

Com es poden captar diferents freqüències de ràdio amb un receptor casolà?



Adam Rkaini El mandoufi

2n BATX

Tutora Marta Viñas Usan

Índex

Índex.....	3
0. INTRODUCCIÓ.....	5
0.1. Agraïments.....	5
0.2. Preludi.....	6
0.3. English abstract.....	7
1. MARC TEÒRIC.....	8
1.1. Importància de la ràdio en la història de les comunicacions.....	8
1.2. Primera forma de comunicació en massa.....	8
1.3. Desenvolupament social i cultural.....	9
1.4. Mitjà d'Informació durant conflictes i crisi.....	9
1.5. Catalitzador de canvis polítics i socials.....	10
1.6. Innovació tecnològica i econòmica.....	10
1.7. Accés Universal i Assequible.....	11
1.8. Evolució i Adaptació.....	11
1.9. Què és una ràdio?.....	12
1.10. Els inicis de la telegrafia sense fils.....	13
1.11. Primeres transmissions de veu.....	13
1.12. Desenvolupament de receptors de ràdio.....	14
1.13. Impacte de la ràdio en la societat.....	15
1.14. Les ones electromagnètiques.....	17
1.15. Propietats de les ones de ràdio.....	18
1.16. Freqüència i longitud d'ona.....	18
1.17. Importància de la freqüència en les comunicacions de ràdio.....	19
1.18. Modulació AM.....	20
1.19. Modulació FM.....	20
1.20. L'espectre Radioelèctric.....	22
1.21. Components principals d'una ràdio.....	24
1.22. Que és una ràdio de galena.....	27
1.23. Components bàsics d'una ràdio galena.....	27
1.24. Com es construeix una ràdio galena?.....	28
2. MARC PRÀCTIC.....	29
2.0. Materials emprats durant la pràctica.....	30
2.1. Primer prototip.....	32
2.1.1. Passos a seguir.....	34
2.2. Segon prototip.....	42
2.2.1. Passos a seguir.....	42
2.3. Tercer prototip.....	45
2.3.1. Passos a seguir.....	45
2.3.2. Millors addicionals.....	46
3. RESULTATS.....	47

4. CONCLUSIÓ.....	48
5. BIBLIOGRAFIA.....	49

0. INTRODUCCIÓ

0.1. Agraïments

Aquest treball de recerca no hauria estat possible sense el suport, l'orientació i la dedicació de diverses persones a les quals vull expressar el meu profund agraïment. Primerament, vull agrair l'ajuda d'una de les meves companyes de classe, Urooj Hussain, gràcies a qui vaig poder trobar el meu tema pel treball de recerca, sense ella aquest treball no hagués existit. En segon lloc, vull agrair a la Marta Viñas Usan, la meva tutora de treball de recerca, per la seva constància i paciència. La seva guia ha estat fonamental per ajudar-me a organitzar les idees, plantejar el tema amb rigor i superar els moments de dificultat amb una mirada positiva i encoratjadora.

Vull agrair sincerament al Daniel Madurga i l'Óscar Fernández pel seu suport tècnic, els coneixements que m'han transmès i per permetre'm treballar amb els seus materials de treball. Les seves explicacions clares i el temps que han dedicat per ajudar-me amb els aspectes més tècnics han estat essencials per avançar en aquest treball. Gràcies per compartir les vostres experiències i aportar solucions pràctiques a les meves preguntes.

Finalment, estic molt agraït per l'atenció i el suport constant que he rebut en tot moment. Aquest treball és, en part, el resultat de l'esforç conjunt, de la confiança que m'heu transmès i de les eines que m'heu proporcionat per assolir aquest projecte acadèmic. Gràcies per ser part d'aquest procés.

0.2. Preludi

Aquest treball es centra en els reptes de construcció d'un receptor de ràdio casolà, els passos a seguir per assolir el producte desitjat i el funcionament i evolució durant la història d'aquests aparells.

Com es poden captar diferents freqüències de ràdio amb un receptor casolà? Em va sorgir aquesta pregunta perquè m'interessa la tecnologia i el món de la telecomunicació i també m'agradaria muntar algun tipus d'aparell. És coneixement que a l'època de les guerres era crucial per poder comunicar-se i que sense ell no tindríem ni la meitat d'aparells electrònics que tenim avui dia. És una tecnologia que es troba a molts aparells electrònics als cotxes, als avions, als vaixells...

La meva hipòtesi és que amb un receptor de ràdio galena es podrien captar les diferents freqüències de ràdio almenys aquelles de modulació AM. És possible fer un receptor de ràdio galena amb materials casolans o que pots trobar per casa, ja que és un receptor molt rudimentari, però que demana un temps d'estudi mínim sobre el tema.

0.3. English abstract

This project investigates the principles of radio communication by constructing a homemade radio using accessible and affordable materials. The aim of this study is to explore the challenges of building a functional radio receiver, outline the steps required to achieve the desired outcome, and examine the operation and historical evolution of these devices.

A quantitative analysis was used to explore how different radio frequencies can be picked up with a homemade receiver. Then, after a long period of study and thanks to the knowledge acquired during the theoretical part, I was able to move on to the practical phase, where I used my knowledge and the help provided to me to set up a radio and achieve my goal. In my research work, the practical part is the most important, since the subject of it is how to make a homemade radio receiver. To achieve this, I had to follow a process and a series of steps. First it was necessary to ask myself what I wanted to do, then see how it could be done, then I started looking for information on the subject and gathered the necessary knowledge. Later I gathered the materials I needed and started working on the project. It wasn't easy, but in the end I did it. The practical project has been successfully completed with hard work and lots of motivation.

1. MARC TEÒRIC

1.1. Importància de la ràdio en la història de les comunicacions

La ràdio ha tingut una importància fonamental en la història de les comunicacions i la història de la humanitat en general, especialment durant el segle XX. Sense la creació de la ràdio el món no seria tal com el coneixem avui dia. A continuació, es detallen alguns dels aspectes clau que fan que la ràdio sigui una peça essencial en l'evolució de la comunicació.

1.2. Primera forma de comunicació en massa

La ràdio va ser la primera tecnologia de comunicació que permetia la transmissió d'informació a gran escala i en temps real a una audiència massiva. A diferència dels diaris, que eren limitats per la distribució física, la ràdio podia arribar a llocs remots i a un públic molt ampli de manera instantània. Això va fer que la gent s'assabentés de les notícies més recents d'una manera més ràpida que quan es repartien els diaris de notícies. A més ara no calia llegir només n'hi havia prou amb escoltar a la ràdio. Això va ser de molta ajuda per a la gent analfabeta, que al segle XX encara gran part de la població al món era analfabeta.

1.3. Desenvolupament social i cultural

La ràdio va tenir un paper decisiu en la difusió de la cultura, la música i l'educació. Gràcies a ella, la població va tenir accés a concerts, obres teatrals, notícies i programes educatius, independentment del seu lloc de residència o situació econòmica. Això va contribuir a la creació d'una cultura popular compartida i va reforçar la identitat nacional. Per tant, amb la ràdio la gent no només se n'assabentava més ràpidament de les notícies més recents sinó que ara també era una manera d'entretenir-se i passar el temps, la gent podia inclòs arribar a escoltar la ràdio només per hobby.

1.4. Mitjà d'Informació durant conflictes i crisi

Durant la Primera i la Segona Guerra Mundial, la ràdio es va convertir en un mitjà essencial per a la transmissió de notícies i comunicats oficials. Els governs van utilitzar la ràdio per mantenir informada la població i per a la propaganda. La famosa frase de Winston Churchill "I have nothing to offer but blood, toil, tears, and sweat" va ser pronunciada per la ràdio, i va jugar un paper crucial en la moral de la població britànica durant la Segona Guerra Mundial. O el missatge de resistència del general Charles de Gaulle difós des d'Anglaterra on es va animar als soldats francesos a no rendir-se i a seguir lluitant i resistint a l'autoritat nazi que ja s'havia apoderat de gran part de França.



¹Charles de Gaulle

¹ Antic general francès i dirigent de la resistència durant la invasió nazi a França

1.5. Catalitzador de canvis polítics i socials

La ràdio va servir com una eina poderosa per als moviments polítics i socials. Va permetre als líders polítics comunicar-se directament amb el poble, sense la intermediació de la premsa escrita. Això va transformar la manera en què es feia política i va donar lloc a nous tipus de lideratge carismàtic. Va impulsar la propaganda electoral i va crear un nou camp de publicitat per als partits polítics.

1.6. Innovació tecnològica i econòmica

La ràdio va impulsar el desenvolupament de noves tecnologies, com les emissions en AM (modulació d'amplitud) popularitzada al principi i després amb FM (modulació de freqüència), la transmissió estereofònica, i més tard, les transmissions digitals. A més, va crear un nou ecosistema laboral al seu voltant, amb la creació d'estacions de ràdio, que es van establir com a empreses amb empleats especialitzats en diverses funcions, com la producció de programes, la tècnica de so, el periodisme i la gestió de publicitat. També es van crear agències publicitàries especialitzades, fomentant així la producció de continguts específics per a la ràdio.



²Estació de ràdio

² Antiga estació de ràdio

1.7. Accés Universal i Assequible

La ràdio ha estat un mitjà accessible i assequible per a una gran part de la població mundial, fins i tot en zones amb recursos limitats. Això ha permès que la informació arribés a sectors de la població que no podien accedir a altres mitjans de comunicació, com la televisió o Internet, especialment en països en desenvolupament.

1.8. Evolució i Adaptació

Encara que la ràdio va ser superada per la televisió com a mitjà de comunicació de masses en termes de popularitat, ha sabut adaptar-se als nous temps amb la digitalització, la ràdio per Internet, els pòdcasts, i la implementació d'aquestes als cotxes. Això demostra la seva capacitat de reinvenció i la seva continuada rellevància. Inicialment, les emissions en AM (modulació d'amplitud) van ser les primeres a popularitzar-se, oferint cobertura sobre grans àrees geogràfiques. Més tard les emissions en FM (modulació de freqüència) van suposar una millora significativa en la qualitat del so, reduint la interferència i permetent una experiència auditiva més clara i rica per als oients. Més recentment, les transmissions digitals han revolucionat el sector, cosa que permet una qualitat de so molt superior i la integració de la ràdio amb altres formats multimèdia i serveis digitals. Això ha facilitat l'emissió a través d'Internet (ràdio en línia) i ha permès a les emissores arribar a audiències globals sense necessitat de grans infraestructures.

1.9. Què és una ràdio?

Una ràdio és un dispositiu electrònic de comunicació que permet la recepció de senyals de radiodifusió, convertint aquests senyals en so audible. És un sistema de transmissió i recepció d'informació. Les ràdios funcionen gràcies a les antenes que actuen com una xarxa captant les ones electromagnètiques que es propaguen per l'aire, que han estat emeses per una estació de ràdio, i les transformen en senyals elèctrics que després es converteixen en so. Encara que nosaltres no puguem veure ni sentir les ones de ràdio aquestes viatgen constantment al nostre voltant cap a totes direccions a través de l'espai. La tecnologia de la ràdio va començar a desenvolupar-se a finals del segle XIX. No existeixen indicis que puguin atribuir la creació de la ràdio a una sola persona. La invenció de la ràdio va ser el conjunt d'estudis de diferents científics i enginyer de l'època com ara Guglielmo Marconi, Reginald Fessenden, Nikola Tesla i William Dubilier.



³Ràdio RCA

³ Ràdio RCA Radiola 20 al museu de Trelew, Argentina

1.10. Els inicis de la telegrafia sense fils

La construcció de la societat i l'Estat contemporanis no poden ser entesos sense les profundes transformacions que les comunicacions van provocar a l'organització dels diferents espais nacionals i del sistema mundial. Si la telegrafia elèctrica va canviar i modelar el món del segle XIX, la telegrafia sense fils i la telefonia ho van fer amb el del segle XX. La telegrafia sense fils va establir les bases per al desenvolupament de la radiodifusió i la televisió. A l'últim terç del segle XX el fil telefònic es va convertir en l'instrument pel qual es van canalitzar bona part de les innovacions de la revolució de les telecomunicacions, que han donat lloc al naixement de la societat de la informació. Gràcies a aquests avenços tecnològics la informació ha passat a ser dús general i l'accessibilitat a ser quasi universal als països més desenvolupats.

1.11. Primeres transmissions de veu

La primera transmissió radiofònica del món es va realitzar la nit de Nadal de 1906 quan, utilitzant un alternador electromecànic d'alta freqüència incapàc de generar ones contínuament modulades en amplitud, Reginald Fessenden va transmetre des de Brant Rock, Massachusetts (Estats Units), la primera radiodifusió d'àudio de la història. Vaixells des del mar van poder sentir una radiodifusió que incloïa Fessenden tocant al violí la cançó Oh Holy Night i llegint un passatge de la Bíblia.

No va ser fins al 1910 quan comencen les primeres transmissions radiofòniques per a entreteniment amb una programació regular, ja que fins aleshores havien estat experimentals o sense la requerida continuïtat. Com en el cas de la televisió o el telèfon, això va tenir lloc independentment a diversos llocs del món amb poc temps de diferència.

1.12. Desenvolupament de receptors de ràdio

El primer tipus de díode, el díode de galena, va ser reemplaçat més tard per una vàlvula de buit. Aquest component electrònic funciona gràcies a l'efecte Edison, que és la capacitat dels metalls calents per alliberar electrons. Les vàlvules de buit van millorar la sensibilitat dels receptors de ràdio gràcies a les amplificacions dels senyals de ràdio dèbils i la modulació avançada d'aquests. A més les vàlvules de buit són més estables i poden funcionar de manera eficaç sota una alta gamma de condicions ambientals.

Al final dels anys 40, els enginyers i físics John Bardeen, Walter Brattain i William Shockley van inventar el transistor. Gràcies a ells, aquest nou invent, va permetre fer els receptors més petits i fàcils de transportar, ja que no necessitaven estar connectats al corrent elèctric.

Des dels inicis de la ràdio, les tècniques de recepció han canviat molt. Al principi, només es feia servir la modulació d'amplitud, però ara hi ha altres mètodes com la modulació de freqüència, la banda lateral única i la modulació digital. També han millorat els components, passant de les vàlvules de buit al transistor i després als circuits integrats.

Pel que fa als tipus de receptors, el més avançat i eficient quant a sensibilitat i selectivitat és el superheterodí. Tot i això, també han existit altres tipus més simples, com el receptor de radiofreqüència sintonitzada, el regeneratiu i el superregeneratiu, encara que aquests són menys eficients.

1.13. Impacte de la ràdio en la societat

La creació a principis del segle XX de la ràdio, va tenir un impacte profund en la societat. Aquesta influència ha evolucionat al llarg del temps i ha estat significativa en diversos àmbits, incloent-hi la cultura, la política, l'educació i l'economia. A continuació es descriuen alguns dels impactes més rellevants:

Cultura i entreteniment:

- Difusió de la cultura: La ràdio ha estat un mitjà clau per a la difusió de la cultura popular, música, i espectacles a una audiència àmplia. Els programes de ràdio han portat música, teatre, i històries de tot el món les cases de totes les classes socials, ajudant a la creació d'una cultura compartida.
- Promoció d'artistes: Els artistes han utilitzat la ràdio per fer arribar la seva música i missatges a audiències massives, sovint ajudant a llançar carreres musicals i artístiques.
- Influència en les modes i tendències: Mitjançant programes de música i d'entreteniment, la ràdio ha influït en les modes i tendències, configurant gustos culturals i estils de vida.

Política i opinió pública:

- Propaganda i mobilització: La ràdio ha estat utilitzada com a eina de propaganda, especialment durant conflictes com la Segona Guerra Mundial, on va servir per mobilitzar l'opinió pública i promoure ideologies.
- Accés a la informació: Abans de la televisió i internet, la ràdio era la font principal d'informació immediata, especialment en esdeveniments d'urgència o crisi. Ha contribuït a l'accés universal a la informació i ha permès a la gent participar en la vida pública i política de manera més informada.
- Debats i discussió pública: Els programes de ràdio han servit com a plataformes per a debats polítics i discussions públiques, ajudant a formar l'opinió pública i influir en la política.

Educació:

- Programes educatius: La ràdio ha estat utilitzada per difondre programes educatius a zones rurals i comunitats aïllades on altres formes d'educació poden no ser accessibles. Aquest ús ha estat especialment important en països en desenvolupament.
- Promoció de la llengua: En molts llocs, la ràdio ha estat una eina per promoure i preservar llengües locals, mitjançant la difusió de programes en aquestes llengües i la transmissió de cultura i tradicions orals.

Economia i mercat:

- Publicitat: La ràdio ha estat una plataforma poderosa per a la publicitat, cosa que permet a les empreses arribar a un ampli públic i fomentar el consum. Això ha ajudat a impulsar el creixement de diferents indústries, des de la música fins als productes de consum.
- Desenvolupament de la indústria radiofònica: La ràdio ha creat un sector econòmic significatiu en si mateix, amb la creació d'estacions de ràdio, la producció de contingut, i l'ocupació de milers de professionals.

Cohesió social:

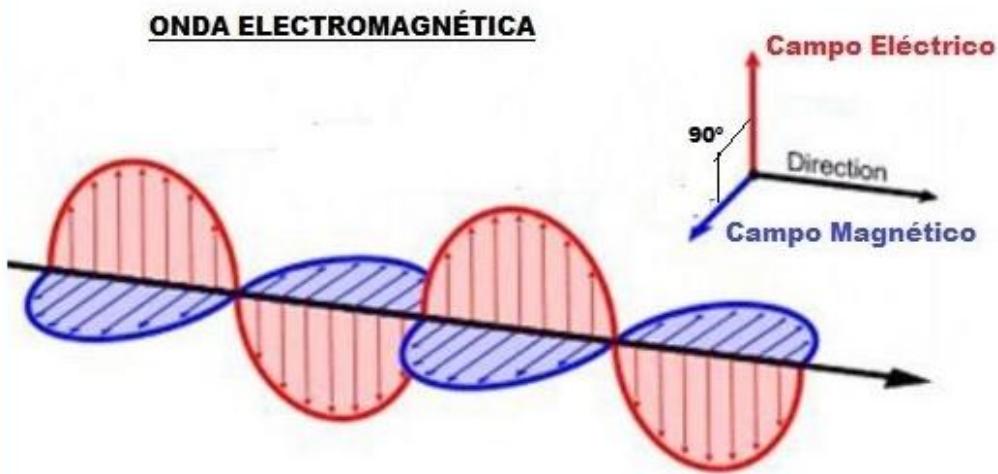
- Unificació de comunitats: La ràdio ha tingut un paper important en la creació de comunitats unides per interessos compartits, sigui a escala local, regional o nacional. Ha facilitat la creació d'identitats col·lectives mitjançant la difusió de valors comuns o ideologies.
- Impacte en la vida quotidiana: La ràdio accompanya a les persones en la seva vida diària, sigui mentre treballen, condueixen, o fan tasques domèstiques, convertint-se en una presència constant en la seva rutina diària.

1.14. Les ones electromagnètiques

Una ona electromagnètica és la forma que l'energia de la radiació electromagnètica adopta segons la teoria ondulatòria. És una oscil·lació de camps elèctrics i magnètics que són perpendiculars entre si i també a la direcció de propagació de l'ona. Aquestes ones viatgen a la velocitat de la llum i no requereixen un mitjà material o físic per viatjar. Tenen la capacitat de transmetre informació a llargues distàncies com la ràdio o la televisió.

Les ones de llum són tipus d'ones electromagnètiques amb longituds d'ona entre 380 nm i 750 nm. Aquestes ones corresponen a ones amb energies fotòniques entre $1,5^4\text{eV}$ i 3^1eV , encara que de vegades els límits poden ser una mica més amplis (entre 380^5nm i 800^2nm).

A més, una ona electromagnètica es repeteix periòdicament i la part de l'ona que es repeteix s'anomena període. El període (T) és el temps necessari perquè es produueixi un cicle complet. Per tant, aquestes ones no només ens permeten veure la llum visible, sinó que també poden transmetre informació sense cables.



⁴ eV (electrò-volts): unitat de mesura d'energia. Representa l'energia adquirida per un electró quan és accelerat per una diferència de potencial d'1 volt.

⁵ nm (nano metres): unitat de mesura de longitud. $1\text{ nm} = 1\text{ m} \times 10^{-9}$

1.15. Propietats de les ones de ràdio

Les ones de ràdio són un tipus de radiació electromagnètica amb longituds d'ona més llargues que la llum visible. Algunes de les seves propietats principals són:

- **Velocitat:** Les ones de ràdio es propaguen a la velocitat de la llum en el buit, que és aproximadament $300.000 \text{ km/s} = c$ (velocitat de la llum).
- **Freqüència:** És el nombre d'oscil·lacions per segon, mesurat en hertz (Hz). Les ones de ràdio tenen freqüències que van des de pocs kHz fins a GHz.
- **Longitud d'ona:** És la distància entre dos punts equivalents de l'ona (com de pic a pic) i està inversament relacionada amb la freqüència.
- **Polarització:** Es refereix a la direcció en la qual el camp elèctric de l'ona es mou, que pot ser lineal, circular o el·líptica.
- **Difracció:** Les ones de ràdio poden doblegar-se al voltant d'obstacles, la qual cosa permet que viatgin més enllà de la línia de visió directa.
- **Reflexió:** Les ones de ràdio poden ser reflectides per superfícies com la ionosfera, la qual cosa permet la transmissió a llarga distància.

1.16. Freqüència i longitud d'ona

La freqüència i la longitud d'ona són dues característiques fonamentals de les ones de ràdio, estretament relacionades entre elles. Si la freqüència augmenta, la longitud d'ona disminueix i viceversa. Això vol dir que les ones de ràdio d'alta freqüència tenen longituds d'ona més curtes i, per tant, es propaguen de manera diferent que les d'ona llarga.

1.17. Importància de la freqüència en les comunicacions de ràdio

La freqüència d'una ona de ràdio determina moltes de les seves propietats de propagació, com la capacitat per travessar obstacles o la distància que pot recórrer. Per exemple:

- **Ones de baixa freqüència (⁶LF):** Són útils per a comunicacions de llarg abast, ja que poden viatjar grans distàncies rebotant en la ionosfera.
- **Ones d'alta freqüència (⁷HF):** Són adequades per a comunicacions globals, ja que també reboten en la ionosfera però amb longituds d'ona més curtes, permetent transmissions més directes. Les ràdios funcionen amb
- **Ones d'ultra alta freqüència (⁸UHF):** S'utilitzen en transmissions de televisió i telefonia mòbil, on les comunicacions són a distàncies més curtes però amb major capacitat de dades.

Les ràdios (AM) normalment funcionen entre freqüències de 530 kHz a 1710 kHz que es consideren freqüències de baixa freqüència i mitjana freqüència. En canvi, les ràdios FM funcionen amb un rang de freqüències de 88 MHz a 108 MHz considerades com a freqüències molt altes.



⁶(LF): “Low Frequency” - baixa freqüència

⁷ (HF): “High Frequency” - alta freqüència

⁸ (UHF): “Ultra High Frequency” - freqüència ultra alta

1.18. Modulació AM

La modulació d'amplitud (AM) és una tècnica per transmetre informació mitjançant la variació de l'amplitud d'una ona portadora mentre la seva freqüència es manté constant. Aquesta tècnica és especialment utilitzada en emissions de ràdio AM.

En la modulació AM, el senyal d'àudio (o altre tipus de senyal) modula l'amplitud de l'ona portadora. L'amplitud de l'ona portadora canvia en funció del senyal de modulació, reflectint així la informació transmesa.

- **Avantatges de l'AM:** Els aparells AM requereixen **menys components electrònics** en comparació amb altres sistemes més avançats. Les ones AM poden **viatjar distàncies llargues**, gràcies a la ionosfera que té la capacitat de reflectir les ones de ràdio cap a la Terra. Les freqüències AM poden **travessar parets** amb més facilitat que les FM.
- **Desavantatges de l'AM:** És **menys eficient energèticament** comparada amb altres tècniques de modulació com l'FM. És més susceptible a **interferències i soroll** oferint així una **qualitat de so més baixa** que l'FM.

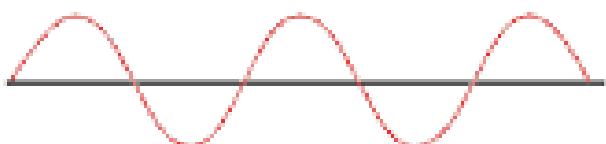
La modulació AM és àmpliament utilitzada per la seva simplicitat i efectivitat en condicions de propagació a llarga distància. Tot i que ha estat en gran part reemplaçada per la modulació en freqüència (FM) per a emissions de ràdio de major qualitat, AM continua sent important en determinats usos, especialment en àrees rurals o per a transmissions d'ona llarga.

1.19. Modulació FM

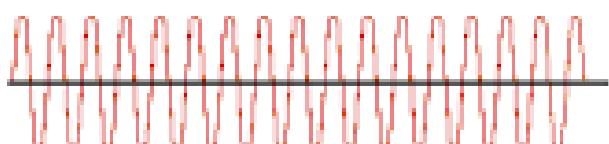
La modulació de freqüència (FM) és una tècnica de modulació utilitzada principalment en radiodifusió de ràdio, però també en altres aplicacions de telecomunicacions. La idea bàsica de la modulació FM és variar la freqüència d'una ona portadora (normalment una ona sinusoidal) en funció de la informació o el senyal que es vol transmetre. En la modulació de freqüència, la freqüència instantània de la portadora es desvia de la seva freqüència central (freqüència no modulada) en proporció a l'amplitud del senyal de modulació. Això vol dir que quan el senyal de modulació (o senyal d'àudio, per exemple) té una amplitud més alta, la

freqüència de la portadora es desvia més de la seva freqüència central, i viceversa. La quantitat màxima que la freqüència de la portadora es pot desviar respecte a la freqüència central es coneix com a desviació de freqüència. Aquesta és directament proporcional a l'amplitud del senyal de modulació. L'amplada de banda necessària per transmetre un senyal FM és significativament més gran que el senyal de modulació original.

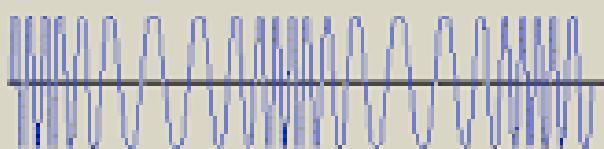
- **Avantatges de l'FM:** té una **millor resistència al soroll** comparat amb la modulació d'amplitud (AM) (l'FM és menys susceptible al soroll i interferències, ja que el soroll tendeix a afectar l'amplitud més que la freqüència). Té una **qualitat de so superior**, per això, l'FM és molt utilitzada en radiodifusió d'àudio, com la ràdio FM.
- **Desavantatges de l'FM:** Requereix una **amplada de banda més gran**, la necessitat d'una amplada de banda àmplia fa que l'FM no sigui sempre la millor opció per a totes les aplicacions. **El transmissor i el receptor són més complexos en comparació als de l'AM**, els circuits necessaris per generar i desmodular senyals FM són més complexos que els d'AM.



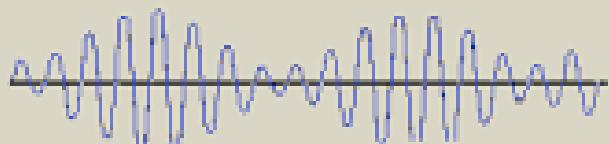
Ondas de So



Onda Portadora (Freqüència de Radio)



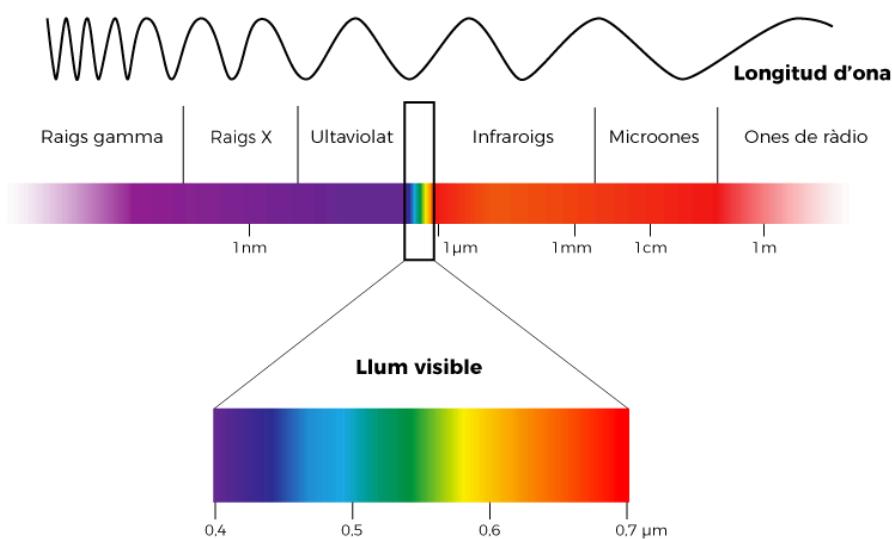
Modulació en Freqüència (FM)



Modulació en Amplitud (AM)

1.20. L'espectre Radioelèctric

L'espectre radioelèctric és el conjunt d'ones electromagnètiques amb freqüències compreses entre 3 Hz i 3000 GHz, que permeten transmetre informació mitjançant sistemes de telecomunicació. Aquestes ones són la base de tecnologies com la ràdio, la televisió, el Wi-Fi, la telefonia mòbil i molts altres serveis de comunicació. Cada mitjà de transmissió (com ara cables, antenes o satèl·lits) disposa del seu espectre radioelèctric propi, també anomenat amplada de banda, que delimita les freqüències que pot utilitzar per transmetre senyals sense interferències. Tanmateix, com que l'espectre radioelèctric és un recurs limitat i no pot expandir-se, hi ha el risc que múltiples senyals a la mateixa o a freqüències properes se sobreposin, provocant interferències i dificultant la comunicació. Per evitar això, l'espectre és considerat un bé públic, gestionat per les administracions públiques. Aquestes entitats regulen l'assignació de freqüències i les potències d'emissió per garantir un ús ordenat i eficient del recurs. L'espectre radioelèctric és un recurs essencial i finit que fa possible la comunicació sense fils, però requereix una gestió acurada per evitar interferències i assegurar que tots els serveis funcionin correctament.



L'espectre radioelèctric forma part de l'espectre electromagnètic, que inclou totes les freqüències de les ones electromagnètiques, tant radioelèctriques com òptiques, i s'ordena en funció de la freqüència dels senyals i de la seva longitud d'ona d'acord amb el que s'indica a la taula següent:

Tipus de radiació	Freqüència (Hz)	Longitud d'ona (m)	Aplicacions i característiques
Extremes Baixes Freqüències (ELF)	3 - 300 Hz	>10.000 km	Comunicacions submarines, estudis geològics i mediambientals.
Radiofreqüència (RF)	3 ⁹ kHz - 300 ¹⁰ GHz	1 mm - 100 km	Comunicacions (ràdio, televisió, mòbils, Wi-Fi), radiolocalització.
Microones	300 ¹¹ MHz - 300 GHz	1 mm - 1 m	Cuines microones, telecomunicacions (Wi-Fi, Bluetooth, satèl·lits), radar.
Infraroja (IR)	300 GHz - 430 ¹² THz	1 mm - 700 nm	Calor (estufes, sensors tèrmics), controls remots, visió nocturna.
Llum visible	430 - 750 THz	700 - 380 nm	Espectre de llum que podem veure (arc de Sant Martí: vermell, groc, blau, etc.).
Ultraviolada (UV)	750 THz - 30 ¹³ PHz	380 - 10 nm	Bronzejat, esterilització, però també pot danyar la pell i causar càncer si s'exposa massa temps.
Raigs X	30 PHz - 30 ¹⁴ EHz	10 - 0,01 nm	Diagnòstic mèdic (radiografies), seguretat en

⁹ kHz = 10^3 Hz

¹⁰ GHz = 10^9 Hz

¹¹ MHz = 10^6 Hz

¹² THz = 10^{12} Hz

¹³ PHz = 10^{15} Hz

¹⁴ EHz = 10^{18} Hz

			aeroports, investigació científica.
Raigs gamma	>30 EHz	<0,01 nm	Aplicacions mèdiques (tractaments de càncer), investigació nuclear, pot ser perillosa (molt ionitzant).

1.21. Components principals d'una ràdio

Un receptor de ràdio consisteix en un circuit elèctric, dissenyat de tal manera que permet filtrar o separar un senyal ínfim, que es genera a l'antena, per efecte de les ones electromagnètiques (el fenomen es coneix com a inducció electromagnètica) que arriben per l'aire normalment (encara que viatgen per qualsevol mitjà, inclòs el buit) i després amplificar-lo selectivament, milers de vegades, per enviar-lo cap a un element amb un electroimant, que és l'altaveu, on es transformen les ones elèctriques en so.

Al circuit hi ha un condensador variable, que en les ràdios antigues anava adossat a un botó de comandament, de manera que en girar es varia la capacitat del condensador. L'efecte de la variació de la capacitat del condensador en el circuit és filtrar senyals de diferent freqüència i, per tant, escoltar el transmès per diferents emissores de ràdio.

1. Antena

- Funció: L'antena és responsable de captar les ones electromagnètiques de ràdio que es transmeten per l'aire.
- Detalls: Pot ser interna o externa, i la seva longitud i forma depenen de la freqüència de les ones que es vol rebre.

2. Sintonitzador

- Funció: El sintonitzador permet seleccionar la freqüència específica de la transmissió que es vol escoltar.
- Detalls: Utilitza un circuit ressonant format per un condensador variable i una bobina per filtrar les altres freqüències no desitjades.

3. De modulador (Detector)

- Funció: Aquest component extreu la informació (àudio) de la portadora de ràdio modulada.
- Detalls: Depenent del tipus de modulació (AM, FM, etc.), s'utilitza un tipus de desmodulador diferent. En AM (Modulació d'Amplitud), es fa servir un rectificador, mentre que en FM (Modulació de Freqüència), es fa servir un discriminador de freqüència.

4. Amplificador de Radiofreqüència (RF)

- Funció: Amplifica els senyals de ràdio rebuts per l'antena abans que siguin sintonitzades.
- Detalls: Aquest component millora la sensibilitat de la ràdio, cosa que permet captar senyals més febles.

5. Oscil·lador Local

- Funció: Genera un senyal de freqüència que es barreja amb el senyal de ràdio captada per convertir-la en una freqüència intermèdia.
- Detalls: Aquesta barreja de senyals facilita la posterior desmodulació i sintonització.

6. Amplificador de Freqüència Intermèdia (IF)

- Funció: Amplifica el senyal de freqüència intermèdia obtinguda després de la barreja del senyal de ràdio amb l'oscil·lador local.
- Detalls: Aquesta etapa és clau per millorar la qualitat del senyal i eliminar interferències.

7. Detector de Freqüència Intermèdia (Detector IF)

- Funció: Separa la portadora del senyal d'àudio que s'ha amplificat.
- Detalls: En AM, aquesta etapa detecta la variació d'amplitud, mentre que en FM detecta els canvis de freqüència.

8. Amplificador d'Àudio

- Funció: Amplifica el senyal d'àudio a un nivell que pugui moure l'altaveu.
- Detalls: Sol ser un amplificador de potència, ja que ha de proporcionar l'energia necessària per moure l'altaveu i generar el so.

9. Altaveu

- Funció: Converteix el senyal elèctric d'àudio amplificat en so.
- Detalls: La vibració de la membrana de l'altaveu genera ones de so que es poden sentir.

10. Font d'Alimentació

- Funció: Proporciona l'energia necessària per al funcionament dels diferents components de la ràdio.
- Detalls: Pot ser una bateria o estar connectada a la xarxa elèctrica.

11. Caixa o Carcassa

- Funció: Protegeix els components interns i pot tenir un paper en la qualitat del so.
- Detalls: La forma i el material de la caixa poden influir en la ressonància i en la qualitat acústica del dispositiu.

12. Control de Volum i Tonalitat

- Funció: Permet ajustar el volum de l'àudio i la tonalitat (aguts, greus) per millorar l'experiència auditiva.
- Detalls: Generalment, aquest control es realitza a través de potenciómetres que varien la intensitat del senyal d'àudio.

13. Circuit de Processament de Senyal

- Funció: Alguns receptors moderns poden incloure circuits addicionals per al processament digital del senyal (DSP), que millora la qualitat del so, redueix el soroll i pot aplicar filtres específics.
- Detalls: Aquests circuits són comuns en ràdios digitals i equips de gamma alta.

1.22. Que és una ràdio de galena

Una ràdio de galena és un receptor senzill que no requereix una font d'energia externa per operar. Aquest aparell era popular entre entusiastes d'electrònica durant el segle XX.

Com funciona una ràdio de galena sense piles? Aquest receptor pren el seu nom de la mineral galena, un sulfur de plom que actua com un díode rectificador. La galena converteix les ones de radiofreqüència en àudio en detectar els senyals modulats en amplitud. Aquest aparell primitiu captava les emissions en l'aire per la propietat del material semiconductor sense necessitat d'una alimentació externa. Les ones electromagnètiques induïen corrents que eren rectificades pel mineral per generar àudio detectable pels oients.

1.23. Components bàsics d'una ràdio galena

1. **Antena:** Capta les ones de ràdio de l'aire.
2. **Bobina:** Sintonitza la freqüència de ràdio que es vol escoltar.
3. **Condensador variable:** S'ajusta per seleccionar una emissora específica.
4. **Detector de galena:** La pedra de galena, connectada amb un cable molt fi (anomenat "bigoti de gat"), actua com a díode per extreure el senyal d'àudio de la portadora de ràdio.
5. **Auriculars d'alta impedància:** Permeten sentir el senyal d'àudio sense necessitat d'amplificació.

1.24. Com es construeix una ràdio galena?

1. **Antena i terra:** Instal·la una antena llarga (d'uns 10-20 metres de filferro) a l'exterior i connecta-la a la ràdio. També necessites una connexió a terra, com una barra metàl·lica clavada a terra.
2. **Bobina:** Enrotilla unes 50-100 voltes de fil de coure al voltant d'un tub (pot ser de cartró o plàstic). Aquesta bobina ajuda a sintonitzar la freqüència de la ràdio.
3. **Condensador variable:** Connecta el condensador variable en paral·lel amb la bobina. Això et permetrà ajustar la freqüència.
4. **Detector de galena:** Col·loca la pedra de galena en un suport i utilitza un cable molt fi o una agulla per tocar suauament la superfície de la galena, formant el "bigoti de gat". Aquest punt de contacte s'ha d'ajustar amb cura per rectificar els senyals de ràdio.
5. **Auriculars:** Connecta els auriculars d'alta impedància als extrems de la bobina. L'àudio extret del senyal de ràdio es podrà escoltar directament a través d'ells.

Aquest tipus de ràdio només pot rebre emissores locals i el volum sol ser baix per la simplicitat del disseny.

2. MARC PRÀCTIC

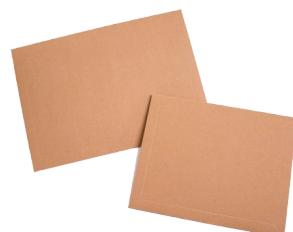
Gràcies als coneixements adquirits durant la part teòrica, ara em veig capacitat per passar a la fase pràctica on faré servir els meus coneixements i l'ajuda que se'm proporciona per poder muntar una ràdio i aconseguir el meu objectiu. Al meu treball de recerca la part pràctica és la més important, ja que el tema és com fer un receptor de ràdio casolà. El projecte pràctic ha estat realitzat amb èxit, però per aconseguir-ho he hagut de seguir un procés i una sèrie de passos. A continuació explicaré els passos i decisions que he seguit, els materials utilitzats durant el procés i d'on he tret les idees d'assemblatge. El receptor de ràdio més simple que puc construir és el denominat en els orígens de la ràdio receptor de galena.

2.0. Materials emprats durant la pràctica

Díode de Germani



Cartó



Tub de cartró



Xinxetes metà·liques



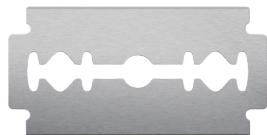
Cable de coure esmaltats



Clips metà·lics



Fulles d'afaitar



Encenedor



Cable



Llapis de grafit



Alicates



Tisores d'electricista



Auriculars



Altaveus d'ordinador



Paper d'alumini



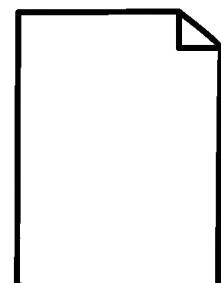
Cinta adhesiva



Paper de vidre



Full de paper

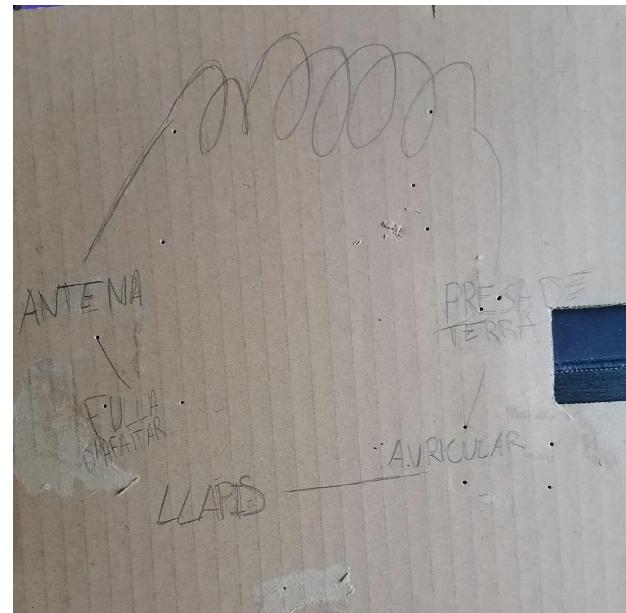
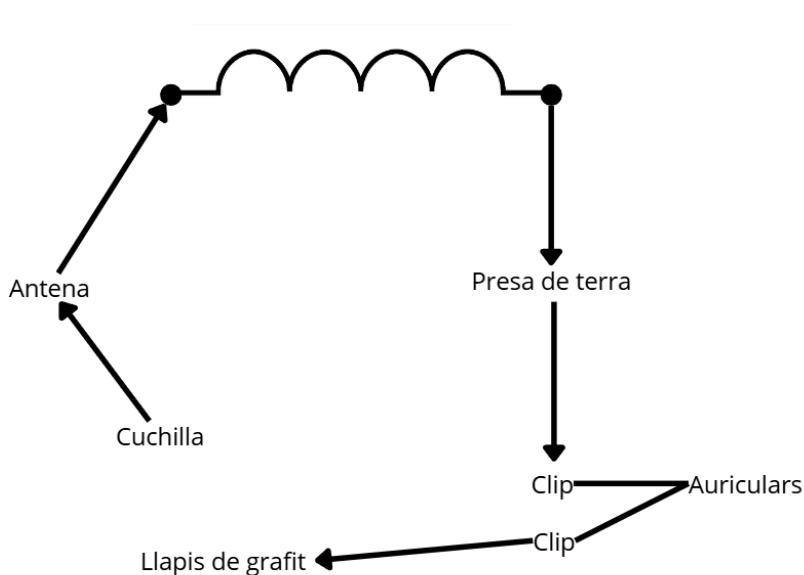


2.1. Primer prototip

Els materials que vaig necessitar per la construcció del primer prototip són els següents:

Tros de cartró, tub de cartró de paper de cuina, cable de coure 20 m aprox., clips metà·l·lics, xinxetes metà·l·liques, fulles d'afaitar, bufador o encenedor, una antena, llapis de grafit, cable de coure esmaltat per embobinat, alicates, tisores d'electricista i uns auriculars

Esquema elèctric primer prototip de receptor de ràdio casolà:



Aquest circuit es pot realitzar sol encara i així s'ha de tenir un cert coneixement tècnic dels materials emprats i del que s'està fent a cada pas. En alguns passos la construcció pot arribar a ser perillosa i es recomana tenir l'assistència d'un adult en tot moment.

Foto dels materials emprats al primer prototip:



2.1.1. Passos a seguir

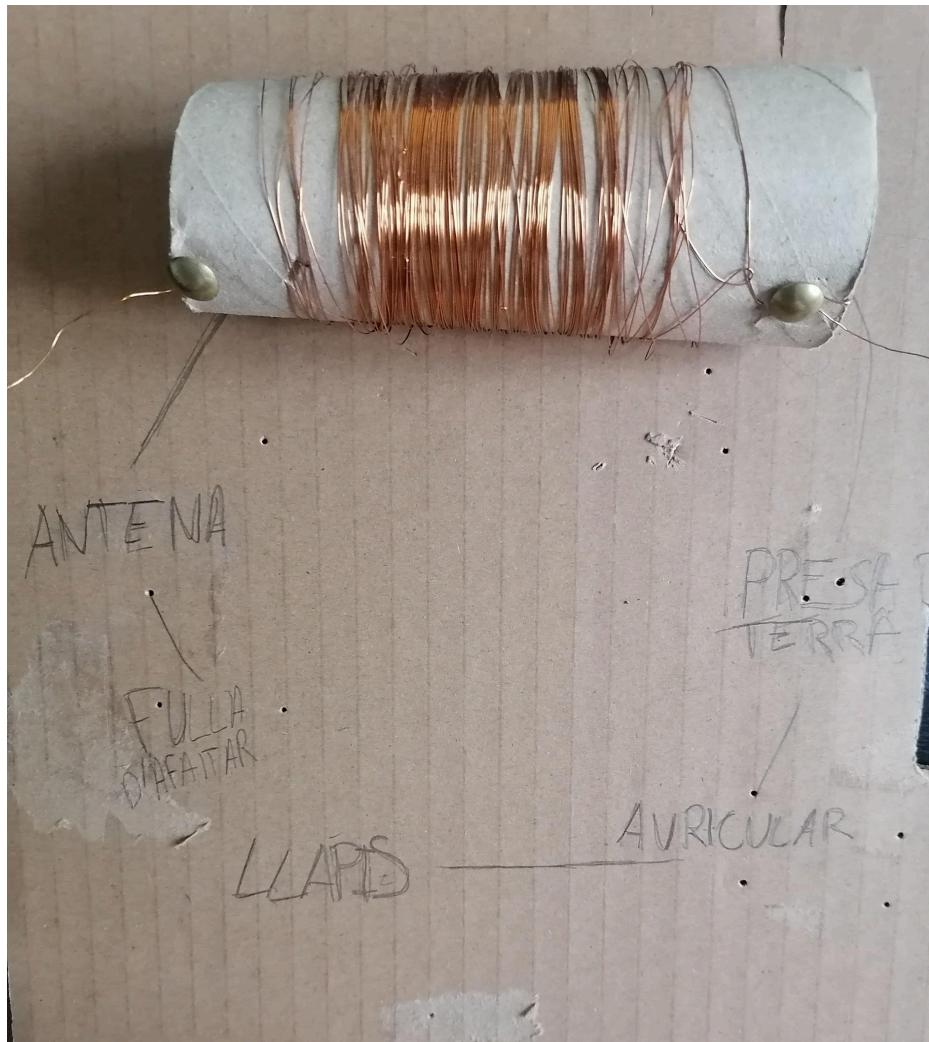
1. Primer vaig agafar el tub de cartró i el vaig tallar per la meitat, ja que no necessitava tanta longitud, i li vaig donar 100 voltes amb el cable de coure esmaltat. Vaig foradar una mica el tub per fixar-hi els extrems del cable. Aquesta bobina produeix un corrent altern gràcies a les ones de ràdio rebudes per l'antena.



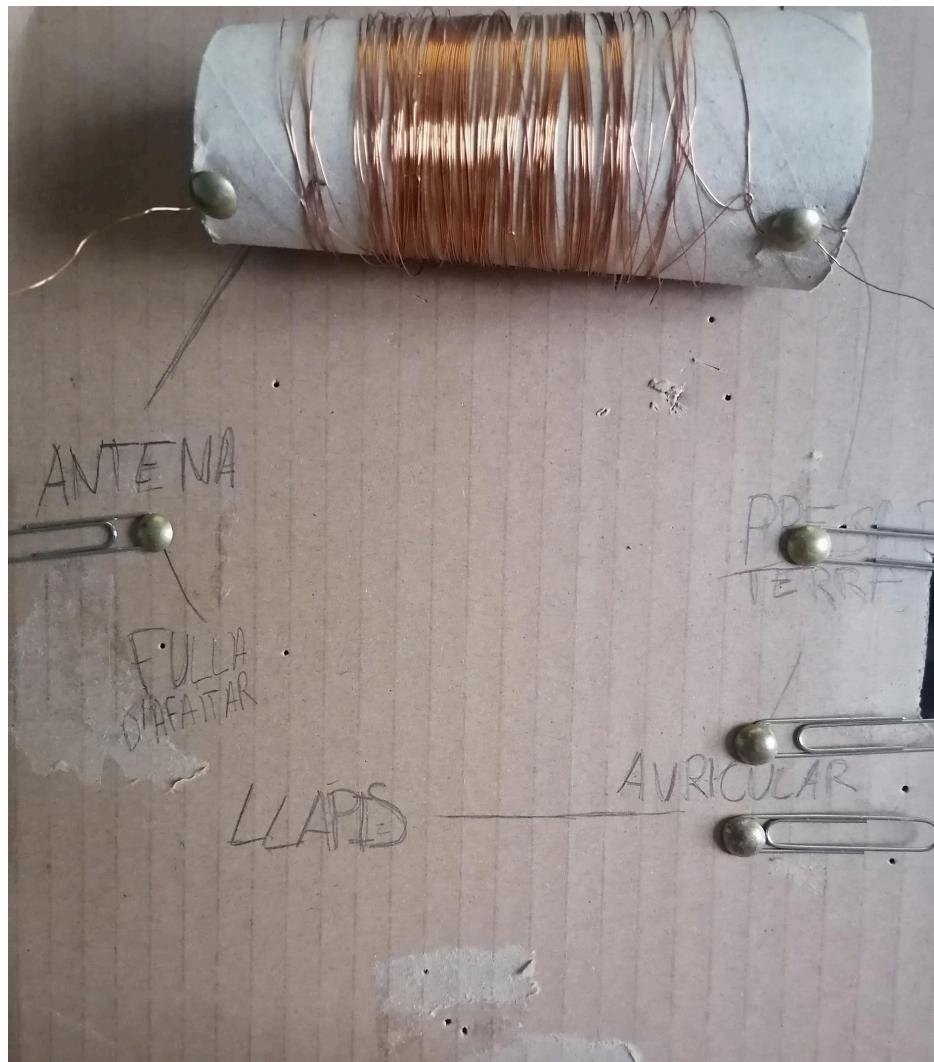
Resultat:



2. Després vaig fregar els extrems del cable de coure amb les tisores, d'aquesta manera es treu l'esmalt que actua com aïllant elèctric perquè aquest pugui fer contacte elèctric amb els altres components. Després amb unes xinxetes vaig ajuntar la bobina a la base de la nostra ràdio que és el tros de cartró.



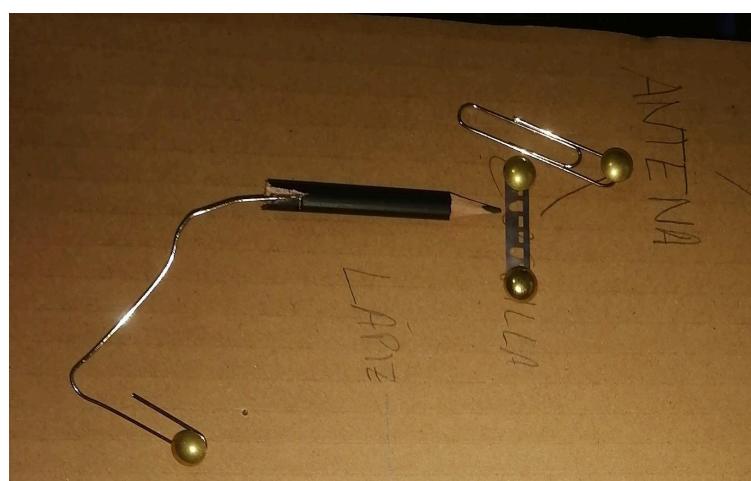
3. Després vaig enganxar clips al cartró amb l'ajuda de xinxetes, els clips ens ajuden a connectar els altres components, és on ficarem els cables i passaran el corrent per tot el circuit. Això es graciés a què els clips metàl·lics són conductors del corrent.



4. Vaig agafar la fulla d'afaitar i la vaig escalfar amb l'encenedor fins que el metall es va tornar vermell de la calor. Després d'això el vaig ficar al seu lloc al cartró amb dues xinxetes perquè s'enganxi bé.



5. Vaig agafar ell llapis i amb l'ajuda de les alicates vaig tallar la longitud de més o menys un dit des de la punta del llapis. Vaig obrir un clip metàl·lic i el vaig ficar a dins del llapis de manera que pogués fer contacte amb la làmina de grafit i el vaig deixar fix al cartró amb una xinxeta. El llapis llisca a sobre de la làmina d'affitar i és el que permet sintonitzar la freqüència de ràdio desitjada.



6. Dels auriculars vaig tallar un dels extrems de sortida d'àudio. Vaig pelar el seu cable fins que fossin visibles els dos fils, vaig connectar cadascun respectivament a cada clip dels auriculars. Per aquí surt l'àudio captat per l'aparell i permet sentir el senyal captat.



7. Al lloc de l'antena vaig connectar un cable prou llarg que superava els 15 m de longitud per poder captar un bon senyal no vaig tenir la possibilitat de connectar una antena, però sempre és millor si es troba a disposició. Aquest cable rep els senyals de ràdio i les passa pel circuit. Aquest senyal és també la que dona l'energia al circuit.



8. A la presa de terra vaig connectar un cable que ha d'anar connectat a la part metàl·lica de qualsevol endoll. Això ens previndrà de possibles curtcircuits durant l'ús de la ràdio.

Després d'haver seguit aquests passos correctament el receptor hauria de poder funcionar correctament i ser funcional.

Resultat:

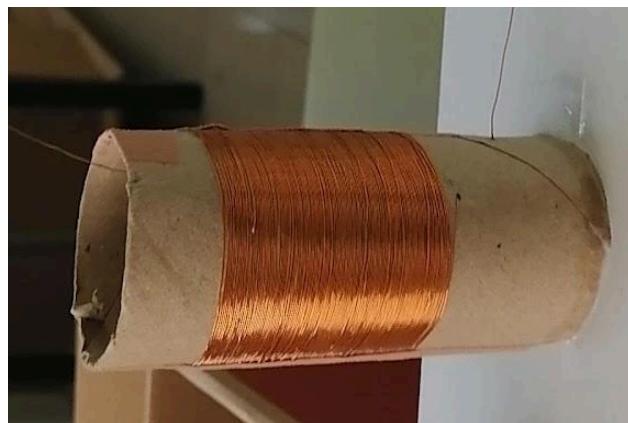


2.2. Segon prototip

El material emprat al segon prototip és el següent: Capsa de cartró, cable de coure esmaltat, paper d'alumini, fulla de paper, cable, cable d'antena, cinta adhesiva, tub de cartró, diòde, altaveu, xinxetes metà·liques, pegament, paper de vidre.

2.2.1. Passos a seguir

1. Vaig agafar un tub de cartró de paper higiènic i el vaig envoltar de cable de coure, fent 100 voltes. També vaig utilitzar una mica de cinta adhesiva perquè es quedi fix al tub. Vaig deixar uns 10 cm sobrants de cable a cada extrem. El cable ha de quedar ben junt i sense espais entre ells. Després de fer les cent voltes és recomanable ficar-hi cinta adhesiva a sobre perquè no es desplaci del seu lloc.

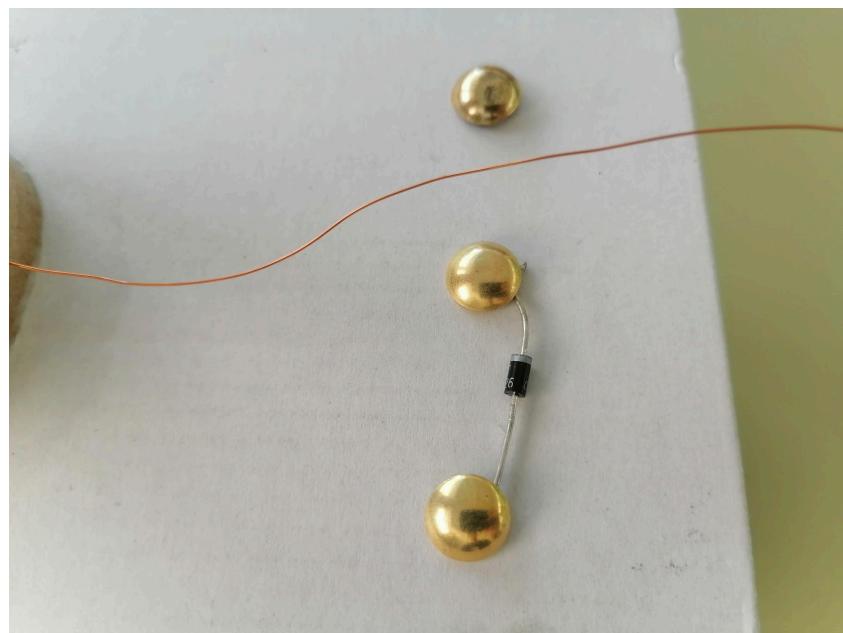


2. Amb el paper de vidre vaig fregar els extrems del cable per treure l'esmalt del cable per poder fer contacte amb els altres cables i passi bé el corrent

3. Vaig embolicar amb el paper d'alumini la meitat del tub de cartró llarg, tractant que quedi el menys arrugat possible i el vaig fixar al seu lloc amb cinta adhesiva. Per la meitat superior del tub llarg vaig tallar el full de paper a la mida i després el paper d'alumini i amb això vaig envoltar la part superior del tub. El full de paper ha de ser més ample que el paper d'alumini, almenys 1 cm a cada costat i s'ha de poder lliscar sobre la part inferior del tub. Aquesta part funcionarà com un condensador variable.



4. A la capsula de cartró li vaig ficar les tres xinxetes amb uns 3 cm de distància cadascuna. Vaig muntar el diode i l'altaveu ja a les seves posicions mostrades a la següent imatge. El diode connectat a la primera i segona xinxeta i l'altaveu a la segona i tercera xinxeta.



5. Enganxem el tub curt o bobina i el tub llarg o condensador també a la nostra base amb pegament líquid.



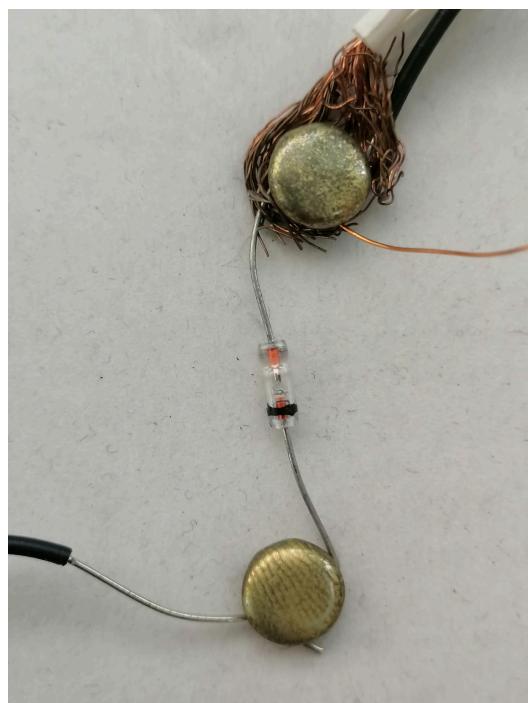
6. Ara només queda connectar els cables a les xinxetes. A la primera xinxeta es connecta un cable que ens servirà d'antena (ha de ser prou llarg, uns 15 m ja van bé). Els extrems del cable de coure es connecten respectivament a la primera i tercera xinxeta, un cable a la primera xinxeta del qual l'altre extrem es connecta a la part superior del tub llarg, un altre cable connectat a la tercera xinxeta del qual l'altre extrem es connecta a la part inferior del tub llarg. Finalment, un cable de terra connectat a la tercera xinxeta per protegir-nos en cas de curcircuit.

2.3. Tercer prototip

Material emprat al tercer prototip: Capsa de cartró, cable de coure esmaltat, paper d'alumini, fulla de paper, altaveus d'ordinador, cable, cable d'antena, cinta adhesiva, tub de cartró, díode de germani, entrada minijack femella, xinxetes metà·liques, cola blanca, paper de vidre.

2.3.1. Passos a seguir

1. Com que el corrent no passava vaig decidir canviar el díode de silici normal per un díode de germani, ja que el díode de silici només permet passar el corrent a partir dels 0,6 V i els senyals de ràdio no tenen l'energia suficient, en canvi, el díode de germani permet passar el corrent a partir dels 0,2 V.



2. També vaig decidir treure l'altaveu perquè vaig descobrir que tenia una resistència d'uns 25 ohms, cosa que és un valor massa gran per al circuit i que també podria ser un dels problemes. Finalment, vaig connectar una entrada minijack femella per poder connectar uns altaveus d'ordinador amb els que podria sentir alguna cosa gràcies al seu amplificador incorporat.

2.3.2. Millores addicionals

Després d'haver constatat que el tercer prototip funcionava vaig intentar millorar la qualitat i el nivell del volum amb un amplificador i un altaveu més gran i potent. Amb l'ajuda d'uns cables vaig connectar l'amplificador a la ràdio i 'amplificador el vaig connectar al nou altaveu més gran i més potent. Després de diverses proves no vaig aconseguir millorar el so, només sortia so distorsionat. També vaig ficar la ràdio dins d'una caixa de fusta per millorar-la estèticament, aquesta millora no té res a veure amb el rendiment de l'aparell.



3. RESULTATS

Havent acabat el primer prototip vaig constatar que no funcionava com hauria de funcionar, no vaig poder comprovar el corrent amb voltímetre per falta de material en aquell moment, però he pogut deduir que l'error es troava en un mal assemblatge del projecte, el defecte es podria trobar en el fet que l'embobinat del tub de cartró amb el cable de coure esmaltat no estava ben fet i, per tant, el corrent elèctric no era suficient, un altre error podria ser l'ús de sortida d'àudio defectuós. Al cas del segon prototip tampoc va resultar bé. Però en aquest sí que vaig poder comprovar amb més exactitud quin era l'arrel del problema, amb l'ajuda d'un voltímetre, vaig veure que el corrent era insuficient.

Finalment, l'experiment amb el tercer prototip ha resultat exitós després d'haver-hi canviat alguns components. Vaig haver de canviar el diode que vam utilitzar inicialment, que era el causant del fet que el corrent no passés correctament, per un diode de germani que permetia el pas del corrent sense cap problema. El vaig adquirir a un preu de 5 euros a una botiga d'electrònica. També hi vaig afegir un mini jack el qual inicialment no el vaig utilitzar per poder connectar uns altaveus d'ordinador. Després d'haver fet tots aquests canvis el circuit va funcionar correctament, vaig mesurar uns valors que arribaven fins als 0,4 V de voltatge al circuit.

Aleshores direm que sí que és possible captar emissions de ràdio amb un aparell fet amb materials casolans i bastant econòmic.

4. CONCLUSIÓ

En conclusió, tota la informació agrupada al marc teòric m'ha servit per adquirir uns fonaments sobre el funcionament de la ràdio i la seva història. Aquests coneixements m'han servit per aplicar-los de manera pràctica i poder dur a terme el meu projecte de construcció.

El projecte de construcció d'un receptor casolà ha estat una experiència enriquidora tant des d'un punt de vista tècnic com educatiu. A través de la pràctica hem comprovat que és possible dissenyar i muntar una ràdio funcional amb materials accessibles i tècniques senzilles.

L'èxit obtingut en la construcció del receptor no només posa en relleu l'efectivitat del disseny, sinó també la importància d'un procés metòdic basat en l'experimentació i la resolució de problemes o errors. A més, aquest tipus de projectes fomenten la creativitat, la paciència i l'interès per l'aprenentatge pràctic.

En definitiva, aquest treball no només m'ha permès comprendre els principis bàsics i el funcionament d'un receptor de ràdio, sinó que també ha posat de manifest el valor del procés de creació com a eina d'aprenentatge. L'experiència ha evidenciat que la combinació d'un plantejament teòric ben fonamentat amb una aplicació pràctica estructurada pot ser molt enriquidora, ja que fomenta les habilitats com el pensament crític, la resolució de problemes i la capacitat d'adaptació davant dels reptes.

5. BIBLIOGRAFIA:

- Enrique, L., & Carvajal, O. (n.d.). *Las telecomunicaciones en la España contemporánea*. <https://core.ac.uk/download/pdf/38831322.pdf>
- de, C. (2005, May 8). *aspecto de la historia*. Wikipedia.org; Wikimedia Foundation, Inc. https://es.wikipedia.org/wiki/Primera_transmisi%C3%B3n_radiof%C3%B3nica
- *Radio (receptor)*. (2020, September 1). Wikipedia. [https://es.wikipedia.org/wiki/Radio_\(receptor\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Radio_(receptor))
- to, C. (2003, August 7). *combinació de camps elèctrics i magnètics que transporten energia*. Wikipedia.org; Wikimedia Foundation, Inc. https://ca.wikipedia.org/wiki/Ona_electromagn%C3%A8tica
- itorren4. (n.d.). *Tecnologia dia a dia*. <https://blocs.xtec.cat/tecnologia/2012/04/23/ones-electromagnetiques/>
- to, C. (2007, November 6). *Espectre radioelèctric*. Wikipedia.org; Wikimedia Foundation, Inc. https://ca.wikipedia.org/wiki/Espectre_radioel%C3%A8ctric
- *Ones de ràdio i camp electromagnètic*. (2024). Rrfisica.cat. https://rrfisica.cat/rrfisica/m_grinyo_001/ones_radio_est.htm
- to, C. (2012, February 2). *Receptor de ràdio*. Wikipedia.org; Wikimedia Foundation, Inc. https://ca.wikipedia.org/wiki/Receptor_de_r%C3%A0dio

- *Espectro de radio: la base de las comunicaciones inalámbricas | Configurar el futuro digital de Europa.* (n.d.). Digital-Strategy.ec.europa.eu.
<https://digital-strategy.ec.europa.eu/es/policies/radio-spectrum>
- Llibre de 2n de batxillerat. Serra, S., Armengol, M., & Mercadé, J. (2018).
Física.