



(Gestió d' àudio per a la sincronització de múltiples fonts per a DJs)

Memòria del Projecte Fi de Carrera
d'Enginyeria en Informàtica
realitzat per Víctor Granged Romani
i dirigit per Jordi Carrabina Bordoll
Bellaterra 17 de Setembre de 2012

El sotasignat, Dr. Jordi Carrabina Bordoll

Professor de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de la UAB,

CERTIFICA:

Que el treball a què correspon aquesta memòria ha estat realitzat sota la seva direcció per en Victor Granged Romaní

I per tal que consti firma la present.

Signat:

Bellaterra,de.....de 200.....

Aquest treball està dedicat plenament a la meva dona Susana i al Meu primer fill Oriol, donat que malgrat no pugui estar jugant amb ells en aquest moment, m'animen cada dia per finalitzar els meus estudis

AGRAÏMENTS

Vull agrair primerament a la meva família el suport que m'han donat durant aquest any per la finalització d'aquest projecte, així com al meu amic Dj. Sonodromo que al seu moment em va presentar el Rane Serato i va despertar el meu interès per la creació d'aquest software.

També vull agrair a tot el professorat de la UAB els coneixements que m'han subministrat durant aquests anys, que no sols m'han servit per desenvolupar aquest projecte, si no per resoldre molts problemes a la vida quotidiana relacionats amb la informàtica.

Per últim, agrair al Dr. Jordi Carrabina Bordoll, que em va animar a realitzar aquest projecte quan li vaig proposar, donat que li va semblar força interessant.

Índex

Capítol 1. Introducció	6
1.1. Motivació	6
1.2. Objectius	6
1.3. Organització de la memòria	7
Capítol 2. Entorn de desenvolupament i Metodologia de Treball	9
2.1. Planificació de treball (Orientativa)	9
2.2. Planificació de treball (Real)	10
2.3. Metodologia emprada a la part pràctica	11
Capítol 3. Disseny i Implementació	13
3.1. Arquitectura del sistema	13
3.1.1. Materials emprats al treball	13
3.1.2. Funcionament de l'aplicació	14
3.2. Disseny de components/mòduls	15
3.2.1. Senyal Analògic	15
3.2.2. El disc Compacte	15
3.2.3. Tarja de so	26
Capítol 4. Test i Resultats	27
4.1. Arquitectura de la solució	27
4.1.1. Esquema de funcionament	31
4.1.2. Estimacions reals dels sumatoris positius de l'entrada de freqüència	31
4.1.3. Intervals utilitzats pel canvi de velocitat de sortida	32
4.2. Característiques del codi	32
4.3. Validació a nivell de sistema	34
Capítol 5. Conclusions	37
5.1. Conclusions	37
5.2. Experiència personal i professional	37
5.3. Evolució futura	38
Referències i Bibliografia	40
Annexes	42

Capítol 1. Introducció

1.1. Motivació

El so, juntament amb el silenci, és la matèria prima de la música. Aquest ha estat sempre present a la vida quotidiana de l'home, i amb el temps, l'esser humà ha creat una sèrie de regles per tal d'ordenar-lo fins a crear un tipus de llenguatge musical.

A física, el so és un fenomen que involucra la propagació d'ones elàstiques a través d'un fluid que generi un moviment vibratori d'un cos. D'aquestes propagacions d'ones, només hi han algunes que l'esser humà es capaç de sentir.

Al 1857 es va crear el primer Fonoautògraf, que era capaç d'enregistrar àudio. Leon Scott podia transcriure el so a un mitjà visible, però sense tenir cap mode de reproducció del mateix. Consistia d'un barril que enregistrava les ones sonores cap a una membrana lligada a una corda. En arribar el so, la corda vibrava i el so es podia gravar en un mitjà visible.

20 anys després, l'inventor de la bombeta, Thomas Edison, va crear el primer fonògraf (1878). Aquest utilitzava un sistema de gravació mecànica analògica, al qual les ones sonores eren transformades en vibracions, i aquestes en un solc traçat, el qual mes tard es passava a una agulla i permetia la reproducció

Deu anys mes tard, al 1887, Emilie Berliner li va posar un motor per tal de fer girar un plat i un amplificador, i va crear el primer gramòfon. Aquest va ser sens dubte, l'antecessor dels tocadiscos que han anat innovant fins avui dia. De fet, és dels únics mitjans analògics que encara s'utilitzen. S'han fet millores com el motor de quars de tracció directa en comptes de la transmissió per politges, o la incorporació del pitch bend, per tal de regular la velocitat de 33 i 45 en un interval d'un 10 per cent mes o menys ràpid.

Paral·lelament a la utilització del vinil, es va seguir innovant i al 1963 va aparèixer el primer cassette compacte. Aquest tenia l'avantatge que era molt mes compacte que un disc de vinil, però tenia una pitjor qualitat, donat que incorporava molt de soroll, i a més la cinta de reproducció era molt petita.

Aquests problemes de qualitat es van solucionar al 1980, any en el que va sortir el primer disc compacte (CD). Aquest tenia un format digital i permetia incorporar una mica més de 70 minuts d'àudio.

1.2. Objectius

Un cop vistos els conceptes del so i la seva reproducció, ens posem al lloc d'un DJ, i plantegem el problema que trobem i la possible solució.

Una sessió de música de discoteca te una durada d'unes 6 hores aproximadament, i comptant que una cançó pot durar una mitja d'uns 4 minuts, vol dir que necessitarem aproximadament unes 100 cançons per poder reproduir aquesta sessió. Si a més comptem que la musica que es posa un dia es diferent a l'anterior (s'ha d'anar innovant per que els clients no es cansin sempre del mateix), hauríem de portar a una maleta més de 100 cançons.

Encara avui dia s'utilitza el vinil, i portar 100 melodies en vinil significa portar una o dues maletes plenes de kg. El fet de tenir les mateixes melodies en CD, implica menys pes, però encara es força gran (si volem tenir una discografia extensa).

La proposta que ens proposem és la de crear un software que mitjançant un senyal continu gravat en un CD o vinil, sigui capaç de reproduir un arxiu mp3 d'un ordinador.

La idea és que el reproductor de CD o vinil enviï el senyal a l'entrada d'àudio del PC, i aquest activi o desactivi la reproducció del mp3. En el cas que el senyal de la font s'acceleri, l'arxiu mp3 s'ha d'accelerar (simulant el pitch), i si decrementa la velocitat també ho faci el mateix arxiu.

A l'any 2001 va sortir a la venda el primer Final Scratch. Aquesta era una eina creada pel DJ, per una empresa holandesa (N2IT) amb la col·laboració del Dj Richie Hawtin i John Acquaviva, que permetia manipular i reproduir fonts d'àudio digital mitjançant un vinil o CD de temps de codi juntament amb un reproductor de CD o plat.

Aquesta eina incorporava uns CD's i vinils amb un timecode implementat, que a través d'un hardware extern, que no era més que una tarja de so externa, permetia manipular l'àudio digital a temps real, amb la possibilitat de fer scratch sense cap problema.

Des de llavors la competència ha fet el mateix amb timecodes hardware propis, incorporant nous efectes, i millors prestacions. En definitiva, fan el mateix que el software que volem crear, a diferència que nosaltres volem fer-ho sense utilitzar un hardware extern, utilitzant la pròpia tarja de so integrada del PC.

Si contemplem que el live scratch Serato de Rane costa uns 700€ (el software + el hardware), si utilitzem la pròpia tarja de so del PC, ens estariem estalviant aquests 700€, ja que el PC que necessitariem per emmagatzemar les fonts d'àudio les hauríem de tenir en ambdós casos.

1.3. Organització de la memòria

Aquesta memòria consta de 5 punts clau:

- La **introducció** fa una breu explicació de com ha anat avançant fins avui dia el terme del so i a continuació hem descrit per sobre la finalitat del nostre projecte així com la pròpia estructura d'aquest escrit.
- **L'entorn de desenvolupament i la metodologia de treball** està indicat primerament la Planificació de treball que volíem seguir i la que va ser en realitat, així com la metodologia que hem emprat i el numero de hores estimats que hem destinat.
- Al **disseny i la implementació** parlarem dels materials utilitzats al treball així com el propi funcionament que ha de tenir l'aplicació. També parlarem dels diferents medis que hem emprat i les corresponents característiques que tenen cadascun.

- Als **tests i resultats** parlarem de com funciona realment el nostre software així com dels resultats obtinguts. També presentarem els codis generats així com una explicació de que fa cadascun.
- Les **conclusions** donen un punt de vista sobre que hem après un cop resolt el problema, així com les possibles millores que es preveuen en un futur.

Capítol 2. Entorn de desenvolupament i Metodologia de Treball

2.1. Planificació de treball (Orientativa)

Només començar a desenvolupar el treball, vam fer una primera versió de la planificació de treball, per mirar de seguir al peu de la lletra cada un dels petits objectius. A continuació detallem les fites que ens vam marcar en un principi.

[15 Gener – 15 Febrer] Fase 1: Definir les fites del projecte, consultar informació de les llibreries de c i les apis de java sobre com treballen amb l'àudio, i com s'interconexionen amb el hardware de la tarja de so. Recopilar informació de com treballen a l'actualitat els sistemes equivalents, i quins resultats donen.

[15 Febrer – 1 Març] Fase 2: Implementar una petita part de l'aplicació, que interpreti la senyal d'entrada, que l'ordinador la emmagatzemi des del moment en que la iniciu des de la font d'entrada, i a continuació reproduir-la per verificar que es idèntica.

[1 Març – 15 Març] Fase 3: Aconseguir que l'ordinador reconegui la freqüència d'àudio que introduïrem, per tal de reproduir els àudios exclusivament amb aquesta freqüència.

[15 Març – 30 Abril] Fase 4: Implementar les funcions bàsiques de reproducció i parada controlant-les des de la font externa.

[1 Maig – 20 Maig] Fase 5: Implementar la funció de pitch i pitch bend, per tal de controlar la velocitat de reproducció de l'àudio del PC. Analitzar la possibilitat d'incorporar una funció Cue que ens permeti crear una marca, per tal que comencem a reproduir des de la marca en el moment que volem.

[20 Maig – 20 Juny] Fase 6: Analitzar els resultats per extreure les conclusions pertinents de l'estudi. Implementació de les millores viables.

[17 Febrer – 20 Juny] Fase 7: Documentació i Elaboració de la memòria

Cronograma Orientatiu																																													
				GENER							FEBRER							MARÇ							ABRIL							MAIG							JUNY						
No.	Concepte	Inicia	Finalitza	01	10	19	28	06	15	24	04	13	22	31	09	18	27	06	15	24	02	11	20	29																					
1	Fase 1	15-ene-12	15-feb-12																																										
2	Fase 2	15-feb-12	01-mar-12																																										
3	Fase 3	01-mar-12	15-mar-12																																										
4	Fase 4	15-mar-12	30-abr-12																																										
5	Fase 5	01-may-12	20-may-12																																										
6	Fase 6	20-may-12	20-jun-12																																										
7	Fase 7	17-feb-12	20-jun-12																																										

Un cop feta la planificació vam posar fil a l'agulla i ens varem intentar seguir al peu de la lletra les diferents fases marcades a la primera planificació, però més endavant, conforme anàvem avançant, vam veure que la realitat era diferent i amb les fites anteriors no en teníem prou. A continuació veurem la planificació real de la feina feta

2.2. Planificació de treball (Real)

[15 Gener – 15 Març] Fase 1: Definir les fites del projecte, consultar informació de les llibreries de c i les apis de Java sobre com treballen amb l'àudio, i com s'interconexionen amb el hardware de la tarja de so. També es recopila informació sobre la manipulació de senyals analògics amb Matlab Recopilar informació de com treballen a l'actualitat els sistemes equivalents, i quins resultats donen.

[15 Març – 15 Abril] Fase 2: Es desestima la opció de treballar amb c i java, donat que el software Matlab, s'adapta millor al nostre projecte per treballar amb senyals analògics d'entrada.

[15 Abril – 1 Juny] Fase 3: Implementar una petita part de l'aplicació, que interpreti la senyal d'entrada, que l'ordinador la emmagatzemi des del moment en que la iniciu des de la font d'entrada, i a continuació reproduir-la per verificar que es idèntica.

[1 Juny – 30 juliol] Fase 4: Aconseguir que l'ordinador reconegui la freqüència d'àudio que introduïrem diferenciant la senyal si aquesta li apliquem un pitch d'increment o decrement, o si directament es deix d'emetre el senyal.

[30 juliol – 20 Agost] Fase 5: Implementar les funcions bàsiques de reproducció i parada controlant-les des de la font externa.

[20 Agost – 10 setembre] Fase 6: Aconseguir que la velocitat de sortida del fitxer d'àudio quedi reflexada al modificar la velocitat d'entrada del reproductor de CD

[15 Abril – 10 setembre] Fase 7: Analitzar els resultats per extreure les conclusions pertinents de l'estudi. Implementació de les millores viables.

[17 Febrer – 13 setembre] Fase 8: Documentació i Elaboració de la memòria

Cronograma Real																					
No.	Concepte	Inicia	Finalitza	GENER		FEBRER			MARÇ		ABRIL		JUNY		JULIOL		AGOST			SEPTEMBRE	
				01	15	29	12	26	11	25	08	22	06	20	03	17	01	15	29	12	26
1	Fase 1	15-ene-12	15-mar-12																		
2	Fase 2	15-mar-12	15-abr-12																		
3	Fase 3	15-abr-12	01-jun-12																		
4	Fase 4	01-jun-12	30-jul-12																		
5	Fase 5	30-jul-12	20-ago-12																		
6	Fase 6	20-ago-12	10-sep-12																		
7	Fase 7	15-abr-12	10-sep-12																		
8	Fase 8	17-feb-12	13-sep-12																		

2.3. Metodologia emprada

Primerament varem buscar informació sobre fabricants que treballen en sistemes similars com Serato o Final Scratch per tal de saber a dia d'avui com funcionen aquests mètodes. Al veure que es tractava d'una part de hardware que mitjançant un Timecode i un software permetia reproduir un fitxer emmagatzemat a un PC, varem buscar maneres de implementar-ho sense necessitat d'un software extern, aprofitant la tarja d'àudio interna del PC.

Un cop teníem la idea de com resoldre el problema, tocava pensar amb quin entorn faríem l'aplicatiu. En un primer moment vam estudiar la possibilitat d'utilitzar C++, però ens vam adonar que les llibreries d'àudio de C eren molt simples hi havíem de baixar llibreries de OpenAL, i aquestes estaven molt més enfocades a treballar amb videojocs que no més amb el reconeixement d'una entrada d'àudio.

Mes endavant varem barallar la possibilitat de utilitzar Java, però teníem problemes similars als que presentava C amb les pròpies Apis.

Per últim se'ns va acudir la opció d'utilitzar Matlab, que encara que estigui menys explorat per la nostra part, els resultats que ens proporcionava s'apropaven més al nostre objectiu.

A tot això, mentre anàvem pensant com desenvolupar el treball, ja anàvem escrivint la memòria.

En aquest moment la part primordial va ser trobar la manera de comunicar la freqüència d'entrada amb la tarja de so del PC, i a posteriori, comprovar mitjançant un plot que realment estem visualitzant el que estem introduint. Vist aquest punt el següent pas va ser endevinar com guardar un arxiu d'àudio de sortida a una variable de Matlab. Varem veure que la millor opció era creant un vector de matrius on cada matriu emmagatzemava aproximadament uns 0,5 segons.

Un cop guardada la matriu ens vam posar amb el mòdul que interpretava la senyal d'entrada i varem pensar durant uns dies, com podríem fer perquè el programa interpretés que estàvem entrant un senyal aplicant-li un pitch positiu o un negatiu.

Vist això només quedava fer el muntatge de tots els mòduls, i ens vam adonar que al fer el bucle on primer escanejàvem el senyal d'entrada i a continuació reproduíem 0,5 segons d'àudio, no era pràctic, donat que no feia constantment les dues ordres donat que no utilitzem multiprocessador, es a dir, que la idea seria que en tot moment estigués comprovant la entrada de freqüència, per tal de saber si s'ha alterat en algun moment la entrada, i en tal cas, efectuar la modificació de velocitat a la sortida d'àudio que està en constant reproducció.

En últim moment varem desestimar aquesta última opció i varem decidir que es reproduís el fitxer d'àudio a proporció de la velocitat d'entrada, de manera que si tingués una repercussió de la velocitat de sortida si la d'entrada estava alterada, però per contra no permetia manipular la velocitat a temps real mentre estava sonant l'arxiu. Aquest canvi d'última hora no permetria fer scratch en el cas que el reproductor del senyal ho permetés (que no és el cas). A part, d'aquest detall ens priva de fer correccions a la velocitat de sortida a temps real, es a dir, si està sonant per un altre canal una cançó que va a 120 bpm, i reproduïm la segona cançó a 119 per tal de sincronitzar-la amb la primera, per enllaçar una amb altre, durant els primers segons, semblaria que estan totalment sincronitzats, però arribarà el moment en que deixaran d'estar-ho, i el fet de no poder manipular l'arxiu a temps real ens impedeix fer aquest canvi.

En aquest punt varem continuar amb la memòria exposant totes les impressions així com els resultats obtinguts.

Capítol 3.

Disseny i Implementació

3.1. Arquitectura del sistema

3.1.1. Materials emprats al treball

- 1 CD d'audio amb el timecode gravat com a pista d'audio
- 1 reproductor de CD Numark Axis2 Professional amb control de pitch
- 1 PC amb tarja de so PCI (Sound Blaster Audigy)
- 1 taula de mesclades Acoustic Control Dj-352 que rep la sortida del PC
- 1 Joc d'altaveus per escoltar el resultat



3.1.2. Funcionament de l'aplicació

Com el software no es intel·ligent, primerament hem de normalitzar explicant-li a l'aplicació quina és la velocitat normal de reproducció. Primerament hem d'ajustar el reproductor a velocitat normal sense aplicar-hi pitch, per tal que puguem jugar després amb el pitch bend.

Si introduíssim el senyal d'entrada aplicant un pitch -16%, el software hauria de reproduir l'arxiu mp3 a velocitat normal quan el senyal d'entrada estigués a -16%, de manera que si el posem a 0%, l'arxiu es reproduiria molt de pressa i un efecte similar passaria si introduíssim el senyal aplicant +16% de pitch; si poséssim play a +16% sonaria l'arxiu a velocitat normal, però reproduint el reproductor a velocitat normal, l'arxiu de sortida sonaria molt lent.

Es a dir, la idea principal és que l'arxiu del PC es reproduceixi depenent de la velocitat relativa de l'entrada d'àudio.

Un cop normalitzada l'entrada i indicant-li al software quina és la velocitat normalitzada, hauríem de seleccionar un fitxer d'àudio del PC i reproduir-lo tan bon punt el programa rebés per l'entrada de la tarja d'àudio la corresponent freqüència del CD d'àudio. La idea és que el programa estigui constantment escanejant l'entrada mitjançant un bucle, per tal de reproduir una variació de velocitat a l'àudio de sortida segons variï o no la freqüència d'entrada. D'aquesta manera, si nosaltres accelerem la velocitat d'entrada del timecode, la velocitat del mp3 es veurà afectada.

Probablement, una persona que no estigui molt familiaritzada al món de la música, es preguntarà perquè volem aquesta variació de velocitat, i la resposta és per la bona sincronització amb la següent pista que es reproduceixi.

Si ens hi fixem als diversos events musicals (discoteques, pubs, carpes), sempre estem escoltant música sense parar i això s'aconsegueix sincronitzant totes les pistes a la mateixa velocitat. La teoria sembla senzilla, però el fet d'educar l'oïda comporta força temps i pràctica jugant amb el pitch bend, ajustant la velocitat de reproducció d'una pista amb la següent. La manera més intuïtiva de aconseguir-ho es superposar la següent pista a reproduir a uns auriculars mentre s'està reproduint al pista actual, i variar la velocitat del pitch fins que les dues es reproduïxin amb els mateixos bpm (bits per minut).

Hi han reproductors que indiquen la velocitat en bpm del arxiu en reproducció, de manera que l'usuari únicament ha d'ajustar els dos reproductors a la mateixa velocitat sense escoltar la pista, però la manera de fer-ho manualment és comptar durant un període de temps determinat el número de bits (cops de greus), de manera que si la pista a reproduir te menys que la que s'està reproduint al moment, l'hauréem de incrementar en pitch, i a l'inrevés, en el cas que tingui mes.

Un cop reproduïm l'arxiu mitjançant la entrada, aquest l'enviem per la sortida de la tarja d'àudio i entra a l'entrada de la taula de mesclades, que amplificarà la sortida i la traurà pels altaveus connectats.

3.2. Disseny de components/mòduls

3.2.1. Senyal Analògic

Un Senyal Analògic es un tipus de senyal generat per algun tipus de fenomen electromagnètic i que es representable per una funció matemàtica continua, la qual es variable en amplitud i període (representant una dada d'informació) en funció del temps. Algunes magnituds físiques que incorporen un senyal d'aquest tipus són elèctriques com la intensitat, la tensió i la potència, però també poden ser hidràuliques com la pressió, tèrmiques com la temperatura, mecàniques, etc. La magnitud també pot ser qualsevol objecte mesurable com els beneficis o pèrdues d'un negoci.

A la natura, el conjunt de senyals que percebem són analògics, el llum, el so, l'energia, etc, són senyals que tenen una variació continua, incloent la descomposició de la llum a l'arc de sant Martí, veiem com es realitza d'una forma suau i continua.

Una ona sinodal és una senyal Analògic d'una sola freqüència. Els voltatges de la veu i del vídeo són senyals analògics que varien amb el so o variacions de la llum que corresponen a la informació que s'està transmetent.

3.2.2. El disc Compacte

El disc compacte, (CD per les sigles en anglès Compact Disc) és un suport digital òptic utilitzat per emmagatzemar qualsevol tipus d'informació (àudio, imatges, vídeo, documents i altres dades). Avui dia, continua sent el medi físic més utilitzat per la distribució d'àudio.

Els CD estàndard tenen un diàmetre de 12 centímetres i poden emmagatzemar fins 100 minuts d'àudio (o 900 MB de dades). Els MiniCD tenen 8 cm i són utilitzats per a la distribució de números 1 i de controladors enregistrant fins 24 minuts d'àudio o 214 MB de dades.

Aquesta tecnologia va evolucionar i es va adaptar per l'emmagatzematge de dades (CD-ROM), de vídeo (VCD i SVCD), la gravació domèstica (CD-R i CD-RW) i emmagatzematge de dades mixtes (CD-I), Photo CD, i CD EXTRA.

El disc compacte encara està en un bon moment al món actual. L'any 2007 es van vendre 200 milions de CD a tot el món.

a) Història

El sistema òptic va ser desenvolupat per Philips mentre que la lectura i la codificació digital la va desenvolupar Sony. Va ser presentat al juny de 1980 a la indústria, i més de 40 companyies discogràfiques de tot el món, van imposar aquest format, mitjançant l'obtenció de les llicències corresponents per la producció de reproductors i discs.

Al 1981, el director d'orquestra Herbert Von Karajan, es va convèncer del valor dels discs compactes, els va promoure durant el Festival de Salzburg, i des d'aquell moment va començar el seu èxit. Els primers títols gravats en discs compactes a Europa, van ser La Simfonia Alpina de Richard Strauss, els vals de Frédéric Chopin interpretats pel pianista xilè Claudio Arrau, i

l'àlbum The Visitors de ABBA. Al 1983 es va produir el primer disc compacte als Estats Units per CBS (Sony Music) sent el primer títol al mercat un àlbum de Billy Joel. La producció de discs compactes, es va centralitzar durant diversos anys als Estats Units i Alemanya, i d'allà es distribuïen a tot el món. A partir de la dècada dels noranta, se van instal·lar fàbriques a diversos països. Al 1992 Sonopress va produir a Mèxic el primer CD de títol "De Mil Colores" de Daniela Romo.

Va ser a l'octubre de 1982 quan, Sony i Philips van començar a comercialitzar el CD.

A l'any 1984 van sortir al món de la informàtica, permetent emmagatzemar fins a 650 MB. El diàmetre de la perforació central dels discs compactes va ser determinat en 15 mm, ja que els creadors es van inspirar en el diàmetre de la moneda de 10 cèntims de florí d'Holanda. En canvi, el diàmetre dels discs compactes es de 12 cm, que correspon a l'amplada de les butxaques superiors de les camises d'home, ja que segons la filosofia de Sony, tot ha de caber allà.

b) Detalls físics

Encara que poden haver-hi variacions a la composició dels materials emprats a la fabricació dels discs, tots segueixen el mateix patró: els discs compactes es fan amb un gruix de, de 1,2 mm, de policarbonat de plàstic, al que se li afegeix una capa reflectant d'alumini, utilitzada per obtenir més durada de les dades, que relaxarà la llum del làser (al rang de espectre infraroig, i per tant no apreciable visualment); posteriorment se li afegeix una capa protectora de laca, que també actua com a protector de l'alumini i opcionalment una etiqueta a la part superior. Els mètodes comuns de impressió als CD són la serigrafia i la impressió Offset. En el cas dels CD-R i CD-RW s'utilitza or, plata i aleacions d'ambdues, ja que la seva ductilitat permet als làsers escriure a sobre, i això no es podria fer sobre alumini amb làsers de baixa potència.

c) Especificacions

- **Velocitat d'exploració:** 1,2–1,4 m/s, equival aproximadament a entre 500 rpm (revolucions per minut) i 200 rpm, en mode de lectura CLV (*Constant Linear Velocity*: 'Velocitat Lineal Constant').
- **Distància entre pistes:** 1,6 µm.
- **Diàmetre del disc:** 120 o 80 mm.
- **Gruix del disc:** 1,2 mm.
- **Radio de l'àrea interna del disc:** 25 mm.
- **Radio de l'àrea externa del disc:** 60 mm.
- **Diàmetre de l'orifici central:** 15 mm.
- **Tipus de disc compacte:**
 - Sols lectura: CD-ROM (Compact Disc - Read Only Memory).
 - Gravable: CD-R (Compact Disc - Recordable).

- Regrable: CD-RW (Compact Disc - Re-Writable).
- D'àudio: CD-DA (Compact Disc - Digital Audio).

Un CD d'àudio es reproduïx a una velocitat tal que es llegeixen 150 KB per segon. Aquesta velocitat base s'utilitza com una referència per identificar els altres lectors com els d'ordinador, de manera que si un lector indica 24x, significa que llegeix $24 \times 150 \text{ kB} = 3.600 \text{ kB/s}$, encara que s'ha de considerar que els lectors amb indicació de velocitat superior a 4x no funcionen amb velocitat angular variable com els lectors CD-DA, sinó que tenen una velocitat de gir constant, sent el radio assolible per la fórmula anterior el màxim estimat.

d) Capacitats del CD-ROM

Els CD-ROM estan constituïts per una pista en espiral que presenta el mateix nombre de bits per centímetre en tots els seus trams (densitat lineal constant), per aprofitar millor el mitjà d'emmagatzemament, i no desaprofitar espais com passa als discs magnètics. És per aquesta raó que en la lectura i gravació d'un CD, a mida que el laser s'allunya del centre del disc, la seva velocitat disminueix, donat que al centre, l'espiral és de menys longitud que a les vores. Alternant les velocitats s'aconsegueix que la quantitat dels bits llegits per segon sigui constant a qualsevol tram, tant al centre com a les vores. Si aquesta velocitat fos constant, es llegirien menys bits per segon si la zona es troba més a prop del centre, i més, si estigues més a prop de la vora. Tot això significa que un CD va a una velocitat angular variable.

Per poder aconseguir que un CD tingui la mateixa densitat a qualsevol tram de l'espiral, a la gravació, el feix de llum emès pel capçal (que es mou en línia recta radial des del centre fins l'extrem del plat), genera l'espiral a velocitat lineal constant (CLV), això significa que la quantitat de bits gravats per segon serà constant.

Però per poder aconseguir això, i mantenir una densitat lineal constant i la pista en espiral, serà necessari que el CD giri a una velocitat angular variable. Per tant, per girar un CD a una velocitat angular variable i ser escrit a una velocitat lineal constant, s'escriuen i es llegeixen la mateixa quantitat de bits per segon i per centímetre, sent qualsevol la seva posició. Mentre que cada volta de l'espiral contindrà més o menys bits segons estigui més a prop del centre o de l'extrem.

Les dades digitals d'un CD s'inicien al centre del disc i finalitzen a l'extrem. Això permet adaptar-ho a diferents mides i formats. Els CD Standard estan disponibles en diverses mides i capacitats, així tenim els següents tipus de discs:

- 120 mm (diàmetre) amb una durada de 74-80 minuts d'àudio i 650-700 MB de capacitat de dades.
- 120 mm (diàmetre) amb una durada de 90-100 minuts d'àudio i 800-875 MB de dades.
- 80 mm (diàmetre), que inicialment van ésser dissenyats per CD singles. Aquests poden emmagatzemar 21 minuts de música o 210 MB de dades. També són coneguts com Mini-CD o Pocket CD.

Un CD-ROM estàndard pot contenir 650 o 700 (de vegades 800) MB de dades. El CD-ROM és popular per la distribució de software, especialment aplicacions multimèdia, i grans bases de dades. Un CD pesa menys de 30 grams.

Per a posar la memòria del CD-ROM en context, una novel·la conté un promig de 60.000 paraules. Si assumim que una paraula promig te 10 lletres i cada lletra ocupa un byte, una novel·la ocuparia 600.000 bytes (600 KB). Un CD pot per tant contenir mes de 1.000 novel·les. Si cada novel·la ocupa al menys un centímetre a una estant, llavors un CD pot contenir l'equivalent de més de 10 metres a l'estant. Per altra banda, les dades textuais, es poden comprimir fins a 10 cops més, utilitzant algorismes compressors, per tant un CD-ROM pot emmagatzemar l'equivalent a mes de 100 metres d'estant.

Capacitats dels discs compactes

Tipus	Sectors	Capacitat màxima de dades		Capacitat màxima d'àudio		Temps (min)
		(MB)	(MiB)	(MB)	(MiB)	
8 cm	94,500	193.536	~ 184.6	222.264	~ 212.0	21
8 cm DL	283,500	580.608	~ 553.7	666.792	~ 635.9	63
650 MB	333,000	681.984	~ 650.3	783.216	~ 746.9	74
700 MB	360,000	737.280	~ 703.1	846.720	~ 807.4	80
800 MB	405,000	829.440	~ 791.0	952.560	~ 908.4	90
900 MB	445,500	912.384	~ 870.1	1,047.816	~ 999.3	99

e) Estàndards

Un cop resolt el problema d'emmagatzemar les dades, queda el d'interpretar-les de forma correcta. Per això, les empreses creadores del disc compacte, varen definir una sèrie d'estàndards, els quals reflexen un nivell distint. Cada document va ser enquadrant en un color diferent, donant nom a cadascú dels "llibres arcoiris" (Rainbow Books).

f) Temps d'accés

Per a descriure la qualitat d'un CD-ROM, aquest és probablement un dels paràmetres mes interessants. El temps d'accés es la quantitat de temps que hi ha entre que un dispositiu comença el procés de lectura fins que les dades comencen a ser llegides. Aquest paràmetre ve donat per: la latència, el temps de cerca i el temps de canvi de velocitat (als dispositius CLV). S'ha de tenir en compte que el moviment de cerca del capçal i l'acceleració del disc, es realitzen al mateix temps, per tant no estem parlant de sumar els components per obtenir el temps d'accés sinó de processos que justifiquen aquesta mida.

Aquest paràmetre depèn òbviament, directament de la velocitat de la unitat de CD-ROM ja que els components d'aquest també depenen de ella. La raó per la qual el temps d'accés es major als Cd-rom respecte als discs durs, és la construcció. La disposició dels cilindres dels discs durs, redueix notablement els temps de cerca. Per la seva part, els CD-ROM inicialment, no van ser

creats per l'accés aleatori sinó que van ser ideats per accés seqüencial dels CD d'àudio. Les dades es disposen en espiral a la superfície del disc i el temps de cerca és per tant molt superior.

Una qüestió a tenir en compte és el ganxo que utilitzen de tant en quant els fabricants, es a dir, si les taxes d'accés més ràpides es troben als 100ms, aquests intentaran convèncer-nos de que un CD-ROM que tingui una velocitat de 90ms és infinitament superior, encara que la realitat és que a la pràctica, aquesta diferència és inapreciable. És cert que contra més ràpid sigui el producte, molt millor, però s'ha de tenir en compte quin preu volem pagar per una característica que mai apreciarem.

Els primers CD-ROM treballaven a la mateixa velocitat que els CD d'àudio estàndard: de 210 a 539 RPM depenent de la posició del capçal, i amb això s'obtenia una taxa de transferència de 150 KB/s velocitat amb la que es garantia la qualitat de CD d'àudio. No obstant, en aplicacions d'emmagatzemament de dades interessa la major velocitat possible de transferència, i això s'aconsegueix incrementant la velocitat de rotació del disc. D'aquesta manera van aparèixer els CD-ROM 2X, 4X,... 24X,?X que simplement dupliquen, quadrupliquen, etc. la velocitat de transferència.

La majoria dels dispositius de menor velocitat que 12X utilitzen CLV, i els més moderns i ràpids utilitzen CAV. Utilitzant CAV, la velocitat de transferència de les dades varia segons la posició que ocupen aquests al disc al romandre la velocitat angular constant. Un punt important al parlar dels CD-ROM de velocitats 12X o més ràpids, és a que ens referim quan parlem de velocitat 12X, donat que en aquest cas no tenim una velocitat de transferència 12 cops superior que la referència i de fet, aquesta no és una velocitat constant. Quan diem que un CD-ROM CAV és 12X volem dir que la velocitat de gir és 12 vegades més gran a l'extrem del disc. D'aquesta manera, un CD-ROM 24X és 24 cops més ràpid a l'extrem però al centre és un 60% més lent respecte a la seva velocitat màxima.

- CLV

Velocitat Velocitat de transferència

1x	150 KB/s
2x	300 KB/s
4x	600 KB/s
8x	1200 KB/s
10x	1500 KB/s
12x	1800 KB/s

- CAV

Velocitat Velocitat mínima Velocitat màxima

16X	930KB/s	2400KB/s
20X	1170KB/s	3000KB/s
24X	1400KB/s	3600KB/s

32X

2100KB/s

4800KB/s

g) Temps de cerca

El temps de cerca es refereix al temps que comporta moure el capçal de lectura fins la posició del disc on són les dades. Sols te sentit parlar d'aquesta magnitud en temps mig, ja que no és el mateix arribar a una dada que estigui a prop de l'extrem que a una altra que situada al centre. Aquesta magnitud forma part del temps d'accés, que és una dada molt més significativa. El temps de cerca te interès per entendre els components del temps d'accés però no tant com a magnitud en si.

h) Temps de canvi de velocitat

Als CD-ROM de velocitat lineal constant (CLV), la velocitat de gir del motor dependrà de la posició que el capçal de lectura ocupi al disc, més ràpid contra més a prop del centre. Això implica un temps d'adaptació per tal que el motor prengui la velocitat adequada un cop sapiguem el punt en el que es troben les dades. Això es sol aconseguir mitjançant un microcontrolador que relaciona la posició de les dades amb la velocitat de rotació.

Als CD-ROM CAV no te sentit aquesta mesura donat que la seva velocitat de rotació és sempre constant, així que la velocitat d'accés es veurà afectada positivament per aquesta característica i serà una mica menor; no obstant, s'ha de tenir en compte que donat que els fabricants indiquen la seva velocitat màxima pels CD-ROM i aquesta velocitat es variable, un CD-ROM CLV és molt més ràpid que un altre de la mateixa velocitat CAV quant més a prop és del centre del disc.

i) Memòria Cau

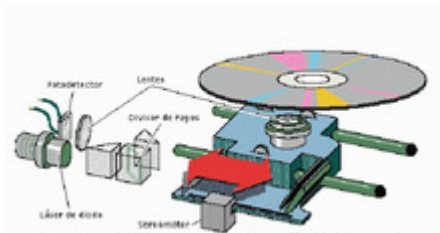
La gran majoria dels CD-ROM solen incloure una petita cau. La seva feina és minimitzar el numero d'accessos físics a disc. A l'hora d'accedir a una dada al disc, aquest es grava a la cau de manera que si tornem a accedir a la dada, aquesta s'agafarà directament de memòria evitant l'accés lent a disc. Per suposat, contra més gran sigui la cau, més gran serà la velocitat del nostre equip, encara que tampoc hi ha tanta diferència de velocitat entre diferents equips. Per aquest motiu, ja que les dades estan a memòria, només ens evita l'accés a les dades més recents, que són les que es van substituint dins la cau per les dades que porten més temps sense utilitzar-se i donada la característica, en quant a volum d'informació, de les aplicacions multimèdia res ens evita el haver d'accedir al dispositiu i com ja hem explicat, aquest és un dels paràmetres determinants de la velocitat d'aquest dispositiu. Es evident que contra més cau tinguem millor, però tenint en compte el preu que estiguem disposats a pagar.

j) Tipus de discs compactes

- Mini-CD
- CD-A

- CD-ROM
- CD-R
- CD-RW
- CD+G
- VCD
- MMCD

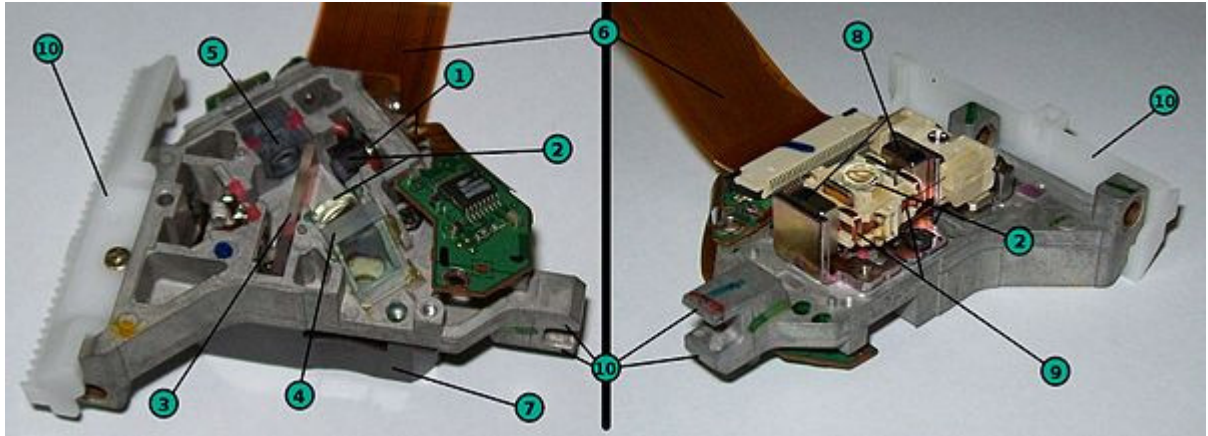
k) Unitat lectora de disc compacte



El lector de CD, també conegut com reproductor de CD, es el dispositiu òptic capaç de reproduir els CD d'àudio, de vídeo, de dades, etc. utilitzant un laser que li permet llegir la informació continguda als propis discs.

El lector de discs compactes està compost de:

- Un **capçal**, que conté un emissor de rajos laser, que dispara un feix de llum cap a la superfície del disc, i que també té un fotoreceptor (fotodíode) que rep el feix de llum que rebota a la superfície del disc. El laser sol ser un diode AlGaAs amb una longitud d'ona a l'aire de **780 nm**. (Proper als infrarojos, el nostre rang de visió arriba aproximadament fins als 700000 nm.) per tant resulta un llum invisible a l'ull humà, però no menyspreable. Sempre s'ha d'evitar dirigir la vista cap a un feix laser. La longitud d'ona a dins del policarbonat és d'un factor $n=1.55$ mes petit que a l'aire, es a dir 500 nm.
- Un **motor** que fa girar el disc compacte, i un altre que fa moure el capçal radialment.
- Un **DAC**, en el cas dels CD-Audio, i a quasi be tots els CD-ROM. DAC és Digital to Analog Converter. Es a dir, un convertidor de senyal digital a senyal analògic, el qual és enviat als altaveus. També hi ha DAC's a les targes d'àudio, les quals la gran majoria també incorporen ADC, que fan el mateix procés, però invers, d'analògic a digital.
- Altres servosistemes, com el que s'encarrega de guiar el laser a través de l'espiral, el que assegura la distància precisa entre el disc i el capçal, perquè el laser arribi perfectament al disc, o el que corregeix els errors, etc.



Capçal d'un lector de CD-ROM: 1. Diode laser, 2. Lent d'enfocament, 3. Divisor de rajos, 4. Mirall (dirigeix el feix laser cap a dalt, on està ubicada la lent d'enfocament i finalment el CD), 5. Fotodetector (fotodíodes), 6. Bus de dades, 7. Tapa de plàstic, 8. Imans, 9. Bobines (serveixen per moure la lent d'enfocament i seguiment), 10. Cremallera i ranura (permeten la mobilitat del capçal a l'amplada del CD-ROM).

Passos que segueix el capçal per a la lectura d'un CD:

1. Un feix de llum coherent (laser), es emès per un diode d'infrarojos cap a un mirall que forma part del capçal de lectura, el qual es mou linealment per tota la superfície del disc.
2. La llum travessa un divisor de feix que triplica el feix d'entrada.
3. Els tres feixos s'enfoquen sobre la superfície del CD a través d'un sistema òptic; el feix central es manté sobre la pista, i els altres dos queden a ambdós costats i són utilitzats pel sistema de seguiment automàtic de la pista (autotracking).
4. Aquesta llum incident es reflexa a la capa d'alumini, travessant el recobriment de policarbonat. L'alçada dels pus (pits) és igual a tots i es seleccionada amb molt de compte, per que aquesta sigui $1/4$ de la longitud d'ona del laser al policarbonat. La idea aquí és que la llum que es reflexa a un pou viatgi $1/4 + 1/4 = 1/2$ de la longitud d'ona més que la llum que es reflexa en un pla (land).
5. La llum reflexada s'encamina mitjançant una sèrie de lents i miralls a quatre fotodetectors muntats en quadre.
6. Quan es produeix una transició pou-pla o pla-pou, al haver-hi una diferencia de mitja longitud d'ona entre els dos, es produeix una interferència destructiva i la intensitat resultant és pràcticament nul·la. En tot el pou o a tot el pla, no hi ha canvis i la intensitat resultant és màxima. Els fotodetectors detecten aquest canvi a la intensitat lluminosa, convertint-lo en energia elèctrica.
7. Per a recuperar el senyal, s'ha de sumar la sortida des quatre fotodetectors. S'assigna un 1 a les transicions pou-pla o pla-pou (intensitat mínima) i un 0 a l'interior d'un pou o un pla (intensitat màxima).
8. El flux de bits així llegit es descodifica a l'ordre invers en el que es va codificar: primer passa per un descodificador EFM, després per dos nivells de detecció d'errors (Reed-Solomon), i per últim per una etapa de correcció d'errors.

9. L'autotracking es retroalimenta amb la diferència entre la intensitat detectada per cada sensor, per mantenir el laser enfocat sobre la pista.

l) Gravat

Els discs òptics presenten una capa interna protegida, on es guarden els bits mitjançant diverses tecnologies, sent tots aquets els que es llegeixen mitjançant un feix de llum incident. Aquest, al ser reflectit, permet detectar variacions microscòpiques de propietats òptico-reflectives ocorregudes com a conseqüència de la gravació realitzada a la escriptura. Un sistema òptic amb lents encamina el feix de llum, i l'enfoca amb un punt a la capa del disc que emmagatzema les dades.

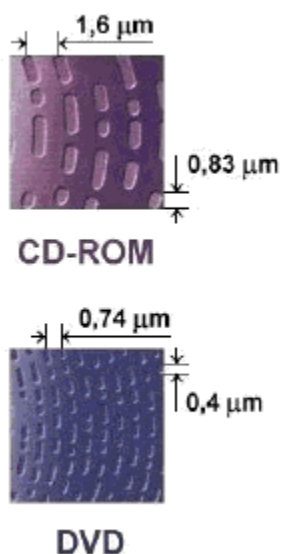
m) Gravat durant la fabricació

Es pot gravar un CD per modelat durant la fabricació.

Mitjançant un motlle de níquel (CD-ROM), un cop creada una aplicació multimèdia al disc dur d'una computadora es necessari transferir-la a un suport que permeti la realització de còpies per a la distribució.

Les aplicacions CD-ROM es distribueixen en discs compactes de 12 cm de diàmetre, amb la informació gravada a les seves cares. La fabricació d'aquests requereix disposar d'una sala blanca, lliure de partícules de pols, en la qual es porten a terme els següents processos. Sobre un disc finament polit en grau òptic, s'aplica una capa de material fotosensible d'alta resolució, del tipus utilitzat en la fabricació de microxips. A sobre d'aquesta capa és possible gravar la informació gràcies a un raig laser. Un cop finalitzada la transcripció de la totalitat de la informació del disc, les dades que conté es troben en estat latent. El procés es molt semblant al revelat d'una fotografia. Depenent de les zones on ha inserit el laser, la capa del material fotosensible s'endureix o es fa soluble al aplicar-hi una sèrie de banys. Un cop conclusos els diversos banys, es disposa d'una primera còpia del disc que permetrà estampar les següents. A tot això, la pel·lícula que conté la informació i està enganxada a la placa de vidre es tova i fràgil, d'aquesta manera, fa imprescindible protegir-la mitjançant una capa fina de revestiment metàl·lic, que li subministra duresa i protecció. Finalment, gràcies a una combinació de processos òptics i electroquímics, és possible dipositar una capsa de níquel que penetri als forats i s'adhereixi a la pel·lícula metàl·lica aplicada en primer lloc sobre la capa de vidre. S'obté d'aquesta manera un disc matriu o màster, que permet estampar a posteriori milers de còpies del CD-ROM a plàstic. Un cop obtingudes aquestes còpies, es possible serigrafiar sobre la capa de laca filtrant ultraviolada dels disc, imatges i informacions en un o diversos colors per permetre la identificació. Tot això, evidentment a la capa que no conté la informació. La fabricació dels CD-ROM d'una aplicació multimèdia, conclou amb l'estotjat dels discs, que és necessari per protegir-los de diversos factors. A l'estoig s'inclou un petit quadern que conté les informacions relatives a la utilització de l'aplicació. Finalment l'envoltura de cel·lofana garanteix a l'usuari final que la còpia que rep és original. Aquests processos de fabricació permeten a l'actualitat ritmes de producció de fins 600 unitats per hora en una única màquina.

- **Gravat per acció de laser**



Un altre mode de gravació és per l'acció d'un feix laser (CD-R y CD-RW, també anomenat CD-E).

Per això la gravadora crea uns pits i uns lands canviant la reflectivitat de la superfície del CD. Els pits son les zones on el laser crema la superfície amb més potència creant allà una zona de baixa reflectivitat. Els lands, fan exactament el contrari, son zones que mantenen la seva alta reflectivitat inicial, justament perquè la potencia del laser es redueix.

Segons el lector detecti una seqüència de pits o lands, tindrem unes dades o altres. Per a formar un pit és necessari cremar la superfície a uns 250° C. En aquest moment, el policarbonat que te la superfície s'expandeix fins cobrir l'espai que queda lliure, sent suficients entre 4 i 11 mW per cremar aquesta superfície, encara que la zona cremada per cada pit es molt petita.

Això es possible donat que es una superfície un tant especial. Està formada en plata, tel·lur, indi i antimoni. Inicialment (el disc està sense res, completament buit de dades..) aquesta superfície te una estructura policristal·lina o d'alta reflectivitat. Si el software li diu a la gravadora que ha de simular un pit, el que farà és augmentar amb el laser la temperatura fins els 600-700°C, i amb això la superfície deixarà de ser una superfície cristal·lina o d'alta reflectivitat. Quan ha d'aparèixer un land, llavors es baixa la potència del laser per deixar intacta la estructura policristal·lina.

Per esborrar el disc, es crema la superfície a uns 200 °C durant un temps prolongat (entre 20 i 40 minuts), fent retornar tot el disc al seu estat inicial. Teòricament, hauríem de poder esborrar la superfície aproximadament uns 1000 cops, mes o menys, encara que la realitat és que amb el temps es fan malbé els CD i s'han de llençar abans d'arribar als 100 cops.

- **Gravat per acció de laser i un camp magnètic**

L'últim mitjà de gravat d'un cd es mitjançant l'acció un feix de llum en conjunció amb un camp magnètic (discs magnetoòptics).

Els discs òptics tenen les següents característiques, confrontades amb els discs magnètics:

Els discs òptics, a més de ser medis removibles amb capacitat per emmagatzemar massivament dades en petits espais (al menys deu cops més que a un disc rígid de la mateixa

mida) són portàtils i segurs en la conservació de les dades (que també es queden guardats si es talla la llum). El fet de ser portables ve de que són removibles de la unitat.

- **Gravat multisessió**

Des de fa temps, han sorgit programes computacionals per gravar CD que ens permeten utilitzar un disc CD-R com si fos un disc regravable. Això no vol dir que el disc es pugui gravar i en futur esborrar, sinó que permet gravar en diverses sessions, fins ocupar tot l'espai disponible al disc. Els discs multisessió són discs normals gravables. Ni a les caixes ni a la informació tècnica es ressalta que treballi com disc multisessió, donat que això no depèn del disc, sinó del mètode de gravació.

Si gravem un CD i aquest no està finalitzat, podem afegir-l'hi una nova sessió, desaprofitant una part per a poder separar les sessions (20 MB aproximadament). Farem que un CD sigui multisessió al moment en que realitzem la segona gravació sobre el disc estigui o no finalitzat, encara que al gravar un CD d'àudio automàticament el CD-R queda finalitzat i impossibilita la utilització de disc multisessió.

No tots els dispositius ni els sistemes operatius son capaços de reconèixer un disc amb multisessió, o que no estigui finalitzat.

n) Diferències entre CD-R multisessió i CD-RW

Pot haver-hi confusió entre un CD-R amb gravat multisessió i un CD-RW. A el moment que un disc CD-R es fa multisessió, el software li donarà la característica de que permeti ser utilitzat en múltiples sessions, és a dir, en cada gravació es crearan sessions que sols estaran modificades per lo que el usuari cregui convenient. Per exemple si s'ha gravat en un CD-R els arxius proba1.txt, proba2.txt i proba3.txt, s'haurà creat una sessió al disc que serà llegida per tots els reproductors i contindrà els tres arxius mencionats. Si en algun moment no es necessita algun dels fitxer o es modifica el contingut de la gravació, el software crearà una nova sessió a continuació de l'anterior, on no apareixeran els arxius que no es vulguin consultar, o es veuran les modificacions realitzades. A l'efectuar una modificació, la sessió anterior no s'esborrarà sinó que quedarà oculta per la nova sessió, donant una sensació de que els arxius han estat eliminats o modificats, però en realitat segueixen al disc.

Òbviament les sessions anterior, encara que aparentment no apareguin, encara són al disc ocupant espai, de manera que arribarà el dia que no es podrà gravar res més, donat que estarà el disc ple.

A diferència dels CD-R, els discs CD-RW sí poden ser esborrats, o fins i tot formatats (permet utilitzar el disc perdent una part de la seva capacitat, però permetent de nou gravar fitxers). En el cas d'utilitzar un CD-RW quan esborrem, ho fem completament, però també es poden fer esborrats parcials, que necessiten una major potencia de laser per poder gravar de nou. Un disc CD-RW es pot utilitzar com un disquet, amb software adequat, sempre que la unitat suporti aquesta característica poden manipular fitxers com un disquet, amb la salvetat de que no s'esborra, sinó que al esborrar un fitxer, aquest segueix ocupant espai encara que al examinar-lo no aparegui al disc. Els discs CD-RW necessiten més potencia del laser per poder gravar-se, per aquesta raó els discs regravables tenen una velocitat de gravació més petita que el discs gravables.

Els DVD-RW, DVD+RW funcionen de manera anàloga, els DVD-RAM també, però estan dissenyats per escriptura com els disquets.

o) Cura i preservació dels discs compactes

L'oxidació, la galvanització i les reaccions químiques entre els seus components, a més del calor i el maltractament, poden destruir les dades digitals. Per tant s'ha de revisar periòdicament la informació per detectar fallides. Per evitar el deteriorament dels compactes només s'han de tractar be: evitant exposar-los a la calor i la humitat, agafar-los pels extrems o el centre, no doblegar-los i guardar-los sempre a les corresponents caixes. S'ha d'evitar que les plaques entrin en contacte constant amb qualsevol material. Els CD-R basats en tintures orgàniques, són més volàtils que els compactes i els CD-ROM. S'ha de verificar el back-up cada dos anys o menys. És una bona mesura fer totes les còpies per duplicat.

- Rentar-se les mans abans de manipular un disc i mai manipular-lo amb les mans amb pols.
- No tocar els discs amb els dits a prop del solc, millor pels extrems o pel centre.
- No exposar els discs a la llum solar, i posar-los el mes aviat possible a la caixa.
- Guardar els discs de forma vertical per evitar que amb el temps es dobleguin. Es desitjable utilitzar separadors cada 10 o 15 centímetres.
- No guardi junts discs de diferents mides.
- Guardi els discs en ambients a temperatura constant.

La humitat no afecta massa, però si es molt elevada poden formar-se fongs a les fundes protectores.

3.2.3. Tarja de so

Una tarja de so o placa de so és una tarja d'expansió per ordinadors que permet la sortida d'àudio sota el control d'un programa informàtic anomenat controlador o driver. L'ús típic de les targetes d'àudio consisteix en propagar mitjançant un programa que fa de mesclador, que les aplicacions multimèdia del component d'àudio sonin i puguin ser gestionades. Aquestes aplicacions multimèdia engloben composició i edició de vídeo o àudio, presentacions multimèdia i entreteniment. La majoria d'equips ja porten aquesta tarja integrada a la placa base, encara que hi han equips que no la porten, i a la majoria dels casos es poden integrar via pel port intern PCI o bé USB extern.

La gran majoria de targetes de so també incorporen una o varies entrades d'àudio, que el que fan es enregistrar l'àudio que introduïm per aquesta ranura. Aquesta pot ser tant analògica com digital, i es la que permet guardar a l'ordinador una font d'àudio reproduïda per una pont externa (vinil, cd, micròfon...).

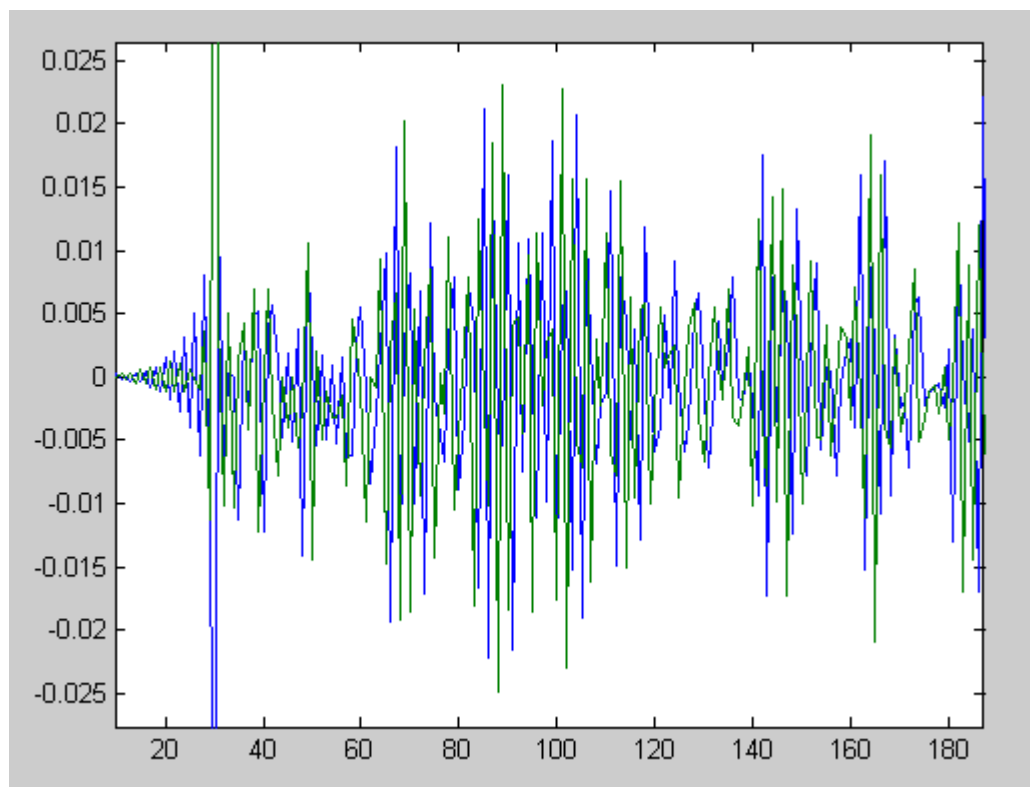
Capítol 4.

Test i Resultats

4.1. Arquitectura de la solució

A nivell més tècnic, explicarem com aconseguim el nostre projecte. Tal i com hem explicat a l'anterior capítol, el programa fet amb Matlab rep una freqüència d'àudio que fa que soni un arxiu de so del PC, però com aconseguim realment això?

La freqüència que emet el reproductor de CD provinent del Timecode, proporciona un senyal analògic no periòdic de dues vies que podem veure perfectament a la següent imatge:



Diem que te dues vies, donat que com estem treballant amb estèreo, tenim la via de l'esquerra i la de la dreta. A la imatge podem distingir les dues vies del senyal de color verd la via esquerra i la blava la dreta. Al moment en que pensàvem fer l'aplicació amb modificació a temps real, aquesta forma de separar els dos canals en dos colors, ens hagués estat molt útil per si volguéssim incorporar una funció discreta, en el cas que el nostre reproductor hagués estat compatible, donat que les dues senyals tenen un petit desfàs i sempre una va davant de l'altre. La manera de reconèixer l'aplicació que s'està produint un scratch, es que en un punt la senyal es

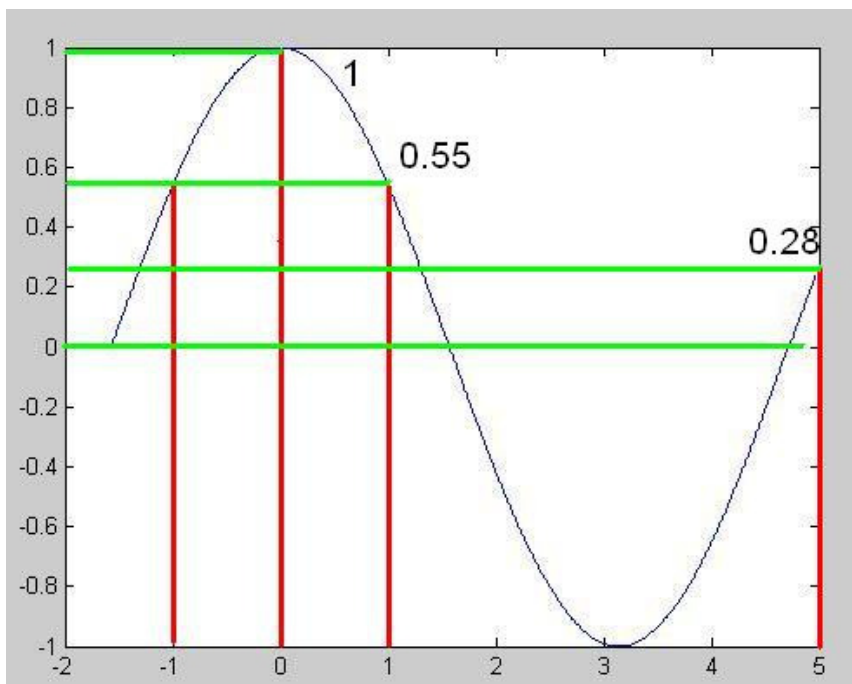
quedaria amb uns valors molt propers a zero, i de sobte la senyal verda passaria davant de la verda, donat que estariem reproduint el senyal al revés.

Per tal d'aconseguir que el Matlab reconegui la freqüència d'entrada, hem fet un petit codi que ens suma tots els punts positius del senyal en un període curt de temps. Ens varem adonar que si incrementem la velocitat d'entrada de la freqüència mitjançant el pitch bend del reproductor de cd, el sumatori d'aquests punts positius, es inferior ja que al mateix període de temps tenim menys mostres positives. Pel contrari, si apliquem un pitch bend negatiu, decremantant la freqüència d'entrada, el resultat del sumatori serà major que el resultat de reproduir el senyal a velocitat real, ja que en el mateix període de temps, tindrem moltes més mostres positives. Segurament hi hauran funcions ja creades de Matlab que permeten aconseguir el mateix de manera més eficient, però per tal de que el programa reconegués que li estem alterant la velocitat d'entrada mitjançant el pitch bend, aquesta era la manera més clara, donat que si tenim un senyal sinusoidal i agafem un numero constant de mostres amb una mateixa diferencia entre elles. Tenim que sortirà un sumatori superior si tenim només mostres positives.

Donat que els senyal que tenim d'entrada es sinusoidal, podem aplicar aquest mètode per tal de sapiguer si estem fent un pitch bend positiu o negatiu. Per que quedi més clar el nostre propòsit per aconseguir el sumatori dels màxims, hem posat coma exemple la funció cosinus, que també es sinusoidal, i hem agafat 7 mostres amb 3 períodes diferents

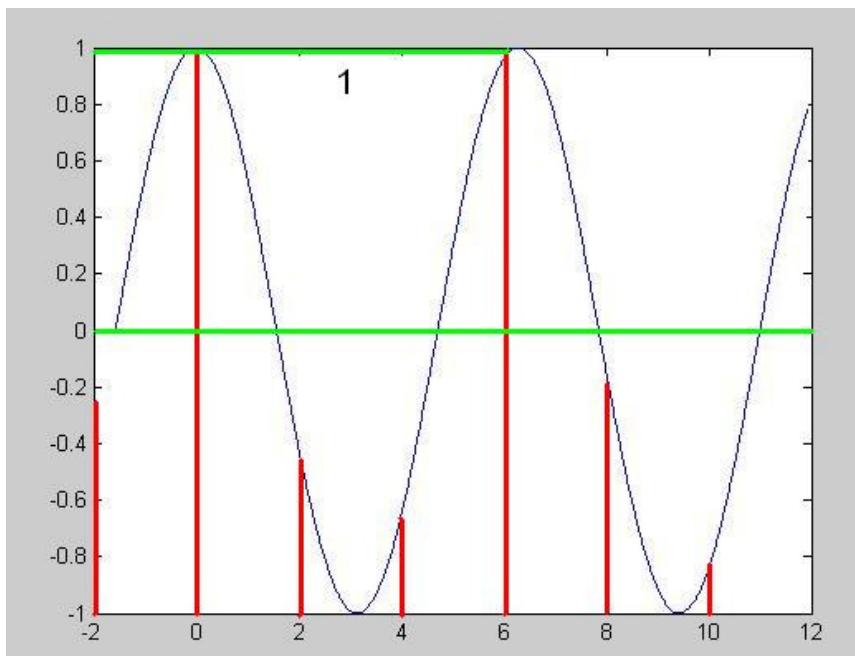
Funció cosinus de $-\pi/2$ a $3\pi/2$ amb període 2π

$$1 + 0.55 + 0.55 + 0.28 = 2.38$$



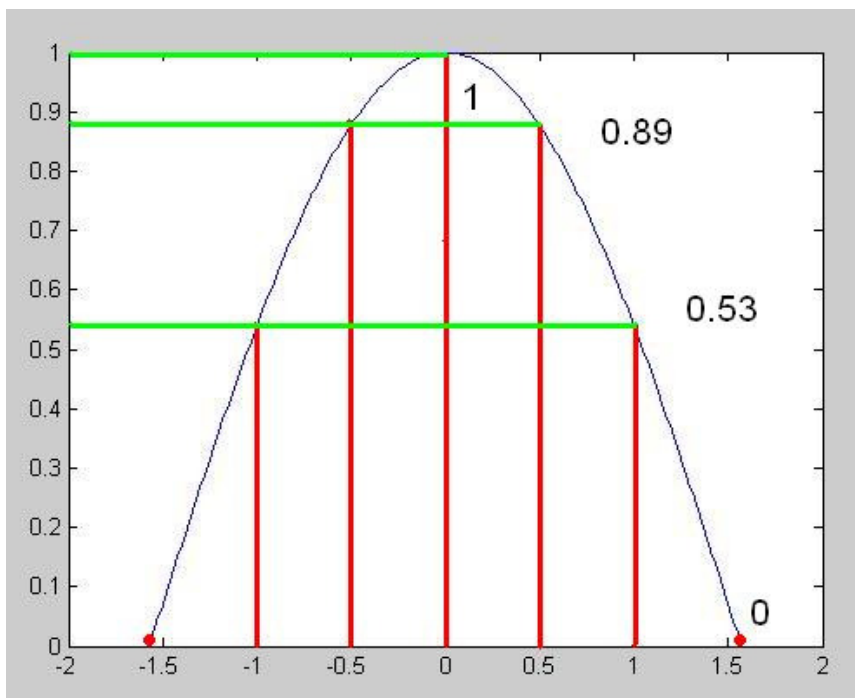
Funció cosinus de $-\pi/2$ a $7\pi/2$ amb període 4π

$$1 + 1 = 2$$



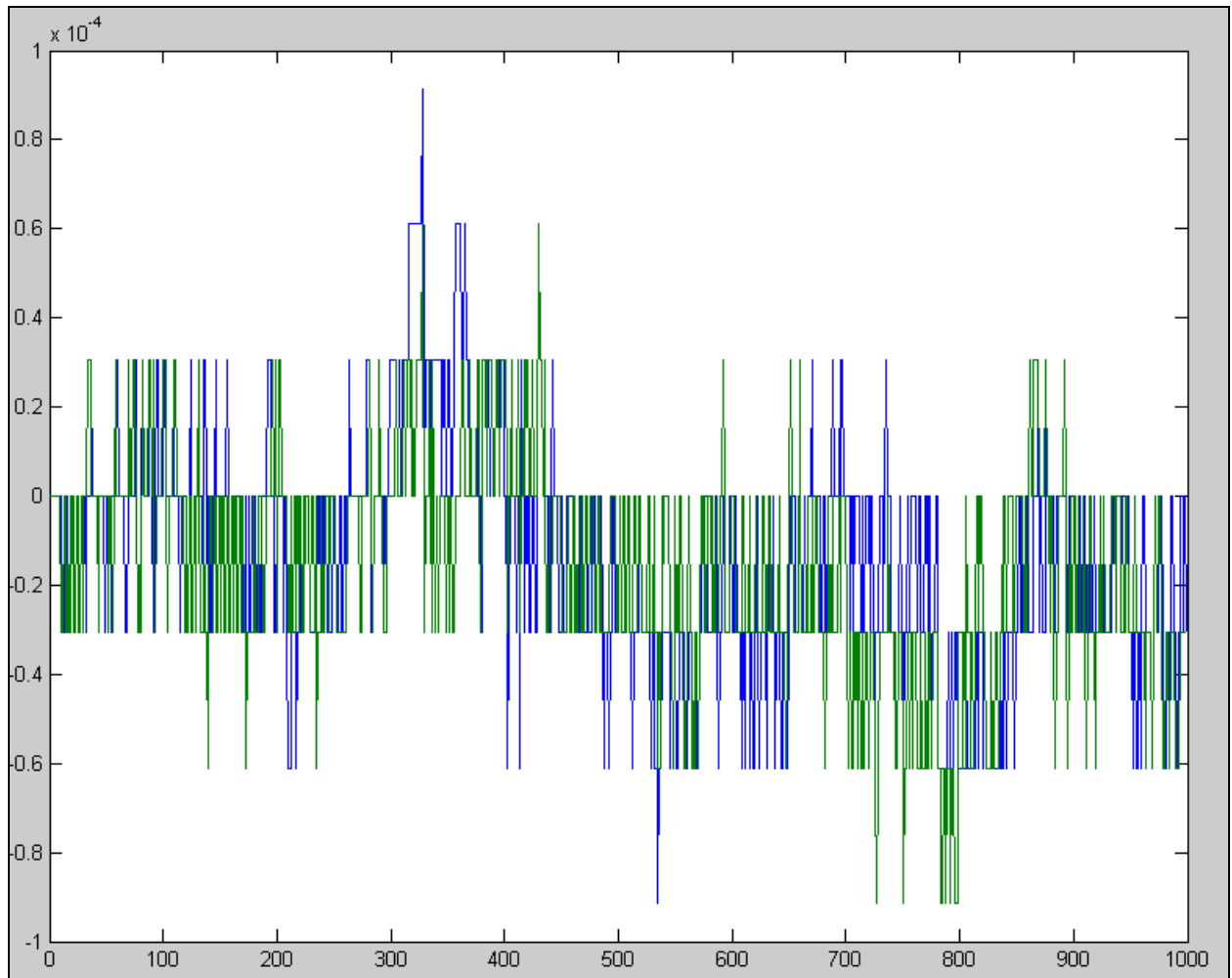
Funció cosinus de $-\pi/2$ a $\pi/2$ amb període π

$$1 + 0.89 + 0.89 + 0.53 + 0.53 = 3.84$$



Amb aquest tres exemples estem mostrant que contra més petit sigui el període, més alt serà el sumatori dels punts positius.

A continuació, veiem una imatge en la que s'aprecien 1000 mostres durant un segon sense que estiguem entrant res per la entrada d'àudio.



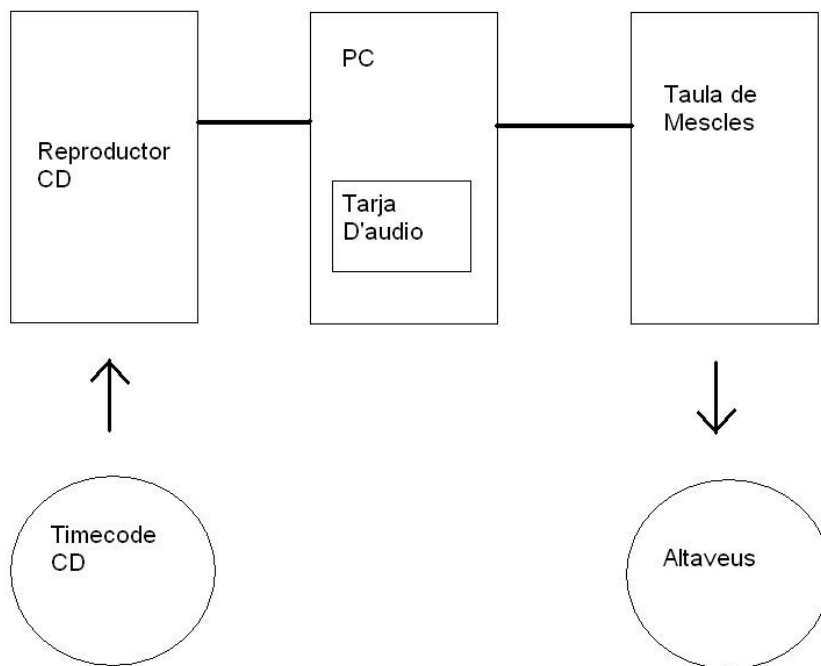
El que volem demostrar amb aquesta imatge es que encara que no li entrem res a la tarja d'àudio, aquesta està rebent un senyal que distorsiona la senyal d'entrada un cop l'estem rebent. Per aquesta raó, el sumatoris que extraiem durant un període de temps, no seran sempre constants, es a dir, es donarà el cas que es prengui una mesura amb un pitch +16% que donarà un sumatori X, i el segon cop que ho fem hi haurà una petita variació, donat que aquesta senyal d'entrada es suma a l'entrada bruta que tenim al no entrar so.

Un cop dit això, prenem com a referència el sumatori que ha donat la funció anterior amb velocitat d'entrada a temps real (pitch +0%) i reproduïm el arxíu d'àudio a temps real. El fitxer d'àudio prèviament guardat a un vector de matrius de Matlab, l'anirem reproduint variant el període de reproducció segons variï el sumatori anterior. El programa farà una comparació entre els intervals dels valors dels sumatoris que hem obtingut prèviament reproduint la freqüència a diferents posicions de pitch bend, amb el sumatori dels valors positius que hem obtingut abans de la reproducció i a partir d'aquí, modificarem la velocitat de sortida del fitxer a reproduir,, decrementant la velocitat de reproducció en el cas que aquest sumatori sigui mes alt que

l'interval de sumatoris amb pitch 0, o bé augmentant la velocitat en el cas que el sumatori de positius sigui inferior al interval corresponent a pitch 0. En el cas que el sumatori dels punts positius es mantingui a dins del interval de pitch 0, la velocitat de sortida no es veurà afectada.

La matriu d'àudio té una mida de 4410 x 2, i conté aproximadament mig segon d'àudio. Per emmagatzemar un fitxer d'àudio de 2 minuts, estem parlant que necessitaríem un vector de 240 matrius de 4410 x 2.

4.1.1. Esquema de funcionament



4.1.2. Estimacions reals dels sumatoris positius de l'entrada de freqüència

-16%		-8%		0 %		+8%		+16%	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
4.33	4.52	3.70	3.98	3.19	3.33	2.85	3.06	2.59	2.67
4.26	4.58	3.76	3.90	3.16	3.24	2.86	2.98	2.52	2.59
4.37	4.70	3.64	3.87	3.29	3.41	3.10	3.15	2.48	2.61
4.46	4.68	3.85	4.15	3.21	3.38	2.99	3.13	2.52	2.60
4.21	4.50	3.50	3.75	3.11	3.20	2.66	2.70	2.65	2.71
4.51	4.75	3.59	3.79	3.29	3.36	2.81	2.80	2.52	2.57
4.77	4.92	3.64	3.88	3.23	3.31	2.85	2.93	2.55	2.60

Utilitzant aquesta taula anterior, desenvoluparem uns intervals, de manera que quan el nostre codi registri una mostra, seleccionarà la velocitat de sortida del fitxer d'àudio dependent de l'interval on estigui la mostra.

4.1.3. Intervals utilitzats pel canvi de velocitat de sortida

-16%		-8%		0 %		+8%		+16%	
X	Y	X	Y	X	Y	Y	X	Y	X
4.21 – 4.77	4.50 – 4.92	3.50 – 3.85	3.75 – 4.15	3.11 – 3.29	3.20 – 3.41	2.70 – 3.10	2.70 – 3.15	2.48 – 2.70	2.57 – 2.71

4.2. Característiques del codi

El codi del programa es divideix en tres fitxers de Matlab. El primer el que fa es guardar el fitxer d'àudio que volem reproduir a un vector de matrius, que en el nostre cas enregistra uns 40 segons d'àudio reals. La gràcia del projecte és que l'aplicació reproduceixi un arxiu d'àudio del PC a través d'una font d'àudio externa, que en el nostre cas és un reproductor de CD, de manera que en aquest cas no es gaire important el fet de no agafar directament l'arxiu del PC, sinó que haguem de gravar-lo a temps real a una matriu. Al següent capítol comentarem aquesta part a l'apartat de millores futures.

Rec.m

```
A = cell(2,1);
```

```
A{1,1} = [[0:19199];[0:19199]];
```

```
A{2,1} = [0:3];
```

```
for i=1:40;
```

```
    A{1,i} = wavrecord(19200,19200,2);
```

```
End
```

El segon arxiu l'hem creat per un sol us, per determinar els sumatoris dels valors positius que enregistrem durant un període curt de temps. Hem executat molts cops el codi cadascun amb una velocitat de pitch diferent, per veure en quins intervals ronden els sumatoris dels valors positius. Hem vist que per mes cops que executem el codi, el resultat sempre es queda a dins d'aquests intervals. Aquests ens serveixen per definir entre quins intervals de sumatoris rondarà el senyal al aplicar-hi un pitch bend de diverses velocitats. El potenciòmetre de pitch bend, permet posar qualsevol velocitat entre -16% i +16%, de manera que si implementéssim la millora de qualsevol velocitat de sortida, hauríem de afinar més aquest tros de codi, per tal de fixar millor els intervals corresponents a velocitats mitges entre 0% i +8% de pitch.

Freq.m

```
input = wavrecord(1000,1000,2);
total_x = 0;
total_y = 0;
for i=1:1000;
if (input(i,1)>0)
total_x = input(i,1) +total_x;
end
if (input(i,2)>0)
total_y = input(i,2) +total_y;
end
end
```

Un cop tenim a l'ordinador la matriu que conté el fitxer d'àudio que volem reproduir, és hora de verificar si s'està reproduint el Timecode amb la freqüència d'entrada, i en tal cas, determinar el tant per cent de pitch bend positiu o negatiu que s'està aplicant, per tal de fer la relació de sortida juntament amb el fitxer de so enregistrat a la matriu.

Al fitxer anterior enregistràvem el so amb 19200 mostres per segon, donat que volíem qualitat de sortida. En aquest cas en tenim prou enregistrant només 1000 mostres per segon, donat que l'únic que volem és conèixer la variació de pitch aplicada a la entrada. Tal i com hem explicat anteriorment, fem un sumatori dels valors positius de la matriu i ho comparem amb els intervals que hem extret del fitxer anterior, i amb això determinem la velocitat de sortida de la matriu d'àudio.

Entrada.m

```
input = wavrecord(1000,1000,2)

sortir = 0;
total_x = 0;
total_y = 0;
for i=1:1000;
if (input(i,1)>0)
total_x = input(i,1) +total_x;
end
end

if (total_x >=3.11)&&(total_x<3.49) %0%
    veloc = 19200;
```

```

else
if (total_x >=2.70)&&(total_x<3.10)  %+8%
    veloc = 20000;
else
if (total_x >=2.48)&&(total_x<2.69)  %+16%
    veloc = 21000;
else
if (total_x >=3.50)&&(total_x<4.10)  %-8%
    veloc = 18000;
else
if (total_x >=4.11)&&(total_x<4.77) %-16%
    veloc = 17000;
else
    sortir = 1;
end
end
end
end
end
if (sortir == 0)
for i=1:10;
    wavplay(A{i},veloc);
end
end

```

En aquest fitxer, el primer que fem es verificar la entrada d'àudio, així com el sumatori dels positius. Si es detecta que no hi ha senyal d'entrada (que els sumatoris donen uns valors propers a zero) no es reproduïx res, i en cas contrari, es reproduïx la matriu prèviament guardada amb el fitxer Rec.m.

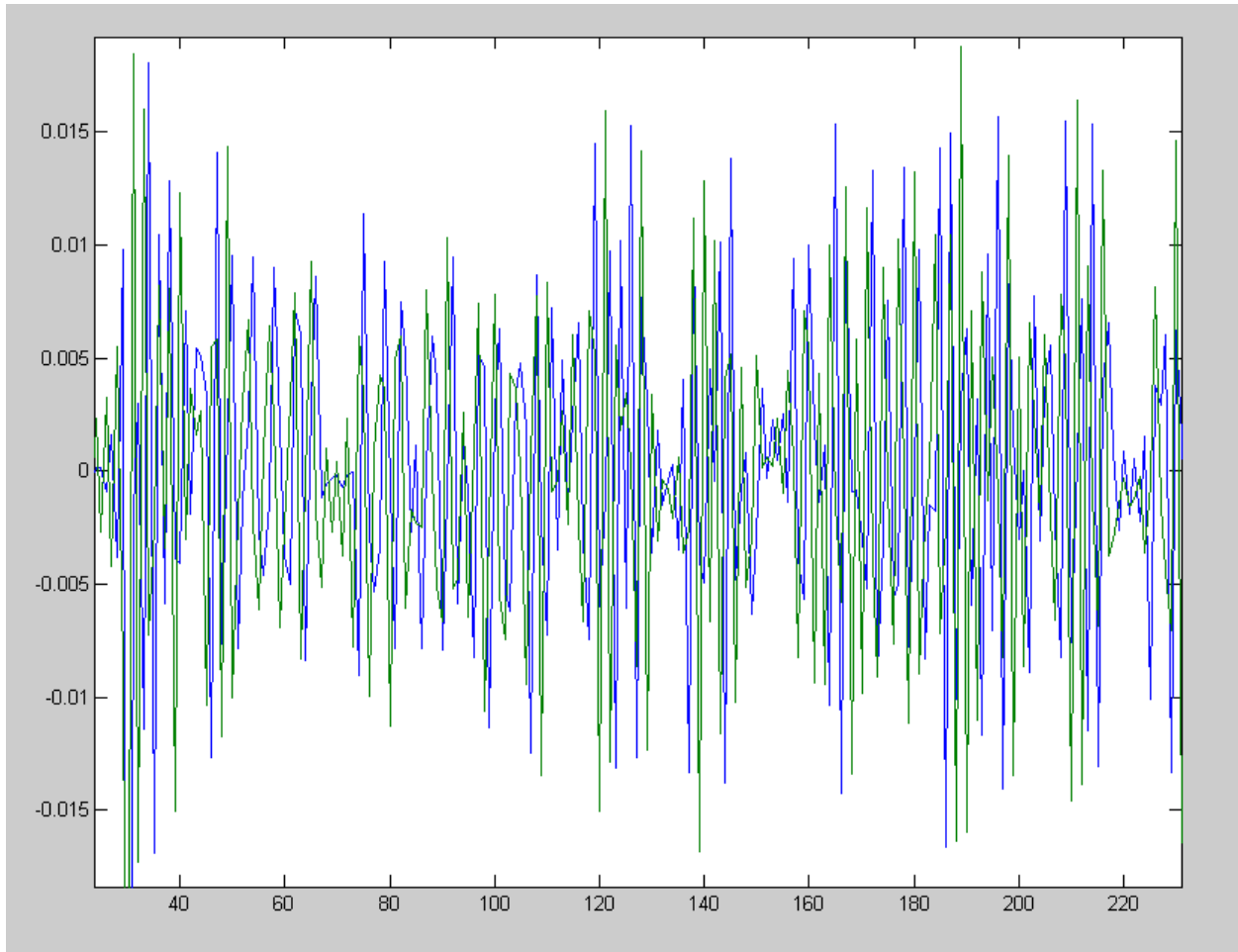
D'aquesta manera amb aquests 3 fitxers podem reproduir un fitxer emmagatzemat a l'ordinador, controlant-lo des d'una font externa.

4.3. Validació a nivell de sistema

El propòsit final d'aquest projecte, no era altre que aconseguir controlar un arxiu de so emmagatzemat a un PC des de una font externa, i amb aquest tres fitxers ho hem aconseguit. És evident que aquest sistema al costat d'un Rane Serato està a anys llum, donat que té moltíssimes més prestacions, però aquest no és el tema, ja que per obtenir un Rane Serato s'han de pagar més

de 700€ per software i hardware, i nosaltres hem desenvolupat una aplicació que a efectes pràctics fa el mateix (controlar un fitxer d'àudio), i a més utilitzant la tarja d'àudio interna del PC sense la necessitat de comprar una externa.

Al igual que amb Serato, el primer pas per saber que era possible crear l'aplicació, ha estat fer que el programa reconegués la freqüència d'entrada introduïda des del lector de CD.



Al comprovar que si no entravem senyal, el fet de fer un plot donava resultats molt propers a zero, sabíem que estàvem llegint l'entrada de freqüència. En aquest moment vam estar jugant amb el numero de mostres a escollir, i aparentment donava millors resultats utilitzant menys mostres, de manera que com no necessitàvem moltes mostres o qualitat per comprendre l'àudio que estàvem entrant donat que no ho volíem reproduir, amb 1000 mostres per segon ja en teníem prou. Vam provar de reproduir la entrada prèviament guardada amb una matriu amb una qualitat de 19200 mostres, i realment reproduïem el mateix que entravem, però al reproduir utilitzant 1000 mostres sonava mes semblant com si fossin cops.

El següent pas va ser pensar com fer perquè el PC reconegués que estàvem aplicant un pitch positiu o negatiu. Vam comprovar que al decrementar la velocitat d'entrada, el mateix tros de senyal, necessitava mes temps per reproduir-se, i menys temps en el cas d'accelerar la entrada. Dit mes clar, si tenim que estem utilitzar senyals sinusoidals, i en un període X tenim 40 alts i

baixos, si decretem la velocitat del senyal, en el mateix temps, tindrem menys alts i baixos, i si hem de prendre en ambdós casos el mateix numero de mostres, tindrem mes mostres de cada alt i baix, i a la vegada, si sumem aquest punts positius, aquest valor serà superior que el valor obtingut del senyal entrat a pitch 0. Per la mateixa regla de tres, si accelerem la velocitat d'entrada, incrementarem el numero d'altiplans i aquests tindran menys detalls, de manera que el sumatori de les mostres positives serà menor.

Un cop el sistema reconeixia la variació de la freqüència d'entrada, hem introduït un arxiu de so a una matriu amb el mateix mecanisme que la captura de la freqüència, però ara prenent 19200 mostres per segon, ja que volem una sortida amb bona qualitat. La idea futura es que com a millora, l'arxiu d'àudio a reproduir el transformem a matriu sense haver de pasar-ho a temps real, però com l'objectiu es controlar un arxiu d'àudio emmagatzemat al PC, ens hem dedicat plenament a poder fer la manipulació.

En aquest punt, vam fer el muntatge amb uns bucles, per tal de comprovar la entrada a la vegada que reproduïem l'arxiu, per tal d'aplicar alguna variació a l'àudio de sortida, en cas que la freqüència d'entrada estigués alterada.

Veient que no donava els resultats esperats, vam pensar que això ho podríem aplicar en un futur utilitzant un doble processador, i varem continuar per la via que si reproduïa l'arxiu aplicant una variació a l'entrada, però sense possibilitats de fer aquesta modificació a temps real.

A nivell de sistema, aparentment es força simple donat que únicament es pot reproduir el fitxer en el cas de rebre una freqüència, i modificar la velocitat del fitxer de sortida en el cas que la velocitat d'entrada també estigui alterada, però es una base de la qual es pot partir per fer molts avenços. A l'últim capítol parlarem de totes aquelles millores que s'han pensat a implementar en un futur.

5.1. Conclusions

Al iniciar la carrera d'enginyer en informàtica, les primeres assignatures que vaig cursar, Càlcul i Electrònica, en un principi vaig pensar que serien matèries per omplir crèdits, però la veritat es que més endavant vaig veure que realment eren bàsiques per fer assignatures futures. Tots aquells càlculs de derivades, transformades o càlculs de funcions sinusoïdals, no els veia relacionats de cap manera amb la informàtica, però el temps m'ha demostrat totalment el contrari.

Aquest projecte referent a la música m'ha ensenyat que per poder-lo dur a terme, hem hagut de rescatar petits temes que hem donat a diverses assignatures durant tots aquests anys. Al principi, la idea de controlar un arxiu de so des d'una font externa, ho veia molt mecànic pensant que un simple codi rebria un soroll, i si aquest era el correcte faria una acció, però un cop ens hem endinsat a la matèria, hem vist que no era tant senzill, i havíem d'aplicar coneixements prèviament estudiats en assignatures anteriors.

Ja no només a nivell tècnic del funcionament de Matlab, sinó mes a nivell teòric, donat que si tenim un senyal d'entrada que sempre es el mateix, perquè el fet de fer estimacions de la freqüència en dos instants diferents dona resultats diferents? Tal i com hem explicat en capítols anteriors, es per la incorporació de soroll als senyals analògics. O perquè si la freqüència d'entrada li reduïm la velocitat, el sumatori de les mostres positives surt més gran? O perquè si fem un bucle amb dues funcions consecutives no les fa les dues a la vegada i segueix un ordre d'execució?

Aquesta última pregunta me la vaig formular donat que si vull poder manipular un fitxer de so a temps real, haig de poder reproduir un arxiu, i a la vegada escanejar la entrada de la freqüència, per tal de poder fer les variacions a l'àudio de sortida, encara que com Matlab treballa de manera seqüencial, fins que no acaba d'escanejar la entrada no comença a reproduir el fitxer de sortida. Aquesta es una de les millores que he proposat.

No obstant, un cop finalitzat el projecte, el meu amor propi m'està empenyent a aconseguir un processador de doble nucli i continuar amb el propi software a nivell personal per veure si puc aconseguir modificar a temps real l'àudio de sortida donat que des de fa molts anys que soc DJ i aquesta eina em suposaria desfer-me de molts vinils

5.2. Experiència personal i professional

A lo llarg de la meva vida, sempre m'ha entusiasmat molt el mon de la música, i en especial la música electrònica. Als 13 anys vaig heretar els meus primers tocadiscs i vaig començar a fer les

meves primeres mescles. Aquests reproductors eren dels anys 70, i evidentment no portaven cap tipus de potenciòmetre per manipular la velocitat de sortida. En aquell temps, per aconseguir sincronitzar les dues fonts de LP ho havia de fer manualment accelerant amb les mans el propi vinil o ve frenant el plat amb els dits.

Amb el pas del temps vaig veure que això m'interessava força i em vaig comprar els Plats amb potenciòmetre per regular la velocitat (Pitch) i mes endavant els de CD, però conforme vas creixent et dones compte que l'espai físic es important i el fet de tenir caixes i armaris plens de discs compactes i vinils arriba un punt que no és pràctic. Per aquesta raó vaig arribar a rumiar la possibilitat de invertir en un Rane Serato per tal de desfer-me de tot aquell material que ocupa caixes i caixes... Però vaig seguir rumiant i vaig pensar que si està creat amb una tarja de so externa, s'ha de poder fer amb una interna.....

De manera que vaig deixar córrer la idea de Serato, i vaig començar a pensar en la creació del meu propi software per manipular àudio des de una font externa.

En un primer moment vaig tenir forces idees sobre el disseny, però aviat vaig pensar que el disseny havia de passar a segon pla, donat que per manipular un fitxer d'àudio del PC no necessitava cap tipus de disseny.

5.3. Evolució futura

L'objectiu principal sempre ha estat manipular el fitxer d'àudio del PC des d'una font externa, però aquesta es podia fer de diverses maneres. En un primer moment estàvem decidits a fer-ho de manera que la manipulació de la font externa es veies repercutida a temps real durant la reproducció del fitxer, però en un últim moment es va desestimar aquesta opció ja que els resultats obtinguts no eren els esperats.

Pel que hem treballat amb Matlab, sembla que com tot programa s'executa de manera seqüencial i fins que no finalitza una acció no finalitza la següent. La primera versió que teníem feia un escaneig de l'entrada de la freqüència per visualitzar el sumatori dels màxims, i aquest reproduïa mig segon de la matriu de sortida. Tot això es reproduïa a dins d'un bucle de 40 iteracions però tenia el problema que fins que no finalitzava de reproduir mig segon de la matriu, no començava a escanejar el senyal d'entrada, i el resultat es que sonava l'arxiu a temps real, i es veia repercutida la velocitat de sortida al manipular la velocitat d'entrada, però entre cada mig segon d'àudio sonava una pausa que era el que trigava a escanejar la següent mostra. A més amb aquesta versió si a un moment determinat el codi no detectava el senyal d'entrada, es deixava de reproduir l'arxiu de sortida.

He estat buscant la possibilitat d'utilitzar l'aplicació en un entorn multiprocessador (ja que el meu PC es monoprocessador), per comprovar si hi hauria la possibilitat de fer l'escaneig d'entrada i la reproducció de sortida en paral·lel. D'aquesta manera guanyariem molt en prestacions a temps real. Un altre sol·lució seria endinsar-se en el tema de multithreading, que permetria executar dos processos paral·lels. Pot ser una bona sol·lució en cas d'utilitzar un hardware monoprocessador.

L'apartat del canvi de velocitat d'entrada amb pitch bend també podria tenir millores d'exactitud, donat que nosaltres hem donat com a referència 5 velocitats diferents per contemplar fàcilment la diferència, però la realitat es que el potenciòmetre lineal d'entrada d'àudio es pot manipular des de -16% a +16% passant per tots els punts, no sols -16%, -8%, 0% +8% i +16%.

El reproductor que hem utilitzat al treball és un numark Axis 2, que no incorpora la possibilitat de fer bucles, però de cara als models mes actuals que si ho incorporen, s'hauria de pensar com implementar aquesta millora.

Com a última millora, caldria dir que s'hauria de crear un mòdul que convertís un fitxer mp3 directament en una matriu per treballar-la sense la necessitat de enviar-la a temps real des d'una font d'àudio al software.

Referències i Bibliografia

Pàgina oficial de MathWorks

http://www.mathworks.es/academia/student_center/tutorials/launchpad.html

Api de Java

<http://docs.oracle.com/javase/6/docs/api/>

Llibreria d'OpenAl

<http://bajartodo.net/2010/03/openal-2-0-7-0-libreria-de-sonido-de-codigo-abierto-para-windows.html>

Timecode de Rane Serato

<http://serato.com/downloads/scratchlive-controlcd>

Pagina oficial de Rane Serato

<http://serato.com/scratchlive>

Exemples d'àudio a Matlab

<http://www.music.mcgill.ca/~gary/307/week1/matlab.html>

Generació d'Àudio a Matlab

<http://arantxa.ii.uam.es/~tao1/practica/practica2.html>

Wikipedia

<http://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada>

Annexes

- BPM: Les pulsacions per minut («Beats per minute» o «BPM» en anglès) és una unitat emprada per mesurar el tempo en música. Equival al nombre de pulsacions que caben en un minut.
- Driver: Un controlador de dispositiu, anomenat normalment controlador (en anglès, device driver) és un programa informàtic que permet al sistema operatiu interactuar amb un perifèric, fent una abstracció del maquinari i proporcionant una interfície possiblement estandarditzada per usar-lo. Es pot esquematitzar com un manual d'instruccions que li indica al sistema operatiu, com ha de controlar i comunicar-se amb un dispositiu en particular. Per tant, és una peça essencial, sense la qual no es podria usar el maquinari.
- Pitch bend: Consisteix en un potenciòmetre que permet augmentar la velocitat de reproducció a una font externa d'àudio. Sols alguns equips professionals ho incorporen.
- Scratch: tècnica musical que es desenvolupa movent un disc de vinil cap endavant i retrocedir en un tocadiscs.
- Timecode: El codi de temps o TC es una informació que s'utilitza a la gravació i edició de vídeo. Son diversos tipus de codi que permeten controlar, mitjançant un rellotge, la ubicació en el temps de la cinta de cada frame y així tenir-ho localitzats per visualitzar, editar, etc

(V́ctor Granged Romani)

A handwritten signature in blue ink, consisting of several fluid, overlapping strokes that form a stylized representation of the name.

Aquest projecte descriu una manera de gestionar un arxiu d'àudio des d'un dispositiu extern, de manera que amb un ordinador ple de música, un reproductor de cd i un CD gravat amb una freqüència concreta, permet reproduir qualsevol arxiu de so d'un PC. Molts pensaran que perquè volem això si ja tenim el fitxer d'àudio al PC, però a la realitat, qualsevol DJ prefereix el tacte que dona un reproductor de CD o un plat de vinil abans que un ratolí d'ordinador per tal de manipular el fitxer d'àudio que volem reproduir. El fet de reproduir un arxiu de so directament des d'un PC sembla molt més automàtic i senzill, donat que el PC ho fa tot. Fent-ho amb un hardware extern, dona la sensació que és més manual

Este proyecto describe una forma de gestionar un archivo de audio desde un dispositivo externo, de manera que con un ordenador lleno de música, un reproductor de cd y un CD grabado con una frecuencia concreta, permite reproducir cualquier archivo de sonido de un PC. Muchos pensarán que porque queremos eso si ya tenemos el archivo de audio al pc, pero en la realidad, cualquier DJ prefiere el tacto que da un reproductor de CD o un plato de vinilo antes de que un ratón de ordenador para manipular el archivo de audio que queremos reproducir. El hecho de reproducir un archivo de sonido directamente desde un PC parece mucho más automático y sencillo, dado que el PC lo hace todo. Haciéndolo con un hardware externo, da la sensación de que es más manual

This project describes a way of managing an audio file from an external device, so that a computer full of music, a CD player and a CD recorded with a specific frequency, can play any sound file to a PC. Many think that because we already have this if audio file on the PC, but in reality, any DJ that women prefer to touch a CD or a vinyl plate before a computer mouse to manipulate the audio file you want to play. The fact play a sound file directly from a PC seems much simpler automatic, because the PC does it all. Doing it with external hardware, the feeling is that manual