



Escola Politècnica Superior  
d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

# PROJECTE FI DE CARRERA

**TÍTOL:** Implementació parcial d'un Reader contactless

**AUTOR:** Albert Martorell

**TITULACIÓ:** E.T. Telecomunicacions especialitat sistemes electrònics

**DIRECTOR:** Ramon Guzmán Solà

**DEPARTAMENT:** Teoria del senyal i comunicacions

**DATA:** 30/01/2009

**TÍTOL: Implementació parcial d'un Reader contactless**

**COGNOMS: Martorell Soler**

**NOM: Albert**

**TITULACIÓ: E.T. Telecomunicacions**

**ESPECIALITAT: Sistemes electrònics**

**PLA: 95**

**DIRECTOR: Ramon Guzmán Solà**

**DEPARTAMENT: Teoria del senyal i comunicacions**

**QUALIFICACIÓ DEL PFC**

**TRIBUNAL**

**PRESIDENT**

**SECRETARI**

**VOCAL**

**DATA DE LECTURA:**

Aquest Projecte té en compte aspectes mediambientals:  Sí  No

## PROJECTE FI DE CARRERA

### RESUM (màxim 50 línies)

En aquest projecte s'ha pretès implementar la part hardware d'un Reader contactless seguint les especificacions de la ISO 14443-B i mes concretament la normativa PayPass desenvolupada per Mastercard i Visa. Es pretén tractar des de fonaments bàsics de RFID, fins els específics de la ISO, passant per tot els desenvolupament hardware amb les seves simulacions.

### Paraules clau (màxim 10):

ISO 144443	Reader	Tag	PCD
PICC			

# ÍNDEX

1. Objectius .....	1
2. RFID .....	2
2.1 Historia .....	2
1.1.1 Cronologia RFID .....	4
2.2 Principis de funcionament .....	5
2.2.1 Tag .....	7
2.2.1.1 Estructura del Tag .....	7
2.2.1.2 Tipologies .....	9
2.2.2 Reader .....	10
2.2.2.1 Estructura del Reader .....	11
2.2.2.2 Tipologies .....	13
2.3 Estàndards .....	14
2.4 ISO .....	15
2.5 Aplicacions .....	19
3. PayPass - ISO 14443 A/B .....	22
3.1 Introducció .....	22
3.2 Landing Plane .....	22
3.3 Operation Volumes .....	23
3.4 Potència RF .....	24
3.5 Modulació .....	25
3.5.1 Comunicació PCD a PICC .....	25
3.5.1.1 Tipus A .....	25
3.5.1.2 Tipus B .....	27
3.5.2 Comunicació PICC a PCD .....	28
3.6 Bit rate .....	29
3.7 Codificació .....	29
3.7.1 Comunicació PCD a PICC tipus A .....	30
3.7.2 Comunicació PICC a PCD tipus A .....	31
3.7.3 Comunicació PCD a PICC tipus B .....	32
3.7.4 Comunicació PICC a PCD tipus B .....	33
3.7.5 Transicions en les comunicacions PCD a PICC i PICC a PCD .....	34
3.8 Format de la Trama .....	35
3.8.1 Format de la trama A .....	36
3.8.2 Format de la trama B .....	36
3.8.3 Temporització de la trama .....	37
3.9 CRC .....	40
3.9.1 CRC A.....	40

3.9.2 CRC B.....	41
4. Implementació teòrica .....	42
4.1 Oscil·lador .....	42
4.2 Modulador .....	47
4.3 Tensió moduladora .....	54
4.4 Simulació Pspice bloc emissor .....	54
4.5 Adaptació d'impedàncies .....	56
4.6 Desmodulador .....	57
4.6.1 ASK .....	57
4.6.2 BPSK .....	61
4.6.3 Simulació del bloc receptor .....	65
4.7 CRC .....	66
4.8 Microprocessador .....	67
4.9 Interfície amb l'exterior .....	75
5. Disseny final i esquema de pistes.....	76
6. Millores .....	78
7. Conclusions .....	81
8. Bibliografia .....	83
Annex I .....	84
Annex II .....	86

## 1.- Objectius

Aquest projecte pretén la realització d'un fragment d'un Reader contactless, com ha tal esta definit per una tecnologia i un estàndard, per la qual cosa els objectius han d'estar basats en la comprensió i implementació.

El primer objectiu es basa en la comprensió de la tecnologia RFID, familiaritzar-se amb el llenguatge, així com les diferents parts que caracteritzen el sistema.

El segon objectiu fa referència al estàndard ISO 14443-B i a l'especificació PayPass definida per Mastercard i Visa. L'objectiu en aquest apartat es la comprensió d'una normativa, traient l'entrellat de les especificacions tècniques requerides per la mencionada normativa.

Un altre objectiu estarà centrat en d'implementació hardware. Es pretindrà realitzar una implementació amb components simples, evitant circuits integrats que realitzin totes les funcions RFID.

D'altra banda s'ha intentat obtenir una alimentació el mes homogènia possible, per tal de no necessitar diverses fonts d'alimentació. S'ha de tenir en compte que això comporta una dificultat a l'hora de escollir els component

Una vegada completada tota la implementació, cal comprovar el muntatge, per la qual cosa necessitem una interfície amb l'exterior, el qual es un altre repte ha tenir en compte.

Com ha resum cal dir, que en aquest projecte tenim dos protocols de comunicació. El que fa referència a la ISO (de manera parcial); i el que es necessari per la comunicació sèrie amb el PC (Xon/Xoff). Els quals fan necessari una sèrie de coneixements de una tecnologia RFID i en concret d'un Estàndard (ISO14443B)

També disposem d'una implementació hardware, la qual es en la mesura del possible simulada en Pspice o Proteus. Els dissenys hardware es implementats en placa isolada per 2 cares.

Finalment disposem d'una part software en la qual ens han fet falta coneixements de Lavbiew, així com del microprocessador AT89LP2052, el qual es programat en llenguatge ensamblador la qual cosa ens fa necessari el domini de les instruccions específiques per al AT89LP2052, per tal de controlar la comunicació i realitzar el CRC.

## 2.- RFID

### 2.1.- Historia

El conjunt RFID, es defineix com un sistema d'identificació per radiofreqüència, i com a tal, posseeix una llarga història. Aquest sistema, es basa en el principi de la radiofreqüència, començat a estudiar cap a 1980 (veure cronologia posterior, apartat 2.1.1).

Es difícil determinar quin va ser el primer dispositiu similar al RFID. Hi ha dos dispositius, els quals pugnen per assolir aquest lloc, un de britànic fet servir en la segona guerra mundial, i un de soviètic essent utilitzat en espionatge.

Durant la segona guerra mundial, degut a la necessitat d'identificar els avions aliats dels esquadrans alemanys, va sorgir la tecnologia IFF (Identification Friend-or-Foe). Aquesta tecnologia permetia distingir els amics dels enemics, gràcies a un transponder, que per mitjà d'un senzill protocol de comunicació aire, es comunicava amb un lector amb el codi "I am a friend". Encara que els primers que van desenvolupar la tecnologia van ser els britànics amb el MARK I, els americans posteriorment varen millorar-la creant el MARK II. Seguint aquesta via d'investigació, el MARK III es considerat com el primer equip complet de IFF. Aquesta tecnologia va ser la base per el control de tràfic aeri que va començar sobre el 1950.

Per la banda soviètica, es suggereix que el primer dispositiu similar al RFID, podria haver estat una eina d'espionatge inventada per Léon Theremin en 1945. El dispositiu de Theremin era un dispositiu secret d'escolta passiu, no una etiqueta d'identificació, per la qual cosa està en dubte.

Posteriorment, en 1948 Harry Stockman va redactar un article "Comunicació per mitjà de l'energia reflexada" (Actas del IRE, pp. 1196-1204, octubre de 1948). Stockman va predir que "... el treball considerable de la investigació i el desenvolupament, ha de ser portats a terme abans que els problemes bàsics pendents en la comunicació de l'energia reflexada siguin solucionats, y abans que s'explori el camp de les aplicacions".

A finals dels 60 i principis del 70, companyies com ara Sensormatic y Checkpoint Systems varen introduir nous usos per el RFID, podent ésser utilitzats més extensament i de forma menys complexa. Aquestes companyies van començar a desenvolupar el EAS (Electronic Article Surveillance), el qual representava un producte per poder protegir els inventaris de roba o llibres. Els primers dispositius comercials RFID, coneguts per ser sistemes de un bit, econòmics de fabricar, desplegar i mantenir; eren dispositius que no necessitaven alimentació de bateries (passius), i eren col·locats en productes, que al passar prop de un Reader (lector) provocaven saltar una alarma, el Reader normalment estava en les portes de sortida.

Durant els 70, sectors com l'indústria, el bestiar, i el de transport de mercaderies, van desenvolupar projectes per descobrir mètodes, per utilitzar circuits integrats basats en RFID. Es varen considerar aplicacions en el camp d'identificació d'animals, en l'indústria del automòbil i en el seguiment de vehicles. En aquest període varen ser desenvolupats tags (etiquetes) més avançades, millor velocitat de lectura, memòria

d'escriptura, i mes rangs. Moltes de les aplicacions de RFID es feien amb dissenys propis del fabricant i sense cap estàndard.

Al principi dels 80, es va desenvolupar una tecnologia RFID mes avançada, va ser utilitzada i estesa en el la identificació de trens, en els Estats Units, i per identificar a animal de granja ha Europa . Els sistemes RFID també varen esser utilitzats en estudis de fauna salvatge, per la capacitat de transmetre informació amb el mínim contacte amb els animals de l'estudi.

En els 90, els primers protocols utilitzaven inicialment freqüències de 125khz i 13,56Mhz, implicant un acoblament inductiu, una cobertura reduïda (menys d'1m), i antenes de dimensions importants. Cal destacar que la velocitat era encara modesta (menys de 200 tags/seg). Un exemple de la seva utilització era la identificació d'animals, i els sistemes de seguretat dels automòbils. En el cas anterior estàvem parlant de les claus intel·ligents que controlen el sistema d'arrencada del vehicle

En la mateixa època, la companyia Wal-Mart va esser la impulsora d'aquesta tecnologia. Utilitzant recursos de radio, es pretenia poder identificar qualsevol dels seus productes. Amb l'estàndard inicial aquest fet era impossible, donada la baixa velocitat de transferència. D'aquí l'evolució i millora de l'estàndard, que corregia notablement els problemes abans esmenats. Treballant a 900Mhz, s'aconseguia acoblar en radiofreqüència, reduint les dimensions de les antenes, augmentant el radi de cobertura a uns 10m i la velocitat del dispositiu (com a màxim 1500 tag/s).

Al mateix temps, les targetes de pas es van popularitzar, reemplaçant els controls d'accés, tipus claus metàl·liques o accessos per clau numèrica. Aquestes targetes s'anomenen Contactless smart card's (targetes intel·ligents sense contacte), i disposaven d'informació de l'usuari, permetent un control d'accés mes personalitzat.

La època des 90, va estar plena de grans canvis, i com ha tal va sorgir el EPCglobal (Electronic Produce Code). EPCglobal es va convertir immediatament en un estàndard mundial, per a la identificació automatitzada de productes durant el seu procés de transport.

El xip RFID, ha passat de ser de la grandària d'una targeta de crèdit, ha ser menor que un segell postal. Les investigacions sobre aquest sistema varen ser ràpidament desenvolupades per diferents companyies, el que va portar el 1999 a la formació del Auto-ID Center (Automatic IDentification) sorgint d'un consorci d'empreses i científics. La idea principal era la de formar una xarxa de productes (Internet of objects) que avui en dia s'ha generalitzat a escala mundial, permetent així la possibilitat de conèixer si el producte esta en la cadena de muntatge, en el contenidor de transport ó si esta a la venda.

Finalment, avui en dia la tecnologia RFID esta totalment estesa a tots els nivells i tant la podem trobar en la industria, en el sector serveis, en les primeres matèries...



### 2.1.1.- Cronologia RFID

- **1860:** James Clerk Maxwell, físic escocès, va predir l'existència d'ones de radio i va definir la seva utilització.
- **En 1886:** Heinrich Rudolf Hertz va provar que ràpides variacions de corrent elèctrica, podien ser projectades en l'espai en forma d'ones de radio, similars a les ones de llum, essent mesurables i reproduïbles.
- **En 1902:** Guglielmo Marconi, físic italià, va demostrar la primera comunicació ha llarga distancia, utilitzant ones de radio, creuant l'Atlàntic. Va consistir en transmetre el mot SOS en codi Morse, aconseguint un broadcast de la S.
- **Durant la II Guerra Mundial (1942):** els britànics varen desenvolupar el primer sistema RFID, l'objectiu era discriminar ràpidament entre la seva flota d'avions y les esquadres alemanyes.
- **En 1945:** Léon Theremin genera un dispositiu d'escolta secret.
- **En els 50:** Inicis de la investigació de la tecnologia RFID, proves en laboratori. Inici de la utilització en el Control de tràfic aeri (tipus IFF).
- **En els 60:** Desenvolupament de la teoria del RFID. La necessitat de seguretat en els materials nuclears va conduir al desenvolupament d'una etiqueta RFID el EAS (Electronic Article Surveillance).
- **En 1977:** La tecnologia desenvolupada va ser transferida al sector públic. En aquell moment es va produir l'aparició d'aplicacions mes enllà del simple EAS (utilitzat per evitar el robament). Hi ha el primer gran avenç de la tecnologia RFID a nivell comercial.
- **En els 80:** es focalitza en la comercialització del RFID, des de noves aplicacions a millores en el comportament i preu en etiquetes i antenes.
- **En els 90:** Sorgeixen els estàndards, RFID passa ha ser part de la vida quotidiana.
- **En el 2000:** Auto ID center focalitza els seus esforços en el desenvolupament tecnològic per la implementació massiva de la tecnologia RFID en la cadena de subministrament, proporcionant un substitut al codi de barres. Posteriorment es converteix en EPC global, per gestionar y desenvolupar estàndards.
- **Actualitat:** La tecnologia RFID ha estat implantada ha tot el mon i en molts sectors trobant noves aplicacions dia a dia.

## 2.2.- Principis de funcionament

Basant-nos en la definició, identificació per radio freqüència, obtindrem que estem parlant de un sistema comunicació típic, en el qual han d'existir dos interlocutors i un canal. En el nostre cas, els interlocutors seran un lector (reader) y una targeta intel·ligent o transponder (tag), els quals es comuniquen a través del aire per radio freqüència, en concret amb una de determinada, que ambdós coneixen. Per ser mes exactes, el nostre canal estarà format per dos antenes que es comunicaran a través d'un acoblament inductiu.

Així podem definir diverses bandes de treball com es mostra en la figura 2.2-1 :

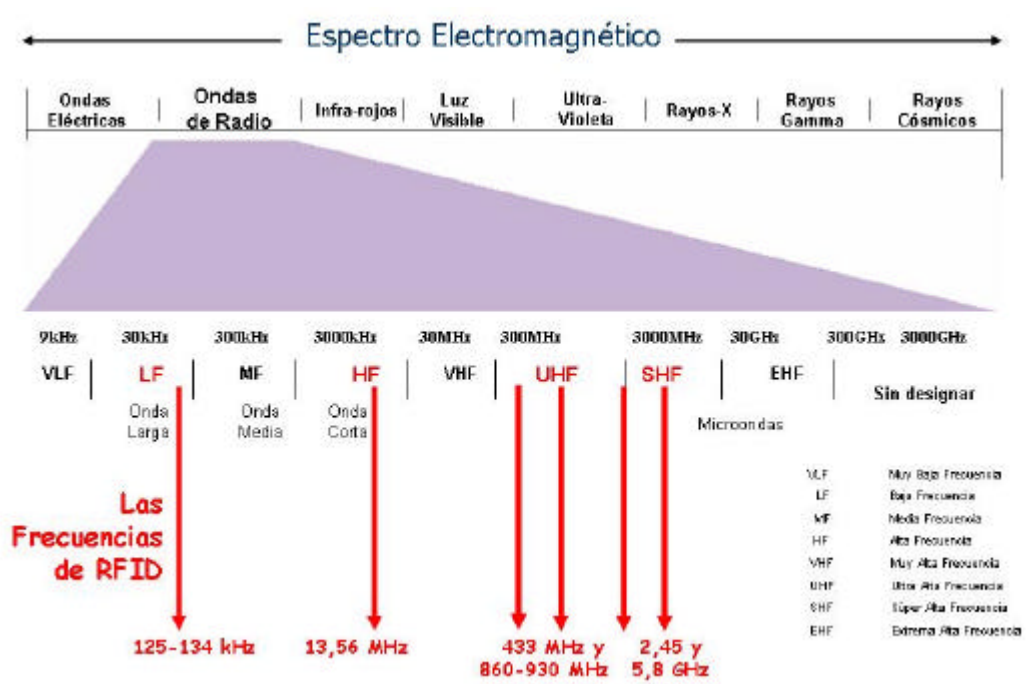


Figura 2.2-1 (Detall de l'espectre de freqüències RFID)

Tenint en compte al mateix temps, que cada banda de treball comporta una sèrie de beneficis i desavantatges descrits en la taula 2.2-1.

Frequència	Característiques clau	Aplicacions típiques
Baixa freqüència (LF) menys de 135KHz	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilitzada des de 1980 i molt estesa</li> <li>Treballa millor a prop de líquids i metalls</li> <li>Baixa taxa de transferència de dades</li> <li>Radi de lectura de centímetres</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificació d'animals</li> <li>Indústria de l'automació</li> <li>Control d'accés</li> </ul>

<b>Freqüència</b>	<b>Característiques clau</b>	<b>Aplicacions típiques</b>
Alta freqüència (HF) 13.56 MHz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En us des de mitjans del 1990 molt estesa</li> <li>• Corrent estàndard mundial</li> <li>• Radi de lectura superior a el de LF (3+ feet)</li> <li>• Tags mes econòmics que els de LF</li> <li>• Pobre comportament al voltant de metall</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pagament (Smart Cards)</li> <li>• Control d'accés</li> <li>• Anti-falsificació</li> <li>• Aplicacions de seguiment com ara de llibres, maletes, roba, etc.</li> <li>• Smart shelf</li> <li>• Identificació de persones i monitoratge</li> </ul>
Molt alta Freqüència (UHF) 433 MHz i 860 a 930 MHz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En us des de finals dels 90</li> <li>• Radi de lectura superior a el de HF (10+ feet)</li> <li>• Rangs de transmissió molt baix per ha sistemes actius a 433 MHz</li> <li>• Potencial per oferir preus mes baixos en els tags</li> <li>• Incompatibilitats en normatives regionals</li> <li>• Susceptible de patir interferències per part de líquids i metalls</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cadenes de subministrament i logística com ara: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Control d'inventari</li> <li>○ Control de magatzem</li> <li>○ Control d'actius</li> </ul> </li> </ul>
Microones 2.45 GHz i 5.8 GHz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tassa de transferència de dades elevada</li> <li>• Comuna en modes actiu i semi-actiu</li> <li>• Radi de lectura similar a UHF</li> <li>• Pobra resposta en presència de líquids o metall</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control d'accés</li> <li>• Peatges</li> <li>• Indústria del automòbil</li> </ul>

Taula 2.2-1

Cal destacar que aquests sistemes estaran utilitzats per identificar persones, objectes, o animals, ja sigui a llarga o curta distancia. Aquesta tecnologia permet una localització en temps real, permetent al mateix temps fer un monitoratge de qualsevol paràmetre, referent al objecte que hagi estat prèviament definit; convertint-se en una clara alternativa als codis de barres tradicionals.

Ara descriurem de forma mes precisa les diferents parts que formen un sistema RFID

## 2.2.1.- Tag

Conegut també com a transponder (dels termes “transmitter” i “responder”). Es el dispositiu unit al objecte ha identificar, essent capaç d'emmagatzemar i transmetre dades, prèviament demanades per el reader, a traves de les ones de radio. Aquest el solem trobar en forma de pastilla de silici, com un petit circuit imprès, encara que també ho podem trobar en forma de petites enganxines magnètiques (típicament utilitzades contra el robament de llibres (Figura 2.2.1-1)). Els Tags mes comuns son els que posseeixen un circuit integrat amb memòria, essencialment un microprocessador.

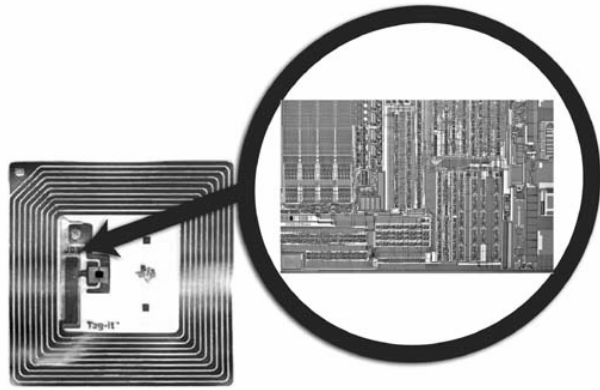


Figura 2.2.1-1 (Exemple de Tag)

Trobem gran varietat de tags, caracteritzats per l'ús i els seus components interns, així dons es poden classificar segons la font d'energia (actiu, passiu, semi-actiu), per el tipus de memòria incorporada (sol lectura, un escriptura amb lectures indefinides (WORM), múltiple lectura i escriptura) segons els estàndards, el seu cicle de vida, les seves dimensions, la distancia de lectura, l'encapsulat, etc.

Cal comentar que les característiques dels tags van directament relacionades amb el preu del mateix, per la qual cosa cada tag es fabricat per una determinada funció. Essent els passius els mes simples i econòmics i els actius els mes cars.

### 2.2.1.1.- Estructura del Tag

A continuació veurem les parts que formen un Tag descrites en la figura 2.2.1.1-1:

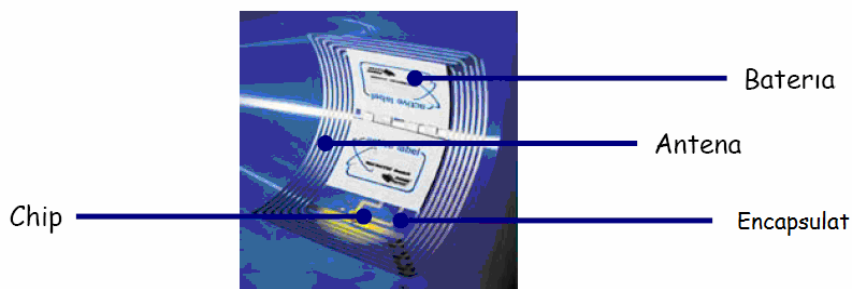


Figura 2.2.1.1-1 (Parts d'un Tag)

## **Chip o Circuit integrat**

Es l'encarregat d'emmagatzemar la informació i executar les comandes necessàries. La majoria dels tags passius, els quals emmagatzemen l'identificador del producte, disposen de 96 bits, però poden disposar de capacitats majors. El disseny del chip determina quin tipus de memòria contindrà el tag, ja sigui de lectura o escriptura.

## **Antena**

La funció de les antenes es absorbir les ones de RF i tot seguit, difondre el contingut emmagatzemat en el chip. L'energia per activar el chip la recull del camp de RF (en HF del camp electromagnètic i en UHF del camp elèctric). Estem parlant d'un acoblament entre antenes.

Les dimensions de l'antena son de una importància cabdal per al comportament del tag, perquè normalment, determina el rang de lectura del tag. Simplement al col·locar una antena mes gran aquesta recull mes energia i per tant pot transmetre a major potencia.

Segons les freqüències de treball, les antenes poden ser d'un tipus o altre. En el cas de LF o HF utilitzarem antenes en espiral per ser freqüències magnètiques. També tenim les UHF, mes purament elèctriques, utilitzant tot tipus de dipols com ha antena.

## **Encapsulats**

L'encapsulat pren una gran importància en la creació d'una aplicació RFID, essent el que mante el circuit integrat i l'antena units. Les seves dimensions venen determinades normalment per l'antena, encara que hi ha aplicacions que defineixen unes dimensions determinades. Per això podem trobar tags amb multitud de formats, dimensions i materials.

Els tags poden ser encapsulats en multitud d'objectes, aquí es detalla un exemple:

Targetes de crèdit

Claus de cotxes

Capsules de vidre per injectar sota la pell humana o animal

Etiquetes per a vestits

Etiquetes per a ser adherides a paquets

...

## **Bateria.**

Dins de l'estructura general del Tag, mostrada en la figura 2.2.1.1-1, s'inclou una bateria, però aquest es l'únic element prescindible del disseny. Això es degut a que l'alimentació dels Tags pot provenir del mateix camp magnètic o elèctric del qual rep les dades, essent aleshores un element necessari sol per determinades aplicacions que fan necessari el subministrament de mes energia de la que rep a traves de l'antena.

### 2.2.1.2.- Tipologies

Segons les opcions de classificació prèviament esmenades, ara realitzarem una extensió de coneixements:

- **Fonts d'energia**

Segons d'on provingui la energia per realitzar les operacions en el tag podem diferenciar entre Tags actius, passius i semi actius.

**Actius:** Son independents energèticament parlant, es a dir en el seu interior estan proveïts d'una bateria, depenent la vida útil del Tag d'aquest component. L'energia proporcionada per la bateria es utilitzada per alimentar la circuiteria interna y enviar el senyal a l'antena. Aquest tipus de tags permeten una major cobertura que en el cas dels passius, poden ser de 30 metres o superiors. Normalment disposen d'una capacitat d'emmagatzematge d'informació superior, podent també incloure sensors, la informació de la qual serà emmagatzemada en memòria.

En el cas dels tags actius, no es fa necessària la presència d'un lector (Reader) perquè aquest transmeti informació al seu voltant. Podent així distingir dos tipus de funcionament, els dispositius que necessiten un lector per fer un intercanvi d'informació, anomenats transponders, i els que no necessiten un lector, que s'anomenen transmitters. Així dons un dispositiu pot estar en mode inactiu o en estalvi d'energia, mentrestant no es necessita per el lector, però també pot estar actiu, emetent informació, independentment que no hi haguí lector.

Normalment aquest tipus de tags son els mes cars del mercat, però poden ser fàcilment amortitzats en algunes aplicacions. Hi ha moltes activitats on es poden utilitzar aquest sistemes, en el mon ferroviari per exemple son utilitzats juntament amb els sistemes GPS, en el sector dels peatges els trobem en els TeleTag, en el sector del transport de mercaderies s'utilitzen en els containers per saber que hi ha en l'interior etc.

**Passius:** en aquest cas l'energia necessària per el dispositiu es subministrada per el camp electromagnètic generat per el lector. Per el que fa a la vida útil d'aquest es il·limitada, degut a que no depenen de cap bateria, en canvi la cobertura es menor, entre uns pocs centímetres i uns 10 metres aproximadament. També son mes econòmics que els actius, i la seva relació qualitat/preu es mol bona. Son realitzats i utilitzats per tot tipus de utilitats, podent en alguns cassos, aguantar ambients corrosius, químics o àcids, essent capaços de treballar en temperatures elevades de fins 200°C, i molt mes.

En aquest cas es imprescindible la utilització d'un lector. La comunicació sempre ha de ser del lector al tag i del tag al lector, ja que necessita la energia subministrada per el lector.

Normalment les dimensions d'un tag passiu son inferior a un d'actiu.

**Semi Actiu (Semi Passiu):** La denominació de semi actiu o semi passiu depèn del fabricant, encara que també es denominat tag assistit per bateria. Utilitzen una bateria per activar la circuiteria del xip, però en canvi l'energia per ha generar la comunicació la recull del lector. Son de majors dimensions i preu que el passius, però aconsegueixen millor rang que el passius, i millor comunicació.

Com en els passius, es fa necessària la presència d'un lector. La comunicació sempre ha de ser del lector al tag i del tag al lector, ja que necessita la energia subministrada per el lector.

- **Memòries**

Les memòries son diferenciades segons les seves possibilitats d'escriptura en tres tipus :

**Read Only (RO):** Aquestes memòries venen programades de fabrica i no poden ser modificades per l'usuari, permetent solament la lectura d'aquestes. Aquest tipus de tag son adequats per petites aplicacions.

**Write Once, Read Many (WORM):** En aquest cas, les memòries poden ser programades o escrites un cop, ja sigui per el fabricant o client, i poden ser llegides tant cops com sigui necessari.

**Read Write (RW):** Poden ésser reprogramades o reescrites un gran nombre de vegades, entre aquestes, distingirem dos tipus, les que podrem reprogramar-se de 10000 a 100000 vegades i les "field programmable" (camp programable) en que sol ho podrem fer unes 100 de vegades, abans que el dispositiu quedi destruït. Aquest tipus es el mes car dels tres, essent la seguretat de les dades un desafiament per els tags.

Cal dir que tant els tags actius o els passius poden disposar de memòries RO, WORM, o RW i la seva capacitat d'emmagatzemament dependrà de l'aplicació.

## 2.2.2.- Reader

El lector mes conegut com reader, es l'encarregat de interrogar el tag, per tant es del qui inicia la comunicació. Es tracta del centre neuràlgic de tot el sistema, el qual s'encarrega d'establir la comunicació, gestionar –la i processar-la.

Cada reader es connectat a una o mes antenes, creant així una zona d'interrogació (camp de radio freqüència) essent capaç d'interrogar un o mes tags en la mateixa zona d'influència. De la mateixa manera, un mateix reader pot ser capaç de treballar amb mes d'un estàndard i mes d'una freqüència, obtenint així readers simples (un sol estàndard i freqüència ), multiregionals, multifreqüencials, multiprotocols, etc.

El lectors també poden ser connectats en una xarxa, o una determinada maquina a traves de diferents tipus de interfícies, com ara RS-232 o Ethernet. D'aquesta manera els readers normalment disposen d'un receptor, un transmissor, un microprocessador, una memòria, canals d'entrada i de sortida, circuit de potencia, una interfície de comunicació, antena, així com un controlador, el qual pot ser un element extern. Per

motiu d'aquesta suma de components, les dimensions del reader solen ser superiors al de un tag. De la mateixa manera, son dispositius mes cars degut als elements anteriorment esmenats i també degut a que pot disposar d'elements de seguretat per a protegir la informació.

Cal comentar que els readers i els tags van molt lligats, per tant el reader estarà supeditat al tipus de tag que ha de llegir, si es passiu o actiu, si es de lectura o escriptura, estàndard utilitzat..., però també ha efectes externs com el radi de lectura desitjat.

En aquest tipus d'aparells s'han de tenir clares les especificacions: freqüència de treball, taxa de transferència, condicions de l'entorn...

### 2.2.2.1.- Estructura del reader

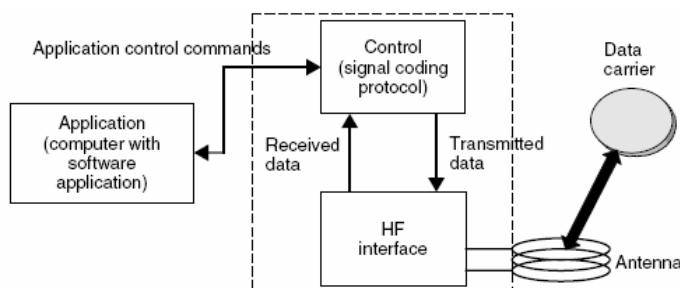


Figura 2.2.2.1-1 (Estructura d'un Reader)

Tal com es mostra a la figura 2.2.2.1-1 podem diferenciar tres parts: Unitat de control, Interfície de HF i antena.

- **Interfície HF :**

Aquesta interfície disposa de dues parts diferenciades, un transmissor i un receptor amb una connexió per una antena per un costat, i una connexió amb la unitat de control per l'altra.

#### **Transmissor:**

El transmissor del reader, es fet servir per transmetre potència en AC, així com el cicle de rellotge via la seva antena al tag en la zona de lectura (zona de cobertura del Reader); es responsable d'emetre el senyal al medi. Aquest senyal es modulada i codificada pel mateix transmissor. Els transmissors normalment poden disposar de fins a 4 antenes.

#### **Receptor:**

Aquest rep un senyal analògic procedent del tag via la antena del reader. Posteriorment envia la informació desmodulada al microprocessador del reader, cal dir que la informació enviada al microprocessador es codificada de manera que el microprocessador l'entengui.



- **Unitat de control:**

En aquest cas cal diferenciar un microprocessador, una memòria, un component per a la criptografia i codificació, i una interfície amb l'exterior, com es mostra en la figura 2.2.2.1-2.

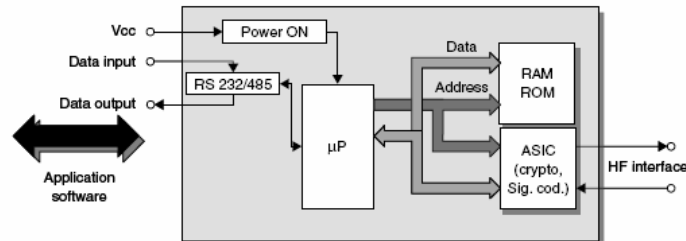


Figura 2.2.2.1-2 (Detall unitat de control)

### **Microprocessador:**

Aquest component es el responsable d'implementar el protocol de comunicació amb el tag, així com de descodificar, i fer el control d'errors de la informació rebuda per el receptor. També pot disposar de lògica per ha filtrar i processar la informació procedent del senyal llegit del tag. Tanmateix en aquest dispositiu pot estar implementat un algoritme per evitar col·lisions

### **Memòria:**

Es utilitzada per emmagatzemar dades com ara els paràmetres de configuració del reader i el llistat de dispositius (tag) llegits. Tanmateix son fetes servir com a buffers per tal que si es perd la comunicació amb l'aplicació o el element extern, no es perdi la informació. Com es de suposar, les dimensions de les memòries en les unitats de control son variables, i per tant les funcionalitats subministrades dependran del dimensionat d'aquesta.

### **Interfície:**

Es l'encarregat d'interactuar amb les entitats externes, per tant adapta la comunicació amb els agents externs a través d'un controlador, el qual s'encarrega de transmetre les dades emmagatzemades, acceptar comandes, i retornar respostes. Un reader pot disposar d'una connexió sèrie, encara que també pot utilitzar una interfície de xarxa per comunicar-se.

### **Encryptació:**

Aquest mòdul es l'encarregat de la seguretat en les comunicacions, encryptant i desencryptant la informació. Per aquesta funció es pot fer servir un ASIC dissenyat específicament per aquest fi, alliberant el processador d'aquesta carrega de càlculs

### 2.2.2.2- Tipologies:

Trobem tres tipologies segons el tipus de comunicació: Full duplex, Half duplex i seqüencial. Cal esmentar que segons el tipus de tag que es pretengui llegir, el reader s'haurà d'adaptar a ell i per tant hi haurà tants tipus de readers com de tags (descrits en l'apartat 2.2.1)

#### Full duplex (FDX):

En aquest cas, el traspàs d'informació del reader al tag i del tag al reader es realitza al mateix temps. S'utilitza quan les dades transmeses per el tag son enviades a una fracció de la freqüència del reader, com pot esser un subharmònic o una freqüència completament independent. En aquest cas, l'energia subministrada del reader al tag es continua, independentment de la direcció del intercanvi d'informació. Veure figura 2.2.2.1-3

#### Half duplex (HDX):

Les dades enviades per el reader al tag son alternades amb les que envia el tag cap al reader. Per freqüències inferiors als 30MHz sol ser el mes utilitzat, ja sigui amb subportadora o sense, implicant una circuiteria bastant simple. En aquest cas, l'energia subministrada del reader al tag es continua, independentment de la direcció del intercanvi d'informació. Veure figura 2.2.2.1-3

#### Seqüencial (SEQ):

Tal com en half duplex, les dades enviades per el reader al tag son alternades amb les que envia el tag cap al reader, però en aquest cas l'energia subministrada del reader al tag sol es subministra quan s'intercanvia informació en aquest sentit, tal com es mostra en la taula posterior. Veure figura 2.2.2.1-3

Cal dir que depèn les bibliografies, la comunicació seqüencial pertany a la del tipus half duplex.

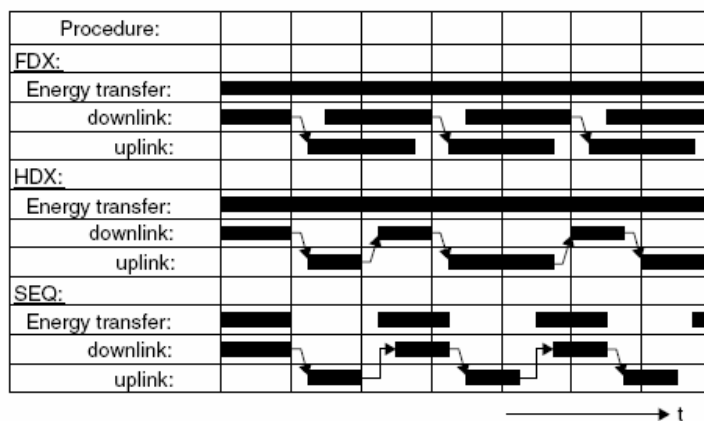


Figura 2.2.2.1-3 (Esquema energètic de la comunicació )

## 2.3.- Estàndards

Els estàndards neixen d'una necessitat d'homogeneïtat en els productes, per tal de reduir costos i augmentar les compatibilitats. Un exemple pot ser el següent: una empresa europea importa productes de consum des de un país asiàtic, per exemple Xina. Lo propici seria que a cada unitat produïda a Xina se li afegís un Tag RFID, per poder controlar tots els passos de la seva producció. Però no hem pensat que el tag que s'ha produït a Xina serà utilitzat a Europa, la qual cosa imposa que hi hagin una sèrie de normatives ha nivell global.

Malauradament no es així, en el cas de l'espectre radioelèctric com en altres, cada país o regió imposa la seva pròpia regulació per el que fa al numero de canals, potencia transmesa, i per descomptat freqüència de treball. La gestió de l'espectre de radiofreqüència es local, per tant cada tag RFID tindrà que satisfer uns requeriments depenent del país on s'haguí d'utilitzar, el que augmenta la complexitat d'imposar un estàndard mundial. Aquestes característiques les podem observar en la taula 2.3-1

Regió	LF	HF	UHF	microones
Estats units	125134 kHz	13.56 Mhz 10W de potencia efectiva radiada	902-928 Mhz, 1W ERP o 4 W ERP amb una antena directiva amb com a mínim 50 canals	24002483.5 MHz, 4W ERP 57255850 MHz, 4W ERP
Europa	125134 kHz	13.56 MHz	865868.5 MHz, 0.1W ERP, escoltar abans de parlar (LBT). 867.6867 MHz, 2W ERP, LBT. 867.6868 Mhz, 0.5W ERP, LBT.	2.45 GHz
Japó	125134 kHz	13.56 MHz	No permesa. MPHPT (Ministry of Public Management, Home Affairs, Post and telecommunications) va permetre la utilització de la banda de freqüències 950956 MHz per l'experimentació	2.45 GHz
Singapur	125134 kHz	13.56 MHz	923925 MHz. 2W ERP	2.45 GHz
Xina	125134 kHz	13.56 MHz	No permesa	24462454 MHz, 0.5W ERP

Taula 2.3-1 (Espectre radioelèctric per regió o país)

### Desenvolupament d'estàndards

Els estàndards RFID solen ser crítics de cara a determinades aplicacions, com pot ser el sistema de pagament, seguiment de mercaderies o reutilització de contenidors en cadenes de producció obertes. Un gran desafiament ha estat desenvolupar estàndards per a les diverses aplicacions, així com les diverses freqüències de treball.

En el mon existeixen diverses organitzacions i estàndards que regulen l'espectre de radiofreqüència, però molts d'ells son sol vàlids per uns determinats països. Per sort hi ha freqüències de treball que son comunes per tots els països, el qual dona pas a l'aparició d'estàndards mundials a traves de organitzacions com ara EPCGlobal. En la taula 2.3-2 podem veure estàndards amb les seves freqüències corresponents.

<b>Banda de freqüències</b>	<b>Nom del estàndard</b>	<b>Detalls</b>
Menys de 135 KHz	ISO 18000-2	
6,765 ~ 6,795 MHz		
7,4 ~ 8,8 MHz		
13,55 ~ 13,57 MHz	ISO 18000-3	Uso comú
26,96 ~ 27,78 MHz		Aplicacions especials
433MHz	ISO 18000-7	Tags actius a Àsia
868 ~ 870 MHz	ISO 18000-6	A/B Europa
902 ~ 928 MHz	AutoID classe 0/1	Nord-americanà
860 ~ 960 MHz	EPCGlobal Gen2	Mundial
2400 ~ 2483 MHz	ISO 18000-4	
8725 ~ 5785 MHz	ISO 18000-5	Utilitzat rarament en RFID

Taula 2.3-2 (Estàndards)

Una manera de poder desenvolupar un estàndard es a traves de l'acord entre organitzacions d'estandardització o be a traves d'aliances d'empreses, com es en el cas de Mastercard i Visa companyies privades que d'un estàndard (ISO 14443), i tenint en compte que son unes empreses que dominen el mercat dels pagaments, decideixen imposar una normativa basada i compatible amb ISO 14443 anomenada PayPass.

Algunes de les organitzacions mes conegudes son:

- ANSI (American National Standard Institute)
- ISO (International Organization for Standardization)
- ETSI (European Telecommunications Standards Institute)
- CEN (Comité Européen de Normalisation)
- ERO (European Radiocommunications Office)
- EPCglobal (Electronic Produce Code)
- AutoID Labs

En aquest document ens centrarem en l'organització d'estandardització mes coneguda per ser una de les mes internacionals, la ISO.

## **2.4.- ISO (International Organization for Standardization)**

La ISO es una ONG (Organisme no governamental) constituïda por una xarxa de instituts nacionals d'estàndards, en 146 països, la aportació dels quals es igualitària (1 membre per país). L'organisme te una central de coordinació a Gènova (Suïssa).

Aquest organisme disposa d'un llistat de comitès i congressos tècnics relacionats amb RFID:

- ISO JTC1 SC31 •
- ISO JTC1 SC17 •
- ISO TC 104 / SC 4 •
- ISO TC 23 / SC 19 •
- ISO TC 204 •
- ISO TC 122 •

D'aquests comitès varen sorgir una quantitat molt important d'estàndards relacionats amb RFID, i utilitzats en aplicacions del món real. Posteriorment es mostrarà un llistat amb les normes relacionades amb RFID:

- ISO 6346. Normes per a contenidors, codificació, identificació i marcatge.
- ISO 7810. Targes d'identificació. Característiques físiques, criteris de rendiment, equipament per a intercanvis internacionals, y criteris sobre control home-maquina .
- ISO 7816. Targes d'identificació. Circuits integrats, Targes amb contactes. Esta dividida en dotze parts.
  - Part 1. Physical characteristics
  - Part 2. Dimensions and location of the contacts
  - Part 3. Electronic signals and transmission protocols
  - Part 4. Interindustry commands for interchange
  - Part 5. Numbering system and registration procedure for application identifiers
  - Part 6. Interindustry data elements for interchange
  - Part 7. Interindustry commands for Structured Card Query Language (SCQL)
  - Part 8. Commands for security operations
  - Part 9. Commands for card management
  - Part 10. Electronic signals and answer to reset for synchronous cards
  - Part 11. Personal verification through biometric methods
  - Part 12. Cryptographic information application
- ISO 9798. Informació tecnològica. Tècniques de seguretat i autenticació. Està dividida en cinc parts.
  - Part 1. General
  - Part 2. Mechanisms using symmetric encipherment algorithms
  - Part 3. Mechanisms using digital signature techniques
  - Part 4. Mechanisms using a cryptographic check function
  - Part 5. Mechanisms using zero knowledge techniques
- ISO 9897. Normes per contenidors. Equipament, intercanvi d'informació, codis de comunicació.
- ISO 10373. Targes d'identificació. Mètodes de test. Està dividit en sis parts
  - Part 1. General characteristics tests
  - Part 2. Cards with magnetic stripes
  - Part 3. Integrated circuit(s) cards with contacts and related interface devices
  - Part 5. Optical memory cards
  - Part 6. Proximity cards
  - Part 7. Vicinity cards
- ISO 10374. Normes per contenidors. Identificació automàtica.

- ISO 10536. Targes d'identificació intel·ligents a 13.56Mhz. Circuits integrats per a targes sense contactes. Està dividit en tres parts.
  - Part 1. Physical characteristics
  - Part 2. Dimensions and location of coupling areas
  - Part 3. Electronic signals and reset procedures protocolos de transmissió
- ISO 11784. RFID per a la identificació d'animals. Estructura del codi.
- ISO 11785. RFID per a la identificació d'animals. Conceptes tècnics. Especifica el procés de transmissió entre tag i reader.
- ISO 14223. RFID per a la identificació d'animals. Transponedors avançats. Conté el protocol d'interfície aire.
- ISO 14443. Targes d'identificació. Circuits integrats per ha targes sense contactes. Targes de proximitat. Està dividida en quatre parts.
  - Part 1. Physical characteristics
  - Part 2. Radio frequency power and signal interface
  - Part 3. Initialization and anticollision
  - Part 4. Transmission protocol
- ISO 14816. Normes per a teletràfic. Equipament i automatització de vehicles. Numeració i estructura de dades.
- ISO 15434. Informació tecnològica. Sintaxis per a transferència d'informació ADC.
- ISO 15459. Informació tecnològica. Identificació d'unitats de transport. Està dividida en dos parts.
  - 15459 Part 1. Technical standard
  - 15459 Part 2. Registration procedures
- ISO 15693. Contactless integrated circuit cards – Vicinity cards: varen ser desenvolupades les característiques físiques, la interfície aèria y els protocols de transmissió i anticol·lisió per a targes sense contacte amb circuits integrats en la banda HF (13,56 MHz).
- ISO 15762 Vocabulari coordinat – Part 3: identificació per radiofreqüència : Documentació que proporciona termes generals i definicions en l'àrea de la identificació automàtica i tècniques de captura de dades, amb seccions especialitzades en varis camps tècnics, així com termes essencials per ser utilitzats per usuaris no especialitzats en comunicacions. El 3er apartat es el que fa referència a la tecnologia.
- ISO 15961. Informació tecnològica. RFID per a la gestió d'objectes. Protocol de dades i interfície d'aplicació.
- ISO 15962. . Informació tecnològica. RFID per a la gestió d'objectes. Protocol de codificació de dades i funcionalitats de la memòria.
- ISO 15963. Informació tecnològica. RFID per a la gestió d'objectes. Identificació única per a tags RF
- ISO 17358. Aplicació per a cadenes de subministrament. Requeriments d'aplicació (En desenvolupament)
- ISO 17363. Aplicació per a cadenes de subministrament. Contenedors (En desenvolupament).

- ISO 17364. Aplicació per a cadenes de subministrament. Unitats de transport (En desenvolupament).
- ISO 17365. Aplicació per a cadenes de subministrament. Objectes reutilitzables (En desenvolupament )
- ISO 17366. Aplicació per a cadenes de subministrament. Empaquetatge (En desenvolupament).
- ISO 17367. Aplicació per ha cadenes de subministrament. Etiquetat de productes (tagging) (En desenvolupament ).
- ISO 18000. Informació tecnològica. RFID per a gestió d'objectes. Està dividida en sis parts
  - Part 1. Reference architecture and definition of parameters to be standardized
  - Part 2. Parameters for air interface communications below 135 kHz
  - Part 3. Parameters for air interface communications at 13.56 MHz
  - Part 4. Parameters for air interface communications at 2.45 GHz
  - Part 6. Parameters for air interface communications at 860 to 930 MHz
  - Part 7. Parameters for active air interface communications at 433 MHz
- ISO 18001. Informació tecnològica. RFID per a gestió d'objectes. Perfils d'aplicacions.
- ISO 18046. RFID Tag i Reader execució de mètodes de test.
- ISO 18047. Informació tecnològica. RFID per ha testeig. Similar al ISO 18000. està dividida en tres parts.
  - Part 3. Test methods for air interface communications at 13.56 MHz
  - Part 4. Test methods for air interface communications at 2.45 GHz
  - Part 7. Test methods for air interface communications at 433 MHz
- ISO 18185. Normes per a contenidors. Protocol de segellament elèctric. (En desenvolupament). Està dividida en set parts.
  - Part 1. Communication protocol
  - Part 2. Application requirements
  - Part 3. Environmental characteristics
  - Part 4. Data protection
  - Part 5. Sensor interface
  - Part 6. Message sets for transfer between seal reader and host computer
  - Part 7. Physical layer
- ISO 19762. Informació tecnològica. Tècniques AIDC. Dividida en tres parts.
  - Part 1. General terms relating to AIDC
  - Part 2. Optically readable media (ORM)
  - Part 3. Radio frequency identification (RFID)
- ISO 23389. Normes per ha contenidors. Normes de lectura/escriptura RFID.
- ISO 24710. Informació tecnològica. Tècniques AIDC per ha gestionar objectes amb interfície ISO 18000. Funcionalitats elementals en interfície aire

## **2.5.- Aplicacions:**

No hi ha millor manera de visualitzar la importància d'una tecnologia, que observar les seves aplicacions a la vida real. En aquest cas, aquesta tecnologia fa anys que s'utilitza i degut a la reducció de costos, esta present en bona part de la nostra vida quotidiana. En les línies posterior s'introdueix un tast de les seves utilitzacions, encara que els límits d'aquesta tecnologia estan en la imaginació humana.

### **Control d'accés**

Una de les aplicacions mes conegudes en el mon del RFID, amb un senzill objecte, permetre l'accés o no a les persones, en una zona determinada. La tecnologia que competeix amb aquesta es la biometria. Les freqüències utilitzades en aquesta solució han estat les de LF, però actualment s'està començant a utilitzar les freqüències HF (13.56 Mhz) en solucions mes complexes com poden ser edificis intel·ligents, que controlen llums, aires condicionats, etc. Segons les persones que es trobin en el seu interior.

### **Gestió d'actius**

Els actius de les empreses son recursos molt valuosos per proporcionar el servei al client o be per garantir el bon funcionament de l'empresa. La tecnologia RFID permet tenir una millor gestió d'aquests, generant una millor explotació.

L'aplicació consisteix en identificar mitjançant un Tag cadascun dels actius, obtenint un millor control, disponibilitat d'històrics de cadascun, poder analitzar en detall la seva utilització per poder traslladar de manera precisa les dades a l'anàlisis financer, reducció del treball administratiu mitjançant l'automatització de processos, etc. Sabent on es troben els actius en cada moment.

### **Cadena de subministrament.**

Aquesta aplicació es on es centra l'estàndard EPCglobal, utilitzant la tecnologia RFID, amb l'objectiu d'identificar cada un dels productes, i substituir al codi de barres. El Tag es situa en cadascun dels productes, des de la fabricació fins el punt de venda. EPC global es l'encarregat de crear y dirigir els estàndards i les polítiques de desenvolupament, marketing, etc. També es troba Auto-ID Labs (antic Auto-ID) que realitza les investigacions entorn a RFID per a la seva implementació en massa.

### **Logística del fred**

En aquest cas particular, estaríem davant de tags semi actius, ens referim a tags amb sensors de temperatura incorporats. Serien utilitzats per controlar que el transport de la mercaderia fos correcte, i que en cap cas es trenques la cadena del fred dels aliments congelats.



Es tractaria de un sistema de qualitat, en que ens assegurariem que el producte que em transportat esta en perfectes condicions, evitant de la mateixa manera pedrer diners degut a que arribi el producte en mal estat.

### **Petge automàtic**

Aquesta aplicació es mes coneguda amb el nom de TeleTag o be Via T, i es tracta d'una solució RFID activa. El client que te contractat el servei, disposa d'un Tag actiu, el qual al passar per el peatge, per una via especial, que conte una antena connectada a un lector i aquest a l'aplicació, es llegida de manera automàtica, el sistema cobra el peatge a la targeta de crèdit assignada i posteriorment obre les barreres del peatge, sense la necessitat de pagar.

Aquests sistemes també son utilitzats per el control de l'entrada a aparcaments privats. Algunes estacions de servei en països europeus també han començat a experimentar en el pagament de la benzina per els seus clients, utilitzant el mateix sistema.

### **Control de producció o qualitat**

Moltes empreses, sobretot en el sector de l'automació, han trobat en la tecnologia RFID una solució de control als seus complexes processos. D'altres sectors sol ho utilitzen per ha gestionar les seves etapes de producció o per ha el control de qualitat.

Un exemple podria ser una empresa que disposa d'una línia de producció amb diverses etapes fins arribar al producte finalitzat, disposant també un programa de gestió de la producció. En la esmenada cadena poden fabricar-se diversos productes diferents. Si cadascun dels productes es etiquetat amb un Tag i en cada etapa de la cadena s'instal·la un lector, el sistema de gestió podrà disposar de la informació en temps real sabent així en cada moment la situació real de la planta. Amb aquesta informació a temps real es poden prendre decisions vitals de manera mes controlada.

En el cas que en cada etapa de la producció s'introdueixi la informació de material instal·lat, així com les característiques introduïdes (exemple: software, o proves realitzades). Una vegada finalitzat el procés productiu podem verificar si el material es correcte, podent realitzar aquesta comprovació en qualsevol moment, fins hi tot en el moment de la venda.

### **Llibreries i serveis de lloguer**

Algunes llibreries han trobat en la tecnologia RFID la nova codificació dels seus llibres, discs compactes, etc. Gràcies a la seva capacitat d'incorporar codi únic, informació addicional i bit de seguretat en un únic sistema. A això hi ha que afegir els beneficis que suposa l'automatització dels processos en una llibreria.

Aquesta solució també l'han adoptat els serveis de lloguer, podent gestionar els seus actius amb mes eficàcia i eficiència.

## Serveis postals

Algunes empreses de serveis postals estan veient en la tecnologia RFID una solució per poder automatitzar els seus processos de gestió d'enviaments. La utilització d'aquest mètode tindria com a objectiu, millorar els processos mitjançant l'automatització, aportant agilitat, seguretat i precisió al servei, característiques que afectarien directament al servei del client.

## Tiqueting

Les empreses de transport utilitzen bitllets amb tecnologia RFID per estalviar costos, automatitzar processos i sobretot millorar la facilitat d'accés amb major celeritat al no haver de comprovar el bitllet passant-lo per la banda magnètica, com es mostra en la figura 2.5-1



Figura 2.5-1 (exemple d'aplicació de tiqueting)

## Pagament

Al igual que en el cas del control d'accés es tracta de identificar una persona com a titular d'un compte bancari, amb el benefici, respecte les targetes magnètiques o les SIM cards, de que en aquest cas el dependent no te cap contacte amb la targeta. Es el mateix usuari que la passa per el lector (Reader).

Aquest sistema serà que el que posteriorment desenvoluparem

### 3.- PayPass - ISO14443-A/B

#### 3.1.- Introducció

Com hem vist en l'apartat anterior (2.4.- ISO) la ISO 14443 pertany a les tecnologies RFID, per tant ha de posseir tots els components d'un sistema RFID, un lector i un transponder. Per el cas específic del pagament amb targeta de crèdit, Mastercard i Visa creen un altres estàndard anomenat PayPass el qual es equivalent a la ISO 14443 amb algunes característiques mes restrictives degut a les necessitats de seguretat que suposen al pagament amb targeta de crèdit. La normativa PayPass ens descriu tots els protocols, codificacions, modulacions, etc. que definiran el nostre sistema de pagament amb targeta sense contacte, en els quals ens hem de basar. Aquesta normativa fa referència als sistemes de pagament amb targeta sense contacte diferenciant clarament entre dos estàndards ISO14443-A, i ISO 14443-B.

Tal com es mostra en la figura posterior, es tracta d'un sistema RFID caracteritzat per treballar a una freqüència de 13,56 MHz amb una comunicació Half duplex, el qual anirem desglossant posteriorment per tal de fer una descripció acurada de les característiques que ha de complir per ser un sistema PayPass, ja sigui de tipus A o B, però centrant-nos en el punt de vista del reader, degut a ser el sistema que implementarem posteriorment. El sistema funciona com un transformador. Una corrent alterna passa per una bobina primària (l'antena del reader) creant un camp electromagnètic, el qual indueix un corrent en la bobina del secundari (l'antena del transponder) tal com es mostra en la figura 3.1-1. La configuració i l'adaptació d'impedàncies entre les dues antenes determinaran la eficiència del sistema.

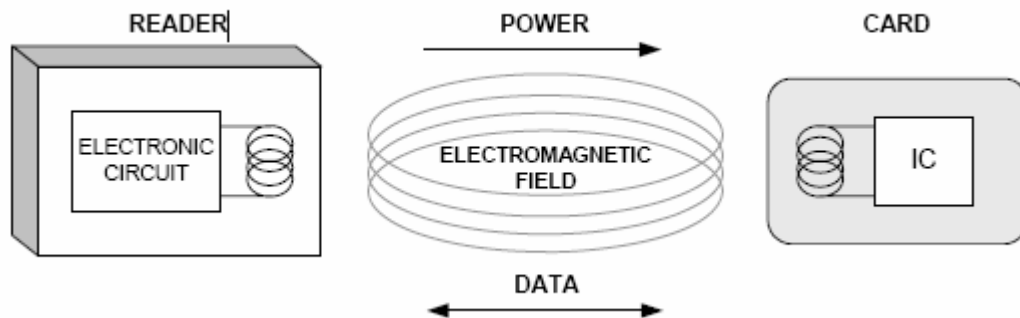


Figura 3.1-1 (Esquema d'un sistema Contactless)

L'estàndard modifica els noms d'alguns component, anomenant així el transponder com PICC (Proximiry card) i el reader com PCD (Proximiry coupling device).

#### 3.2.- Landing Plane

El Reader ha d'identificar de forma clara la superfície on l'usuari haurà de col·locar el transponder per obtenir una lectura correcta d'aquest. Aquesta superfície es denomina Landing Plane. Aquesta superfície ha de ser clarament visible i ha de contenir el símbol de contactless en el centre del pla.

El dibuix central ha de contenir els tres elements visuals estàndards. Aquests element son; l'indicador de contactless al centre del símbol, una ma dibuixada portant una targeta contactless estàndard i una línia ovalada que contingui els elements tal com es mostra en la figura 3.2-1.



Figura 3.2-1

Com es pot veure en la figura 3.2-1, el símbol pot estar en blanc amb fons negre o be en negre i fons clar o blanc. El color sempre ha de ser homogeni, i el símbol no pot ser alterat de cap manera, ja sigui en les seves proporcions o en els seus elements.

El símbol ha de tenir una proporció mínima de 13mm com es mostra en la figura 3.2-2



Figura 3.2-2

De la mateixa manera, ha de disposar d'un mínim espai lliure d'altres elements, ja sigui text o gràfic. Aquest espai es equivalent a ¼ de l'altura del símbol aplicable als quatre costats de la figura, com es mostra en la figura 3.2-3.

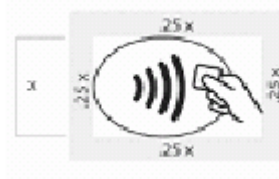


Figura 3.2-3.

Altres requeriment son: Aquest símbol es necessari en tots els terminals que disposin de l'estàndard ISO14443, però no es autoritzat en terminals que no compleixin amb l'estàndard. De la mateixa manera, el símbol de contactless sempre ha d'aparèixer en la mateixa orientació i sense text, tal i com es mostra en la figura 3.2-4. Aquest símbol sol pot aparèixer en els terminals i mai ha d'aparèixer en les targetes de crèdit, o en altres mitjans de pagament.



Figura 3.2-4

### 3.3.- Operating Volume

El "Operating Volum" respon a l'espai en tres dimensions en el qual s'imposa un requeriment, en el camp magnètic Hov. La geometria del espai mencionat es visible en la figura 3.3-1 i caracteritzat en la taula 3.3-1 . El punt de referència per centrar aquest espai es el centre del "Landing Plane".

Els requeriments establerts suposen el PCD immòbil i el PCC en moviment inferior a 1m/s en l'interior del "Operating Volume".

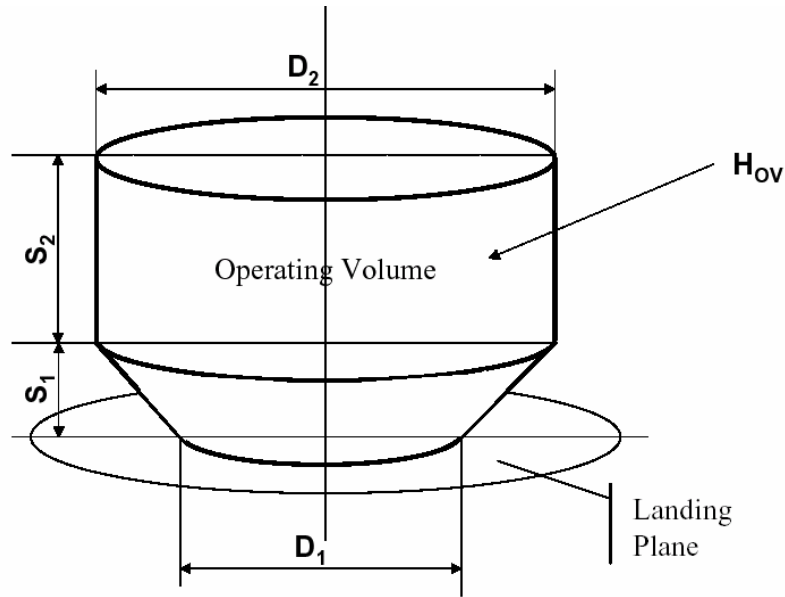


Figura 3.3-1 (Detall 3D del Operating Volum )

D1	3 cm Nominal	S1	1 cm Nominal
D2	5 cm Nominal	S2	3 cm Nominal

Taula 3.3-1 (Dimensions del Operating Volum)

### 3.4.- Potencia RF

En aquest apartat passarem a definir els marges de potencia que s'han de complir en referència a la posició relativa en el "Operatin Volum", per tal motiu hi ha una convenció en les coordenades mostrades en la figura 3.4-1.

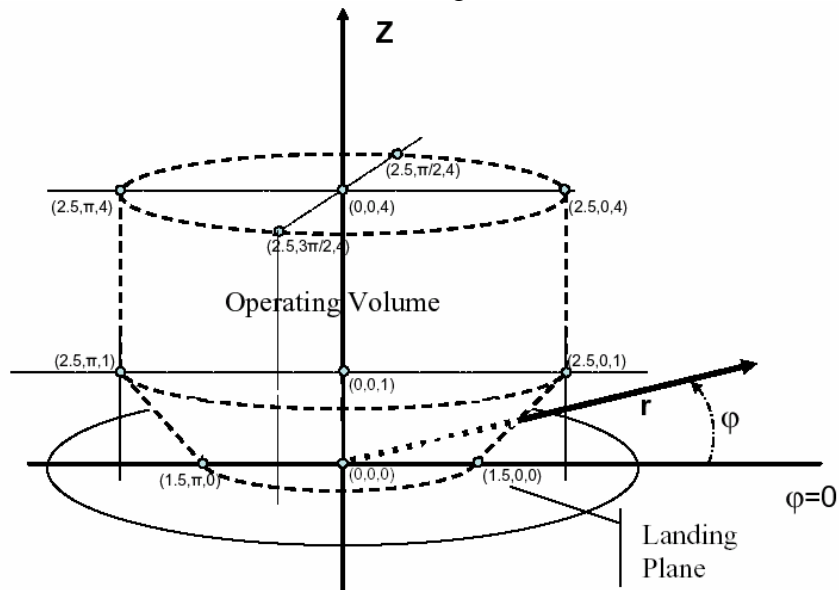


Figura 3.4-1 (Convenció de coordenades )

Dins del Operating Volume, el PCD ha de generar una tensió  $V_{ov}$  descrita en la taula 3.4-1 on z correspon a la coordenada espacial z (x,y,z)

Concepte	Paràmetre	PCD			PICC		Unitats
		Min.	Nom.	Max.	Nom.		
Potència transmesa	$V_{ov}$	3.0-az		8.5			V
PCD a PICC	a		0.35				V/cm
	$?V_{ov,max}$				0.8		V
Frequència portadora			13.56				MHz

Taula 3.4-1

La freqüència portadora emesa per el PCD pot tenir una dispersió de  $\pm 7\text{Khz}$ , i la emesa per el PICC pot tenir una dispersió de fins  $\pm 10\text{kHz}$

### 3.5.- Modulació

L'estàndard ISO 14443 defineix dos possibles modulacions, segons el tipus d'estàndard A o B, i del sentit de comunicació, ja sigui de PCC a PICC o de PICC a PCD. D'aquesta manera la comunicació PCD cap a PICC posseirà una modulació ASK en canvi la comunicació en el sentit contrari disposarà d'una modulació OOK o be PSK depenent del tipus d'estàndard.

#### 3.5.1.- Comunicació PCD a PICC

Tant per el tipus A com B es tracta d'una modulació tipus ASK amb la diferencia que per el tipus A es una modulació ASK del 100% i en canvi per el Tipus B es una modulació ASK del 10%

##### 3.5.1.1.- Tipus A

Començarem caracteritzant la modulació per el tipus A, una ASK 100%, en la practica l'índex de modulació resultarà d'un 95% o superior. Es definirà tant la freqüència com els flancs de pujada i de baixada així com les tensions de la senyal modulada. Per fer-nos una idea inicial ens podem fixar en la figura 3.5.1.1-1.

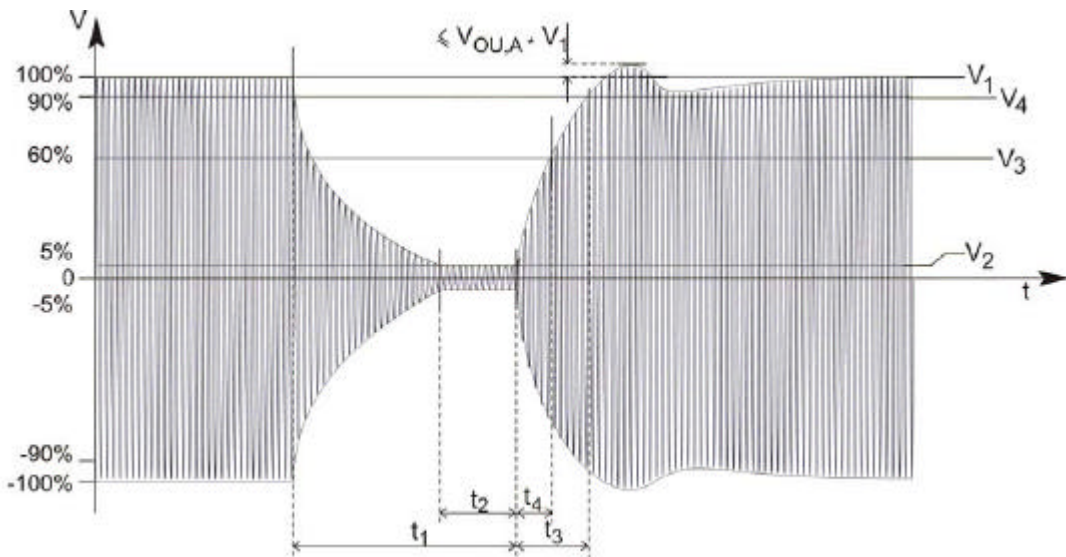


Figura 3.5.1.1-1 (Modulació ASK 100%)

La següent taula 3.5.1.1-1, detalla els valors de la figura 3.5.1.1-1

Concepte	Paràmetre	PCD			Unitats
		Min.	Nom.	Max.	
Modulació PCD a PICC	Pm,a	0		5	%
	t1	2.2		3.0	µs
	t2 (t1>2.5µs)	0.5		t1	µs
	t2(t1=2.5µs)	0.7		t1	µs
	t3	0		1.5	µs
	t4	0		0.4	µs
	t5	0		0.5	µs
	Vou,a			0.1	-

Taula 3.5.1.1-1

Per el que fa a les tensions tindrem que:

V1 fa referència al valor inicial del senyal abans d'introduir cap modulació

$V2 = P_{m,a} V1$

$V3 = 0.6 V1$

$V4 = 0.9 V1$

Punts importants:

- La tensió ha de decreixer de V4 a menys de V2, en el temps t1-t2
- Si la tensió no decreix de forma monòtona, el temps entre el màxim local i el temps de pas del mateix valor abans del màxim local, haurà de ser t5 . Això sol es aplicable si el màxim local es major que V2.
- L'arribat posterior al flanc de baixada ha de romandre per sota de Vou,aV1
- La tensió ha de ser inferior ha V2 durant t2
- La tensió ha de incrementar-se de forma monolítica fins V3 en un temps t4
- La tensió ha de incrementar-se de forma monolítica fins V4 o mes en un temps t3
- L'overshoot posterior al flanc de pujada ha de romandre entre (1+- Vou,a)V1

### 3.5.1.2.- Tipus B

La comunicació del PCD al PICC del tipus B, es realitza amb una modulació ASK al 10%. Es definiran tant la freqüència com els flancs de pujada i de baixada així com les tensions de la senyal modulada. Per fer-nos una idea inicial ens podem fixar en la figura 3.5.1.2-1.

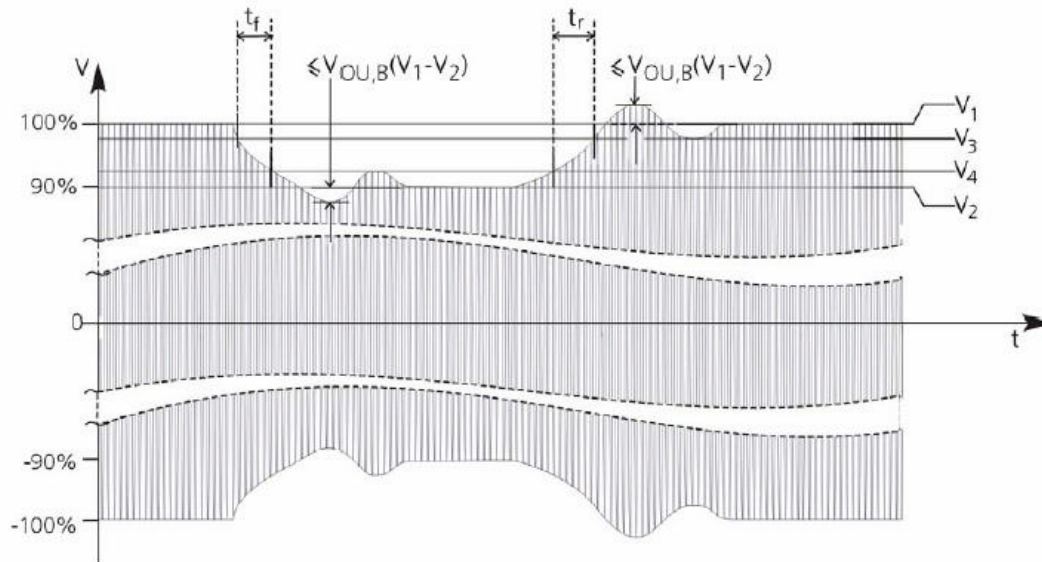


Figura 3.5.1.2-1 (Modulació ASK 10%)

La taula 3.5.1.2-1 detalla els valors de la figura 3.5.1.2-1

Concepte	Paràmetre	PCD			Unitats
		Min.	Nom.	Max.	
Modulació PCD a PICC	modi	7.0+?z		15.0-βz	%
	β		0.5		%/cm
	?		0.5		%/cm
	tf	0		2	μs
	tr	0		2	μs
	Vou,b	0		0.1	-

Taula 3.5.1.2-1

V1 fa referència al valor inicial del senyal abans d'introduir cap modulació

V2 representa el nivell baix del senyal

V1 i V2 definiran l'índex de modulació

$$mi=(V1-V2)/(V1+V2)$$

$$V3= V1-0.1(V1-V2)$$

$$V4=V2+0.1(V1-V2)$$

Punts importants:

- L'índex de mi ha de ser modi
- La tensió ha de decreixer de forma monolítica des de V3 a V4 en un temps tf
- La tensió ha de créixer de forma monolítica des de V4 a V3 en un temps tr
- Els flancs de pujada i baixada han de ser de forma monolítica
- L'overshoot i el Undershoot seguits del flanc de pujada o de baixada han de ser menors de Vou,b(V1-V2)



### 3.5.2.- Comunicació PICC a PCD

En aquest modulació, disposarem d'una senyal portadora, una subportadora i una moduladora, tan per tipus A com per tipus B, utilitzant una modulació de la carrega. La freqüència portadora  $f_c$  ser de 13.56MHz, en canvi la subportadora  $f_s$  serà  $f_c/16$  (aprox. 847kHz). La subportadora s'utilitza per ha commutar la carrega de On a OFF.

Les targes de tipus A modulen la subportadora utilitzant On-Off Keying (OOK). En canvi les targes de tipus B modulen la portadora utilitzant Binary Phase Shift Keying (BPSK), una forma simple de modulació PSK on sol son utilitzades les fases de 0 i 180 graus.

Sabent això, disposarem de una modulació similar a la de la figura 3.5.2-1, on el paràmetre clau serà  $V_{pp}$

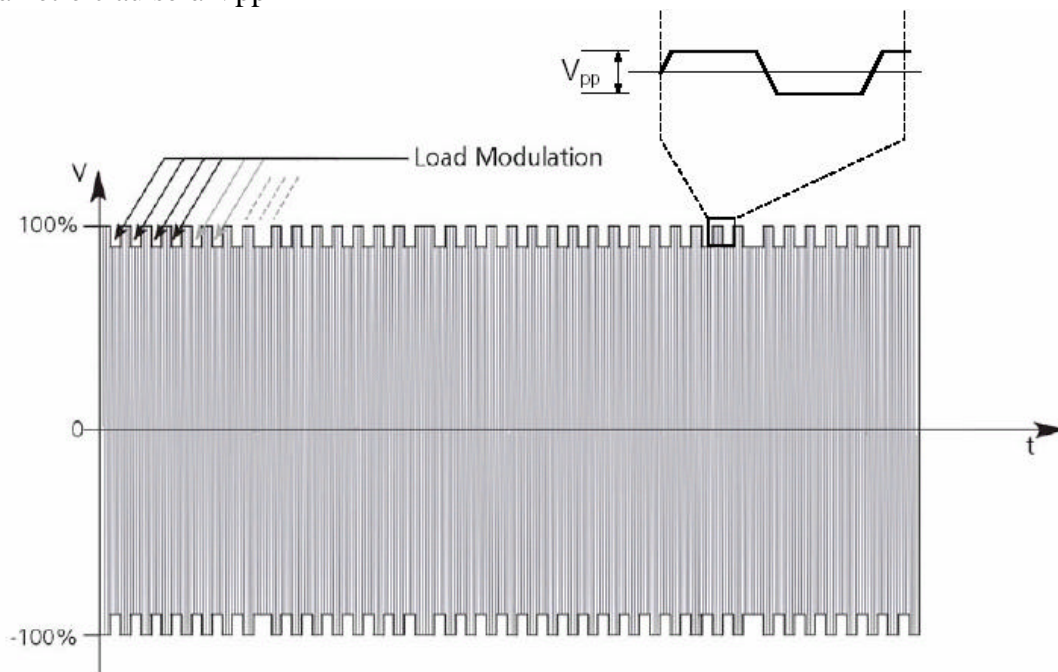


Figura 3.5.2-1 (Modulació PCD a PICC amb sub-portadora)

La següent taula 3.5.2-1, detalla els valors de la figura 3.5.2-1 on  $V_{pp,a}$  correspondrà a la modulació tipus A i  $V_{pp,b}$  correspondrà a la modulació tipus B

Concepte	Paràmetre	PICC Min.	Max.	Unitats
Load Modulation (modulació de la carrega)	$V_{pp,a}$	7	80	mV
	$V_{pp,b}$	5	-	mV

Taula 3.5.2-1

En l'apartat 3.7 s'entrarà més en detall amb aquestes modulacions.

### 3.6.- Bit Rate

En qualsevol sistema de comunicació, s'ha de definir una taxa de transferència de dades o bit rate, que correspon als bits que es transmetran per segon.

La sincronització de una senyal digital s'inicia per mitjà d'unitats de temps elementals (etu) . En aquest document 1 etu equival al període d'un bit. El temps en transmetre una unitat d'informació

Per a comunicacions PCD a PICC, la unitat etu es defineix com:

$$1 \text{ etu} = 128 / (f_c * D_{\text{pcd-picc}})$$

Per a comunicacions PICC a PCD, la unitat etu es defineix com:

$$1 \text{ etu} = 8 / (f_s * D_{\text{picc-pcd}})$$

$f_c$  correspon a la freqüència portadora i  $f_s$  correspon a la freqüència de la subportadora. Els paràmetres  $D_{\text{pcd-picc}}$  i  $D_{\text{pic-pcd}}$  corresponen inicialment a 1, donant un bit rate inicial de 106kbits/s, essent la definició inicial com:

$$1 \text{ etu} = 128 / f_c = 8 / f_s$$

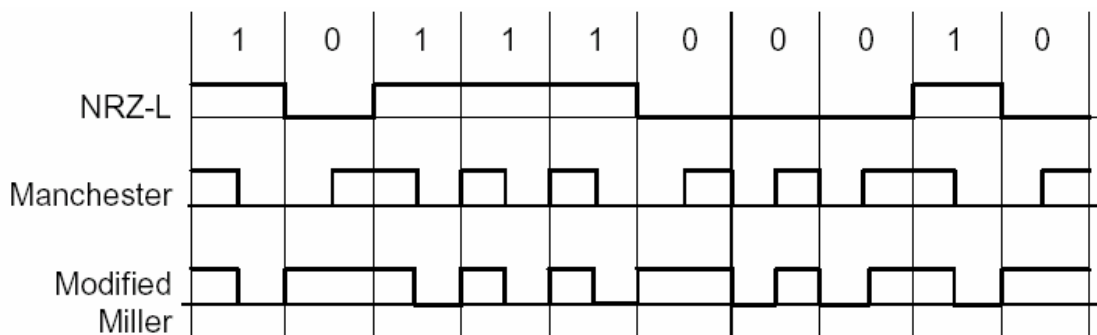
El valor inicial de bit rate també serà vàlid durant la inicialització i el període de anticòlisió. Per aquest estàndard, i per la revisió del document utilitzat, ha de suportar un bit rate de 106kbits/s

1 bit equival a aproximadament 8 períodes de la subportadora

### 3.7.- Codificació

Com en tota comunicació, la informació esta codificada de tal manera que els interlocutors entenguin el missatge. En un mon digital on apareixen 0 i 1 la manera mes simple per transmetre una informació es commutar entre un nivell alt o encès i un nivell baix o apagat. Aquest esquema de codificació s'anomena On-Off-Keying (OOK).

De la mateixa manera, els sistemes que estem implementant utilitzant diferents sistemes de codificació, depenent el sentit de la informació i el tipus d'estàndard A o B. Els mètodes de codificació que utilitzarem seran els de la taula 3.7-1



Taula 3.7-1

Per a la codificació de PCD a PICC del tipus A s'utilitzarà una codificació Modified Miller

Per a la codificació de PICC a PCD del tipus A s'utilitzarà una codificació Manchester

Per a la codificació de tipus B tan sigui de PCD a PICC o de PICC A PCD s'utilitzarà una codificació NRZ-L

### **3.7.1.- Comunicació PCD a PICC Tipus A**

El tipus A utilitza una modulació ASK 100%, creant un nivell baix. La codificació es realitza amb un codi Modified Miller, el qual defineix tres seqüències:

Seqüència X: nivell baix en la segona meitat del període

Seqüència Y: no nivell baix per tot el període de bit

Seqüència Z: nivell baix en la primera meitat de període

Aquestes seqüències son utilitzades per codificar: "1" lògic, "0" lògic, Inici de la comunicació (S), fi de la comunicació (E) i absència d'informació (A); aquests paràmetres es codifiquen de la següent manera:

- S: Seqüència Z
- "0" lògic: Seqüència Y amb les excepcions següents:
  - Si hi ha 2 o mes "0" de forma continuada, la seqüència Z serà utilitzada per al segon '0" i consecutius
  - Si el primer bit després de l'inici de la comunicació es un "0", serà utilitzada la seqüència Z per aquest i els consecutius.
- "1" lògic: Seqüència X
- E: "0" lògic seguit d'una seqüència Y
- A: Com a mínim 2 seqüències Y

La desviació en la durada dels períodes Ton (no modulació) serà del 0.5%

Amb aquesta informació el senyal quedarà com el de la figura 3.7.1-1

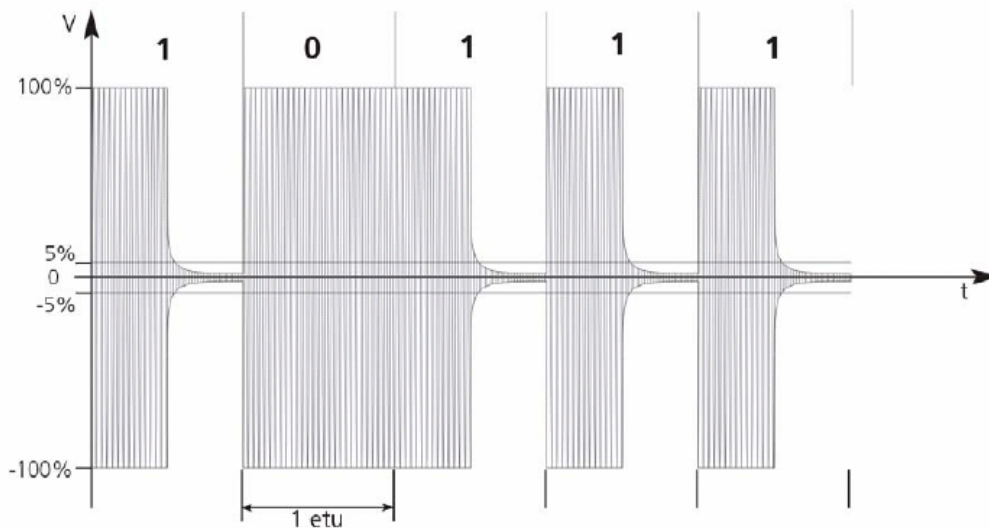


Figura 3.7.1-1 (Codificació tipus A)

### 3.7.2.- Comunicació PICC a PCD Tipus A

En aquest sentit de comunicació ens trobem una modulació OOK. La codificació es realitzarà amb un codi Manchester, el qual defineix tres seqüències:

Seqüència D: nivell baix en la primera meitat de període  $(50-r)\%$

Seqüència E: nivell baix en la segona meitat del període  $(50-r)\%$

Seqüència F: no nivell baix per tot el període de bit  $(100-r)\%$

$r = 1$ . Si en algun cas el temps fos  $(50+r)\%$  el PCD hauria de retornar error en transmissió.

Aquestes seqüències son utilitzades per codificar: "1" lògic, "0" lògic, Inici de la comunicació (S), fi de la comunicació (E) i absència d'informació (A); aquests paràmetres es codifiquen de la següent manera:

- S: Seqüència D
- "0" lògic: Seqüència E
- "1" lògic: Seqüència D
- E: Seqüència F
- A: supressió subportadora

Amb aquesta informació el senyal restarà com en la figura 3.7.2-1

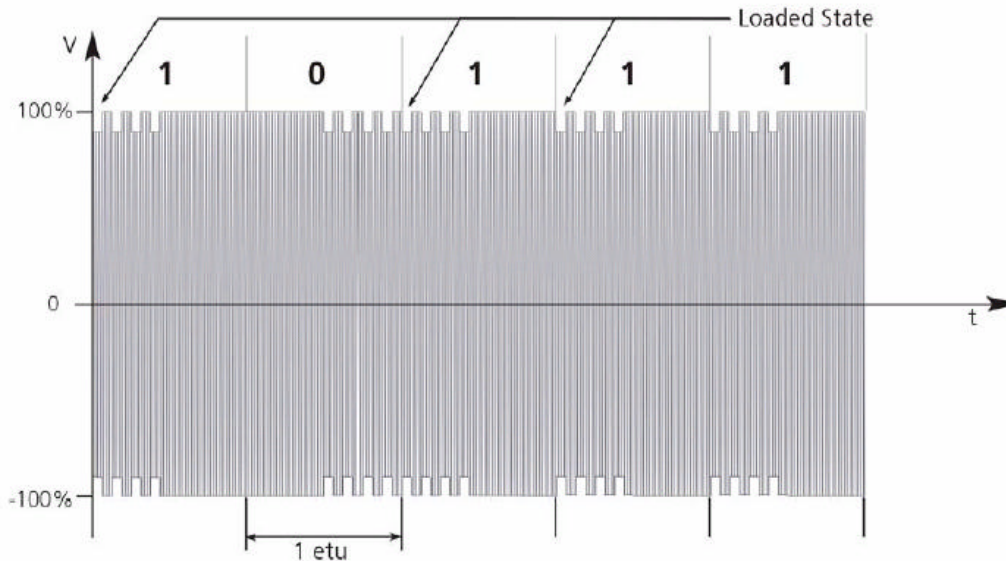


Figura 3.7.2-1

### 3.7.3.- Comunicació PCD a PICC Tipus B

El tipus B utilitza una modulació ASK 10%. La codificació es realitza mitjançant una codificació NRZ-L, la qual s'utilitza per codificar: "1" lògic, "0" lògic, Inici de la comunicació (S), fi de la comunicació (E); aquests paràmetres es codifiquen de la següent manera:

- S: tpcd,s,1 etu a nivell baix, seguit de tpcd,s,2 etu a nivell alt
- "0" lògic: nivell baix per tota la durada del bit
- "1" lògic: nivell alt per a tota la durada del bit
- E: tpcd,e etu a nivell baix, seguit d'una transició a nivell alt

Paràmetre	PCD Min.	Nom.	Max.	Unitats
Tpcd,s,1	10	10.5	11	etu
Tpcd,s,2	2	2.5	3	etu
Tpcd,e	10	10.5	11	etu

Taula 3.7.3-1

Amb aquesta informació el senyal quedarà representat com en la figura 3.7.3-1

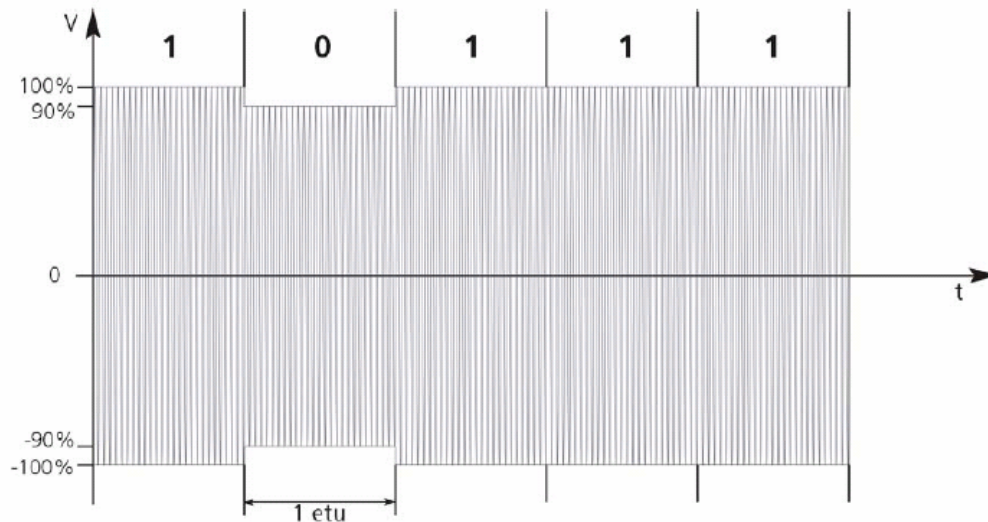


Figura 3.7.3-1

### 3.7.4.- Comunicació PICC a PCD Tipus B

El aquest sentit de comunicació s'utilitza una modulació BPSK, caracteritzat per un canvi de fase entre 0 i 180°. La codificació es realitza mitjançant una codificació NRZ-L, la qual s'utilitza per codificar: "1" lògic, "0" lògic, Inici de la comunicació (S), fi de la comunicació (E); aquests paràmetres es codifiquen de la següent manera:

- Establiment de la fase inicial o fase 0°: Després de qualsevol comanda feta per el PCD, el PCD ha de tenir en compte un temps de protecció TRO<sub>min</sub> en el qual no s'ha de rebre subportadora del PICC, en el cas que es rebí, haurà de mostrar error de transmissió.

Després del temps de protecció TRO, el PCD ha de comptar amb la presència d'una subportadora sense modular, es a dir, sense canvis de fase durant un temps TR1<sub>min</sub>, per poder sincronitzar-se

- S: Una transició de la subportadora de 0° a 0°+180°, seguida de d'una fase 0°+180° durant un temps tpicc,s,1; seguida d'un canvi de fase 0°+180° a 0°, seguida de una fase 0° durant tpicc,s,2
- "1" lògic: Una subportadora de fase 0° o be un canvi de fase de 0°+180° a 0° seguida d'una fase 0°
- "0" lògic: Una subportadora de fase 0°+180° o be un canvi de fase de 0° a 0°+180° seguida d'una fase 0°+180°
- E: Una transició 0° a 0°+180, seguida una fase 0°+180° durant un temps tpicc,e etu, seguit d'un canvi de fase 0°+180° a 0°

Paràmetre	PCD Min.	Nom.	Max.	Unitats
Tpicc,s,1	9.875		11.125	etu
Tpicc,s,2	1.875		3.125	etu
Tpicc,e	9.875		11.125	etu
TR0min		8		
TR1min		9		
TR1max		26		

Taula 3.7.4-1

Amb aquesta informació el senyal quedarà com el de la figura 3.7.4-1

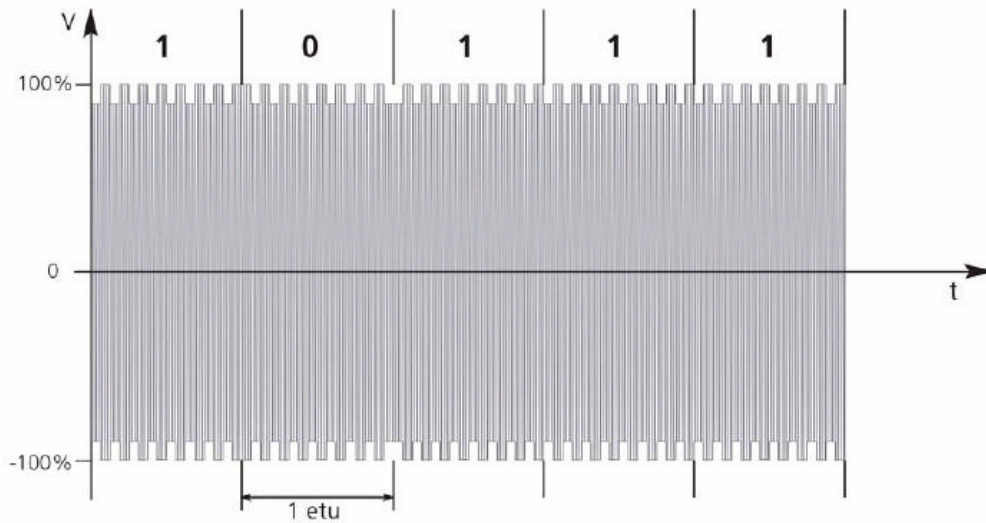


Figura 3.7.4-1

### 3.7.5.- Transicions en les comunicacions PCD a PICC i PICC a PCD

En la figura 3.7.5-1 es mostra el final de la comunicació del PCD e inici de la del PICC

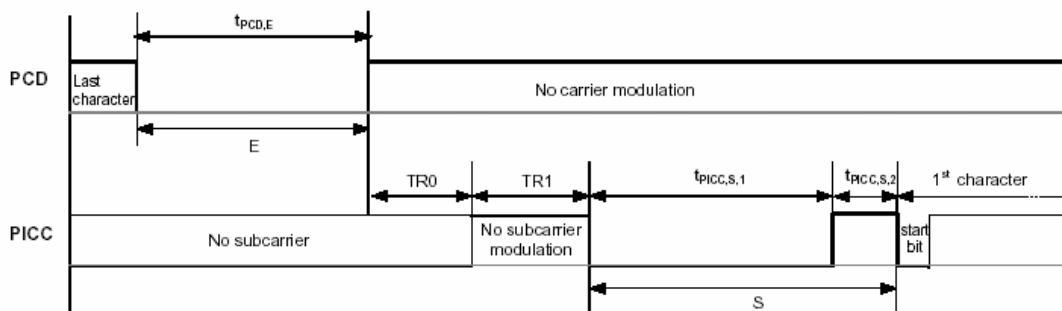


Figura 3.7.5-1

En la figura 3.7.5-2 es mostra el final de la comunicació del PICC e inici de la del PCD

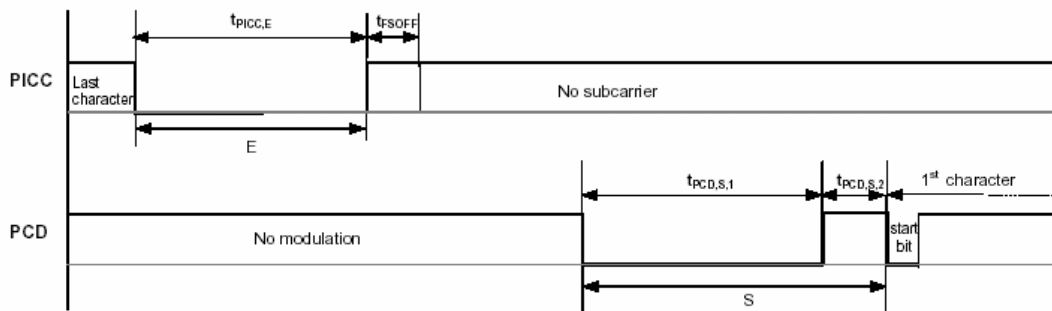


Figura 3.7.5-2

El valor de  $t_{soff}$  es: mínim =  $0et_u$ , màxim =  $2et_u$

### 3.8.- Format de la trama

Les dades transmeses del PCD al PICC i a l'invers, son transmeses mitjançant agrupacions de bits anomenats trames. El tipus A transmet les dades en una sola trama afegint un inici de la comunicació i un final de la comunicació, de la mateixa manera també afegeix un bit de paritat cada vuit bits. El tipus B agrupa primer els bits en "characters". Un "character" consisteix en: un bit start, 8 bits i un bit d'stop. Aquest characters son transmesos en trames. Una trama de tipus B consisteix en un inici de comunicació uns quants characters, i una finalització de la comunicació.

Els bits quedarien distribuïts com els de la figura 3.8-1

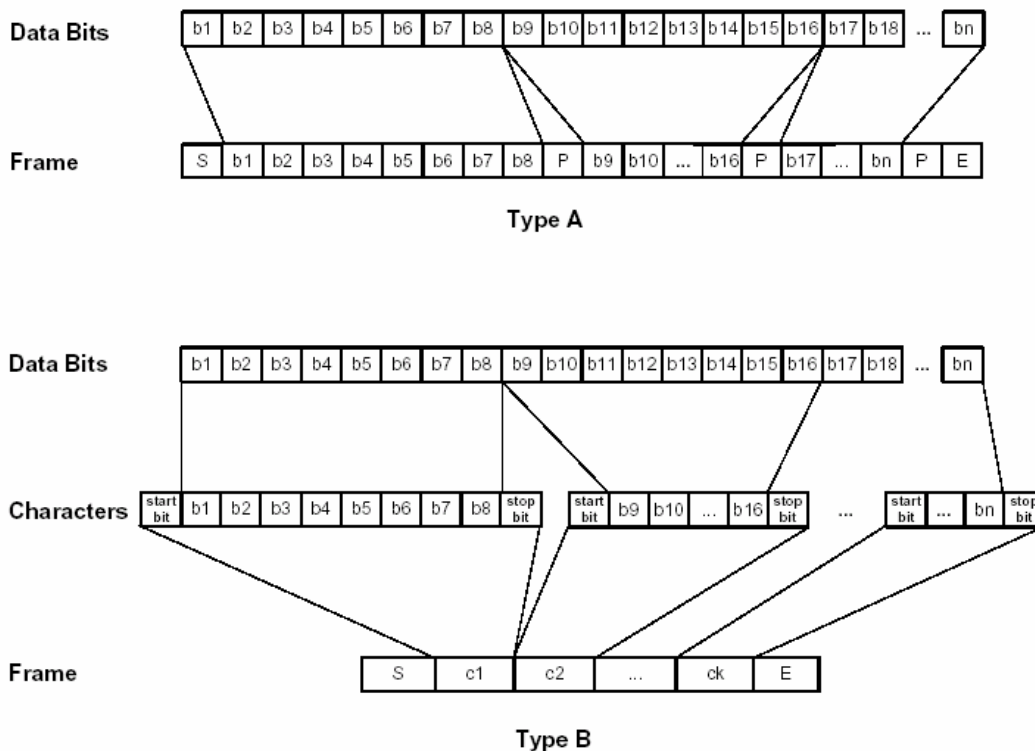


Figura 3.5-1



### 3.8.1.- Format de la trama A

La comunicació tipus A, utilitza dos tipus de trames: trames curtes i trames estàndard. Les trames curtes son utilitzades per ha iniciar la comunicació (wake-up). Les trames estàndard s'utilitzen per l'intercanvi de dades.

- Trames curtes, consta de (figura 3.8.1-1):
  - Inici de la comunicació (S)
  - 7 bits de dades (transmissió primer LSB(Less Significant Bit))
  - Final de la comunicació (E)
  - (Sense paritat)

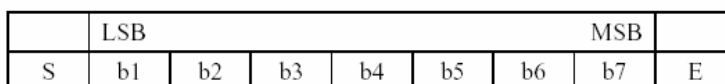


Figura 3.8.1-1

- Trames estàndard, consta de (figura 3.8.1-2) :
  - Inici de la comunicació (S)
  - $n \cdot (8 \text{ bits de dades} + \text{Paritat senars})$  amb  $n=1$ . Cada byte ha de ser seguit d'un bit de paritat. El bit de paritat ha de ser escollit per fer el numero d'uns imparell.
  - Final de la comunicació (E)

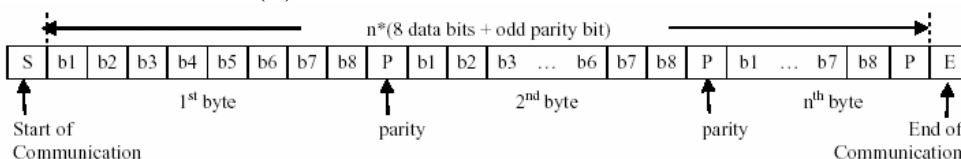


Figura 3.8.1-2

### 3.8.2.- Format de la trama B

Procedirem a la descripció de les trames i els Characters.

- Character

La comunicació entre PICC i el PCD es realitza enviant el bit LSB en primer lloc. Els 8 bits son transmesos amb lògica "0" pel bit d'start i lògica "1" per el bit d'stop. Un character consisteix un bit d'start, buit bits i un bit d'stop. Cada bit representa una unitat elemental de temps (1 etu) com es mostra en la figura 3.8.2-1

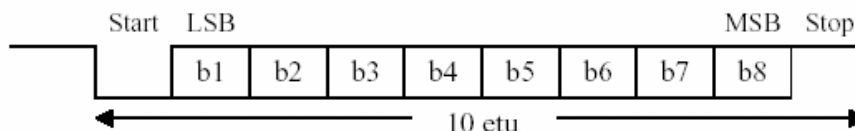


Figura 3.8.2-1

El temps respecte dos Characters consecutius enviats per el PCD cap al PICC ha de ser EGTpcd, i el temps en sentit contrari de la comunicació (PICC-PCD), serà EGTpicc, definits en la taula 3.8.2-1.

<b>Paràmetre</b>	<b>PCD Min.</b>	<b>Max.</b>	<b>PICC Min.</b>	<b>Max.</b>	<b>Unitats</b>
EGTpcd.	0	6	0	6.125	Etu
EGTpicc.	0	2.125	0	2	etu

Taula 3.8.2-1

- Trama

Cada trama serà delimitada per un estat d'inici de comunicació i un de final. En l'interior seran enviats characters comes mostra en la figura 3.8.2-2.

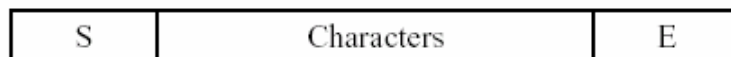


Figura 3.8.2-2

### 3.8.3.- Temporització de la trama

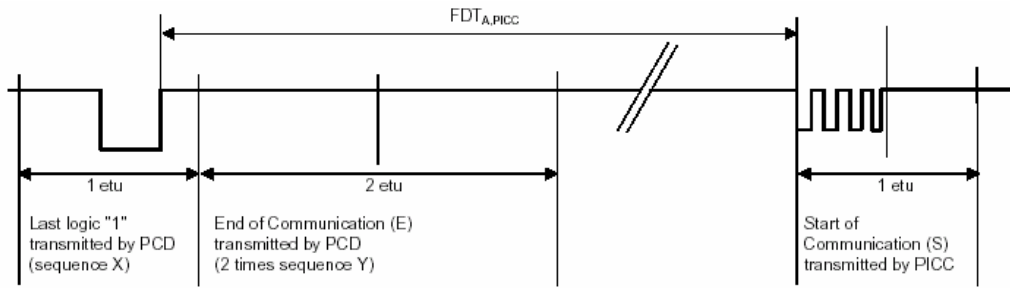
Aquest apartat descriu els retards entre trames entre PICC i PCD i entre PCD i PICC. Això s'anomena Frame Delay Time (FDT)

#### 3.8.3.1.- FDT de PCD a PICC

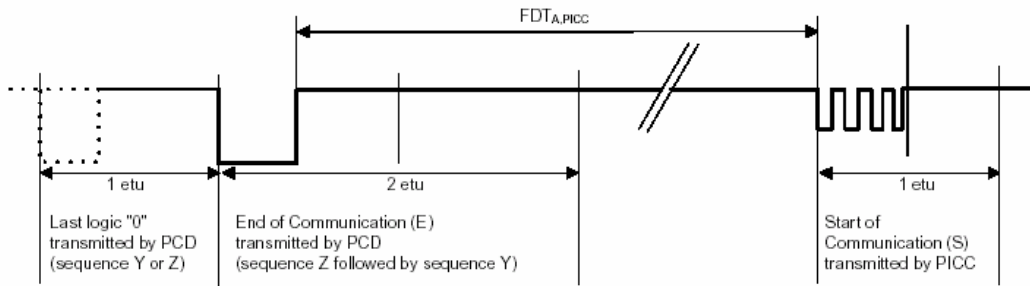
El temps de retard que es dona entre una trama del PCD a una del PICC (FDTpicc) defineix el temps entre el final d'una trama de PCD i la resposta d'una trama des de el PICC.

- FDTa, picc.

El final de la trama del PCD es definida com el final del últim nivell baix transmès per el PCD. El principi de la resposta del PICC es definida com el primer flanc de la modulació, en la transmissió de l'inici de la comunicació per el PICC. Tal comes mostra en la figura 3.8.3.1-1



(a) Last transmitted data bit is logic "1"



(b) Last transmitted data bit is logic "0"

Figura 3.8.3.1-1

El  $FDT_{a,picc}$  depèn de l'estat lògic de l'últim bit transmès per el PCD. Tal com mostra la taula 3.8.3.1-1.

Estat lògic	$FDT_{a,picc}$
"0"	$n \text{ etu} + 20/fc$
"1"	$n \text{ etu} + 84/fc$

Taula 3.8.3.1-1

El valor de n, depèn en el tipus de comanda enviada. Tal com es mostra en la taula 3.8.3.1-2

Tipus de comanda	n
REQA	9
WUPA	
ANTICOLLISION	
SELECT	
Totes les altres	=9

Taula 3.8.3.1-2

La tolerància de FDT esta definida en l'apartat 3.5.1.1 (t4)

-  $FDT_{b,picc}$ .

Per el tipus B, el FDT es defineix com el temps entre, la senyal de final de comunicació de una trama del PCD i la senyal d'inici de la comunicació per part del PICC, tal com es mostra en la figura 3.8.3.1-2.

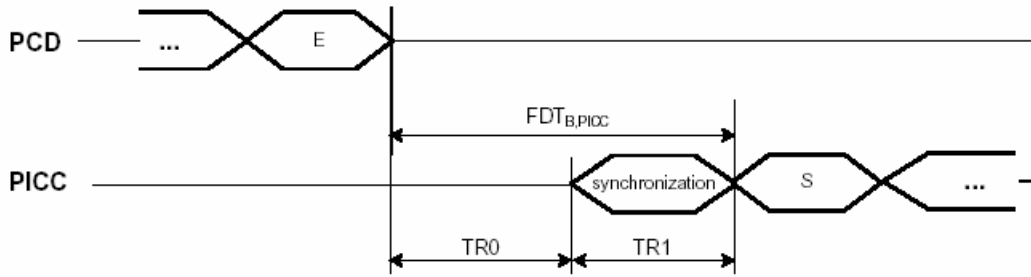


Figura 3.8.3.1-2

El s valors TR0 i TR1 es troben de l'apartat 3.7.4.

### 3.8.3.2.- FDT de PICC a PCD

El temps de retard que es dona entre una trama del PICC a una del PCD ( $FDT_{pcd}$ ) defineix el temps entre el final d'una trama de PICC i la resposta d'una trama des de el PCD.

-  $FDT_{a,pcd}$ .

El final de la transmissió PICC es de com el final de la modulació. El inici de la trama PCD es defineix com el primer nivell baix. Així quedaria la seqüència (figura 3.8.3.2-1):

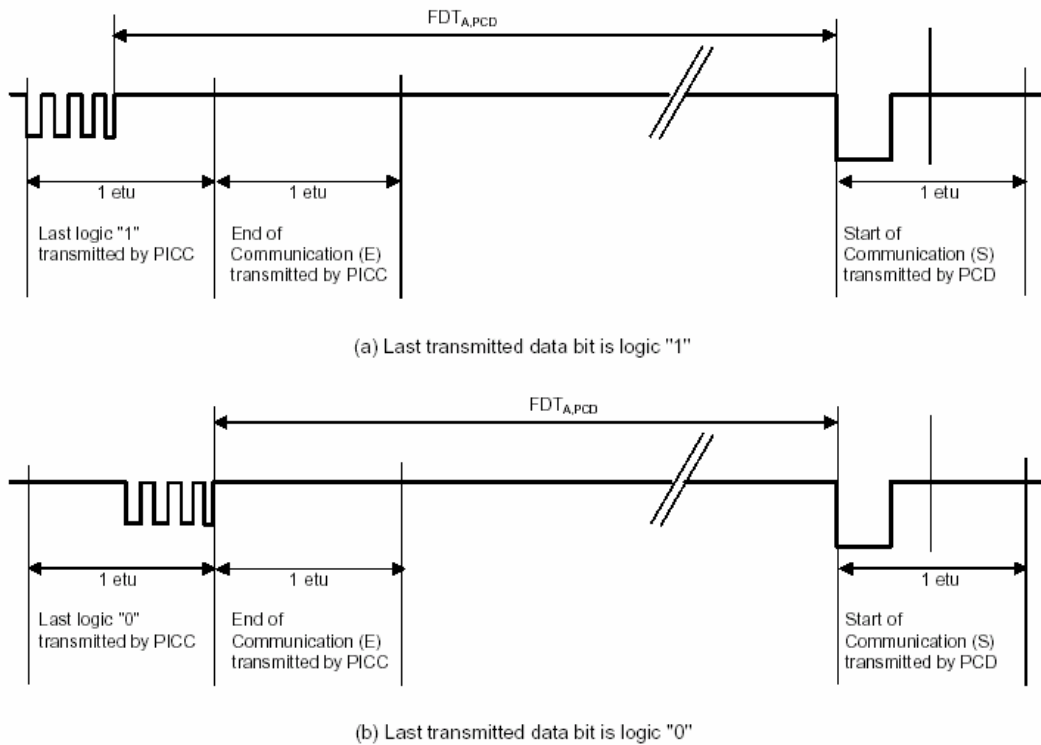


Figura 3.8.3.2-1

El  $FDT_{a,pcd}$  mínim = 500  $\mu$ s (nominal)

- FDTb,pcd.

Aquest valor es representa com el final de la comunicació PICC i l'inici del PCD, com mostra la figura 3.8.3.2-2

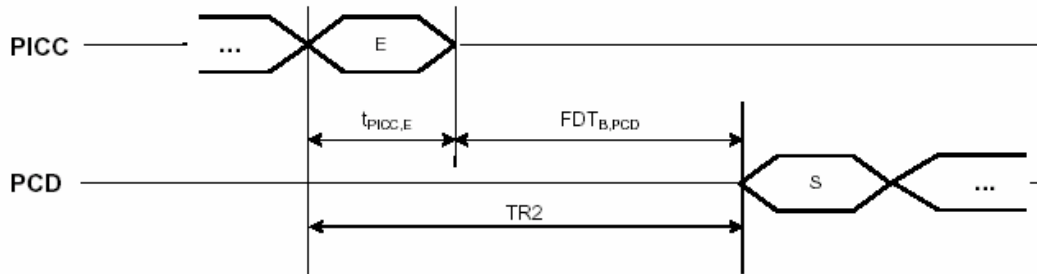


Figura 3.8.3.2-2

El valor TR2 mínim = 400µs

### 3.9.- CRC (Codi de Redundància Cíclica )

El tipus de CRC esta definit en la ISO 13239, per al CRC A es tracta d'un CRC-16 i per al CRC B es tracta d'un CRC-CCITT. Posteriorment definirem on s'introduirà cada CRC en l'interior de les trames.

#### 3.9.1.- CRC A

El CRC A el trobarem inclòs sempre en trames estàndard i mai l'inclourà trames curtes. Però no en totes les trames estendards el trobarem. La flux d'informació l'inicia el PCD a través d'una comanda o petició i es respon per el PICC. Això es realitza a través de múltiples comandes, però no totes elles incorporen el CRC. En concret en la taula 3.9.1-1 hi trobem un llistat de totes les comandes de tipus A, tant del PCD com del PICC, així com si inclouen o no el CRC.

Petició PCD	Resposta PICC	CRC
REQA	ATQA	NO
WUPA	ATQA	NO
HLTA	-	SI
ANTICOLLISION CL1	UID CL1	NO
ANTICOLLISION CL2	UID CL2	NO
ANTICOLLISION CL3	UID CL3	NO
SELECT CL1	SAK	SI
SELECT CL2	SAK	SI
SELECT CL3	SAK	SI
RATS	ATS	SI

Taula 3.9.1-1

El CRC A es definit com una funció de k bits de dades, el qual inclou tots els bits de comanda excloent el propi CRC. A partir que totes les comandes son codificades en bits, el nombre de bits k serà múltiple de 8.

El CRC A ha de ser inserit en la trama posterior a l'últim bit de paritat dels bits de comanda, i el final de la comunicació. Cada CRC A ha de dur un bit de paritat al final. Quedant la trama A com es mostra en la figura 3.9.1-1

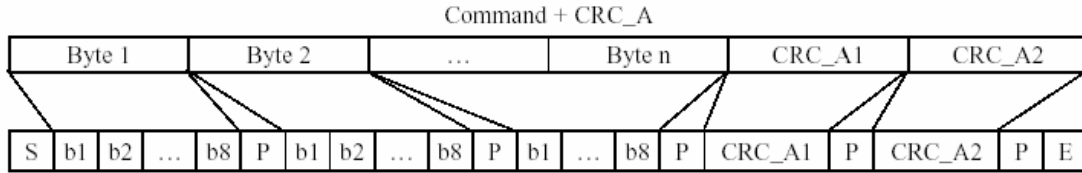


Figura 3.9.1-1

### 3.9.2.- CRC B

En el cas del CRC B totes les trames duen inclòs el CRC, al contrari que en el cas del CRC A. En la taula 3.9.2-1 disposem de totes les comandes que fan referència al tipus B.

Petició PCD	Resposta PICC	CRC
REQB	ATQB	SI
WUPB	ATQB	SI
ATTRIB	Resposta a ATTRIB	SI
HLTB	'00'	SI

Taula 3.9.2-1

El CRC B es definit com una funció de k bits de dades, el qual inclou tots els bits de comanda excloent el propi CRC. A partir que totes les comandes son codificades en bits, el nombre de bits k serà múltiple de 8.

Els dos bytes del CRC B aniran inclosos en la trama, entre els bits de dades i el final de la comunicació, tal com es mostra en la figura 3.9.2-1.

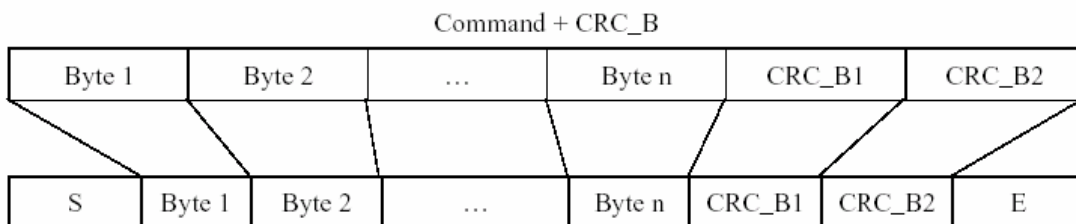


Figura 3.9.2-1

## 4.- Implementació teòrica

Una vegada definida la tecnologia, es fa necessari caracteritzar el sistema ha implementar, i per aquest motiu, es defineix un diagrama de blocs, el qual desgranarà els conceptes individuals d'aquest. En el mencionat diagrama, haurà d'aparèixer un bloc emissor, un de receptor, una unitat de control i una interfície amb l'exterior, tal com es mostra en la figura 4-1.

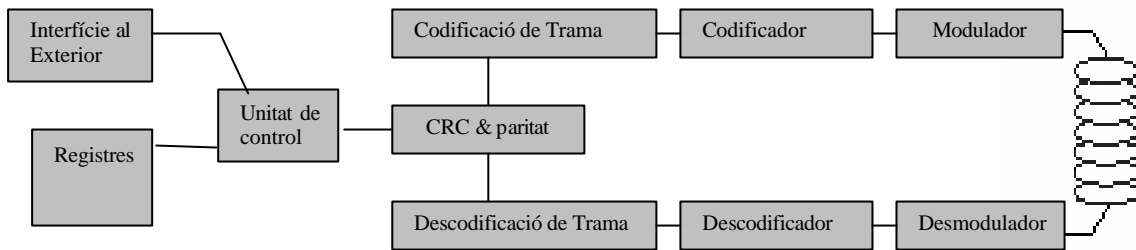


Figura 4-1 (Diagrama de blocs del sistema RFID)

A partir de la figura 4-1, realitzarem un altre diagrama per blocs funcionals, els qual s'han d'apropar mes al resultat final, tenint en compte l'electrònica que comporta. D'aquesta manera si introduïm un microprocessador, aquest podrà gestionar una gran part dels blocs. Tal com es pot veure en la figura 4-2.

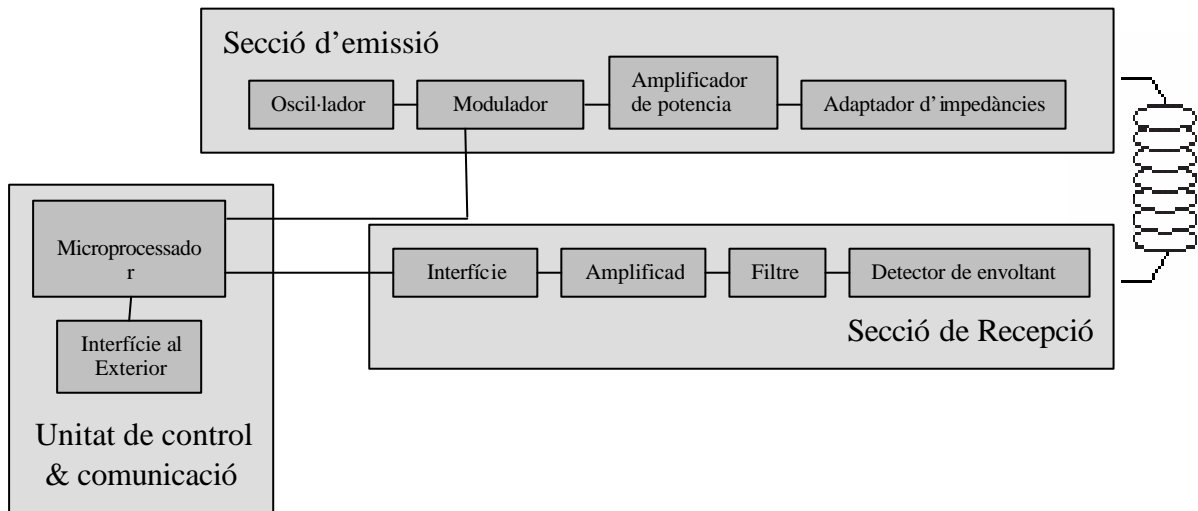


Figura 4-2 (Diagrama del sistema RFID ha implementar)

A partir d'aquest punt es realitzarà una descripció de cada bloc.

### 4.1 Oscil·lador

Avui en dia es troben definits molts mètodes per ha generar oscil·lacions, entre ells disposem de: multivibradors astables amb AO, multivibradors astables amb un circuit integrat 555, Oscil·ladors de cristall paral·lel, oscil·lador de Colpitts etc. Degut a la necessitat d'una freqüència portadora molt concreta i estable, ens veiem obligats ha fer us d'un cristall de quars de 13.56 MHz, utilitzant així un oscil·lador de cristall en mode paral·lel amb inversors, no sol degut a la seva estabilitat en freqüència sinó també degut

ha que proporciona una senyal quadrada que posteriorment utilitzarem, després de modificar, per al microprocessador. Per tant utilitzarem l'esquema de la figura 4.1-1

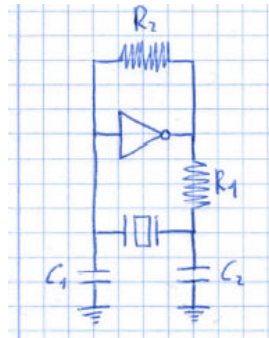


Figura 4.1-1 (Oscil·lador paral·lel amb inversors)

Per ha poder realitzar la parametrització del disseny (figura 4.1-1) es fa necessari accedir ha un esquema mes bàsic, com el de la figura 4.1-2, on hem accedit a l'esquema intern de un inversor.

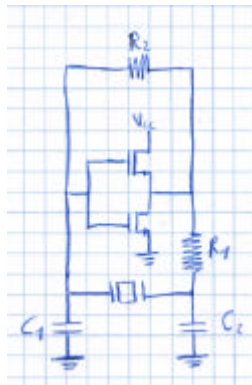


Figura 4.1-2 (Esquema oscil·lador amb TRT)

Per ha realitzar els càlculs suposarem  $R_2$  aproximadament com un circuit obert, i  $R_1$  com ha un curtcircuit, tenint en compte també que els TRT estan en paral·lel i es poden substituir per un únic TRT, i modelarem el cristall com una inductància equivalent, obtenint així un tanc ressonant. Obtenint així l'esquema en petita senyal de la figura 4.1-3.

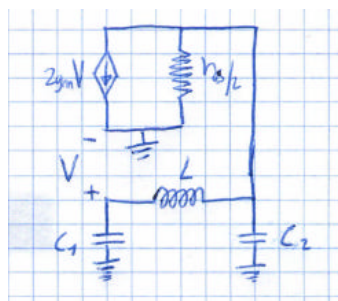


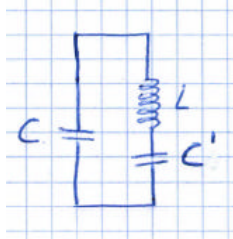
Figura 4.1-3 (Esquema en petita senyal d'un oscil·lador)



De la figura 4.1-2 obtindrem l'equació (1)

$$w_{osc} = \frac{1}{\sqrt{L \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}}} \quad (1)$$

On  $w_{osc}$  ha d'estar compresa entre la freqüència de ressonància sèrie (2) i la paral·lel (3) del cristall, obtingudes a través de la figura 4.1-4 que fa referència a l'esquema equivalent d'un cristall de quars.



$$w_s = \frac{1}{\sqrt{LC'}} \quad (2)$$

$$w_p = \frac{1}{\sqrt{L \frac{CC'}{C + C'}}} \quad (3)$$

Figura 4.2-4 (Esquema equivalent d'un cristall)

Degut ha que no coneixem les característiques del cristall, utilitzat en la practica, s'ha fet necessari adaptar els valors de les R's i C's tenint el coneixement que R2 ha de ser casi un circuit obert, i que R1 ha de ser un valor reduït. Els valors normalitzats de C's per aquest tipus d'oscil·ladors estan al voltant de 33pf als 5pf essent C1 i C2 del mateix valor.

Els valors utilitzats son: C1=C2=33pf, R2=10Meg, R1=910, com es mostra en la figura 4.1-5

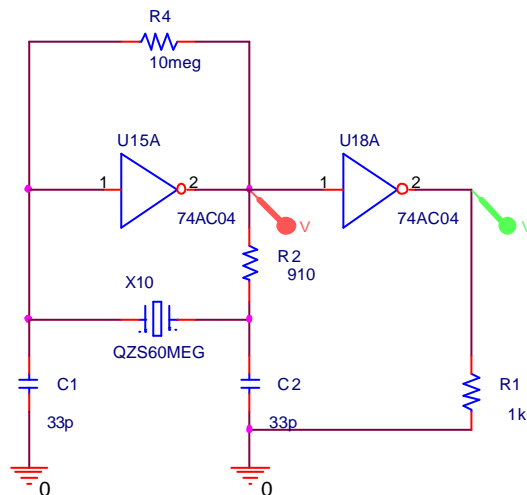


Figura 4.1-5 (Esquema Pspice ha simular)

En la simulació de la figura 4.1-6, hem introduït un inversor a la sortida, obtenint així un senyal mes estable, on el nivell baix es 0V (senyal vermell pertany a la sortida del oscil·lador i senyal verd a la sortida del segon inversor ), cal comentar que aquesta simulació no s'ha fet amb un cristall de 13.56MHz sinó de60MHz

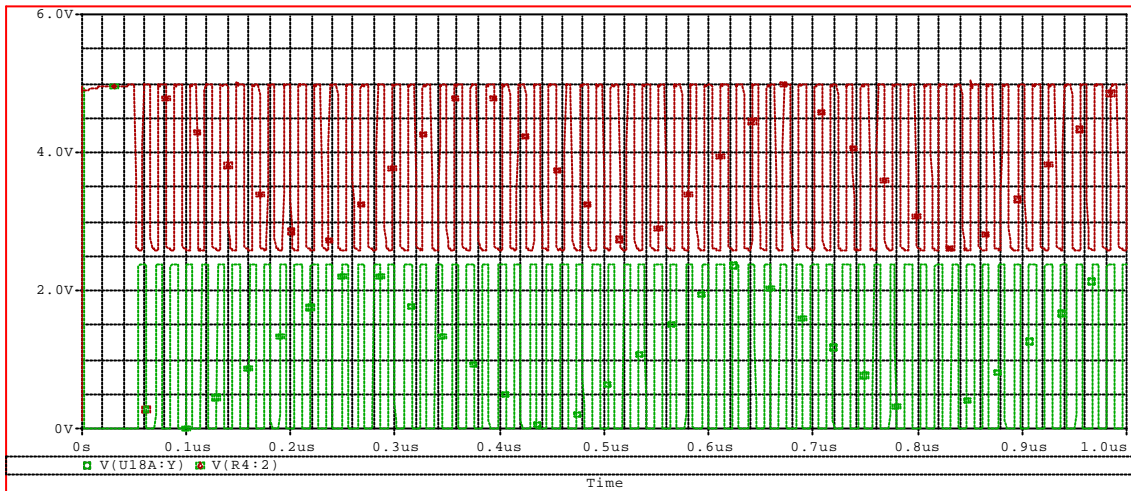


Figura 4.1-6 (Gràfica temporal de l'oscil·lació paral·lel)

Per tal d'obtenir una oscil·lació sinusoidal, sense continua, utilitzarem un filtre pas banda. El disseny escollit per aquest filtre es un Filtre RLC (figura 4.1-7), degut ha la necessitat d'una senyal el mes sinusoidal possible.

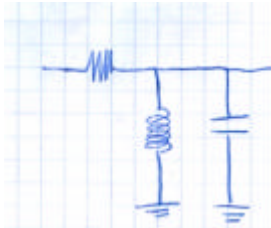


Figura 4.1-7 (Filtre RLC)

Realitzant un anàlisi del filtre obtindrem les següents equacions:

$$\frac{V_i - V_o}{R} = \frac{V_o}{LS} + V_o CS \quad (4)$$

$$V_i - V_o = \frac{V_o R}{LS} + V_o RCS \quad (5)$$

de (4) i (5) obtindrem (6)

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{S}{RCS^2 + S + \frac{R}{L}} = \frac{\frac{S}{RC}}{S^2 + \frac{S}{RC} + \frac{1}{LC}} \quad (6)$$

Per tant si volem la un filtre centrat en la freqüència de tall a 13.56MHz

$$\omega_0^2 = \frac{1}{LC} \Rightarrow f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (7)$$

$$L=1\mu, C=139p$$

Per mantenir l'estabilitat

$$2Q\omega_0 = \frac{1}{RC} \quad (8)$$

$$Q = \frac{1}{2R} \sqrt{LC} > 0 \quad (9)$$

Fixant així la R=470 ? , com es mostra en la figura 4.1-8

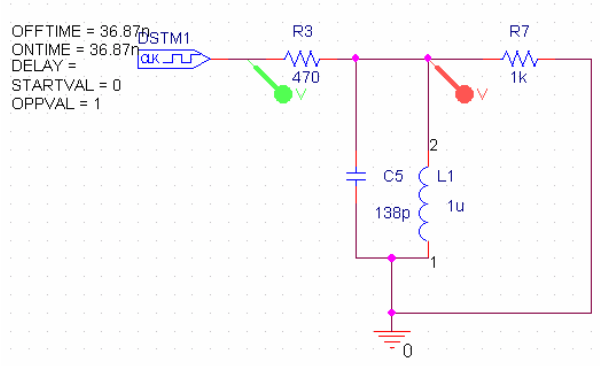


Figura 4.1-8 (Esquema Pspice de filtre RLC)

Amb l'esquema de la figura 4.1-8 obtindrem a la simulació Pspice de la figura 4.1-9 i 4-10 on la senyal verda representa la entrada del oscil·lador i la vermella la sortida.

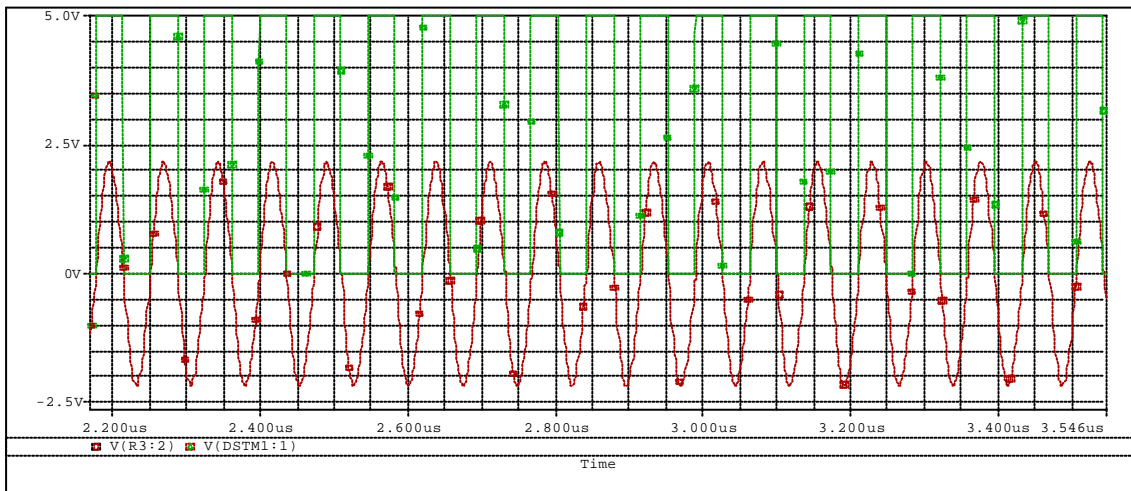


Figura 4.1-9 (Simulació temporal del filtre)

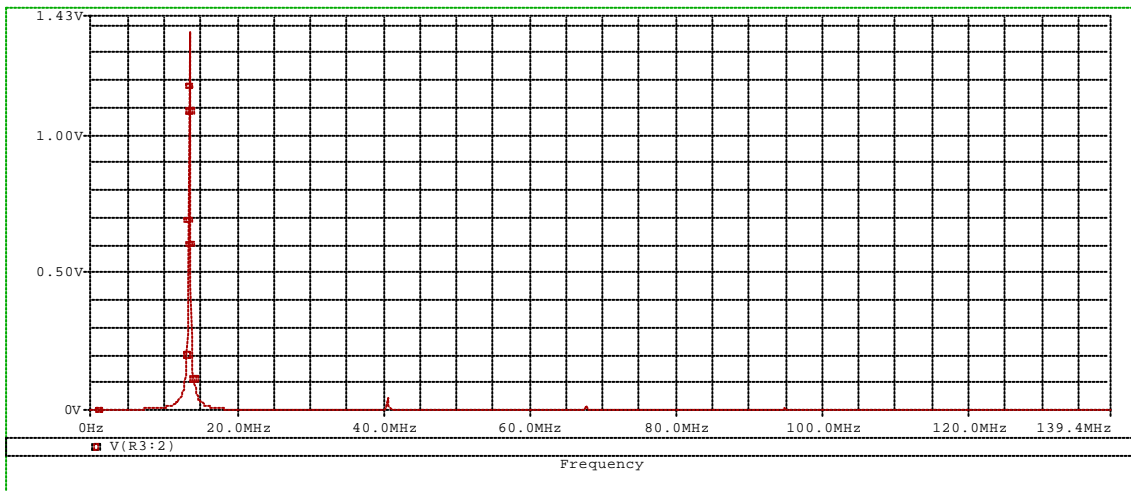


Figura 4.1-10 (Simulació freqüencial del filtre)

## 4.2 Modulador

En el cas del modulador d'ASK ens hem decantat per un amplificador diferencial, on hem fet variable la font de corrent per tal que realitzi la modulació tal com es mostra en la figura 4.2-1

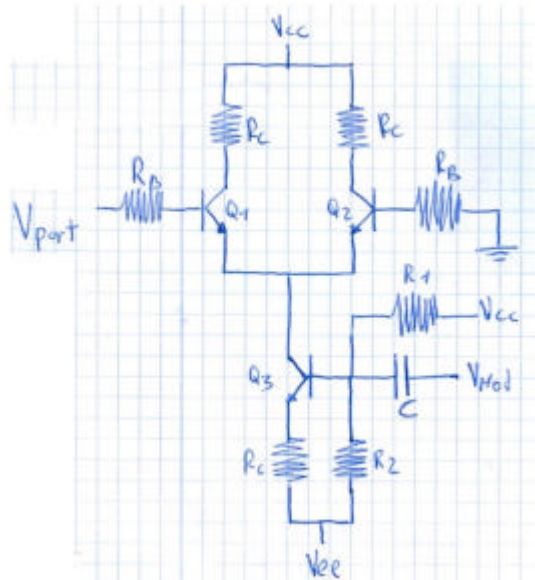


Figura 4.2-1 (Modulador ASK)

Per al disseny de la figura 4.2-1 definirem:

$$R_{c1}=R_{c2}=R_c$$

$$R_{b1}=R_{b2}=R_b$$

$$Q_1=Q_2=Q$$

$$I_{b1}=I_{b2}$$

Voldrem que tant T1 com T2 treballin en la zona activa obtenint així una amplificació, obtenint així les següents equacions del anàlisi en continua:

$$bI_{B3} = (1 + b)I_{B1} + (1 + b)I_{B2} \Rightarrow I_{B3} = \frac{(1 + b)I_{B1} + (1 + b)I_{B2}}{b} = \frac{2(1 + b)I_{B1}}{b} \quad (1)$$

$$I_{B1} = \frac{bI_{B3}}{2(1 + b)} > 0 \quad (2)$$

Realitzant una aproximació de  $(1 + b) \approx b$  en (2)

$$I_{B3} = 2I_{B1} \quad (3)$$

$$V_{cc} = I_{R1}R_1 + I_{R2}R_2 + V_{ee} \quad (4)$$

$$\frac{V_{cc} - I_{R2}R_2 - V_{ee}}{R_1} = I_{R1} \quad (5)$$

$$(1 + b)I_{B3}R_3 + V_{BE} - I_{R2}R_2 = 0 \quad (6)$$

$$(1 + \mathbf{b})I_{B3}R_3 + V_{BE} = I_{R2}R_2 \Rightarrow I_{R2} = \frac{(1 + \mathbf{b})I_{B3}R_3 + V_{BE}}{R_2} \quad (7)$$

$$I_{B3} = \frac{V_{CC} - V_{EE} - ((1 + \mathbf{b})I_{B3}R_3 + V_{BE})}{R_1} - \frac{((1 + \mathbf{b})I_{B3}R_3 + V_{BE})}{R_2} \quad (8)$$

$$I_{B3} = \frac{V_{CC} - V_{EE} - V_{BE}}{R_1} - \frac{V_{BE}}{R_2} - \frac{(1 + \mathbf{b})I_{B3}R_3}{R_1} - \frac{(1 + \mathbf{b})I_{B3}R_3}{R_2} \quad (9)$$

$$I_{B3} \left( 1 + \frac{(1 + \mathbf{b})R_3}{R_1} + \frac{(1 + \mathbf{b})R_3}{R_2} \right) = \frac{V_{CC} - V_{EE} - V_{BE}}{R_1} - \frac{V_{BE}}{R_2} \quad (10)$$

Obtenint finalment (11) aplicant  $I > 0$

$$I_{B3} = \frac{\frac{V_{CC} - V_{EE} - V_{BE}}{R_1} - \frac{V_{BE}}{R_2}}{\left( 1 + \frac{(1 + \mathbf{b})R_3}{R_1} + \frac{(1 + \mathbf{b})R_3}{R_2} \right)} = \frac{R_2 V_{CC} - R_2 V_{EE} - V_{BE}(R_1 + R_2)}{R_1 R_2 + (R_1 + R_2)(1 + \mathbf{b})R_3} > 0 \quad (11)$$

$$V_{E3} = (1 + \mathbf{b})I_{B3}R_3 + V_{EE} \quad (12)$$

$$V_{C3} = -I_{B1}R_B - V_{BE} \quad (13)$$

$$V_{CE3} = -I_{B1}R_B - V_{BE} - (1 + \mathbf{b})I_{B3}R_3 - V_{EE} \quad (14)$$

Aplicant  $V_{CE} > V_{CE-SAT}$

$$V_{CE3} = -\frac{\mathbf{b}I_{B3}}{2(1 + \mathbf{b})}R_B - V_{BE} - (1 + \mathbf{b})I_{B3}R_3 - V_{EE} = -I_{B3} \left( (1 + \mathbf{b})R_3 + \frac{\mathbf{b}}{2(1 + \mathbf{b})}R_B \right) - V_{BE} - V_{EE} > V_{CE-SAT}$$

Així obtindrem

$$-I_{B3} > \frac{V_{CE-SAT} + V_{BE} + V_{EE}}{\left( (1 + \mathbf{b})R_3 + \frac{\mathbf{b}}{2(1 + \mathbf{b})}R_B \right)} \Rightarrow I_{B3} < \frac{-V_{CE-SAT} - V_{BE} - V_{EE}}{\left( (1 + \mathbf{b})R_3 + \frac{\mathbf{b}}{2(1 + \mathbf{b})}R_B \right)} \quad (16)$$

$$V_{c1} = V_{CC} - \mathbf{b}I_{B1}R_C \quad (17)$$

$$V_{E1} = -I_{B1}R_B - V_{BE} \quad (18)$$

Aplicant  $V_{CE} > V_{CE-SAT}$

$$V_{CE1} = V_{CC} - \mathbf{b}I_{B1}R_C + I_{B1}R_B + V_{BE} > V_{CE-SAT} \quad (19)$$

$$- \mathbf{b}I_{B1}R_C + I_{B1}R_B > V_{CE-SAT} - V_{CC} - V_{BE} \quad (20)$$

$$- I_{B1}(\mathbf{b}R_C - R_B) > V_{CE-SAT} - V_{CC} - V_{BE} \quad (21)$$

Així obtindrem

$$- I_{B1} > \frac{V_{CE-SAT} - V_{CC} - V_{BE}}{(\mathbf{b}R_C - R_B)} \Rightarrow I_{B1} < \frac{-V_{CE-SAT} + V_{CC} + V_{BE}}{(\mathbf{b}R_C - R_B)} \quad (22)$$

Finalment obtindrem els valors de  $h_{oe}$  i  $h_{ie}$  que dependran del transistor

$$h_{oe} = \frac{V_A}{I_{cQ}} = \frac{V_A}{\mathbf{b}I_{bQ}} \quad (23)$$

$$h_{ie} = \frac{V_T}{I_{bQ}} \quad (24)$$

Tot seguit es realitzarà el anàlisi en petita senyal com mostra la figura 4.2-2.

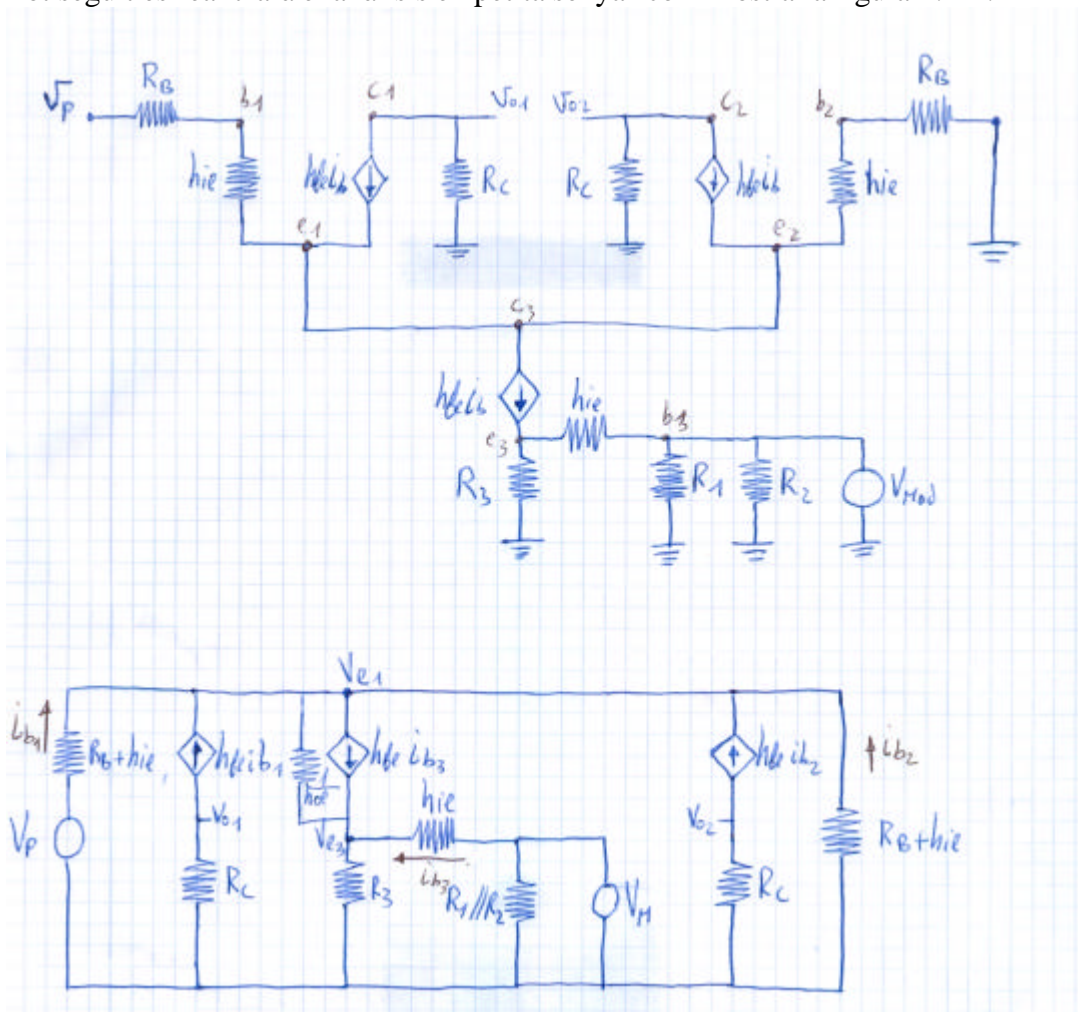


Figura 4.2-2 (Esquema en petita senyal)

$$i_{b1} = \frac{V_p - V_{e1}}{R_b + h_{ie}} \quad (25)$$

$$i_{b2} = \frac{V_{e1}}{R_b + h_{ie}} \quad (26)$$

$$i_{b3} = \frac{V_M - V_{e3}}{h_{ie}} \quad (27)$$

$$v_{e3} = i_{R3} R_e = ((h_{fe} + 1)i_{b1} + (h_{fe} + 1)i_{b2})R_3 \quad (28)$$

$$v_{e1} = v_{e3} + v_{hoe} \quad (29)$$

$$v_{hoe} = i_{hoe} \frac{1}{h_{oe}} \quad (30)$$

$$i_{hoe} = (h_{fe} + 1)i_{b1} + (h_{fe} + 1)i_{b2} - h_{fe}i_{b3} \quad (31)$$

$$v_{e1} = \frac{(h_{fe} + 1)i_{b1} + (h_{fe} + 1)i_{b2} - h_{fe}i_{b3}}{h_{oe}} + ((h_{fe} + 1)i_{b1} + (h_{fe} + 1)i_{b2})R_3 \quad (32)$$

$$v_{e1} = ((h_{fe} + 1)i_{b1} + (h_{fe} + 1)i_{b2}) \left( R_3 + \frac{1}{hoe} \right) - \frac{h_{fe}i_{b3}}{h_{oe}} = ((h_{fe} + 1)i_{b1} + (h_{fe} + 1)i_{b2}) \left( R_3 + \frac{1}{hoe} \right) - \frac{h_{fe}}{h_{oe}h_{ie}} (v_m - v_i)$$

$$v_{e1} = ((h_{fe} + 1)i_{b1} + (h_{fe} + 1)i_{b2}) \left( R_3 + \frac{1}{hoe} \right) - \frac{h_{fe}}{h_{oe}h_{ie}} (v_m - ((h_{fe} + 1)i_{b1} + (h_{fe} + 1)i_{b2})R_3) \quad (34)$$

$$i_{b1} = \frac{V_p - \left( ((h_{fe} + 1)i_{b1} + (h_{fe} + 1)i_{b2}) \left( R_3 + \frac{1}{hoe} \right) - \frac{h_{fe}}{h_{oe}h_{ie}} (v_m - ((h_{fe} + 1)i_{b1} + (h_{fe} + 1)i_{b2})R_3) \right)}{R_b + h_{ie}}$$

$$i_{b1} \left( 1 + \frac{\left( (h_{fe} + 1) \left( R_3 + \frac{1}{hoe} \right) + \frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}} (h_{fe} + 1) \right)}{R_b + h_{ie}} \right) = \frac{V_p + \frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}} v_m - \left( (h_{fe} + 1) \left( R_3 + \frac{1}{hoe} \right) + \frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}} (h_{fe} + 1) \right) i_{b2}}{R_b + h_{ie}}$$

$$i_{b1} = \frac{V_p + \frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}} v_m - \left( (h_{fe} + 1) \left( R_3 + \frac{1}{hoe} \right) + \frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}} (h_{fe} + 1) \right) i_{b2}}{R_b + h_{ie}} \quad (37)$$

$$\left( 1 + \frac{\left( (h_{fe} + 1) \left( R_3 + \frac{1}{hoe} \right) + \frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}} (h_{fe} + 1) \right)}{R_b + h_{ie}} \right)$$

$$i_{b1} = \frac{V_p + \frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}v_m - \left( (h_{fe} + 1) \left( R_3 + \frac{1}{hoe} \right) + \frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}(h_{fe} + 1) \right) i_{b2}}{R_b + h_{ie}} \quad (38)$$

$$\left( \frac{R_b + h_{ie} + \left( (h_{fe} + 1) \left( R_3 + \frac{1}{hoe} \right) + \frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}(h_{fe} + 1) \right)}{R_b + h_{ie}} \right)$$

$$i_{b1} = \frac{V_p + \frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}v_m - \left( (h_{fe} + 1) \left( R_3 + \frac{1}{hoe} \right) + \frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}(h_{fe} + 1) \right) i_{b2}}{R_b + h_{ie} + \left( (h_{fe} + 1) \left( R_3 + \frac{1}{hoe} \right) + \frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}(h_{fe} + 1) \right)} \quad (39)$$

$$i_{b2} = \frac{\left( (h_{fe} + 1) i_{b1} + (h_{fe} + 1) i_{b2} \right) \left( R_3 + \frac{1}{hoe} \right) - \frac{h_{fe}}{h_{oe}h_{ie}} \left( v_m - \left( (h_{fe} + 1) i_{b1} + (h_{fe} + 1) i_{b2} \right) R_3 \right)}{R_b + h_{ie}} \quad (40)$$

$$i_{b2} \left( 1 - \frac{\left( (h_{fe} + 1) \left( R_3 + \frac{1}{hoe} \right) + \frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}(h_{fe} + 1) \right)}{R_b + h_{ie}} \right) = \frac{-\frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}v_m + \left( (h_{fe} + 1) \left( R_3 + \frac{1}{hoe} \right) + \frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}(h_{fe} + 1) \right) i_{b1}}{R_b + h_{ie}}$$

$$i_{b2} = \frac{-\frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}v_m + \left( (h_{fe} + 1) \left( R_3 + \frac{1}{hoe} \right) + \frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}(h_{fe} + 1) \right) i_{b1}}{R_b + h_{ie}} \quad (42)$$

$$\left( 1 - \frac{\left( (h_{fe} + 1) \left( R_3 + \frac{1}{hoe} \right) + \frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}(h_{fe} + 1) \right)}{R_b + h_{ie}} \right)$$

$$i_{b2} = \frac{-\frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}v_m + \left( (h_{fe} + 1) \left( R_3 + \frac{1}{hoe} \right) + \frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}(h_{fe} + 1) \right) \frac{V_p + \frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}v_m - \left( (h_{fe} + 1) \left( R_3 + \frac{1}{hoe} \right) + \frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}(h_{fe} + 1) \right) i_{b2}}{R_b + h_{ie} + \left( (h_{fe} + 1) \left( R_3 + \frac{1}{hoe} \right) + \frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}(h_{fe} + 1) \right)}}{R_b + h_{ie} - \left( (h_{fe} + 1) \left( R_3 + \frac{1}{hoe} \right) + \frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}(h_{fe} + 1) \right)}$$



$$i_{b2} = \frac{-\frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}v_m + \left(R_3 + \frac{1}{hoe} + \frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}\right)(h_{fe} + 1) \frac{V_p + \frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}v_m - \left(\left(R_3 + \frac{1}{hoe} + \frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}\right)(h_{fe} + 1)\right)i_{b2}}{R_b + h_{ie} + \left(R_3 + \frac{1}{hoe} + \frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}\right)(h_{fe} + 1)}}{R_b + h_{ie} - \left(R_3 + \frac{1}{hoe} + \frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}\right)(h_{fe} + 1)}$$

$$i_{b2} = \frac{-\frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}v_m + \left(R_3 + \frac{1}{hoe} + \frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}\right) \frac{V_p + \frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}v_m - \left(\left(R_3 + \frac{1}{hoe} + \frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}\right)(h_{fe} + 1)\right)i_{b2}}{\frac{R_b + h_{ie}}{(h_{fe} + 1)} + \left(R_3 + \frac{1}{hoe} + \frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}\right)}}{R_b + h_{ie} - \left(R_3 + \frac{1}{hoe} + \frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}\right)(h_{fe} + 1)}$$

si considerem

$$\frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}} \gg \left(R_3 + \frac{1}{hoe}\right) \& \gg h_{ie} \quad (46)$$

$$i_{b2} = \frac{-\frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}v_m + \left(\frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}(h_{fe} + 1)\right) \frac{V_p + \frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}v_m - \left(\frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}(h_{fe} + 1)\right)i_{b2}}{\frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}(h_{fe} + 1)}}{\frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}(h_{fe} + 1)} = \quad (47)$$

$$i_{b2} = \frac{-\frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}v_m + \left(\frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}(h_{fe} + 1)\right) \left(\frac{V_p}{\frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}(h_{fe} + 1)} + \frac{v_m}{(h_{fe} + 1)} - i_{b2}\right)}{\frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}(h_{fe} + 1)} = -\frac{v_m}{(h_{fe} + 1)} + \frac{v_m}{(h_{fe} + 1)} \frac{V_p}{\frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}(h_{fe} + 1)} - i_{b2}$$

Obtindrem finalment

$$i_{b2} = \frac{V_p}{2 \frac{h_{fe}R_3}{h_{oe}h_{ie}}(h_{fe} + 1)} \quad (49)$$

$$v_{o1} = h_{fe}i_{b1}R_C \quad (50)$$

$$v_{o2} = h_{fe}i_{b2}R_C \quad (51)$$

$$v_o = v_{o1} - v_{o2} = h_{fe} R_c (i_{b1} - i_{b2}) \quad (52)$$

Realitzarem unes aproximacions per ha simplificar el càlcul

Si

$$i_{b1} = \frac{V_p + \frac{h_{fe} R_3}{h_{oe} h_{ie}} v_m - \left( (h_{fe} + 1) \left( R_3 + \frac{1}{hoe} \right) + \frac{h_{fe} R_3}{h_{oe} h_{ie}} (h_{fe} + 1) \right) i_{b2}}{R_b + h_{ie} + \left( (h_{fe} + 1) \left( R_3 + \frac{1}{hoe} \right) + \frac{h_{fe} R_3}{h_{oe} h_{ie}} (h_{fe} + 1) \right)} \quad (53)$$

$$v_o = v_{o1} - v_{o2} = h_{fe} R_c \left( \frac{V_p + \frac{h_{fe} R_3}{h_{oe} h_{ie}} v_m - \left( (h_{fe} + 1) \left( R_3 + \frac{1}{hoe} \right) + \frac{h_{fe} R_3}{h_{oe} h_{ie}} (h_{fe} + 1) \right) i_{b2}}{R_b + h_{ie} + \left( (h_{fe} + 1) \left( R_3 + \frac{1}{hoe} \right) + \frac{h_{fe} R_3}{h_{oe} h_{ie}} (h_{fe} + 1) \right)} - i_{b2} \right)$$

si considerem

$$\frac{h_{fe} R_3}{h_{oe} h_{ie}} \gg \left( R_3 + \frac{1}{hoe} \right) \quad (55)$$

Tenim que

$$v_o = v_{o1} - v_{o2} = h_{fe} R_c \left( \frac{V_p + \frac{h_{fe} R_3}{h_{oe} h_{ie}} v_m - \frac{h_{fe} R_3}{h_{oe} h_{ie}} (h_{fe} + 1) i_{b2}}{\frac{h_{fe} R_3}{h_{oe} h_{ie}} (h_{fe} + 1)} - i_{b2} \right) = \left( \frac{V_p}{\frac{h_{fe} R_3}{h_{oe} h_{ie}} (h_{fe} + 1)} + \frac{v_m}{h_{fe} + 1} - 2i_{b2} \right) h_{fe} R_c$$

$$v_o = \left( \frac{V_p h_{oe} h_{ie}}{h_{fe} R_3 (h_{fe} + 1)} + \frac{v_m}{h_{fe} + 1} - 2i_{b2} \right) h_{fe} R_c \approx \left( \frac{V_p h_{oe} h_{ie}}{h_{fe} R_3} + v_m - 2i_{b2} h_{fe} \right) R_c \quad (57)$$

Interessa hfe baixa i Rc alta.

### 4.3 Tensió moduladora (Vmod).

Per tal d'adequar el senyal de sortida del microprocessador al modulador, utilitzarem una circuit adaptador de nivells com el de la figura 4.3-1. Tenint en compte que la tensió de sortida del microprocessador a nivell alt serà de 4.5V.

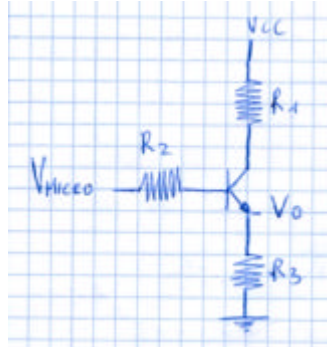


Figura 4.3-1 (Adaptador de nivells)

S'ha de tenir en compte que el transistor treballarà en tall i en activa. Començarem en les condicions per activa.

$$V_{micro} = I_b R_2 + V_{BE} + (1 + \beta) I_b R_3 \quad (1)$$

$$I_b = \frac{V_{micro} - V_{BE}}{(1 + \beta) R_3 + R_2} > 0 \Rightarrow V_{micro} > V_{BE} \quad (1')$$

$$V_o = (1 + \beta) I_b R_3 \quad (2)$$

$V_o$  Dependrà de  $R_3$ , i serà el que determini l'índex de modulació

$$V_{CE} = V_C - V_E \quad (4)$$

de (4) i (1')

$$V_{CE} = V_{CC} - I_b ((1 + \beta) R_3 + \beta R_1) = V_{CC} - \frac{V_{micro} - V_{BE}}{(1 + \beta) R_3 + R_2} ((1 + \beta) R_3 + \beta R_1) > V_{CE-SAT} \quad (5)$$

Quan  $V_{micro} < 0.5$  treballarà en tall

### 4.4 Simulacions amb Pspice del bloc emissor

Utilitzarem els següents valors després d'ajustar els valors al unir els circuits:  $R_c=1.8k$ ,  $R_b=2k7$ ,  $R_1=8k2$ ,  $R_2=2k7$ ,  $R_3=390$  tal com es mostra en la figura 4.4-1

En la figura 4.4-1 hem afegit un condensador C per a millorar la resposta en el temps de baixada de Vmod.

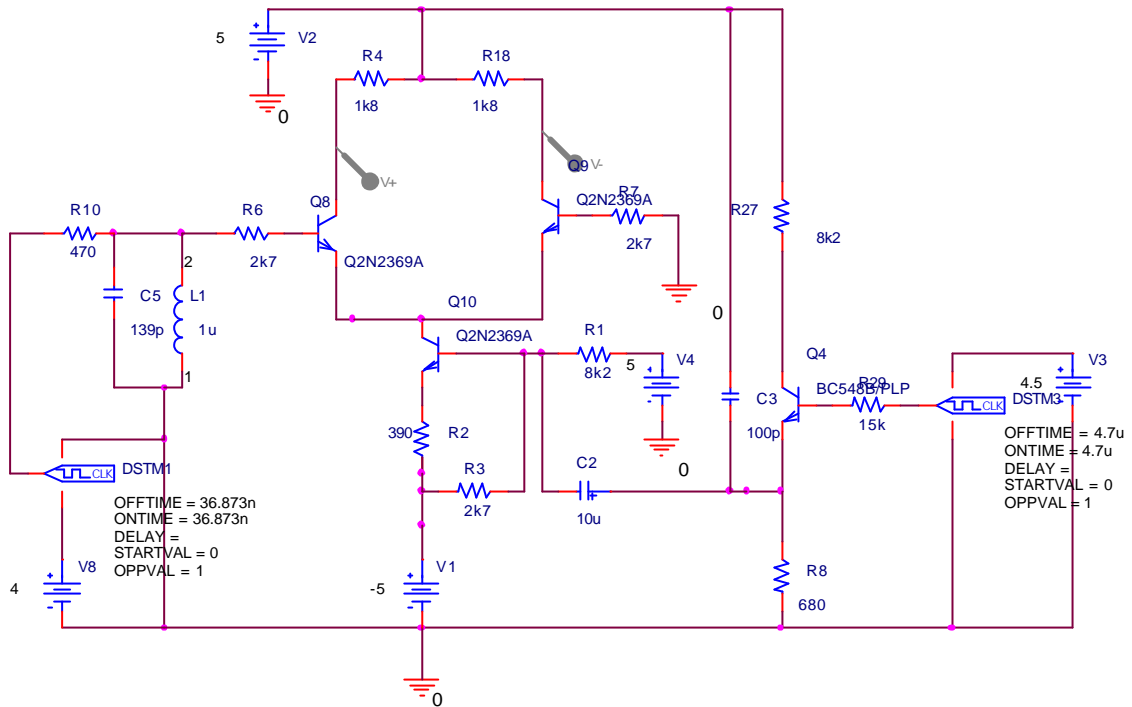


Figura 4.4-1 (Esquema bloc emissor)

L'estàndard imposa una sèrie de requeriments en tensió i temps. Que podem observar en les figures 4.4-2 i 4.4-3, i que detallarem tot seguit:

Temps pujada 223ns

Sobreimpuls 0mv

Temps baixada 507ns

Sobreimpuls negatiu 24mv

V1= 4.1884V , V2=3.4124V, obtenint així un índex de modulació del 10.22%

Per tant compleix especificacions

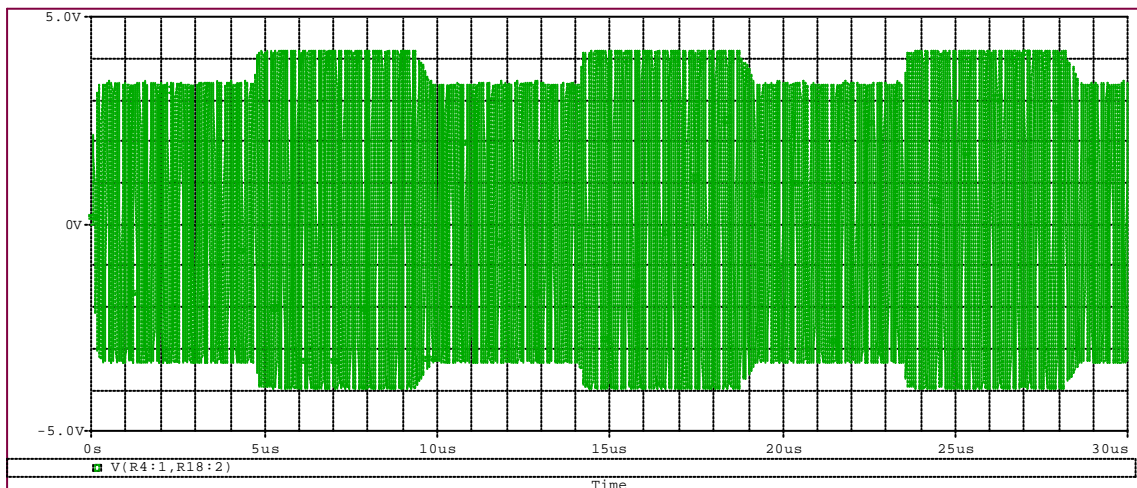


Figura 4.4-2 (Modulació ASK)

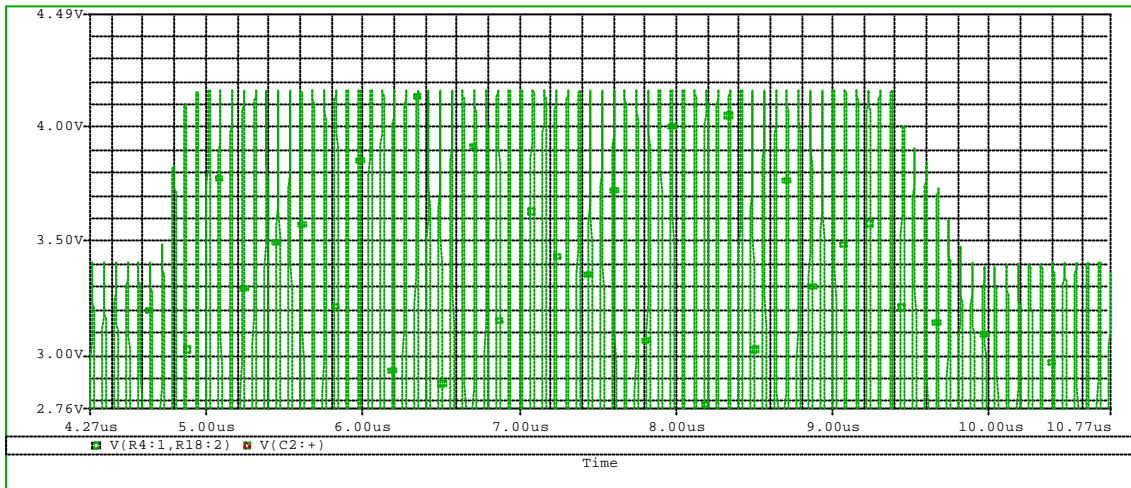
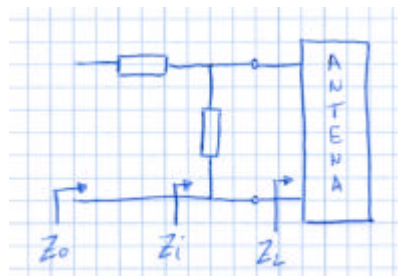


Figura 4.4-3 (Detall modulació ASK)

### 4.5 Adaptador d'impedàncies

Tenim una sortida diferencial on la impedància de sortida es de  $2R_c$ , i una antena amb una impedància determinada,

Realitzarem una xarxa d'adaptació amb un condensador en paral·lel i un altre en sèrie. Tenint en compte que el coeficient de reflexió es de  $991\text{mV } 177.07^\circ$  i entrant aquests valors en una carta d'Smith (annex 1) obtindrem els següents resultats (seguint figura 4.5-1):



4.5-1 (Xarxa adaptadora d'impedàncies)

$$Y_1 = Y_L + jB_p \Rightarrow jB_p = j49.87$$

$$jB_p = \frac{jB_p}{Z_0} = j\omega C_p \Rightarrow C_p = \frac{B_p}{Z_0 \omega} = 325\text{p}$$

$$Z_o = Z_1 + X_s \Rightarrow jX_s = j7.75$$

$$jX_s = jX_s Z_0 = j \frac{1}{\omega C_s} \Rightarrow C_s = \frac{1}{X_s Z_0 \omega} = 0.8\text{p}$$

### 4.6 Desmodulador

Per Realitzar la desmodulació haurem de tenir en compte que estem d'avant d'una modulació BPSK amb ASK. Disposem per una banda d'una modulació ASK, on tenim una freqüència portadora de 13.56MHz i una senyal moduladora en forma de una ona quadrada de 847KHz, on a la mateixa vegada, aquesta pot canviar de fase obtenint així el senyal modulad BPSK.

Per tant dividirem el circuit desmodulador en dues parts. Un desmodulador ASK i un BPSK.

#### 4.6.1 ASK

Un senyal modulad ASK disposa del espectre en freqüència de la figura 4.6.1-1:

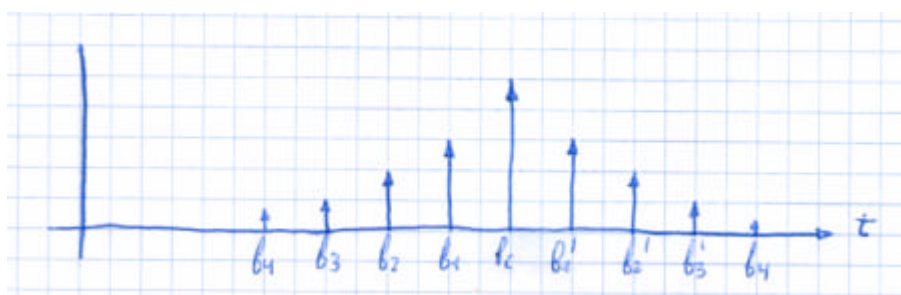


Figura 4.6.1-1 ( Espectre en freqüència d'una modulació ASK)

On tindrem una  $f_m=847\text{KHz}$  una  $f_c=13.56\text{MHz}$ ,  $f_1=f_c-f_m$ ,  $f_2=f_c-3f_m$ ,  $f_3=f_c-5f_m$ ,  $f_4=f_c-7f_m...$  Nosaltres considerarem les freqüències inferiors a  $f_4$  com no necessàries .

El modulador que implementarem serà un detector d'envoltant. Per això utilitzarem el esquema de la figura 4.6.1-2:

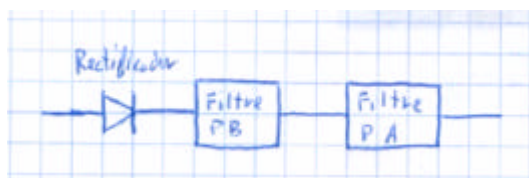


Figura 4.6.1-2 (Esquema desmodulador ASK )

El diode ens proporciona una rectificació, deixant el rang de freqüències com el de la figura 4.6.1-3

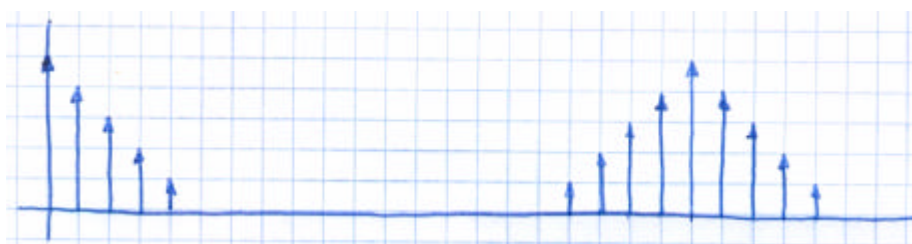


Figura 4.6.1-3 (Espectre de freqüències després de la rectificació )

En Segon lloc disposem d'un filtre pas baix (figura 4.6.1-4) eliminant les components de freqüències no desitjades. Per aquest motiu decidim fixar la freqüència de tall en  $3f_m = 2.541\text{MHz}$ . Aquest valor l'agafem perquè, encara que atenua el  $5f_m$  ens interessa que filtri  $f_c$ . Tenint en compte que en un circuit RC, com el de la figura posterior, la freqüència de tall be definida per:

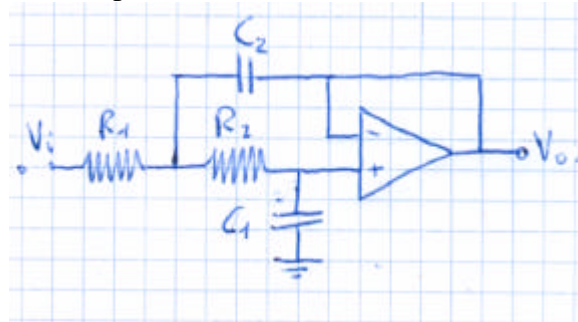


Figura 4.6.1-4 (Filtre pas baix actiu)

Del filtre de la figura 4.6.1-4 es desprenen les següents equacions:

$$\frac{V - V_o}{R_2} = V_o SC_1 \quad (1)$$

$$V = V_o (SC_1 R_2 + 1) \quad (1')$$

$$\frac{V_i - V}{R_1} = \frac{V - V_o}{R_2} + (V - V_o)SC_2 \quad (2)$$

$$V_i = V \left( 1 + \frac{R_1}{R_2} + SC_2 R_1 \right) - V_o SC_2 \left( \frac{R_1}{R_2} + SC_2 R_1 \right) \quad (2')$$

De 1' i 2' s'obté

$$V_i = V_o (SC_1 R_2 + 1) \left( 1 + \frac{R_1}{R_2} + SC_2 R_1 \right) - V_o SC_2 \left( \frac{R_1}{R_2} + SC_2 R_1 \right) = V_o (1 + SC_1 (R_1 + R_2) + S^2 C_2 C_1 R_1 R_2)$$

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{(1 + SC_1 (R_1 + R_2) + S^2 C_2 C_1 R_1 R_2)} = \frac{\frac{1}{C_2 C_1 R_1 R_2}}{S^2 + S \frac{(R_1 + R_2)}{C_2 R_1 R_2} + \frac{1}{C_2 C_1 R_1 R_2}} \quad (3)$$

Si calculem el filtre segons la solució de Butterworth de segon ordre

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{\frac{1}{C_2 C_1 R_1 R_2}}{S^2 + S \frac{(R_1 + R_2)}{C_2 R_1 R_2} + \frac{1}{C_2 C_1 R_1 R_2}} = \frac{(2\text{pfc})^2}{S^2 + \sqrt{2}\omega_c S + (2\text{pfc})^2} \quad (4)$$

$$(2\text{pfc})^2 = \frac{1}{C_2 C_1 R_1 R_2} \quad (5)$$

$$2\sqrt{2}\text{pfc} S = S \frac{(R_1 + R_2)}{C_2 R_1 R_2} \quad (6)$$

Tot seguit disposarem d'un filtre pas Alt (Figura4.6.1-5) el qual eliminarà la component continua, i freqüències no desitjades. En concret eliminarem les freqüències inferiors a 100kHz.

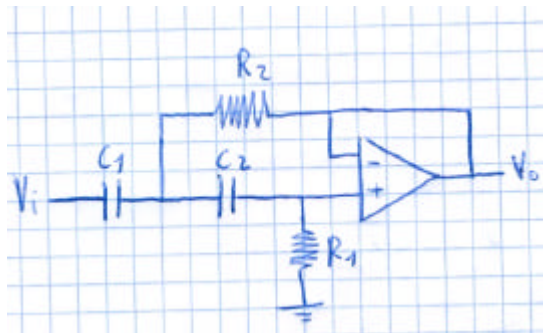


Figura 4.6.1-5 (Filtre pas alt actiu)

De la figura 4.6.1-5 obtindrem les següents equacions

$$(V - V_o)SC_2 = \frac{V_o}{R_1} \quad (7)$$

$$V = V_o \left( 1 + \frac{1}{SC_2 R_1} \right) \quad (7')$$

$$(V_i - V)SC_1 = (V - V_o)SC_2 + \frac{(V - V_o)}{R_2} \quad (8)$$

$$V_i = V \left( 1 + \frac{SC_2}{SC_1} + \frac{1}{SC_1 R_2} \right) - V_o \left( \frac{SC_2}{SC_1} + \frac{1}{SC_1 R_2} \right) \quad (8')$$

de (7) i (8)

$$V_i = V_o \left( 1 + \frac{1}{SC_2 R_1} \right) \left( 1 + \frac{SC_2}{SC_1} + \frac{1}{SC_1 R_2} \right) - V_o \left( \frac{SC_2}{SC_1} + \frac{1}{SC_1 R_2} \right) = V_o \left( 1 + \frac{1}{SC_1 R_1} + \frac{1}{SC_1 R_1 C_2 R_2} \right) \quad (9)$$

Si calculem el filtre segons la solució de Butterworth de segon ordre

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{\left( 1 + \frac{1}{SC_1 R_1} + \frac{1}{S^2 C_1 R_1 C_2 R_2} \right)} = \frac{1}{\left( S^2 + \frac{S}{C_1 R_1} + \frac{1}{C_1 R_1 C_2 R_2} \right)} = \frac{(2\text{pfc})^2}{S^2 + \sqrt{2}\omega_c S + (2\text{pfc})^2} \quad (10)$$

$$(2\text{pfc})^2 = \frac{1}{C_2 C_1 R_1 R_2} \quad (11)$$

$$2\sqrt{2}\text{pfc} S = S \frac{1}{C_1 R_1} \quad (12)$$

Seguidament realitzarem una simulació dels filtres amb el circuit de la figura 4.6.1-6 on es mostren els valors desitjats per els diferents components.



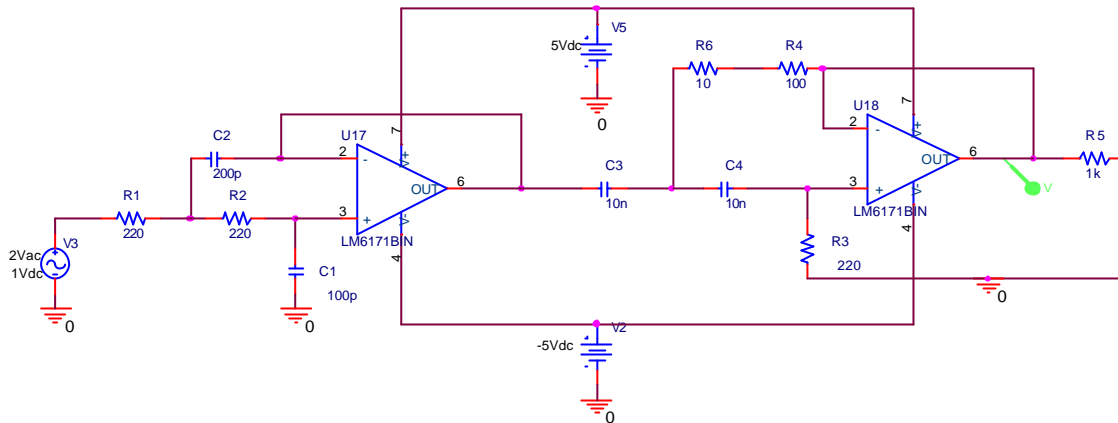


Figura 4.6.1-6 (Filtres Pas alt i baix)

El resultat, a nivell de freqüències, de la simulació amb Pspice es mostra en la figura 4.6.1-7 on es veuen els marges inferiors i superior dels filtres.

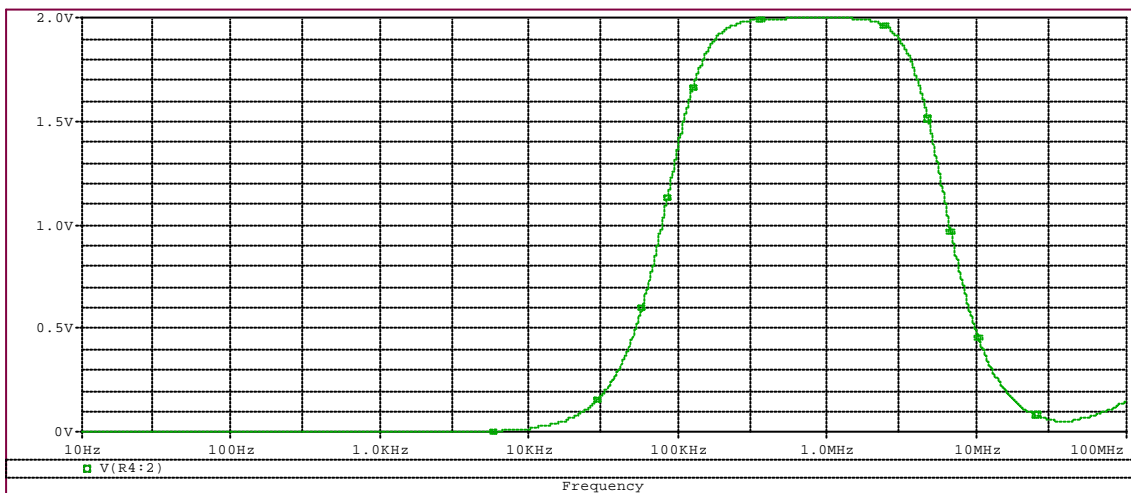


Figura 4.6.1-7 (Resposta en freqüència dels filtres)

Seguidament dels filtres ens caldrà un amplificador que ens adapti la senyal ha uns nivells adequats. El guany d'aquest senyal ve donat per el valor mínim el qual podem trobar en el senyal rebut (5mV). L'amplificador serà alimentat amb Vcc i Vee degut a les necessitats del desmodulador de BPSK. Realitzarem un amplificador no inversor com el de la figura 4.6.1-8

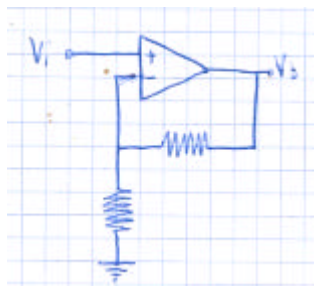


Figura 4.6.1-8 (Amplificador no inversor)

De la figura 4.6.1-8 obtindrem les següent equacions

$$\frac{(V_o - V_i)}{R1} = \frac{V_i}{R2} \quad (13)$$

$$\frac{V_o}{V_i} = 1 + \frac{R1}{R2} \quad (14)$$

Si desitgem una amplificació tal que 5mV passin ha ser quasi 5V

$$1 + \frac{R1}{R2} = 1000 \quad (15)$$

Per el que agafarem R1=100k i R2=120 de tal manera que el mínim valor a la sortida siguin 4,16V

### 4.6.2 BPSK

Un desmodulador BPSK es basa en detectar els canvis de fase que apareixen. Per ha realitzar aquesta operació ens trobem amb múltiples solucions, entre elles hi ha “el bucle de costas” (Figura 4.6.2-1), i el bucle elevador al quadrat (Figura 4.6.2-2).

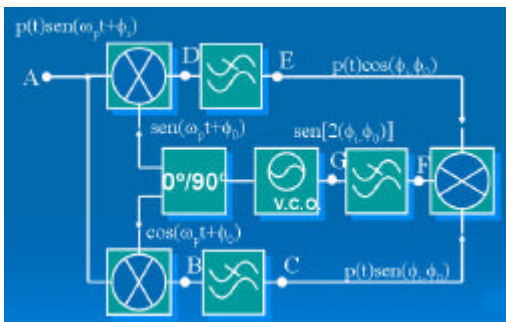


Figura 4.6.2-1



Figura 4.6.2-3

Ens trobem davant d'esquemes que fan necessària una circuiteria extensa, per aquesta raó, s'ha intentat utilitzar una solució que proporcioni una reducció en la circuiteria.

Per tal fi em recorregut a realitzar l'integral del senyal obtenint així una senyal de forma triangular. Si considerem el senyal modulad BPSK com a una funció definida a trossos amb periodicitat T, obtenim:

$$f(x) = \left\{ \begin{array}{l} +C \rightarrow si \rightarrow t < T/2 \\ -C \rightarrow si \rightarrow T > t > T/2 \end{array} \right\} \quad (1)$$

On la seva representació temporal la trobem en la figura 4.6.2-3

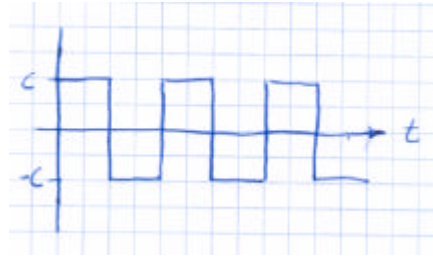


Figura 4.6.2-3

Si ara fem la integral de la funció ens queda que

$$f(x) = \left\{ \begin{array}{l} +CX + n \rightarrow \text{si } \rightarrow t < T/2 \\ -CX + n \rightarrow \text{si } \rightarrow T > t > T/2 \end{array} \right\} (2)$$

On la seva representació temporal la trobem en la figura 4.6.2-4

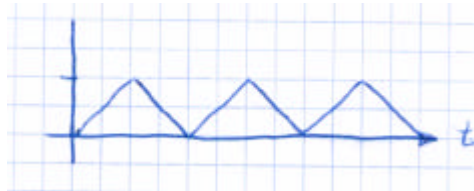


Figura 4.6.2-4

Això seria així si el senyal BPSK no posseís canvis de fase. Degut als canvis de fase hi haurà dos moments diferencials. En aquest temps en que la senyal es manté mes temps a "1" obtindrem una pendent positiva que es manté mes temps, i en el cas que es manté mes temps ha -1 obtindrem una pendent negativa que es manté mes temps. Obtenint així la resposta temporal de la figura 4.6.2-5.

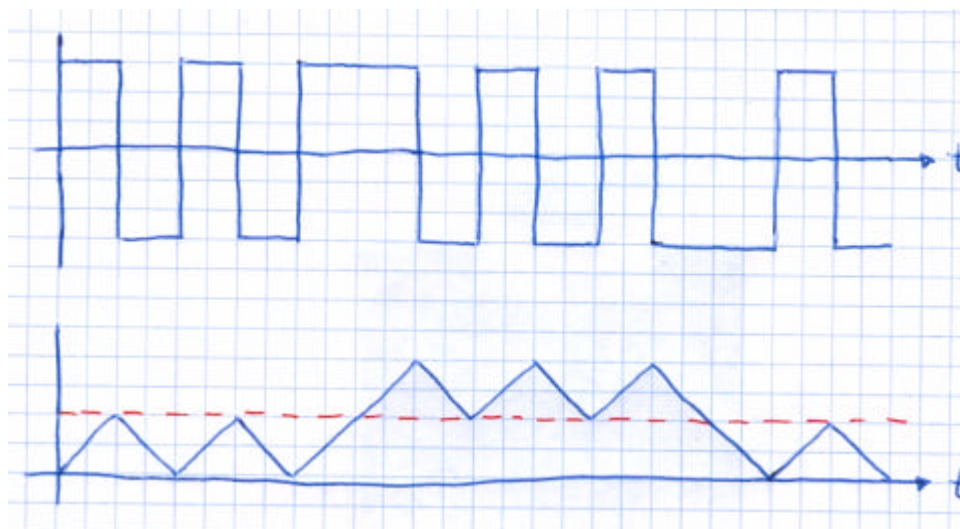


Figura 4.6.2-5

Per a realitzar aquesta operació utilitzarem un integrador com el de la figura 4.6.2-6

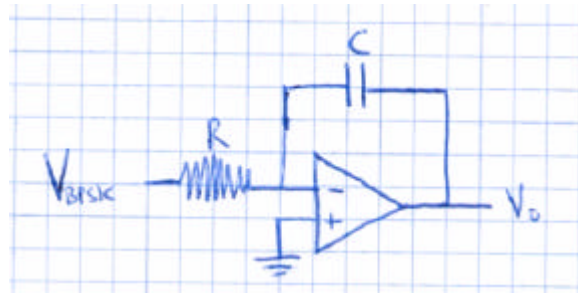


Figura 4.6.2-6

De la figura 4.6.2-6 es desprenen les següents equacions:

$$i_c = C \frac{dv_c}{dt} = C \frac{dv_o}{dt} = \frac{-v_{bpsk}}{R} \quad (3)$$

$$dv_o = \frac{-1}{RC} v_{bpsk} dt \quad (4)$$

$$\int_{v_o(t_0)}^{v_o(t)} dv_o = \int_{t_0}^t \frac{-1}{RC} v_{bpsk} dt \quad (5)$$

$$v_o(t) = v_o(t_0) \frac{-1}{RC} \int v_{bpsk} dt \quad (6)$$

Utilitzarem  $R=100k$ ,  $C=100n$ , obtenint així per  $v_o(t_0) = 0 \Rightarrow 100 \int v_{bpsk} dt$

Una vegada obtingut el senyal triangular sol ens quedarà generar un circuit que ens permeti detectar quan estem a un nivell o ha un altre. En aquest cas utilitzarem un comparador amb histèresis com el de la figura 4.6.2-7.

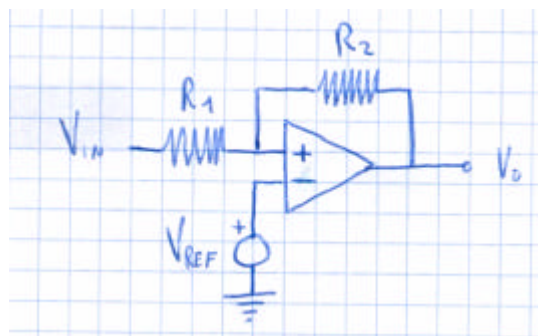


Figura 4.6.2-7

Hem de tenir en compte que la tensió  $V_{ref}$  s'obindrà a través d'un divisor de tensió, i que l'amplificador treballarà en saturació. Obtindrem així les següents equacions tenint en compte que  $V_{TL}$  representa la tensió de transició de pujada i  $V_{TH}$  representa la tensió de transició en pujada.

$$V_{TL} = V_{REF} \frac{R1 + R2}{R2} - V_{SATL} \frac{R1}{R2}$$

$$V_{TH} = V_{REF} \frac{R1 + R2}{R2} - V_{SATL} \frac{R1}{R2}$$

S'ha de tenir en compte que el comparador treballarà entre 5V i 0, per tant  $V_{SATH}=5$  i  $V_{SATL}=0$

### Cas real i simulació

Tenir en compte que si utilitzem un amplificador fora de la seva zona de disseny, pot realitzar també la integració, sense fer falta utilitzar la R i la C, ens decantarem per utilitzar aquest mètode.

Per altra banda si utilitzem un condensador per estabilitzar el senyal de sortida del integrador obtindrem una senyal amb un arrissat molt menor, per la qual cosa podrem canviar el comparador amb histeresis, per un simple comparador. Per aquest motiu utilitzarem i simularem amb Pspice el circuit de la figura 4.6.2-8

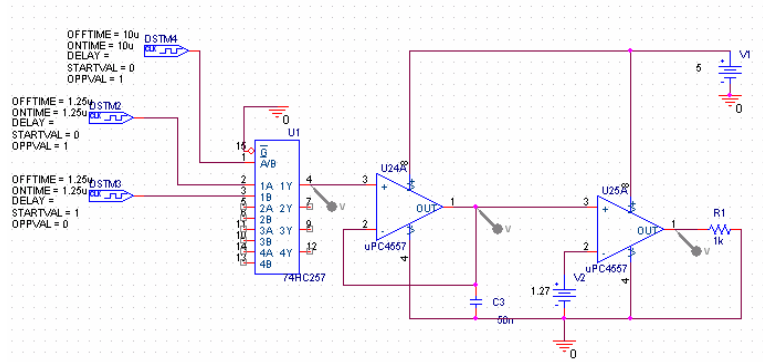


Figura 4.6.2-8

Aquest disseny ens proporciona els resultats de la figura 4.6.2-9, on la el senyal vermell correspon a la senyal modulada en BPSK, el senyal groc a la sortida del integrador i el senyal blau a la sortida del comparador.

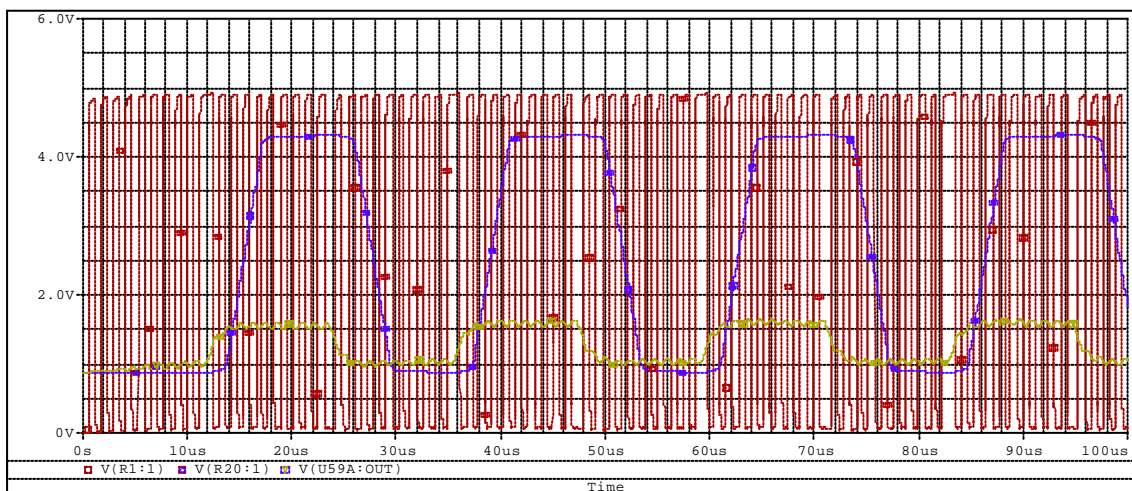


Figura 4.6.2-9

### 4.6.3 Simulació del bloc receptor.

Per tal de comprovar el bon funcionament del bloc emissor hem fet la simulació del desmodulador ASK i el BPSK essent necessari introduir uns petits canvis en el disseny per causes degudes als component triats (figura 4.6.3-1).

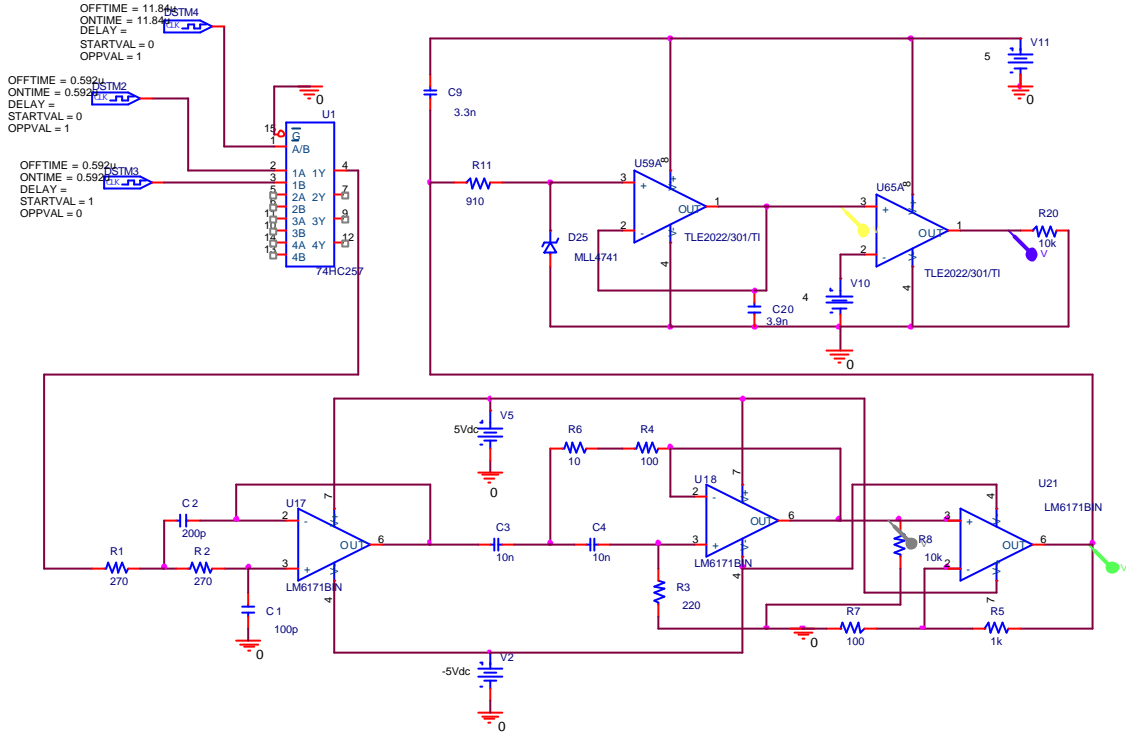


Figura 4.6.3-1

De la simulació de la figura 4.6.3-1 obtindrem la resposta temporal de la figura 4.6.3-2, el senyal verd representa la sortida del amplificador després d’haver passat pels filtres, la senyal groga pertany a la sortida del integrador, i la senyal blava la sortida del comparador.

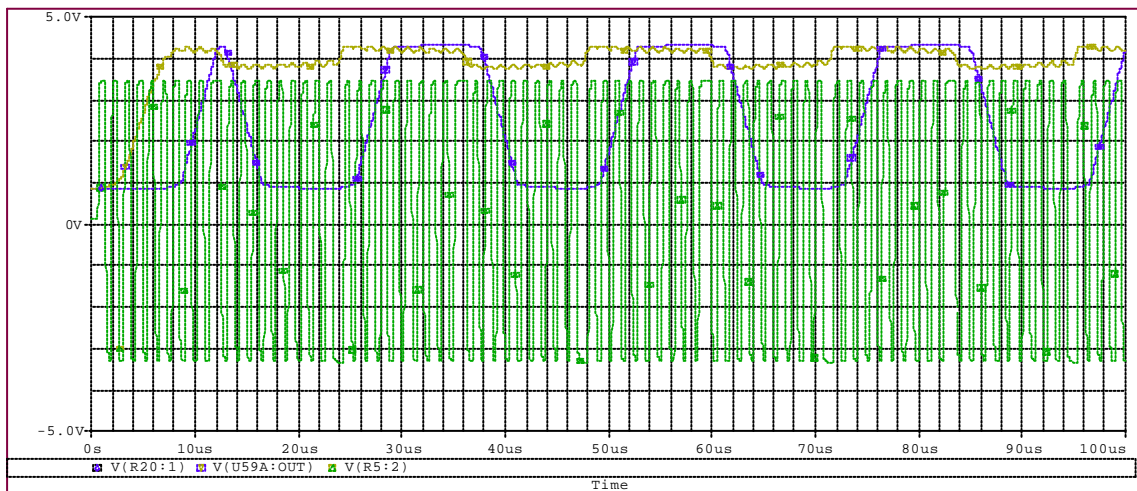


figura 4.6.3-2

### 4.7 CRC

El CRC es tracta d'un codi detector d'errors polinòmic, anomenat també codi de redundància cíclica (Cyclic Redundance Check), el qual inicialment va ser utilitzat en unitats de disc dur. Essent capaç de generar una suma de comprovació, fins i tot paquets amb gran quantitat de dades. Aquest mètode es capaç de reconèixer errors en transmissió, encara que no es capaç de corregir-los.

Com molt bé expressa el nom de CRC, el càlcul d'aquest es realitza d'una manera cíclica. Matemàticament parlant es tracta de fer una divisió entre les dades a enviar i un polinomi generador que receptor i emissor han de conèixer prèviament, essent la resta de la divisió, les dades pertanyent al CRC.

El concepte de la divisió es pot fer visible en un exemple, degut a que realment el que estem fent es fer una operació d'XOR successiva, on el primer pas es realitzar un desplaçament de x bits a la esquerra omplint aquests bits amb el valor inicial preestablert.

Per fer l'exemple (figura 4.7-1) utilitzarem el polinomi generador  $x^4+x^1+1$  amb un valor inicial 0000. Cal comentar que el desplaçament en aquest cas serà de 4 posicions degut a que el exponent major del polinomi es  $x^4$ , en el cas de que el valor major fos  $x^{16}$  realitzaríem un desplaçament de 16 posicions. En aquest cas les dades a enviar seran 11110111

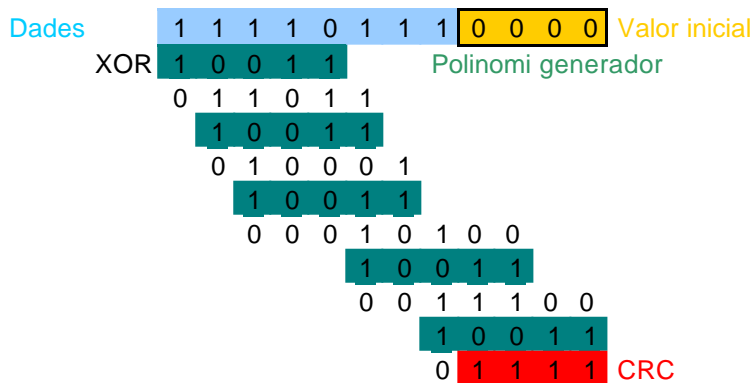


Figura 4.7-1

Una vegada el receptor rep la trama de dades CRC inclòs, fa el càlcul de CRC el qual ha de tenir resto igual a zero, en cas contrari el paquet té algun error.

Com hem pogut veure en l'apartat de la normativa ISO 14443, el CRC s'introdueix al final de la trama a enviar en concret al ser un CRC-CCITT s'enviaran dos Bytes col·locats entre els Bytes de dades i el final de la comunicació. En concret el polinomi generador per aquest tipus de CRC es  $x^{16}+x^{12}+x^5+1$  (11021 en hexadecimal) amb un valor inicial de FFFF (en hexadecimal).

Multitud de bibliografia ens proposa fer un disseny hardware com el de la figura 4.7-2, però per evitar una penalització en espai, i aprofitant que disposem d'un microprocessador, hem realitzat un codi amb assembleador, que realitza aquest càlcul. Aquest disseny està implementat en l'apartat 4.7 en el codi del microprocessador.

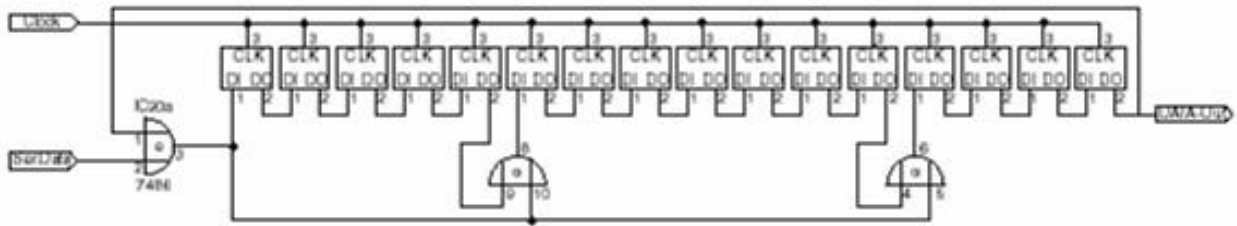


Figura 4.7-2

## 4.8 Microprocessador

Degut a les necessitats, no només des de el punt de vista d'emissió, sinó també des de el punt de vista de test. Es fa necessari treballar a una freqüència de 847KHz. Per aquest motiu hem decidit treballar amb un microprocessador AT89LP2052 amb arquitectura del 8051. Aquest processar treballa a 20MIPS i disposa d'una connexió sèrie la qual farem servir per comunicar amb un PC.

El microprocessador es l'encarregat de rebre uns bits per el port sèrie i enviar-los amb el protocol de comunicació adequat, després d'afegir el CRC. Al mateix temps s'ha d'encarregar de rebre les dades de l'antena, comprovar el CRC i reenviar les dades a través de la comunicació sèrie cap al PC.

El protocol de la ISO 14443B, per el que es refereix a emissió ens descriu la següent:

Seqüència d'start:

- 10-11 ETU a nivell baix
- 2-3 ETU a nivell alt

Paquet

- 1 bit start (nivell baix)
- 8 bits informació
- 1 bit stop (nivell baix)

Entre paquets

- 6 ETU nivell baix

Paquet

- 1 bit start (nivell baix)
- 8 bits informació
- 1 bit stop (nivell baix)

Si mes d'un paquet repetir la seqüència

Seqüència d'stop:

- 10-11 ETU a nivell baix
- 1 transició a nivell alt

El protocol de la ISO 14443B, per el que es refereix de recepció ens descriu la següent:

TR0min (no subportadora) 8 ETU

TR1min (subportadora sense modular) 9 a 26 ETU



Seqüència d'start:

- Canvi de fase
- $T_{picc,s,1}$  a la mateixa fase (9.875-11.125 ETU)
- Canvi de fase
- $T_{picc,s,2}$  a la mateixa fase (1.875-3.125 ETU)

Paquet

- 1 bit start (fase igual a  $tpicc,s,1$ )
- 8 bits informació
- 1 bit stop (fase igual a  $tpicc,s,2$ )

Entre paquets

- 6 ETU nivell baix

Paquet

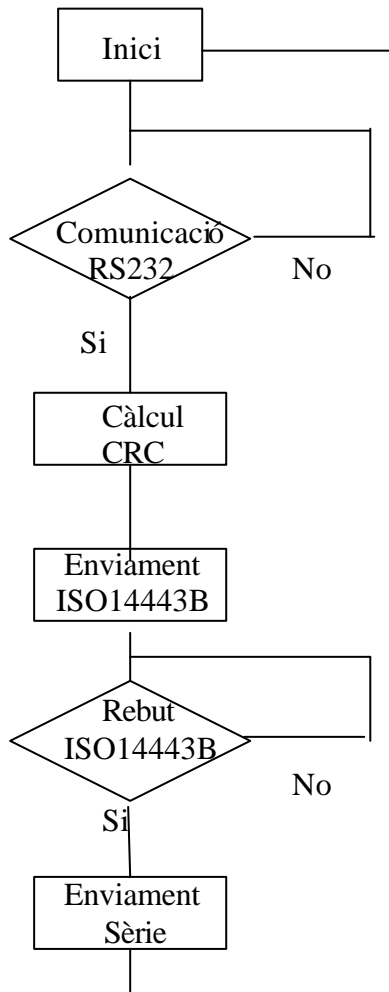
- 1 bit start (fase igual a  $tpicc,s,1$ )
- 8 bits informació
- 1 bit stop (fase igual a  $tpicc,s,2$ )

} Si mes d'un paquet repetir la seqüència

Seqüència d'stop:

- Canvi de fase a  $0+180^\circ$
- $T_{picc,e}$  a la mateixa fase (9.875-11.125 ETU)
- Canvi de fase a  $0^\circ$

Una vegada definida la seqüència d'enviament, Realitzarem un diagrama de blocs del sistema complet.



Per tal de poder realitzar el software, hem de definir els ports que utilitzarem i com els utilitzarem, tenint en compte que les diferents senyals de entrada o be sortida poden necessitar d'una circuiteria extra.

Utilitzarem el port 3 en concret P3.0 i P3.1 en mode RXD i TXD utilitzant-lo per a la transmissió sèrie amb el PC.

Utilitzarem el port P3.3 com INT0 per rebre les dades ISO14443

Utilitzarem el port P3.2 com INT1 per introduir una oscil·lació per tal d'enviar les dades ha una freqüència determinada.

Utilitzarem P1.5 per transmetre les dades ISO14443.

Utilitzarem P1.2 per detectar portadora

Utilitzarem P1.3 per canviar dades d'entrada

Utilitzarem P1.4 per canviar dades d'entrada

Finalment el codi que implementarem serà el següent

```
*****  
;Programa de recepció i transmissió per RS232  
*****  
ORG 00H  
LJMP Inici  
ORG 03H  
LJMP RSI_INT0  
ORG 0BH  
LJMP RSI_TIMER0  
ORG 13H  
LJMP RSI_INT1  
ORG 023H  
LJMP RSI_RS  
ERROR EQU 01BH  
VAR EQU 0FFH  
CRCB1 EQU 0FDH  
CRCB EQU 0FEH ; NUMERO DE MOVIMENTS  
  
*****  
; INICIALITZACIÓ  
*****  
  
Inici:      MOV SP, #30H  
            SETB IT0  
            SETB ES  
            SETB SM1  
            SETB SM0  
            SETB REN  
            MOV TMOD, #22H  
            MOV TL1, #0FDH  
            MOV TH1, #0FDH  
            MOV TL0, #043H  
            MOV TH0, #043H  
            MOV R1, #03H  
            MOV R2, #00H  
            MOV R0, #00H  
            MOV ERROR, #00H  
            SETB EA  
            SETB TR1  
            MOV PCON, #00H  
            LJMP COS  
  
*****  
;          INT 0      (SENYAL SINCRONISME)  
*****  
RSI_INT0:  MOV P1.5, C  
            INC R2
```

```

                                RETI
;*****
;
;           TIMER 0
;*****
RSI_TIMER0:           RRC A
                    INC R0
                    RETI
;*****
;
;           INT 1           (RECEPCIÓ)
;*****
RSI_INT1:             INC R1
                    SETB ET0
                    CPL C
                    CPL P1.3
                    RETI
;*****
;
;           PORT SERIE
;*****
RSI_RS:              JNB RI, Transmit
                    MOV @R1, SBUF
                    INC R1
                    CLR RI
                    RETI
Transmit:            CLR TI
                    CJNE R1,#03H, CONTINUA
                    RETI
CONTINUA:           MOV SBUF, @R1
                    DEC R1
                    RETI
;*****
;
;           COS DEL PROGRAMA
;*****
COS:                 CJNE R1, #04H, COS
                    SETB P1.5
PAQUETS:            MOV A, R1
                    MOV R2, #0FFH
RETA:               NOP
                    NOP
                    NOP
                    NOP
                    NOP
                    DJNZ R2, RETA
                    SUBB A,R1
                    JNZ PAQUETS
                    LCALL RECOLOCA
                    LCALL CRC
                    MOV CRCB1, @R1
                    INC R1
                    MOV CRCB, @R1
                    LCALL RECOLOCA2
                    MOV R0,#03H
                    MOV R2, #00H
                    CLR C
                    SETB EX0
START:              CJNE R2,#0AH, START
                    SETB C
                    MOV R2, #00H
START1:             CJNE R2,#02H, START1
                    CLR C
                    MOV R2,#00H
                    MOV A, @R0
ENVIAR:            CJNE R2,#01H, ENVIAR
                    RLC A
BIT1:               CJNE R2,#02H, BIT1
                    RLC A
BIT2:               CJNE R2,#03H, BIT2
```

```

BIT3:      RLC A
           CJNE R2,#04H, BIT3
           RLC A
BIT4:      CJNE R2,#05H, BIT4
           RLC A
BIT5:      CJNE R2,#06H, BIT5
           RLC A
BIT6:      CJNE R2,#07H, BIT6
           RLC A
BIT7:      CJNE R2,#08H, BIT7
           RLC A
BIT8:      CJNE R2,#09H, BIT8
           SETB C
           MOV A, R1
           SUBB A,R0
           SETB C
STOP1:     JNZ SEGUENT
           CJNE R2,#0AH, STOP1
           CLR C
           MOV R2, #00H
STOP:      CJNE R2,#0AH, STOP
           SETB C
           LJMP RECEPCIO

SEGUENT:   CJNE R2,#0AH, SEGUENT
PAUSA:     CJNE R2,#010H, PAUSA
           CLR C
           INC R0
           MOV R2, #00H
           LJMP ENVIAR

RECEPCIO:  MOV R0, #00H
           MOV R1, #00H
           MOV A, #17H
           SETB EX1
NOPORTADORA: MOV P1.2, C
           MOV R2, #00H
           JNC NOPORTADORA
OK:        CJNE R2,#08H,PAS
           MOV R2, #00H
           LJMP PASSEGUENT

PAS:       CJNE R1, #01H, OK
           CLR EX0
           CLR EX1
           IJMP FINAL

PASSEGUENT:

           MOV R1,#03H
           CLR EX0
           CLR C
NEXT:      CJNE R0,#09H, NEXT
           INC R1
           MOV @R1, A

           MOV SBUF, @R1

CONTINUA2: CJNE R1, #02H, CONTINUA2
           SETB REN
           MOV PCON, #01H
           LJMP COS

,***** CALCULA EL CRC
CRC:       CLR C
           MOV @R1, #0FFH
           INC R1
```

```
MOV @R1, #0FFH
MOV A, @R1
MOV VAR, A
SUBB A, #04H
MOV B, #08H
MUL AB

SEGU:      MOV CRCB, A
          SUBB A, #01H
          JZ      TORNAR
          LCALL ROTAR
          JC      XORB
          DEC CRCB
          MOV R1, VAR
          LJMP SEGU

XORB:     MOV A, @R1
          XRL A, #01H
          INC R1
          MOV A, @R1
          XRL A, #020H
          DEC CRCB
          MOV R1, VAR
          LJMP SEGU

ROTAR:    CLR C
CONT:     MOV A, R1
          SUBB A, #03H
          JNZ FET
          MOV A, @R1
          RLC  A
          RET

FET:      MOV A, @R1
          DEC R1
          RLC A
          LJMP CONT

TORNAR:   RET
,***** ERROR
FINAL:    MOV ERROR, #01H
          MOV R1, #03H
          MOV @R1, #00H
          LJMP CONTINUA2
,***** RECOLOCA BYTES

RECOLOCA: MOV R0, #011H
          MOV A, R1
          MOV VAR, A

PASSOS:   MOV A, @R1
          MOV @R0, A
          INC R0
          DEC R1
          MOV A, R1
          SUBB A, #02H
          JNZ PASSOS
          MOV R1, VAR
          RET

RECOLOCA2: MOV R0, #011H
          MOV A, VAR
          SUBB A, #02H
          MOV R1, A
PASOS:    MOV A, @R0
          MOV @R1, A
          INC R0
          DEC R1
          MOV A, R1
          SUBB A, #02H
          JNZ PASOS
```

```
MOV A, VAR  
ADD A, #02H  
MOV VAR, A  
RET
```

END

La freqüència subministrada en INT1 l'aconsegurem amb el circuit de la figura 4.8-1, utilitzant un integrat 74LS393.

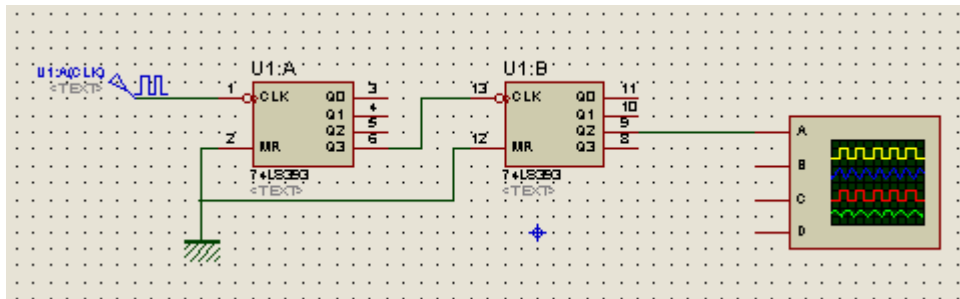


Figura 4.8-1

Es tracta d'un divisor de freqüències, on la senyal d'entrada l'aconsegurem del oscil·lador de 13.56MHz obtenint així la freqüència exacta de transmissió (105937Hz) (Figura 4.8-2)

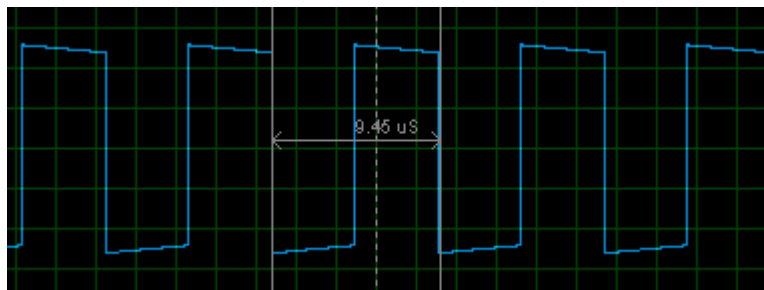


Figura 4.8-2

Degut a que l'amplitud subministrada per el oscil·lador no entra dins del marge necessari per al 74LS393 ens veiem obligats a implementar, un amplificador entre l'oscil·lador i el 74LS393, en aquest cas utilitzarem un amplificador no inversor per evitar una demanda de corrent excessiva per a l'oscil·lador. Utilitzant el circuit de la figura 4.8-3

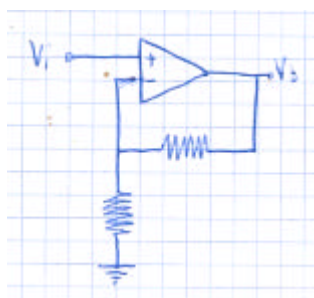


Figura 4.8-3

En aquest cas es fa necessari un amplificador que ens dupliqui l'amplitud del senyal. I per tant els valors de resistències seran els següents tenint en compte els càlculs per a un inversor:

$$\frac{V_o}{V_i} = 1 + \frac{R1}{R2} \quad (1)$$

Tenint en compte que volem un multiplicador per dos, i l'equació (1) obtenim:

$$R1 = R2 \quad (2)$$

Com volem corrents baixes utilitzarem 2 resistències de 10K

Per altra banda, es fa necessari detectar l'aparició de una portadora en recepció per això realitzarem el circuit de la figura 4.8-4 A/B, posicionat entre el diode de recepció i el port 1, en concret el p1.2, del processador

Es tracta d'un filtre pas baix ( freqüència de tall  $1/2\pi RC$ ) i un diode Zener per evitar tensions superiors a 5V en el processador. Obtenint un  $R= 3K9$  i una  $C=4.7\mu$ . El Zener utilitzat es de 4,7V degut que el següent valor comercial es el de 5,1V.

Per tal de comprovar el seu funcionament realitzarem una simulació amb Pspice. Com es pot observar en les figures 4.8-4A/B, per tensions superiors a 4.7 V el Zener entra en funcionament evitant que el microprocessador pateixi danys.

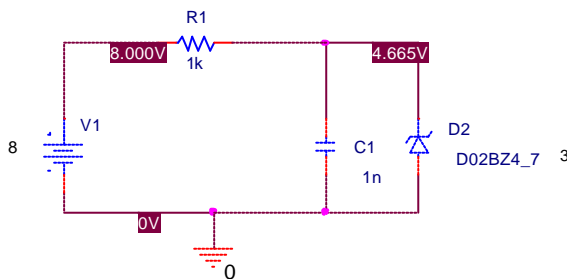


Figura 4.8-4A

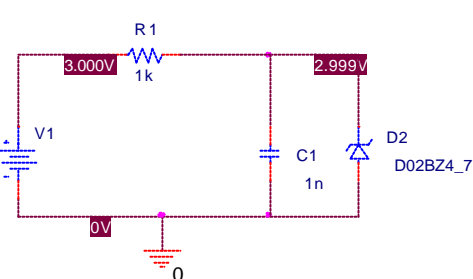


Figura 4.8-4B

Degut ha que la detecció en les interrupcions es realitzen per flanc, hem decidit que la senyal d'entrada passarà avanç d'arribar al microprocessador per el circuit de la figura 4.8-5 (74HC253 es un multiplexor):

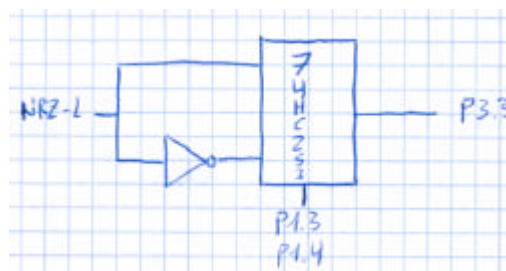


Figura 4.8-5

Això es degut ha que la senyal que ens arriba esta codificada en NRZ-L i per tant detectaríem els 1 però no els 0

#### 4.9 Interfície amb l'exterior

Per realitzar la connexió entre el PC i el microprocessador utilitzarem l'integrat MAX233 a través del port sèrie, el qual ens proporciona una adaptació de nivells.

Per transmetre les dades al PC i des de el PC d'una manera senzilla utilitzarem el programa Lavbiew a través de la seva interfície de comunicació tipus sèrie amb una velocitat de comunicació de 115000bps i amb 9 bits (1 bit d'start 1 d'stop 8 de dades i un de paritat). En el programa hem dissenyat la interfície gràfica de la figura 4.9-1 la qual ens permet canviar una sèrie de paràmetres del port sèrie com ara el port utilitzat, la velocitat de transferència, els bits a enviar així com la paritat.

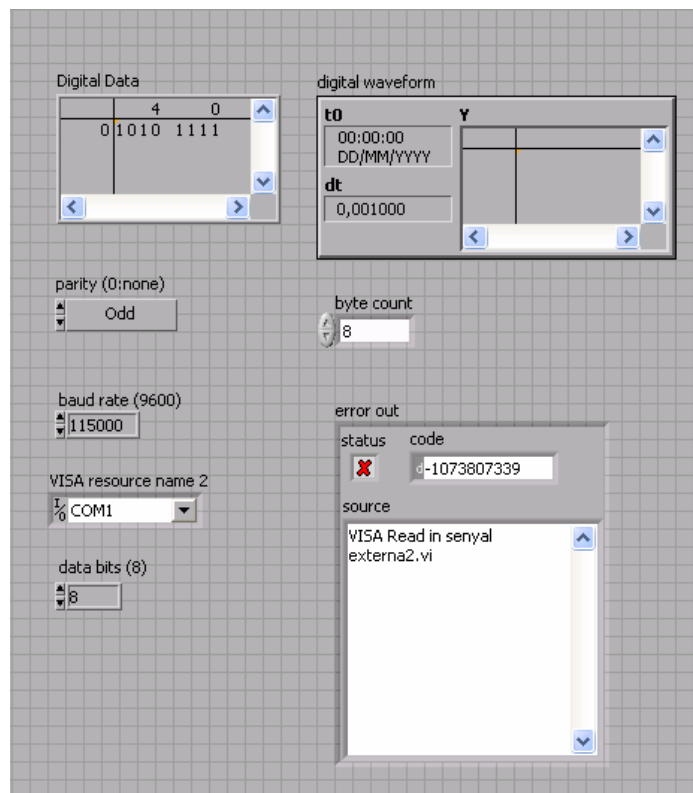


Figura 4.9-1 (Interfície Windows)

Essent programat com mostra la figura 4.9-2



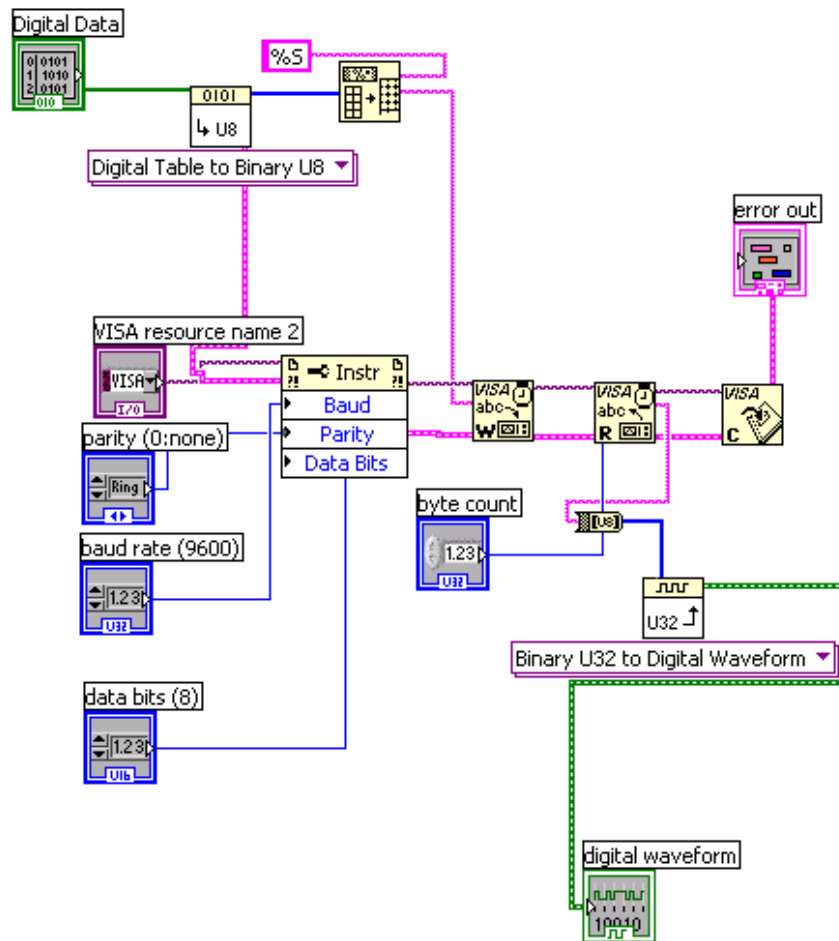


Figura 4.9-2 (Programació interfície Windows)

## 5. Disseny final i esquema de pistes

En el procés de test del disseny ens hem vist obligats ha fer modificacions o canviar alguns components obtenint així el següent llistat de components

### 36 Resistors

<u>Quantity:</u>	<u>References</u>	<u>Value</u>
9	R1, R2, R24, R27-R31, R35	1k
2	R3, R4	120R
1	R5	560R
2	R6, R14	8k2
1	R7	2k7
1	R8	4k7
1	R9	6k8
1	R10	12k
2	R11, R25	910R
1	R12	1M

4	R13, R20, R32, R33	10k
2	R15, R16	270
1	R17	220
1	R18	1500
1	R19	820k
1	R21	1meg
1	R22	10R
1	R23	10M
1	R26	100R
1	R34	120
1	R36	33k

---

### 28 Capacitors

---

<u>Quantity:</u>	<u>References</u>	<u>Value</u>
11	C1, C7-C13, C26-C28	10u
1	C2	27p
2	C3, C4	5p
3	C5, C6, C25	33p
6	C14, C15, C17, C18, C20, C21	100p
1	C16	39p
1	C19	1u
2	C22, C23	10n
1	C24	820p

---

### 12 Integrated Circuits

---

<u>Quantity:</u>	<u>References</u>	<u>Value</u>
1	U1	MAX233
2	U2, U20	7404
1	U3	AT89LP2052
5	U4-U6, U11, U12	LM6171A
1	U7	74LS393
1	U8	74HCT257
1	U10	TLE2022

---

### 5 Transistors

---

<u>Quantity:</u>	<u>References</u>	<u>Value</u>
5	Q1-Q3, Q5, Q6	BC548C

---

### 4 Diodes

---

Quantity:	References	Value
1	D1	OA95
1	D2	ZPD4V7RL
1	D3	MZD4V7
1	D4	BZX85C4V7

### 30 Miscellaneous

Quantity:	References	Value
1	J1	CON DB9-C
2	J2, J13	P_TEST
12	J3, J4, J6, J9-J12, J14, J15, J23, J26, J29	PIN
11	J5, J7, J8, J16, J17, J27, J28, J30-J33	JUMPER
1	L2	B82432C1102K000
1	SW1	SWITCH 2T
2	X1, X2	CRYSTAL

Per altra banda també inclourem les pistes de la placa de circuit imprès dissenyada per la circuiteria tractada en aquest projecte, que trobarem en l'annex 2 i els respectius Gerbers en el CD que acompanya aquest projecte.

## 6. Millores

Introduint un TRT en el disseny del modulador de ASK del apartat 4.4 podrem realitzar la modulació tipus A. El disseny modificat quedarà com el de la figura 6-1

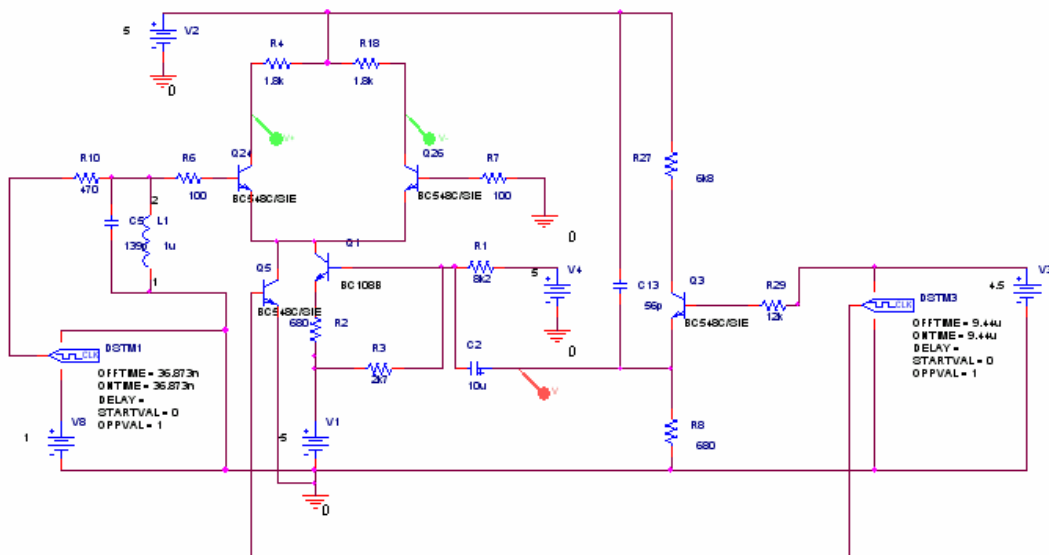


Figura 6-1 (Disseny Modulador ASK tipus A)

Obtenint així la gràfica de la figura 6-2

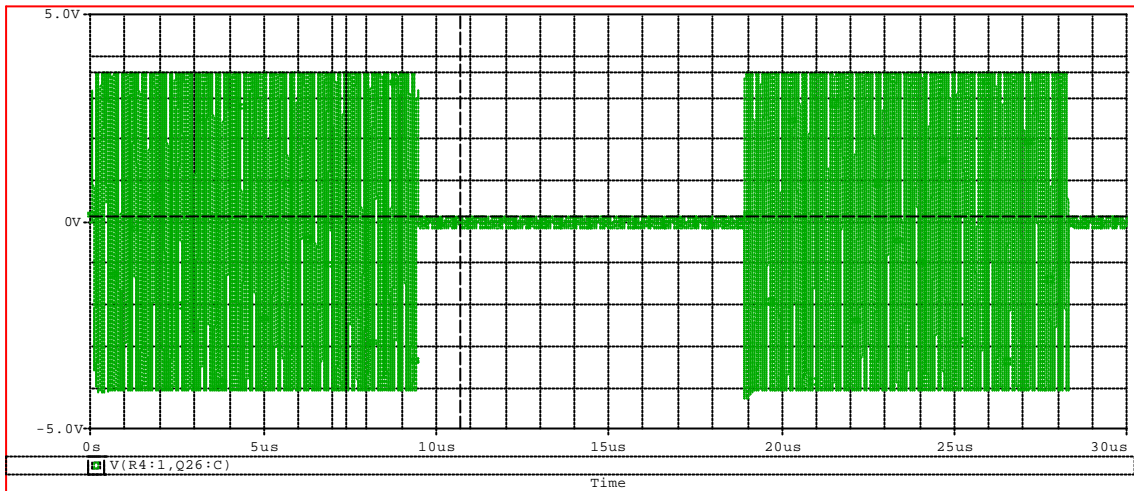


Figura 6-2 (Modulació ASK )

On  $V_1 = 3.5882V$  i  $V_2 = 0.147662V$  i per tant un  $P_{m,a} = 4.096\%$ . Complint també amb les especificacions a nivell temporal com mostra la figura 6-3

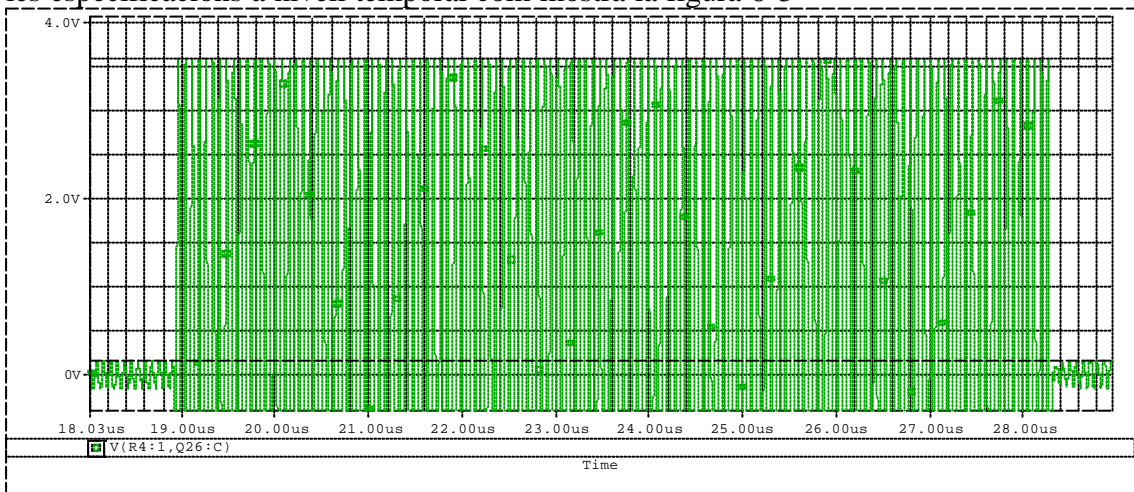


Figura 6-3(Detall modulació ASK)

Si volguéssim millorar més el  $P_{m,a}$  introduiríem un inversor com es mostra en la figura 6-4.

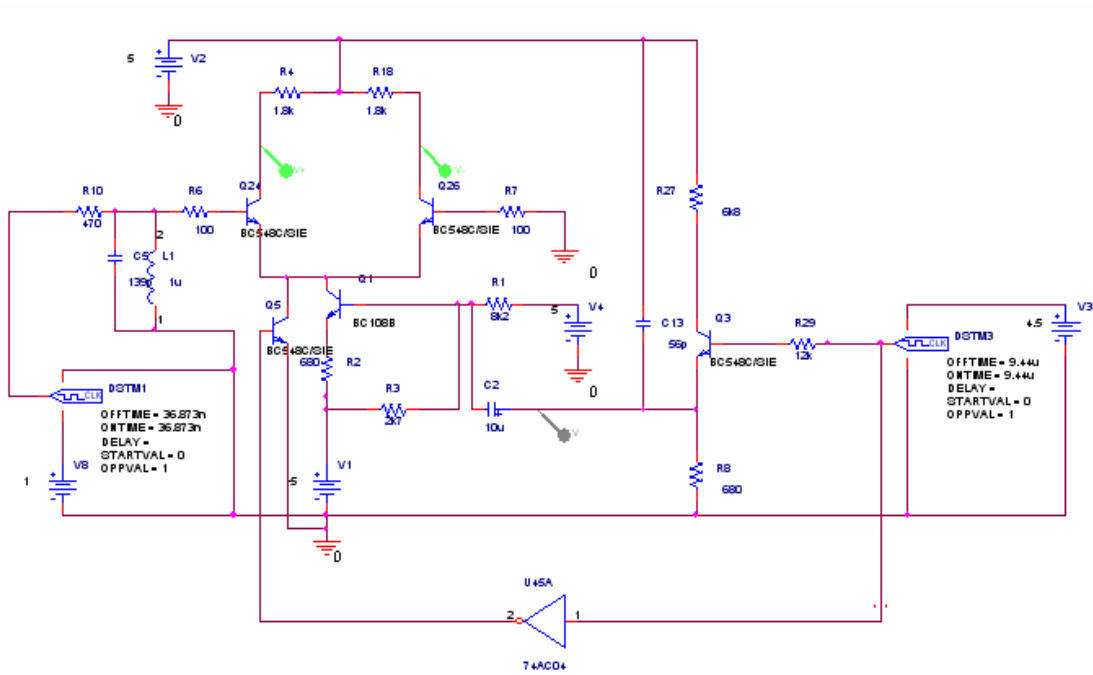


Figura 6-4 (modificació en disseny)

Obtenint  $V1 = 4.4887V$  i  $V2 = 0.15051V$  i per tant un  $P_{m,a} = 3.35\%$ . Tal com es mostra en la figura 6-5. Obtindrem així un valor de  $V1$  més similar al de la modulació tipus B

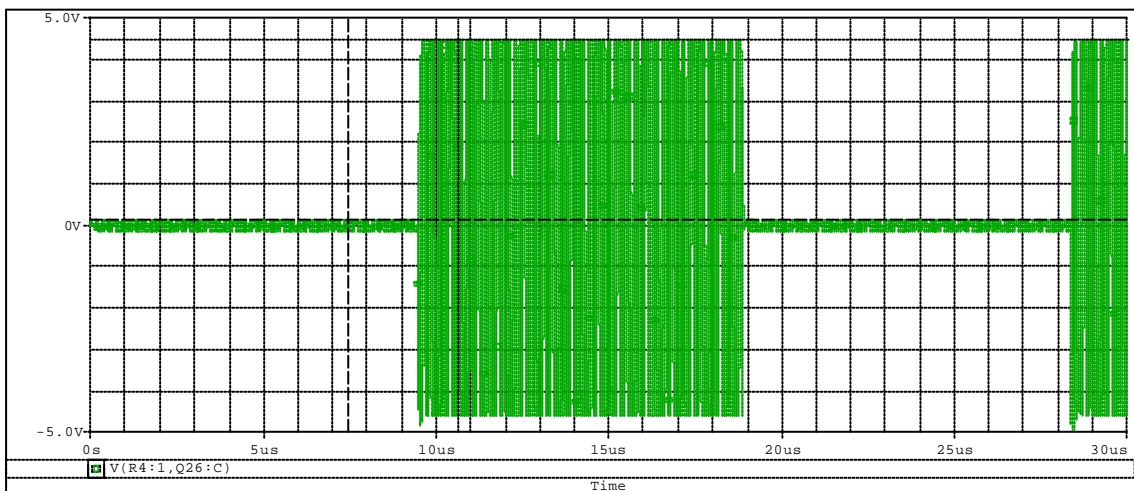


Figura 6-5 (Modulació ASK)

## 7. Conclusions

Un disseny comporta una gran varietat de variables ha controlar, degut ha que realitzar un disseny comporta tenir clars una sèrie de conceptes claus. Realitzant aquest projecte ens hem adonat de la importància d'una bona planificació, així com una bona descripció d'objectius. Això es degut a que es molt senzill perdre el nord del projecte en continues modificacions de millora, les quals mai acabarien si no es disposes d'un planning de treball, on no sol descriuem els processos, sinó també els temps ha dedicar-hi en cada un, fixant així un límit en les modificacions, sempre i quant contant també amb unes especificacions mínimes, les quals no es bo que canviïn.

Abans de començar a realitzar cap disseny s'ha de tenir molt clara la tecnologia que es vol utilitzar, així com l'estàndard si es necessari com en el nostre cas. Un cop es te clar això, es fa necessari un resum del contingut de l'estàndard, on extraurem tots els requeriments sense els quals no sols podem perdre temps, sinó realitzar feina en va; es molt important tenir tots els conceptes i necessitats molt clares abans de posar-nos ha dissenyar. En el nostre cas, ha estat de vital importància decidir que volíem utilitzar components tradicionals i una alimentació comuna de +5V el qual ens han obligat ha treballar amb uns determinats requeriments extres a la normativa.

Una vegada tinguts tots els conceptes clars, hem de treballar reduint l'esquema general amb blocs funcionals, que ens facilitin la feina, essent possible posteriorment localitzar els problemes en la implementació, d'una manera mes senzilla.

Cal destacar que hi ha tres moments claus en aquest projecte. El pas de la idea al disseny, on podem donar-nos compte que el que creiem que funcionaria com ha idea, al realitzar els càlculs pertinents ens donem comte de l'impossibilitat del disseny. El pas del disseny a la simulació, on hem de trobar els components que ens han de permetre arribar al resultat desitjat, on podem veure'ns amb l'impossibilitat de trobar components amb les especificacions desitjades. I finalment el pas de la simulació a la implementació física, on ens trobem de cara amb la realitat i veiem que hi ha no idealitats dels components, que ens fan modificar el disseny o els mateixos components.

Per altra banda, hi ha vegades que per ha realitzar les proves de funcionament ens en adonem que es necessària la creació de software o hardware extern al disseny per generar paràmetres necessaris, essent en molts casos com en el nostre realment difícil poder dir que el muntatge compleix 100% amb l'estàndard. En el cas de les normatives, l'única manera que existeix d'estar completament segur amb complir amb una normativa, es realitzar unes proves en un laboratori on realitzin les proves per validar el disseny per un estàndard determinat, donat així el permís d'utilització.

En aquest projecte ha fet falta augmentar els meus coneixement de programes com ara Labview o Keil, i adquirir de nous a traves de Proteus, un programa el qual permet la simulació de microprocessadors i el disseny de plaques de circuit imprès, però del qual no he pogut obtenir tot el suc, degut ha que no disposava del disseny del processador que he utilitzar (AT89LP2052).

Finalment direm que aquest projecte no sol m'ha dut al coneixement d'una nova tecnologia, com es el RFID, sinó també al descobriment de les fases d'un projecte o

d'un disseny, patint en pròpia pell els inconvenients que van apareixent, i les necessitats a nivell de materials, no sol per el que fa al mateix disseny, sinó també per el que fa a nivell de test. Ha estat un projecte on he agut de plantejar-me molts reptes personals i on he tocat tot tipus de coneixements adquirits durant la carrera, a nivell de transmissió i tractament de senyal, els quals m'han dut a mourem en l'electrònica analògica i digital ensenyada en la UPC Vilanova.

## 8. Bibliografia

**RFID Field Guide:** Deploying Radio Frequency Identification System  
Ed. Prentice Hall, autor: Bhuptani Manish, Moradpour Shahram

**RFID Sourcebook**  
Ed. Prentice Hall, autor: Sandip Lahiri

**RFID for dummies**  
Ed Wiley publishing, autor: Patrick J. Sweeney II

**RFID Handbook:** Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification  
Ed. John Wiley & Sons, autor: Klaus Finkenzeller

**Normativa** = ISO IEC 14443 - 2001

**Normativa** = PayPass – ISO IEC 14443 Implementation specification  
Mastercard international

**Analog Integrated Circuits for communication,** principles simulations and designs  
Ed. Kluwer academic publishers, autor: Donald D. Pederson, Kartikeya Mayaram

**Electronic communications**  
Ed. Pentice Hall, autor: Denis Roddy, John Coolen

**Electronic communication Techniques**  
Ed. Prentice Hall, autor: Paul H. Young

**The electronic of Radio**  
Ed. Cambridge University Press, Autor: David B. Rutledge

**Communications Receivers,** DSP, Software Radios and design  
Ed. Mc Graw Hill, autor: Ulrich Rohde, Jerry Whitaker

**Digital Communications**  
Ed. John Wiley & sons, autor: Simon Haykin

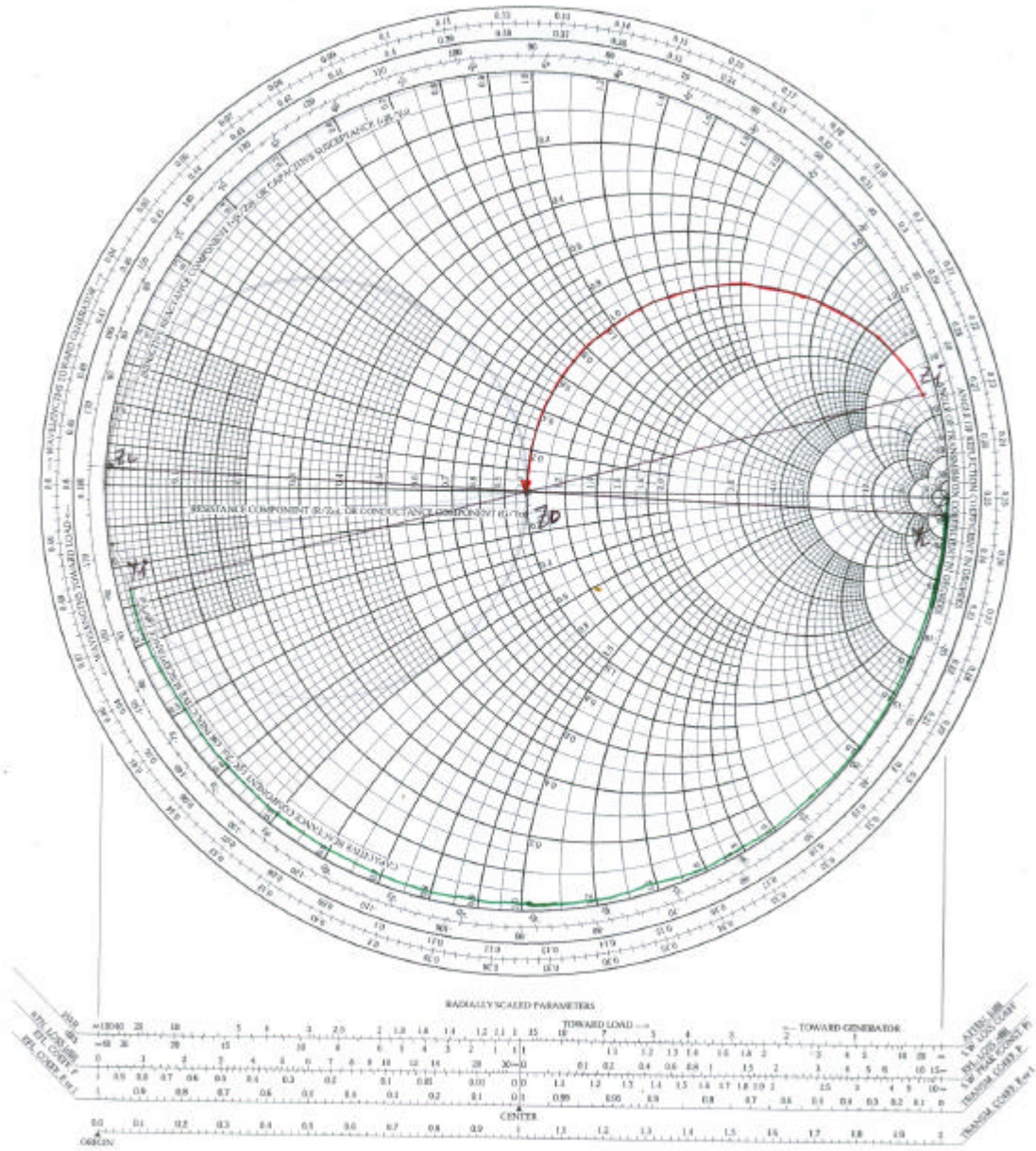
**Pagines WEB:**  
Microchip ([www.microchip.com](http://www.microchip.com))  
Inside ([www.insidecontactless.com](http://www.insidecontactless.com))  
Texas Intruments ([www.ti.com](http://www.ti.com))  
Atmel([www.atmel.com](http://www.atmel.com))



# **Annex I**

# The Complete Smith Chart

Black Magic Design



## **Annex II**

