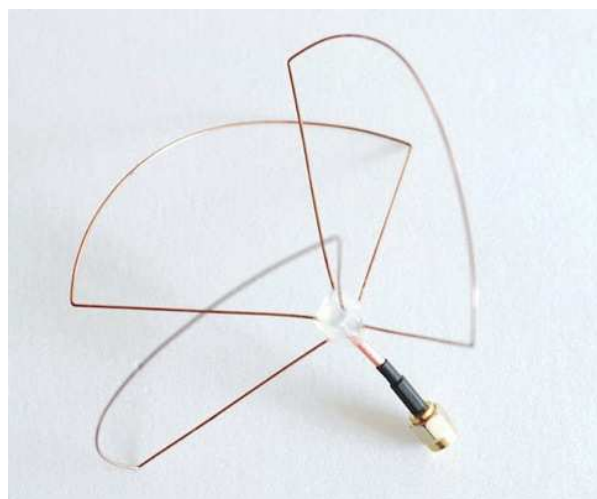


Cloverleaf FPV anténa

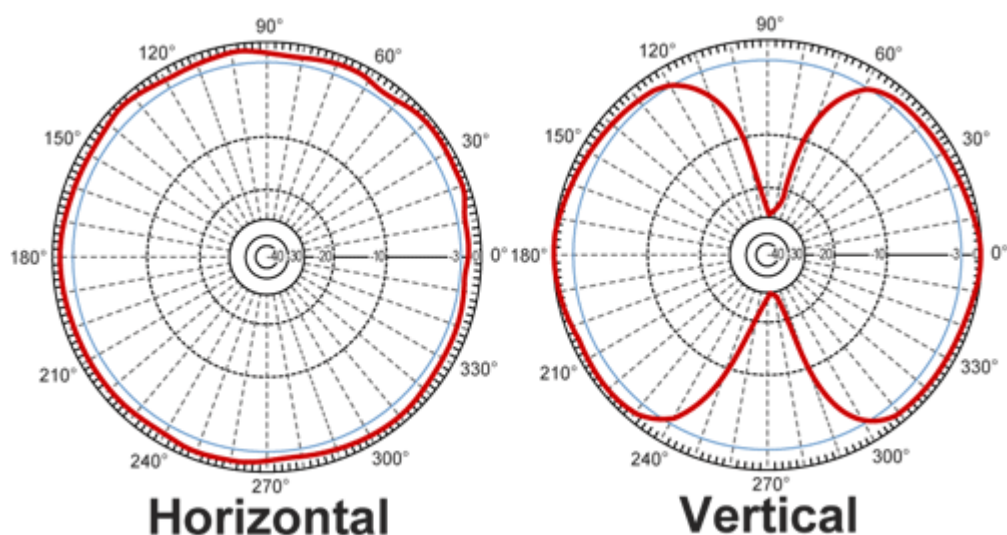
Anténa se segmenty ve tvaru tří jetelových listů (v dalším ale užívejme v FPV komunitě zažité anglické označení *Cloverleaf*) je dalším z příkladů kruhově polarizovaných antén. Výhody využití kruhově polarizovaných antén ve srovnání s anténami lineárně polarizovanými jsou v FPV zásadní a dočtete se o nich např. zde. Cloverleaf anténa byla do světa FPV pravděpodobně přinesena uživatelem IBCrazy a spoustu diskusních příspěvků na toto téma naleznete na fóru fpvlab.com. Řídil jsem se jeho pokyny a návody a i tento popis z velké části vychází z jeho doporučení.



Na rozdíl od dříve popsané helixové antény, je cloverleaf anténa všesměrová a na trhu FPV komponent výrazně dostupnější. Je proto otázkou, zda se o domácí výrobu této antény pro pásmo 5.8GHz vůbec pokoušet – právě antény pro pásmo 5.8GHz jsou komerčně nejdostupnější a s ohledem na malé rozměry jednotlivých anténních segmentů jsou odchylky při její domácí výrobě nejvýraznější.

Odlíšná situace je v případě jiných frekvenčních pásem – tam je komerční dostupnost podstatně horší a zájemci si budou muset takovou anténu zhotovit sami.

Výhodami tohoto typu antén jsou již zmíněná všesměrovost, dobrá šířka pásma a velmi dobré SWR dosažitelné až v poměru 1.0:1. Pokud jde o všesměrovost, je třeba vzít na vědomí její směrovou charakteristiku zobrazenou na následujícím obrázku.



V pravém smyslu slova všesměrová je pouze v horizontální rovině. V rovině vertikální vidíme, že prostorový segment nad anténou není signálem pokryt a bude-li použita jako anténa vysílací, ve směru její osy vyzařuje minimální signál. Bude-li v modelu instalována svisle, při přeletu nad hlavou

vás nemine výpadek signálu nebo přinejmenším výrazný pokles kvality příjmu. Těmto nevýhodám se lze vyhnout instalací pokročilých FPV systémů s více vysílacími anténami.

Nevýhodou je komplikovanost a pracnost výroby, vyžadující značnou preciznost a přesnost. Je také vcelku křehká a zranitelná, pro frekvence pod 2.4GHz poměrně rozměrná. Pokud se rozhodnete její zranitelnost zmenšit uzavřením do např. plexisklové polokoule, stane se nepříliš aerodynamickou.

Cloverleaf anténa je takřka výhradně používána na straně video vysílače, k čemuž ji předurčuje nízký zisk a excelentní SWR až 1.0:1. Její charakteristika potlačení reverzně polarizovaného vlnění je směrově proměnná a nevyzpytatelná, proto na straně přijímače ji nelze doporučit, tam je vhodnější skew-planar anténa.

Cloverleaf anténa je tvořena třemi uzavřenými smyčkami s vodivým propojením signálního a zemního vodiče. Jestliže tedy budete měřit ohmický odpor mezi středním pinem přívodního konektoru a jeho šroubením (zemí), naměříte zkrat. Nicméně to neplatí pro její impedanci na její pracovní frekvenci a při připojení na kmitočtově správný video vysílač představuje jeden z nejlepších typů antén, které na něj můžete namontovat. Ach ta kouzla fyziky! Ale teď už do práce.

Budete potřebovat:

- Pájku nejlépe s regulovatelnou teplotou
- Běžnou SnPbAg pájku a kalafunu
- Štípačky, brusný papír a posuvné měřítko (šupleru)
- Poměděný svářecí drát 0.8mm (v případě frekvencí pod 1GHz lépe 1mm z důvodu vyšší mechanické pevnosti)
- SMA konektor (samce)
- Koaxiální kabel RG316 (RG58 je tepelně mnohem méně odolný)

Jako dobrá volba se ukázal právě poměděný svářecí drát, který se vyznačuje dostatečnou pevností a současně dobrou pájitelností. Je samozřejmě možné použít plný měděný drát podobného průměru, ale segmenty budou snáz neformovatelné a výsledná anténa bude mechanicky mnohem zranitelnější.



Naším cílem je vytvořit tři totožné anténní segmenty ve tvaru kruhové výseče se středovým úhlem 120° o poloměru odpovídajícím čtvrtině zamýšlené vlnové délky λ . Anténní segmenty nakonec budou skloněné v úhlu 45° k půdorysné základně, takže v průmětu budou představovat 3 segmenty o průmětovém úhlu cca 105° s rovnoměrnými mezerami mezi sebou.

Geometrie antény není z fotografií zcela zřetelná, proto větší názornost poskytne toto [video](#).

Vlnovou délku λ vlnění o frekvenci f určíme ze vztahu

$$\lambda = c/f, \quad (\text{m}) \quad (1)$$

kde c je rychlost světla 300 000 000 m/s.

Na krajní rovný úsek anténních segmentů je tedy potřeba vodič délky $\lambda/4$ a střední část, později stočená do oblouku má odpovídat 120° kruhové výseče o poloměru $\lambda/4$, tedy teoreticky by tato část měla mít délku **(120/360) $\pi\lambda/2 = 0.524 \lambda$** . Protože krajní rovné úseky jsou dva, měla by být celková délka drátu potřebná pro jeden segment rovna **(105/360) $\pi\lambda/2 + \lambda/4 + \lambda/4 = 1.034 \lambda$** .

Do praktického návrhu ale vstupují následující vlivy:

- Drát má jistou tloušťku, takže při ohýbání je třeba polovinu jeho tloušťky odečíst
- Dolní vývody oblouků se připojují na stínění kabelu, zatímco ty opačné na anténní vodič, což není v tomtéž místě – anténní vodič koaxiálního kabelu ponecháme o nějaké 2-3mm delší
- Anténní kabel má jistý průměr, takže dolní vývody oblouků se nespojují exaktně v ose
- Pro dosažení potřebné pevnosti nakonec střed zakápneme tavným lepidlem, epoxidem nebo silikonem, což způsobí mírný frekvenční posuv a bude mít vliv na kvalitativní parametry

Takže teď přijde to, co v anténní technice vždycky děsně miluju: teoretické hodnoty upravíme na základě empirické zkušenosti vynásobením vhodnými Piškvorcovými konstantami a dostaneme následující prakticky použitelné vztahy:

$$\text{Délka krajní rovné části segmentu } E = 0.256 \lambda \quad (\text{m}) \quad (2)$$

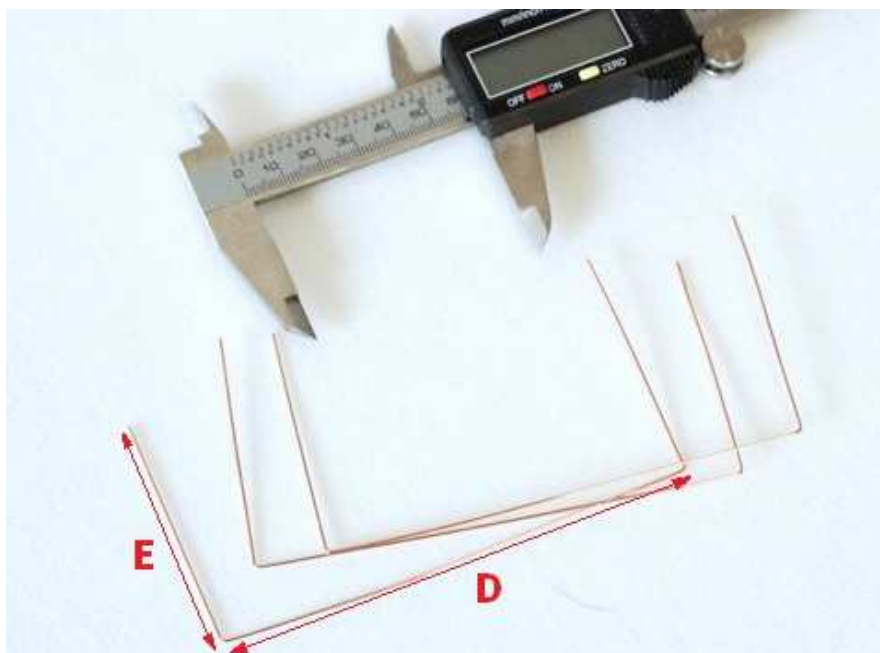
$$\text{Na střední obloukovou část vodiče budeme potřebovat drát délky } D = 0.512 \lambda \quad (\text{m}) \quad (3)$$

$$\text{takže celkově budeme potřebovat odstříhnout tři dráty, každý o délce } L = 1.023 \lambda \quad (\text{m}) \quad (4)$$

Pro běžné v FPV používané frekvence je potřebná délka vodiče uvedena v následující tabulce.

f (MHz)	λ (mm)	E (mm)	D (mm)	L (mm)
980	306	78.3	156.7	313.3
1140	263	67.3	134.7	269.3
1280	234	60.0	119.9	239.9
2450	122	31.3	62.7	125.3
5820	51.5	13.19	26.37	52.75

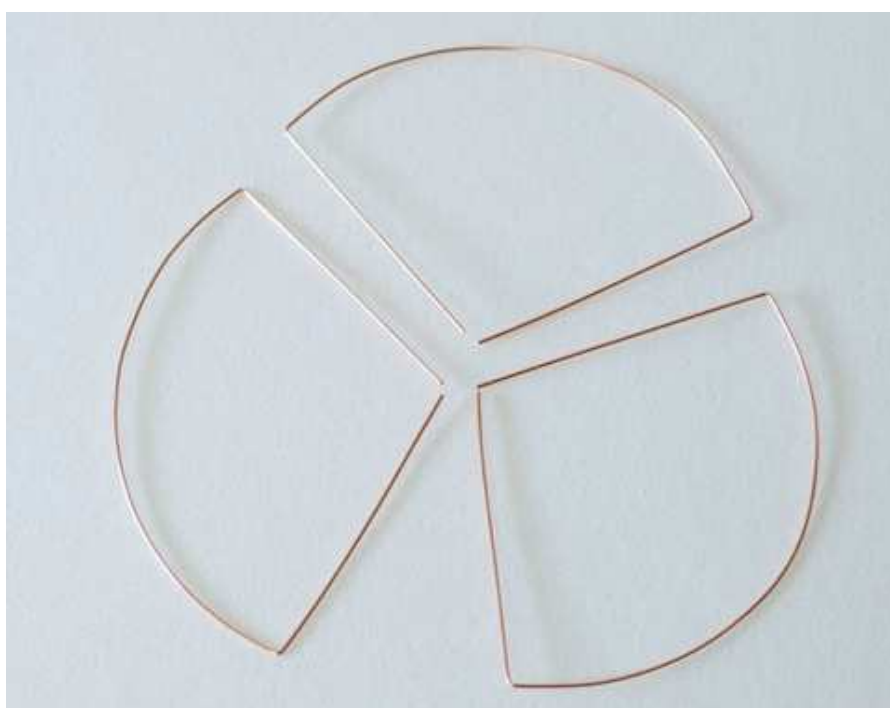
Frekvence uvedené v prvním sloupci odpovídají „střední“ frekvenci z frekvencí kanálů, které vysílače výrobců FPV techniky v pásmech 900, 1200, 1300, 2400 a 5800 MHz zpravidla podporují.



Odstřížení drátu přesné délky štípačkami je obtížné a vodič je zakončen do špičky, takže drát je ideální začístit na přesně správnou délku smirkovým papírem, pilníkem nebo bruskou.

Nyní počneme s ohýbáním drátu. Na posuvném měřítku (šupleře) nastavíme přesně hodnotu E podle tabulky, drát svým

koncem přiložíme k jednomu z koncových břitů (určených k měření vnitřní světlosti) a okolo protějšího břitu drát ohneme v úhlu 90° s co nejmenším poloměrem ohybu. Totéž provedeme i z druhé strany a opakujeme třikrát, až získáme tři pravouhlé segmenty ve tvaru „U“.



Nyní nadešel čas vytvarování oblouků. Empiricky stanovená délka odpovídá mírně většímu středovému úhlu. Oblouk vykleneme mírně směrem ven, takže v místě ohybu bude nakonec nepatrně více než 90° až získáme tři segmenty se středovým úhlem přibližně 105° . Snažte se udělat oblouky co nejplynulejší a nejrovnoměrnější jak jen možno.

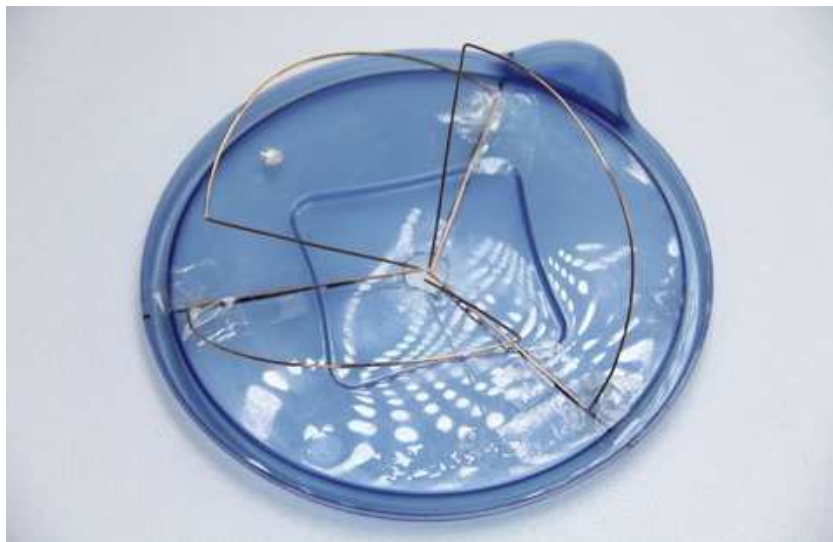
Dalším krokem je příprava koaxiálního kabelu. Pokud předpokládáme provoz antény v téže ose s osou konektoru, postačí odstříhnout kabel v délce cca 6cm. Pokud předpokládáme osu antény mírně vyklonit nebo dokonce provozovat v úhlu 90° s osou přívodního konektoru, bude třeba odstříhnout kabel trochu delší, nevolíme ale více jak cca 8 cm, anténní vedení od video vysílače k anténě by mělo být co nejkratší.

Dobrou volbou je kabel RG316 s impedancí 50 ohmů. Kabel RG58 je mnohem méně vhodný – je tepelně méně odolný a delší pájení stínění bude deformovat jeho izolaci. Kabely jiné impedance jsou pochopitelně zcela nevhodné.



Odstraníme cca 12mm vnější izolace, stínění rozpleteme a rozdělíme na tři praménky rovnoměrně rozdělené v úhlu 120° okolo obvodu a ohnuté do pravého úhlu k ose kabelu. Jemné vodiče opět skrotíme. Takto vytvořená tři ramena řádně pocínujeme pájkou s množstvím kalafuny, abychom zajistili dokonalé smáčení jednotlivých

pramenů vodiče. Cínu nedáváme příliš, aby bylo možno ještě pocínovaný vodič tvarovat. Vezmeme si kousek nepotřebného anténního drátu a pocínovaný vývod stínění lehce obtočíme ve spirále kolem něho. Totéž provedeme pro všechny tři vyčnívající cípy. Do připravených spirálně tvarovaných cípů stínění pak nasuneme jednotlivé anténní segmenty.



Následně co nejvíce zkrátíme střední signální vodič tak, aby se ještě nezkratoval se stíněním. Zpravidla je to cca 2mm od místa, kde počíná rozpletené stínění. Tato vzdálenost by měla být co nejmenší možná, prodlužování tohoto úseku posouvá pracovní frekvenci antény. Současně ale vzdálenost musí být dostatečná natolik, aby nedocházelo ke zkratu mezi

signálním vodičem a stíněním. Konec signálního vodiče také pocínujeme.

V dalším kroku přistoupíme k pocínování konců anténních segmentů v délce asi 8mm. Drát je výborně pájitelný.

Konečně přichází poslední krok, který je vsutku výzvou a testem trpělivosti a pečlivosti – připájení anténních segmentů k připravenému koaxiálnímu kabelu. Jen tak v ruce to rozhodně možné nebude. Bude potřeba si z rovné destičky, např. víčka od vaničky margarínu, udělat pomocný přípravek, na kterém nejprve jednotlivé segmenty umístíme a fixujeme. Uprostřed víčka nejprve vyřízneme otvor o průměru asi 15mm a promyslíme, jak víčko vodorovně uchytit na polootevřený svěrák tak, aby bylo

tímto otvorem možno později prostrčit připravený koaxiální kabel. Jednotlivé segmenty rozmístíme rovnoměrně v úhlu 120° tak, aby se stýkaly asi 1-2mm od středu víčka (uvažujeme průměr kabelu, který máme vložit doprostřed).

Teď je nejvyšší čas k rozhodnutí, pro který směr polarizace je anténa určena. Pro pravotočivě orientované antény se anténní oblouky budou stáčet vpravo od kolmice, pro levotočivě nalevo od kolmice a to tak, že rovina segmentu s rovinou víčka svírá úhel 45°. Antény zobrazené v tomto popisu jsou všechny pravotočivé.

Středem víčka provlékneme koaxiální kabel tak, že rovina tří připravených cípů ze stínění leží v rovině víčka a upneme do svěráku. Do připravených spirálek, do nichž jsou zkrouceny cípy stínění na kabelu, navlékneme jednotlivé segmenty a skloníme vlevo nebo vpravo podle zamýšleného smyslu výsledné polarizace. Před pájením je potřeba polohu segmentů fixovat. Použit k tomu lze např. plastelínu nebo pár kapek silikonu. V případě silikonu je potřeba počkat pár hodin na jeho zatuhnutí. Fixaci provádějte co nejdále od místa pájení, protože drát teplo rychle odvádí a při delším pájení plastelínu taví, takže by se anténní segment mohl uvolnit. Kdo má přístup do keramické dílny, jako nejlepší se k fixaci osvědčila keramická hlinka, protože drží dostatečně a je i odolná proti přiváděnému teplu.

Nejprve připájíme dolní části segmentů ke stínění koaxiálního kabelu a následně opačné konce segmentů ke střednímu anténnímu vodiči. Zkontrolujeme kvalitní propájení jednotlivých vodičů, zda některý ze spojů není „studeňák“ a zda nedošlo k propojení anténního vodiče se stíněním. Zkontrolujte také úhly – v rovině vodorovné by měly být segmenty rovnoměrně rozděleny po 120° s rovnoměrnými mezerami mezi segmenty, v rovině svislé svírají segmenty tentýž úhel 45° od kolmice podle smyslu zamýšlené polarizace.

Nakonec celý prostřední uzel zakápneme tavným lepidlem nebo silikonem, což poskytne anténě dostatečnou mechanickou pevnost a odolnost.

Ve finální fázi je možno anténu chránit před oxidací mědi nalakováním VF lakem nebo ji případně i pozlatit, máte-li k tomu příslušné vybavení (viz. návod z článku o helixových anténách).

Hotovou anténu připojíme k video vysílači. Prvním testem je posouzení míry ohřívání vysílače. Pokud se velmi rychle hřeje, rychleji než obvykle např. s pig-tail anténou pro tutéž frekvenci, pak zřejmě došlo ke zkratu mezi stíněním a anténním vodičem. V takovém případě vysílač okamžitě odpojte od zdroje, hrozí jeho zničení v několika dalších sekundách.

Pokud vysílač nehřeje rychleji než je obvyklé, anténa zřejmě funguje a je na čase vyzkoušet její dosah v terénu. Při pohybu v ose kolmé na osu antény byste měli být schopni dosáhnout dobrého spojení na několik set metrů při použití běžné skew-planar antény na přijímači v otevřeném terénu (pro výkon vysílače cca 250mW). Nezapomeňte, že nelze míchat pravotočivé a levotočivé antény na video vysílači a přijímači.

Přeji hodně zdaru s vašimi vlastnoručně zhotovenými anténami.