

RESUM DEL PROJECTE

Radiolocalitzador per a UHF

Josep Manel Soria Fernandez

L'objectiu d'aquest treball és el d'implementar un sistema portàtil basat en el retard del senyal mitjançant la commutació d'antenes, que operi en la banda de freqüències d'UHF, concretament a 433 Mhz.

En el disseny s'ha considerat crear un sistema portàtil, sense limitacions de mobilitat, amb unes dimensions el més reduïdes millor (amb components elèctrics i electrònics estàndard i el més lleuger possible).

El punt de partida de tot el sistema són dues antenes que han de tenir un diagrama de radiació omnidireccional. Aquestes antenes es situen en un mateix eix i a una determinada distància, entre elles. Segons això, un transmissor que radiï en qualsevol direcció serà captat per ambdues antenes amb la mateixa intensitat però, en funció de la posició relativa del transmissor, el senyal que rebran tindrà un desfasament que serà proporcional a la distància que les separa i al cosinus de l'angle entre elles i el transmissor.

D'aquesta manera si fem ús d'un commutador que commuti entre els dos senyals rebuts per cada antena, a una determinada freqüència, el que obtenim és un senyal de la mateixa freqüència que l'original. Però, en funció de la posició del transmissor respecte les antenes, tindrem, a la freqüència de commutació, uns canvis de fase.

Amb aquesta operació el que estem aconseguint a la sortida del commutador és un senyal amb una modulació especial en PM. On el senyal portador és el senyal transmès i on el senyal modulador conté la informació de la diferència de fase entre les dues antenes, informació que podrem recuperar i tractar a partir d'ara amb qualsevol receptor/demodulador de FM.

El receptor d'FM el que fa, a grans trets, és captar els canvis de fase presents en la portadora i derivar-los. Aquests canvis de fase són instantanis i en teoria, la derivada d'una discontinuïtat de salt és una delta. Com en la pràctica no és possible aconseguir deltes ja que aquestes són infinites, el que s'aconsegueix a la sortida del demodulador és una forma d'ona sinusoidal exponencialment decreixent amb una magnitud directament proporcional a la diferència de fase del senyal, que es va repetint a la freqüència de commutació. És a dir, si la freqüència de commutació estigués dins del rang d'audició de les persones, per l'altaveu de l'emissora escoltaríem un senyal d'audio amb una component principal a la freqüència de commutació, que aniria augmentant de volum en funció del desfasament.

A partir d'aquest punt podem dir que passem de processar un senyal de radiofreqüència a processar-ne un d'audio. Aquest senyal d'audio té una component fonamental a la freqüència de commutació que és la que ens interessa però ,degut al procés de demodulació també conté diferents harmònics que, a l'ésser innecessaris per la nostra aplicació, els filtrem.

La raó per la qual ens interessa només la component a la freqüència de commutació és perquè aquesta ja conté la informació necessària del desfasament i per tant, la informació de la posició relativa del transmissor i perquè per actuar en l'etapa final sobre els leds, el PIC compararà la senyal de rellotge que ell mateix està generant per al commutador, és a dir, el senyal que determina la freqüència de commutació amb el senyal filtrat de la sortida del demodulador.

El filtre escollit és un filtre actiu pas banda de segon ordre. Un cop filtrat el senyal d'audio obtenim un senyal sinusoidal a la freqüència de commutació, que recordem que a més de tenir una fase que depèn de la posició del transmissor també en depèn la seva magnitud. És precisament per aprofitar aquests dos factors que després del filtre convertim el senyal sinusoidal en un senyal quadrat per poder comparar-lo amb el clock que genera el microprocessador i el rectifiquem per quedar-nos només amb el seu màxim, en cada instant, i així també poder quantificar-lo.

Finalment amb l'ajuda d'un microprocessador i mitjançant la informació provinent de la sortida del rectificador i del comparador s'actua sobre tres leds ,situats sobre un mateix eix, que s'encendran en funció de la direcció del transmissor. Els dos leds laterals indiquen cap on s'ha de girar el radiolocalitzador per encarar-se amb el transmissor i el led central indica la localització del transmissor.

RADIOLOCALITZADOR PER A UHF

Josep Manel Soria Fernandez

ÍNDEX	2
INTRODUCCIÓ	4
OBJECTIUS	5
ESTRUCTURA DE LA MEMÒRIA	6
DIAGRAMA DE BLOCS	7
PROCESSAMENT DEL SENYAL	8
ANTENES	17
ELECCIÓ DEL TIPUS D'ANTENA	17
DISTÀNCIA ENTRE DIPOLS	18
MUNTATGE	21
COMMUTADOR	22
MODULACIÓ ANGULAR	24
DEMODULADOR FM	26
FILTRE	28
L'UAF42AP	28
<i>Avantatges i desavantatges</i>	28
FILTRE PAS BANDA AMB UN OPERACIONAL	30
RECTIFICADOR	32
COMPARADOR	33
TL084	34
MICROCONTROLADOR	35
CONFIGURACIÓ DEL PIC	37
<i>STATUS. Registre d'estat</i>	37
<i>OPTION_REG. Registre d'Opcions de configuració</i>	37
<i>INTCON. Registre d'interrupcions</i>	38
<i>TMR0. Registre del Timer0</i>	38
Senyal d'1 Khz.....	38

<i>GPIO. Registre del Port d'entrada/sortida</i>	39
<i>TRISIO. Registre de control dels buffers Tristate del port d'entrada/sortida</i>	39
<i>CMCON. Registre de configuració del comparador analògic</i>	39
<i>ADCON0. Registre de configuració del conversor analògic-digital</i>	39
<i>ANSEL. Registre de selecció del conversor AD</i>	40
CODI FONT EN ENSAMBLADOR	40
INTERFÍCIE	43
ALIMENTACIÓ	44
ESQUEMA DEL CIRCUIT	46
PCB	48
MILLORES	50
ALIMENTACIÓ	50
INTERFÍCIE.....	50
RECTIFICADOR.....	51
CONCLUSIONS	51
BIBLIOGRAFIA	53

INTRODUCCIÓ

Avui en dia, la radiolocalització té múltiples aplicacions; localització de persones, animals, avions, portadores interferents, etc. Factors com la freqüència, l'orografia del terreny, area que es pretén rastrejar, la potència del transmissor, influeixen directament en el tipus de tecnologia a emprar.

L'antena és un dels elements clau en qualsevol radiolocalitzador. Cada tipus d'antena té un diagrama de radiació propi i segons l'aplicació RDF (de l'anglès, Radio for Direction Finding), existeixen dos tipus de sistemes diferents. En primer lloc hi ha els sistemes que es basen en la detecció d'un màxim de potència, en la recepció d'un senyal, per tal de determinar la seva direcció. Aquests sistemes són molt utilitzats en el seguiment d'animals salvatges, per exemple. Els animals porten transmissors que radien amb una certa potència. Els receptors normalment estan equipats amb unes antenes mòbils o portàtils que degut al seu diagrama de radiació altament focalitzat, s'anomenen directives. En aquest tipus d'aplicacions no es fa necessari una precisió molt elevada en la determinació de la direcció del senyal, ja que normalment situant l'animal en un determinat sector, això ja pot proporcionar suficient informació... Però per aplicacions en les quals la precisió sigui un factor decisiu, aquestes antenes directives poden no ser les més indicades. En aquest cas, existeixen els sistemes que miren d'aprofitar els diagrames de radiació d'algunes antenes, o agrupacions d'aquestes, que presenten uns mínims molt estrets per tal de fer unes deteccions molt més acurades.

Existeixen diversos mètodes que permeten explotar aquesta particularitat. Els més destacables són tres; els basats en l'efecte doppler, en antenes Adcock i els basats en el retard del senyal mitjançant la commutació d'antenes. Degut a que els resultats que obtindríem amb qualsevol dels tres mètodes serien idèntics i a què els dos primers presenten unes dificultats mecàniques que estan fora de l'objecte d'estudi d'una enginyeria tècnica en telecomunicacions, per realitzar aquest projecte ens hem centrat en l'estudi del tercer mètode, el que a partir d'ara anomenarem RSCA (de les inicials en català).

Arribats a aquest punt, cal recordar que existeixen dos treballs que han tractat aquest tema. En primer lloc el treball de Juan Pablo Taboada Jimenez, titulat "Radiolocalizador per a VHF", 2003, on es va estudiar la viabilitat del projecte contrastant les diferents alternatives existents i en el qual es van fer les proves de laboratori suficients per tal d'afirmar la seva possible implementació. I en segon, el treball de Sergio Ballesteros de Haro, titulat "Radiolocalizador basado en la conmutación de antenas", 2004, en el qual es va implementar físicament un primer prototip funcional que treballava a 145 MHz.

OBJECTIUS

L'objectiu d'aquest treball és el d'implementar un sistema portàtil basat en el retard del senyal mitjançant la commutació d'antenes, que operi en la banda de freqüències d'UHF, concretament a 433 MHz.

Aquest projecte des d'un principi, no s'ha plantejat només com una continuïtat dels treballs anteriors. Sinó més aviat com un estudi del mètode RSCA, valorant les seves possibilitats, amb la finalitat d'implementar un radiolocalitzador d'UHF amb unes característiques molt concretes.

En primer lloc havia de ser un sistema portàtil, sense limitacions de mobilitat, amb unes dimensions com més reduïdes millor (amb components elèctrics i electrònics estàndard) i el més lleuger possible. Per aconseguir-ho s'ha estudiat tot el sistema element a element per tal d'eliminar els elements innecessaris i els que no aportessin un valor afegit apreciable.

Relacionat amb l'aspecte anterior, però d'una importància tal que ha arribat a condicionar el disseny final del projecte, està l'alimentació. En aquest sentit es va mirar d'aconseguir que tot el conjunt s'alimentés únicament amb una pila d'un valor el més baix possible.

En tercer lloc, es va estudiar la interfície per tal que fos altament intuïtiva i que aportés la major informació possible.

I per últim, es va proposar de no concloure amb un disseny concret, sinó que a mesura que s'anessin obtenint resultats, s'intentaria afegir versatilitat i

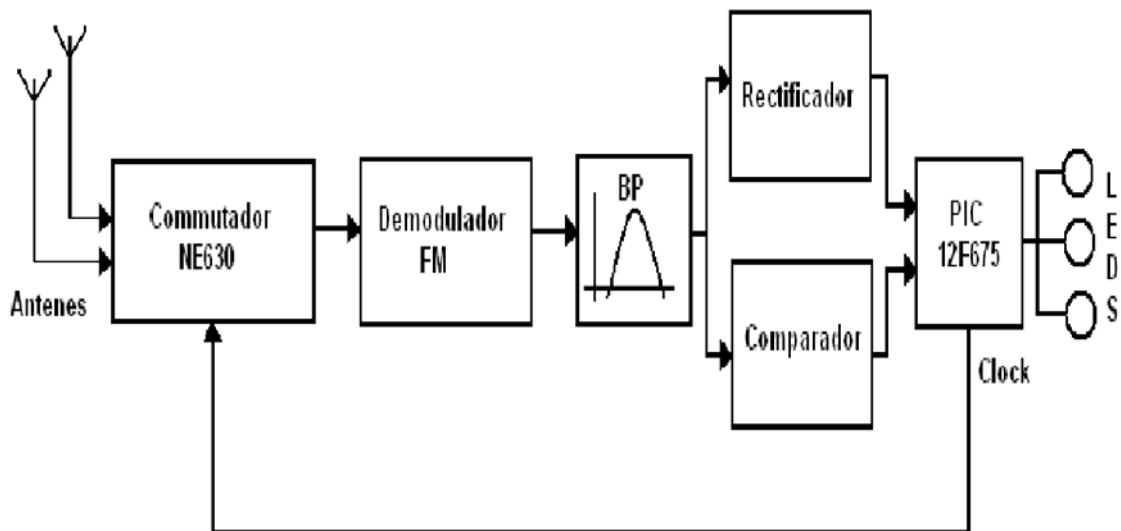
aportar el màxim d'idees possibles per la millora del projecte fins al moment d'entregar aquesta memòria.

ESTRUCTURA DE LA MEMÒRIA

El circuit resultant d'aquest projecte es pot dividir en diferents blocs que estan units entre ells de forma seqüencial i cada bloc intervé en el processament del senyal rebut amb la finalitat d'arribar a localitzar la procedència d'aquest. Aquesta memòria es pot dir que està estructurada de la mateixa forma que el circuit. Un cop introduït el projecte en un context determinat i aclarits els objectius el primer que trobem és un Diagrama de blocs que pretén introduir de forma breu i esquemàtica les diferents etapes del sistema. Després trobem un apartat titulat Processament del senyal on s'explica de forma més detallada el tractament que es fa del senyal rebut en cada una de les etapes. Un cop s'ha aclarit el funcionament global del circuit es succeeixen una sèrie d'apartats en els que s'estudien per separat i de manera molt més detallada els diferents elements del circuit. Aquests apartats es titulen Antenes, Commutador, Modulació, Demodulació, Filtre, Rectificador, Comparador, Microprocessador, TL084 i Interfície. Arribats a aquest punt en el que ja es tenen clars tots els aspectes del projecte s'inclouen un parell d'apartats titulats Esquema del circuit i PCB on es poden veure l'esquema simbòlic de tots els elements del circuit i el layout amb el que s'ha fet el disseny final de la placa en la qual s'ha muntat el circuit. Després de tots aquests apartats i un cop provat el radiolocalitzador s'ha cregut convenient afegir un apartat titulat Millores en el que s'han tractat alguns aspectes del projecte que poden ser optimitzats. Per acabar i tancant la memòria trobem l'apartat de Conclusions.

DIAGRAMA DE BLOCS

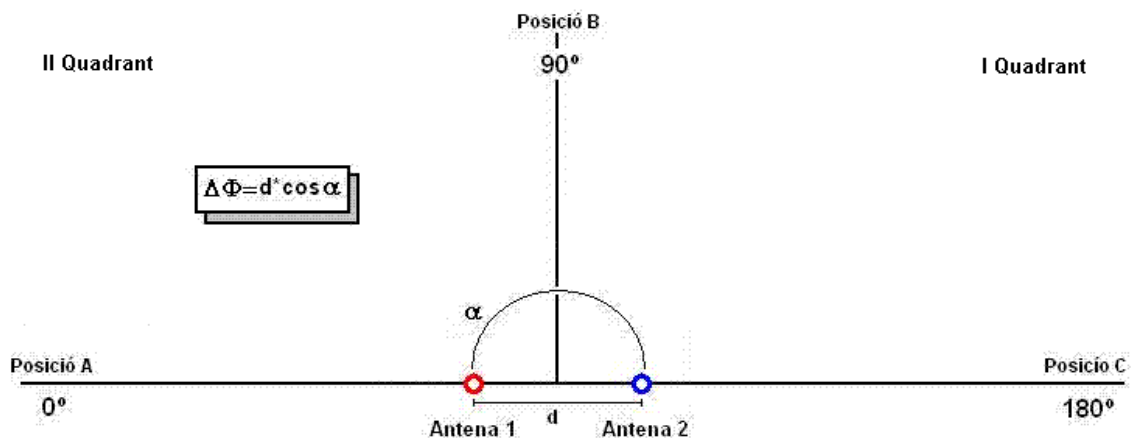
L'esquema següent representa de forma gràfica el pas del senyal per les diferents etapes del sistema:



La funció d'aquest sistema és determinar la posició d'un transmissor emetent en la banda UHF. El Tx envia un senyal i aquest és captat per les dues antenes però amb una determinada diferència de fase que depèn de la posició del transmissor respecte les antenes, de manera que obtenim dos senyals. Aquests són commutatats amb una freqüència de commutació que genera el microprocessador i es multiplexen en un de sol, creant així un senyal UHF modulats en PM. Posteriorment al passar per un receptor comercial d'FM el senyal es demodula i s'obté un senyal d'àudio que conté informació de la diferència de fase dels dos senyals originals, per tant, conté informació de la posició del Tx. Aquest senyal d'àudio es processa de forma que pugui interpretar-se fàcilment per un PIC. El PIC encén uns leds en funció del senyal d'àudio, o el que vol dir el mateix, en funció de la posició del transmissor respecte les antenes. I finalment qualsevol persona pot localitzar la direcció del transmissor amb l'ajuda d'aquests leds.

PROCESSAMENT DEL SENYAL

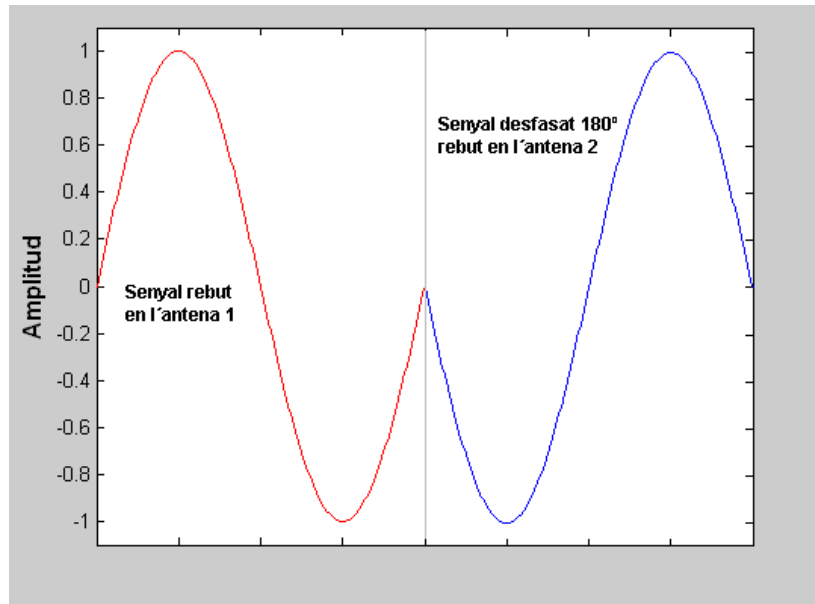
El punt de partida de tot el sistema són dues antenes que han de tenir un diagrama de radiació omnidireccional. Aquestes antenes se situen en un mateix eix i a una determinada distància, entre elles. Segons això, un transmissor que radiï en qualsevol direcció serà captat per ambdues antenes amb la mateixa intensitat, però en funció de la posició relativa del transmissor, el senyal que rebran tindrà un desfasament que serà proporcional a la distància que les separa i al cosinus de l'angle entre elles i el transmissor.



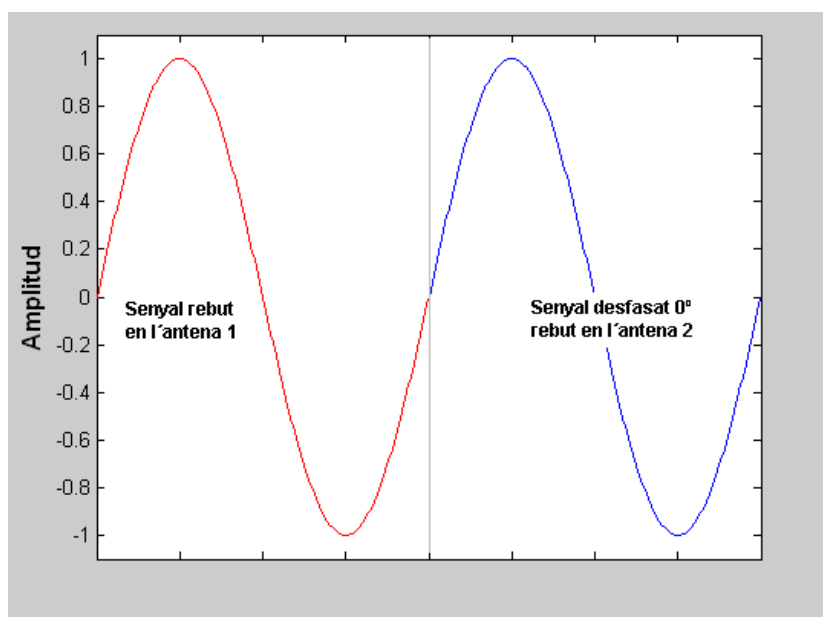
D'aquesta manera si fem ús d'un commutador que commuti entre els dos senyals rebuts per cada antena, a una determinada freqüència, el que obtenim és un senyal de la mateixa freqüència que l'original. Però, en funció de la posició del transmissor respecte les antenes, tindrem, a la freqüència de commutació, uns canvis de fase que podran oscil·lar entre $\pm d$ °.

Per exemple, suposant que el transmissor radiés un senyal sinusoidal, les antenes estiguessin separades una distància de $\lambda/2$, i agaféssim com a referència l'antena nº1 de l'exemple anterior, els senyals que obtindríem després del commutador serien com les que presentem a continuació:

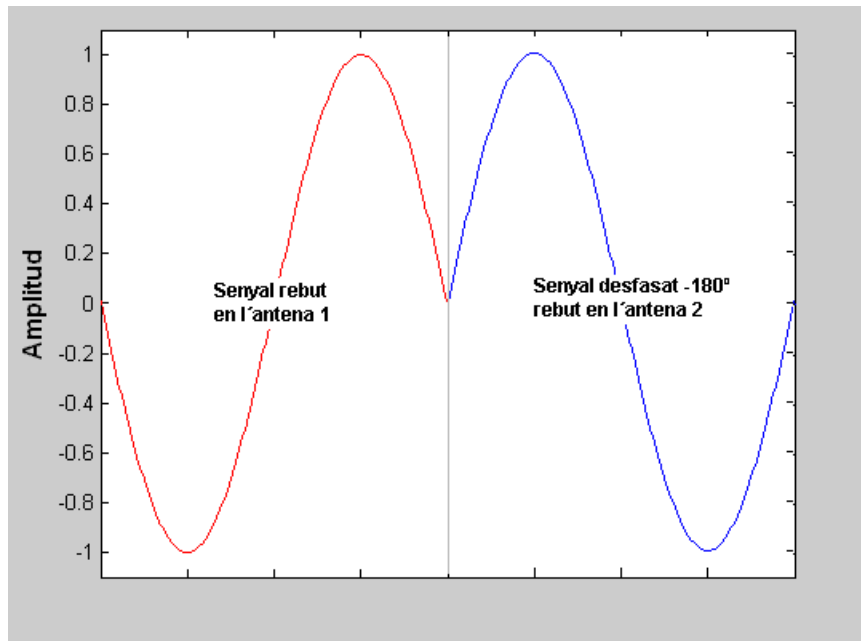
Cas 1: Tx en la posició A (veure figura 1)



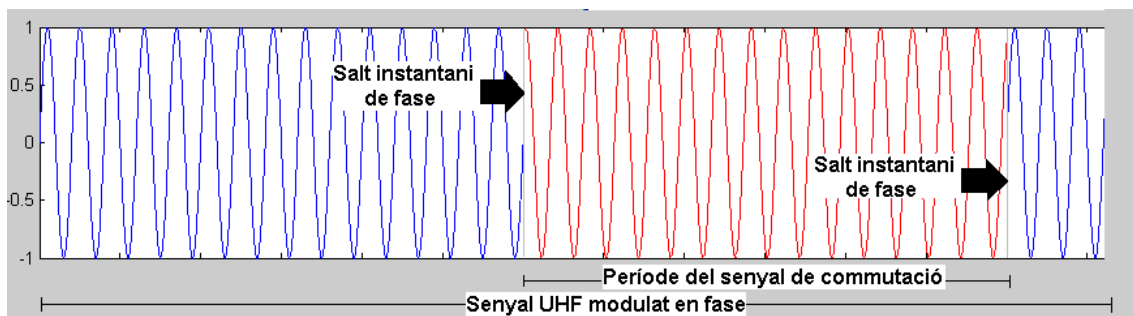
Cas 2: Tx en la posició B (desfasament nul)



Cas 3: Tx en la posició C (desfasament -180°)



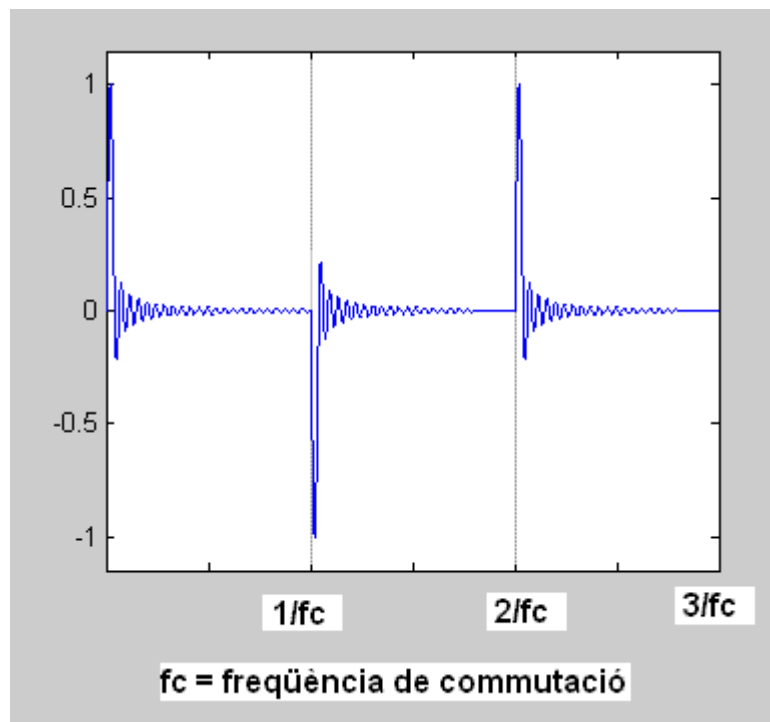
D'aquesta manera el que estem aconseguint a la sortida del commutador és un senyal amb una modulació “especial” en PM. On el senyal és el senyal transmès i on el senyal modulador conté la informació de la diferència de fase entre les dues antenes, informació que podrem recuperar i tractar a partir d'ara amb qualsevol receptor/demodulador de FM.



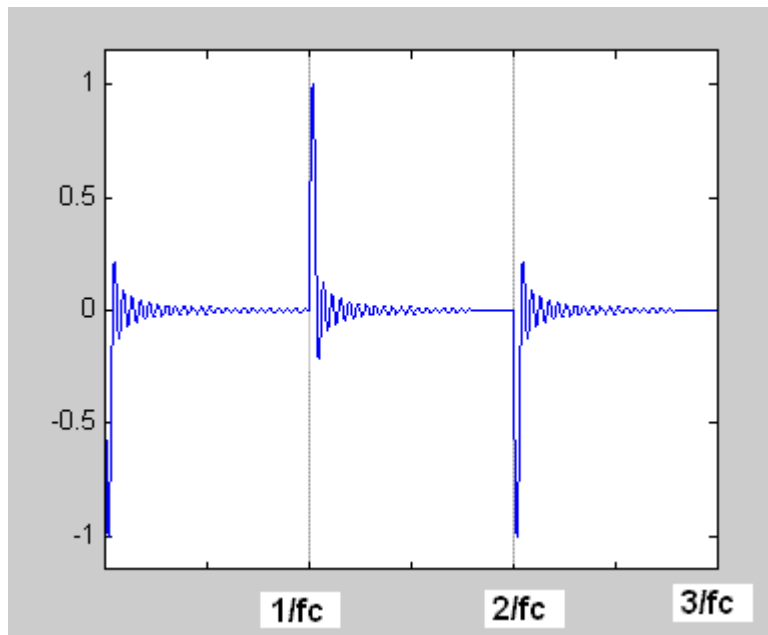
El receptor d'FM el que fa, a grans trets, és captar els canvis de fase presents en la portadora i derivar-los. Aquests canvis de fase són instantanis i

en teoria, la derivada d'una discontinuïtat de salt és una delta. Com en la pràctica no és possible aconseguir deltes ja que aquestes són infinites, el que s'aconsegueix a la sortida del demodulador és una forma d'ona sinusoidal exponencialment decreixent amb una magnitud directament proporcional a la diferència de fase del senyal, que es va repetint a la freqüència de commutació. És a dir, si la freqüència de commutació estigués dins del rang d'audició de les persones, per l'altaveu de l'emissora escoltaríem un senyal d'audio amb una component principal a la freqüència de commutació, que aniria augmentant de volum en funció del desfasament.

Continuant amb l'exemple anterior, en el primer cas, obtindríem un senyal a la sortida del receptor de FM d'aquest tipus:



I amb un desfasament de -180° , com en el segon cas, la gràfica resultant seria igual que l'anterior però invertida. És a dir, al tenir un desfasament negatiu, la primera delta haurà de ser negativa:



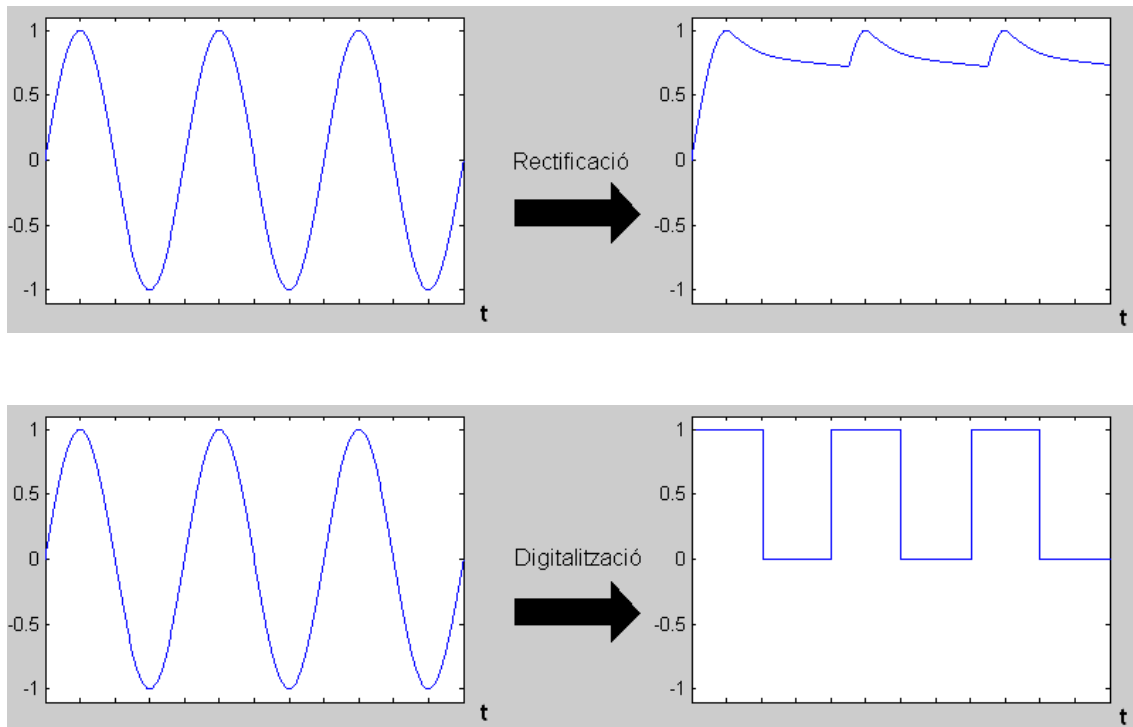
I en el tercer cas, amb un desfasament nul, tindríem la portadora sense cap canvi en la fase, és a dir, sense informació, i per tant amb l'emissora captaríem un senyal a la freqüència de treball, però no sentiríem res a la sortida d'audio.

A partir d'aquest punt podem dir que passem de processar un senyal de radiofreqüència a processar-ne un d'audio. Aquest senyal d'audio té una component fonamental a la freqüència de commutació que és la que ens interessa, però degut al procés de demodulació també conté diferents harmònics que, a l'ésser innecessaris per la nostra aplicació, els filtrem.

La raó per la qual ens interessa només la component a la freqüència de commutació és, perquè aquesta ja conté la informació necessària del desfasament i per tant, la informació de la posició relativa del transmissor i perquè per actuar en l'etapa final sobre els leds, el PIC compararà el senyal de rellotge que ell mateix està generant per al commutador, és a dir, el senyal que determina la freqüència de commutació amb el senyal filtrat de la sortida del demodulador.

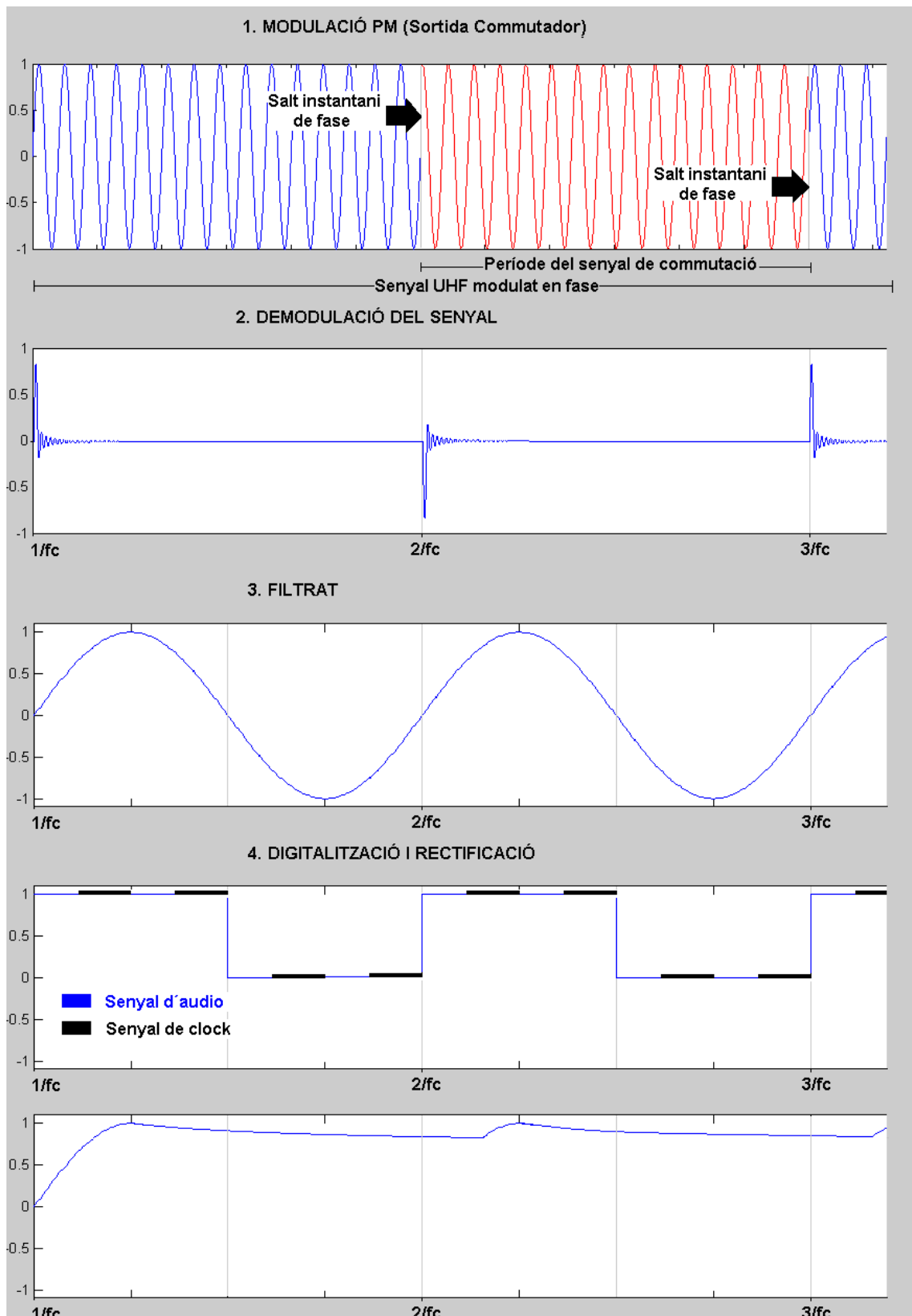
El filtre escollit és un filtre actiu pas banda de segon ordre que més endavant és descrit amb més detall. Un cop filtrat el senyal d'audio obtenim un

senyal sinusoidal a la freqüència de commutació, que recordem que a més de tenir una fase que depèn de la posició del transmissor també en depèn la seva magnitud. És precisament per aprofitar aquests dos factors que després del filtre convertim el senyal sinusoidal en un senyal quadrat per poder comparar-lo amb el clock que genera el microprocessador i el rectifiquem per quedar-nos només amb el seu màxim, en cada instant, i així també poder quantificar-lo.



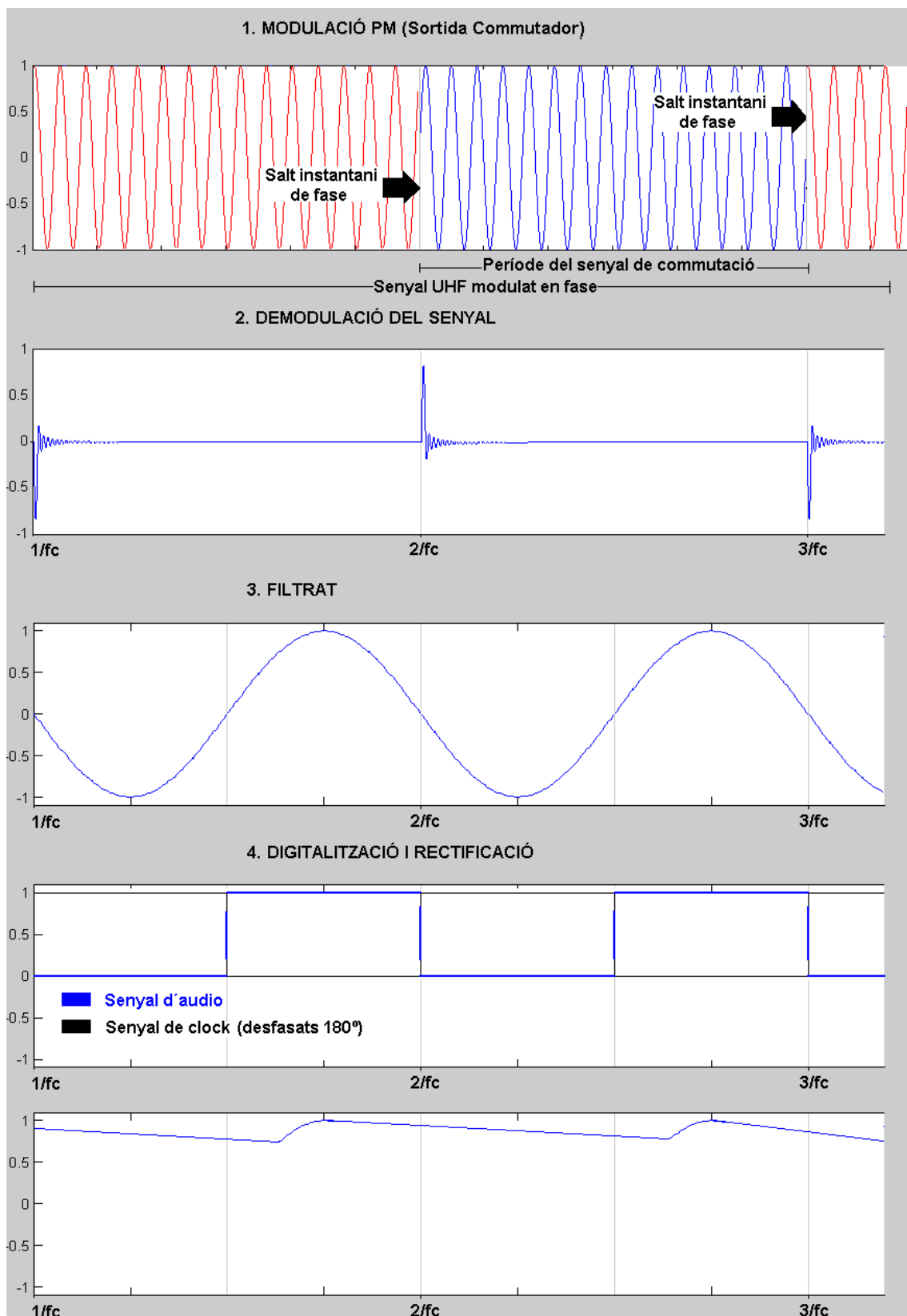
El senyal de clock del commutador determina quina de les dues antenes serà l'antena de referència, d'aquesta forma si el transmissor està més aprop de l'antena de referència, els impulsos a la sortida de l'emissora seran primer positius i després negatius i si està més aprop de l'altra antena, els impulsos seran primer negatius i després positius.

Així, per exemple, si l'antena de referència fos la B (color blau) i el transmissor es trobés en el primer quadrant (veure figura 2) l'evolució del senyal UHF fins a arribar al microprocessador seria com podem veure a continuació:

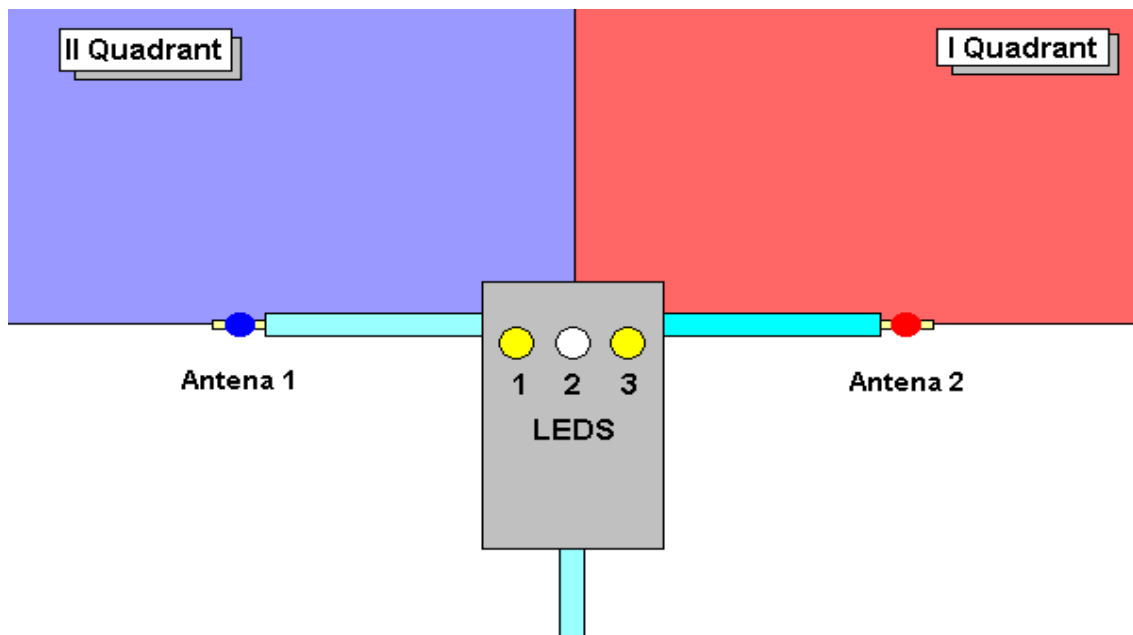


Per contra si el transmissor estigués situat en el segon quadrant, les gràfiques dels impulsos, i per tant les del senyal quadrat resultant d'aquests

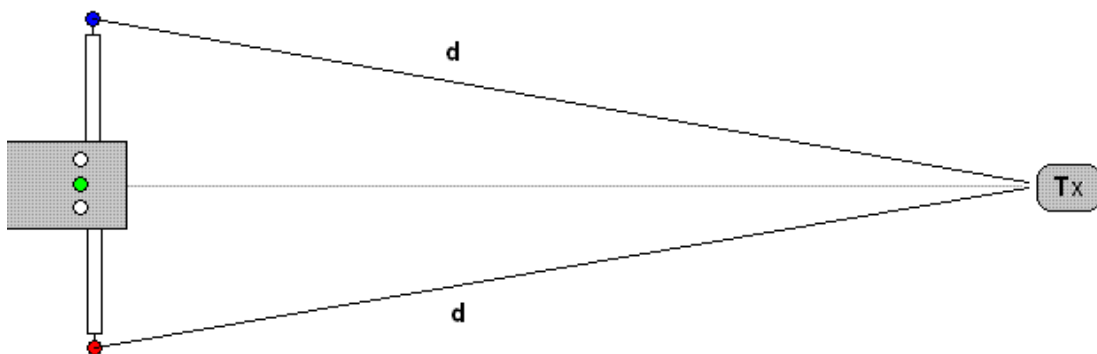
impulsos, seria de la mateixa forma i magnitud, però invertida i així la comparació que hauria de fer el microprocessador seria aquesta:



Sabent això, mitjançant el PIC, si quan el transmissor es troba en el primer quadrant encenem el led nº3 i quan el transmissor es troba en el segon encenem el led nº1, obtenim una interfície visual molt fàcil d'entendre per a qualsevol usuari, ja que el led ens estarà dient cap on hem de girar les antenes per a localitzar el transmissor.



Però no oblidem el rectificador. Si sabem que la tensió a la seva sortida és proporcional a la posició del transmissor i que el mínim el tindrem precisament quan estigui a la mateixa distància de les dues antenes, podem aprofitar el conversor analògic digital del PIC per quantificar quan baixa el nivell del senyal que estem rebent per sota d'un valor que considerem oportú i encendre el led central del muntatge (nº 2) per avisar de la localització exacta del transmissor.



ANTENES

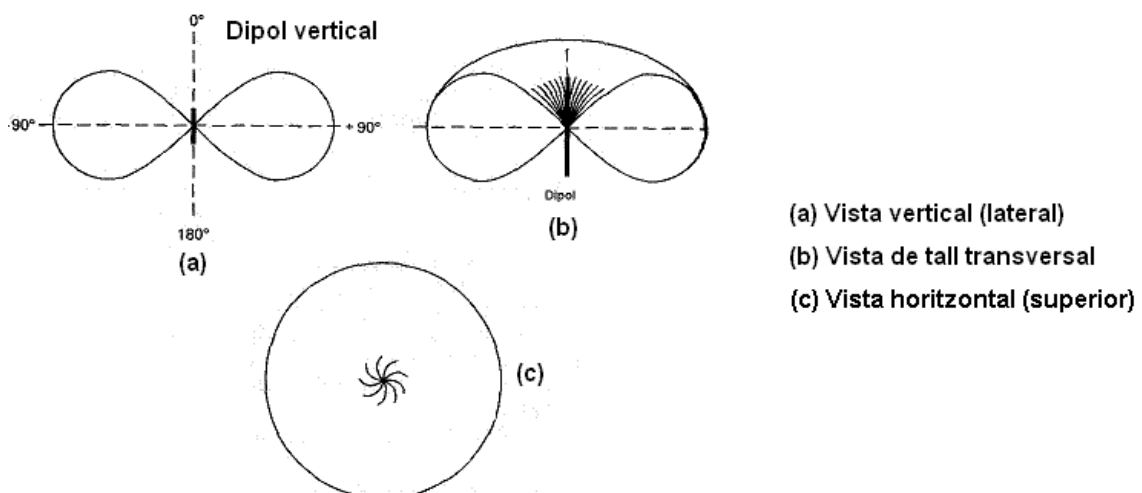
Les antenes són les encarregades de captar el senyal del transmissor i propagar-lo a la següent etapa, el commutador, per tal de processar-lo.

L'elecció del tipus d'antena i la seva separació són factors molt importants. El tipus d'antena perquè ha d'integrar-se en un muntatge portàtil i perquè ha de tenir una polarització i un diagrama de radiació concret. I la distància perquè el desfasament serà proporcional a aquesta i ens indicarà de quin cantó prové el senyal rebut.

Elecció del tipus d'antena

L'elecció del tipus d'antena és va basar en les necessitats que podia presentar un radiolocalitzador genèric. D'entre els diferents tipus d'antenes es va escollir el dipol vertical per les característiques que exposem a continuació.

Un dipol vertical té uns diagrames de radiació com els que podem veure a continuació:



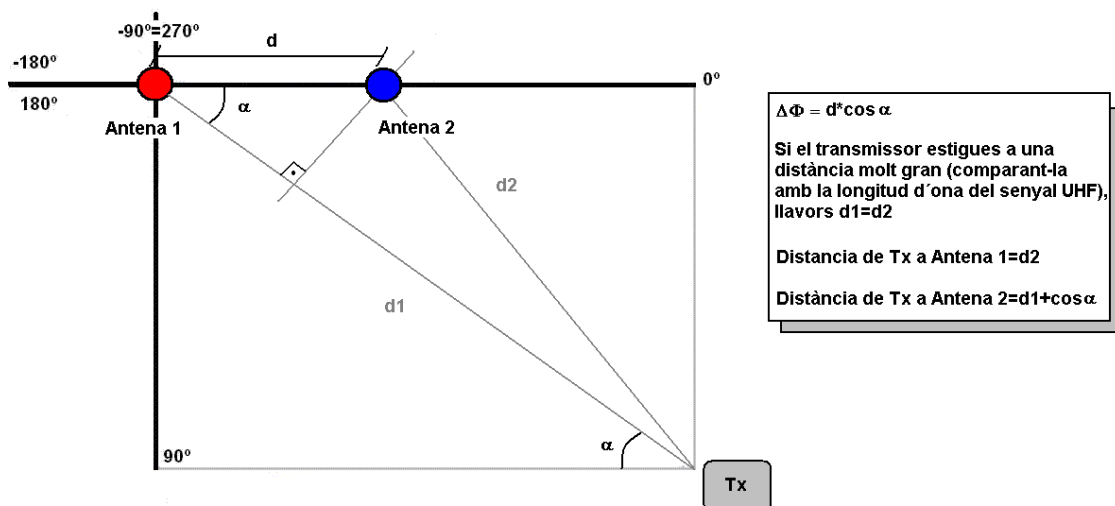
Amb el diagrama de radiació lateral podem veure que si el dipol està col·locat perpendicularment al terra, només és apte per emissors/receptors que treballin amb polarització vertical, cosa que coincideix amb la forma de treballar de qualsevol transmissor d'UHF comercial.

Gracies al diagrama de radiació horitzontal queda palès que estigui on estigui el transmissor, el senyal transmès per aquest es rebrà amb la mateixa intensitat a les dues antenes. Això és del tot desitjable ja que al ser un sistema pensat per a treballar amb modulacions en freqüència, les variacions d'amplitud son del tot innecessàries i a més podrien introduir petites variacions de fase que restarien precisió al sistema.

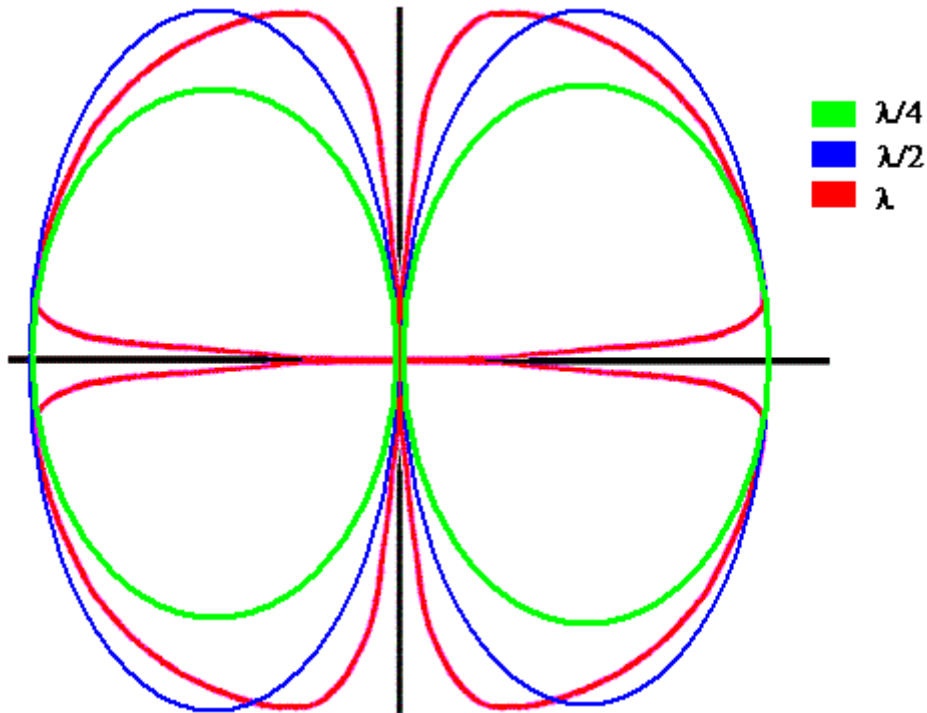
Distància entre dipols

La distància entre les antenes influeix directament en el diagrama de radiació final del muntatge i influeix també en el grau de sensibilitat que tindrem.

Suposant l'antena A com a referència, aquesta distància afectaria a la fase rebuda de la següent forma:



Si ara agafem tres valors de diferents de d ($0.25\lambda, 0.5\lambda, \lambda$), i representem la seva $\Delta\theta$ en funció d' α obtenim els diagrames següents, que es corresponen exactament amb el diagrames de radiació del sistema:

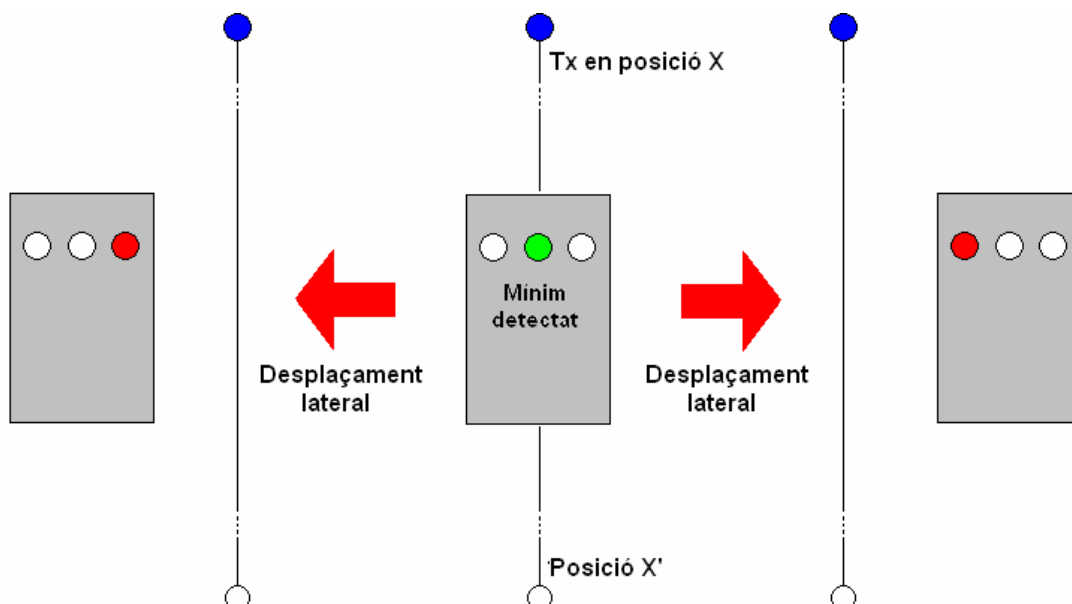


Observant els diagrames podem veure dues coses. Per una banda a mesura que augmenta la distància, entre els dipòls, els mínims es fan més estrets i per tant augmenta la sensibilitat del sistema. Per una altra, a mesura que augmenta d , també augmenten el número de mínims possibles. Això és degut a la periodicitat de la funció cosinus i gràcies a això el que succeeix és que augmenta la incertesa. Quan diem que augmenta la incertesa volem dir que, per exemple, amb quatre mínims tenim quatre possibles posicions del transmissor que el nostre sistema, per si sol, no podrà diferenciar i hauré de ser nosaltres qui determini la veritable direcció del transmissor. Això que pot semblar un inconvenient pot no ser-ho si per alguna aplicació en concret per exemple, si ja coneguéssim la posició aproximada d'un transmissor i necessitéssim molta precisió alhora de localitzar-lo podria ser una bona idea utilitzar un sistema amb una separació entre antenes de $\lambda/2$ si amb una de $\lambda/4$ no en tinguéssim prou o amb una separació de λ si amb $\lambda/2$ fos suficient.

Com que amb dues antenes sempre tindrem almenys dos mínims, per al nostre projecte hem escollit una distància de $\lambda/2$. Aquesta la podem considerar una solució intermitja. Per una banda cobreix el tot el ventall de possibles diferències de fase que va de 0° (quan el Tx està a la mateixa distància entre els dos dipols) fins a 180° si agafem com referència un dipol o de -180 si agafem l'altre. I per l'altra, al no arribar a λ tenim un mínim de mínims possibles, és a dir, dos.

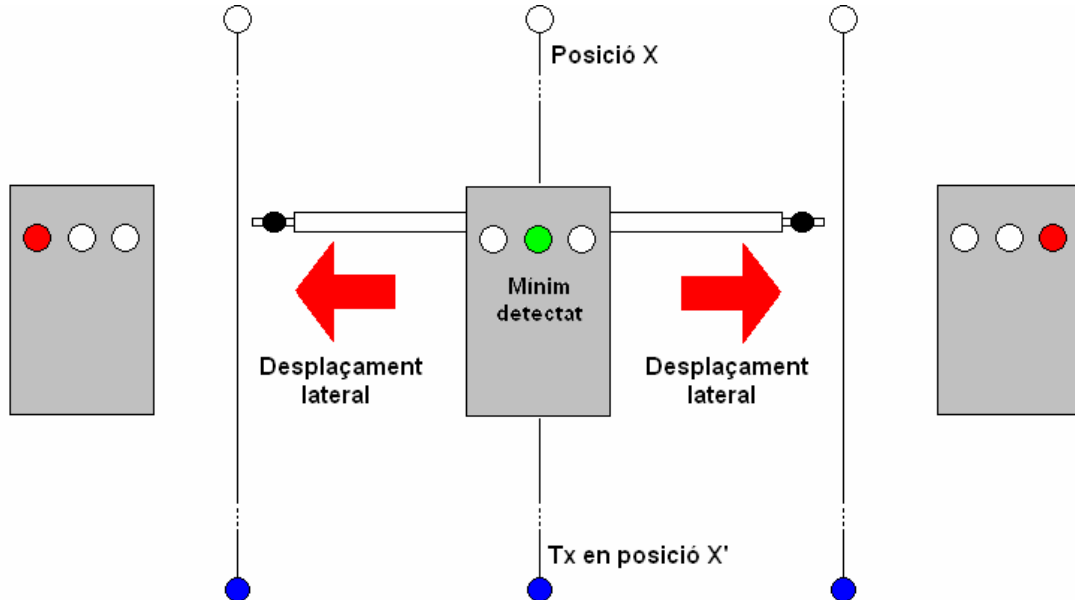
Un cop tenim la distància entre dipols anem a veure com podem solucionar fàcilment la incertesa de les dues possibles posicions d'un transmissor amb uns dipols separats una distància compresa dins l'interval $(0, \lambda)$. Per explicar-ho amb major claredat hem fet ús d'uns dibuixos que representen el radiolocalitzador amb els seus leds quan detectem un Tx.

El cercle blau marca la posició actual del transmissor.



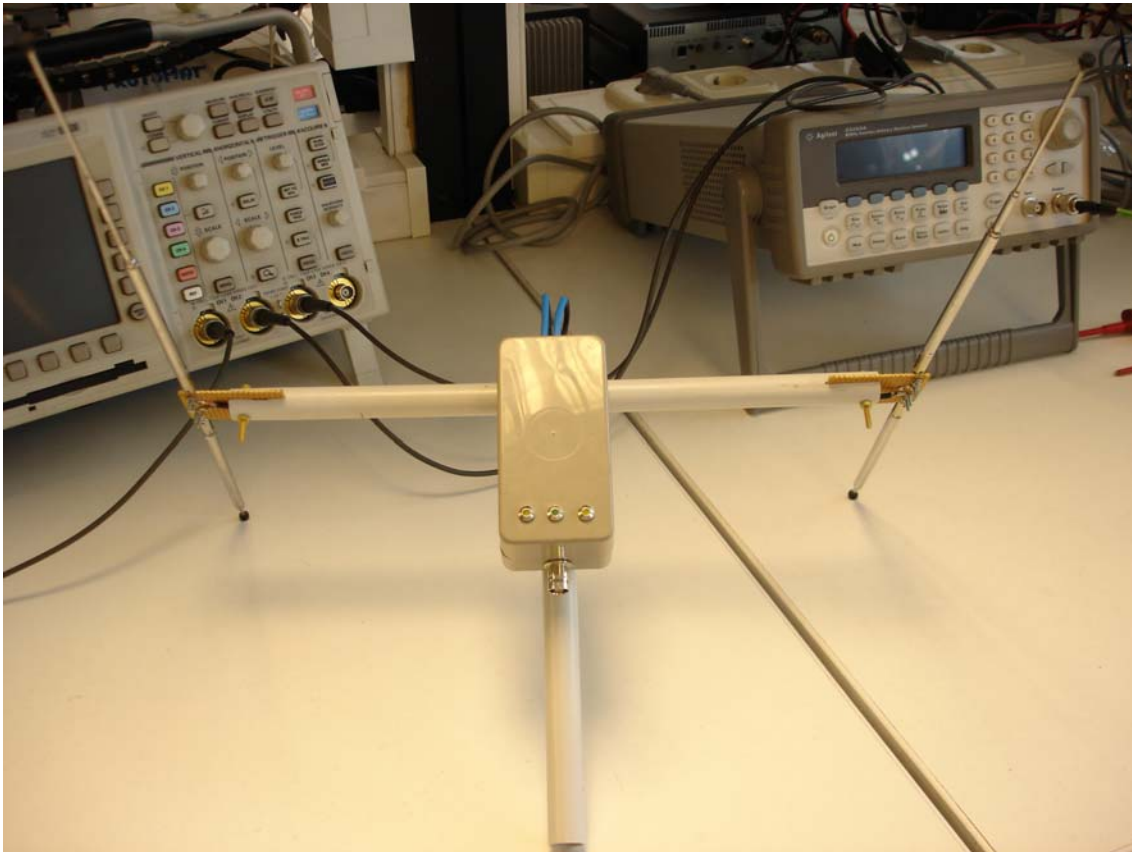
En el gràfic anterior veiem com si estiguéssim encarats al transmissor al fer un desplaçament lateral el led que s'encendria seria el led contrari al del desplaçament i això ens indicaria que el Tx està enfront nostre. Per contra si el

led que s'iluminés fos l'altre ens hauríem d'entendre que el transmissor està just al darrera.



Muntatge

Seguint el criteri de que els components havien de ser estàndards i s'havien de poder trobar amb una certa facilitat. Es van escollir unes antenes telescòpiques de FM de les que es poden trobar en qualsevol receptor domèstic. Aquestes antenes es van muntar sobre una estructura en forma de T feta amb tubs de pvc de 16 mm. de diàmetre.



COMMUTADOR

És la peça clau de tot el muntatge. Per fer la commutació entre els senyals d'entrada es van estudiar dues alternatives, per una banda un pont de diodes i per l'altra l'integrat NE630 de la casa phillips semiconductors.

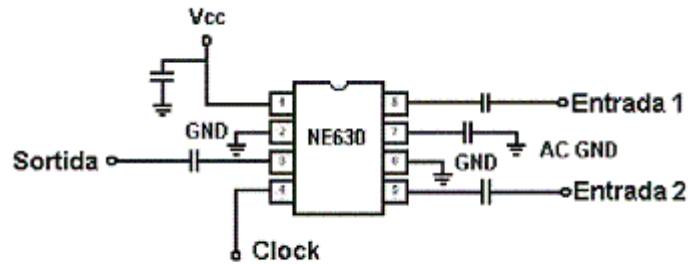
Els resultats obtinguts al laboratori no van ser decisius per poder triar entre una opció o l'altra i finalment es va escollir l'integrat ja que aquest últim presentava una menor complexitat i per tant una més fàcil implementació física.

L'integrat NE630 té com a funció principal captar les senyals dels dos dipols, multiplexar-les i convertir-les en una de sola perquè posteriorment es pugui enviar al receptor de FM.

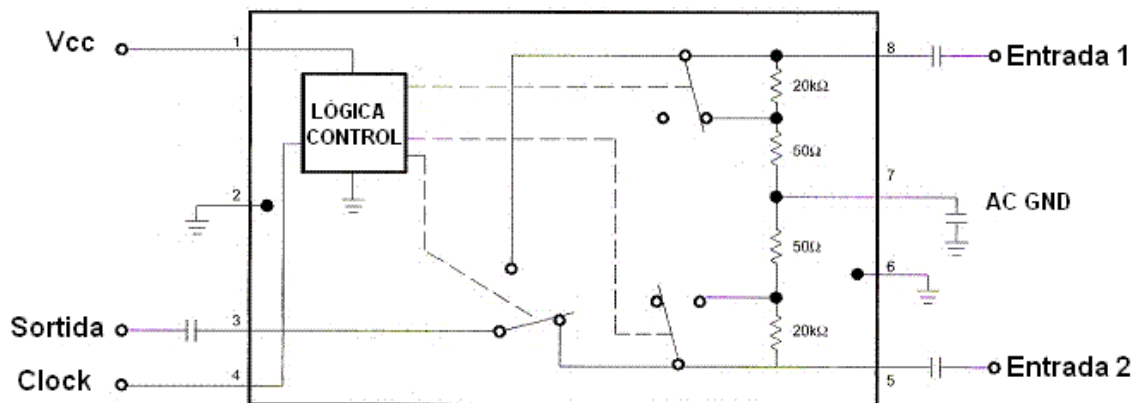
Les característiques tècniques d'aquest el van fer ideal per al seu propòsit. Per una banda, té un rang d'alimentacions que està entre els 3 i els 5.5 volts. El seu consum és molt baix, amb un màxim de 300 microampers i 170

de mitja. Té un ample de banda d'1GHz (més que suficient per treballar a 433 MHz).

L'esquema del muntatge escollit és el següent:



Circuit equivalent:



En el circuit equivalent podem observar com el clock és l'encarregat de governar la lògica de control que commuta entre l'entrada 1 i la 2. Aquest clock és un senyal d'1Khz que el generem amb el microcontrolador 12F675 de la casa Microchip Technology.

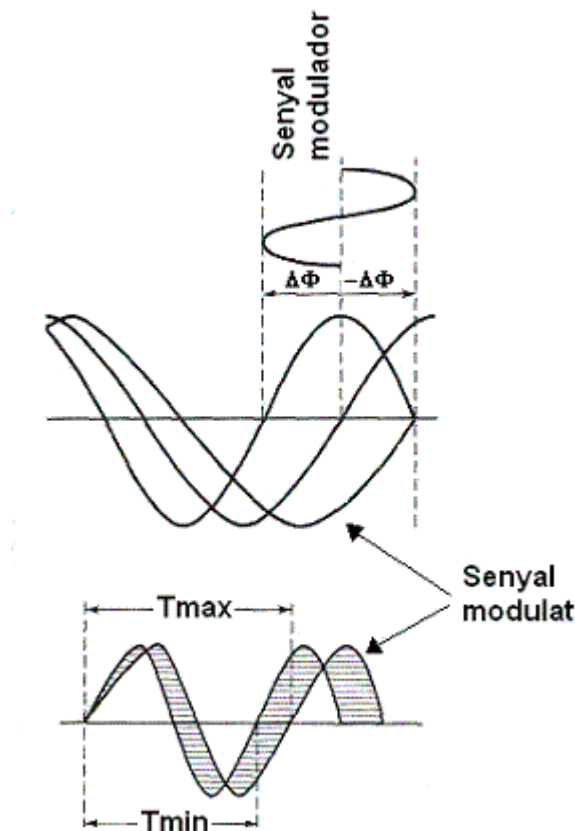
Tots els condensadors de l'esquema actuen com a filtres de continua. El valor del condensador de l'alimentació bé fixat per les especificacions tècniques del fabricant, i els valors dels condensadors en sèrie de les dues entrades i la sortida s'han seleccionat perquè presentin una reactància pràcticament nul·la a la freqüència de treball.

MODULACIÓ ANGULAR

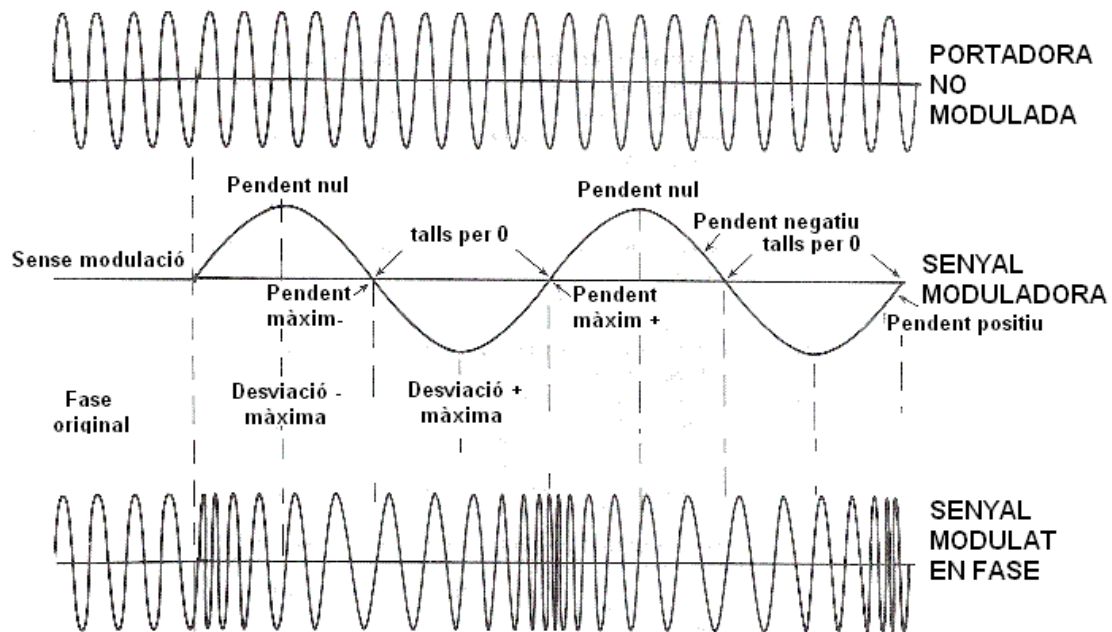
El procés de commutació dels dos senyals rebuts per les dues antenes del radiolocalitzador no és res més que una modulació de fase amb unes característiques una mica peculiars.

Per entendre aquestes peculiaritats hem cregut convenient fer una explicació del procés de modulació en fase. Tant l'explicació com l'anàlisi d'aquesta modulació es farà de forma gràfica, sense entrar en massa detall en la formulació matemàtica, ja que aquesta s'ha considerat la forma més clarificadora de plantejar el problema dins el context que suposa aquest projecte.

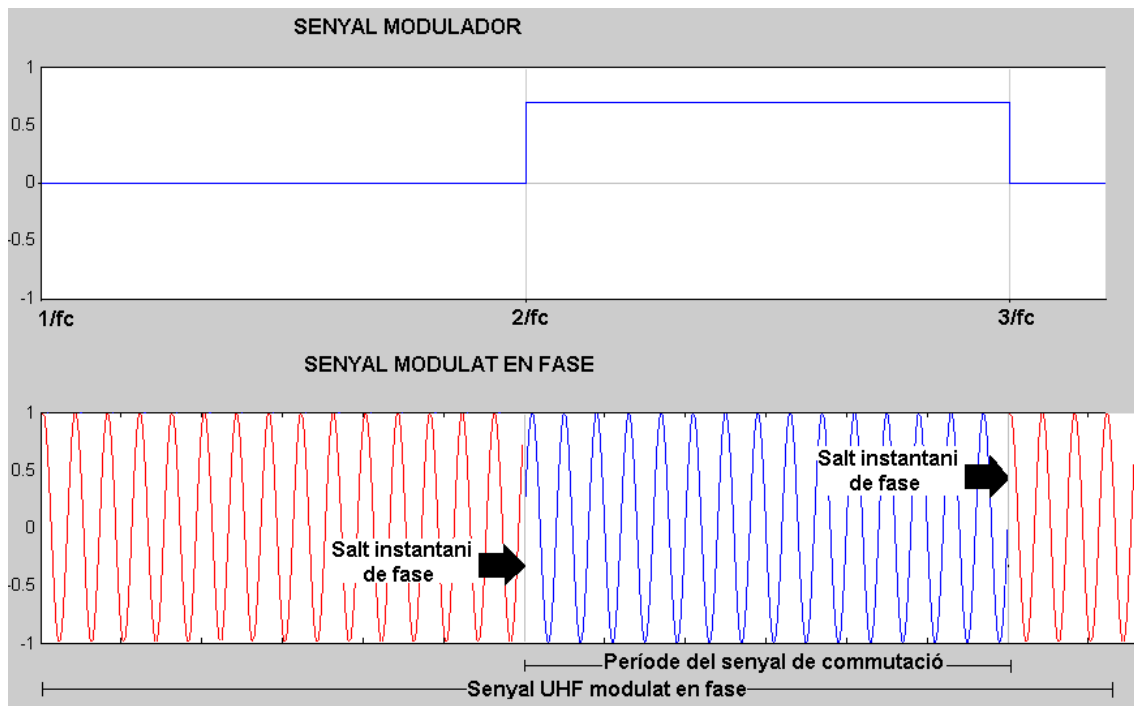
Es defineix la modulació de fase com la variació de fase d'un senyal portador d'amplitud constant en proporció directa a l'amplitud del senyal modulador, amb una velocitat igual a la del senyal modulador. En el gràfic següent es pot apreciar com les variacions d'amplitud d'un senyal modulador varien la fase del senyal portador.



Segons això un senyal modulador de freqüència constant provocaria unes variacions de fase (o de freqüència) com els que representem a continuació:



Observant el gràfic anterior podem adonar-nos que si anéssim augmentant la freqüència del senyal modulador també augmentaria la velocitat a la que es produirien els canvis de fase en la portadora. Per tant, si el senyal modulador en comptes de ser un senyal sinusoidal fos un senyal quadrat, amb canvis d'amplitud instantanis, el senyal modulat en fase presentaria canvis de fase instantanis. Arribats a aquesta conclusió podem veure clarament el paper de modulador de fase que fa el commutador NE630 en aquesta aplicació.



DEMODULADOR FM

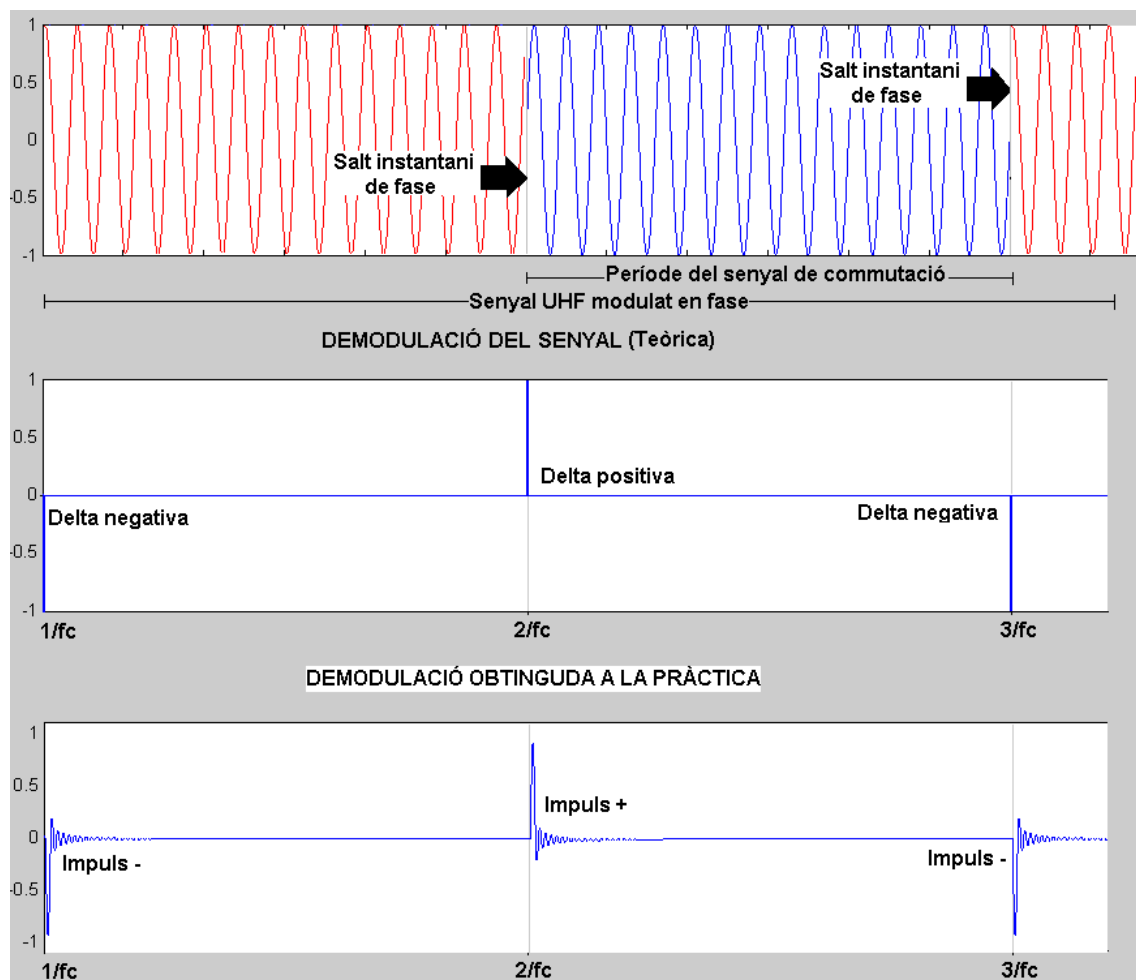
Per realitzar la demodulació s'han utilitzat dos emissors-receptors portàtils. Per les proves en VHF s'ha utilitzat un transceptor model VHF-Sender marca Sadelta i per les proves en UHF un Yaesu FT-8100R

La funció d'aquesta etapa és la de recuperar el senyal modulador generat a l'etapa anterior mitjançant el commutador per poder interpretar la informació que conté, relativa a la posició del transmissor.

Vist des d'un punt de vista matemàtic, la demodulació de fase consisteix en fer la derivada de la fase del senyal rebut. Per tant, si aquest senyal presenta variacions de fase instantànies, com les que pot presentar el senyal a la sortida del commutador, al derivar-lo obtindrem deltes que es repetiran cada cop que es produeixi una d'aquestes variacions (recordem que això ve determinat per la freqüència de commutació).

Existeixen diverses tècniques o mètodes per demodular un senyal amb modulació angular i cada fabricant utilitzarà una o l'altre segons les seves necessitats. Aquest projecte no entrarà a analitzar ni aquest receptor ni

qualsevol altre ja que tots han de respondre de forma similar. El que si direm, després de les proves al laboratori, és que a la pràctica les deltes que suposadament s'haurien d'obtenir realment no s'obtenen, però el que si que s'obté, i que ben mirat és un avantatge, són unes formes d'ona sinusoidals decreixents amb una amplitud proporcional a la diferència de fase del senyal modulad.



FILTRE

Aquesta etapa ha sigut remodelada totalment. La seva funció és la de recuperar el senyal demodulat de l'emissora i filtrar-lo per obtenir únicament la seva component d'1 Khz per poder rectificar-la i comparar-la amb el rellotge, generat pel microcontrolador.

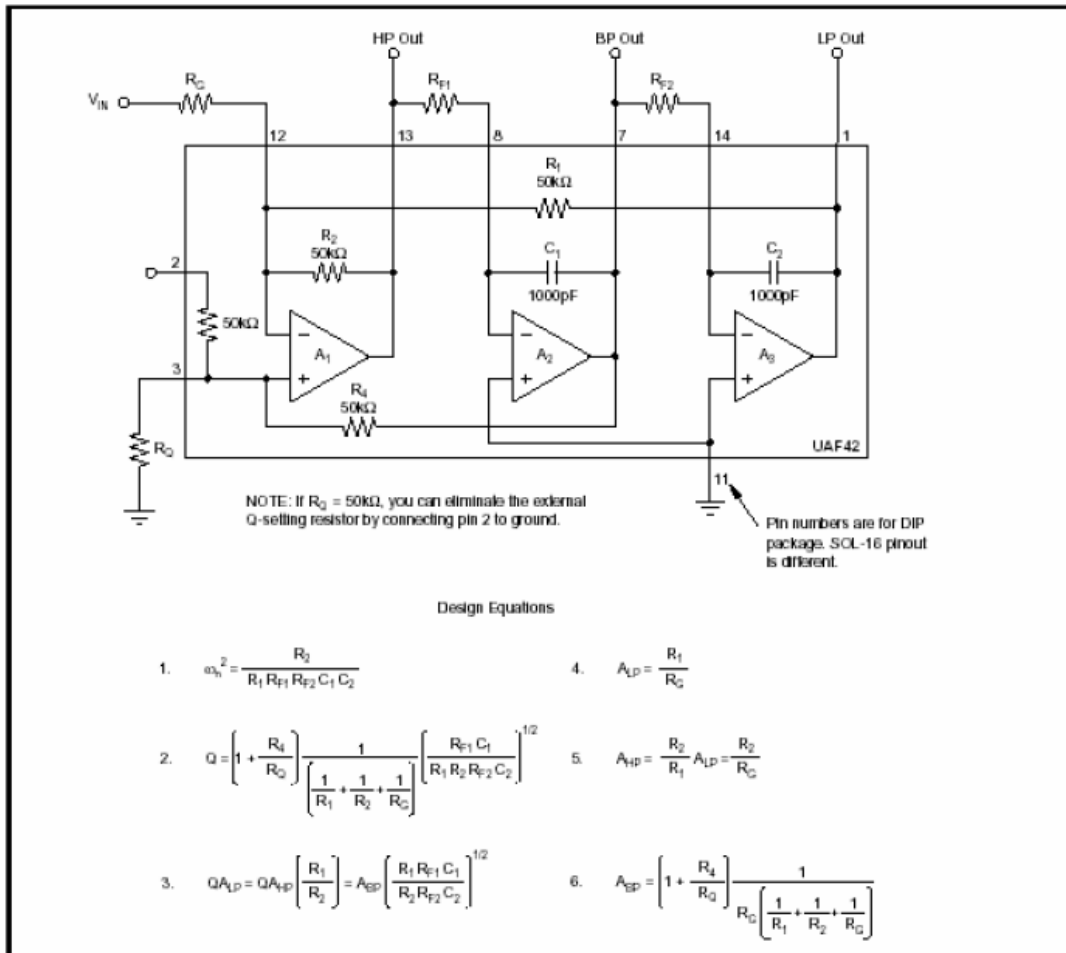
L'UAF42AP

Aquest integrat de la casa Burr-Brown va ser l'escollit per utilitzar en el primer prototip del radiolocalitzador. Una de les raons que van motivar aquesta primera elecció va ser el coneixement previ que es tenia sobre aquest gràcies a que era l'element clau en una de les pràctiques de l'assignatura d'anàlisi de circuits II que forma part de la titulació d'enginyer tècnic en telecomunicacions, especialitat en sistemes electrònics que s'imparteix en aquesta mateixa universitat. En aquesta pràctica ja s'utilitzava per la seva gran versatilitat i per la facilitat amb la que permetia la implementació de filtres actius amb unes prestacions molt bones.

Avantatges i desavantatges

L'anomenat filtre actiu universal és un integrat que ve encapsulat en un DIP de 14 pins. Pot ser configurat de diferents formes per tal d'obtenir filtres actius pas banda, pas baix, pas alt i banda eliminada amb uns factors de qualitat molt elevats. Segons les especificacions tècniques que ens facilita el fabricant aquest Q pot arribar a un valor de 400 i el producte de la freqüència per Q pot arribar a 500 Khz. Això es pot considerar un avantatge alhora de filtrar els harmònics més propers del senyal d'1 khz, però, com es veurà més endavant, l'UAF42 presentava certs inconvenients que van ser decisius per plantejar-se substituir-lo per un altre circuit.

Està format per quatre operacionals, tres d'ells que realment s'utilitzen per les tasques de filtrat i un quart amplificador operacional inversor opcional. En el següent esquema podem apreciar una de les possibles configuracions:



Aquests quatre operacionals tenen la necessitat d'ésser alimentats simètricament amb un voltatge comprès entre un mínim de $\pm 6V$ i un màxim de $\pm 18V$, amb un voltatge de treball recomanat pel fabricant de ± 15 volts. Aquesta necessitat es va convertir en un clar inconvenient ja que la tensió d'alimentació més baixa obligava a haver d'utilitzar una pila o bateria d'almenys 12V.

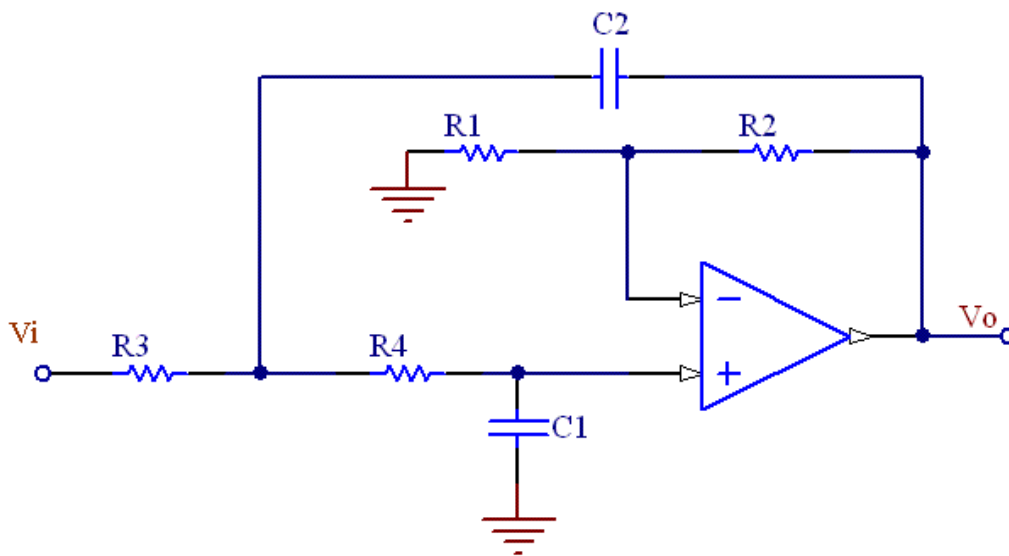
Per altra banda, la versatilitat d'aquest component, que com ja s'ha esmentat pot ser apropiada per utilitzar-lo en la docència, ens va acabar de convèncer per intentar aconseguir un filtre pas banda prescindint d'aquest integrat. Aquesta versatilitat, no és que representés un inconvenient en si

mateixa però per la nostra aplicació era innecessari comptar amb la possibilitat d'obtenir tres tipus de filtres diferents quan només en necessitàvem un i a més , per aconseguir-ho es necessitaven tres operacionals.

Filtre Pas Banda amb un operacional

L'alimentació, les dimensions de l'integrat (DIP 14), i l'evident desaprofitament del filtre universal UAF42AP van acabar per inclinar la balança a favor de dissenyar un filtre específic per la nostra aplicació.

Gràcies als coneixements adquirits a electrònica analògica i a anàlisi de circuits II es va pensar en dissenyar un filtre actiu amb un sol operacional, de segon ordre com a mínim. A més havia de ser un filtre que permetés aconseguir un factor de qualitat mínim de 10. D'entre les diferents possibilitats es van escollir dos dissenys. La primera opció va ser el filtre actiu Sallen-Key.

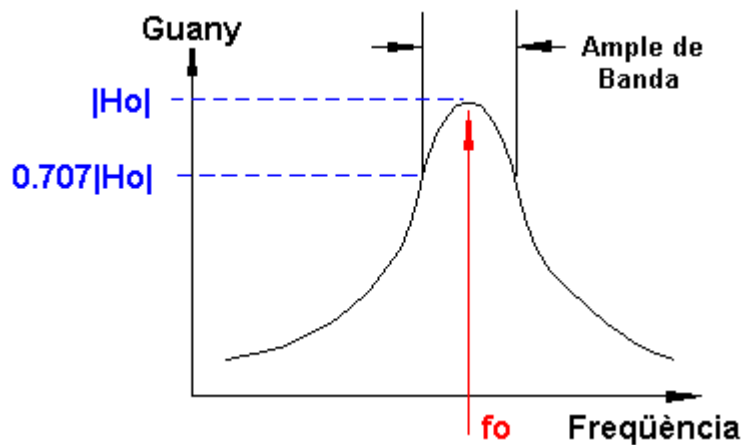
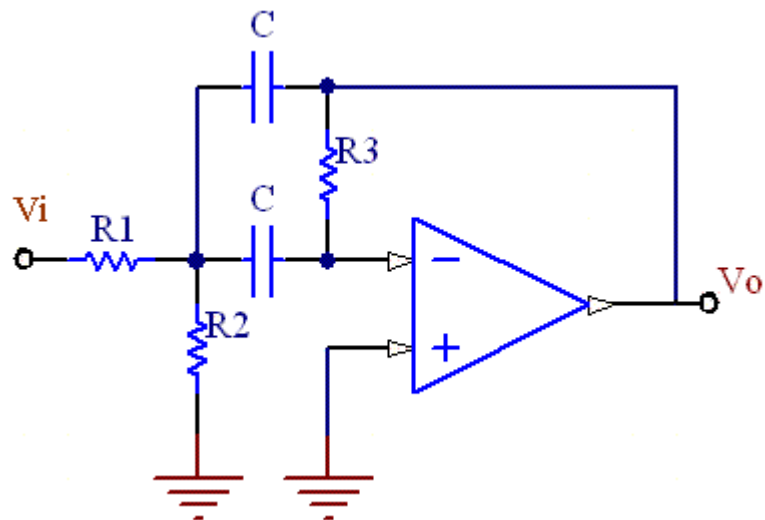


Un cop provat al laboratori en una placa protoboard es va arribar a la conclusió de no utilitzar-lo ja que presentava una certa dificultat alhora d'ajustar-lo i això feia necessari l'ús de potenciòmetres amb una certa precisió i a més a més no es podien aconseguir valors de Q gaire elevats sense córrer el risc d'instabilitzar-lo.

La segona opció va ser el filtre que presentem a continuació i després de provar-lo al laboratori, es va decidir utilitzar-lo ja que no presentava els

inconvenients de la primera opció. El valor de Q es va escollir de forma empírica i es va veure que amb un valor de 10 era suficient per al correcte funcionament del sistema.

L'esquema del filtre és el següent:



$$H(s) = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-R_3Cs}{RR_3C^2s^2 + 2RCs + 1}$$

Característiques:

Freqüència central 1 Khz

Factor de qualitat de 10

Ample de banda 100 hz

Guany 10

Valor dels elements:

$C = 10 \text{ nF}$

$R1 = 16 \text{ Kohms}$

$R2 = 838 \text{ ohms}$

$R3 = 318 \text{ kohms}$

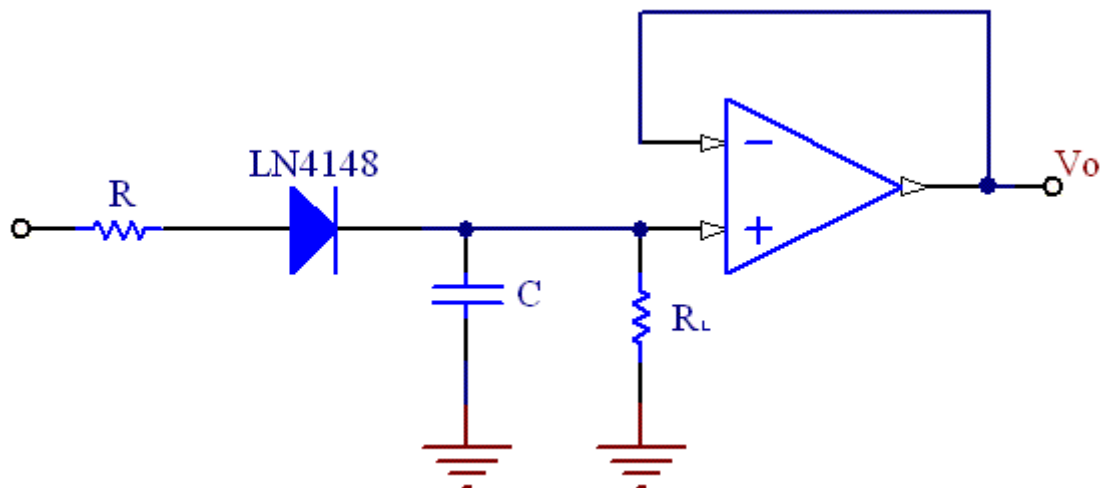
RECTIFICADOR

La seva funció és la de convertir un senyal sinusoidal, sense component de contínua, en un senyal constant que permeti seguir les variacions d'amplitud amb una certa fidelitat per tal de poder quantificar posteriorment el seu nivell amb un microcontrolador.

S'ha de tenir en compte que aquestes variacions d'amplitud serviran per poder determinar quan s'està detectant un mínim en la recepció del senyal UHF a localitzar i també s'ha de pensar que qui es beneficiarà d'aquest rectificat serà una persona a través d'uns leds. Això implica dues coses. Per una banda, el mínim no podrà ser mai el zero absolut de tensió ja que degut a les no idealitats del conjunt sempre tindrem un mínim de soroll i que el llindar que s'haurà de fixar com a autèntic mínim es podrà variar segons el nivell de precisió que es vulgui i per l'altra, el senyal a rectificar és un senyal d'1 khz que variarà en amplitud en funció de les oscil·lacions del braç o del canell de la persona que porti el radiolocalitzador i que no cal que segueixi aquestes

variacions d'amplitud amb una velocitat molt més gran de la que qualsevol persona seria capaç de percebre.

Amb aquestes especificacions el circuit que es va utilitzar per satisfer aquestes necessitats va ser aquest:

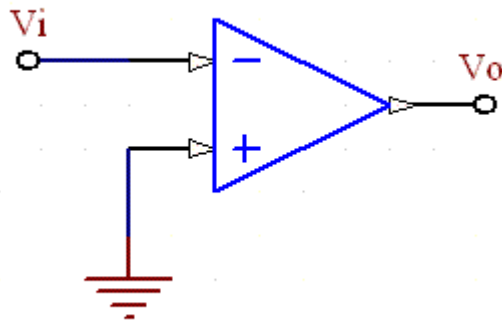


El diode utilitzat és un diode de silici model ln4148 amb una tensió llindar de 0,7 volts. La constant de temps és $\tau = R_f \cdot C = 100k\Omega \cdot 0.1\mu F = 0.01s$ i la freqüència del senyal rectificat 1Khz.

El seguidor de tensió s'ha inclòs per no alterar el procés d'adquisició de dades del convertidor analògic/digital del PIC.

COMPARADOR

Seguint els criteris d'optimització i de mínimes dimensions (sempre sense arribar a haver d'utilitzar components smd) per realitzar la conversió del senyal d'audio analògic a un senyal digital és va optar per dissenyar el comparador amb un amplificador operacional.



El funcionament del circuit és molt simple. El que fa l'operacional és comparar el senyal d'audio d'entrada a la pota $V+$ amb el zero de $V-$, si aquest és major: la sortida se satura positivament i sinó se satura negativament obtenint així un senyal quadrat amb exactament la mateixa freqüència que el senyal d'entrada.

A més del comparador, s'ha afegit un diode en inversa a la sortida de l'amplificador operacional per limitar les tensions negatives i així convertir el senyal de $\pm V_{\text{saturació}}$ a $+V_{\text{saturació}}$ i $-V_{\text{llindar}}$ del diode i així obtenir un senyal amb uns nivells que posteriorment podran interpretar-se pel PIC com un 1 o un 0 lògics.

TL084

Com que el filtre i les etapes de rectificació i comparació del senyal d'audio necessiten l'ús de tres amplificadors s'ha considerat oportú incloure l'integrat que té el mateix nom que aquest apartat per tal de compactar i així estalviar espai en el disseny del circuit del radiolocalitzador.

MICROCONTROLADOR

En el mercat existeixen una gran quantitat de microcontroladors que abarquen un ampli ventall de necessitats. Gràcies a aquesta amplia oferta es va poder escollir un microcontrolador el més específic possible per a aquesta aplicació. Les característiques principals que havia de reunir el microcontrolador es poden resumir en cinc:

En primer lloc havia de tenir un conversor analògic digital que permetés processar el senyal de sortida del rectificador.

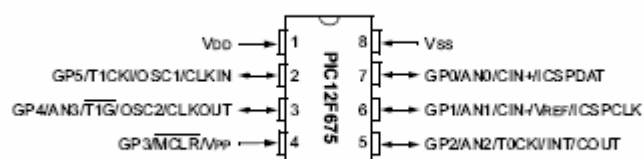
En segon lloc havia de tenir almenys un temporitzador capaç de generar un senyal de rellotge d'un kilohertz.

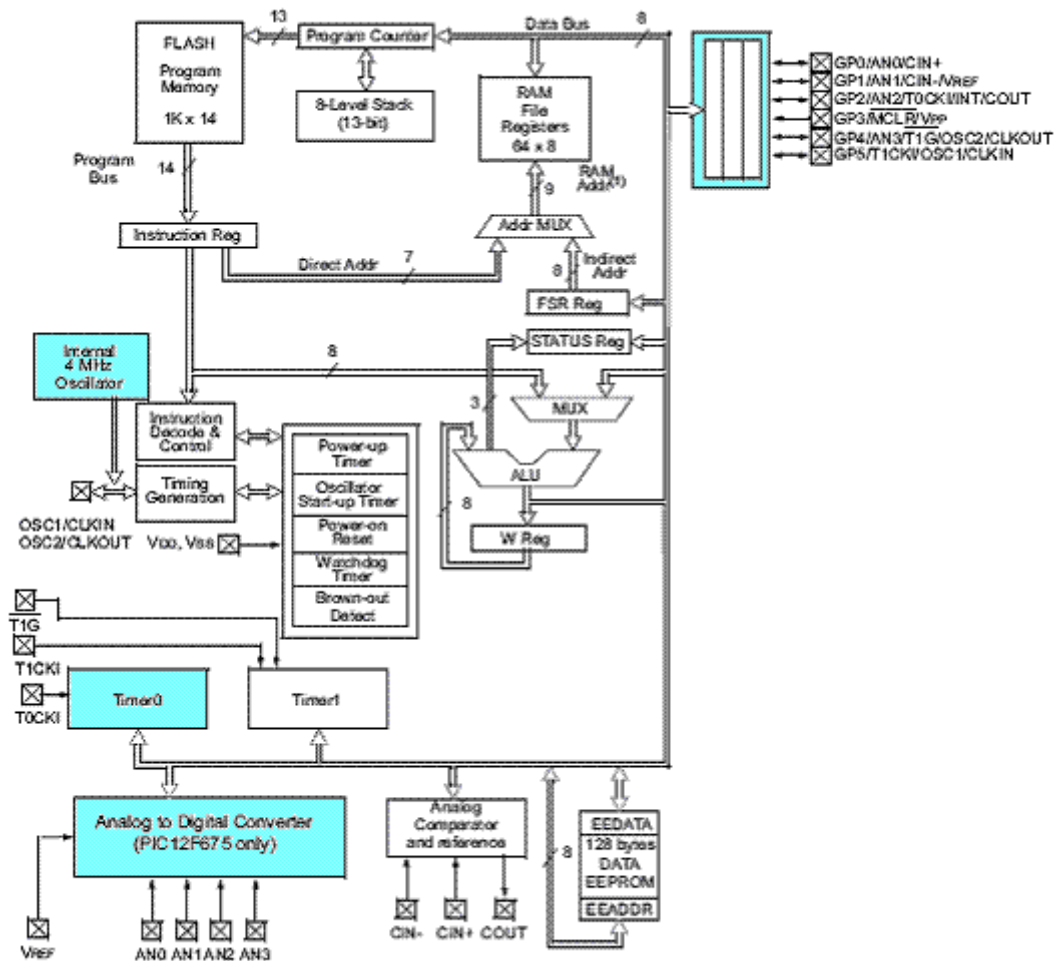
Com a tercer requeriment havia de tenir una entrada digital que captés el senyal provinent del comparador i permetés la seva comparació amb el senyal de rellotge creat per ell mateix.

Havia de tenir també tres sortides digitals per actuar sobre els tres leds que actuarien com a interfície per l'usuari.

I com a últim requeriment important, havia de ser el més petit possible o el que és el mateix havia de permetre tots els requeriments anteriors amb la màxima eficiència. Entenent com a eficient un PIC que implementés el mínim d'elements innecessaris per la nostra aplicació, començant pel nombre de pins d'aquest.

L'elecció final va ser el PIC 12F675 de la casa microchip technology. Aquest microcontrolador té una memòria flash, es basa en la tecnologia CMOS i ve en un encapsulat DIP de 8 pins.





Del diagrama de blocs cal destacar, entre d'altres, la presència de l'oscil.lador intern de 4Mhz que possibilita el control seqüencial del microcontrolador sense la necessitat d'haver de fer us d'un oscil.lador de quars extern cosa que augmentaria el nombre de pins necessari en el microcontrolador i per tant el tamany del muntatge final.

També es pot observar la presència del convertor AD, dels dos temporitzadors i dels pins GP0..GP5 que formen el port d'entrada/sortida per permetre la comunicació amb l'exterior.

Configuració del PIC

En aquest tipus de microcontroladors existeixen una sèrie de registres, anomenats Registres de Funció Especials o SFR (de les inicials en anglès), que serveixen per controlar les diferents funcions de l'unitat.

La memòria de l'unitat està dividida en dos blocs o bancs i les 32 primeres posicions d'aquests bancs estan reservades per als Registres de Funció Especials. Mitjançant l'escriptura d'aquests registres és com l'usuari controla la unitat, i a través de la lectura pot obtenir informació del seu estat o de la seva configuració.

Els registres més importants amb els que s'ha treballat per tal de programar el PIC són els següents:

STATUS. Registre d'estat

Aquest registre conté informació sobre l'estat de l'unitat aritmètica lògica, sobre la situació actual del PIC i conté els dos bits mitjançant els quals es pot accedir a un dels dos bancs i així poder actuar sobre els registres de funció especials que calgui.

OPTION_REG. Registre d'Opcions de configuració

Conté diferents bits de configuració del microcontrolador. A destacar el bit nº 5 que determina la font a partir de la qual s'incrementarà el Timer0 i els bits <2:0> que fixen el valor del prescaler.

La font que incrementarà el valor del timer0 pot ser un rellotge extern o el mateix rellotge intern del PIC que regula el cicle d'instrucció.

L'anomenat prescaler és un divisor de freqüència que actua sobre la freqüència dels cicles d'instrucció del PIC. Sense la intervenció del prescaler, la freqüència d'un cicle d'instrucció és igual a la freqüència d'oscil·lació del microcontrolador dividida per quatre.

INTCON. Registre d'interrupcions

Llegint el valor d'alguns dels bits d'aquest registre podem detectar si s'ha produït una interrupció en el timer0, en el port d'entrada/sortida... La resta de bits poden ser escrits per habilitar o deshabilitar algunes interrupcions.

TMR0. Registre del Timer0

Aquest registre tant pot ser llegit com escrit. Està format com tots els altres registres per 8 bits. Normalment s'utilitza com a comptador o com a rellotge, a partir de l'oscil.lador intern del mateix PIC o gracies a un rellotge extern. Com ja s'ha esmentat, el timer0 pot configurar-se per incrementar el seu valor en un cada cicle d'instrucció i té la particularitat de que al desbordar-se per d'alt (quan passa del valor hexadecimal FF al 00) produeix una interrupció que pot ser llegida en el bit numero 5 del registre de configuració d'interrupcions, també anomenat INTCON. Mitjançant la configuració del prescaler i regulant el numero de cicles d'instrucció que s'hauran de produir abans que s'activi aquest bit d'interrupció es pot programar aquest timer0 perquè generi el senyal de rellotge d'1 khz necessari per governar el commutador.

Senyal d'1 Khz

El senyal de rellotge el podem veure com un senyal que cada 0.5 ms actuarà sobre el pin número 2 (corresponent al GP5) del microcontrolador i canviarà el seu estat (passarà de nivell alt a nivell baix, o a la inversa). És per mesurar aquest període de temps que utilitzem el Timer0 i ho fem carregant un valor determinat en el seu registre per tal que produeixi una interrupció exactament cada 0.5 ms.

$$\frac{T_{1Khz}}{2} = (256 - N) \cdot V_{prescaler} \cdot 4 \cdot T_{oscil.lador}$$

$$\frac{0.001s}{2} = (256 - N) \cdot 2 \cdot 4 \cdot (4 \cdot 10^6 \text{ Hz}) \Rightarrow N = 6 \text{ (valor a carregar en TMR0)}$$

T_{1Khz} = Període del senyal d'un kilohertz (senyal de rellotge a generar)

$V_{prescaler}$ = Valor del prescaler (configurat a partir del OPTION_REG)

$T_{oscil.lador}$ = Període de l'oscil.lador que regula el microcontrolador

GPIO. Registre del Port d'entrada/sortida

Amb aquest registre es pot llegir l'estat dels pins <GP0:GP5> si han estat configurats com a entrades, o es pot escriure un 0 o un 1 lògics si s'han configurat com a sortides digitals.

TRISIO. Registre de control dels buffers Tristate del port d'entrada/sortida

Aquest registre és el que determina si la pota o pin associat a un dels ports d'entrada/sortida (anomenades GP0:GP5) serà configurat només com a pota d'entrada o com a pota de sortida, els dos casos no es poden donar alhora.

CMCON. Registre de configuració del comparador analògic

Segons la configuració d'aquest registre podem assignar els pins 5, 6 i 7 al comparador analògic del PIC o els podem configurar com a entrades/sortides analògiques o digitals (veure la pag.37 del datasheet del microcontrolador).

En la nostra aplicació aquests pins s'han configurat com a sortides digitals per poder actuar sobre els tres leds que formen l'interfície.

ADCON0. Registre de configuració del convertidor analògic-digital

Amb aquest registre es pot fer, entre d'altres coses, iniciar la conversió analògica-digital, seleccionar el pin d'entrada per al que es realitzarà la conversió o veure si ja ha acabat aquesta conversió.

ANSEL. Registre de selecció del conversor AD

Aquest registre s'encarrega de configurar el rellotge de conversió. Aquest rellotge és el que determina el temps d'adquisició necessari per una correcta conversió. També serveix per configurar el pin d'entrada al conversor com una entrada analògica.

CODI FONT EN ENSAMBLADOR

```
BANK0 macro ;Subprograma per saltar al banc 0
    bcf STATUS,RP0
    endm
BANK1 macro ;Subprograma per saltar al banc 1
    bsf STATUS,RP0
    endm
SAVE macro ;Subprograma per guardar el valor dels registres
    movwf W_temp ;més importants quan es produeixi una interrupció
    swapf STATUS,W
    movwf STATUS_temp
    movf FSR,W
    movwf FSR_temp
    bcf STATUS,RP0 ;Asseguro que en entrar en les interrupcions
    bcf STATUS,RP1 ;estic al BANK0
    endm
RECU macro ;Subprograma per recuperar el valor dels registres
    movf FSR_temp,W ;clau quan sortim d'atendre una interrupció
    movwf FSR
    swapf STATUS_temp,W
    movwf STATUS
    swapf W_temp,F
    swapf W_temp,W
    endm
```

```
*****
;
list p=12f675
#include <p12f675.inc>

__CONFIG _CP_OFF & _CPD_OFF & _BODEN_OFF & _MCLRE_OFF & _WDT_OFF &
_PWRTE_ON & _INTRC_OSC_NOCLKOUT ;Bits de configuració del PIC
*****
```

;variables per salvar l'estat en les interrupcions

```
W_temp EQU .42
STATUS_temp EQU .43
FSR_temp EQU .44
```

; registres

```
s_leds EQU .40 ;Adreça del registre que utilitzarem per guardar
```

```

contador      EQU      .41      ;l'estat dels leds
;Adreça del registre utilitzat com a contador per
;el cilce dels leds

;literals
tmr0          EQU      .6      ; 256-6=>250*8*4/Fosc=2e-3s=>500 Hz
pre           EQU      .0      ; Prescaler 8
clk           EQU      .5      ; El pin del senyal de clock d'1khz l'assignem al GP5
convert       EQU      .4
lon           EQU      .1      ;variables per disminuir el rendiment del cicle dels leds i
loff          EQU      .50     ;consumir només un 5% del que consumirem

```

```

.*****
;
org          ;Adreça del vector de reset
goto inicio  ;Saltem a l'inici del programa
org          0x04      ; Adreça del vector d'interrupcions

SAVE
goto rsi     ;Saltem a la rutina de servei d'interrupcions

surt_int
RECU
retfie

call 0x3FF   ;Instruccions per calibrar l'oscil.lador intern del PIC
BANK1
movwf OSCCAL
BANK0

BANK1
movlw pre
movwf OPTION_REG ;Configurem el prescaler mitjançant el registre d'opcions
BANK0
clrf GPIO
movlw B'111'
movwf CMCON      ;Configurem els pins GP0:GP2 com a sortides digitals
BANK1
movlw b'00011000' ;Seleccionem 8Tos per la freq de conversió AD, i la
AN3=GP4 com a entrada analògica

movwf ANSEL
movlw b'00011000' ; Tot sortides menys GP4 que serà una entrada
analògica i GP3 que serà el comparador

movwf TRISIO
BANK0
movlw b'00001101' ; Configuració del convertor:
;Justificat esquerra (ADRESH <9:2>)
movwf ADCON0      ;Vdd com a tensió de referència
; Engegem el convertor A/D

movlw tmr0
movwf TMR0        ;Carreguem el valor al timer0 per generar el
;senyal de clock d'1khz

bsf INTCON,T0IE   ;Habilitem l'interrupció del timer0
bsf INTCON,GIE    ; i les interrupcions globals

```

; PROGRAMA PRINCIPAL

; variació del rendiment de cicle dels leds*****

```

ledsON
btfsc s_leds,0   ;Mirem el registre d'estat dels leds
bsf GPIO,0       ; i els encenem si cal

```

```

    btfsc    s_leds,1
    bsf      GPIO,1
    btfsc    s_leds,2
    bsf      GPIO,2

    movlw    lon
    movwf    contador

bucle
    decfsz   contador,1      ;Aquest bucle serveix per controlar el temps que els
    goto     bucle           ; leds estaran encesos

ledsOFF
    bcf      GPIO,0 ;Apaguem els tres leds perquè no consumeixin tant
    bcf      GPIO,1
    bcf      GPIO,2;

    movlw    loff
    movwf    contador

bucle2
    decfsz   contador,1 ;Bucle per allargar en el temps l'estat en OFF dels
    goto     bucle2      ;leds
    goto     ledsON

.*****
;INTERRUPCIÓ
;TMR0
rsi
    btfss    INTCON,T0IF ;Comprovem si la interrupció és del timer0
    goto    surt_int

    movlw    tmr0        ;Carreguem de nou el valor del timer0
    movwf    TMR0        ; per generar el senyal del clock
    bcf      INTCON,T0IF
    btfss    GPIO,clk    ;Mirem l'estat del clock, si està a nivell baix
    goto     alt         ;el posem en alt (o a la inversa)

baix
    bcf      GPIO,clk
    btfss    GPIO,4      ;Comparem el clock amb el senyal de sortida del
    goto     encen0      ; comparador per encendre un dels 2 leds laterals
    goto     encen2      ;

rencen
    btfss    ADCON0,1    ; Mirem si ha acabat la conversió (si el bit
                        ; ADCON0<1>=go/'done està a 0)
    bsf      ADCON0,1    ; Si ha acabat posem a 1 aquest bit per dir-li que torni a
                        ;començar
    goto    surt_int

encen0
    bcf      s_leds,2    ;Actualitzem el valor del registre d'estat dels leds
    bsf      s_leds,0
    goto     rencen

encen2
    bcf      s_leds,0
    bsf      s_leds,2
    goto     rencen

```

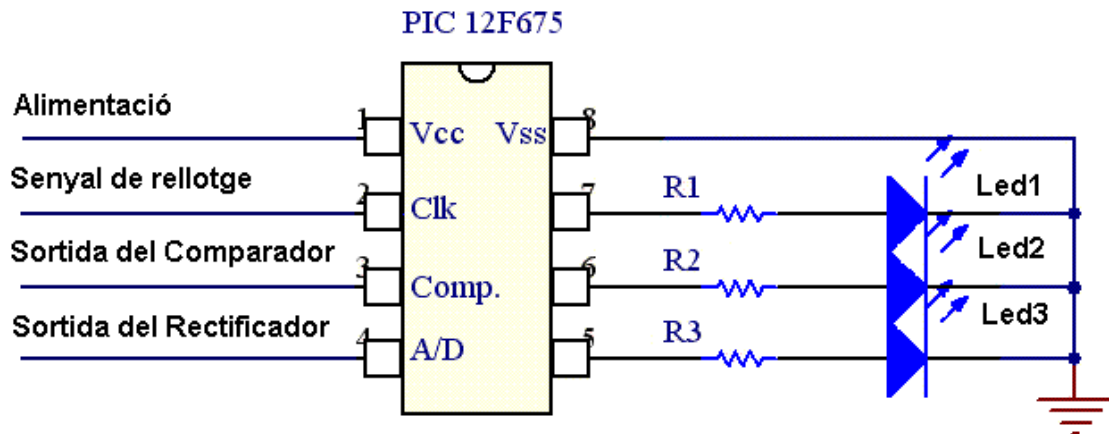
alt

```
bsf      GPIO,clk
bcf      STATUS,C
movf    ADRESH,0
sublw   b'01000000' ; Si la tensió és menor que 1,25 V encenc el led central
bcf      s_leds,1
btfsc   STATUS,C
bsf      s_leds,1

goto    surt_int

END ; Final del programa
```

ESQUEMA DEL PIC



INTERFÍCIE

L'última etapa del sistema és l'encarregada de transmetre de forma visual la informació de la direcció del transmissor. Aquesta funció la realitza a partir de tres leds. Dos leds laterals per indicar cap on s'ha de girar per arribar a localitzar el transmissor i un de central per indicar que aquesta localització s'ha produït. Com podem veure en la següent fotografia aquests tres leds s'han muntat sobre la caixa de pvc que conté el circuit i l'alimentació de tot el sistema. I aquesta caixa s'ha col.locat en la part central del suport de les antenes perquè d'aquesta forma es redueix al màxim la llargada dels cables coaxials encarregats de transmetre al commutador el senyal de les antenes (i així es minimitzen les pèrdues), i també perquè d'aquesta forma els leds són fàcilment visibles per l'usuari.



ALIMENTACIÓ

Un dels objectius d'aquest projecte fa referència directa a aquest apartat. D'entrada es va proposar que tot el sistema s'alimentés amb una única pila, de valor el més baix possible. Al mercat existeixen diferents tipus de piles amb unes dimensions, un voltatge i una capacitat que abarquen un ampli ventall de necessitats. Però hem de dir que des d'un principi es van descartar totes aquelles piles que encara que molt eficients i d'unes dimensions molt reduïdes, no fossin de les que es poden trobar en qualsevol establiment d'electrodomèstics, benzinera o supermercat.

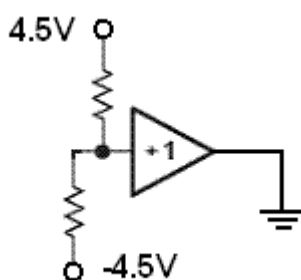
En el projecte anterior el prototip de radiolocalitzador VHF s'alimentava amb una bateria de $\pm 12V$ i a més tenia unes dimensions que la feien molt poc portable. Per aquest projecte, ja des d'un principi es va plantejar la possibilitat de treballar només amb una pila de 9V tipus MN1604. Aquesta elecció va condicionar totalment el disseny del radiolocalitzador.

La primera dificultat que va aparèixer pel fet de treballar amb un voltatge fix, va ser la de resoldre la necessitat de poder comptar amb una tensió simètrica. Cal aclarir que de no poder resoldre aquest problema es podria

dissenyar igualment el radiolocalitzador però també considerem que el comptar amb l'alimentació simètrica facilita el processat del senyal d'audio que s'obté a la sortida del demodulador ja que recordem que aquest és simètric.

En el mercat existeixen uns circuits anomenats simetritzadors que a partir d'un voltatge d'entrada són capaços de dividir-lo en dos i proporcionar una tensió positiva i una negativa referenciades a una massa que també proporciona el simetritzador.

Per aquest projecte s'ha utilitzar el simetritzador TLE2426 fabricat per Texas Instruments. Les característiques més destacables d'aquest simetritzador són el seu baix consum amb un màxim de 300 microampers que normalment no supera els 170, un corrent típic de sortida de 20 mA, un arriat màxim de 230 microvolts (entregant 20 mA) i les seves reduïdes dimensions.



Amb aquest simetritzador podiem convertir els 9 volts de la pila a ± 4.5 volts. És aquí on va aparèixer una nova dificultat que unida a d'altres aspectes menys importants va motivar el fet d'haver de canviar el filtre universal i plantejar-se el dissenyar un filtre a mida pel radiolocalitzador. Recordem que la tensió mínima de treball per al UAF42 és de $\pm 6V$, un volt i mig per sobre del màxim disponible.

L'alimentació dels altres elements del circuit podem dir que no va presentar cap problema en quant a nivells de tensió però si que es va haver de tenir cura d'utilitzar components que consumissin poc ja que el simetritzador només era capaç d'entregar al circuit un màxim de 20 mA.

En la taula següent es poden veure les tensions de treball dels diferents components del circuit:

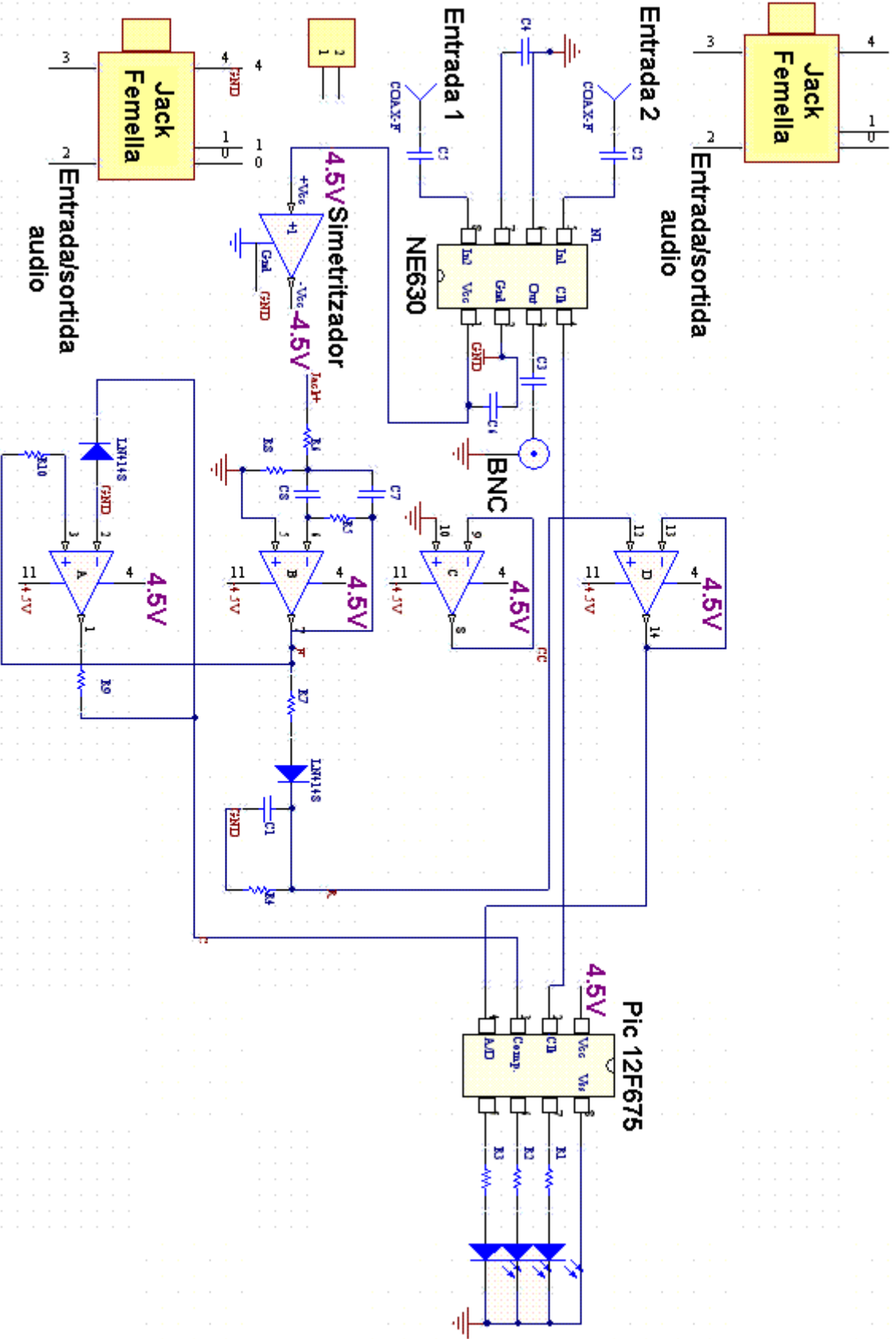
	Tensió d'alimentació (Volts)		
	<i>Mínim</i>	<i>Típic</i>	<i>Màxim</i>
Microcontrolador	2.5		5.5
Commutador	-0.5		5.5
Comparador		± 4.5	
Rectificador		± 4.5	
Filtre BP		± 4.5	

Tal com es pot veure, tots treballen o poden treballar amb la tensió simètrica ± 4.5 V.

ESQUEMA DEL CIRCUIT

En aquest apartat presentem el disseny esquemàtic de tot el circuit. En l'esquema podem veure com s'han interconnectat els diferents elements.

Aquí podem veure alguns elements que no s'han esmentat fins ara com són el connector mascle BNC de la sortida del commutador. Aquest connector és el que s'utilitza per transmetre el senyal modulad en fase al receptor FM, mitjançant un cable RG-59. També es poden veure les dues femelles de jack situades simètricament i connectades en paral·lel. Una d'aquestes femelles es pot utilitzar per recuperar el senyal d'audio procedent del demodulador FM i introduir-lo en el filtre pas banda per continuar amb el processament del senyal. Mentre que l'altra, es pot utilitzar per escoltar aquest senyal d'audio a través d'uns auriculars i poder complementar la informació que ens arriba a través de la vista amb la informació auditiva.

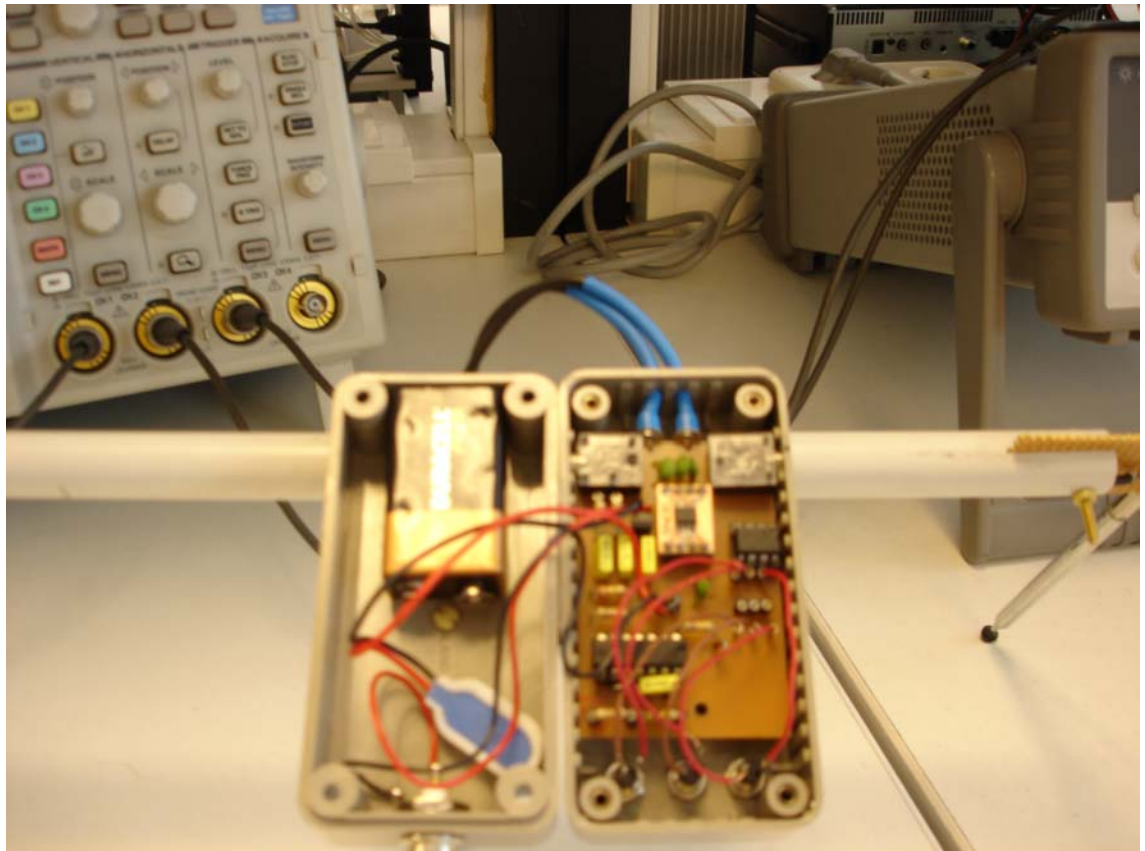


PCB

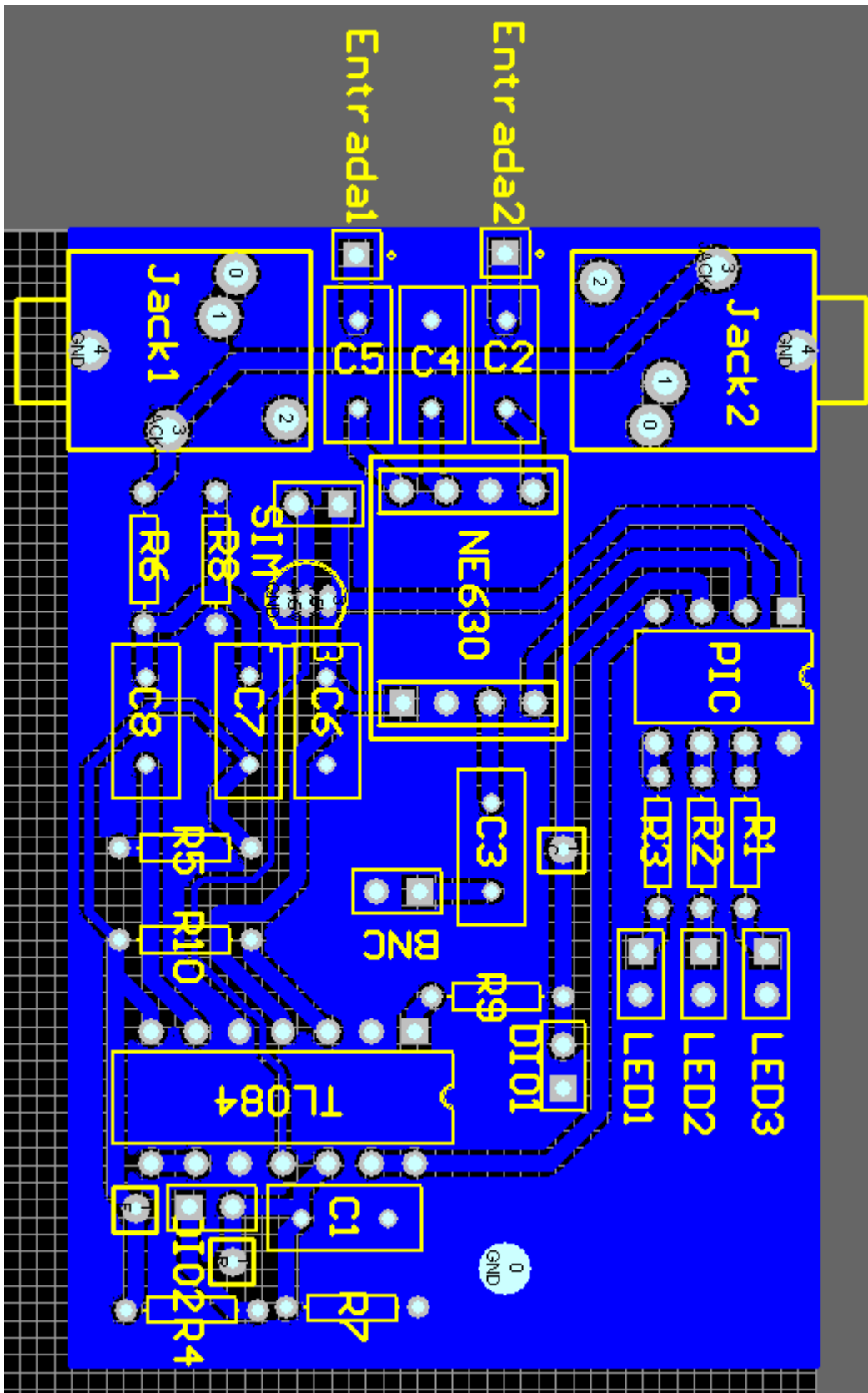
Tant l'esquema del disseny com la placa PCB s'han fet amb el programa de disseny electrònic Protel DXP 2004 de la casa Altium. Aquest programa permet, entre d'altres, treballar paral·lelament en el disseny de l'esquema simbòlic del circuit i el disseny de la placa PCB d'una forma altament intuïtiva. Un cop finalitzats es capaç de crear una sèrie d'arxius, amb la informació física del circuit, que seran interpretats per una fresadora automàtica que connectada a l'ordinador crearà la placa PCB.

La placa s'ha dissenyat sobre una sola cara i com a particularitat destacable podem dir que els terres s'han connectats a partir d'un plà de massa.

Per acabar, cal destacar també que no existien ni els esquemes ni els corresponents "footprints" d'alguns dels elements del circuit com són l'integrat NE630, el PIC12F675, el simetritzador i les femelles jack i que s'han hagut de crear per tal de poder realitzar el disseny de la placa cosa que ha fet necessari un coneixement ampli del programa.



El layout utilitzat per crear la placa de la fotografia és el següent:



MILLORES

Un cop acabat el disseny de la placa es van fer les proves de camp per verificar el correcte funcionament del sistema. Les proves van consistir en intentar localitzar la direcció d'un transmissor-receptor VHF, primer, i UHF després en un espai obert (per evitar possibles rebots que podrien confondre el sistema). La resposta del radiolocalitzador va ser l'esperada, els leds laterals indicaven la direcció en la que havíem de girar les antenes per trobar el transmissor i el led central s'encenia quan el localitzàvem.

El radiolocalitzador proposat feia el que havia de fer, però evidentment hi havia alguns aspectes que encara es podien millorar, com per exemple el fet d'incloure funcionalitats extres que aportarien un valor afegit al conjunt. Alguns d'aquests aspectes els tractem a continuació:

Alimentació

En aquest apartat es podrien incloure dues millores. La primera podria ser la de poder alimentar el receptor-transmissor encarregat de la demodulació amb la mateixa pila de 9 volts que utilitzem per alimentar el circuit radiolocalitzador. Això entre d'altres coses permetria el poder prescindir de les bateries de l'emissora cosa que reduiria el pes del conjunt i afegiria versatilitat al sistema. La segona millora que es podria incloure és la de permetre que tot el conjunt (inclòs el demodulador) es pogués alimentar a partir d'una font d'alimentació externa cosa que ens podria permetre continuar amb la localització d'un senyal encara que se'ns esgotés la pila de 9V).

Interfície

Tot i que es tracta d'una interfície que es pot considerar de senzilla hem de dir que és suficient per la funció que ha de desenvolupar i que encara podria aportar-nos més informació.

L'encarregat de controlar aquesta interfície és un microcontrolador que tot i que ja està bastant ocupat encara disposa d'un segon timer que podíem

utilitzar per millorar el nostre radiolocalitzador. La millora consistiria en fer que els leds s'iluminessin de forma intermitent i que aquestes intermitències anessin disminuint de freqüència a mesura que el desfasament del senyal modulat anés augmentant. D'aquesta forma a partir de la velocitat de les intermitències dels leds podríem deduir el fet d'estar propers a la localització del transmissor (intermitències de freqüència elevada) o allunyats (intermitències de baixa freqüència).

Rectificador

En aquesta etapa s'ha considerat com una millora la possibilitat d'implementar el rectificador de mitja ona amb algun circuit que evites la caiguda de tensió deguda al diode. Amb això disposaríem d'un rang de tensions mes ampli a la sortida del rectificador i així obtindríem una millor quantificació del nivell de tensió d'aquest senyal. Cosa que es podria aprofitar per actuar sobre les intermitències dels leds a les que ens referíem en l'apartat anterior

CONCLUSIONS

Amb aquest projecte hem creat un radiolocalitzador basat en el retard en la commutació d'antenes capaç d'operar en la banda de freqüències d'UHF. En el transcurs d'aquest projecte s'han estudiat per separat i en detall cada un dels diferents elements que integren el circuit i podem afirmar que cada un d'ells realitza la seva tasca de forma eficient, tot i que com ja hem vist hi ha alguns aspectes que es poden acabar d'optimitzar. El radiolocalitzador que hem creat és un radiolocalitzador que podem classificar com a genèric. Ha estat dissenyat seguint uns criteris d'eficiència en l'us dels diferents recursos disponibles (espai, alimentació, components...) i de portabilitat de mínims però sense pensar en cap aplicació en concret (dins de l'àmbit de la radiolocalització). Com a conseqüència d'això totes les conclusions que podem extreure són relatives.

Les antenes són les encarregades de rebre el senyal del transmissor que haurem de localitzar. Hem vist com a mesura que augmentem la separació entre elles augmenta la precisió del sistema però també augmenta la incertesa. Per tant, per una aplicació concreta, la separació entre antenes hauria de ser un factor a tenir molt en compte.

En quant al commutador hem vist com es tracta d'una de les peces claus del sistema. És l'encarregat de modular el senyal rebut per les antenes. Degut a les seves característiques el podem utilitzar tant per treballar en la banda VHF com en la banda UHF però ja no seria apte per treballar amb freqüències superiors a un Gigahertz.

Com a demodulador en aquest projecte s'han utilitzat dos receptors-transmissors comercials que tenen una resposta totalment desitjable per al nostre radiolocalitzador però que depenent de les nostres necessitats els podríem arribar a substituir per un circuit més concret que únicament realitzi la tasca de demodulació sense carregar amb tot el conjunt de possibilitats que inclouen els receptors-transmissors.

Les etapes de filtrat i rectificació s'han dissenyat expressament per processar un senyal d'1Khz. L'elecció d'aquesta freqüència s'ha fet pensant en l'obtenció d'un to de freqüència audible per l'oida humana que a més fos agradable. Però no existeix cap raó que impedeixi treballar amb qualsevol freqüència dins l'espectre audible de l'usuari del radiolocalitzador. Només caldria variar la freqüència de commutació generada per el pic, la freqüència central del filtre i la constant de temps del rectificador.

En quant al pic podem afirmar que l'utilitzem de forma molt eficient ja que pràcticament utilitzem tots els seus recursos, a excepció del timer1 i el comparador intern però que amb més temps s'hagués pogut arribar a implementar les millores proposades en l'apartat anterior aconseguint així un rendiment encara major.

La interfície es pot considerar com la part més senzilla del conjunt (només està formada per tres leds) però no obstant això la podem considerar altament intuïtiva.

Per tot això, com a valoració final creiem que podem afirmar, amb gran satisfacció, que s'han assolit els objectius que es van fixar inicialment.

BIBLIOGRAFIA

Sistemas de comunicaciones electrónicas (4a ed.); Tomasi, Wayne.

Ed. Pearson Educación. ISBN:970-26-0316-1

Amplificadores Operacionales y Circuitos integrados lineales; Fiore, James M.

Ed. Thomson. ISBN: 84-9732-099-9

Datasheet PIC12F675; www.microchip.com

Radio Amateur; nº222, juny de 2002. Cetisa editores.

Radiolocalizador para VHF; Taboada, J. Pablo

Projecte final de carrera de l'EUPM

Radiolocalizador basado en la conmutación de antenas; Ballesteros, Sergio.

Projecte final de carrera de l'EUPM