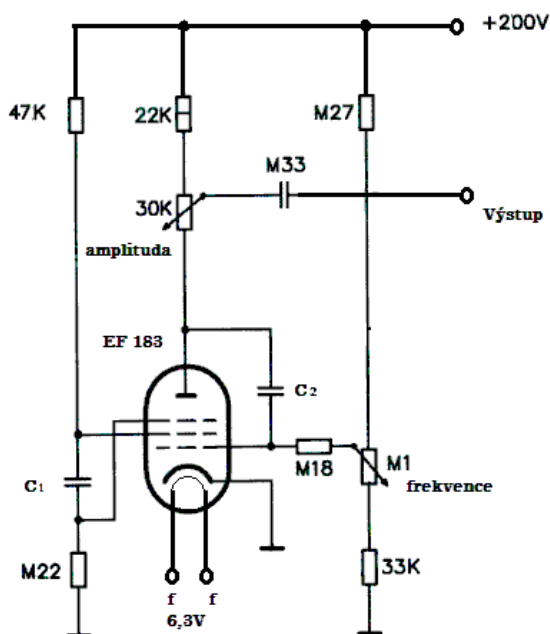
Kmitočet oscilátoru lze měnit nejenom velikostí nabíjecího napětí nebo kondenzátoru, ale i přidavným napětím na řídicí mřížce (kladné polarity) nebo na mřížce brzdící (záporné polarity). Jemnějšího ovládání kmitočtu lze dosáhnout napětím na brzdící mřížce.[9]



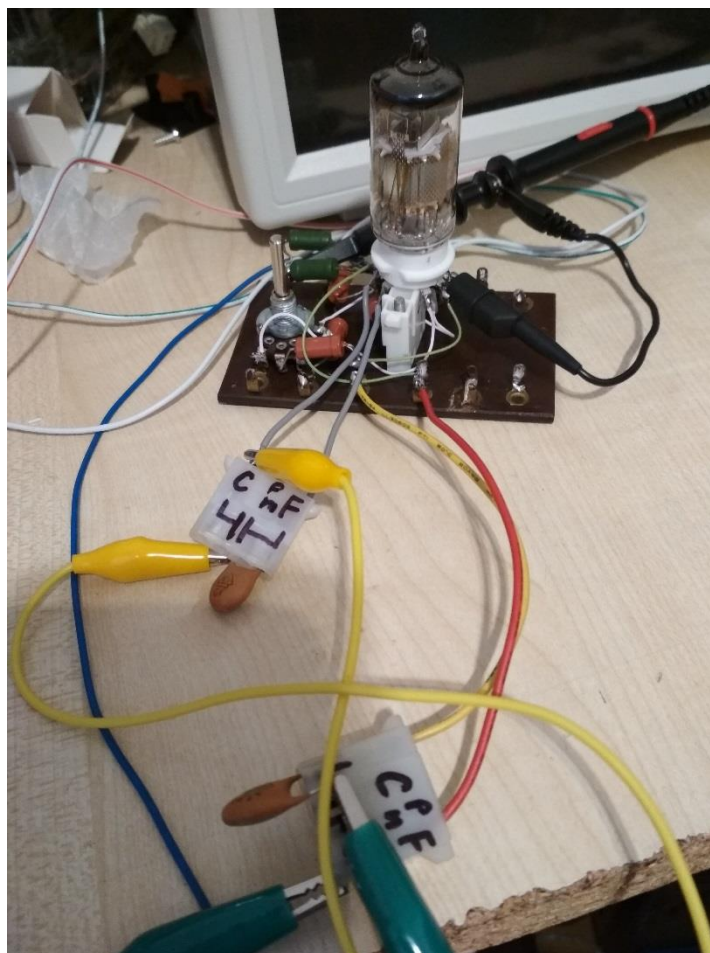
9 59 Z 287 21 TD 251 A -00/(-04)

Obrázek 53: Schéma vertikálního rozkladu TV Philips 21TD251A (Shodné jako licenčně vyráběná TV Sáva) (Zdroj:[14])

Oscilátor fantastron



Obrázek 54: Schéma oscilátoru fantastron (Zdroj: autor)



Obrázek 55: Zkušební zapojení oscilátoru z obrázku 54. (Zdroj: autor)

Měření na elektronkovém oscilátoru.

Oscilátory se dělí na oscilátory s pevným kmitočtem a s měnitelným. Za nejpřesnější lze považovat pevné krystalové oscilátory, kde v malé plechové krabičce je spolu s krystalem několik součástek, které udržují konstantní parametry.

Jinak je tomu u popisovaného elektronkového oscilátoru s nastavitelným kmitočtem. Schéma zapojení je na obrázku 54 a vyfocen je na obrázku 55. Každý pokus, je ovlivněn svým okolím. Tento neodstíněný oscilátor mění frekvenci a amplitudu již při pouhém přiblížení ruky. Již malá změna kapacity jej rozladí. Standardně v zapojení jsou rušivé vlivy stabilní, a tak nezpůsobují náhlé chyby. Případně se používá stínění nejen pro součástky, ale i pro elektronky. Dobře je to vidět např. na vstupních dílech televizorů, dokud ještě byly stavěny jako superheterodiny. To bylo v období let 1956 až 2010. Mnou měřený oscilátor nemá pevný kmitočet. Jeho kmitočet lze v určitém rozmezí měnit potenciometrem. Hrubou změnu lze provést změnou kapacit kondenzátorů C_1 a C_2 . V zapojení monitoru je kmitočet stabilizován synchronizačním impulzem přivedeným do druhé mřížky elektronky. Tím se případná odchylka frekvence stabilizuje.

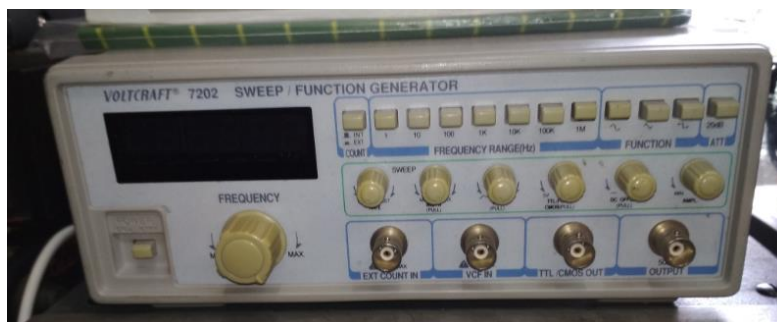
V dřívějších dobách se používaly pro měření frekvence různé přístroje. Dnes je běžné použít čítač obrázek 57, nebo digitální osciloskop obrázek 58.

Absorpční vlnoměr byl pasivní přístroj, který fungoval na principu rezonance obrázek 56. Měření tímto zařízením ovlivňuje výsledky vzájemnou indukčností. Jeho sonda byla toroidní a nasazovala se na měřený obvod. Na přístroji byl přepínač rozsahů, ladící kondenzátor a indikátor, který se vychýlil při rezonanci.



Obrázek 56: Absorpční vlnoměr Tesla (Zdroj: autor)

Frekvenci lze snadno změřit čítačem. Obrázek 57



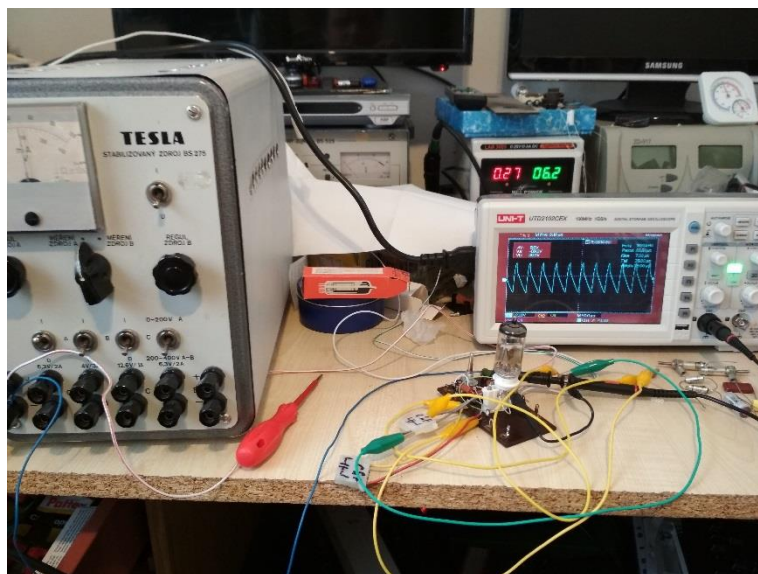
Obrázek 57: Generátor s funkcí čítače. (Zdroj: autor)

Tvar průběhů je možné vidět na osciloskopu. Obrázek 58.



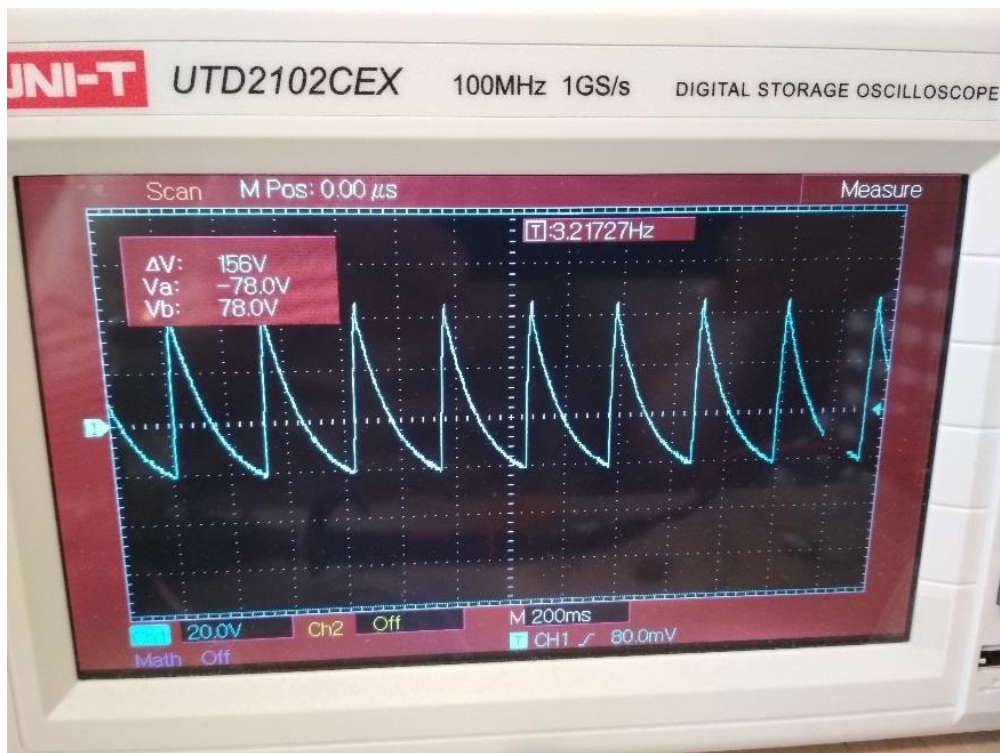
Obrázek 58: Zobrazení průběhu na osciloskopu. (Zdroj: autor)

Měření je vždy ovlivněno měřidlem. Pro měření jsem užil digitální osciloskop. Sonda zvýší vnitřní odpor osciloskopu na 10 M Ω . Umístění rezistoru přímo v sondě snižuje ovlivňování oscilátoru. Měření osciloskopem jsem prováděl na napět'ovém děliči anodového rezistoru. Na tomto místě je oscilátor ovlivněn nejméně. U monitoru jsem na tomto místě odebíral signál pro obrazovku a další zesilovací stupeň. Ten měl mít pilový průběh. Obrázek 59.

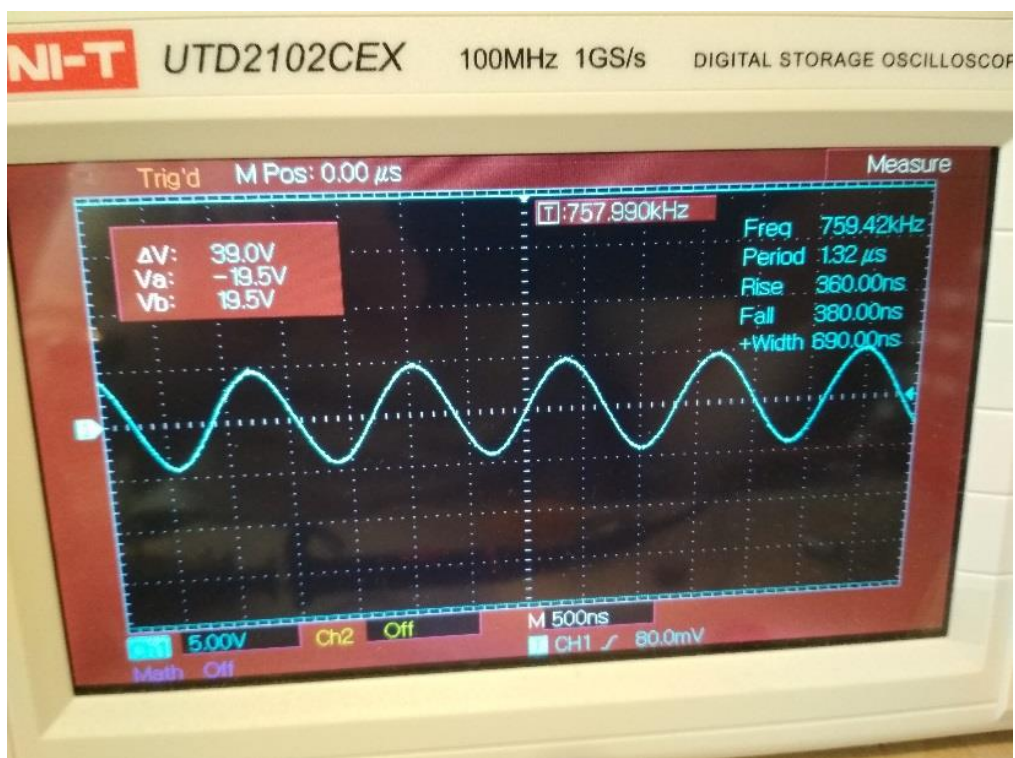


Obrázek 59: Průběh měření na oscilátoru (Zdroj: autor)

Měření rozsahu kmitočtů zkušebního oscilátoru a zobrazené výsledky měření přímo na LCD osciloskopu. Nízký kmitočet 3,2 Hz je na obrázku 60. Nejvyšší dosažený se zkoušenou elektronikou EF 80 je na obrázku 61. Naměřené hodnoty digitálním osciloskopem mimo tvaru průběhu jsou: napětí mřížky průběhu, frekvence, perioda, doba vzestupu a doba pádu průběhu. Zkoušené elektronky byly dvě: EF 80 a EF 183. Elektronka EF183 dosáhla v tomto zapojení kmitotu 1 MHz. Obě měřené elektronky mají shodné zapojení vývodů.



Obrázek 60: Měření na oscilátoru, nízká frekvence, průběh pila, největší amplituda. (Zdroj: autor)



Obrázek 61: Měření na oscilátoru, vysoká frekvence, průběh sinus, nejmenší amplituda, zapnuté měření. (Zdroj: autor)

část by byla zbytečná. Analogové televizní vysílání bylo ukončeno v roce 2008 a tak by bylo zbytečné zabývat se vysokofrekvenční (VF) částí. Při použití set top boxu, nebo převodní redukce digitálního signálu na kompozitní signál stačilo postavit jen monitor s kompozitním video vstupem a nízkofrekvenční (NF) zesilovač s NF vstupem.

Výběr součástek

Ke stavbě bylo potřeba mít k dispozici staré změřené a fungující elektronky. Při hledání použitelných elektronek, jsem se zastavil v roce 1936. V této době již elektronky zvládly zpracovat signál o kmitočtu větším než 1 MHz. Zaujala mne tehdejší novinka „rudá série“ obrázek 63 od firmy Philips. Tehdy měli čerstvě elektronky jednotné evropské značení a vyráběli se již nepřímo žhavené. Zmíněné elektronky mají žhavicí napětí 6,3 V a žhavicí proud jen 200 mA. Příkon žhavení každé elektronky je 1,2 Wattu. Což bylo ve své době velkým pokrokem a úsporou. Starší elektronky byly cenově násobně dražší. Během účastí na několika burzách se povedly nashromáždit elektronky i lamelové objímky pro zbývající elektronky.



Obrázek 63: Elektronky „rudá série“ Philips a odpovídající objímka. (Zdroj: autor)

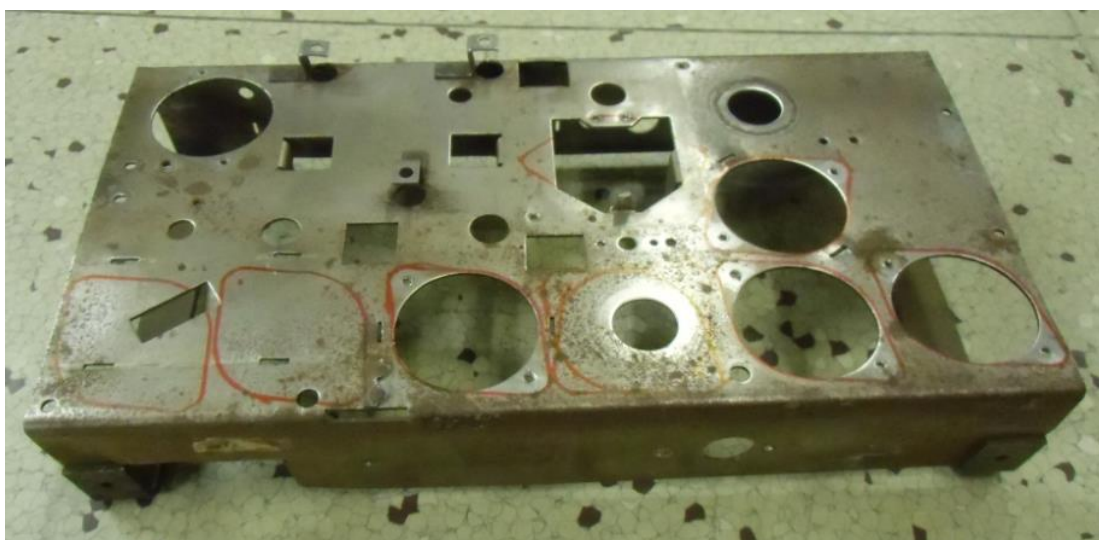
Známý měl na půdě vrak starého rádia, který byl těmito objímkami osazen obrázek 64.



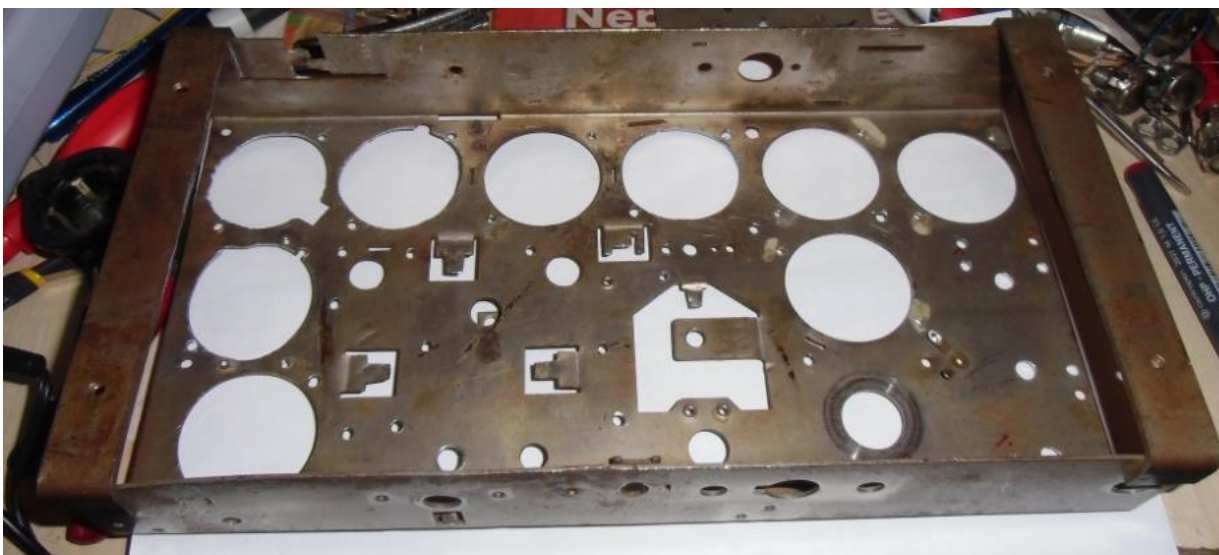
Obrázek 64: Vrak rádia, budoucí šasi monitoru. (Zdroj: autor)

Po identifikaci se jednalo o Rádio Telefunken Gala Koncert z roku 1935. Žalostný stav předurčil další využití. Odstrojil jsem celé šasi, očistil jej a připravil na novou stavbu obrázek 65.

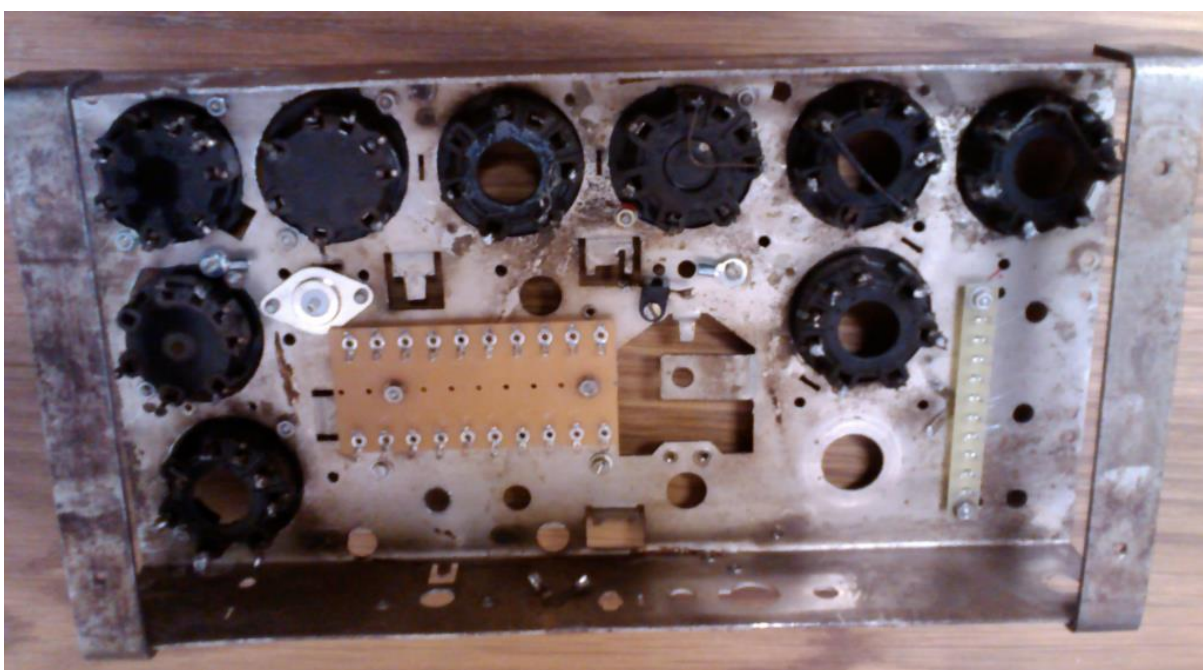
Monitor bude potřebovat více elektronek, než rádio a tak došlo k mechanickým úpravám obrázek 66.



Obrázek 65: Úpravy šasi pro větší počet elektronek pohled shora. (Zdroj: autor).



Obrázek 66: Úpravy šasi pro větší počet elektronek pohled ze zdola. (Zdroj: autor)



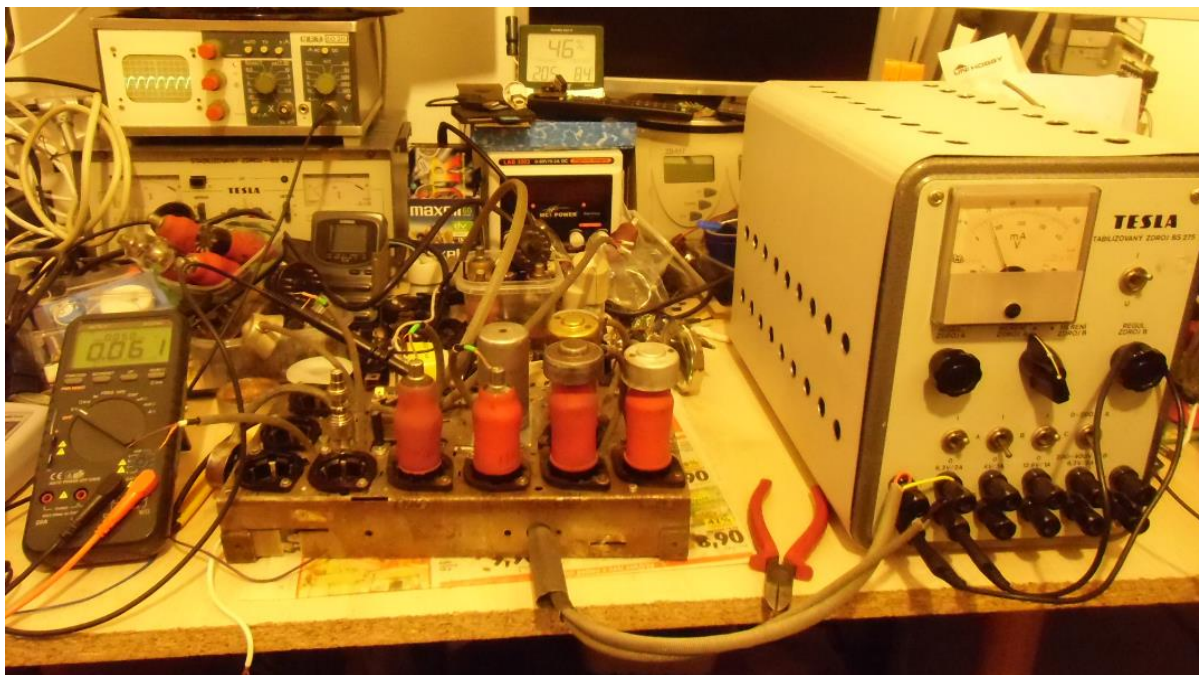
Obrázek 67: Osazení objímek pro elektronky a pájecích lišt. (Zdroj: autor)

Popis zapojení

Celé zapojení nemělo obsahovat žádné cívky. Kondenzátory mimo velkých elektrolytických přišroubovaných k šasi jsem užil nové. Mnohem menší, než dobové. Předpokládal jsem, že se na šasi vejde vše mimo napájecího transformátoru obrázek 67. Konstrukce nebyla tak snadná, jak to celé ze začátku vypadalo. Vlastní zapojení vycházelo z kombinace různých přístrojů. Výsledné zapojení obsahuje víc elektronek, než jsem původně chtěl osadit. Částečně je dáno potřebami větší obrazovky. Užitá obrazovka v monitoru má užitečný průměr stínítka 13 cm. Což je oproti 7 cm v osciloskopu

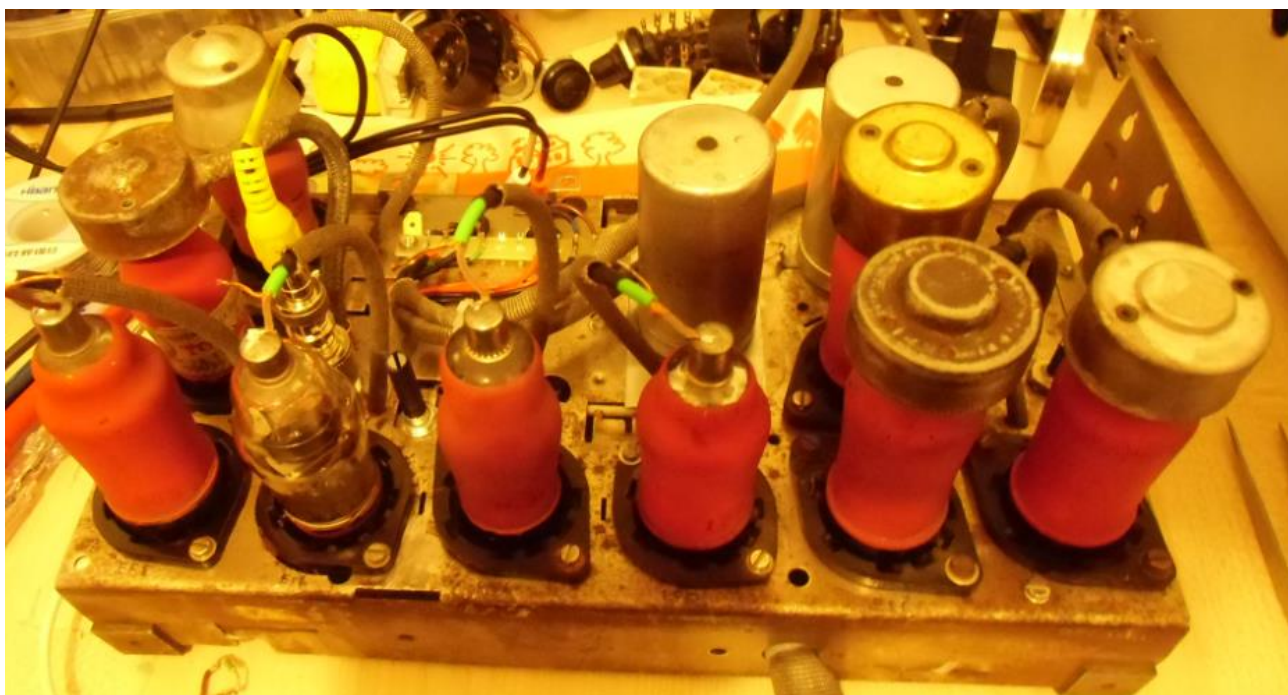
BM370 a TV Antonína Rambouska skoro dvojnásobek. Nejprve jsem řešil oscilátory. Z osciloskopu se mi zalíbilo zapojení fantastron, který nepotřebuje žádný transformátor ani cívku. Tento oscilátor je nasazen jak pro snímkový, tak i pro řádkový rozklad. Potřeboval jsem, aby byl paprsek vychýlen přes celý průměr obrazovky a na to už jen jedna velmi stará pentoda nestačila. Bylo potřeba oběma rozkladům ještě přidat další zesilovací elektronky. U horizontálního rozkladu je při zasyntionizování frekvence 15625 Hz. Oproti vertikálnímu, kde je frekvence jen 50 Hz. Vyšší frekvence na fantastronu znamená menší amplitudu a tak horizontální rozklad nakonec dostal ještě dvě triody. Každá zesiluje průběh pro jednu vychylovací destičku obrazovky. Vertikální rozklad je doplněn o druhou pentodu obrázek 68. Průběhy z anod těchto pentod jsou přes nastavovací potenciometry vedeny na vychylovací destičky. Synchronizační impulzy ze separátoru, který je osazen pentodou, jsou přiváděny do druhých mřížek pentod oscilátorů. Zapojení separátoru vychází ze zapojení užívaných v televizoru Tesla 4001a. Synchronizační směs je odebírána z katodového RC členu obrazového zesilovače. Video vsup je impedančně přizpůsoben rezistorem 75 Ohmů a zesílen triodou. Větší obrazovka potřebovala větší vysoké napětí a tak je zapojena obdobně jako u osciloskopu Křížík T565. Kde katoda má záporné napětí získané z kaskádního násobiče. Mnou užitá obrazovka je však ještě větší a potřebovala napětí ještě větší. A tak je zapojena mezi dva kaskádní násobiče s kladným a záporným napětím. Napájení monitoru zajišťují dva síťové transformátory. Větší z přijímače Tesla Chorál a malý s oddělenými kostřičkami vinutích pro žhavení obrazovky. Větší transformátor je zapojen odlišně než v původním rádiu. Není ukostřen střed vinutí, ale konec. Tím získávám na druhém konci napětí 700 V, ze kterého se pomocí kaskádních násobičů získává vysoké napětí. Malý transformátor je použit pro žhavení obrazovky, jejíž katoda je má napětí -1700 V.[5]

Proces oživování

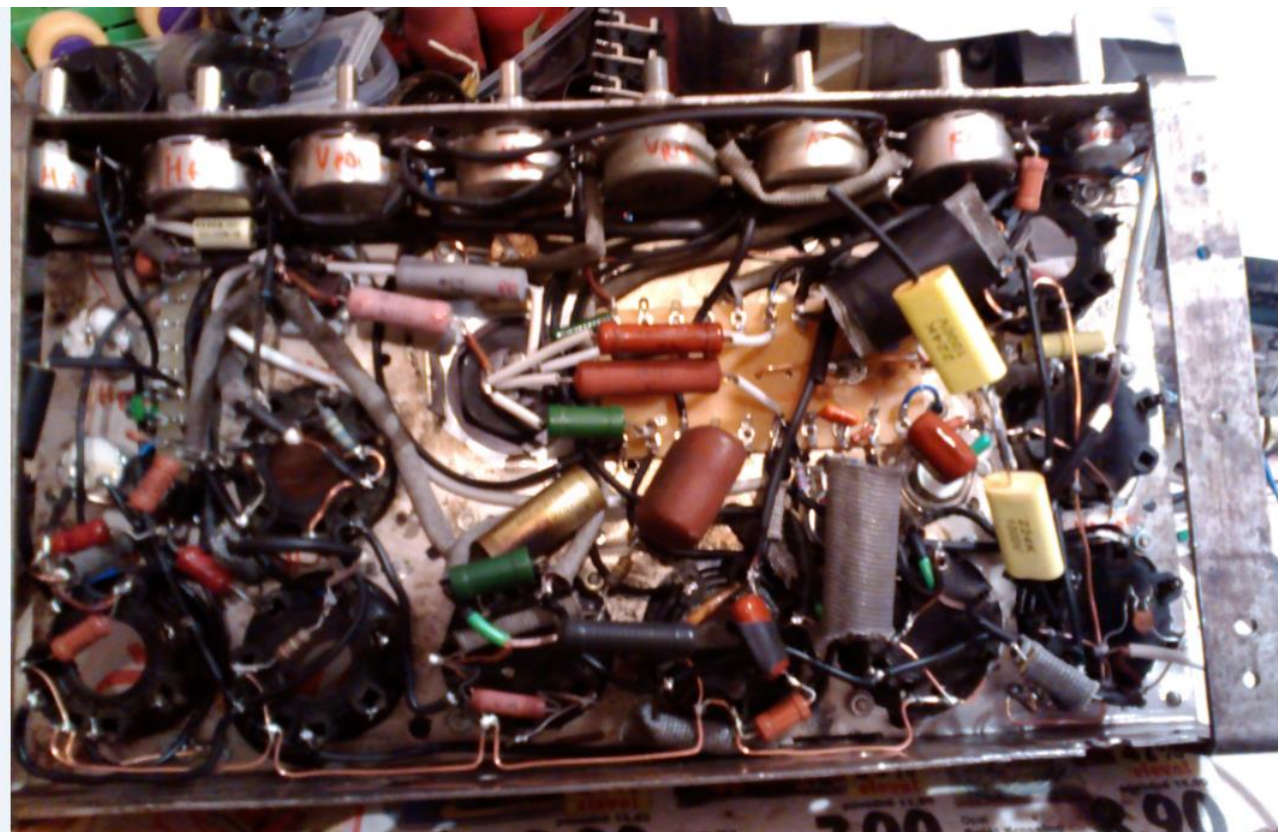


Obrázek 68: Průběhu stavby oscilátorů. Na osciloskopu je patrný průběh oscilátoru. (Zdroj: autor)

Náhle se ukázala další komplikace. Teletext je vysíláný ve zpětném běhu a žádné z amatérských zapojení z padesátých let s tím nepočítalo. Nedivil jsem se, neboť provoz teletextu začal u nás až koncem osmdesátých let. Bylo potřeba vždy na tento čas průběhu zatlumit jas. A tak do zapojení přibyla další trioda. Myšlenka mít vše na jednom šasi musela být změněna. Šasi začalo být plně obrázek 69 a 70. Přitom ještě nebyl postaven nízkofrekvenční zesilovač a zdroj.

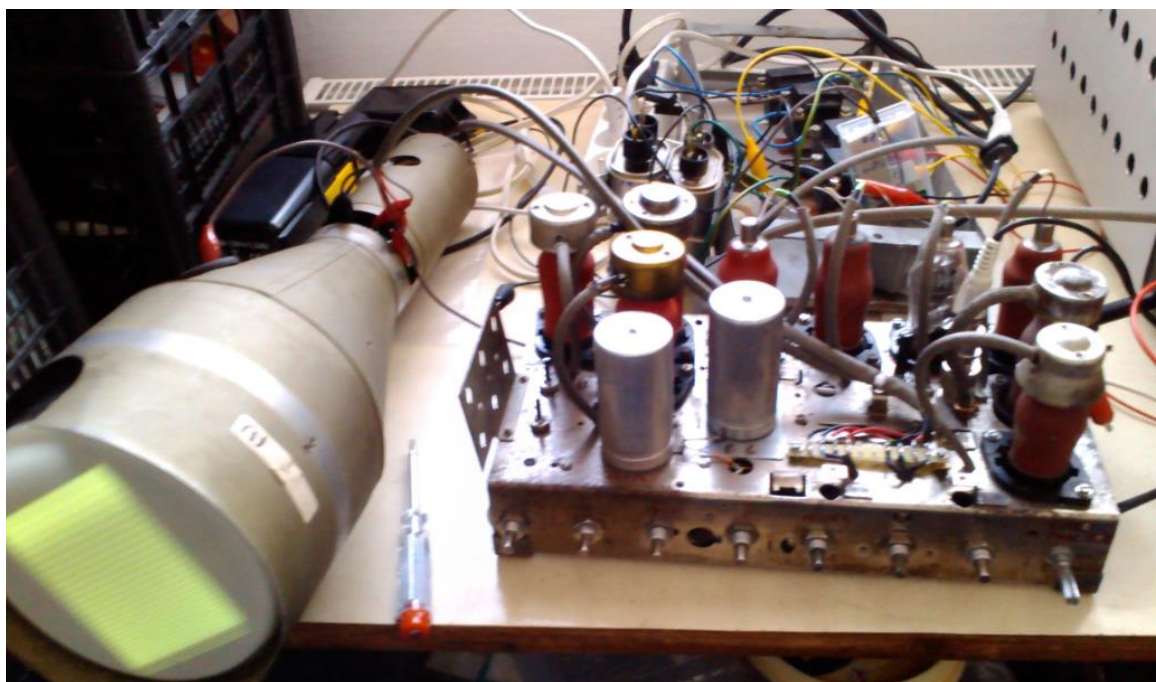


Obrázek 69. Pohled na šasi seshora (Zdroj: autor)

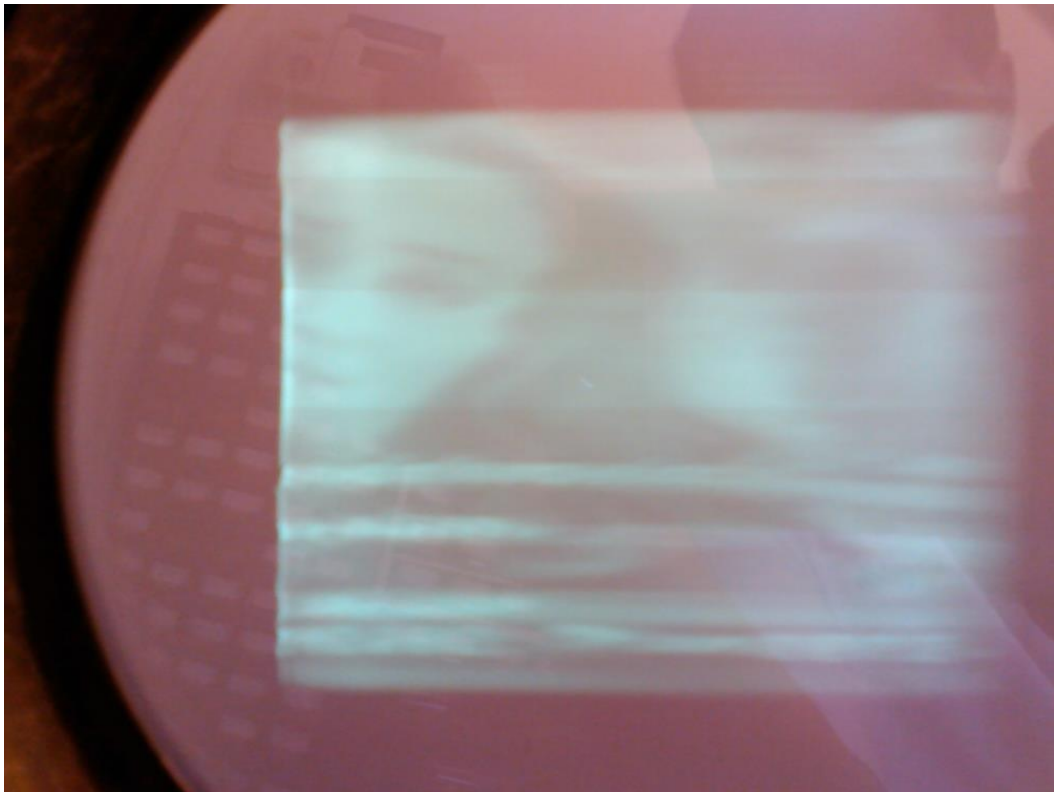


Obrázek 70. Pohled na šasi zezdola (Zdroj: autor)

Na obrázcích 71 a 72 jsou vidět první záběry nesladěného chodu monitoru.

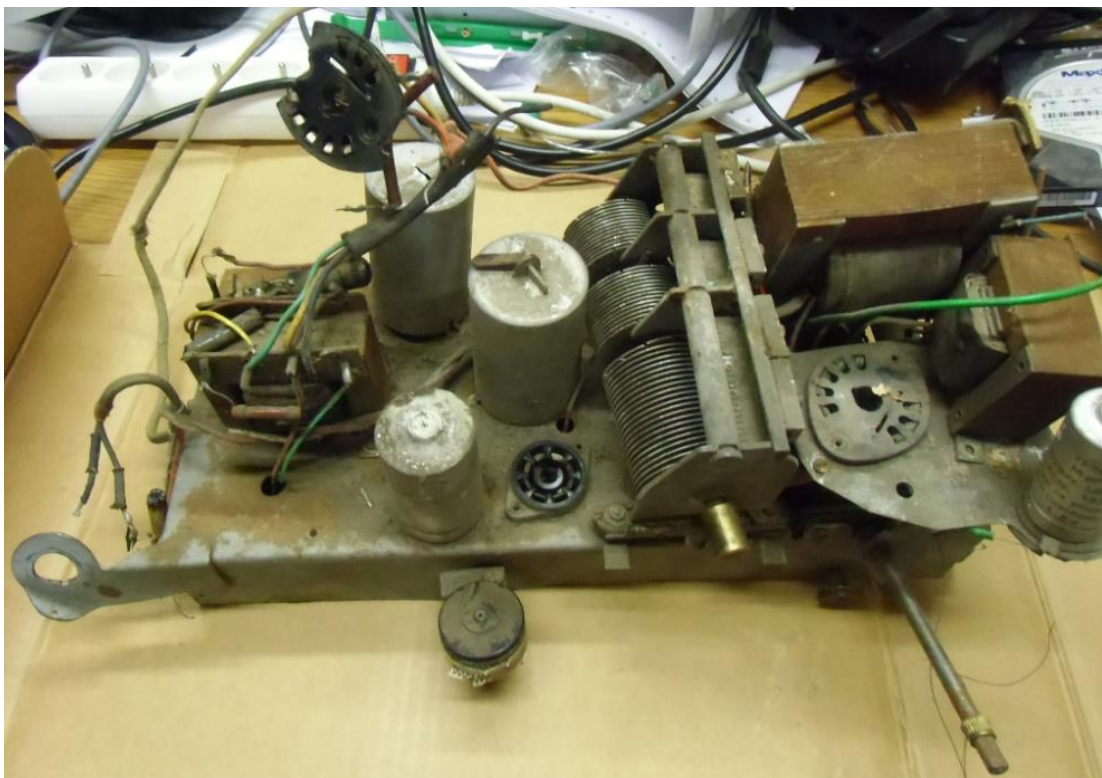


Obrázek 71: Rozsvícení obrazovky. Zdoje: BS275 a provizorní vysonapěťový. (Zdroj: autor)



Obrázek 72. Poprvé zobrazen obrazový signál. (Zdroj: autor)

Další vývoj stavby byl druhý vrak rádia. Tentokrát to už byl novější přístroj s Loctalovými elektronkami obrázek 73.



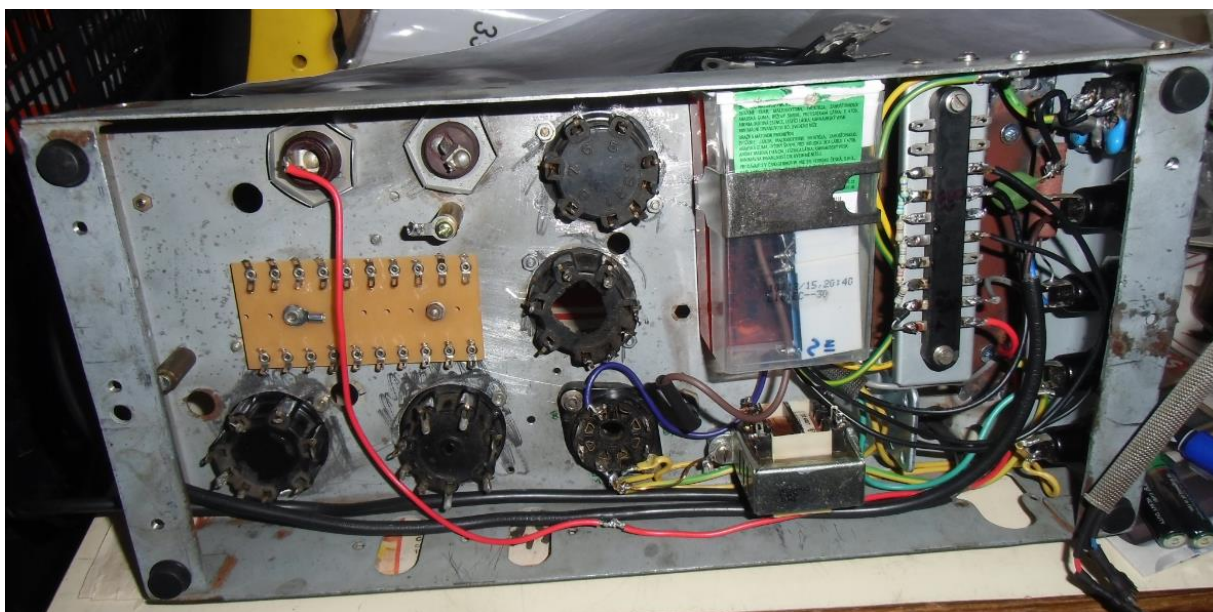
Obrázek 73: Vrak rádia, budoucí zdroj a NF zesilovač. (Zdroj: autor)

Opět jsem odstrojil celé šasi, očistil a připravil na novou stavbu zdroje obrázek 74.



Obrázek 74: Pohled na druhé odstrojené šasi. (Zdroj: autor)

Toto šasi mělo novější elektronky, jejichž objímky byly menší. Bylo potřeba upravit díry pro budoucí starší objímky. Velká díra v šasi po ladícím kondenzátoru se hodila pro síťový transformátor. Průběh osazování zdroje je na obrázku 75. Celá sestava (osazena jen obrazová část) je na obrázku 76.



Obrázek 75: Průběh osazování druhého šasi. Prozatím jen zdrojová část bez NF zesilovače. (Zdroj: autor)



Obrázek 76: Pohled na sestavu - monitor (Zdroj: autor).



Obrázek 77: Pohled na obraz, připojen set top box. (Zdroj: autor).

Osazení bloků a nastavovací prvky obrázek 79:

NF zesilovač: EBC3, EL2 , Hlasitost.

Obrazový zesilovač: EBC3, EF6, pracovní bod, kontrast.

Separátor: EF6, pracovní bod.

Vertikální rozklad a zesilovač: EF6 kmitočet, rozměr, EF6 posuv.

Horizontální rozklad a zesilovač: EF6 kmitočet, rozměr, EBC3 posuv vlevo, linearita, EBC3 posuv vpravo linearita.

Zatmění zpětných běhů: EBC 3 bez regulace.

Obrazovka DG13-54: jas, fokus, astigmatizace.

Zdroj: 13 x dioda 1N4007, vysoké napětí

Konstrukce skříně monitoru

Další částí konstrukce byla stavba skříně. Tak začalo vymýšlení budoucího tvaru monitoru. Postup je na obrázku.80.



Obrázek 80: Měření rozměrů budoucí skříně. (Zdroj: autor).

Základ tvoří konstrukce z latí a přední plechový ovládací panel. Ten původně sloužil jako transportní příslušenství obalu váhy Tonava TLA5 obrázek 81.



Obrázek 81: Postup konstrukce skříně monitoru. (Zdroj: autor).

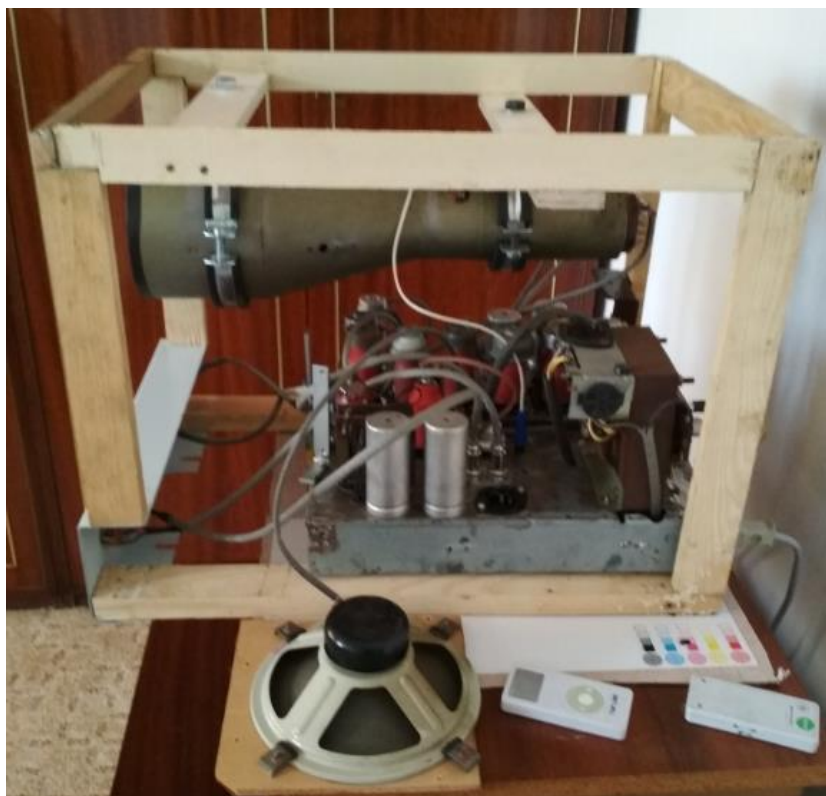
Osazování skříně.

Vše bylo dobře vyměřeno a tak šasi i obrazovka do skříně dobře zapadly, obrázek 82.



Obrázek 82: Postupné osazování skříně. (Zdroj: autor).

Obrazovka je uchycena třmenem v kónusu. Kónus obrazovky je uchycen pomocí spon topenářských trubek za horní část skříně. Toto a vnitřní uspořádání je vidět na obrázku 83, 84, 86 a 87.



Obrázek 83: Boční pohled do osazené nezakryté konstrukce skříně. (Zdroj: autor).



Obrázek 84: Zadní pohled do osazené nezakryté konstrukce skříně. (Zdroj: autor).

Zakrytí skříně

Zakrytí konstrukce skříně obnášelo výrobu přední masky, bočnic, zad a vrchní části. Průběh je na obrázku 85. Všechny tyto díly bylo potřeba nejprve vyrobit z papíru. Levý bok je vyroben z plexiskla. Ostatní boky a vrch, jsou zakryty tenkým sololitem. Přední deska je překryta ozdobnou látkou.



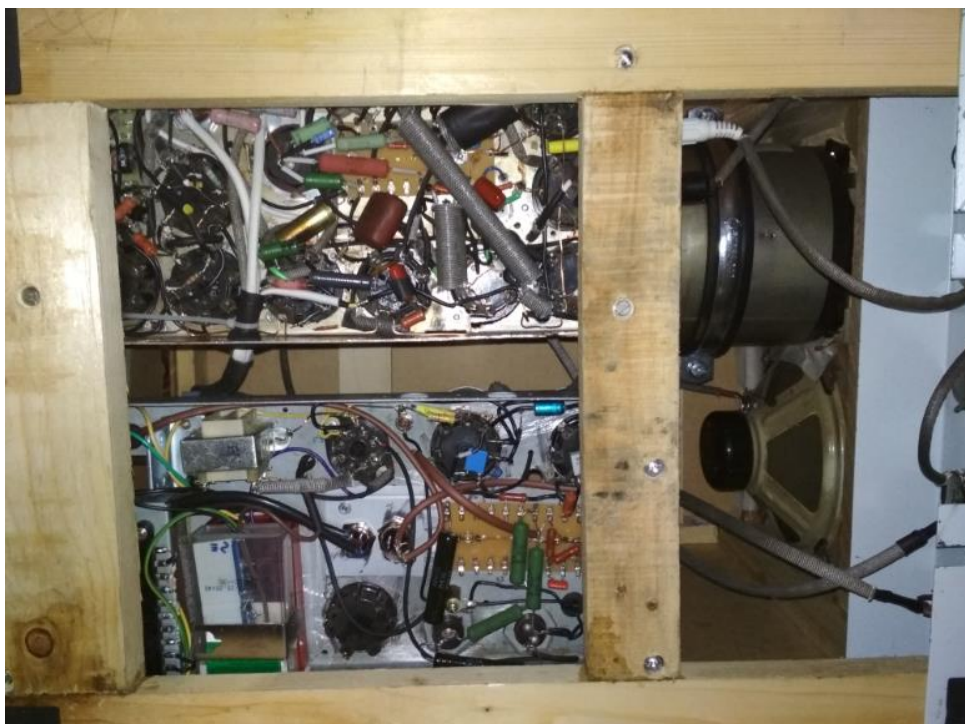
Obrázek 85: Výroba zakrytí konstrukce. (Zdroj: autor)

Monitor

Náročná stavba dospěla do svého konce



Obrázek 86. Boční pohled vnitřní uspořádání a boční ovládací prvky. (Zdroj: autor).



Obrázek 87. Dolní pohled vnitřní uspořádání. (Zdroj: autor).

Na obrázku 88 je hotový monitor a pohled uspořádání dšech vnějších ovládacích prvků.



Obrázek 88: Uspořádání všech vnějších ovládacích prvků. (Zdroj: autor).

Monitor v provozu s připojením k počítači je na obrázku 89.



Obrázek 89: Monitor v provozu připojen na počítač. (Zdroj: autor).

Celkové osazení je 12 elektronek a příkon 45W

Závěr

Práce v úvodní teoretické části přináší stručný přehled základných typů elektronek používaných ve sdělovací technice. Popsána je dioda, trioda, tetroda, pentoda, heptoda, hexoda, oktoda, obrazovky, snímací elektronky a elektronkové ukazatele. V rámci praktické části bakalářské práce byl sestrojen oscilátor, který má pilový průběh a lze regulovat v rozsahu kmitočtů, které jsou potřebné pro 50 Hz vychylování obrazovky. I pro řádkový rozklad 15625 Hz. Zapojení fantastron nebylo před II. Světovou válkou známé a tak jsem jej zkusil i na mnohem starší elektronce EF6. z roku 1936 a Oscilátor také fungoval. Při realizaci stavby monitoru bylo mnoho komplikací. Řešil jsem jak získat vysoké napětí. Feritová jádra tehdy ještě nebyla a vinout VN transformátor na 50 Hz jsem nechtěl. Další komplikací bylo čím VN usměrnit. Selenové usměrňovače už existovali, ale na usměrnění VN by byl tento usměrňovač příliš rozměrný. Vzhledem k situování konstrukce do roku 1936 už nebylo k dispozici dostatečné množství elektronek s potřebnou emisí. Velmi špatně se sháněla koncová elektronka do NF zesilovače. Tu jsem nakonec pořídil až ve Zlíně. Použité elektronky mají vývod první mřížky umístěn na vrcholu. I přes snahu se nepovedlo obstarat pro všechny stejné čepice. Monitor má velké množství nastavovacích prvků - potenciometrů a na všechny bylo potřeba pořídít jednotné bakelitové knoflíky. Konečným problémem byla sama obrazovka. Měla příliš zelený obraz a malou ostrost paprsku. Vhodnější se povedlo pořídít v Praze. Seřízení horizontální linearity obrazu nebylo také jednoduché. Žádná zapojení s malou obrazovkou to neřešila. Rámeček obrazovky byl také dilema. Obrazovka je kruhová a v tehdejší době se kruh nechával přiznaný. Nakonec se na burze povedlo zakoupit obdélníkový rámeček. Při konstrukci skříně bylo upevnění šasí stejné, jako v původním rádiu. Inspirace s upevněním obrazovky z konstrukcí sériově vyráběných televizorů však nepřišla. Nápad na použití držáků trubek se nakonec osvědčil. Monitor funguje a úspěšně plní účel, pro který byl sestrojen.

Citace:

- [1] MELUZIN, Hubert. *Rádiotechnika*. 1. Bratislava: svtl, 1962. Odborné příručky Práce.
- [2] RÝPAR, Vratislav. *Historický radioklub československý*. Osobní sdělení, 2019
- [3] *Electron Tube Data sheets* [online]. [cit. 2019-08-20]. Dostupné z: <http://tubedata.milbert.com/>
- [4] KOTTEK, Eduard. *Československé rozhlasové a televizní přijímače: určeno opravářům a konstruktérům rozhlasových a televizních přijímačů a radioamatérům*. 2. vyd. Praha: SNTL, 1964. Řada elektrotechnické literatury.
- [5] BRADÁČ, Vladimír. *Předválečná televize*. *Radio Journal*. Č.R., 2015, (86).
- [6] MELUZIN, Hubert. *Populárna Rádiotechnika*. Bratislava: Práca, 1951. Odborné příručky Práce.
- [7] LANGE, Heinz a Heinz NOWISCH. *Empfänger schaltungen BAND VI*. Leipzig, 1955.
- [8] ČESKÝ, Milan. *Rádce televizního opraváře: určeno pracovníkům televizních služeb, učňům, radioamatérům a posluchačům odborných škol*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1963. Řada elektrotechnické literatury.
- [9] HODINÁR, Karol a Miroslav STUDNIČNÝ. *Zahraniční rozhlasové a televizní přijímače*. Praha: SNTL, 1969. Řada elektrotechnické literatury.
- [10] ZUZÁNEK, Jaroslav a Jiří DEUTSCH. *Československé miniaturní elektronky 3: určeno pro konstruktéry, techniky a opraváře elektronkových zařízení*. Praha: SNTL, 1960. Řada elektrotechnické literatury slaboproudé.
- [11] TRŮNEČEK, Jiří. *Kvalifikační příručka radiotechnika*. Praha: Práce, 1971. Učební texty Práce.
- [12] BRUDNA, Zdeněk a Josef POUSTKA. *Přehled elektronek: určeno pro techniky slaboproudého průmyslu*. 1. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1956. Elektrotechnická literatura slaboproudá.
- [13] RAMBOUSEK, Antonín. *Amaterský televizní přijímač se čtyřmi elektronkami*. *Amatrské rádio*. Praha, 1953,(9)
- [14] *Radiomuseum* [online]. [cit. 2019-09-15]. Dostupné z: https://www.radiomuseum.org/r/philips_leonardo_spezial_automat_2.html
- [15] *Technický popis a návod k údržbě televizních přijímačů Tesla 4001A, 4001 A-b, 4001 A-c, 4002*. 1. Praha: Tesla, 1953.
- [16] *Jak funguje magické oko* [online]. [cit. 2019-06-10]. Dostupné z: <http://pjenicek.sweb.cz/radio/navodyj1/mgoko1.htm>
- [17] *PANASONIC S4102 NEWVICON HIGH Sensitivity Camera Tube D650433* [online]. [cit. 2019-11-25]. Dostupné z: <https://www.amazon.com/PANASONIC-NEWVICON-Sensitivity-Camera-D650433/dp/B07KQCC9XZ>
- [18] *Tesla BM 215A návod k použití*. Brno: Tesla.
- [19] *Ziffern- und Zeichenanzeigen - Die XM 1000* [online]. [cit. 2019-12-11]. Dostupné z: Zdroj:<http://www.jogis-roehrenbude.de/Roehren-Geschichtliches/Nixie/XM1000.htm>
- [20] VÍT, Vladimír. *Televizní technika*. Praha: SNTL, 1979. Řada elektrotechnické literatury.
- [21] *Tesla BM 370* [online]. Brno [cit. 2019-07-20]. Dostupné z: <http://www.olderadio.cz/meraky/bm370.pdf>
- [22] *Elektronkový radiopřijímač Orava RR-2* [online]. [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://www.mall.cz/radia/orava-rr-23?tab=reviews>
- [23] *Tesla BM 215* [online]. Brno [cit. 2019-07-20]. Dostupné z: <http://www.olderadio.cz/meraky/bm215.pdf>
- [24] *Konstrukce triody* [online]. [cit. 2019-08-21]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektronka#/media/Soubor:Triode_tube_schematic.svg
- [25] *Zkoušeč elektronek Tesla BM215, funkční s kartami* [online]. [cit. 2019-08-29]. Dostupné z: <https://aukro.cz/zkousec-elektronek-tesla-bm215-funkcni-s-kartami-6952959492>

Seznam obrázků

- 1 Přímo žhavená dioda
- 2 Nepřímo žhavená dioda
- 3 Nepřímo žhavená oddělená dioda
- 4 Rtuťová usměrňovací výbojka
- 5 Přímožhavená dvojtá dioda.
- 6 Obvyklé zapojení zdroje s dvoucestným uměrnovačem.
- 7 Zapojení části zdroje televizoru Tesla 4001a s dvoucestným usměrňovačem dvou napětí.
- 8 Nepřímo žhavená dvojtá dioda.
- 9 Trojitá dioda
- 10 a) Schématická značka přímo žhavené, nepřímo žhavené, dvojitě stíněné triody a kombinací trioda dvou dioda a trioda troj dioda. b) Konstrukce nepřímožhavené triody
- 11 Schématické značení tetrod: Přímo žhavená, nepřímo žhavená katoda je spojena s vláknem, nepřímo žhavená.
- 12 Schématická značka pentody, pentody s dvou diodou, pentody s triodou, a dvoj pentody
- 13 Schématická značka hexody
- 14 Schématická značka heptody
- 15 Schématická značka oktody
- 16 Osvědčená kombinace směšovací elektronky Trioda – hexoda (ECH3) (vlevo) a Trioda heptoda (ECH81) (vpravo)
- 17 Obrazovka s elektrostatickým vychylováním s jedním elektronovým systémem a s dvěma systémy.
- 18 Schématické označení jedno paprskové obrazovky s elektrostatickým vychylováním
- 19 Rozmístění cívek na hrdle velmi staré televizní obrazovky s elektromagnetickým vychylováním a ostřením bodu s iontovou pastí Tesla 25QP20.
- 20 Umístění vychylovací jednotky na hrdle černobílé televizní obrazovky.
- 21 Schématické značení černobílé obrazovky.
- 22 Vychylovací jednotka na hrdle barevné televizní obrazovky typu delta.
- 23 Porovnání typů barevných obrazovek.
- 24 Schématické značení barevné obrazovky
- 25 Snímací elektronky super ortikon (nahore) a plumbikon (dole)
- 26 Snímací elektronka newvicon
- 27 Schématické značení ukazatelů „magických ok“.
- 28 Nejčastější provedení magických ok.
- 29 Digitrony zobrazující číslice a znaky
- 30 Itronové zobrazovače: sedmi segmentový, více segmentový, display kalkulačky 8 číslic, zákaznický display, detailní pohled na itron zákaznického displaye.
- 31 Obrazovkový ukazatel.
- 32 Čtyř a pěti kolíková objímka elektronky, kolíková elektronka.
- 33 Objímka elektronky a elektronka typu P.
- 34 Objímka elektronky a elektronka typu C.
- 35 Objímka elektronky a elektronka typu Y8A.
- 36 Objímka elektronky a elektronka typu loctal.
- 37 Objímka elektronky a elektronka typu octal.
- 38 Objímka elektronky a elektronka typu rimlock.
- 39 Příklady odlišností řady 50-59.
- 40 Subminiaturní elektronka.
- 41 Objímka elektronky a elektronka typu noval
- 42 Objímka elektronky a elektronka typu heptal
- 43 Objímka elektronky a elektronka typu dekal.

- 44 Objímka elektronky a elektronka typu magnoval
- 45 Zkoušeč elektronek Tesla BM215
- 46 Zkoušeč elektronek Tesla BM215A
- 47 Karty k elektronce a elektronka, kterou chceme měřit.
- 48 Kontrola nastavení odchylky síťového napětí.
- 49 Měření anodového proudu.
- 50 Měření strmosti
- 51 Retro radiopřijímač osazený elektronkou
- 52 Schéma osciloskopu Tesla BM 370
- 53 Schéma vertikálního rozkladu TV Philips 21TD251A
- 54 Schéma oscilátoru fantastron
- 55 Zkušební zapojení oscilátoru z obrázku. 54
- 56 Absorpční vlnoměr Tesla
- 57 Generátor s funkcí čítače
- 58 Zobrazení průběhu na osciloskopu
- 59 Průběh měření na oscilátoru
- 60 Měření na oscilátoru, nízká frekvence, průběh pila, největší amplituda.
- 61 Měření na oscilátoru, vysoká frekvence, průběh sinus, nejmenší amplituda, zapnuté měření.
- 62 Schéma televizoru od Antonína Rambouska.
- 63 Elektronky „rudá série“ Philips a odpovídající objímka.
- 64 Vrak rádia, budoucí šasi monitoru.
- 65 Úpravy šasi pro větší počet elektronek pohled shora.
- 66 Úpravy šasi pro větší počet elektronek pohled ze zdola.
- 67 Osazení objímek pro elektronky a pájecích lišt.
- 68 Průběhu stavby oscilátorů. Na osciloskopu je patrný průběh oscilátoru.
- 69 Pohled na šasi seshora
- 70 Pohled na šasi zezdola
- 71 Rozsvícení obrazovky. Zdoje: BS275 a provizorní vysonapět'ový
- 72 Poprvé zobrazen obrazový signál
- 73 Vrak rádia, budoucí zdroj a NF zesilovač
- 74 Pohled na druhé odstrojené šasi
- 75 Průběh osazování druhého šasi. Prozatím jen zdrojová část bez NF zesilovače.
- 76 Pohled na sestavu – monitor
- 77 Pohled na obraz, připojen set top box
- 78 Schéma autorádia Philips 260
- 79 Blokové schéma monitoru
- 80 Měření rozměrů budoucí skříně
- 81 Postup konstrukce skříně monitoru.
- 82 Postupné osazování skříně
- 83 Boční pohled do osazené nezakryté konstrukce skříně.
- 84 Zadní pohled do osazené nezakryté konstrukce skříně.
- 85 Výroba zakrytí konstrukce
- 86 Boční pohled vnitřní uspořádání a boční ovládací prvky
- 87 Dolní pohled vnitřní uspořádání
- 88 Uspořádání všech vnějších ovládacích prvků
- 89 Monitor v provozu připojen na počítač.