

Od krystalky k SSB
Průvodce stavbou vlastní radioamatérské stanice
Napsal Frank W. Harris, K0IYE

3850 Pinon Drive
Boulder, Colorado 80303-3539

(c) Frank W, Harris 2004, Rev 09

Kapitola 1

Okouzlení rádiem

Rádio umožňuje kontakt na nesmírné vzdálenosti bez přímého fyzického spojení, které by mohlo být vnímáno našimi smysly. Moderní způsob, jak vysvětlit tajemství rádiových vln je, že jde prostě o druh světla, které nevidíme našima očima. Pro ty z nás, kteří propadli krátkým vlnám je to říše plná dobrodružství, kterou je třeba prozkoumat. Když posloucháme signály z našich přijímačů, je to srovnatelné s použitím [Hubbleova teleskopu](#) při zkoumání vesmíru. Krátké vlny jsou vzrušující hlavně tím, že nikdy nemůžeme přesně předpovědět, co vlastně uslyšíme. Může to být rozhlasová stanice ze vzdálené exotické země. Můžeme zachytit signál SOS z potápějící se lodi v bouři, nebo informaci o počasí z radioamatérské stanice na ostrově Pictairn Island. Hned příští večer může být ten samý kmitočet naprosto prázdný, kromě dvou amatérů z opačné strany města, kteří diskutují o včerejším sportovním utkání. Také můžeš zachytit šifrovanou zprávu určenou pro tajného špiona čekajícího ve tvé zemi.

Nedělám si legraci. Běžně poslouchám takové kódované zprávy sestavené ze skupin písmen na amatérských pásmech 10,1 a 28,1 Mhz. Šifry jsou obvykle vysílány v morseově abecedě, ale někdy je možné slyšet hlas předčítající skupiny písmen. Občas to ženský hlas zakončí slovy: „Děkuji za dekodování této zprávy“. Jelikož amatéři mají zakázáno používat šifrování, nebo způsoby modulace které nemohou být snadno dekodovány, je tato komunikace minimálně nelegální.

Ano, je pravda, že krátké vlny již nejsou tak životně důležité pro světové dění, jako byly kdysi. Ale pro toho, kdo má alespoň trochu rád romantiku a dobrodružství mají, a stále budou mít své kouzlo. Tato kniha je o tom, jak využít amatérské rádio k tomu, abychom mohli znova v dnešní době prožít dobrodružství dávných časů rádia. Je také zároveň učebnicí elektroniky a vysokofrekvenční techniky. Pokud budeš schopen prokousat se touto knihou, zůstane pro tebe krátkovlnné rádio stále okouzlující, ale již ne záhadné.

Admirál Byrd na Jižním pólu.

Krátké vlny mě poprvé zaujaly, když jsem četl knihu [Admirála Byrda](#) o jeho poslední expedici do Antarktidy. Práce Admirála Byrda byla vypravovat expedice na průzkum zemských pólů. Jediným zdrojem financí pro tyto expedice byl prodej knížek a dotace od sponzorů, kteří doufali, že tím zviditelní své zboží. Aby Byrd dostal tyto granty, musely jeho expedice vzbudit veliký zájem veřejnosti a tím vytvořit dostatečnou reklamní hodnotu. Najít nové vzrušující cíle, které by zaujaly veřejnost, bylo s každou další výpravou stále těžší. Výzkum hornin, ledovců a tučňáků byl sice důležitý z vědeckého hlediska, pro veřejnost však příliš zajímavý nebyl. Byla čtyřicátá léta minulého století, a všechny zajímavé kousky, jako třeba dojití

na severní, nebo jižní pól byly vykonány desítky let předtím.

Na jeho poslední expedici do Antarktidy Byrd založil základnu na pobřeží, stejně jako všechny předchozí velké expedice. Avšak úspěch u veřejnosti měl s tím, že si vybudoval druhé, mnohem menší stanoviště v „ledové čepici“ stovky mil směrem na jih od pobřeží. Pokusil se strávit Antarktickou zimu sám, v jeho malé kabině pod sněhem úplně izolovaný od okolního světa v chladu a tmě. Jeho jediný způsob spojení se základnou na „Malé Americe“ a s okolním světem byl pomocí rádia a Morseovy abecedy. Tato miniaturní základna neměla v podstatě žádný velký význam. Snad jen to, že poskytovala zajímavé zprávy o počasí. Na druhou stranu opravdu vzbudila zájem veřejnosti. Kdo by nebyl uchvácen příběhem člověka který prochází tvrdou zkouškou sám, úplně izolován, stovky mil od ostatních lidí. Bylo to jako kdyby byl totálně sám vysazen na Měsíci.

Byrdovy zprávy byly přes jeho velkou základnu přeposílány dále do celého světa. Jako kluk jsem byl jeho „osamělou hlídkou“ fascinován. Představoval jsem si že to je jako být na měsíce zavřený mimo náš svět. Ve své fantazii jsem viděl Byrda zabaleného ve své kožešinové bundě, jak se krčí nad malým stolem a poslouchá nebo vysílá morseovku. Tóny morseovy abecedy přicházely do jeho sluchátek a on zapisoval jejich význam. Jeden znak za druhým. Dekódované zprávy se objevovaly v jeho zápisníku. Slovo za slovem. Nervózně si pohrával s tužkou. „Bylo to C nebo K?“, ptal se sám sebe. Rychle zahnal úvahy pryč a pokračoval v zapisování dalších znaků. Dumání nad jedním písmenem může znemožnit příjem celé věty. Telegrafní operátor se musí naučit soustředit na celý řetězec znaků a ne se zdržovat jedním písmenem. Po několika týdnech ve zmrzlém vězení začal Byrd trpět bolestmi hlavy, nucením ke zvracení, slabostí, a zmateností. Bylo stále těžší a těžší rozumět jeho zprávám a jeho tým na Malé Americe byl čím dál více znepokojen. Byrd to nevěděl, ale byl pomalu zabíjen kyslíčnickem uhelnatým, který se uvolňoval z topení v jeho kabině. Nakonec, když byl jeho stav již zoufalý, jeho posádka se vydala stovky mil sněhem, zimní tmou, skučícím větrem a při teplotě hluboko pod nulou aby ho zachránila.

Vyrůstal jsem v době konce věku Morseovy abecedy

Ještě po roce 1960 byla [Morseova abeceda](#) stále běžně používána jak komerčně tak vojensky. Jelikož morseovka měla jakýsi exotický zvuk, rozhlasové zprávy byly běžně uváděny kouskem morse kódu. Pokud rychle opakujeme slovo „NEWS“ v morseově abecedě, vytvoří to příjemnou, rytmickou frázi která se dobře hodí k hudební znělce Hollywoodského stylu. Posluchači často předpokládali, že zprávy z druhého konce světa musely přijít v morseově abecedě, ačkoliv ve skutečnosti její význam slábne již od třicátých let minulého století.

Morseova abeceda pro radiokomunikaci v anglickém jazyce.

„Čárky“ jsou třikrát delší než „tečky“

A _ . G _ . . M _ . . S . . . Y _ . . .
B _ . . . H N _ . T _ Z _ . . .
C _ . . . I . . O _ . . U . . .
D _ . . J . _ . . P . _ . . V . . .
E . K _ . . Q _ . . . W . _ .
F L . _ . . R . _ . . X _ . .

Číslice a běžně používané speciální znaky

1 . _ . . . 3 5 7 _ . . . 9 _ . . .
2 . _ . . . 4 6 _ . . . 8 _ . . . Ø(nula) _
(, čárka) _ (, tečka) . _ . . . (/ lomítko) _

Když jsem byl dítě, můj nejbližší kamarád byl Garth McKenzie. S amatérským rádiem mě poprvé seznámil jeho otec Alexander („Mac“) McKenzie. Macova volací značka byla W2SOU a jeho stanice byla umístěna ve výklenku v jídelně. Byla čtyřicátá léta a tak mělo jeho prvotřídní zařízení matně černý hliníkový panel 22 palců široký, 8 palců vysoký a bylo umístěno ve vysoké skříni, jak bylo tehdy zvykem. Ovládalo se tajemnými černými knoflíky s podivnými nápisy jako „grid drive“, nebo „loading“. Stupnice měřicích přístrojů měly popisky do oblouku jako třeba „S-meter“ nebo „plate current“.

McKenzi-ovi měli chatu nahoře v New Hampshire. Paní McKenziová a děti trávili většinu léta v této chatě. Pokud Mac mohl, jezdil za nimi do New Hampshire o víkendech, ale většinou byl se svou rodinou v kontaktu jenom pomocí rádia. Jeho přítel pan Henny bydlel nedaleko chaty McKenziových. Pan Henny byl také radioamatér a měli s Macem pravidelně každou sobotu ráno rozhovor pomocí Morseovy abecedy, neboli „CW“ (continuous wave), jak tomu dneska říkáme. Jakmile jsem se doslechl o těchto Macových pravidelných spojeních, hned jsem toužil uvidět ho při této činnosti. Dorazil jsem do McKenziova domu v dohodnuté době. A skutečně, přesně ve stanovený čas se v praskání objevila morseovka. Mac zapisoval písmena do poznámkového bloku. Koukal jsem se mu přes rameno a zíral jsem na hrot jeho tužky. Byl jsem hypnotizován posloucháním kódu a sledováním jak se slova a věty objevovaly na papíře. Bohužel, nerozuměl jsem ani jedinému písmenku, které Mac vysílal, takže mne jednostranná konverzace začala brzy nudit. Přes to všechno měla pro mne morseovka tajemný nádech a já jsem byl chycen.

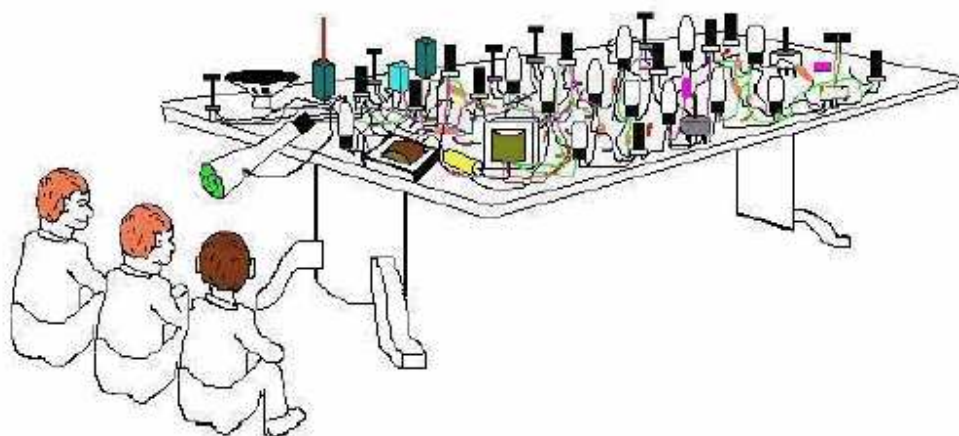
Mezi ostatním zařízením v Macově radio shacku byl také „[Loran set](#)“. Loran bylo zařízení pro dálkovou navigaci, něco jako tehdejší (1950) verze dnešní GPS ([Global Positioning System](#)). Mac mi ukázal jak se tím dají zjistit zeměpisné souřadnice na malé zelené osciloskopické obrazovce. Ta miniaturní kulatá obrazovka měla pouze 2-3 palce v průměru a vykukovala z jednoho z těch černých 22 palců širokých panelů. Mac si to postavil prostě jen tak pro zábavu. Loran byl určen pro použití na lodích a dům McKenziových se těžko mohl někam pohnout.

Radost z toho, že si to vyrobím sám.

Pro mne, coby osmiletého kluka bylo tehdy těžko představitelné, že bych mohl dostat radioamatérskou licenci (povolání k vysílání) a že bych si mohl dovolit všechna ta velká a těžká zařízení. Loran bylo vůbec cosi neobvyklého. To, co mne však nastartovalo byla Macova televize. Byl konec čtyřicátých let. Televizní stanice vysílaly, ale nikdo, koho jsem znal neměl televizní přijímač. Kromě Maca. Není se čemu divit.

Televize tehdy stála stejně jako nový automobil. Slušný luxus. Mac si postavil svoji televizi ze součástek ze starých rádií, vojenských přebytků a zelené osciloskopické obrazovky s úhlopříčkou 5 palců.

Skutečná [obrazovka](#) s bílým fosforem (černobílá obrazovka) stála tehdy výhru v loterii, takže ani samotnou obrazovku si Mac nemohl dovolit koupit. A protože televizní obrazovky byly konstruovány pro magnetické vychylování, zatímco osciloskopické obrazovky používaly elektrostatické vychylování, Mac nemohl prostě okopírovat zapojení z [televize RCA](#). Místo toho musel navrhnout svoje vlastní zapojení obvodů. Aby dotáhl zapojení k dokonalosti, musel stavět a testovat po malých částech. Jelikož měl Mac jen nejasnou představu jak rozsáhlé zapojení nakonec vznikne, nemohl začít stavět televizi hned do skříně. Místo toho stavěl svoji televizi jako gigantický elektronický obvod na jídelním stole, kde byly všechny elektronky, dráty, odpory, transformátory, kondenzátory a ostatní součástky rozmístěny jakoby v obrovské pavoučí síti.



Byl potřeba veliký stůl, protože televize je velmi složité zařízení. Naštěstí Barbara McKenzie byla tolerantní žena. Skoro celý rok byl jídelní stůl včetně přídatných desek kompletně pokryt přibližně 4 krát 8 stop velkým televizním obvodem. Když se blížil konec roku, televize začala fungovat. My jako děti, když jsme přišly ze školy, sedly jsme si na zem a sledovaly jsme program na té malinké pětipalcové obrazovce visící na jedné straně ze stolu. Obrázky byly v živých „černo-zelených“ barvách. Sledovaly jsme „Zoo parade“ s Marlin Perkins a náš oblíbený program „Flash Gordon.“ Tehdy byla televize jiná. Flash Gordon byly patnáctiminutové televizní klipy, ale většina ostatních programů byla živých. Dokonce reklamy byly živé. Pamatuji si, že jsme se jako blázni smáli při reklamě na vysavač, při které chlapík zastrčil hadici na špatnou stranu vysavače. Stroj rozfoukal prach po celé místnosti, zatímco herec se pokoušel předstírat, jak to perfektně funguje.

Nakonec Mac vestavěl jeho televizi do skříně od starého gramofonu. Před obrazovku umístil obrovské zvětšovací sklo, aby byl obraz větší. Když chtěl sledovat televizi, podepřel sklápěcí víko skříně v poloze 45 stupňů a díval se na zvětšený obraz v zrcadle připevněném na spodní straně víka. Mac mi ukázal, že pokud máš dostatek trpělivosti, můžeš být schopen postavit téměř cokoli. A nakonec, že postavit si zařízení ti přinese mnohem více uspokojení, než když si ho koupíš. Také mě naučil, že celý projekt musí být sestavován a testován po malých částech. ***Pokud bys to postavil celé najednou, možná to bude pasovat do skříně, ale téměř stoprocentně to nebude fungovat.*** V životě je jen velmi málo zkratk.

Úplný radioamatér

Tato kniha je o tom, jak si postavit radioamatérské zařízení. Aby bylo jasno: Je mnohem, mnohem snazší si zařízení koupit. Nakonec, komerčně vyráběná radioamatérská zařízení jsou dnes tak dostupná, že jejich nákup přijde levněji, než jenom nákup jednotlivých součástek. Ale dobrá zpráva je, že zařízení, které si postavíš sám, bude mít pro tebe cenu a význam, které se nedají koupit. A jakoby mimochodem se naučíš spoustu věcí o elektronice, mnohem víc, než by ses naučil čtením uživatelského manuálu komerčního zařízení. Z většiny z nás nikdy nebude [Edison](#), [Marconi](#) nebo [Armstrong](#), ale můžeme si zkusit co oni cítili a zažít stejné nadšení, jako když jim jejich vynálezy začaly fungovat. Pokud se nakonec se svým homemade zařízením objevíš v éteru, budeš mít stejnou radost jako mají ostatní amatéři. Ale narozdíl od ostatních ty budeš „Úplný radioamatér“.

Stručná historie rádiové komunikace.

Rádio je založeno na jevech, které jsou známy od starověku, konkrétně statická elektřina a magnetismus. Tyto jevy také vyvolávají účinky na nějakou vzdálenost bez viditelného spojení, ale pouze na vzdálenosti velice krátké. Filozof [Thales z Melitu](#) popsal v roce 600 př.n.l. jak jantar může přitahovat kousky slámy, poté co ho třeme kouskem tkaniny. Nějaký čas předtím, již ve starověku bylo pozorováno že přírodní ruda magnetit (kysličník železa Fe_3O_4) může přitahovat jiné kousky magnetitu. Znalost přírodních magnetů nakonec vedla k vynalezení magnetického kompasu. [Kompasy](#) byly darem z nebes pro námořníky ztracené v mlze, a musely být považovány za zázrak pro ty, kdo je poprvé použili. Kompas byl v Evropě rozšířen od r.1000 n.l.

Až do roku 1820 se zdálo, že magnetismus a elektřina jsou dva nezávislé jevy. Tehdy si [Hans Christian Oersted](#) všiml, že elektrický proud ve vodiči vytváří magnetické pole, které může hýbat střílkou kompasu. [Faraday](#) a [Henry](#) dále zkoumali a kvantifikovali tvorbu magnetického pole cívky s drátem, kterou my dnes nazýváme indukčnost. Jako jeden z největších triumfů teoretické fyziky všech dob publikoval [v roce 1884 James Maxwel](#) čtyři rovnice, které shrnují vazby mezi magnetismem a elektřinou. [Maxwellovy rovnice](#) nejenom vyčíslily a ujasnily co již bylo známo o těchto energiích, ale navíc předpověděly, že magnetismus a elektřina mohou být spojeny aby vytvořily „volně letící“ záření. Z rovnic vyplynulo, že tyto rádiové vlny by měly být schopny šířit se prostorem na veliké vzdálenosti stejně jako světlo, nebo teplo.

Co je vlastně rádiová vlna ?

Jak elektrické, tak magnetické pole mohou dočasně uchovávat energii ve volném prostoru. Například magnet z ledničky vytváří [magnetické pole](#) v prostoru, který ho obklopuje. Tato magnetická energie se vznáší v „oblaku“ neboli „poli“ které obklopuje kovový magnet. Podobně energie [elektrického pole](#) je v prostoru mezi dvěma kontakty obyčejné baterie. Dejme tomu, že můžeme magnet i nabitou baterii poslat do prostoru a nechat je volně se vznášet ve vakuu. Obě součástky budou vyvolávat jejich magnetická a elektrická pole v prostoru, který je obklopuje. Jenomže pokud by mohly tyto součástky náhle zmizet, přestaly by mít na magnetické a elektrické pole dále vliv. Pole by se rychle zhroutila a energie by se vyzářila do všech směrů [rychlostí světla](#).

Magnet, nebo baterii můžeme přirovnat ke sklenici vody na stole. Sklenice drží vodu na místě a voda v ní zůstane nekonečně dlouho. Ale pokud bychom sklenici náhle rozbili, nebo nechali zmizet, voda by se rozlila do všech stran.

Pokud bychom mohli nechat magnet, nebo baterii vznášející se ve volném prostoru náhle zmizet, vygenerovalo by to radiovou vlnu, která by se šířila vně v kulových plochách všemi směry. Výsledek je, že energie zanikajícího magnetického pole ve volném prostoru se mění na energii elektrického pole. V dalším okamžiku se opět energie elektrického pole mění na pole magnetické. Jeden ze způsobů jak se na to můžeme dívat je, že zanikající magnetické pole vyvolá ve svém těsném sousedství energii elektrického pole stejné velikosti. Jinými slovy: zanikající pole se stává zdrojem který "založí" opačný druh pole těsně vedle. Výsledkem je energetická vlna, která se šíří prostorem. Jak postupuje, tak energie osciluje sem a tam mezi elektrickou a magnetickou formou. Ve vakuu nejsou žádné ztráty, takže energie slábne pouze tím jak se šíří do všech směrů, podobně jako vlnění na vodě.

Analogie s vlněním na vodě má s rádiovými vlnami více podobností. Výška vlny na vodě představuje v mechanické analogii nahromaděnou potenciální (polohovou) energii. Čím vyšší vlna, tím více energie je v ní uloženo. Jak vlna padá dolů, energie se mění z potenciální (polohové) na kinetickou (pohybovou), tedy zvyšuje se rychlost. V dalším okamžiku se kinetická energie mění zpět na potenciální a vytvoří se další vrcholek vlny.

[Heinrich Hertz](#), profesor na Univeritě v Bonnu dokázal v roce 1887 předvést ve své laboratoři, že

Maxwellovy radiové vlny skutečně existují. Od té doby se další experimentátoři, kteří si postavili "[Hertzův přístroj](#)", pokoušeli použít ho pro komunikaci, nebo dálkové ovládání. Podobné pokusy, jaké předvedl Hertz jsou popsány ve 4. kapitole. S použitím kamene, měděného drátu, a dalších materiálů dostupných v roce 1880 si budeš moci postavit zařízení pro komunikaci na krátkou vzdálenost, které umí vysílat a přijímat radiové vlny z jedné strany domu na druhou. Dokonce s tím lze předvést "stojaté vlny" na anténě.

Jak se udělá vynález.

Velké vynálezy jsou obvykle založeny na neotřelých pozorováních. Faraday první vynalezl střídavý transformátor s oddělenými cívkami. Střídavý proud (AC) přivedený do jedné cívky transformátoru vyvolá proud v druhé podobné cívkě, která je zlomek milimetru od ní. Dodnes stále běžně transformátory používáme na změny napětí a proudů. Například uvnitř nabíječky tvé baterky je transformátor který konvertuje nepatrný střídavý proud při napětí 120 voltů na větší proud při napětí 1,5 voltu. Pokud bychom použili 120 voltů přímo na baterii byla by to katastrofa. Bez transformátorů by nabíječky byly velmi nepraktické (každopádně velice neefektivní - ztrátové). Tyto principy budou podrobněji popsány později.

Ale zpátky k Faradayovi. Ten musel být skutečně užaslý, když si uvědomil důsledky toho, že elektrická energie přiváděná do jedné cívky se objeví v cívkě druhé. Čili energie byla přenesena prostorem. Ano, ten prostor byl pouze zlomek palce, ale určitě ho musela napadnout otázka, "na jakou vzdálenost to může být vysláno?" V roce 1832 napsal dopis příteli, ve kterém vyjádřil domněnku, že elektrická energie může cestovat prostorem jako vlny. Bohužel neměl důkazy, ani výpočty na podporu této myšlenky.

Mnoho prvních pokusů s rádiovou komunikací začalo v době, když byly vyrobeny první vysokofrekvenční transformátory. Narozdíl od nízkých kmitočtů, dejme tomu 60 Hz v rozvodné síti, mohou transformátory pro kmitočty od 500kHz výše snadno přenášet energii na vzdálenost několika palců. Vysokofrekvenční proudy, které se přenášejí z jedné cívky do druhé již začínají připomínat rádio.

Postavit si vysokofrekvenční transformátor a předvést primitivní "rádiovou komunikaci" na krátkou vzdálenost je překvapivě jednoduché. Vše, co k tomu potřebujeme, je výkonná baterie, velká cívka drátu a druhá cívka navinutá okolo první. Druhou cívku upravíme tak, aby konce drátu byly 1/16 palce (1,5mm) od sebe. Konci drátu první cívky krátce škrtneme o přívody k baterii. První cívkou prochází obrovský proud a vyvolává magnetické pole okolo této cívky. Jelikož ve stejném prostoru se nachází i druhá cívka, tak magnetické pole indukuje napětí v této druhé cívkě a v mezeře mezi konci drátu se objeví jiskry. Jinými slovy: Elektrický proud byl konvertován na magnetickou energii, ta se přenesla, a byla znovu konvertována na elektrický proud. Pokud bychom obě cívky více vzdálili, bude mezi nimi stále docházet k přenosu energie. Abychom to však dokázali, potřebovali bychom mnohem citlivější detektor, s tímto primitivním jiskřištěm se nám to nepodaří.

Objev vznikne, pokud jsou k tomu podmínky.

Nové technologie se objevují, pokud jsou potřebné vědomosti a dostupné materiály (suroviny). Například mobilní telefony mohly být klidně postaveny před padesáti lety. Měly by však velikost cestovního kufru, byly by obsluhovány několika lidmi a byly by pouze pro ty nejbohatší. I dneska se může stát, že je užitečná technologie spuštěna příliš brzy na to, aby byla výdělečná. [Systém Iridium](#) je celosvětový satelitní telefonní systém. Bohužel telefonní přístroj pro Iridium je velký a neforemný, a telefonování je příliš drahé. Jistě, není problém pomoci něho hovořit s chlápkem se psím spřežením na severním pólu. Jenomže není příliš mnoho lidí, kteří by právě tohle potřebovali. Výsledek tohoto špatného obchodního tahu je, že pravděpodobně letos (2003) bude síť satelitů, která stála miliardy dolarů shozena do Pacifiku.

Rádio bylo vynalezeno v letech 1884 až 1910, tedy v době, kdy byly na místě všechny předpoklady aby bylo užitečné. Mnoho vynálezců mělo šanci věnovat se rádiové komunikaci, ale mnoho jich to odmítlo. Aby bylo něčím víc, než jen salónním trikem, musel existovat komerční důvod aby bylo vyvíjeno. Dneska nám přijde rozhlasové vysílání hlasu, hudby a dokonce filmů pro veřejnost jako úplně samozřejmé. Jenomže v roce 1900 to vypadalo, že rádio nikdy nemůže být nic víc, než jenom nespolehlivý způsob doručování telegramů. Tehdy si těžko někdo dovedl představit, že by se dala přenášet řeč a hudba.

Nicola Tesla - prototyp " šíleného vědce "

[Nicola Tesla](#) se narodil v Srbsku v roce 1856. Na škole, kde studoval, byl tehdy exotický obor - elektrotechnika. Jednou navrhl svému profesorovi, že postavit střídavý (AC) generátor by mohlo být jednodušší než stejnosměrný (DC) generátor, a že by mohl mít i několik dalších výhod. Profesor se mu sprostě vysmál. Dneska tomu říkáme [alternátor](#). V elektrárnách používáme obrovské alternátory na výrobu elektřiny. A malé alternátory máme v našich autech na nabíjení baterie.

Když zemřel Teslův otec, Nicola byl donucen opustit školu a jít pracovat. Stejně jako většina elektroinženýrů té doby, pracoval na stejnosměrných motorech a generátorech. V té době se motory začínaly používat na pohony průmyslových zařízení jako třeba tkalcovských stavů nebo důlních výtahů.

Tesla odjel do Ameriky, kam dorazil téměř bez peněz. Krátce pracoval i jako kopáč, aby si vydělal na jídlo. Požádal o práci u [Edisona](#), který si vyzkoušel jeho schopnosti tím, že ho nechal opravit stejnosměrný generátor na lodi. Tesla přestavěl generátor přímo na lodi a dokázal to že vyráběl dokonce více elektřiny, než původní konstrukce. Tesla pracoval pro Edisona jenom krátce a pak se osamostatnil. Vybudoval si malou laboratoř, kde vyráběl přístroje všeho druhu. Brzy získal pověst "vědeckého mága". Velice se bavil předváděním "magických show" s gigantickými jiskrami létajícími z jeho prstů a s rotujícími fluorescenčními trubicemi. Jeho pověst jako "kouzelníka vědy" ho podnítila aby využíval "show bussines" ve všem co dělal. Poté co jsem si přečetl jeho životopis, mám dojem, že jeho schopnost zvyšovat zájem a respekt díky jeho "šoumanství", nakonec zničila jeho kariéru.

Když peněz ubývalo, Tesla vzal práci u [Westinghouse](#) a vyvinul prakticky použitelný alternátor. Teslův největší přínos světu byl způsob výroby a distribuce elektřiny, který předvedl v úplně nové [elektrárně u Niagarských vodopádů](#). Vyvinul třífázový střídavý alternátor, transformátory a vysokonapětová vedení, což je celosvětově stále běžně používáno. Když Tesla opustil Westinghouse, založil si vlastní laboratoř v New York City aby mohl experimentovat s užitím vysokofrekvenčního proudu.

Nevyužitá příležitost

Vlastníci lodí si od pradávna přáli, aby mohli komunikovat s jejich loděmi na moři. Až do konce 19.století nebyl osud lodí na moři znám po celé měsíce, nebo i celý rok. Když loď konečně doplula do domovského přístavu, mohlo se stát, že vlastník náhle zjistil, že je neuvěřitelně bohatý. Ale také se loď nemusela nikdy vrátit, a vlastník přišel o velkou investici. Být schopen komunikovat na několik stovek, nebo i jen pár desítek mil by mohlo, v případě nebezpečí, třeba i zachránit životy.

Od roku 1900 bylo známo, že "bezdrátový telegraf" je schopen komunikovat s pomocí obrovských vysílačů a antén přes English channel (Lamanšský průliv). Nikdo však nebyl schopen přijmout zprávu na větší vzdálenost. V té době byl jedním z nejbohatších lidí na světě pan [J.P.Morgan](#) - finančník a bankéř, který vlastnil také flotilu námořních lodí. Pokud by někdo vyvinul telegraf s dlouhým dosahem, pan Morgan ho chtěl mít na svých lodích. Marconi již pracoval na rádiu pro spojení mezi pevninou a lodí, a také již předvedl, jak v Anglii, tak v Americe, spojení na kratší vzdálenost. Navzdory tomu Morgan navázal kontakt s Teslou,

který zcela jistě měl znalosti i zkušenosti na to, aby vyvinul použitelné zařízení. J.P.Morgan dal za tím účelem Teslovi veliký finanční grant. Tesla si zařídil laboratoř v Colorado Springs aby zde vyvinul rádio s dlouhým dosahem, jak Morgan věřil. Bohužel, pro Teslu byla obyčejná komunikace s lodí příliš nudný úkol. Tesla měl v plánu postavit cosi, co nazval "Světové Telegrafní Centrum". Tesla chtěl založit komunikační centrum, které by kromě lodí mohlo hovořit také s kýmkoli na zeměkouli. Jeho představa toho o co se pokoušel bylo cosi jako jednosměrný internet, nebo snad CNN. Evidentně neměl představu o potížích se zpracováním všech těch zpráv z celého světa přes jeden gigantický vysílač na nízkém kmitočtu. Tehdy nebyly Internetové servery, které by zpracovávaly všechny ty zprávy do datového toku informací. Vezmeme-li v úvahu pracovní kmitočty jeho vysílačů, jeho datová rychlost by byla limitována na pár kilobytů za sekundu na rozdíl od terabytů které dnes zvládne jeden internetový uzel.

Teslovy vysílače byly zcela jistě dostatečné pro zaoceánskou komunikaci. Jenomže on, místo toho aby vyvíjel citlivý přijímač spotřeboval všechny své síly na vývoj obrovských vysílačů na nízkém kmitočtu. Jeho vysílače musely být tak výkonné, protože kromě přenosu informace se pokoušel přenášet elektrický výkon. Tesla se pokoušel pomocí laděných cívek napájet zářivky míle vzdálené od jeho vysílače. Ano, jeho nápad fungoval, ale jen s extrémě nízkou účinností. Jistě, světla žhnula jak předpověděl, ale vlhká hlína, krávy, lidé, ploty z ostnatého drátu, a všechny ostatní elektrické vodiče v dosahu byly ohřívány vyplývanou energií, podobně jako v mikrovlnné troubě.

Tesla postavil gigantickou "Teslovu cívku" která produkovala vysokofrekvenční jiskry dlouhé 60 stop. Při každé příležitosti showman. Tesla se rád nechával fotografovat jak klidně čte knihu, sedíce uprostřed jisker a ohně. Ve skutečnosti, aby vytvořil tuto iluzi, použil dvojexpozici. Tento jeho stroj byl tak obrovský a měl tak unikátní vlastnosti, že U.S.Air Force postavili o 80 let později jeho kopii za účelem výzkumu.

Díky všem těmto jeho šíleným aktivitám se Tesla nikdy nedostal k tomu, za co ho Morgan platil - postavit malé rádio pro lodní spojení. Když předkládal Morganovi hlášení jak vývoj pokračuje, snažil se mu podstrčit jeho futuristické vize. Morgan zuřil, že se nevěnuje zadanému úkolu a neměl pochopení pro Teslovy nápady. Na druhou stranu však Morgan donutil Teslu aby mu připsal vlastnictví jakýchkoli užitečných patentů, které by se mohly jeho činností objevit. Morgan rozhodně nebyl známý svou velkorysostí.

Poté co Morgan Teslu řádně vypeskoval, dal mu ještě jednu šanci. Jenomže ten, místo aby se vážně zabýval prací na rádiu pro lodní komunikaci, rozfofroval peníze na jeho "Světové Telegrafní Centrum" ve Wardenclyf, Long Island, New York. Byla to impozantní budova s obrovskou věží skrývající Teslův cívkový vysílač. Komunikační centrum k ničemu nevedlo a tak Morgan přestal Teslu financovat. Tesla bydlel v hotelu Waldorf Astoria v New Yorku a stal se z něho egocentrický lev salonů. Oblékal se do smokingu a cylindru a pomalu přicházel o své přátele.

V následujícím období se Tesla opět pokoušel o vývoj a přišel s [několika zajímavými zařízeními](#). Vymyslel například tepelný motor s bezlopatkovou turbínou, něco jako parní stroj, nebo motor s vnitřním spalováním. Existuje několik jiných úspěšných konstrukcí tepelných motorů, které jsou však v základě odlišné, takže vynalézt principiálně nový bylo opravdu vítězství rozumu. Bohužel Teslův tepelný motor nebyl tak účinný jako jiné a navíc, nebylo pro něj vhodné využití. Také vynalezl měřič rychlosti, který byl vynikající a byl použit v některých luxusních automobilech. Přeměna rychlosti rotace hřídele na plynulý, lineární pohyb ručky je úkol mnohem obtížnější, než se může zdát. Avšak Teslova metoda byla dražší, než konstrukce měřiče, který se nakonec stal standartem pro toto použití.

Tesla skončil jako opuštěný starý muž, krmící holuby v hotelu třetí třídy v New Yorku. Když v roce 1943 zemřel, ukázalo se, že nájemné za několik měsíců platil tím, že dal hotelovému manažerovi do zástavy "paprsek smrti". Tesla mu namluvil, že paprsek smrti má cenu 10 tisíc dolarů. Přístroj byl ve skutečnosti Wheatstonův můstek - citlivý přístroj na měření odporů, který se běžně používal v elektrotechnických laboratořích.

Marconi to dokázal

[Guglielmo Marconi](#) se narodil 25. dubna 1874 v zámožné rodině v Italské Boloni. Vzdělával se v Boloni a později ve Florencii. Studoval fyziku na Leghorn College. Byl fascinován Hertzovým objevem rádiových vln a v roce 1890 se začal zajímat o bezdrátovou telegrafii. V roce 1894 začal v suterénu pracovat na prototypu.

V dnešní době většina z nás chápe přijímač jako jakýsi "stetoskop opatřený zesilovačem", který nám umožňuje poslouchat neviditelný svět rádiového spektra. V době, kdy žil Marconi byl pro představu rádia hlavním vzorem telegraf. Tato koncepce, kdy jeden telegrafní operátor pomocí morseovky buší jeden telegram za druhým druhému operátorovi ovlivnila Marconioho pohled na to co se pokoušel postavit. V klasickém telegrafu signál po vedení spouští [klapák](#), což je v podstatě druh elektromagnetického relé. Klapák produkuje "kliky-klak" zvuky, které operátor na příjmu interpreтуje jako tečky a čárky.

Podobně při prvním Marconioho rádiovém vysílání do sousední místnosti v domě spouštěl detekovaný signál zvonek. Nebyla tam sluchátka, pomocí kterých by mohl člověk poslouchat. Tyto první experimenty více připomínaly dálkové ovládání, spíše než zařízení na poslech. Jak se zařízení postupně zdokonalovala, stával se radiový operátor stále důležitější součástí systému. Dobře trénovaný operátor dokáže přijímat telegrafní signál, který není silnější, než atmosferické rušení. Na rozdíl od jednoduchého Bellova systému může operátor přijímat jeden morse signál a přitom jiný ignorovat. Trvalo to sto let, než počítačové digitální zpracování signálu překonalo schopnosti dobrého rádiového operátora a mohli jsme se vrátit k Marconioho myšlence automatického přijímače.

Rádiové detektory - dřívější způsob

Nejoblíbenější tehdejší detektor - [coherer](#) - vynalezl anglický fyzik Lodge. Zpočátku byl coherer používán pro dálková telegrafní vedení. Obrovsky rozšířil praktický dosah drátového telegrafu a proto bylo přirozené, že byl použit pro první pokusy s rádiem.

Coherer je malá skleněná ampulka obsahující náplň z práškového uhlíku, nebo železné piliny. Tato náplň spojuje dvě elektrody v ampulce. Jakmile se na náplni objeví malé napětí, sníží se odpor mezi jednotlivými zrnky a to způsobí rychlý pokles odporu mezi elektrodami. Toto snížení odporu způsobí proud přes relé - klapák. Koherery byly často vestavěny na rámu klapáku, takže jeho vibrace udržovaly náplň volnou, čímž byl coherer trvale udržován v počátečním stavu.

Tento způsob funkce cohereru - set - reset - připomíná moderní křemíkový řízený usměrňovač - [tyristor](#).

Malý vstupní proud spustí proud mnohem větší. Bohužel se proud přes coherer, stejně jako u tyristoru sám nezruší pokud je odpojen vstup. Jelikož rychlost přepínání cohereru byla maximálně do 20-ti cyklů za sekundu, nemohl být výstupem audio signál pro běžný poslech.

První Marconioho přijímač ležel na stole vedle vysílače. Poté byl schopen přenosu napříč místnostmi, a později do jiné místnosti v domě. Jak se jeho dosah zvětšoval, přesunul se Marconi se svými pokusy do opuštěné sýpky za domem svých rodičů, kde mohl vztyčit antény. Jeho dalším úspěchem byl přenos ze sýpky až na konec zahrady, vzdálený 100 metrů. V té době již byla vědcům existence rádiových vln známa ale věřilo se, že se mohou principiálně šířit pouze přímočaře "na dohled", podobně jako světlo baterky. Marconi však již měl vypořizováno, že byl schopen přenosu přes zdi a stromy. Jakmile mu bylo jasné, že experti se mýlili, začal pracovat na velkém úkolu, a to zda se rádiové vlny mohou šířit přes hory a případně až za horizont. Někdy v této době musel Marconi přejít od cohereru na nějaký usměrňovací detektor. Tento detektor produkoval audio výstup, který mohl operátor přímo slyšet ve sluchátkách. První detektory byly "krystaly", které byly sestaveny z kousku drátku opřené do krystalu sulfidu. [Krystalové detektory](#) jsou detailně popsány ve 4. kapitole.

Marconi měl sluhu jménem Mignami. Při testech dálkového příjmu Mignami obsluhoval přijímač, zatímco Marconi vysílal testovací signály. Jedním z Marconioho průlomových vylepšení byla směrová anténa která soustředila jeho slabý signál z vysílače směrem k přijímači, a tím pádem došlo ke zvětšení dosahu. V okamžiku, kdy Marconi přenesl testovací signál přes kopec na vzdálenost dvou mil, přestalo být rádio pouhou hračkou. Mignami potvrdil Marconimu výstřelem z pušky z vrcholku kopce, že přijal písmeno "S" v morseově abecedě.

Rádio překonává Atlantic.

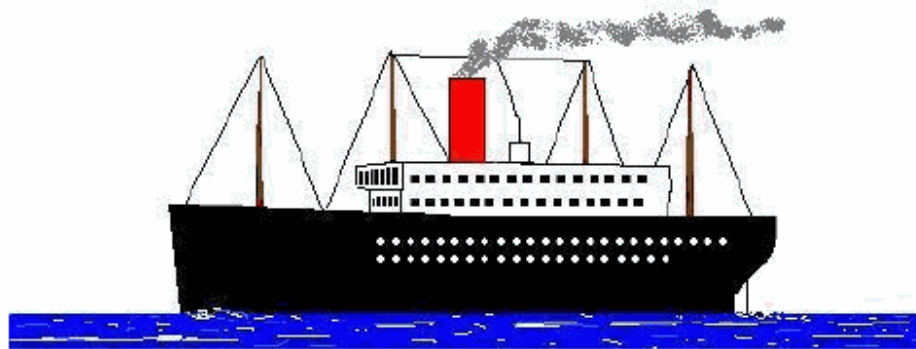
Po úspěchu s jeho domácími pokusy byl Marconi posedlý myšlenkou přenášení signálu napříč přes Atlantic. Pokud by se mu to podařilo, rádio by pokrylo celý svět. V Itálii v podstatě nebyl o rádio zájem. Marconi dokonce nemohl dosáhnout udělení patentu na jeho zařízení. Italský ministr vlády mu sdělil, že radiotelegrafie "není vhodná pro komunikaci". Marconi se přestěhoval do Anglie, kde si v roce 1895 nechal patentovat jeho metodu přenosu signálu. V roce 1897 dostal peníze od [British Post Office](#) aby mohl pokračovat v pokusech. Postupně zvyšoval dosah svých přenosů na 8, 15, 30 a 100 kilometrů. V roce 1897 založil v Londýně [Marconi Wireless Telegraph Company](#), Ltd. V roce 1899 zahájil komunikační službu přes English Channel (Lamanšský průliv).

Marconi postavil veliký vysílač, stokrát výkonnější než jakýkoli předchozí, a instaloval ho v Plodu, Cornwall v jihozápadní Anglii. Jedním ze způsobů jak postavit velice výkonné vysílače bylo zkonstruovat obrovské vysokorychlostní střídavé alternátory. Ty byly podobné Teslovým alternátorům, avšak běžely tak vysokou rychlostí, že produkovaly sinusový signál na nízkých rádiových kmitočtech - 20 000 cyklů za sekundu, místo 60 ti cyklů za sekundu jako alternátory v dnešních elektrárnách. Marconi postavil také protistanici na St.Johns, Newfoundland a dne 12.prosince 1901 přijal první signál z druhé strany oceánu.

Jak Britské tak Italské námořní síly brzy přijaly jeho systém a rádiová komunikace mezi pevninou a lodí se stala realitou. Od roku 1907 byl jeho systém dostupný veřejnosti jako transatlantická rádiová telegrafní služba. V roce 1909 dostal Nobelovu cenu za fyziku. Později pokračoval v pokusech na krátkých vlnách a mikrovlnách. Marconi také krátce sloužil jako státník. Po 1.světové válce byl vyslán jako delegát na mírovou konferenci do Paříže, kde podepsal mírové dohody s Rakouskem a Bulharskem. Zemřel v roce 1937.

Rádio mění dějiny.

Až do chvíle, kdy byla rádia umístěna na lodě, neměla rádiová komunikace přílišný vliv na světové dění. Radiotelegramy posílané přes oceán, nebo mezi městy si konkurovaly s kabelovou telegrafií přes podmořský nebo pozemní kabel. Běžně byl drátový telegraf stejně rychlý jako rádio, ale nebyl tak snadno zranitelný atmosférickými podmínkami. Avšak jakmile byly vysílače umístěny na lodě, bylo pouze otázkou času, než bude rádio použito pro záchranu cestujících a posádky z potápějící se lodi. To se poprvé stalo, když se potápěla [RMS Republic](#) (Royal Mail Ship - Královská poštovní loď - Republic)



V sobotu 24.ledna 1909 v 5:40 ráno se 15 000 tunový parník RMS Republic vydal na cestu z New Yorku. U ostrova Nantucket v Massachusetts se prodíral hustou mlhou. Republic měla mnoho společného s pozdějším Titanikem. Byla vlastněna stejnou společností [British White Star Line](#) a byla považována za nepotopitelnou. Její trup byl rozdělen do mnoha komor s vodotěsnými přepážkami, takže několik těchto komor by muselo být zaplaveno aby se loď mohla potopit. Stejně jako Titanic měla Republic pouze poloviční počet záchranných člunů, než kolik bylo potřeba pro 800 cestujících a posádku.

Jak Republic proplouvala mlhou, pravidelně dávala signál svou mlhovou sirénou a lodní hlídka poslouchala signály od ostatních lodí. Když posádka uslyšela mlhovou sirénu od jiné lodi, odpověděla signálem parní píšťaly. Byla tehdy taková konvence, že jakmile si lodi vyměnily signál píšťalou, obě odbočily doprava, aby zabránily kolizi. Je dokázáno, že Italská osobní loď "Florida" naopak odbočila doleva. Florida se náhle vynořila z mlhy a narazila z boku přímo doprostřed lodi Republic. Sedm lidí bylo zabito okamžitě při srážce. Florida zničila těsnící přepážku přímo mezi dvěma strojovnami lodi Republic, čímž se zaplavily dvě největší komory pod vodní hladinou. Motory musely být okamžitě odstaveny, což způsobilo, že loď byla bez elektrického proudu, který byl potřebný pro čerpadla a rádio.

Jack Binns hrdinou dne

Radio shack na lodi Republic byla dřevěná kabina která byla vystrčena na horní palubě. Byla umístěna tak aby bylo snadné připojit antény, které byly nataženy nahoru k ráhnovi. Náhoda tomu chtěla, že před Floridy projela vysílací kabinou, odsunula zařízení stranou a zneprovoznila rádio. Rádiový operátor John (Jack) R. Binns právě spal na kavalci vedle jeho stanice. Později vypověděl, že pokud by býval pracoval u rádia, mohl být vážně zraněn. Binnsovi se podařilo složit vysílač zase dohromady, ale jeho malá kabina byla nyní otevřena zimě a mlze. Jelikož palubní elektrická síť nefungovala, musel se Binns ve tmě prohrabat na spodnější paluby, aby našel baterie z kterých by mohl napájet jeho rádio. Bez palubní elektrické sítě byl dosah jeho vysílače snížen na zhruba 75 mil. Doufal, že se mu podaří spojit se se stanicí na Cape Code, vzdálenou 65 mil. Byl zničen i jeho telegrafní klíč. Binns musel jednou rukou držet vše pohromadě a přitom druhou rukou vysílat historicky první nouzový signál SOS.

Ve skutečnosti oficiální nouzový signál tehdy nebyl SOS ale "CQD". "CQ" znamenalo volání kterékoli jiné stanice, stejně jako je tomu dodnes na amatérských pásmech. Předpokládá se, že CQ je zkratka "Seeking You". Samozřejmě, že "D" znamenalo nebezpečí (danger), nebo tíseň (distress). Binnsovi se podařilo navázat spojení se stanicí na Cape Code. Dále nepřestával s voláním o pomoc a komunikoval se záchrannými loděmi po dobu 12 hodin, zatímco se Republic pomalu propadala do moře.

Jelikož lodi Florida nehrozilo potopení, posádka z lodi Republic na ni přemístila pomocí záchranných člunů všechny cestující. V té době záchranné lodi křižovaly mlhou a snažily se je najít. Kromě mlhové sirény, byly lodi v té době vybaveny také "podmořskými zvony", které měly větší dosah než sirény, jejichž zvuk se šířil vzduchem. Podmořský zvon lodi Republic byl zachycen na linkovém parníku Baltic, který byl k ní tímto

zvukem naveden několik posledních mil.

Podle jiné zprávy o záchraně zde neměli podmořský zvon ale kontakt byl navázán když Baltic vystřelil "úplně poslední výstražnou raketu". Posádka Republic slyšela explozi a správný směr jim předali pomocí rádia. Když Baltic dorazil, byl zbytek posádky Republic zachráněn a poté byli všichni cestující jak z lodi Republic, tak Florida přemístěni pomocí záchranných člunů na Baltic. 39 hodin po srážce se loď Republic potopila. Mezitím se záchranným lodím podařilo odvléci loď Florida do New York City.

Úspěch záchranné akce lodi Republic byla obrovská událost. Z radiotelegrafních operátorů, kteří byli považováni za kuriozity se přes noc stali hrdinové. Je bizarní a zároveň trestuhodné, že společnost White Star Line se z potopení RMS Republic nijak nepoučila. Na druhou stranu potopení [Titaniku v roce 1912](#) a částečný úspěch jeho SOS nouzového volání dále posílil postavení rádiové komunikace. Parník Carpathian plul 300 mil aby ráno po jeho potopení zachránil trosečníky z Titaniku. Jiná loď - Californian, kotvila ve vzdálenosti pouhých deteti mil. Její kapitán nechtěl riskovat plavbu v noci mezi ledovci - chytrý chlap ! Rádio-operátor z lodi Californian poslal na Titanic varování o ledovcích ale radista z Titaniku mu odpověděl aby [opustil kmitočet, protože musel zpracovávat telegramy pro cestující](#). Radista na Californian tedy vypnul rádio a šel spát. Noční posádka na Californian mohla jednoduše vidět Titanic jenomže je vůbec nenapadlo, že Titanic má problém. Když Titanic vystřelil červenou raketu, posádka na Californian si myslela, že jde o ohňostroj pro pobavení bohatých cestujících.

Úsvit amatérského rádia

V počátečních dobách rádia si mohl každý, kdo chtěl být v éteru, postavit vlastní vysílač a prostě ho provozovat. Příděly kmitočtů byly založeny na tom kdo byl první, s větším vysílačem a s lepší anténou. Vynálezci začali v suterénech stavět svá rádiová zařízení a rázem bylo amatérské rádio na světě. V těch dobách neexistovaly licence a tak si amatéři sami přidělovali volací značky. V začátcích probíhala veškerá rádiová komunikace na nízkých kmitočtech, délka vlny 200 metrů a více. To znamená, že vše se odehrávalo tam, kde je dnes AM rádio (1 700 000 Hz až 550 000 Hz) a níže. Generovat vyšší kmitočty bylo neefektivní a věřilo se, že vyšší kmitočty jsou dobré pouze pro lokální komunikaci.

Dnešní amatéři jsou ohromeni technickým pokrokem, čtou-li popisy tehdejších vysílačů, nebo antén. Například rotační jiskrový vysílač na Titaniku měl nominální výkon 5000 wattů. Byl tak veliký a produkoval takový hluk, že musel být instalován ve zvláštní místnosti, odděleně od přijímače. I při jeho výkonu a velikosti byl jeho spolehlivý dosah ve dne pouze 250 mil. Z dnešního pohledu je zřejmé, že největší slabinou tehdejší techniky byla malá citlivost jejich přijímačů. Přijímače tehdejších amatérů byly stejně špatné, nebo spíše ještě horší. Navíc amatéři nemohli komerčním stanicím konkurovat vysílaným výkonem. Je tedy jasné, že amatéři by byli šťastni, kdyby se dovolali do sousední země, nebo prostě jenom na nějakou větší vzdálenost.

Jelikož tehdejší amatérská komunikace byla limitována krátkým dosahem, amatéři se organizovali a vytvářeli "relay nets" - štafetové sítě, takže zprávy mohly být přeposílány na místa vzdálená stovky mil. Tato organizace se začala formovat v r. 1914 jako "[American Radio Relay League](#)". Během 1.světové války, jako jedno z bezpečnostních opatření, zakázala vláda spojených států amatérské rádio. Po válce, v roce 1919 ARRL pod vedením [Maxima Percy](#) lobovala u vlády za opětovné povolení amatérského vysílání. Vláda (především armáda) pro ně neměla pochopení. Aby amatéry nějak uklidnili, přidělili jim všechny "bezpečné" kmitočty nad 200m. Zhruba to bylo vše co je nad dnešním AM.

Fleming vyvíjí detektor - vakuovou diodu

Prvním, kdo ve skutečnosti zkonstruoval vakuovou diodu byl Edison. Během jeho práce na vývoji žárovky Edison vypracoval technologii jak zatavit elektrody a žhavicí vlákno do vyčerpané skleněné baňky. Edison byl také první, kdo si všimnul, že elektrony mohou plout vakuem od žhaveného vlákna směrem ke kladné elektrodě nazvané "plate" - anoda. Avšak elektrony se nemohou pohybovat od anody zpátky k vláknu. Výsledkem je, že se dioda chová jako jednosměrná zpětná klapka. Edison svoje pokusy popsal. Tento jev se stal známým jako "Edisonův efekt".

Fleming byl Britský vynálezce, kterého zaujal Edisonův objev a využil ho na detekci rádiových signálů. Pracoval s Edisonem, který mu poskytl informace o Edisonově efektu. Rádiový signál přijatý anténou je tvořený napětím o vysokém kmitočtu které se mění z kladné polarity do záporné a zpět mnohasettisíc-krát (nebo milion-krát) za sekundu. Tento střídavý proud o vysokém kmitočtu nemůže přímo budit sluchátka. Průchodem rádiového signálu skrz vakuovou diodu se odřízne jedna polovina signálu. Výsledkem jsou rázy stejnosměrného (DC) proudu, které mohou ovládat klapák, sluchátka, nebo jiný druh měniče.

Flemingovy detektory se staly známými jako "[Flemingovy lampy](#)". Později se proto v Anglii všem vakuovým elektronkám říkalo lampy. Z hlediska citlivosti nebyly vakuové detektory lepší než krystalové detektory. Byly však mnohem robustnější, spolehlivější a univerzálnější. Později, ve spojení s elektronkovým zesilovačem se jejich citlivost dramaticky zlepšila.

Lee De Forest odstartoval věk moderní elektroniky

Tesla nebyl jediný "pioneer rádia", který měl problém s vlastním egem. V mnoha směrech byla [Lee De Forestova](#) osobnost podobná té Teslově. De Forest byl pracovitý a talentovaný. Již jako mladý vyvinul několik důležitých vynálezů. Jeden z nejdůmyslnějších byl telegrafní multiplexní systém, který umožňoval po jednom drátě přenášet až šest telegrafních zpráv najednou. Je těžké si představit, jak to mohlo fungovat. K dispozici měl jenom přepínače, relé, transformátory a motory. Synchronizovat takový systém na oddělení jednotlivých signálů je celkem snadné s použitím mikropočítače. Je však ohromující, jak to dokázal s vrčícími motory a přepínači.

De Forestův největší vynález je vakuová elektronka - [trioda](#), kterou on nazval "audion". [Audion](#) byl funkční ekvivalent dnešního tranzistoru. De Forestova vakuová trioda byla v principu "Flemingova lampa" s mřížkou, umístěnou mezi žhavicí vlákno a anodu. De Forest zvýšil citlivost přijímačů tím, že použil audion na zesílení slabých nízkofrekvenčních i vysokofrekvenčních signálů.

Ve skutečnosti první triodu zkonstruoval Edison. Když zkoumal "Edisonův efekt", přidal mezi vlákno a anodu další elektrodu, která připomínala mřížku. Použil ji ke studiu proudu elektronů ve vakuu mezi vláknem a anodou. Ačkoli Edison prováděl měření, nevšiml si, že mřížka funguje jako citlivá "brána", která může řídit proud elektronů k anodě.

Mřížku můžeme přirovnat k matadorově červenému kusu látky, jenž váží jednu libru, kterým ovládá býka vážícího 2000 liber. Jestliže můžeme veliký proud ovládat malým proudem, říkáme, že součástka "zesiluje". Nepatrné signály přicházející na mřížku mohou modulovat veliký proud na větší "zesílenou" verzi originálního signálu. Všimni si, že nejde o původní signál, který by byl nějak "nafouknutý", ale že zesilovač v podstatě řídí generování jakési větší kopie původního signálu. Uvědom si, že kopie může být lepší nebo horší podobiznou originálu.

DeForestovi se úspěšně podařilo použít jeho vakuovou triodu v rádiových přijímačích. Díky triodě se podařilo, že mohly být slabé signály zesíleny na takovou úroveň, která mohla po detekci budit reproduktor.

Jakmile byl zesilovač dostupný, teoreticky bylo možné zkonstruovat libovolný elektronický přístroj, který dnes známe. První počítače, založené na vakuových elektronkách byly sestaveny během první světové války.

Elektronkový oscilátor "vyčistil" vysílaný signál.

Několik málo prvních výkonných vysílačů používalo alternátory na generování rádiových signálů na nízkých kmitočtech. Je jasné, že kmitočet alternátoru je limitován rychlostí jakou může mechanicky rotovat magnet v alternátoru. Prakticky nebyly kmitočty o moc vyšší, než nízkofrekvenční (audio) signál, někde mezi 20 až 50 kHz, takže mohly pokrýt pouze nejnižší část rádiového spektra. Výhoda těchto alternátorů byla, že generovaly čistý sinusový signál.

Naproti tomu vakuová elektronka, která bude zesilovat signál ze svého vlastního výstupu, což vede k netlumeným oscilacím může pracovat na libovolném kmitočtu až do stovek megahertz. Stejně jako alternátor, může elektronkový oscilátor generovat čistý sinusový signál na jediném kmitočtu. Až do této doby byly signály pro vysílání na vysokých kmitočtech generovány elektrickým jiskřením a poté přivedeny na laděný obvod. Jiskrové vysílače produkovaly šumící, syčivý signál, který "rozstříkával" energii po celém pásmu. Slyšel jsi někdy na AM rádiu praskání od zapalovací soustavy projíždějícího auta? Podobně blesky během bouřky způsobují prskání a praskání, které je slyšet po celém rádiovém spektru. Tehdejší vysílače byly jako malé generátory atmosférických poruch, maximálně s filtry omezujícími rušení na šířku jednoho pásma. Tyto jiskrové vysílače plýtvaly jak výkonem, tak prostorem na pásmech. Díky dostupnosti elektronkových oscilátorů byly jiskrové vysílače již začátkem dvacátých let vzácností, a v roce 1927 byly ve Spojených Státech úplně zakázány.

Pokud je vynálezce vytrvalý, může se stát, že objeví skvělou věc aniž by pořádně věděl jak vlastně funguje. To byl také případ DeForestova audionu. Krátkodobě nemusí neznalost vadit, ale z dlouhodobějšího hlediska by měl vynálezce důkladně pochopit co vlastně vymyslel. Speciálně v žádosti o patent musí být schopen detailně vysvětlit jak to funguje. DeForest se na to vykašlal. Bohužel. Jeho patenty nedokázaly dát jednoznačné vysvětlení k tomu, jak jeho součástky, založené na vakuové elektronce fungují. Mnoho let po vynálezu audionu se DeForestovy patenty dostaly do konfliktu s patenty sice pozdějšími, které však obsahovaly precizní vysvětlení. U soudu byl DeForest doslova neschopný popsat, jak trioda zesiluje. Z toho je naprosto zřejmé, jak musel být naivní v době jeho vynálezů. Ale s ohledem na to, že vakuová trioda byl jeho vrcholný vynález není příliš lichotivé, že se neobtěžoval proniknout do sféry elektroniky alespoň tak, aby pochopil jak jeho vlastní vynález funguje. 45 let po jeho vynálezu audionu se DeForest stále producoval ve společenském obleku, přičemž se velkolepě označoval za "otce televize".

Reginald Fessenden přenáší řeč.

Profesor [Reginald Fessenden](#) je téměř neznámým hrdinou vývoje rádia. Je opravdu jedním z nejúžasnějších prokopníků rádia. Ačkoli Marconi byl první, kdo předvedl komunikaci přes Atlantic, Fessenden byl první, kdo to v roce 1906 nabídl jako běžnou službu. Fessendenův největší úspěch bylo přenesení řeči. Není ani tak pozoruhodné co udělal, jako spíše kdy to udělal. V prosinci 1900 přenesl hlasový signál svému asistentu Alfredu Thiessenovi na vzdálenost jedné míle z jeho laboratoře na Coob Island na řece Potomac. "Jedna-dva-tři-čtyři.... Sněží u Vás pane Thiessene? Pokud ano, tak mi telegrafujte zpět." "Ano, sněží !" vyřukal Thiessen telegraficky zpátky.

Z dnešního pohledu přišel Fessendenův vynález o 15 let dříve, než byly dostupné součástky, které by to umožnily elegantněji. Výkonová trioda - to bylo to co Fessenden potřeboval. Jenomže on to nevěděl, takže vysílal amplitudově modulovaný hlas s použitím jiskrového vysílače. Zní to neuvěřitelně. Fessenden byl téměř úplně zapomenut, pravděpodobně nejspíše proto, jelikož jiskrové vysílače byla slepá ulička vývoje.

Jediný článek, který jsem o Fessendenovi četl, nepopisuje jasně jeho přístroj. Zdá se, že byl úspěšný díky třem hlavním zásadním věcem a hnoha dalším.

- Fessenden "vyhladil" jiskření.

Ke generování čisté [AM modulace](#) je potřeba čistý sinusový signál nosné, jenže to není případ jiskrového vysílače. Fessenden usoudil, že pokud by prskavé výboje nastávaly dostatečně často, byl by kmitočet nepříjemného rámusu tak vysoký, že by nebyl slyšet lidským uchem. Takže místo pár desítek až stovek jisker za sekundu, Fessendenův generátor jiskřil až 10 000 krát za sekundu. Výstup dále filtroval rezonančním obvodem z indukčnosti a kapacity. Vysílač měl svoji vlastní elektrárnu poháněnou parním strojem a zřejmě byl velmi výkonný. Aby byla řeč srozumitelná, musel parní stroj běžet na plný výkon. Použití šumu na vysokém kmitočtu za účelem abychom se zbavili šumu na nízkém kmitočtu připomíná moderní princip redukce šumu "Dolby sound". Raději, než bojovat se šumem, který neodmyslitelně patří ke všem analogovým záznamovým systémům, Dolby system, aby vymazal šum, úmyslně moduluje hudbu signálem o vysokém kmitočtu okolo 25 000Hz.

Četl jsem ještě jiný článek o Fessendenově práci, kde byl jeho vysílač popisován jako vysokorychlostní alternátor. Ano, ano, vysílání řeči pomocí vysokorychlostního alternátoru vypadá nepravděpodobně. Zkomolené a překroucené technické popisy jsou vážný problém při zkoumání historie rádia. Je těžké seriózně zjistit jak to opravdu bylo.

- Fessenden vynalezl barretter

Fessenden také vynalezl nový citlivý detektor, který nazval [barretter](#). Ve Francouzštině barretter znamená "měnič" a do dnešní doby se používá jako detektor pro mikrovlny. Moderní barreter je tvořen mikroskopickým platinovým drátkem který se rychle ohřívá a ochlazuje procházejícím vysokofrekvenčním proudem. Jak drátek rychle mění teplotu, stejně se mění jeho odpor, takže tím může být modulován procházející stejnosměrný proud.

•

Co mi však není jasné je to, kde vzal profesor (okolo roku 1900) dostatečně silný signál z mikrofonu. Dostatečně silný na to aby mohl modulovat výkonný vysílač. Podle mého názoru to byl jeho třetí průlomový vynález. V komerčně používaných amplitudově modulovaných vysílačích z třicátých let musel být audio (nízkofrekvenční) signál z mikrofonu zesílen až na polovinu výkonu výstupního výkonu vysílače. Tedy například pro vysílač s výkonem 1000 wattů byl potřeba 500 wattů audio zesilovač. V roce 1900 však nebyl způsob jak něco takového postavit.

Je možné, že vynalezl "magnetický modulátor". Ve dvacátých letech používaly některé vysílače transformátor na to aby vtiskly amplitudovou modulaci přímo na vysokofrekvenční signál. Mikrofon moduloval stejnosměrný proud procházející primárem, zatímco uzemění anténního systému šlo přes sekundár. Změnou saturace jádra bylo možné malými změnami modulačního signálu vyvolat velké změny sekundárního proudu, čímž docházelo k potřebnému zesílení a modulaci.

Fessenden musel být posedlý genius, když dokázal s pomocí parního stroje, železných tyčí, měděného drátu a jiskrového vysílače spustit rozhlasové vysílání řeči. Fessendenův úspěch nezůstal nepovšimnut a on mohl být schopen vydělat peníze a rozjet rozhlasovou společnost. Jeho první veřejné předvedení byl projev a skladba "Oh Holy Night" zahraná na housle na Štědrý večer roku 1906. Avšak jeho komerční růst byl pomalý, a tak postupem doby, když se AM rozhlasové vysílání začalo rozrůstat, kdekdo si přivlastnil jeho nápady. Nakonec Marconi Company koupila v roce 1914 licence na jeho patenty. Z dnešního pohledu byl největší

Fessendenův problém neexistence nějakého realizovatelného business plánu. Vyvinul šikovné zařízení, ale nedokázal s ním vydělat peníze.

Edwin Howard Armstrong

Dalším technikem, který rozuměl svým vlastním vynálezům byl [Edwin Armstrong](#). Elektrotechniku studoval během první světové války a ihned po ukončení školy předvedl svůj první ze tří skvělých vynálezů - [superregenerační přijímač](#). V tehdejší době bylo docela nákladné konstruovat přijímače s velkým množstvím vakuových elektronek. Byly příliš velké, drahé, a měly velikou spotřebu energie. Armstrong přišel na způsob jak o několik řádů zvýšit citlivost přijímače s použitím zpětné vazby v elektronkovém zesilovači. Superregenerační přijímače byly dost primitivní a musely být vždy přesně donastaveny aby se odstranilo kvílivé rušení při naladění na požadovanou stanici. Na druhou stranu, jakmile se začaly superregenerační přijímače používat, vzdálenosti na které bylo možné přijímat rozhlasové vysílání se prudce zvýšila na více než tisíc mil.

Navzdory jejich několika omezením si radioamatéři běžně stavěli superregenerační přijímače až do konce šedesátých let minulého století. "Super-regens" byly primitivní, ale byly dalším schůdkem k příští generaci přijímačů. V roce 1920 Armstrong vyvinul přijímač nazvaný "superheterodyn". Jde o základní konstrukci, která se dodnes nejčastěji používá v moderních přijímačích, od televizorů až po mobilní telefony. Jako začínající radioamatér jsem si postavil "Knight Ocean Hopper" - superregenerační přijímač ze stavebnice. Koupil jsem to pouze proto, že to bylo levné. Syčivý rušivý zvuk o vysokém kmitočtu který super-regen produkoval byl tak nesnesitelný, že jsem se nemohl dočkat až to nahradím kvalitním komunikačním přijímačem na principu superhetu.

Přijímače TRF to nevyřešily

Řešení které se nabízí na dosažení dostatečného zesílení bez použití super-regenerace je zařadit několik vysokofrekvenčních elektronkových zesilovacích stupňů do série. Tyto přijímače byly nazvány "tuned radio frequency" ([TRF](#)) [přijímače](#), jenže ty nebyly nikdy příliš populární. Každý zesilovací stupeň v řetězci musel být samostatně naladěn na požadovanou stanici. To znamená, že první TRF přijímače měly doslova tři, nebo čtyři ladící knoflíky, z nichž každý byl laděn nezávisle. Jiná varianta byla použita v nejlepších TRF přijímačích. Zde byly ladící kondenzátory spřaženy, takže byly vždy laděny na žádanou stanici společně. Tato metoda byla extrémě náročná na synchronizaci a kalibraci, aby byl zajištěn souběh všech laděných obvodů přes celé pásmo. Další problém byl, že měly z principu nízké Q a tak měly tendenci přijímat najednou více než jednu stanici. Jediné prakticky použitelné TRF přijímače byly buď velice drahé, nebo byly konstruovány pro příjem pouze jedné stanice.

Přijímač - [Superheterodyn](#) (zkráceně superhet)

Armstrong vyřešil problém se zesílením signálu tím, že převedl přijímaný rádiový signál na neměnný "mezifrekvenční kmitočet-MF". (anglicky Intermediate frequency-IF). [Mezifrekvenční kmitočet](#) zůstává stejný bez ohledu na to, na jakou stanici je rádio naladěno. Jinými slovy - superhet je jednokmitočtový přijímač (TRF) s konverzí kmitočtu na svém vstupu. Mezifrekvenční řetězec je jednou provždy naladěn při výrobě. Není potřeba ho později nijak doladovat. Další důležitou výhodou je, že v MF řetězci můžeme použít filtraci, takže propustí pouze šířku pásma potřebnou pro daný signál. Například přijímač pro AM modulaci může mít šířku MF pásma 20000Hz. Naproti tomu telegrafní signál potřebuje jen 100Hz nebo i méně. Takže pokud je v mezifrekvenci použit úzkopásmový filtr, může přijímač vybrat pouze jeden signál z mnoha, které mohou být nahuštěny na pásmu. Porovnej to s TRF nebo i superregeneračním přijímačem, které

tě nutí poslouchat s šířkou pásma až 50 000 Hz.

V superhetu se mezifrekvence vytváří s pomocí [místního VF oscilátoru](#). Princip si můžeme vysvětlit na slyšitelných kmitočtech. Pokud smísíme dohromady dva různé kmitočty, zvukové vlny se vzájemně ruší a sčítají, čímž vytvářejí další kmitočty, které jsou součtem a rozdílem těchto dvou signálů. Například pokud udeříme současně do dvou sousedních kláves na piánu, uslyšíme disharmonický zvuk. To proto, že slyšíme také ony součtové a rozdílové kmitočty. Jiný příklad: Dvumotorová vrtulová letadla jsou vybavena synchronizátory motorů, aby se nevytvářel nepříjemný "WAH-WAH-WAH" záznějový kmitočet. Tento kmitočet je dán rozdílem kmitočtů daných rychlostí obou motorů. Narozdíl od těchto nepříjemných příkladů ze zvukové oblasti, je v superhetu záznějový kmitočet obvykle úmyslně vytvořený produkt. A to je to, co Armstrong vymyslel.

Superhet není laděn ostrým filtrem na anténním vstupu, ale sinusovým oscilátorem, který je posunut oproti signálu, který chceme přijímat. Tím o kolik je posunut je právě dán kmitočet mezifrekvence. Například na domácím FM rádiu chceme poslouchat rozhlasovou stanici na 100MHz. Potom je místní ladící oscilátor naladěn na 110,7 MHz. Rozdíl mezi těmito dvěma kmitočty je 10,7Mhz, což je běžně používaná mezifrekvence v FM rádiích. Jelikož ladící oscilátor vytváří pouze jeden čistý kmitočet, a protože mezifrekvenční filtr může být docela úzký, může být ladění superhetu extrémně selektivní. Citlivost superhetu se dosáhne tím, že se zařadí několik MF stupňů do série. Jak již bylo vysvětleno dříve, můžeme MF zesilovač brát jako jedno-kmitočtový TRF přijímač.

Ke konci dvacátých let byly jiskrové vysílače zakázány a nahrazeny sinusovými elektronkovými oscilátory. Sinusový oscilátor generuje signál pouze na jednom jediném kmitočtu. Po tomto zdokonalení mohly náhle pásmo sdílet stovky telegrafních signálů bez toho, že by se navzájem rušily. A s použitím Armstrongova superhetu, mohl přijímač vybrat pouze jeden žádaný telegrafní signál.

Záznějový oscilátor (Beat Frequency Oscillator - BFO)

Ačkoli jednoduchý superhet přijímá krásně AM rozhlas, telegrafní signál je v principu neslyšitelný, protože čistý sinusový signál není modulovaný. Během dvacátých let byly vysílače pro morse často modulovány nějakým spínačem poháněným motorem. To vytvářelo bzučivý zvuk a dost to připomínalo staré jiskrové vysílače. Abychom pomocí superhetu mohli slyšet morse, potřebujeme další oscilátor, nazývaný "[záznějový oscilátor](#)" (anglicky Beat Frequency Oscillator, zkratka BFO), který nám pomůže vytvořit slyšitelný zvuk. Například můj první krátkovlnný přijímač bylo jedno z těch starodávných všepásmových rádií, které jsme mohli ve čtyřicátých letech vidět v nejednom obýváku. Rádio parádně přijímalo zahraniční AM rozhlasové stanice, například Rádio Moskva. Pokud jsem však ladil v amatérských pásmech, morse signály byly neslyšitelné, nebo maximálně jako pulzující šum. Abych mohl přijímat morse signály, musel jsem na toto velké krátkovlnné rádio postavit další malé stolní rádio. Ladil jsem toto malé rádio tak abych na velkém rádiu slyšel jeho ladící (místní) oscilátor. Tento signál vytvářel zázněj s přijímaným morse signálem a tím ho učinil slyšitelným. Nastavení bylo extrémně ostré a proto velmi nepraktické. Komunikační přijímače mají BFO samozřejmě vestavěný, a tím připravený k snadnému použití.

Zbavme se atmosférického rušení.

Až do konce první světové války probíhala rádiová komunikace prakticky stoprocentně pomocí morse. Najednou bylo normální, že bylo možné v rádiu poslouchat hlasy. První komerčně úspěšná AM rozhlasová stanice začala vysílat v roce 1921. Při amplitudové modulaci není signál vysílače přerušován (vypínán a zapínán) jako při morse, nýbrž vysílá trvale. Výkon vysílače se zvyšuje nebo snižuje podle nízkofrekvenčního (audio) signálu - hudby nebo hlasu. Tím se do vysílaného signálu vtiskne neboli

"moduluje" hlas nebo hudba.

Pokud je síla přijímaného signálu velká a nemáme rušení od bouřky, velkých stejnosměrných motorů, nebo automobilového zapalování, funguje AM rádio docela dobře. Od roku 1930 se AM rádio stalo běžným zařízením v amerických domácnostech. Bohužel, díky všemu tomu praskajícímu a lupajícímu rušení při slabých signálech nemohlo nikdy být AM rádio skutečně HIFI, snad s výjimkou velmi silných místních stanic.

Atmosferická statika je přírodní rušivý signál který má stejnou amplitudovou modulaci, jako uměle vyrobený AM signál. Z toho důvodu je nemožné zbavit se tohoto rušení bez toho, že bychom změnili způsob modulace. Edwin Armstrong se uzavřel ve své laboratoři v Empire State building v New York City a pracoval na tom jak rušení odstranit. Armstrong potřeboval vytvořit audio modulaci, která by byla vtisknula vysílanému signálu bez toho, že by napodoboval přirozené rušení od bouřky, nebo statických výbojů. Armstrong nakonec dostal nápad, modulovat kmitočet vysílaného signálu, místo jeho intenzity. Jinými slovy, jak hlasatel hovoří, kmitočet vysílače se mění nahoru a dolů podle kmitočtu zvuku. [Kmitočtová modulace \(Frequency Modulation - FM\)](#) vyřešila většinu problémů s rušením a byla počátkem [FM rozhlasového vysílání](#), které používáme dodnes.

Armstrong pracoval pro Radio Corporation of American (RCA), která vyráběla přijímače. RCA měla dceřinou společnost [National Broadcast Company](#), která udržovala AM vysílání tak dlouho dokud nevypršel patent. RCA byla řízena Davidem Sarnoffem, který dostatečně neoceníl Armstrongův přínos pro firmu. Armstrong opustil RCA a rozjel jeho vlastní FM rozhlasovou síť.

Sarnoff potřeboval FM rádio, aby mohl vysílat televizní zvuk, tak prostě Armstrongovi jeho vynález ukradl. Jelikož si mohl dovolit najmout více právníků, nakonec patentovou válku vyhrál. Jeho právníci dokonce přesvědčili soud, že FM vynalezla RCA a nikoli Armstrong. Sarnoff také přesvědčil FCC aby donutil FM stanice vysílat na VKV kmitočtech s malým výkonem, čímž je omezil na místní (lokální) rozhlasové stanice. Tím zabránil FM aby mohla být použita k dálkovému vysílání, podobně jako AM stanice s výkonem 50kW, které jsou stále roztroušeny po Spojených Státech. Tím Sarnoff vyhrál všechny bitvy a přivedl Armstronga ke krachu. Armstrong, který velmi rád šplhal na vysoké vysílací věže, ukončil svůj život v roce 1954 skokem z okna 13. patra.

Tranzistor miniaturizuje elektroniku

[Bipolární tranzistor](#) vynalezli v roce 1947 pánové Shockley a Bardeen, pracovníci firmy Bell Laboratories. Z hlediska funkce můžeme tranzistor přirovnat k miniaturní vakuové triodě. Narozdíl od triody se tranzistor skládá ze zrnka krystalu polovodiče s připojenými třemi drátky. Podobně jako u triody můžeme malým proudem do ovládacího vstupu tranzistoru nazývaným "báze" ovládat větší proud, který teče od "emitoru" do "kolektoru. Avšak narozdíl od elektronky tranzistor nepotřebuje vakuovou baňku, žhavicí vlákno, ani relativně vysoké napětí, nebo zvláštní zdroj pro žhavení.

U elektronky je ovládací napětí mřížky vztaženo vždy k zápornému pólu obvodu. Na mřížce je tedy napětí vždy alespoň o pár voltů rozdílné oproti žhavicímu vláknu (katodě). Napětí na anodě je obvykle poměrně vysoké, typicky několik stovek voltů, a má vždy kladnou polaritu. Naproti tomu tranzistor může pracovat s napětím od jednoho až dvou voltů a může být zkonstruován ve dvou polaritách. Báze může být vztažena k zápornému pólu, (NPN tranzistor) nebo ke kladnému (PNP tranzistor). Jelikož jsou tranzistory dostupné v obou polaritách (komplementární), mohou být oba typy použity společně, spolu s několika dalšími součástkami jako odpory nebo transformátory, ke konstrukci malých vysoce ziskových zapojení.

První tranzistory byly velice zranitelné součástky nazývané "hrotové tranzistory". Ty se však nikdy neobjevily v nabídce výrobců pro trh. (Pokus jak si vyrobit hrotový tranzistor je popsán ve 4. kapitole). První

běžně používané tranzistory nebyly vyrobeny z křemíku ale z germania a byly schopny zpracovat pouze nepatrné výkony. Například tranzistor 2N35 se zničil, při ztrátovém výkonu větším než 35 tisícin wattu (35miliwattů). V roce 1950 se prodávaly amatérům na pokusy. Bylo však velmi problematické s nimi pracovat a přitom je nezničit. Také jsem si jeden koupil, stál 5 dolarů, a zničil jsem ho téměř okamžitě. V přepočtu by dneska stál 50 dolarů jeden.

Později, v roce 1960 ve firmě [Texas Instruments](#) zdokonalili křemíkové tranzistory a v tu chvíli začala převaha vakuových elektronek slábnout.

Rádio pokrývá zeměkouli.

V Japonské firmě [Sony](#) přišli na to, že křemíkové tranzistory představují neopakovatelnou příležitost. Vrhli se na to a představili revoluční AM rádio. Vyrobili miniaturní "tranzistoráky" napájené z baterií, které stály pár dolarů a vešly se do kapsy u košile. Jelikož nepotřebovaly napájení ze zásuvky a baterie byly malé a laciné, mohli si náhle i ti nejchudší lidé na zemi dovolit [tranzistorové rádio](#).

V roce 1960 se objevil další typ tranzistoru - takzvaný FET ([Field Effect Transistor - tranzistor řízený polem](#)). FET je rovněž součástka se třemi vývody. Jeho řídicí elektrodě se říká "gate". Pro řízení proudu od elektrody "source" k elektrodě "drain" se používá malé napětí narozdíl od malého proudu u bipolárních tranzistorů. Stejně jako bipolární tranzistory jsou FETy dostupné ve dvou polaritách nazývaných "N-channel" nebo "P-channel". (s kanálem N nebo s kanálem P). Dneska jsou tranzistory FET základním prvkem většiny [integrovaných obvodů](#) používaných v počítačích, a jak uvidíme později, jsou také velice užitečné při konstrukci rádiových obvodů.

Jak jsem se stal amatérem

Posloucháním na krátkých vlnách jsem se začal vážně zabývat během [studené války](#). Moje veliké "všepásmové rádio" umožňovalo ladění v krátkovlnných pásmech. Tohle rádio měřilo 3 stopy na výšku, 2 stopy na šířku a mělo krásnou dřevěnou skříň. Jenomže v porovnání se skutečnými komunikačními přijímači mělo tohle rádio obrovská omezení. Mělo velice špatnou selektivitu a pokrývalo pouze některá [amatérská pásma](#). Nemělo "jemné ladění", takže amatérská pásma pokrývala na čtyřpalcové stupnici (asi 10cm) pouze cca 1/8 palce (asi 3mm). Nemohu však říci, že by bylo k ničemu. Byl jsem schopen občas zachytit fonickou AM konverzací mezi amatéry. Později jsem si koupil vojenský přijímač z 2.světové války - Morale radio. Šlo o krátkovlnný přijímač pro vojáky určený k poslechu AM rozhlasu. Morale radio také nemělo BFO (beat frequency oscillator), takže bez pomoci triku s druhým rádiem, který jsem popsál dříve nemohlo poslouchat telegrafní signály.

Jako skaut jsem se učil morseovku. Jedním z požadavků na získání skautského odznaku první třídy byla znalost vysílání a příjmu morseovky pomocí praporků. Mávnutí praporkem nad hlavou směrem doleva znamenalo "čárku", doprava "tečku". Naše skautská příručka nám stále připomínala co "Dutchman" řekl, "Tečky doprava !" Po dnešních skautech není morseovka vyžadována. Jaká ostuda. Schopnost komunikovat ťukáním přes zeď, nebo máváním přes kaňon, nemusí být v případě nebezpečí bezcenná dovednost. Vězni na celém světě často komunikují vytūkáváním zpráv přes zeď s použitím univerzálního kódu. Vězeňský kód překládá abecedu do ťukání tak, že písmenu A odpovídá jedno ťuknutí, B dvě ťuknutí, atd a samozřejmě písmenu Z odpovídá 26 ťuknutí. No, ... myslím, že vězni mají dos času.

Několik mých kamarádů se také zajímalo o krátké vlny, tak jsme založili posluchačský (SWL) klub. (Short Wave Listening). Abychom se naučili morse, sestavil můj kámoš Eric Raimy bzučákový telegrafní systém, s kterým jsme mohli komunikovat mezi jeho ložnicí, šatnou v přízemí a suterénem. My tři středoškolsí studenti jsme seděli na svých stanovištích a komunikovali jsme naší pomalou morseovkou, dokud jsme

nezvládali rychlost 5 WPM (Words Per Minute - slov za minutu) abychom mohli složit test pro amatérskou začátečnickou třídu. Licence jsme získali s pomocí ředitele místní školy, Glena Johnsona - W0FQK.

Pokud chceš získat amatérskou licenci, je dobré najít si nějaký radioklub ve svém okolí. Radiokluby často organizují kurzy pro nové amatéry a provádějí zkoušky. Místní radioklub můžeš najít na internetu. Pokud se ti to nepodaří, podívej se na website American Radio Relay League, www.arrl.org nebo (888)277-5289. ARRL ti pomůže mnoha způsoby. Mohou ti poskytnout materiál ke studiu, časopisy, knihy, a kontakty na lidi ve tvém okolí.

Amatérské rádio za posledních 80 let.

Stejně jako veškerá elektronika obecně, vyvinulo se amatérské rádio od konce druhé světové války do mnoha rozdílných podob. Z koníčka, který byl původně téměř výhradně telegrafie, postupně vznikla dlouhá řada aktivit a možností. Během každého desetiletí přibývaly další a další možnosti a způsoby jak použít rádiové zařízení. Stalo se v podstatě pravidlem, že nové technologie se staly běžně používanými deset let poté, co byly poprvé předvedeny. Ze všech způsobů modulace, které kdy byly použity, jediné jiskrová telegrafie úplně vymizela. Také AM modulace řeči se dnes používá velmi zřídka.

- 1920 CW Morse code a první pokusy s AM (Vakuové elektronky a konec jiskrové telegrafie)
- 1930 AM telefonie a VKV kmitočty 54 MHz a výše.
- 1940 Radiodálnopis (RTTY), VKV FM komunikace, mobilní zařízení v autech
- 1950 Modulace s jedním postranním pásmem (Single Side Band – SSB), amatérská televize, pomalá televize, UKV komunikace 220Mhz a výše, směrové antény
- 1960 Amatérská mikrovlnná komunikace. Snadno ovladatelné krátkovlnné SSB transceivery. Komunikace odrazem od měsíce a meteoritických stop.
- 1970 Komunikace přes amatérské satelity, VKV/UKV převaděče.
- 1980 Hand-held transceivery, staniční deníky na počítači, AMTOR, packet (rádio e-mail)
- 1990 Komunikace s [rozprostřeným spektrem](#), rádiem ovládané a amatérská telemetrie, automatické (robotické) stanice, PSK-31, IRLP (VKV převaděče připojené na internet), QRP stanice, rádiem ovládané modely, TV na malých raketách.

Z pohledu širší možností a nových technologií zažívá amatérské rádio velký rozmach. Na druhou stranu díky Internetu, faxu, mobilním telefonům a podobně, mohou většinu těchto technologií používat osoby bez licence a bez skutečného zájmu jak to vlastně funguje. Avšak několik aspektů amatérského rádia zůstalo zachováno beze změny.

Jsou to:

- Morseova abeceda
- [Výměna QSL lístků](#) (potvrzování spojení)
- Domácí stavba zařízení
- Zvládání nových nebo “exotických” způsobů komunikace, jako třeba satelitní převaděče nebo neobvyklé způsoby šíření, jako třeba odraz od Měsíce.

Budoucnost amatérských pásem

Existence našeho koníčka je naprosto závislá na tom, zda nám naše vláda dovolí vysílat. K tomu potřebujeme mít [příděl kmitočtových pásem](#). Avšak každý den se objevují další a další potřeby bezdrátové komunikace pro komerční sféru. Komunikace na krátké vzdálenosti, takzvaná "Part 15 applications", vysílá na vzdálenosti do 100 stop. Používá se na připojování tiskáren k počítačům, u bezdrátových telefonů, ovládání garážových vrat nebo zamykání automobilů. Vhodné kmitočty mohou být nízké, řekněme do 1 Mhz, nebo naopak velmi vysoké – 40MHz a výše. Kmitočty v krátkovlnné oblasti mezi 1 a 40MHz nejsou pro tyto aplikace vhodné, protože při správných atmosférických podmínkách by mohla být zařízení spouštěna signály z velkých vzdáleností, třeba i z opačné strany Země. Například když byl v roce 1957 vypuštěn první [Sovětský satelit Sputnik](#), tak vysílal na 20MHz. Vždycky, když satelit přelétal nad Spojenými Státy, mnoha majitelům domů se "záhadně" otvírala a zavírala garážová vrata. Většina z těchto problémů byla vyřešena selektivními přijímači a digitálním kódováním. Avšak pokud budou pásma přeplněna signály, může se stát, že i sofistikovaný přijímač může být paralyzován a nemusí reagovat na správný kód.

Mobilní telefony, GPS a Internetové linky komunikují na vzdálenosti několika mil, nebo směrem nahoru k satelitům. Potřebují spolehlivé spojení. Nejlepší kmitočty pro tyto účely jsou nad 40MHz, protože obvykle nemohou být rušeny náhodnými signály ze vzdálenějších oblastí. Na kmitočtech 500 MHz a výše téměř nemůže docházet k rušení signálu za horizontem. Tyto kmitočty poskytují spolehlivou komunikaci ve dne i v noci. V dnešní moderní době jsou to právě UKV (UHF) a mikrovlnné kmitočty, které mají nejvyšší komerční hodnotu. Amatéri mají přiděleno několik kmitočtových pásem v této "vysoce ceněné" části spektra. Zatím nám je povoleno sdílet je společně s armádou.

Zaplat' pánbůh za nevyzpytatelné chování krátkých vln.

Od dvacátých let minulého století byla nejdůležitější amatérská pásma v rozsahu mezi 1,8 až 29,7 MHz. Dobrá zpráva je, že právě nespolehlivost [krátkovlnných pásem](#), která je tak zajímavá pro amatéry je dělá nezajímavými pro komerční uživatele. Když my amatéři zapínáme naše přijímače, tak opravdu nevíme co vlastně uslyšíme. Může to být pouze praskající statická elektřina, nebo dva chlápci z našeho města diskutující o golfu. Ale také můžeme slyšet amatéra z Mongolska, který hledá někoho s kým by si popovídal. Je to stejné jako jít na ryby. A to je právě ta zábava.

Špatné signály pro budoucnost

Jelikož je zařízení pro amatéry stále složitější, stále méně a méně jich opravdu rozumí, jak to opravdu funguje. Je nutné si přiznat, že většina dnešních amatérů je tak zasažena složitostí jejich zařízení, že ho prostě používají, bez nějaké skutečné snahy pochopit, jak to funguje. Výsledkem je také to, že jen velmi nepatrná část amatérů se pokouší stavět něco vlastního. Také americká [FCC](#) (Federal Communications Commission) reaguje na tento trend. Jelikož stále méně lidí si staví vlastní zařízení, stalo se zařízení pro amatérské rádio prostě dalším druhem spotřební elektroniky. [FCC](#) se stále více stará o to aby výrobci nabízeli "blbuvzdorná" zařízení, než o to, aby amatéři uměli svá zařízení používat.

Před čtyřiceti lety prováděla zkoušky zájemců o amatérské vysílání přímo sama [FCC](#). Testy byly zaměřeny hlavně na technické znalosti potřebné k tomu jak udržet doma vyrobené zařízení ve stavu, aby vysílalo jenom v přidělených pásmech. Výsadu, smět vysílat na všech amatérských pásmech měli pouze ti nejlépe vyškolení. Museli být schopni předvést telegrafní provoz rychlostí 20 WPM (words per minute – slov za minutu), a zvládnout složitou zkoušku, která obsahovala také nakreslení schémat několika druhů vysílačů, včetně potřebných výpočtů. Pro dnešní nejvyšší třídu – Extra Class je vyžadována rychlost 5WPM, a testy jsou formou výběru správné odpovědi z několika nabízených. Při přípravě se dnešní moderní amatéři raději učí to,

jak udělat testy, místo aby se učili znalosti které jsou v testu obsaženy. Vezmeme-li technické znalosti, jsou u moderních amatérů velmi povrchní v porovnání s amatéry dejme tomu před padesáti lety.

Další alarmující věc je, že počet amatérů zůstává relativně neměnný a jejich průměrný věk plynule stoupá. Logický závěr je, že pro malý zájem nám mohou být nakonec kmitočtové přiděly odebrány. Amatérské rádio se stane další historickou aktivitou, ve stejné kategorii jako "quilting-bees" (jakási společenská akce, při níž se vyráběly speciální přikrývky) nebo lov bizonů.

Úplně nejčerstvější hrozbou pro amatérské rádio jsou iniciativy spojené s přenosem internetu po elektrorozvodné síti ([BPL – Broadband Power Line](#)). Energetické společnosti chtějí vydělávat na připojení k Internetu pomocí elektrických drátů, které vedou do každého domu, který odebírá elektřinu. Bohužel elektrická vedení vyzařují rádiové rušení a způsobují silné bzučení a šum který maže všechny signály na kmitočtech mezi 2,0 až 80MHz, od slabých až po středně silné. Tento šum ruší všechny, ale nejvíce amatéry a krátkovlnné rozhlasové stanice.

Zvládnutí moderních technologií

Jak jsou s postupem civilizace technologie stále sofistikovanější, jsou základní vědomosti ve společnosti stále více roztržštěné. Ačkoli množství znalostí, které mají jednotliví lidé ve svých hlavách, zůstává stejné, každý občan zná více a více detailů o stále menším a menším počtu věcí. Obsluhovat moderní amatérský transceiver připomíná obsluhu složitého videorekordéru. Ano, zařízení zvládne všechna možná pásma a všechny druhy modulací. Nejdříve si ale musíš pročíst manuál a stisknout 48 tlačítek abys navolil všechna správná menu a možnosti nastavení. Obsluhovat některý z těch multifunkčních zázraků není opravdu jednoduché. Pokud to ale nakonec zvládneš, o elektronice se stejně nedozvíš vůbec nic.

Moderní transceivery mi připomínají [integrováný obvod](#). Transceivery jsou složeny z desítek (nebo stovek) integrovaných obvodů, které obsahují nejspíše několik milionů tranzistorů. Integrovaný obvod nemůže být opravován, stejně jako [transceiver](#) jako celek. Co obsahují je tajemství, a jsou obvykle černé, hranaté s "nožičkami", nebo vývody. Dokonce pokud máš před sebou servisní manuál moderního transceiveru, je problém podle blokového schématu pochopit víc, než jenom jak v principu pracuje.

Ale technici, kteří navrhovali tato zázračná moderní rádia určitě přesně vědí, jak fungují ! Ne, opravdu nevědí. Ano, možná někde na světě je pár techniků, kteří dobře zvládají všechny technologie použité v moderním transceiveru. Ale já bych si na to nevsadil. Každý technik se specializuje na sestavení a naprogramování modulů, které jsou koupeny od jiných výrobců. Moduly jsou zapouzdřeny a nemohou být opravovány. Co je přesně uvnitř těchto modulů je pro ně nejspíš stejně záhadné, jako pro nás ostatní.

Během posledního století se rozsah potřebných znalostí rádiového operátora stále zmenšoval. První radioví pionýři před sto lety nemohli pouze testovat rádio v éteru, ale museli umět pracovat s materiály z kterých vyráběli součástky pro svá zařízení.



Tento vývoj si můžeme ukázat na "technologické pyramidě". Na úplném vrcholu pyramidy je dovednost jak obsluhovat transceiver. Úplně dole je prospektor, který zkoumá divočinu a hledá suroviny vhodné pro výrobu materiálů potřebných na výrobu rádia a všech ostatních moderních technologií. Někde uprostřed jsou znalosti potřebné na sestavení svého vlastního zařízení.

Jeden ze způsobů jak se můžeme na změny dívat je, že amatérské rádio pomalu ustupuje k vrcholku pyramidy, aby se nakonec stalo jen dalším spotřebním produktem, jako je televize, nebo mobilní telefony. Mnoho amatérů na obhajobu argumentuje tím, že amatéři mohou dělat více věcí, než kdykoli předtím, a proto je to zajímavější. Můžeme vysílat živou amatérskou televizi, máme e-mailové sítě a faxy. Naštěstí nebo bohužel, ty samé technologie jsou dostupné komukoli jinému, aniž by potřeboval licenci. Tak proč se otravovat s amatérským rádiem.

Domácí stavba zařízení a "QRP"

Stavba vlastního zařízení je obecně označována termínem "homebrewing" (*nenapadá mě žádný český jednoslovný výraz*). Až do druhé světové války, amatérské rádio **bylo** homebrewing. V těch dávných dobách bylo solidní komerčně vyráběné rádio zřídka dostupné a během krize si ho lidé s průměrným příjmem stejně nemohli dovolit. Pokud jsi nebyl schopen postavit si zařízení sám, pravděpodobně jsi neměl šanci objevit se v éteru. Z tohoto pohledu není mírná chudoba vždycky jen ke škodě. Když je život příliš snadný, začne to být nuda.

Po roce 1950 si vysílače stavěli už pouze začínající, nebo nepříliš majetní. Nejtěžší bylo postavit si dobrý [komunikační přijímač](#), takže homemade přijímače byly první co zmizelo. V padesátých a šedesátých letech se objevily dobře navržené stavebnice od firem jako [Heath](#) nebo Allien Radio, které vytlačily doma stavěná zařízení. K tomu abys měl dobré, použitelné zařízení stačilo spájet to vše dohromady. Nakonec v osmdesátých letech začala být tato zařízení tak složitá, že jediné, co nám výrobci dovolili bylo spájet

dohromady prefabrikované hotové moduly. Poté co se to stalo, začaly být stavebnice tak nudné, že zmizely úplně. V současné době roste zájem o stavbu nízkovýkonových "QRP" vysílačů. Většina amatérů věnujících se QRP staví opět zařízení ze stavebnic. Pár novodobých pionýrů je staví z diskrétních součástek. Jedna větev věnující se tomuto hobby staví vysílače do plechovek od sardinek, aby zdůraznili jejich malé rozměry. Jiná skupina používá kovové krabičky od bonbónů "[Altoid](#)", které jsou dokonce ještě menší. V každém případě, QRP je ta nejjasnější naděje našeho koníčka, pokud si má udržet technický charakter a být zajímavý pro mladé lidi.